

FOCUS MUL



ZEITSCHRIFT FÜR WISSENSCHAFT, FORSCHUNG UND LEHRE
AN DER UNIVERSITÄT ZU LÜBECK



Anzeigen-Füller

146 x 205

FOCUS MUL

Zeitschrift für Wissenschaft, Forschung und Lehre an der Universität zu Lübeck

22. Jahrgang – Heft 4 – Dezember 2005

Inhalt

Editorial

Tissue Engineering – Drahtseilakt zwischen Realität und Vision 180

Im Focus

Kompetenzzentrum Tissue Engineering – ein beispielhaftes Unterfangen? 183
I. Jasmund und T. Vollbrandt

Originalarbeiten

Stellenwert der frühen fetalen Echokardiographie 185
J. Smrcek, U. Gembruch, K. Diedrich

Ein Vergleich der Behandlungsmethoden von Ohrmuschelamputationen – Rückblick auf 25 Jahre
mikrochirurgische Technik 195
A. Steffen, R. Katzbach und S. Klaiber

Übersichten

Radiochemotherapie 201
J. Dunst

Drahtlose Sensornetze – Neue Fragestellungen für die Informatik 205
St. Fischer

Privacy-Preserving Information Processing – Complexity Issues to Establish Security 212
R. Reischuk

Das Kolleg

Zeit, Geschichte, Saturn – Geschichtsphilosophische Positionen bei Walter Benjamin und W. G. Sebald
(2. Teil und Schluss) 221
P. Schmucker

Aus der Hochschule

Brustkrebsfrüherkennung – erfolgreiche interdisziplinäre Zusammenarbeit im Mammazentrum
der Universität Lübeck 233
B. M. Stöckelhuber und T. Helmberger

Personalia 235

Das Porträt

14 Fragen an Prof. Dr. Jürgen Dunst 236

Neue Bücher aus der Universität

Schicksale psychiatrischer Patienten der Lübecker Heilanstalt Strecknitz im Dritten Reich 237

In memoriam

Prof. Dr. Wolfgang Knipper † 238

*Titelbild: Neubau des gemeinsamen Hörsaalgebäudes (Auditorium maximum); Fotos und Montage: René Kube
– Mehr Informationen und ein Livebild der Bauarbeiten unter www.uni-luebeck.de/universitaet/webcam/audimax.php*

Tissue Engineering – Drahtseilakt zwischen Realität und Vision

Das Ziel des Tissue Engineering ist, die zum Erliegen gekommenen körpereigenen Regenerationsvorgänge in defekten Geweben zu aktivieren oder diese durch Gewebeerersatzorgane zu ersetzen. Die potentiellen Möglichkeiten des Tissue Engineering zur Generierung humaner Ersatzorgane bzw. -gewebe aus menschlichen Zellen stärkt die Hoffnung vieler Patienten auf ein neues Organ. Bis dato war das Leben dieser Patienten zum einen durch ihr Leiden und zum anderen durch den Mangel an transplantierbaren Organen geprägt. Unterschieden wird zwischen der Therapie mit kultivierten Zellen, der Herstellung von Gewebekonstrukten und dem Bau von Organmodulen.

Tissue Engineering wird in nicht zu ferner Zukunft den klinischen Alltag verändern. Das Tissue Engineering hat das Potential, ökonomische Entwicklungen in der biotechnologischen Industrie stärker zu beeinflussen als es jeder einzelne Fortschritt in Wissenschaft oder Medizin während der letzten Jahrzehnte vermocht hätte. Die Herstellung von Gewebekonstrukten erfordert wegen ihrer speziellen Schwierigkeiten eine besonders enge Zusammenarbeit von Mediziner, Zellbiologen, Materialforschern und Ingenieuren.

Obwohl bereits einige wichtige Meilensteine in der Vergangenheit erreicht wurden und eine Reihe an Erfolgen im Tissue Engineering vorzuweisen ist, werden noch substanzielle Fortschritte in den angrenzenden Gebieten der Zellbiologie und Materialwissenschaften notwendig sein. Folglich kann ein modernes Tissue Engineering erst realisierbar sein, wenn Fortschritte in der kommerziellen Produktion von Enzymen und Nährstoffen im Großmaßstab es möglich machen, große Mengen an Zellen zu isolieren und adäquat in Kultur zu halten. Mittlerweile ist klar, dass die Nutzung von lebenden Zellen zu besseren Gewebs- und Organfunktionen führt als es durch den Einsatz von Wachstumsfaktoren, chemotaktischen Reagenzien oder Hormonen zur Stimulation der Gewebereparatur geschehen kann. Tatsache ist aber auch, dass wir erst seit wenigen Jahrzehnten in der Lage sind, Zellen aus verschiedenen hoch spezialisierten Gewebetypen zu isolieren.

Erste Versuche, Zellen in einer Suspension in einen Empfänger zurückzugeben, waren vergleichsweise einfach und verliefen häufig erfolglos. Sicherlich wurden in den letzten Jahren Fortschritte bei der Herstellung

von artifiziellen Geweben mit den gegenwärtig zur Verfügung stehenden Kulturmethoden gemacht. Dennoch kann man nicht übersehen, dass die künstlich hergestellten Konstrukte bisher noch keine ausreichende und nachhaltige Qualität aufweisen. Kultivierte Leberparenchymzellen zeigen beispielsweise nur ein enges Segment ihrer ursprünglichen Entgiftungsleistung, Pankreasinseln „verlernen“ ihre Fähigkeit zur Insulinsynthese, Nierenepithelien verlieren ihre typischen Transportfunktionen, und Knorpel- bzw. Knochenkonstrukte bilden eine kaum belastbare extrazelluläre Matrix. Zudem kommt es häufig vor, dass atypische Proteine von den kultivierten Gewebekonstrukten gebildet werden, die bei der medizinischen Anwendung Entzündungs- und Abstoßungsreaktionen hervorrufen können.

Eine weitere Herausforderung für die breite Entwicklung und Anwendung des Tissue Engineering stellt die immunologische Barriere dar. Fortschritte im Verständnis immunologischer Prozesse bis hin zum Konzept, dem Empfänger fremde Zellen als eigene „vorzugaukeln“, könnten die Implantation von Allografts (Gewebe von einem anderen Menschen) oder sogar Xenografts (tierische Gewebe) ermöglichen, um funktionierendes Gewebe zu generieren. Noch ist die Entwicklung eines universalen Spenderzelltyps für die Konstruktion von kommerziell verfügbaren Zell/Matrix-Konstrukten ein faszinierender Traum.

Ein kritischer Parameter im Tissue Engineering, der erst kürzlich in den Blickpunkt des Interesses gerückt ist, stellt die Quelle der verwendeten Zellen dar. Auf Dauer lässt sich das Problem der nicht im genügenden Ausmaß zur Verfügung stehenden gewebespezifischen Zellen wahrscheinlich nur mit humanen Stammzellen lösen, die ein imponierendes Vermehrungspotential aufweisen und nicht zuletzt dadurch für die Herstellung von artifiziellen Geweben besonders geeignet erscheinen. Stammzellen können einerseits aus frühembryonalen Stadien gewonnen werden, andererseits findet man sie im Nabelschnurblut und im Gewebe des erwachsenen Organismus. Die eigentliche klinische Eignung der Stammzellen besteht darin, dass sie sich nicht nur nachhaltig vermehren lassen, sondern durch den Einsatz von Signalmolekülen wie z. B. Wachstumsfaktoren zur Differenzierung in unterschiedliche Gewebezelltypen induziert werden können, wobei ins-

besondere auch der extrazellulären Matrix eine zentrale Bedeutung zufällt.

In der Öffentlichkeit wird häufig der falsche Eindruck geweckt, dass bei der In-vitro-Kultur von Stammzellen automatisch funktionelle Gewebe entstehen, während man vielmehr darauf hinweisen sollte, dass primär „nur“ differenzierte Gewebezellen generiert werden. Erst die Zukunft wird zeigen, ob sich aus diesen Zellen unter Verwendung einer geeigneten extrazellulären Matrix und optimalen Kulturbedingungen voll differenzierte Gewebe entwickeln können. Dazu muss die funktionelle Gewebeentwicklung gezielt gesteuert werden. Leider sind diese elementaren Entwicklungsschritte, wie aus einer undifferenzierten Zelle eine funktionelle Gewebeinheit entsteht, nur wenig verstanden und somit auch für Routine-Manipulationen nicht geeignet.

Beim experimentellen Arbeiten mit Stammzellen gibt es neben einer Vielzahl zellbiologischer Probleme auch ethische Einwände, die vor allem die Verwendung von embryonalen Stammzellen für den therapeutischen Einsatz am Menschen betreffen. Hinzu kommt, dass die Zellen in Form von geeigneten stabilen Zelllinien im notwendigen Umfang gewonnen und in Zellbanken auf Vorrat zur Verfügung stehen müssten. Außerdem besteht nach wie vor Klärungsbedarf darüber, wie diese Zellen zur Ausbildung funktioneller Gewebe angeregt werden können. Eine wichtige Frage in diesem Zusammenhang ist, ob die verwendeten Stammzellen nach Verabreichung eines morphogenen Entwicklungssignals nur das gewünschte Gewebe entstehen lassen oder ob sich ein Teil der Zellen zu einem anderen Gewebe-Typus oder auch zu Tumorzellen entwickeln kann.

Aus Sicht eines Patienten ist es unwichtig, ob ein generiertes Implantat ausgereift ist, solange es perfekt einheilt und die verloren gegangenen Funktionen ersetzt. Nicht berücksichtigt wird dabei allerdings, dass es bisher nur minimal klinische Erfahrungen zur Implantation von kultivierten Gewebekonstrukten gibt und dass es noch viele Jahre wenn nicht Jahrzehnte braucht, bis klare Aussagen über eine für den Patienten optimale Anwendung vorliegen. Auch bei den Metall- oder Polymerimplantaten als künstlicher Gewebersatz wurde erst in einem über mehrere Jahrzehnte dauernden Optimierungsprozess der heutige Wissens- und Qualitätsstandard erreicht. Bei den künstlich generierten Geweben wird das nicht anders verlaufen. Der Schlüssel für den späteren Erfolg ist sicherlich, die Fähigkeit zu erlernen, eine gewebetypische Differenzierung in den entstehenden Konstrukten zu steuern.

Die vorangegangenen Ausführungen machen deutlich, dass die Anwendung von Tissue-Engineering-Produkten reglementiert werden muss, um Spendern und Empfängern eine ausreichende Sicherheit gewähren zu können. So ist beispielsweise die Europäische Kommission seit

Jahren bestrebt, harmonisierte Regelungen für TE-Produkte aufzustellen, um generelle Sicherheits- und Qualitätsstandards u. a. für Spende, Beschaffung und Testung von Geweben und Zellen sowie für die TE-Produkte zu definieren. In Deutschland bildet im Wesentlichen das Arzneimittelgesetz den rechtlichen Rahmen für das Herstellen von TE-Produkten.

Zum Testen der Zell- oder Gewebequalität stehen inzwischen verschiedenste molekularbiologische und biochemische Methoden zur Verfügung. Gewebekonstrukte sollten morphologisch mit den jeweiligen Geweben im Organismus verglichen werden. In der Regel werden bei Tissue-Engineering-Produkten Zellen auf bzw. in einer Matrix kultiviert. Hierbei ist es von besonderer Wichtigkeit, die homogene Zellverteilung und den Matrixmetabolismus zu prüfen. Nicht zuletzt müssen selbstverständlich auch die Ausgangsmaterialien wie beispielsweise die verwendete Matrix einer Qualitätssicherung unterzogen werden.

Zum jetzigen Zeitpunkt sind bereits erste Produkte in den Bereichen Hautersatz, Blutgefäßersatz, Knorpeldefektreparatur und Knochenmatrices und -implantate und andere verfügbar. In der Entwicklung befinden sich in vitro hergestellter Ersatz für Herzklappen und Herzmuskel, neuronales Gewebe und Pankreas. Der ständig wachsende Markt wird derzeit hauptsächlich von kleinen und mittleren Unternehmen bedient. Dennoch steht die wirtschaftliche Entwicklung der regenerativen Medizin heute schon an einem Scheidepunkt: Die Gesetze zur Zulassung und Erstattung von Produkten aus dem Bereich der regenerativen Medizin und des Tissue Engineerings sind der entscheidende Faktor für die Etablierung von Unternehmen aus diesem innovativen Forschungsfeld auf dem deutschen Markt. Da derzeit keine generelle Erstattung durch die gesetzlichen Krankenkassen gegeben ist, kommen bisher die marktreifen Produkte den Patienten nur in geringem Umfang zugute und den jungen Unternehmen droht die Insolvenz. Erschwerend kommt hinzu, dass die Entwicklung von TE-Produkten im Allgemeinen mit enormen Entwicklungskosten bei gleichzeitig hohem Entwicklungsrisiko verbunden ist.

Der Vollständigkeit halber sollte hier noch erwähnt werden, dass Zell- und Gewebekulturen nicht nur direkt für den klinischen Einsatz verwendet werden, sondern dass diese auch als Alternative zu Tierexperimenten dienen können. In den letzten zehn Jahren stieg das Bestreben, Tierversuche vollständig durch andere Testverfahren zu ersetzen. Diese sollten ohne die Verwendung von Tieren wissenschaftlich gleichermaßen vertretbare Resultate liefern. Dafür ist es nötig, Testsysteme zu entwickeln, welche Tiermodelle nicht nur ersetzen, sondern darüber hinaus auch möglicherweise ein funktionsfähiges humanes Stoffwechselsystem darstellen, um mittels dessen die Relevanz pharmakokinetischer und toxikologischer Untersuchungen für den Menschen zu steigern. Es ist

zu erwarten, dass ein derartiges Modell auch erheblich schneller und kostengünstiger Ergebnisse liefert und den Verbrauch von Tieren deutlich reduziert.

In Lübeck besteht seit Mai 2003 die Arbeitsgruppe Stammzellen und Tissue Engineering auf dem Campus (zur Übersicht siehe: Kramer, J. und Rohwedel, J. (2003). Up (to) date Campus Lübeck – Stammzellen und Tissue engineering. FOCUS MUL, Heft 3, 184-189). Im Jahr 2004 entstand aus dieser Gruppe die finanziell geförderte Schwerpunktinitiative „Regenerative Medizin“, die seit 2005 als Schwerpunktinitiative an der Universität zu Lübeck von der Medizinischen Fakultät gefördert wird und jetzt als Schwerpunkt (Sprecher/in Frau Prof. Dr. B. Wollenberg, HNO-Klinik; PD Dr. J. Rohwedel, Institut für Medizinische Molekularbiologie) etabliert ist.

Die im Rahmen der Grundlagenforschung generierten Ergebnisse werden im Tiermodell auf ihre klinische Anwendbarkeit getestet, gegebenenfalls re-evaluiert und modifiziert. Ziel ist die In-vivo-Applikation am Patienten. Grundlagenforschung und Klinik werden flankiert durch das Kompetenzzentrum Tissue Engineering (KTE, siehe auch: Vollbrandt, T. und Jasmund, I. (2005). Kompetenzzentrum Tissue Engineering – ein beispielhaftes Unterfangen, FOCUS MUL, Heft 4/2005), um die anwendungsorientierte „From Bench to Bedside“-Strategie auch unter wirtschaftlichen Aspekten zum Erfolg zu führen. Wissenschaftliche Durchbrüche in der Forschung können mittels Technologietransfer in Ausgründungen umgesetzt werden, die den Standort Lübeck auch wirtschaftlich stärken.

Bereits seit 2003 sind Arbeitsgruppen des Schwerpunktes an Förderprogrammen der Europäischen Union be-

teiligt (Europäischer Strukturfond, Exzellenznetzwerk „Expertissues“, EU-Projekt CellPROM). Das europäisch geförderte Kompetenzzentrum Tissue Engineering (KTE) ist eine am Multifunktionszentrum (MFC) Lübeck gegründete Initiative verschiedener Institute und Kliniken mit der Absicht, Tissue Engineering zur Anwendung zu bringen und wirtschaftlich nutzbar zu machen. Darüber hinaus hat die Fraunhofer-Gesellschaft die Arbeitsgruppe Zelldifferenzierung und Zelltechnologie an der Universität zu Lübeck im MFC etabliert, die in enger Kooperation zu zahlreichen am Schwerpunkt beteiligten Wissenschaftlern steht.

Diese Aktivitäten machen deutlich, dass in Lübeck mit viel Nachdruck ein Schwerpunkt in den Bereichen Stammzellforschung und Tissue Engineering auf- und ausgebaut wird. Die weitere Förderung des wissenschaftlichen Umfeldes und die Verbesserung der strukturellen Voraussetzungen für die Regenerative Medizin an der Universität zu Lübeck ist die Voraussetzung für die Ausweitung der Antragstellungen auf europäischer und nationaler Ebene. Ein durch die Schwerpunktförderung verbessertes lokales strukturelles Umfeld in Verbindung mit dem bereits bestehenden Kompetenzzentrum Tissue Engineering lässt die erfolgreiche Ausgründung von Start-up-Unternehmen, die im europa- und weltweiten Wettbewerb bestehen können, erwarten.

I. Jasmund und T. Vollbrandt*

* Dr. rer. nat. Inka Jasmund, Kompetenzzentrum Tissue Engineering (KTE), Bereichsleitung Zellkultur KTE, Dr. rer. nat. Tillman Vollbrandt, Bereichsleitung Proteinanalytik KTE

Kompetenzzentrum Tissue Engineering – ein beispielhaftes Unterfangen?

I. Jasmund, T. Vollbrandt

Tissue Engineering ist die Entwicklung von Ersatzgewebe für die Therapie ausgefallener oder defekter Organe. Es ist ein interdisziplinäres Feld, in dem die Prinzipien der Ingenieur- und Lebenswissenschaften für die Umsetzung zum Einsatz kommen.

In hoffentlich nicht allzu ferner Zukunft werden Tissue-Engineers Patienten die benötigte Leber oder Herzklappe ganz nach Bedarf und individuell zugeschnitten im Labor züchten. Patienten werden dann nicht mehr vergeblich auf ein Spenderorgan warten müssen und mit guten Chancen zur früheren Lebensqualität zurückkehren. Dies ist heute für komplexe Organe und Gewebe als visionär einzustufen, bei Sportverletzungen aber z. B. mit Knorpelschäden werden die Techniken und Methoden des Tissue Engineering schon therapeutisch eingesetzt. Ebenso werden bereits „tissue-engineerte“ Produkte für Hautersatz kommerziell vermarktet. Zahlreiche weitere Produkte wurden in klinischen Prüfungen erfolgreich getestet (z. B. Cornea, Blutgefäße, Knochen). Obwohl die aufgeführten Anwendungen im Tissue Engineering bereits in vielen Bereichen zu funktionierenden Geweben führen, sind diese oft noch kein gleichwertiger Ersatz für autologes Gewebe. Erheblich mehr Probleme bereitet die Herstellung komplexer Gewebe (z. B. Magen-Darm-Trakt) oder ganzer Organe (z. B. Leber und Niere).

Im Jahr 2002 hatte die Arbeitsgemeinschaft Tissue Engineering (AGTE) der Universität zu Lübeck die Idee, das Tissue Engineering als Dienstleistungsbereich und eigenständiges Forschungsgebiet auf dem Campus zu etablieren. Ziel war es, Kompetenzen aus Instituten und Fachbereichen des UK-SH bzw. der Universität zu Lübeck in einem Kompetenzzentrum Tissue Engineering (KTE) zu konzentrieren, um somit durch gezielten Wissens- und Kompetenztransfer die erforderlichen Voraussetzungen und Möglichkeiten zu schaffen, innovative marktfähige Produkte im Bereich Tissue Engineering zu entwickeln und zur Marktreife zu verhelfen.

2003 wurde schließlich im Wesentlichen durch die Kliniken für Herzchirurgie, Plastische Chirurgie, Dermatologie und Orthopädie sowie dem Institut für medizinische Molekularbiologie das Kompetenzzentrum Tissue Engineering gegründet. Maßgeblich für die erfolgreiche



Abb. 1: Kompetenzzentrum Tissue Engineering im Multifunktionszentrum des Innovations Campus Lübeck (ICL)

Umsetzung war die Unterstützung des KTE durch Fördergelder der EU (Europäischer Strukturfond) und der Possehl-Stiftung in Höhe von 1,134 Mio. € über einen Zeitraum von vier Jahren sowie durch die erfolgreiche Zusammenarbeit mit Universität, UK-SH und dem Technikzentrum Lübeck. Durch die Bündelung von Kompetenzen sollte eine nachhaltige eigenwirtschaftliche Entwicklung des KTE ermöglicht werden.

Die beteiligten Institute und Kliniken waren in der Lage, ein breites Spektrum an Technologien, Zellkultursystemen und Verfahren in das KTE einzubringen. Somit wurde auch den Mitarbeitern und Studenten der jeweiligen Institute und Kliniken die Möglichkeit eröffnet, durch die Bündelung dieser Kompetenzen unmittelbar vom Know-how-Transfer innerhalb des KTE zu profitieren.

Auf der Suche nach geeigneten Räumlichkeiten zur Verwirklichung dieses Vorhabens bot das damals noch im Bau befindliche Multifunktionszentrum (MFC) des Innovations Campus Lübeck (ICL) nicht nur den optimalen infrastrukturellen Rahmen, sondern auch die Möglichkeit, eine auf die Belange des KTE zugeschnittene Erstausrüstung von Räumlichkeiten zu realisieren. Im Einzelnen wurden zwei Zellkulturlabore, ein molekular-

biologisches Labor, ein Analytiklabor sowie Funktions-/Seminarräume und Büros benötigt.

Mit Fertigstellung des MFC im März 2003 begann die Planung und Ausstattung der Räumlichkeiten, die im Dezember desselben Jahres abgeschlossen waren. Die Arbeiten im KTE wurden im Januar 2004 aufgenommen.

Heute hat das KTE zwei Standbeine: zum einen den Bereich Zellkultur und zum anderen den Bereich Analytik.

Im Bereich Zellkultur unterstützt das KTE Forschungsobjekte vor allem aus dem universitären Umfeld auf dem Weg zur wirtschaftlichen Verwertbarkeit. Dies geschieht in einer frühen Projektphase durch Beratung und/oder Projektbetreuung mit Schwerpunkt auf standardisierte Methodenentwicklung, standardisierte Versuchsdurchführung und GLP (Good Laboratory Practice)/GMP (Good Manufacturing Practice)-konforme Protokollierung. Für fortgeschrittene Projekte bietet das KTE zusammen mit verschiedenen Partnern (Dr. Middeler et al. GmbH/Regulatory Affairs, CC-QS/Qualitätsmanagement) Dienstleistungen im Bereich Technologietransfer an. Weiterhin führt das KTE Auftragsarbeiten im Forschungs- und Entwicklungs-Bereich durch. Das KTE hat zurzeit folgende Referenzprojekte:

- Therapeutische Angiogenese (Klinik für Plastische Chirurgie, UK-SH, Lübeck)
- Tissue-engineerte Herzklappen (Klinik für Herzchirurgie, UK-SH, Lübeck)
- In-vitro Arthrose-Modell (Klinik für Orthopädie, UK-SH, Lübeck)
- Marines Collagen im Tissue Engineering (Institut für Medizinische Molekularbiologie, Universität Lübeck)

Das Tissue Engineering ist ohne Collagen undenkbar. Collagene bilden eine Superfamilie extrazellulärer Matrixproteine, zu der bereits 27 verschiedene Typen gezählt werden, die wiederum aufgrund ihrer Funktion bzw. Struktur in fünf Unterfamilien eingeteilt sind. Charakteristisch für Collagen ist das sich vielfach wiederholende Glycine-X-Y-Motiv und die tripel-helikale Struktur, die aus drei Polypeptidketten, den so genannten Ketten, aufgebaut ist, von denen bis heute 42 verschiedene identifiziert sind.

Aufgrund seiner biologischen, biochemischen und biophysikalischen Eigenschaften bildet Collagen ein ideales Ausgangsmaterial für eine Vielzahl von Produkten aus dem Bereich des Tissue Engineering und der Medizintechnik. Collagen findet aber auch Anwendung in der Lebensmittel-, in der pharmazeutischen und der kosmetischen Industrie. Eine Qualitätskontrolle sowie die biochemische und biophysikalische Charakterisierung des Collagen als Ausgangsmaterial ist somit unerlässlich.



Abb. 2: Zellkulturlabor 1 des Kompetenzzentrums Tissue Engineering

Der Bereich Analytik im KTE bietet als Dienstleistung eine umfangreiche biochemische und biophysikalische Charakterisierung von Collagen. Hervorgegangen aus dem Institut für Medizinische Molekularbiologie basiert die Kompetenz der proteinanalytischen Abteilung im KTE im Wesentlichen auf dem Know-how, welches das Institut auf dem Gebiet der Collagen-Forschung in den letzten 15 Jahren sammeln konnte. Nur wenige Arbeitsgruppen weltweit befassen sich in vergleichbarem Umfang und Detail mit der Analytik von Collagen, bieten diese jedoch nicht als professionelle Dienstleistung an. Somit hat das KTE mit seiner Dienstleistung eine Nische entdeckt, die es nun gilt, durch gezielte Maßnahmen am Markt zu etablieren und zu festigen. Bereits heute umfasst das Dienstleistungsportfolio nahezu alle Verfahren, die Gegenstand der FDA-Norm ASTM-Standard F2212-02 sind, welche grundlegende Voraussetzungen für Collagen als Trägermaterialtissue-engineerter Medizinprodukte festlegt. Als weitere Maßnahme ist die Akkreditierung gemäß DIN EN ISO/IEC 17025 und DIN ISO 15189 in Vorbereitung. Diese Arbeiten sollen Mitte 2006 abgeschlossen sein.

Dem Ziel, in naher Zukunft ein Zentrum für den Bereich Tissue Engineering aufzubauen, ist das KTE dank der Unterstützung der beteiligten Partner ein gutes Stück näher gekommen. Im Rahmen der oben erwähnten Referenzprojekte, die derzeit im KTE bearbeitet werden, konnten bereits eine Reihe von Methoden und Verfahren im Bereich des Tissue Engineering etabliert/standardisiert werden, womit ein erster, wichtiger Schritt in Richtung Dienstleistung getan ist. Zurzeit wird das KTE noch bis Mitte 2007 mit Hilfe von Fördergeldern finanziert. Erste analytische Aufträge von Firmen aus dem Bereich Tissue-engineerter Medizinprodukte, sowie der pharmazeutischen und Collagen verarbeitenden Industrie geben jedoch Anlass zur Hoffnung, mit der Abteilung für Proteinanalytik ein für die Zukunft wirtschaftlich vielversprechendes Standbein geschaffen zu haben.

Stellenwert der frühen fetalen Echokardiographie

J. Smrcek¹, U. Gembruch², K. Diedrich¹

Epidemiologie

Mit einer Prävalenz von 3-8 auf 1000 Lebendgeborenen gehören kongenitale Herzfehler zu den häufigsten angeborenen schweren Fehlbildungen (Hoffman, 1990; Ferencz et al., 1993; Garne et al., 2001; Hoffman und Kaplan, 2002). Sie sind verantwortlich für 20% der durch Missbildungen bedingten perinatalen Todesfälle und im weiteren für über 50% der missbildungsverursachten Todesfälle in der Kindheit (Young und Clarke, 1987; Bhat und Sahn, 2004). Kardiovaskuläre Erkrankungen sind bis zu 8-fach häufiger als chromosomale Anomalien und 4-fach häufiger als Neuralrohrdefekte (Lian et al., 1986; Devine und Simpson, 2000). Man geht davon aus, dass weltweit jährlich ca. 1.500.000 Lebendgeborene mit einem Herzfehler geboren werden, davon allein 4000-6000 in Deutschland (Hoffman, 1994; Mennicke und Schwinger, 1997; Chaoui und Gembruch, 1997).

Die oben genannten epidemiologischen Studien sind allerdings für den Pränataldiagnostiker mit Vorbehalt zu betrachten, da diese Studien die Prävalenz bei Geburt angeben und nur unvollkommen die echte Prävalenz und das wahre Spektrum von Herzfehlern wiedergeben. Histopathologische Untersuchungen abortierter Feten und Totgeborener zeigen mit einer Prävalenz von bis zu 154/1000 Fälle eine im Vergleich zu Lebendgeborenen bis zu 20-mal höhere Rate an Herzfehlern (Hoffman et al., 1978; Gerlis, 1985; Chaoui und Gembruch, 1997). Aufgrund der intrauterinen Letalität der betroffenen Feten ist daher im Rahmen der pränatalen Diagnostik mit einer höheren Prävalenz von Herzfehlern als bei Neugeborenen zu rechnen. Buskens und Kollegen fanden im 2. Trimenon eine Prävalenz von 10,3 auf 1000 Feten während der pränatalen Untersuchung (Buskens et al., 1997). In der 10.-14. SSW dürfte die Prävalenz aufgrund der hohen Letalität der Feten mit schweren Fehlbildungen, insbesondere chromosomalen Störungen und Herzfehlern, um 15-20/1000 Feten liegen.

Auch das Spektrum der pränatal diagnostizierten Herzfehler unterscheidet sich nicht unerheblich von dem postnatal beschriebenen. Im Fetalalter liegen häufig schwerwiegendere Herzfehler als postnatal vor, teilweise mit extrakardialen und chromosomalen Anomalien assoziiert, so dass diese Faktoren zu einer höheren Rate an Spontanaborten bzw. Totgeburten führen (Chinn et al., 1989; Chaoui und Gembruch, 1997). Spezifische Chromosomenstörungen zeigen darüber hinaus eine Assoziation zu einem bestimmten Typ Herzfehler, so dass sich das Spektrum der in der Fetalperiode beobachteten Herzfehler im Verlauf der Schwangerschaft ändert (Chaoui und Gembruch, 1997; Hyett et al., 1997; Mennicke und Schwinger, 1997; Chaoui et al., 1999). Zudem zeigen einige Herzfehler sekundäre strukturelle Veränderungen mit zunehmendem Gestationsalter, so dass die Daten für das 2. und 3. Trimenon nicht auf die Frühschwangerschaft vorbehaltlos transferiert werden können. Dies gilt insbesondere für die myokardiale Hypertrophie, Hypoplasie und Dilatation der Ventrikel oder der großen Gefäße (Gembruch et al., 1993; Yagel et al., 1997; Gembruch et al., 2000; Smrcek et al., 2003).

Kongenitale Herzfehler sind häufig mit chromosomalen Anomalien vergesellschaftet (Ursell et al., 1985; Copel et al., 1988; Ferencz et al., 1989; Allan et al., 1991; Nicolaides et al., 1992; Mennicke und Schwinger, 1997; Chaoui et al., 1999). Schwere chromosomale Anomalien wurden in Spontanaborten (57%), Feten im 2. Trimenon (18%) und Lebendgeborenen (12%) mit kongenitalem Herzfehler gefunden (Ursell et al., 1985; Copel et al., 1988; Allan et al., 1991; Chaoui et al., 1999). In den letzten Jahren wurde zudem offensichtlich, dass bei konotrunkalen Fehlbildungen und Anomalien des Aortenbogens häufig Mikrodeletionen am Chromosom 22 (CATCH-22) vorliegen (Driscoll 1994; Matsuoka et al., 1994; Mennicke und Schwinger, 1997; Boudjeline et al., 2001). Das generelle Risiko für Aneuploidie bei Feten mit kongenitalem Herzfehler wird in der Literatur mit etwa 20-30% angegeben, ist allerdings stark abhängig vom Typ des Herzfehlers (Ursell et al., 1985; Copel et al., 1988; Ferencz et al., 1989; Allan et al., 1991; Chaoui et al., 1999). Daher wird nach der pränatalen

¹ Klinik für Frauenheilkunde und Geburtshilfe, Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Lübeck

² Klinik für Geburtshilfe und Pränatale Medizin, Universitätsklinikum Bonn

Diagnose eines Herzfehlers in der Regel eine fetale Karyotypisierung empfohlen.

Indikationen zur fetalen Echokardiographie

Die Indikationsstellung zur fetalen Echokardiographie ist eng an die Erkennung möglicher ätiologischer Faktoren und somit an Risikogruppen gekoppelt. Man unterscheidet heute basierend auf empirischen, tierexperimentellen und genetischen Daten drei ätiologische Hauptgruppen (Koren et al., 1987; Nora und Nora 1988; Zerres et al., 1990; Boughman et al., 1993; Nora 1993; Mennicke und Schwinger, 1997): 1) primär genetische Faktoren [Chromosomenstörungen (5%) und monogen erbliche Formen (3%)], 2) primär exogene Faktoren [maternale Infektionen (1%); teratogene und maternale Stoffwechselerkrankungen (1%)]; 3) multifaktoriell bedingte Herzfehler (90%).

Das Konzept der multifaktoriellen Ätiologie, das heißt einer Interaktion unspezifischer genetischer Faktoren und Umwelteinflüssen, wird zunehmend durch die Fortschritte der Molekulargenetik in Frage gestellt. Immer mehr kongenitale Herzfehler können als Defekte infolge von vererbten oder spontan aufgetretenen Mutationen einzelner Gene oder auf Mikrodeletionen zurückgeführt werden (Payne et al., 1995; Mennicke und Schwinger, 1997).

Zu den klassischen Indikationen zur fetalen Echokardiographie gehören eine anamnestische Belastung (positive Familienanamnese; maternale Erkrankungen wie z. B. Diabetes mellitus, Phenylketonurie; Infektionen wie z.B. Röteln, Zytomegalie, Coxsackie; spezielle Substanzen wie z.B. Alkohol, Lithium, Isoretinoid; ionisierende Strahlen), nachgewiesene Auffälligkeiten beim Feten (sonographischer V.a. Herzfehler; kardiovaskuläre Symptome; frühe und/oder mehr symmetrische Wachstumsretardierung; gehäuft mit kardialen Anomalien assoziierte Anomalien; nachgewiesene Chromosomenstörung; Zwillingschwangerschaften) und der Verzicht auf eine invasive Diagnostik bei erhöhtem maternalen Alter, auffälligen biochemischen Markern (z.B. AFP, hCG) oder familiären Risiken (Gembruch, 1997; Allan et al., 2004).

In nur etwa 10% der Fälle mit kongenitalem Herzfehler lassen sich die oben genannten Risikofaktoren nachweisen (Cooper et al., 1995; Devine und Simpson, 2000). Dieses Hochrisikokollektiv sollte einer detaillierten Echokardiographie, inklusive früher Echokardiographie, in einem darauf spezialisiertem Zentrum zugeführt werden. Da sich in 90% der Fälle mit kongenitalem Herzfehler keine Risikofaktoren finden lassen (Niedrigrisikokollektiv), besteht derzeit ein zunehmender Bedarf das fetale Herz bereits im Rahmen des Routine-Ultraschalles zu evaluieren (Cooper et al., 1995; Devine und Simpson, 2000).

Eine neue Indikation zur frühen Echokardiographie ist die verdickte Nackentransparenz in der 10.-14. SSW, da hier nicht nur Feten mit einem erhöhten Risiko für chromosomale Anomalien, sondern unter anderem auch Feten mit einem erhöhten Risiko für kongenitale Herzdefekte erkannt werden (Pandya et al., 1995; Hyett et al., 1996; Hyett et al., 1999; Ghi et al., 2001; Mavrides et al., 2001; McAuliffe et al., 2004).

Frühe fetale Echokardiographie

Die transabdominale fetale Echokardiographie im 2. und 3. Trimenon, üblicherweise in der vollendeten 20.-22. SSW durchgeführt, ermöglicht in spezialisierten Zentren die sichere Detektion von fast allen kongenitalen Herzfehlern (Allan, 1995; Gembruch, 1997; Carvalho, 2001). Mittlerweile ist durch die Entwicklung hochauflösender Ultraschallgeräte mit hochfrequenten transvaginalen und transabdominalen Sonden und durch den Einsatz der Farbdoppler-Echokardiographie eine fetale Herzdiagnostik bereits im 1. und frühen 2. Trimenon möglich (Gembruch et al., 1993; Bronshstein, 1993; Achiron et al., 1994a+b; Yagel et al., 1997; Carvalho et al., 1998; Zosmer et al., 1999; Gembruch et al., 2000; Huggon et al., 2002; Smrcek et al., 2003; Smrcek et al., 2004; Fong et al., 2004). Durch den weiten Einsatz der Nackentransparenzmessung zwischen der 11.-14. SSW, in der Feten nicht nur mit einem erhöhten Risiko für chromosomale Anomalien, sondern auch unter anderem mit einem erhöhten Risiko für kongenitale Herzdefekte erkannt werden, besteht zudem zunehmend die Notwendigkeit einer frühen fetalen Echokardiographie (Hyett et al., 1999; Zosmer et al., 1999; Schwärzler et al., 1999; Mavrides et al., 2001; Ghi et al., 2001; Haak et al., 2002; Fong et al., 2004; McAuliffe et al., 2004).

Dabei ist die transvaginale Sonographie gerade in den frühen Schwangerschaftswochen häufig dem transabdominalen Vorgehen überlegen (Gembruch et al., 2000; Bhat und Sahn, 2004). Beim transvaginalen Vorgehen kann jedoch die Zahl der Bildebenen aufgrund der geringeren Focuszone und der relativ starren Position des Transducers bei einer ungünstigen Lage des Feten begrenzt sein. Hingegen ist die räumliche Orientierung bei der transabdominalen Sonographie mit starren Bezugspunkten im Vergleich zur Transvaginalsonographie deutlich einfacher. Weitere Limitationen stellen die nur geringe Größe des fetalen Herzens in der Frühschwangerschaft und das nur geringe räumliche und zeitliche Auflösungsvermögen des Farbdopplers dar. Unter Berücksichtigung dieser Aspekte erfordert die frühe fetale Echokardiographie daher nicht nur besondere Kenntnisse der frühen fetalen Herzanatomie und der technischen Limitationen, sondern auch eine besondere Expertise im Bereich der Transvaginalsonographie (Rustico et al., 2000; DeVore, 2002; Dugoff, 2002; Haak et al., 2002; Bhat und Sahn, 2004). Sind diese Voraussetzun-



Abb. 1: Atrioventrikulärer Septumdefekt im B-Bild bei einem Feten in der 13+5 Schwangerschaftswoche



Abb. 2: Farbdopplersonographische Darstellung einer Pulmonalstenose bei einem Feten in der 13+5 Schwangerschaftswoche



Abb. 3: Darstellung der Pulmonalstenose mit poststenotischer Dilatation im B-Bild bei dem gleichen Feten von Abb. 2 in der 13+5 Schwangerschaftswoche

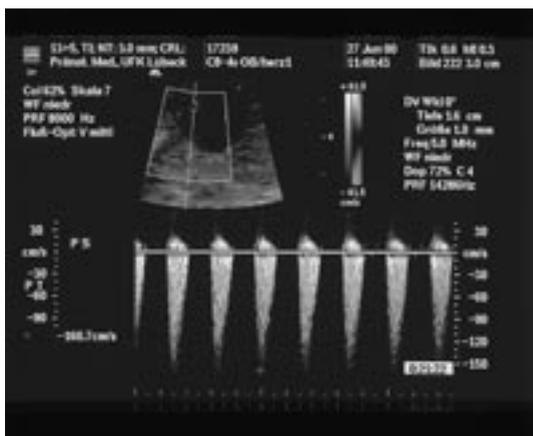


Abb. 4: Die Spektraldoppler-Untersuchung zeigt eine hohe Blutflussgeschwindigkeit von 160,7 cm/s im Bereich der Pulmonalstenose bei dem gleichen Feten von Abb.2 in der 13+5 Schwangerschaftswoche

gen gegeben, birgt die frühe fetale Echokardiographie das Potenzial die pränatale Diagnose vieler Herzfehler bereits in der frühen Schwangerschaft zu ermöglichen (Abb.1-4).

Mögliche Vorteile der frühen fetalen Echokardiographie

Die Möglichkeit der frühen Diagnose eines fetalen Herzdefektes oder aber die Bestätigung einer normalen Herzanatomie bietet der Schwangeren sowie dem Pränataldiagnostiker verschiedene Vorteile. Ein unauffälliger Befund im Rahmen der frühen fetalen Herzdiagnostik bedeutet eine psychische Entlastung für den weiteren Verlauf der Schwangerschaft, dies gilt insbesondere für Schwangerschaften mit einem erhöhten Risiko für fetale Herzdefekte. Zudem besteht bei Auffälligkeiten die Möglichkeit für eine fetale Karyotypisierung und eine anschließende interdisziplinäre Beratung mit z.B. Genetikern, Perinatologen, Kinderkardiologen oder Kinderkardiochirurgen. In ausgewählten Fällen, z.B. bei fetaler Arrhythmie, ist eine pharmakologische Therapie

möglich. Der optimale Entbindungstermin und eine entsprechende Entbindungsklinik mit den erforderlichen neonatalen Versorgungsmöglichkeiten können rechtzeitig bestimmt werden. Die intrauterine Verlegung und Geburt in ein entsprechendes Zentrum nach pränataler Diagnostik eines Herzfehlers reduziert die Morbidität und Mortalität einzelner Herzfehler (Bonnet et al., 1999; Tworetzki et al., 2001; Verheijen et al., 2001; Franklin et al., 2002). In Ländern, in denen die Option eines Schwangerschaftsabbruches besteht, kann bei schweren kardialen oder extrakardialen Fehlbildungen die frühe Diagnose die frühere und damit risikoärmere Beendigung der Schwangerschaft ermöglichen.

Darstellbarkeit der fetalen Herzstrukturen

Die Organogenese verläuft in der Schwangerschaft über einen relativ kurzen Zeitraum, am Ende des ersten Tri-

menons ist die Organogenese bereits abgeschlossen, und die größeren Organsysteme können zu diesem Zeitpunkt mittels Ultraschall dargestellt werden. So beginnt die Entwicklung des embryonalen Herzens am 16. Tag mit der Ausbildung des Herzschlauches und ist bei einer Scheitelsteißlänge von etwa 40 mm in der 10. SSW strukturell beendet. Erste Herzaktionen lassen sich etwa ab der vollendeten 5. SSW darstellen und entsprechen wahrscheinlich überwiegend Bewegungen der Mitralk- bzw. Trikuspidalklappe. Diese Klappen kommen durch ihre hohe Echogenität vor allem in der 10.-11. SSW zur Darstellung. Bis zum Ende der 10. SSW erscheint das fetale Herz überwiegend als dreikammerig; das Ventrikelseptum, die arteriellen und venösen Konnektionen sind bereits in der 8. SSW ausgebildet. Die Aorta kann man ab der 9. SSW darstellen und am Ende der 12. SSW kommen die brachiocephalen Gefäße und die Carotiden in fast allen Feten zur Darstellung (Rottem und Chervenak, 1990; Allan et al., 1997; Haak und van Vugt, 2003).

In einer vor 8 Jahren durchgeführten Studie diente noch die Darstellbarkeit des Vierkammerblicks und des Ausflusstraktes mit Überkreuzung der großen Gefäße als Kriterium für die Durchführbarkeit einer fetalen Echokardiographie in der frühen Schwangerschaft. Dabei konnten der Vierkammerblick und die Überkreuzung der großen Gefäße in 44 % der Feten in der vollendeten 10. SSW dargestellt werden, in 75 % in der 11. SSW, in 93 % in der 12. SSW und in 100 % der Feten ab der 13. SSW (Gembruch et al., 2000). Mit modernsten Geräten ist in diesen frühen Wochen der Anteil der erfolgreichen Darstellung der kardialen Strukturen heute deutlich höher (Smrcek et al.(a), in press). Der Vierkammerblick, 3-Gefäßblick, der Abgang der großen Gefäße, die Überkreuzung der großen Gefäße, der Aortenbogen und der Ductus arteriosus können durch die Kombination von Transvaginalsonographie und Transabdominalsonographie sowie unter Anwendung des Farbdopplers ab der vollendeten 10. SSW in 100 % der Fälle adäquat dargestellt werden. Eine Darstellung der V. cava inferior und V. cava superior gelingt in der Regel ab der vollendeten 11. SSW. Die Darstellung der Lungenvenen ist in ca. 90 % der Fälle ab der vollendeten 12. SSW möglich, ab der vollendeten 15. SSW in allen Fällen. Die komplette Evaluation des fetalen Herzens unter Einstellung aller Schnittebenen war in unserer Studie allerdings bei keinem der Feten in der vollendeten 10. SSW möglich, in erster Linie bedingt durch die fehlende Darstellbarkeit der Lungenvenen. In der vollendeten 11. SSW steigt die Darstellbarkeit aller Schnittebenen auf etwa 45 % an und liegt zwischen der vollendeten 12.-14. SSW etwa bei 90 % und in der vollendeten 15. SSW bei 100 %. In Übereinstimmung mit anderen Studien (Haak et al., 2002; Souka et al., 2004) ist daher eine detaillierte Evaluation des fetalen Herzens mit hochauflösenden Ultra-

schallgeräten in der Regel ab der vollendeten 12. SSW sinnvoll und durchführbar.

Einfluss des BMI, der Lage des Feten und der Distanz vom Schallkopf bis zum fetalen Herzen auf die Darstellbarkeit der einzelnen Schnittebenen

Maternales Übergewicht und die damit verbundene Fettleibigkeit beeinflussen signifikant die Möglichkeit der sonographischen Darstellung der fetalen Anatomie, insbesondere die Darstellung kleinerer Strukturen wie die fetale kardiale Anatomie (Wolfe et al., 1990; DeVore et al., 1993; Hendler et al., 2003; Hendler et al., 2004). Hendler und Kollegen (Hendler et al., 2003) konnten in einer Studie zeigen, dass mit zunehmender Schwere der maternalen Fettleibigkeit die Möglichkeit der adäquaten Visualisierung des fetalen Herzens je Schweregrad um 10 % sukzessiv abnimmt. Eine verminderte Darstellbarkeit der einzelnen fetalen Strukturen bei diesen Patientinnen, kann jedoch die pränatale Detektionsrate an Fehlbildungen reduzieren (Wong et al., 2002; Hendler et al., 2004). Dies gilt insbesondere für fetale Herzdefekte, da fettleibige Patientinnen ein 2-6,5 faches erhöhtes Risiko für kardiale Anomalien aufweisen, wie z. B. ventrikuläre Septumdefekte, atriale Septumdefekte, Aortenisthmusstenosen oder Ausflusstrakt Defekte (Mikhail et al., 2002; Watkins et al., 2003). Obwohl Studien aus dem zweiten und dritten Trimenon einen Einfluss des BMI auf die Darstellbarkeit der einzelnen fetalen Strukturen zeigen konnten (Wolfe et al., 1990; DeVore et al., 1993; Hendler et al., 2003; Hendler et al., 2004), waren der BMI und auch die Lage des Feten in einer von unserer Arbeitsgruppe durchgeführten Studie zwischen der vollendeten 10.-15. Schwangerschaftswoche keine geeigneten Parameter für die Vorhersage der Darstellbarkeit der einzelnen Schnittebenen im Rahmen der frühen fetalen Echokardiographie. Wie erwartet, hatte die Distanz vom Schallkopf bis zum fetalen Herzen einen statistisch signifikanten Einfluss auf die Darstellbarkeit der einzelnen Herzstrukturen sowohl in der Transvaginalsonographie als auch in der Transabdominalsonographie. Dabei unterschied sich die Distanz vom Schallkopf bis zum fetalen Herzen in der Transvaginalsonographie hochsignifikant von der Transabdominalsonographie. Die kürzere Distanz vom Schallkopf bis zum Feten bei der Transvaginalsonographie und die damit verbundene bessere Darstellbarkeit der einzelnen fetalen Strukturen, erklärt daher die Überlegenheit der Transvaginalsonographie im späten ersten bzw. frühen zweiten Trimenon im Rahmen der detaillierten frühen fetalen Echokardiographie im Vergleich zur Transabdominalsonographie.

Normale Herzbiometrie

Messungen der fetalen Herzbiometrie zwischen der 10.-17. SSW zeigen eine hochsignifikante lineare Kor-

relation des Herzquerdurchmessers, des Herzumfanges, der Herzfläche, des rechts- und linksventrikulären Durchmessers, des Durchmessers der Aorta und des Truncus pulmonalis, der kardiothorakalen Diameter-Ratio, kardiothorakalen Umfang-Ratio sowie der kardiothorakalen Flächen-Ratio zum Gestationsalter, zur Scheitelsteißlänge und zum biparietalen Durchmesser. Die Ratio aus rechts- und linksventrikulärem Durchmesser und die Ratio aus dem Durchmesser des Truncus pulmonalis und der Aorta sind zu diesem Zeitpunkt konstant (Bronstein et al., 1992; Shapiro et al., 1998; Gembruch et al., 2000; Smrcek et al. (a), in press).

Transvaginalsonographie im Vergleich zur Transabdominalsonographie

In den frühen Schwangerschaftswochen ist die transvaginale Sonographie (TVS) häufig dem transabdominalen Vorgehen (TAS) überlegen. Unsere Arbeitsgruppe konnte zeigen (Gembruch et al., 2000; Smrcek et al. (a), in press), dass die TVS zwischen der vollendeten 10.-13. SSW bei der Darstellung der fetalen Herzstrukturen der TAS überlegen ist. Nur gelegentlich, wenn die Position des Uterus höher oder mehr nach vorne verlagert war, war die Transabdominalsonographie besser. Beide Techniken sind in der 14. SSW miteinander vergleichbar, nach diesem Zeitpunkt stellt die TAS adäquat die fetalen Herzstrukturen dar, bei übergewichtigen Patientinnen war die Transvaginalsonographie jedoch eine nützliche komplementäre Methode. Diese Ergebnisse decken sich mit anderen Publikationen (D'Amelio et al., 1991; Bhat und Sahn, 2004; Souka et al., 2004). Andere aktuelle Studien aus Pränatalzentren mit hochauflösenden Ultraschallgeräten und Spezialisten für frühe fetale Echokardiographie zeigen, dass mittlerweile auch mittels transabdominaler fetaler Echokardiographie im ersten und frühen zweiten Trimenon der Schwangerschaft eine exakte Diagnose von fetalen Herzdefekten möglich ist (Carvalho et al., 1998; Simpson et al., 2000; Carvalho et al., 2004).

Entdeckungsraten der frühen fetalen Echokardiographie und in-utero-Entwicklung von kongenitalen Herzdefekten

Eine unauffällige echokardiographische Untersuchung zu einem bestimmten Zeitpunkt in der Schwangerschaft, durchgeführt durch einen erfahrenen Spezialisten, bedeutet nicht zwangsläufig eine weitere normale Entwicklung des fetalen Herzens. Obwohl eine umfassende Darstellung der fetalen kardialen Anatomie bereits zum Ende des ersten Trimenons möglich ist (Achiron et al., 1994b; Yagel et al., 1997; Simpson et al., 2000; Gembruch et al., 2000; Haak et al., 2002; Comas et al., 2002; Smrcek et al., 2003; Smrcek et al., 2004; Fong et al., 2004; Carvalho et al., 2004), stellen sich Veränderungen der Kammergröße, kleine ventri-

kuläre Septumdefekte und Unterschiede in der Größe der großen Gefäße manchmal erst später im Verlauf der Schwangerschaft oder in der Neonatalzeit dar. Ein offensichtlich normal erscheinendes fetales Herz zu irgendeinem Zeitpunkt in der Schwangerschaft schließt daher nicht zwingend einen schweren Herzfehler aus und einige Herzfehler sind scheinbar erst postpartal zu diagnostizieren. Beispiele für dieses Phänomen sind das hypoplastische Linksherzsyndrom, die Aortenisthmusstenose, die Endokardfibroelastose als Folge einer Aortenstenose, die Pulmonalstenose, die Fallot-Tetralogie und kardiale Tumore. All diese Anomalien sind häufig zwischen der 13.-22. SSW nur schwer von einem normalen Herzen zu unterscheiden, können aber im Verlauf der Schwangerschaft oder postnatal diagnostiziert werden (Gembruch et al., 1993; Yagel et al., 1997; Comas et al., 2002; Smrcek et al., 2003; Smrcek et al., 2004; Fong et al., 2004).

In einer retrospektiven Studie mit ausschließlicher 2-dimensionaler Sonographie untersuchten Yagel und Kollegen 22.050 Schwangere aus einer Population mit sowohl niedrigem als auch hohem Risiko für kongenitale Herzdefekte (Yagel et al., 1997). Insgesamt konnte in 168 Fällen ein Herzfehler diagnostiziert werden, entsprechend einer Rate von 7,6/1000. Zwischen der 13.-16. SSW konnten ca. 65 % der Herzfehler diagnostiziert werden, 15 % in der 20.-22. SSW, 5 % im dritten Trimenon und 15 % postnatal. Diese Ergebnisse stimmen sehr gut mit Ergebnissen unserer Arbeitsgruppe überein (Smrcek et al. (b), in press), allerdings erfolgte in unserer Studie die detaillierte fetale Herzdiagnostik bereits zwischen der vollendeten 11.-13. SSW. In diesem Kollektiv konnten insgesamt 46 Herzfehler diagnostiziert werden. Zwischen der vollendeten 11.-13. SSW wurden 29 fetale Herzfehler diagnostiziert (63,04 %), neun Herzfehler konnten im II. Trimenon (19,57 %) und zwei Herzfehler im III. Trimenon (4,35 %) festgestellt werden. Insgesamt konnten somit 40 fetale Herzfehler (86,96 %) in-utero diagnostiziert werden. Postnatal konnten 6 Herzfehler (13,04 %) durch die Pädiater festgestellt werden. Das Spektrum der beobachteten Herzfehler änderte sich im Verlauf der Schwangerschaft und unterschied sich nicht unerheblich von den postnatal beschriebenen.

Comas und Mitarbeiter (Comas et al., 2002) beschreiben in einer prospektiven spanischen Multicenterstudie, in der 330 Hochrisikoschwangerschaften für einen kongenitalen Herzdefekt ausgewertet wurden, eine wesentlich höhere Sensitivität der frühen fetalen Echokardiographie zwischen der 12.-17. SSW mit einer Detektionsrate von 79,2 % bei einer sehr hohen Prävalenz für kongenitale Herzdefekte von 14,4 %. Allerdings hat diese Arbeit einige methodische Schwächen, so dass die Aussagekraft insgesamt als eingeschränkt zu beurteilen ist.

Unser Verständnis für die in-utero Entwicklung und die sehr variable Darstellung der verschiedenen kardialen

Defekte zum Zeitpunkt der Diagnose ist derzeit immer noch fragmentär und inkomplett. Wird die fetale Echokardiographie durch Spezialisten durchgeführt, lassen sich in der Literatur dennoch drei Hauptgründe für die erst im späteren Verlauf der Schwangerschaft mögliche Diagnose eines Herzfehlers finden (Yagel et al., 1997; Smrcek et al., 2003; Smrcek et al., 2004; Fong et al., 2004). 1) Eine limitierte Auflösung, bedingt durch die Gerätetechnik, die geringe fetale Größe und dessen Lage. 2) Eine Progression der Läsion in-utero führt zu einer späteren Manifestation des Herzdefektes. 3) Fehl-diagnosen.

Ventrikelseptumdefekte können grundsätzlich in-utero diagnostiziert werden, werden aber häufig pränatal übersehen, bedingt durch eine limitierte Auflösung der Ultraschallgeräte bei oft sehr kleinen Läsionen (Yagel et al., 1997; Carvalho et al., 1998; Simpson et al., 2000; Comas et al., 2002; Smrcek et al. (b), in press). Auch die im II. und III. Trimenon im Farbdoppler in der Regel sichtbaren bidirektionalen interventrikulären Blutflüsse (Jets) bei kleinen ventrikulären Septumdefekten lassen sich im I. Trimenon erfahrungsgemäß derzeit nicht nachweisen, bedingt wohl durch die niedrigen Flussgeschwindigkeiten einerseits und die schlechte räumliche Auflösung des Farbdopplers, insbesondere bei niedriger Pulsrepetitionsfrequenz. Zudem kann es im Verlauf der Schwangerschaft oder auch kurz nach der Geburt zu einem spontanen Verschluss des ventrikulären Septumdefektes kommen, was wiederum die Rate an undiagnostizierten Läsionen erhöht.

Von besonderem Interesse sind die Fehlbildungen, die einen Progress in-utero erfahren. Hier sind vor allem Stenosen der großen Gefäße als auch ventrikuläre Ausflusstraktobstruktionen zu nennen. Sekundäre strukturelle Veränderungen wie eine myokardiale Hypertrophie, Hypoplasie, Dilatation der Ventrikel/Gefäße oder eine Fibroelastose können in diesen Fällen in der ersten Hälfte der Schwangerschaft noch fehlen. Zudem kann z. B. ein Wachstumsarrest einer betroffenen Klappe zu diesem Zeitpunkt noch nicht signifikant genug sein, um durch eine B-Bild Ultraschalluntersuchung erkannt zu werden. Verschiedene Arbeiten in der Literatur konnten das Phänomen eines Progresses einer Läsion in-utero beschreiben. (Allan et al., 1984; Allan et al., 1989; Fyler et al., 1992; Allan, 1989; Carvalho et al., 2004; Yagel et al., 1997; Smythe et al., 1990; Geipel et al., 2001; Sonesson et al., 1992; Simpson et al., 2000; Gardiner, 2001; Shermans et al., 1996).

Es gibt einige kardiale Defekte, die sich nicht aus einem normal erscheinenden fetalen Herzen in der Schwangerschaft entwickeln können, dies gilt insbesondere für die Transposition der großen Gefäße, den atrioventrikulären Septumdefekt, das Heterotaxie-Syndrom, den double outlet des rechten Ventrikels, den Truncus arteriosus,

die totale Lungenvenenfehleinmündung oder die Ebstein Anomalie (Yagel et al., 1997).

Obwohl die strukturelle Entwicklung des fetalen Herzens bereits am Ende des ersten Trimenons abgeschlossen ist, kann ein zu diesem Zeitpunkt normal erscheinendes fetales Herz nicht einen schweren Herzdefekt zwingend ausschließen. Eine Folgeuntersuchung des fetalen Herzens im Verlauf der Schwangerschaft, üblicherweise zwischen der 20.-22. SSW durchgeführt, ist in diesen Fällen erforderlich (Gembruch et al., 1993; Yagel et al., 1997; Gembruch et al., 2000; Comas et al., 2002; Smrcek et al., 2003; Smrcek et al., 2004; Fong et al., 2004; Carvalho et al., 2004).

Herzfrequenz in der Frühschwangerschaft

Fetale Herzaktionen lassen sich etwa ab der vollendeten 5. SSW darstellen. Dabei lässt sich ein rascher Anstieg der Herzfrequenz von ca. 110 Schlägen/min auf 171-178 Schlägen/min bis zur 10. SSW feststellen, gefolgt von einem langsamen Abfall der fetalen Herzfrequenz (Wisser und Dirschedl, 1994; Blaas et al., 1995; Germer et al., 1997; Gembruch und Smrcek 2000; Smrcek et al. (a), in press).

Die Kenntnis der fetalen Herzfrequenz in den verschiedenen Stadien der Schwangerschaft ist von klinischer Relevanz. In der Frühschwangerschaft besteht ein Zusammenhang zwischen einer vom Normalkollektiv abweichenden Herzfrequenz und einer erhöhten Rate von Spontanaborten (Achiron et al., 1991; Wisser und Dirschedl, 1994), in der Spätschwangerschaft ist die fetale Herzfrequenz z.B. hilfreich bei der Diagnose von Arrhythmien und der Überwachung ihrer medikamentösen Therapie. Hyett und Kollegen (Hyett et al., 1996b) konnten in einer Studie zeigen, dass neben einer auffälligen Nackentransparenz eine abnormale Herzfrequenz in der 10.-14. SSW mit chromosomalen Anomalien assoziiert ist. Die fetale Herzfrequenz bei Feten mit Trisomie 18 und Triploidie war signifikant niedriger als bei normalen Feten. Bei Feten mit Trisomie 21, Trisomie 13 und Turner Syndrom fanden sie eine erhöhte Herzfrequenz. Durch die Kombination von maternalem Alter, fetaler Nackentransparenz und fetaler Herzfrequenz konnten sie die Sensitivität für die Diagnose einer Trisomie 21 auf 83 % steigern.

In der Frühschwangerschaft sind echte Arrhythmien wie Tachyarrhythmien (supraventrikuläre Tachykardien/Vorhofflattern), Extrasystolen und AV-Blockierungen II°-III° extrem selten und wurden nur in Fallberichten dokumentiert (Gembruch et al., 1990; Baschat et al., 1999; Porat et al., 2003). Am häufigsten findet sich ein AV-Block II°-III° in Zusammenhang mit einem linksatrialen Isomerismus und entsprechend komplexen Herzfehler (Baschat et al., 1999; Berg et al., 2003), wohingegen sich der AV-Block durch maternale Autoantikörper

erst nach transplazentaren Übertritt dieser IgG-Antikörper nach der 17. Schwangerschaftswoche manifestiert (Baschat et al., 1999).

Nackentransparenz und kongenitale Herzfehler

Die zunehmende Akzeptanz von Screening-Programmen für chromosomale Anomalien im ersten Trimenon in Niedrigrisikokollektiven, basierend auf der Messung der Nackentransparenz zwischen der 10.-14. SSW wird unweigerlich die Fehlbildungsdiagnostik, insbesondere die Echokardiographie, beeinflussen. Die Messung der Nackentransparenz hat nämlich nicht nur zur Identifikation von Feten mit einem erhöhten Risiko für chromosomale Anomalien geführt, sondern zur Identifikation von weiteren Untergruppen mit einem erhöhten Risiko für kongenitale Herzdefekte und andere strukturelle Defekte (Hyett et al., 1996; Hyett et al., 1999; Mavrides et al., 2001; Ghi et al., 2001; McAuliffe et al., 2004) als auch verschiedene Erkrankungen und genetische Syndrome, auch bei Vorliegen eines normalen Karyotyps, geführt (Souka et al., 2001; McAuliffe et al., 2004). Bei Feten mit einer erhöhten Nackentransparenz in der Frühschwangerschaft wurde eine Prävalenz von 10-17 schweren Herzfehlern auf 1000 Feten mit normalem Karyotyp gefunden (Hyett et al., 1997; Souka et al., 1998). Zusätzlich steigt die Prävalenz der Vitien mit der Größe der Nackendicke an (Hyett et al., 1997; Souka et al., 1998; Mavrides et al., 2001; McAuliffe et al., 2004). Das generelle Risiko für einen chromosomal unauffälligen Feten mit erhöhter Nackentransparenz (> 95. Perzentile) für das Vorliegen eines strukturellen Herzdefektes liegt etwa bei 4-5 % (Ghi et al., 2001; Lopes et al., 2003). Eine erhöhte Nackentransparenz ist daher mit einem höheren Risiko für Herzdefekte assoziiert als bisher lang etablierte Indikationen zur Echokardiographie, wie z.B. maternaler Diabetes, eine positive Familienanamnese oder die Einnahme von Medikamenten in der Schwangerschaft. Für die Beratung relevant ist aber auch, dass bei einer Nackendicke von 2,5-4 mm mehr als 99 % der Feten keine Herzfehler aufweisen (Ghi et al., 2001).

Die euphorischen Daten der ersten Arbeiten (Hyett et al., 1999), die in 55 % der Fälle mit Anomalien des Herzens und der großen Gefäße eine Assoziation mit einer erhöhten Nackentransparenz zeigen konnten, haben sich nicht bestätigt. Neuere Studien an Niedrigrisikokollektiven zeigen, dass nur 10-26 % der Feten mit relevanten Herzfehlern („major cardiac defects“) in der Frühschwangerschaft eine verdickte Nackentransparenz aufweisen (Schwartzler et al., 1999; Mavrides et al., 2001; Hafner et al., 2003). Deshalb eignet sich diese Methode nicht, das Screening mit dem Vierkammerblick bzw. Vierkammerblick und Ausflusstrakt mit Entdeckungsraten für Herzfehler von etwa 40 % bzw. 70 % im II. Trimenon zu ersetzen (Gembruch, 1997; Gembruch und

Geipel, 2003). Bei Vorliegen einer erhöhten Nackentransparenz besteht jedoch die dringende Notwendigkeit einer detaillierten fetalen Echokardiographie, auch im Falle eines normalen Karyotyps (Zosmer et al., 1999; Ghi et al., 2001; Haak et al., 2002; Lopes et al., 2003; Carvalho et al., 2004; McAuliffe et al., 2004).

Venöser Doppler und Feten mit kongenitalem Herzdefekt

Im 2. und 3. Trimenon der Schwangerschaft ist ein abnormaler Blutfluss im Ductus venosus Zeichen einer kardialen Dysfunktion, häufig als Folge von z.B. Herzdefekten, einer Kardiomyopathie, einer fetalen Hypoxie im Endstadium oder einer erhöhten rechtsventrikulären Nachlast. Untersuchungen des Ductus venosus Blutflusses im 1. Trimenon der Schwangerschaft konnten zeigen, dass bei Feten mit einer erhöhten Nackentransparenz und normalem Karyotyp eine Assoziation zwischen abnormalem Ductus venosus Blutfluss, definiert als ein fehlender oder reverser Blutfluss während der atrialen Kontraktion, und Herzdefekten besteht (Matias et al., 1999; Favre et al., 2003). Im Falle einer erhöhten Nackentransparenz und normalem Karyotyp könnte die Untersuchung des Ductus venosus daher hilfreich bei der Identifikation derjenigen Feten sein, die ein erhöhtes Risiko für Herzdefekte und ein reduziertes Schwangerschafts-Outcome besitzen (Matias et al., 1999; Bilardo et al., 2001; Favre et al., 2003). In diesen Fällen ist ein intensives „Follow up“ zu empfehlen.

Schlussfolgerung

Durch die Entwicklung hochauflösender Ultraschallgeräte mit hochfrequenten transvaginalen und transabdominalen Sonden und durch den Einsatz der Farbdoppler-Echokardiographie ist eine detaillierte fetale Herzdiagnostik bereits Ende des 1. und im frühen 2. Trimenon möglich. Dabei erfordert die frühe fetale Echokardiographie nicht nur besondere Kenntnisse der frühen fetalen Herzanatomie und der technischen Limitationen, sondern auch eine besondere Expertise im Bereich der Transvaginalsonographie. Diese Voraussetzungen sind in der Regel nur an spezialisierten Zentren erfüllt. Die Indikation zur frühen fetalen Echokardiographie besteht derzeit für Patientinnen mit einem erhöhten Risiko für kongenitale Herzdefekte. Da strukturelle Anomalien des fetalen Herzens und der großen Gefäße sich erst später im Verlauf der Schwangerschaft manifestieren können, ist auch bei Darstellung einer normalen kardialen Anatomie und Blutflussmuster im Rahmen der frühen Echokardiographie eine konventionelle Echokardiographie um die 20. SSW erforderlich. Trotz der oben genannten Einschränkungen der frühen Herzdiagnostik, birgt die frühe fetale Echokardiographie das Potenzial die pränatale Diagnose vieler Herzfehler bereits in der frühen Schwangerschaft zu ermöglichen.

Literatur

- 1) Achiron R, Tadmor O, Mashiach S (1991). Heart rate as a predictor of first-trimester spontaneous abortion after ultrasound-proven viability. *Obstet Gynecol* 78: 330-34
- 2) Achiron R, Rotstein Z, Lipitz S, Mashiach S, Hegesh J (1994a). First-trimester diagnosis of fetal congenital heart disease by transvaginal ultrasonography. *Obstet Gynecol* 84: 69-72
- 3) Achiron R, Weissman A, Rotstein Z, Lipitz S, Mashiach S, Hegesh J (1994b). Transvaginal echocardiographic examination of the fetal heart between 13 and 15 weeks gestation in a low-risk population. *J Ultrasound Med* 13: 783-89
- 4) Allan D, Santos R, Pexieder T (1997). Anatomical and echocardiographic correlates of normal cardiac morphology in the late first trimester fetus. *Heart* 77: 68-72
- 5) Allan L, Crawford D, Tynan M (1984). Evolution of coarctation of the aorta in intrauterine life. *Br Heart J* 52: 471-73
- 6) Allan L (1989). Diagnosis of fetal cardiac abnormalities. *Arch Dis Child* 64: 964-68
- 7) Allan L, Sharland G, Tynan M (1989). The natural history of the hypoplastic heart syndrome. *Int J Cardiol* 25: 341-43
- 8) Allan L, Sharland G, Chita S, Lockhart S, Maxwell D (1991). Chromosomal anomalies in fetal congenital heart disease. *Ultrasound Obstet Gynecol* 1: 8-11
- 9) Allan L (1995). Echocardiographic detection of congenital heart disease in the fetus: present and future. *Br Heart J* 74: 103-6
- 10) Allan L, Dangel J, Fesslova V, Marek J, Mellander M, Oberhänsli I, Oberhoffer R, Sharland G, Simpson J, Sonesson S (2004). Recommendations for the practise of fetal cardiology in Europe. *Cardiol Young* 14: 109-14
- 11) Baschat A, Gembruch U, Knöpfle G, Hansmann M (1999). First-trimester fetal heart block: a marker for cardiac anomaly. *Ultrasound Obstet Gynecol* 14: 311-14
- 12) Berg C, Geipel A, Smrcek J, Krapp M, Germer U, Kohl T, Gembruch U, Baschat A (2003). Prenatal diagnosis of cardiopulmonary syndromes: a 10-year experience. *Ultrasound Obstet Gynecol* 22: 451-59.
- 13) Bhat A, Sahn J (2004). Latest advances and topics in fetal echocardiography. *Curr Opin Cardiol* 19: 97-103
- 14) Bilardo C, Müller M, Zikulnig L, Schipper M, Hecher K (2001). Ductus venosus studies in fetuses at high risk for chromosomal or heart abnormalities: relationship with nuchal translucency measurement and fetal outcome. *Ultrasound Obstet Gynecol* 17: 288-94
- 15) Blaas H, Eik-Nes S, Kiserud T, Hellvik L (1995). Early development of the abdominal wall, stomach and heart from 7 to 12 weeks of gestation: a longitudinal ultrasound study. *Ultrasound Obstet Gynecol* 6:240-49
- 16) Bonnet D, Coltri A, Butera G (1999). Detection of transposition of the great arteries in fetuses reduces neonatal morbidity and mortality. *Circulation* 23: 916-18
- 17) Boudjemline Y, Fermont L, Le Bidois J, Sidi D, Bonnet D (2001). Prevalence of 22q11 deletion in fetuses with conotruncal cardiac defects: a 6-year prospective study. *J Pediatr* 138: 520-4
- 18) Boughman J, Neil C, Ferencz C, Loffredo C (1993). The genetics of congenital heart disease. In: Ferencz C, Rubin J, Loffredo C, Magee C (eds). *Epidemiology of congenital heart disease. The Baltimore-Washington Infant Study 1981. Perspect Pediatr Cardiol* 4: 123-67
- 19) Bronshtein M, Siegler E, Eshcoli Z, Zimmer EZ (1992). Transvaginal ultrasound measurements of the fetal heart at 11 to 17 weeks of gestation. *Am J Perinatol* 9:38-42
- 20) Bronshtein M, Zimmer E, Gerlis L, Lorber A, Drugan A (1993). Early ultrasound diagnosis of fetal congenital heart defects in high-risk and low-risk pregnancies. *Obstet Gynecol* 82: 225-9
- 21) Buskens E, Steyerberg E, Hess J, (1997). Routine prenatal screening for congenital heart disease: what can be expected ? A decision-analytic approach. *Am J Public Health* 87: 962-7
- 22) Carvalho J, Moscoso G, Ville Y (1998). First-trimester transabdominal fetal echocardiography. *Lancet* 351: 1023-27
- 23) Carvalho J (2001). Early prenatal diagnosis of major congenital heart defects. *Curr Opin Obstet Gynecol* 13: 155-159
- 24) Carvalho J, Moscoso G, Tekay A, Campbell S, Thilaganathan B, Shinebourne E (2004). Clinical impact of first and early second trimester fetal echocardiography on high-risk pregnancies. *Heart* 90: 921-26
- 25) Chaoui R, Gembruch U (1997). Zur Epidemiologie der kongenitalen Herzfehler beim Feten und Neugeborenen. *Gynäkologe* 30: 165-69
- 26) Chaoui R, Körner H, Bommer C, Göldner B, Bierlich A, Bollmann R (1999). Pränatale Diagnostik von Herzfehlern und assoziierte chromosomale Aberrationen. *Ultraschall in Med* 20: 177-84
- 27) Chinn A, Fitzsimmons J, Shepard T, Fantel A (1989). Congenital heart disease among spontaneous abortuses and stillborn fetuses: prevalence and associations. *Teratology* 40: 477-82
- 28) Comas Gabriel C, Galindo A, Martinez J, Carrera J, Gutierrez-Laraya F, de la Fuente P, Puerto B, Borrell A (2002). Early prenatal diagnosis of major cardiac anomalies in a high-risk population. *Prenat Diagn* 22: 586-593
- 29) Cooper M, Enderlein M, Dyson D, Roge C, Tarnoff H (1995). Fetal echocardiography: retrospective review of clinical experience and an evaluation of indications. *Obstet Gynecol* 86: 577-82
- 30) Copel J, Cullen M, Green J, Mahoney M, Hobbins J, Kleinman C (1988). The frequency of aneuploidy in prenatally diagnosed congenital heart disease: an indication for fetal karyotyping. *Am J Obstet Gynecol* 158: 409-13
- 31) D'Amelio R, Giorlandino C, Masala L, Garofalo M, Martinelli M, Anelli G, Zichella L (1991). Fetal echocardiography using transvaginal and transabdominal probes during the first period of pregnancy: A comparative study. *Prenat Diagn* 11: 69-75
- 32) Devine P, Simpson L (2000). Nuchal translucency and its relationship to congenital heart disease. *Semin Perinatol* 24: 343-51
- 33) DeVore G, Medearis A, Bear M, Horenstein J, Platt L (1993). Fetal echocardiography: factors that influence imaging of the fetal heart during the second trimester of pregnancy. *J Ultrasound Med* 12: 659-63
- 34) DeVore G (2002). First-trimester fetal echocardiography: is the future now ? *Ultrasound Obstet Gynecol* 20: 6-8
- 35) Driscoll D (1994). Genetic basis of DiGeorge and velocardiofacial syndromes. *Curr Opin Pediatr* 6: 702-6
- 36) Dugoff L (2002). Ultrasound diagnosis of structural abnormalities in the first trimester. *Prenat Diagn* 22: 316-20
- 37) Favre R, Cherif Y, Kohler M, Kohler A, Hunsinger M, Tangle M, Cancellier M, Nisand I (2003). The role of fetal nuchal translucency and ductus venosus Doppler at 11-14 weeks of gestation in the detection of major congenital heart defects. *Ultrasound Obstet Gynecol* 21: 239-43

- 38) Ferencz C, Neill C, Boughman J, Rubin J, Brenner J, Perry L (1989). Congenital cardiovascular malformations associated with chromosome abnormalities: an epidemiologic study. *J Pediatr* 114: 79-86
- 39) Ferencz C, Rubin J, Loffredo C, Magee C (1993). Epidemiology of congenital heart diseases: the Baltimore-Washington-Infant-Study 1981-1989. Futura, Mount Kisco, NY
- 40) Fong K, Toi A, Salem S, Hornberger L, Chitayat D, Keating S, McAuliffe F, Johnson J (2004). Detection of fetal structural abnormalities with US during early pregnancy. *Radiographics* 24: 157-74
- 41) Franklin O, Burch M, Manning N, Sleeman K, Gould S, Archer N (2002). Prenatal diagnosis of coarctation of the aorta improves survival and reduces morbidity. *Heart* 87: 67-9
- 42) Fyler D (1992). Coarctation of the aorta. In: Nadas Pediatric Cardiology. Philadelphia. Mosby Year Book. 535-56
- 43) Gardiner H (2001). Fetal echocardiography: 20 years of progress. *Heart* 86: 12-22
- 44) Garne E, Stoll C, Clement M, Euroscan Group (2001). Evaluation of prenatal diagnosis of congenital heart diseases by ultrasound: experience from 20 European registries. *Ultrasound Obstet Gynecol* 17: 386-91
- 45) Geipel A, Krapp M, Germer U, Becker R, Gembruch U (2001). Perinatal diagnosis of cardiac tumors. *Ultrasound Obstet Gynecol* 17: 17-21
- 46) Gembruch U, Knöpfle G, Chatterjee M, Bald R, Hansmann M (1990). First trimester diagnosis of fetal congenital heart disease by transvaginal two-dimensional and Doppler echocardiography. *Obstet Gynecol* 75: 496-98
- 47) Gembruch U, Knöpfle G, Bald R, Hansmann M (1993). Early diagnosis of fetal congenital heart disease by transvaginal echocardiography. *Ultrasound Obstet Gynecol* 3: 310-17
- 48) Gembruch U (1997). Prenatal diagnosis of congenital heart disease. *Prenat Diagn* 17: 1283-97
- 49) Gembruch U, Shi C, Smrcek J (2000). Biometry of the fetal heart between 10 and 17 weeks of gestation. *Fetal Diagn Ther* 15: 20-31
- 50) Gembruch U, Geipel A (2003). Indication for fetal echocardiography: screening in low- and high-risk populations. In: Yagel S, Silverman N, Gembruch U. *Fetal Cardiology*. Thomson Publishing Services. Andover. UK. 89-106.
- 51) Gerlis L (1985). Cardiac malformations in spontaneous abortions. *Int J Cardiol* 7: 29-46
- 52) Germer U, Baschat A, Gembruch U (1997). Frühe fetale Echokardiographie. *Gynäkologe* 30: 200-9
- 53) Ghi T, Huggon I, Zosmer N, Nicolaides K (2001). Incidence of major structural cardiac defects associated with increased nuchal translucency but normal karyotype. *Ultrasound Obstet Gynecol* 18: 610-14
- 54) Haak M, Twisk J, Van Vugt J (2002). How successful is fetal echocardiographic examination in the first trimester of pregnancy? *Ultrasound Obstet Gynecol* 20: 9-13
- 55) Haak M, van Vugt J (2003). Echocardiography in early pregnancy. *J Ultrasound Med* 22: 271-80
- 56) Hendler I, Blackwell S, Wolfe H, Treadwell M, Sokol R, Zador I, Blackwell R (2003). The effect of maternal obesity on midtrimester sonographic visualization of the fetal heart. *Am J Obstet Gynecol* 187: 209
- 57) Hendler I, Blackwell S, Treadwell M, Bujold E, Sokol R, Sorokin Y (2004). Does advanced ultrasound equipment improve the adequacy of ultrasound visualization of fetal cardiac structures in the obese gravid woman? *Am J Obstet Gynecol* 190: 1616-20
- 58) Hoffman J, Christianson R (1978). Congenital heart disease in a cohort of 19,502 birth with longterm follow-up. *Am J Cardiol* 42: 641-7
- 59) Hoffman J (1990). Congenital heart disease: Incidence and inheritance. *Pediatr Clin North Am* 37:25-43
- 60) Hoffman J (1994). Reflections on the past, present, and future of paediatric cardiology. *Cardiol Young* 4: 208-23
- 61) Hoffman J, Kaplan S (2002). The incidence of congenital heart disease. *J Am Coll Cardiol* 39: 1890-900
- 62) Huggon I, Ghi T, Cook A, Zosmer N, Allan L, Nicolaides (2002). Fetal cardiac abnormalities identified prior to 14 weeks' gestation. *Ultrasound Obstet Gynecol* 20: 22-29
- 63) Hyett J, Moscoso G, Papapanagiotou G, Perdu M, Nicolaides K (1996). Abnormalities of the fetal heart and great arteries in chromosomally normal fetuses with increased nuchal translucency thickness at 11-13 weeks of gestation. *Ultrasound Obstet Gynecol* 7: 245-50
- 64) Hyett J, Noble P, Snijders R, Montenegro N, Nicolaides K (1996b). Fetal heart rate in trisomy 21 and other chromosomal abnormalities at 10-14 weeks of gestation. *Ultrasound Obstet Gynecol* 7:239-44
- 65) Hyett J, Perdu M, Sharland G, Snijders R, Nicolaides K (1997). Increased nuchal translucency at 10-14 weeks of gestation as a marker for major cardiac defects. *Ultrasound Obstet Gynecol* 10: 242-6
- 66) Hyett J, Perdu M, Sharland G, Snijders R, Nicolaides K (1999). Using fetal nuchal translucency to screen for major cardiac defects at 10-14 weeks of gestation: population based cohort study. *BMJ* 318: 81-5
- 67) Koren G, Edward M, Miskin M (1987). Antenatal sonography of fetal malformations associated with drugs and chemicals: a guide. *Am J Obstet Gynecol* 156: 79-85
- 68) Lian Z, Zack M, Erickson I (1986). Paternal age and the occurrence of birth defects. *Am J Hum Genet* 39: 648-60
- 69) Lopes L, Brizot M, Lopes M, Ayello V, Schultz R, Zugaib M (2003). Structural and functional cardiac abnormalities identified prior to 16 weeks' gestation in fetuses with increased nuchal translucency. *Ultrasound Obstet Gynecol* 22: 470-78
- 70) Matias A, Huggon I, Areias J, Montenegro N, Nicolaides K (1999). Cardiac defects in chromosomally normal fetuses with abnormal ductus venosus flow at 10-14 weeks. *Ultrasound Obstet Gynecol* 14: 307-10
- 71) Matsuoka R, Takao A, Kimura M, Imamura S, Kondo C, Joh-o K, Ikeda K, Nishibatake M, Ando M, Momma K. (1994). Confirmation that the conotruncal anomaly face syndrome is associated with a deletion within 22q11. *Am J Med Genet* 53: 285-89
- 72) Mavrides E, Cobian-Sanchez F, Tekay A, Moscoso G, Campbell S, Thilaganathan B, Carvalho J (2001). Limitations of using first-trimester nuchal translucency measurement in routine screening for major congenital heart defects. *Ultrasound Obstet Gynecol* 17: 106-10
- 73) McAuliffe F, Hornberger L, Winsor S, Chitayat D, Chong K, Johnson J (2004). Fetal cardiac defects and increased nuchal translucency thickness: a prospective study. *Am J Obstet Gynecol* 191: 1486-90

- 74) Mennicke K, Schwinger E (1997). Genetische Aspekte kongenitaler fetaler Herzerkrankungen *Gynäkologie* 30: 181-9
- 75) Mikhail L, Walker C, Mittendorf R (2002). Association between maternal obesity and fetal cardiac malformations in African Americans. *J Natl Med Assoc* 94: 695-700
- 76) Nicolaides K, Snijders R, Gosden C, Berry C, Campbell S (1992). Ultrasonographically detectable markers of fetal chromosomal abnormalities. *Lancet* 340: 704-7
- 77) Nora J, Nora A (1988). Update on counselling the family with a first degree relative with a congenital heart defect. *Am Med Genet* 29: 137-42
- 78) Nora J (1993). Causes of congenital heart diseases: old and new modes, mechanisms, and models. *Am Heart J* 125: 1409-19
- 79) Payne R, Johnson M, Grant J, Strauss A (1995). Toward a molecular understanding of congenital heart disease. *Circulation* 91: 494-504
- 80) Porat S, Anteby E, Hamani Y, Yagel S (2003). Fetal supraventricular tachycardia diagnosed and treated at 13 weeks of gestation: a case report. *Ultrasound Obstet Gynecol* 21: 302-5
- 81) Rottem S, Chervenak F (1990). Ultrasound diagnosis of fetal anomalies. *Obstet Gynecol Clin North Am* 17: 17-40
- 82) Rustico M, Benettoni A, D'Ottavio G, Fischer-Tamoro L, Conoscenti G, Meir Y, Natale R, Bussani R, Manidruzzato G (2000). Early screening for fetal cardiac anomalies by transvaginal echocardiography in an unselected population: the role of operator experience. *Ultrasound Obstet Gynecol* 16: 614-19
- 83) Schwärzler P, Carvalho J, Senat M, Masroor T, Campbell S, Ville Y (1999). Screening for fetal aneuploidies and fetal cardiac abnormalities by nuchal translucency thickness measurement at 10-14 weeks of gestation as part of routine antenatal care in an unselected population. *J Obstet Gynecol* 106: 1029-34
- 84) Shapiro I, Degani S, Leobovitz Z, Ohel G, Tal Y, Abinader E (1998). Fetal cardiac measurements derived by transvaginal and transabdominal cross-sectional echocardiography from 14 weeks of gestation to term. *Ultrasound Obstet Gynecol* 12:404-18
- 85) Shermans J, Leenhouts K, After G, Litaker M, Lawson P (1996). Prenatal diagnosis of left ventricular aneurysm in the late second trimester: a case report. *Ultrasound Obstet Gynecol* 7: 456-457
- 86) Simpson J, Jones A, Callaghan N, Sharland G (2000). Accuracy and limitations of transabdominal fetal echocardiography at 12-15 weeks of gestation in a population at high risk for congenital heart disease. *Br J Obstet Gynaecol* 107: 1492-97
- 87) Smrcek J, Gembruch U, Krokowski M, Berg C, Krapp M, Geipel A, Germer U (2003). The evaluation of cardiac biometry in major cardiac defects detected in early pregnancy. *Arch Gynecol Obstet* 268: 94-101
- 88) Smrcek J, Krapp M, Axt-Flidner R, Gembruch U (2004). Frühe fetale Echokardiographie. *Gynäkologie* 37: 716-24
- 89) Smrcek J, Berg C, Geipel A, Fimmers R, Diedrich K, Gembruch U (2006a). Early fetal echocardiography- Heart biometry and visualization of cardiac structures between 10 and 15 weeks gestation. *JUM*, in press
- 90) Smrcek J, Berg C, Geipel A, Fimmers R, Axt-Flidner R, Diedrich K, Gembruch U (2006b). Detection rate of early fetal echocardiography and in utero development of congenital heart defects. *JUM*, in press
- 91) Smythe J, Dyck J, Smallhorn J, Freedom R (1990). Natural history of cardiac rhabdomyoma in infancy and childhood. *Am J Cardiol* 66: 1247-49
- 92) Sonesson S, Fouron J, Lessard M (1992). Intrauterine diagnosis and evolution of cardiomyopathy in a fetus with Noonan's syndrome. *Acta Paediatr* 81: 368-70
- 93) Souka A, Snijders R, Novakow A, Soares W, Nicolaides K (1998). Defects and syndromes in chromosomally normal fetuses with increased nuchal translucency at 10-14 weeks of gestation. *Ultrasound Obstet Gynecol* 11: 391-400
- 94) Souka A, Krampf E, Bakalis S, Heath V, Nicolaides K (2001). Outcome of pregnancy in chromosomally normal fetuses with increased nuchal translucency in the first trimester. *Ultrasound Obstet Gynecol* 18: 9-17
- 95) Souka A, Pilalis A, Kavalakis Y, Kosmas Y, Antsaklis P, Antsaklis A (2004). Assessment of fetal anatomy at the 11-14 week ultrasound examination. *Ultrasound Obstet Gynecol* 24: 730-34
- 96) Tworetzki W, McElhinney D, Reddy V, Brook M, Hanley F, Silverman N (2001). Improved surgical outcome after fetal diagnosis of hypoplastic left heart syndrome. *Circulation* 103: 1269-73
- 97) Ursell P, Byrne J, Strobino B (1985). Significance of cardiac defects in the developing fetus: a study of spontaneous abortuses. *Circulation* 72: 1232-36
- 98) Verheijen P, Lisowski L, Stoutenbeek P (2001). Prenatal diagnosis of congenital heart disease affects preoperative acidosis in the newborn patient. *J Thorac Cardiovasc Surg* 121: 798-803
- 99) Watkins M, Rasmussen S, Honein M, Botto L, Moore C (2003). Maternal obesity and risk for birth defects. *Pediatrics* 111: 1152-8
- 100) Wisser J, Dirschedl P (1994). Embryonic heart rate in dated human embryos. *Early Hum Dev* 37:107-15
- 101) Wolfe H, Sokol R, Matier M, Zador I (1990). Maternal obesity: a potential source of error in sonographic prenatal diagnosis. *Obstet Gynecol* 76: 339-42
- 102) Wong S, Chan F, Cincotta R, Oats J, McIntyre H (2002). Routine ultrasound screening in diabetic pregnancies. *Ultrasound Obstet Gynecol* 19: 171-6
- 103) Yagel S, Weismann A, Rotstein Z, Manor M, Hegesh J, Anteby E, Lipitz S, Achiron R (1997). Congenital heart defects: natural course and in utero development. *Circulation* 96: 550-55
- 104) Young I, Clarke M (1987). Lethal malformations and perinatal mortality: a ten year review with comparison of ethnic differences. *Br Med J* 295:89-91
- 105) Zerres K, Gembruch U, Schwanitz G, Redel D, Bald R, Gottschlich A, Hansmann M (1990). Fetale Echokardiographie und klinische Genetik – eine enge Wechselbeziehung. *Z Kardiol* 79: 96-106
- 106) Zosmer N, Souter V, Chan C, Huggon I, Nicolaides K (1999). Early diagnosis of major cardiac defects in chromosomally normal fetuses with increased nuchal translucency. *Br J Obstet Gynecol* 106: 829-33

Ein Vergleich der Behandlungsmethoden von Ohrmuschelamputationen – Rückblick auf 25 Jahre mikrochirurgische Technik

A. Steffen*, R. Katzbach, S. Klaiber

Zusammenfassung

Eine fehlgeschlagene Wiederannaht einer amputierten Ohrmuschel führt zu gehäuften Komplikationen bei späteren Rekonstruktionen mit autologen Rippenknorpel. Die verschiedenen Replantationsmethoden unterscheiden sich im technischen Anspruch, in der sekundären Schädigung von periaurikulärem Gewebe und im ästhetischen Endergebnis. In den vergangenen 25 Jahren stellte sich die mikrochirurgische Technik als besonders vielversprechend dar. Das Ziel dieser Untersuchung ist es, die verschiedenen Behandlungsmethoden aurikulärer Amputationen anhand der Fallberichte zu bewerten, die seit der ersten erfolgreichen Replantation durch Pennington (1980) veröffentlicht wurden.

Es wurden die Fallberichte von akuten Ohrmuschelverletzungen in die Analyse einbezogen, die zwischen 1980 und 2004 publiziert worden sind. Zum besseren Vergleich wurden der Verletzungsumfang, die Behandlungsmethode und das Endergebnis kategorisiert. Repräsentative Fälle sekundärer Rekonstruktionen aus unserer Klinik werden demonstriert.

In die Untersuchung wurden 74 Patientenberichte aus 56 Publikationen einbezogen. Zwar erzielte die mikrochirurgische Technik die besten ästhetischen Ergebnisse, verlangte aber intensive peri- und postoperative Begleitmaßnahmen. Die sogenannten Pocket-Methoden wurden hauptsächlich bei Teilamputationen benutzt. Verfahren mit lokalen Lappentechniken hinterließen ein uneinheitliches Bild. Die klassische direkte Wiederannaht als composite graft kam nur bei tiefen Einrissverletzungen zum Einsatz.

Die Replantation einer amputierten Ohrmuschel bleibt eine absolute Herausforderung für den Chirurgen. Die mikrochirurgische Technik erweist sich als die Methode mit den besten Aussichten auf ein gutes ästhetisches Resultat, ohne bei misslungenen Versuchen eine spätere Rekonstruktion mit Rippenknorpel zu gefährden. Das

sogenannte Pocket-Verfahren und lokale Lappentechniken sollten verlassen werden, da sie selten so gute kosmetische Ergebnisse erzielen, wie es mit sekundären Rippenknorpelrekonstruktionen möglich ist.

Einleitung

Die Rekonstruktion der Ohrmuschel mit Rippenknorpel ist eine sehr anspruchsvolle, aber sichere Methode bei angeborenen oder traumatischen Defekten, wenn sie in erfahrenen Zentren durchgeführt wird (Firmin 1998; Brent 1999). Eine Versorgung derartiger Defekte mit knochenverankerten Ohreprothesen ist selten indiziert (Wilkes und Wolfaardt 1994). Wie eine Analyse von traumatisch bedingten Ohrrekonstruktionen mit autologen Rippenknorpel aus unserer Klinik gezeigt hat, ist eine Häufung von Komplikationen bei den Patienten deutlich, bei denen eine Wiederannaht fehlgeschlagen ist (Steffen 2004).

Es existiert eine Vielzahl von anspruchsvollen Techniken für die Behandlung von Ohrmuschelamputationen, aber der Erfolg dieser zum Teil zusätzlich traumatisierenden Methoden ist nur schwer vorhersagbar (Elsahy 2002). Der erste Bericht über eine erfolgreich durchgeführte Wiederannaht einer abgetrennten Ohrmuschel als composite graft geht auf Brown im Jahre 1898 zurück (Brown 1898). Es gibt allerdings nur eine sehr begrenzte Anzahl gelungener Versuche bei Amputationen des gesamten Ohres. In den 1970ern beschrieb Mladick das sogenannte Pocket-Prinzip, bei welchem das dermabradierte Ohr am Stumpf fixiert und in eine subkutane Hauttasche am Mastoid gelagert wird, um dann in einem zweiten Operationsschritt wieder abgehoben zu werden (Mladick und Carraway 1973). Es existieren mehrere Modifikationen mit veränderter Hauttasche (Spira 1974; Park et al. 1995) oder durch Perforationen des abgetrennten Knorpels, um die Kontaktoberfläche zu vergrößern (Baudet et al. 1972). Eine dritte, recht inhomogene Gruppe umfasst verschiedene Methoden mit periaurikulären Hautlappentechniken (Elsahy 1986), mit myokutanen Platysmalappen (Ariyan et al. 1986; de Mello-Filho et al. 1999) oder mit der temporoparietalen Faszie (Brent und Byrd 1983; Anous und Hallock 1988; Jenkins und Finucan 1989). Jedoch beinhalten alle diese

* Vorgetragen auf der 35. Jahrestagung der Deutschen Plastischen Chirurgen, Düsseldorf, 22. bis 25. September 2004; Reisekostenzuschuss der Gesellschaft der Freunde und Förderer der Universität zu Lübeck. Akzeptiert bei *Plastic Reconstructive Surgery*, 04. April 2005.

Lappentechniken eine mitunter ausgedehnte sekundäre Gewebeschädigung. Pennington führte 1980 als erster eine mikrochirurgische Ohrmuschelreplantation erfolgreich durch (Pennington et al. 1980), gefolgt von dem international bislang wenig gewürdigten Dänen Hesselfeldt-Nielsen (Hesselfeldt-Nielsen und Krag 1983). Heute gibt es mehrere technische Variationen des Anastomosenschlusses. Auch ist die Frage offen, ob eine venöse Anastomose unerlässlich ist (Kind 2002).

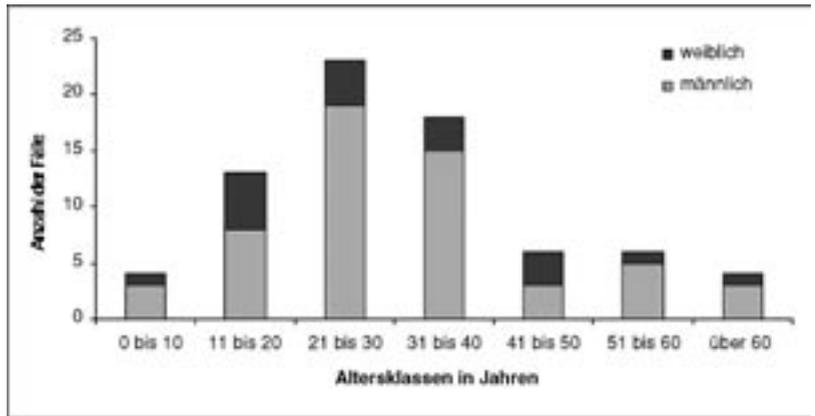


Abb. 1: Ätiologie sowie Alters- und Geschlechtsverteilung bei Ohrmuschelverletzungen

Das Ziel unserer Untersuchung ist es, die Fallberichte von Ohrmuschelverletzungen zu bewerten, die seit der ersten erfolgreichen Ohreplantation 1980 veröffentlicht wurden. Dabei soll berücksichtigt werden, ob für bestimmte Verletzungsumfänge spezielle Indikationen einzelner Techniken erarbeitet werden können, die im Falle eines Misslingens eine nachfolgende Rekonstruktion mit autologem Rippenknorpel nicht zusätzlich erschweren.

Material und Methoden

Eine ausgedehnte Medline-Analyse wurde durchgeführt. Der Zeitraum von 1980 bis 2004 sollte einen besser vergleichbaren Stand der Medizin widerspiegeln. Es wurden die Fallberichte über ein akutes Unfallgesche-

hen eingeschlossen, bei denen Alter und Geschlecht des Verunfallten, die benutzte Behandlungsmethode und das erzielte Resultat ersichtlich waren.

Der Verletzungsumfang wurde in Amputationen des gesamten Ohres (Totalamputationen), in Teilamputationen und in tiefe Einrissverletzungen unterteilt. Amputationen wurden definiert als komplette Gewebedurchtrennungen; falls noch Reste einer Gewebebrücke vorhanden waren, wurde der Fall als Einrissverletzung klassifiziert. Es wurden vier Behandlungsgruppen aufgestellt: (1) die mit mikrochirurgischer Technik, (2) die Pocket-Methode, (3) die verschiedenen lokalen Lappentechniken sowie (4) die klassische direkte Wiederannahrt als composite graft. Um eine bessere Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu erzielen, wurden drei Klassen unterschied-

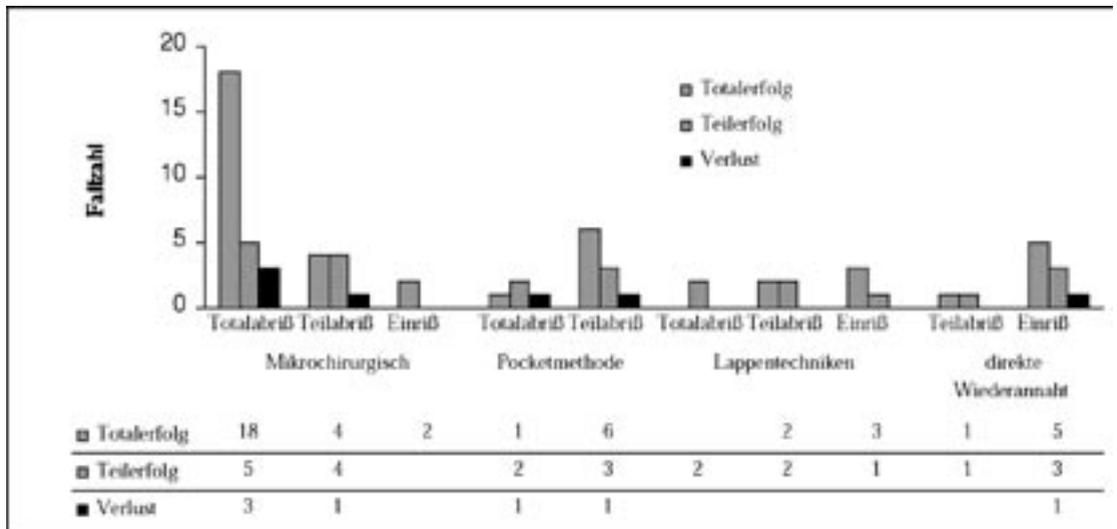


Abb. 2: Verletzungsumfang und Ergebnisse der Behandlungsmethoden



Abb. 3 und 4: Eine 33-jährige Frau erlitt eine Teilamputation des linken, oberen Ohres durch einen Hundebiss. Der Ohrknorpel, der alio loco im Sinne einer Pocket-Methode in einer subkutanen Hauttasche gelagert wurde, ist beinahe vollständig resorbiert. Die umliegende Haut ist stark vernarbt; die Ohrmuschelprojektion ist durch den fehlenden retroaurikulären Sulcus aufgehoben

den: (1) Totalerfolge mit nur geringen Verziehhungen, (2) Teilnekrosen oder deutliche Schrumpfungen und letztlich (3) die Totalverluste durch Nekrose. Die peri- und postoperativen Begleitmaßnahmen wurden erfasst. Die Datenanalyse erfolgte mit dem Statistikprogramm „SPSS for Windows“.

Repräsentative Fallbeispiele mit Rekonstruktionen traumatischer Ohrmuscheldefekte aus unserer Klinik werden demonstriert.

Ergebnisse

Unseren Anforderungen entsprachen 74 Fallberichte in 56 Publikationen, denen sich folgende epidemiologische Daten entnehmen ließen. Wie in Abbildung 1 ersichtlich, sind drei Viertel der Patienten zwischen elf und 40 Jahren alt; der Altersmedian liegt bei 28,0 Jahren. Bei 56 Männern und 18 Frauen finden sich dreimal so viele Männer unter den Verletzten wie Frauen. Die häufigsten Unfallursachen waren Verkehrsunfälle (25/74 Fällen) und Tötlichkeiten (21/74). Erstaunlicherweise entstand ein Drittel aller Verletzungen durch Bisse, meistens von Menschen (17 Fälle) oder Hunde (9 Fälle). Insgesamt wurde über 34 Total- und 25 Teilamputationen sowie 15 tiefe Einrissverletzungen berichtet. Abbildung 2 zeigt die Anzahl und Ergebnisse der verschiedenen Behandlungsmethoden, sortiert nach dem Verletzungsumfang.

In 37 Fallberichten wurden mikrochirurgische Replantationen benutzt, meistens bei Totalamputationen. In zwei Dritteln der Patienten wurde ein komplettes Wiedererheilen erreicht; jede zehnte Replantation misslang.

Bei Totalamputationen war die Erfolgsrate in Fällen ohne die Wiederherstellung des venösen Abflusses (5/8 Fällen) leicht unter derjenigen mit venösem Anschluss (13/18 Fällen).

Die Pocket-Methode wurde in 14 Fallberichten hauptsächlich bei Teilamputationen eingesetzt. Mit einer Ausnahme wurde in allen Berichten ein Überleben des Ohrknorpels erzielt. Die verschiedenen lokalen Lappentechniken wurden bei allen Verletzungsumfängen benutzt; obwohl kein Totalverlust durch Nekrose erwähnt wurde, variiert jedoch die Anzahl von kompletten Wiedereinheilungen. Die klassische direkte Wiederannaht wurde vor allem bei tiefen Einrissverletzungen mit guten Resultaten eingesetzt.

Insbesondere bei den mikrochirurgischen Techniken werden vielfältige peri- und postoperative Begleitmaßnahmen aufgeführt, so z.B. Dextran zur Hämodilution (18 Fälle) und die verschiedensten antikoagulativen Medikamente wie Heparin (27 Fälle) oder Acetylsalicylsäure (15 Fälle). Zur Minderung des venösen Staus manipulierten einige Autoren das Replatat mit Stichinzisionen (7 Fälle) oder mit Blutegeln (18 Fälle), dabei in der Hälfte der Fälle unter antibiotischer Abschrnung. Bei 20 mikrochirurgischen Ohrreplantationen wurden Bluttransfusionen erwähnt; der Median lag bei 2,0 Einheiten bei den insgesamt 23 Patienten mit venösem Gefäßanschluss (keine Angaben in 14 Fällen) und bei 6,0 Einheiten in 14 Fällen ohne venöse Reanastomosierung (keine Angaben in 3 Fällen).

Bezüglich der anderen, nicht-mikrochirurgischen Behandlungsmethoden existierten wenige Angaben über



Abbildungen 5, 6 und 7: Ein 18-jähriger Mann verlor beinahe das gesamte linke Ohr durch einen Hundebiss. Abbildung 5 zeigt den Zustand nach vergeblicher direkter Wiederannahme als composite graft. Das Ohr wurde in unserer Klinik mit Rippenknorpel in zwei Operationsschritten rekonstruiert. Aus Abbildung 6 ist das Ergebnis nach dem ersten Schritt ersichtlich. Es ist eine gut definierte Darstellung der Ohrmuschel-anatomie auf der Vorderseite möglich, da die Haut nicht vernarbt ist. Abb. 7: Endergebnis mit einer leichten Distorsion

das postoperative Therapiekonzept. Bei den Fallberichten über direkte Wiederannahmefethoden wurden vereinzelt Heparinabgaben und der Einsatz von Blutegeln bzw. Stichinzisionen erwähnt. Während einige Autoren die Bedeutung der postoperativen Ohrmuschelkühlung betonten (Bernstein und Nelson 1982; Fuleihan et al. 1987), empfahlen andere, gerade kühle Luft zu vermeiden (Godwin et al. 1999).

Die venöse Stauung im wiederangehängten Ohr erschien bei den mikrochirurgischen Replantationen als eine derart prägnante Komplikation, dass eher von einer charakteristischen Begleiterscheinung die Rede sein sollte. Wie zuvor bereits erwähnt, wurde häufig von einer transfusionspflichtigen Anämie berichtet. Weitere, für die mikrochirurgische Technik typische Komplikationen waren die arteriellen Spasmen (Kayikcioglu et al. 1997; Shelley et al. 2000) und Thrombosen der Arterie (Kind et al. 1997; Cavadas 1997; Chun et al. 2000) bzw. Vene (Rapaport et al. 1993).

Die mit der Pocket-Methode behandelten Ohramputationen zeigten einen Verlust der Stabilität und Flexibilität. Fokale Ossifikationszentren und Einwachsen von Bindegewebe wurde bei histologischen Untersuchungen gefunden (Staudenmaier et al. 2000). Die Fallberichte mit lokalen Lappentechniken erwähnten Gehörgangsstenosen (Turpin et al. 1988) und oberflächliche Epidermiolyse (Lin et al. 1997). Komplikationen bei der direkten Wiederannahme als composite graft waren Wunddehissenzen mit freiliegendem Knorpel (Bern-

stein und Nelson 1982; Fuleihan et al. 1987) und mit *Pseudomonas-aeruginosa*-Keimen infizierte Chondritis (Burgess et al. 1985).

Diskussion

Innerhalb der letzten 25 Jahre eröffneten sich mit der mikrochirurgischen Technik neue, vielversprechende Behandlungsmöglichkeiten von Ohramputationen. Falls eine arterielle Revaskularisierung möglich ist, sind die Chancen für ein vollständiges Überleben der Ohrmuschel mit sehr guten ästhetischen Ergebnissen gegeben. Darüber hinaus ist eine missglückte Replantation keine grundlegende Kontraindikation für eine sekundäre Rekonstruktion mit autologem Rippenknorpel. Einige Autoren bevorzugen die Wiederherstellung des Blutflusses über die Arteria auricularis posterior gegenüber der Arteria temporalis superficialis, um die Blutversorgung der für die moderne Ohrmuschelrekonstruktion äußerst wichtige temporoparietale Faszie zu schonen (Chun et al. 2000; Haug et al. 2001). Demgegenüber konnte der erfolgreiche Einsatz von Anastomosen zu kleineren Ästen der oberflächlichen Temporalarterie (Zamboni et al. 1999) bzw. von End-zu-Seit-Techniken (Mutimer et al. 1987) gezeigt werden, um die späteren Rekonstruktionsmöglichkeiten zu erhalten. Der deutlich limitierende Nachteil der mikrochirurgischen Technik ist die Forderung nach geeigneten Gefäßanschlüssen im Amputat (Anous und Hallock 1988) und die überaus anspruchsvolle technische Herausforderung der Methode. Weiterhin müssen Patient und Chirurg auf eine

verlängerte peri- und postoperative Behandlungsphase mit längerem Krankenhausaufenthalt (in unserer Untersuchung lag der Median bei 10,0 Tage Krankenhausaufenthalt) und auf den fast unvermeidlichen Bedarf an Bluttransfusionen und Blutegeln zur Ödembekämpfung gefasst sein.

Wie diese Untersuchung zeigt, sollten gerade bei Abrissverletzung die anderen Behandlungsmethoden verlassen werden. Die klassische direkte Wiederannaht ist lediglich bei ausgedehnten Einrissverletzungen mit erhaltener Gewebebrücke indiziert (Safak und Kayikcioglu 1998; Yotsuyanagi et al. 2001). Auch wenn bei den Techniken mit lokalen Muskel-, Faszien- und Hautlappen keine Totalverluste berichtet wurden, waren die kosmetischen Ergebnisse meistens nicht überzeugend und bedurften einer Sekundärrekonstruktion in einer dann vernarbten Region mit eingeschränkten Möglichkeiten. Unserer Meinung nach sollte der Einsatz des temporoparietalen Faszienslappens als sogenanntes Rettungsboot bei misslungenen Replantationen sehr kritisch beurteilt werden (Cavadas 1997; Chun et al. 2000). Und trotz der Tatsache, dass die Pocket-Methode bei Teilabrissen Erfolge erzielen konnte, so muss man sich klar darüber sein, dass es sich um eine Technik mit mindestens zwei Operationsschritten handelt, die bei einem missglücktem Versuch eine ausgedehnte Vernarbung im periaurikulären Gebiet hinterlässt. Deshalb sollten insbesondere bei Abrissverletzungen der ganzen Ohrmuschel die durchaus regelhaft erreichbaren guten kosmetischen Ergebnisse mit autologen Rippenknorpel berücksichtigt werden. Die klinische Erfahrung zeigt, dass selbst bei einem Überleben des Ohres der Knorpel seine komplexe Anatomie und Stabilität verliert. Dieses

wurde durch die histologische Beurteilung unterstützt, die deutliche morphologische Veränderungen bei einem heterotopisch subkutan implantierten Ohr gezeigt hatte (Staudenmaier et al. 2000).

Eine prospektive kontrollierte Studie zur Evaluierung der verschiedenen Behandlungstechniken ist aufgrund des sehr seltenen Vorkommens geeigneter Fälle nicht in Aussicht. Mit unserer retrospektiven Untersuchung sind die typischen, aber unvermeidbaren Verzerrungen verbunden. So sind die Fallberichte nicht mit der gleichen Genauigkeit geschrieben, weshalb eine sinnvolle Auswertung von wichtigen Aspekten, z. B. der Ischämiezeit, nicht möglich war. Die Tendenz, weitaus eher eine erfolgreiche Wiederannaht der Ohrmuschel publizieren zu können, findet sich in allen Untergruppen. Unter der Annahme, dass die Rate der missglückten Replantationsversuche deutlich höher ist, wird unsere Gesamtaussage zum zurückhaltenderen Einsatz herkömmlicher Methoden umso mehr unterstrichen.

Wenn man bedenkt, dass ein voroperiertes Gebiet um das Ohr mit deutlicher Narbenbildung zu einer erhöhten Komplikationsrate bei Ohrrekonstruktionen mit Rippenknorpel neigt, so muss die Indikation zu allen nicht-mikrochirurgischen Replantationsmethoden, insbesondere bei der Pocket-Technik, sehr streng überdacht werden. Denn diese Methoden führen nur in den wenigsten Fällen zu einem kosmetisch ansprechenden Ergebnis und resultieren bei Überleben des Knorpels in einer meistens stark verzogenen und auffälligen Ohrmuschel.

Aus den Ergebnissen dieser Untersuchung ist zu schließen, dass lediglich die sehr anspruchsvolle mikrochirurgische Methode zur Behandlung von Totalamputati-

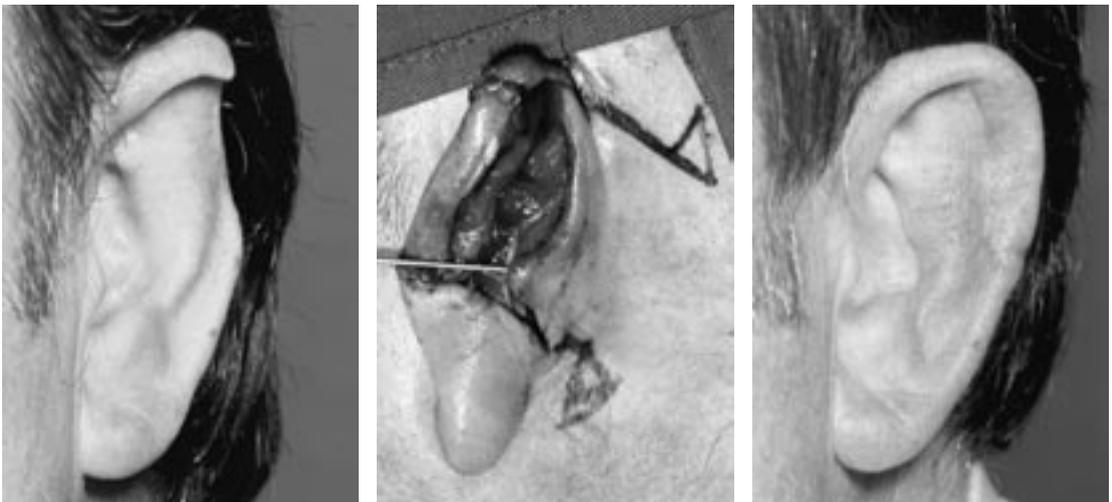


Abb. 8, 9 und 10: Vor 30 Jahren erlitt dieser 54-jährige Patient durch eine Granatsplitterverletzung eine Teilamputation der Helix. Abbildung 9 zeigt in einem intraoperativen Bild, wie der Defekt mit einem dünnen postaurikulären Hautlappen und Ohrknorpel von der Gegenseite rekonstruiert wurde. Abb. 10: Endergebnis

onen Erfolg versprechend ist. Im Gegensatz vor allem zur Pocket-Methoden und den verschiedenen Lappentechniken ist im Falle eines Misserfolgs eine sekundäre Rekonstruktion nicht gefährdet, falls Schnittführung und Hautunterminierung umsichtig durchgeführt wurden. Darüber hinaus sollte vor allem die Arteria temporalis superficialis mit ihrer zentralen Bedeutung in der Rekonstruktion unbedingt erhalten bleiben. Da korrekt aufbewahrte abgetrennte Ohrmuscheln auch längere Ischämiezeiten überstehen können (Shelley et al. 2000), sollten diese Patienten einem Zentrum mit den hohen technischen und personellen Anforderungen der Mikrochirurgie zugeführt werden. Auch 25 Jahre nach dem ersten erfolgreich replantierten Ohr ist zu konstatieren, dass kein einheitliches postoperatives Behandlungskonzept existiert. Für die Erarbeitung eines verlässlichen Therapiekonzepts ist eine bessere Multicenterkooperation und -evaluation notwendig. Deshalb ist nochmals zu betonen, dass bei fehlender Indikation für eine mikrochirurgische Versorgung dem Patienten am besten gedient ist, wenn die aurikuläre Wunde primär verschlossen und der Patient einer späteren sekundären Rekonstruktion, vorzugsweise mit autologem Rippenknorpel, einem erfahrenen Zentrum zugeführt wird.

Literatur

Anous MM, Hallock GG (1988) Immediate reconstruction of the auricle using the amputated cartilage and the temporoparietal fascia. *Ann Plast Surg* 21: 378-381

Ariyan S, Chicarilli ZN (1986) Replantation of a totally amputated ear by means of a platysma musculocutaneous "sandwich" flap. *Plast Reconstr Surg* 78: 385-389

Baudet J, Tramond P, Gouman A (1972) A propos d'un procédé original de réimplantation d'un pavillon de l'oreille totalement séparé. *Ann Chir Plast* 17: 67-72

Bernstein L, Nelson RH (1982) Replanting the severed auricle. *Arch Otolaryngol* 108: 587-590

Brent B, Byrd HS (1983) Secondary ear reconstruction with cartilage grafts covered by axial, random, and free flaps of temporoparietal fascia. *Plast Reconstr Surg* 72: 141-151

Brent B (1999) Technical advances in ear reconstruction with autogenous rib cartilage grafts: Personal experience with 1200 cases. *Plast Reconstr Surg* 104: 319-334

Brown WJ (1898) Extraordinary case of horse bite; the external ear completely bitten off and successfully replaced. *Lancet* 67: 1533-1534

Burgess LPA, Novia MV, Frankel SF, Hicks JM, Yim DWS (1985) Avulsions of the auricle. *ENT* 64: 546-548

Cavadas PC (1997) Salvage of a failed auricle replant with a temporoparietal fascia and subgaleal fascia flaps. *Eur J Plast Surg* 20: 92-94

Chun JK, Sterry TP, Margoles SL, Silver L (2000) Salvage of ear replantation using the temporoparietal fascia flap. *Ann Plast Surg* 44: 435-439

De Mello-Filho FV, Mamede RC, Koury AP (1999) Use of a platysma myocutaneous flap for the reimplantation of a severed ear: Experience with five cases. *São Paulo Med J* 117: 218-223

Elsahy NI (1986) Ear replantation combined with local flaps. *Ann Plast Surg* 17: 102-111

Elsahy NI (2002) Ear replantation. *Clin Plast Surg* 29: 221-231

Firmin F (1998) Ear reconstruction in cases of typical microtia. Personal experience based on 352 microtic ear corrections. *Scand J Plast Reconstr Hand Surg* 32: 35-47

Fuleihan NS, Natout MAY, Webster RC, Hariiri NA, Samara MA, Smith RC (1987) Successful replantation of amputated nose and auricle. *Otolaryngol Head Neck Surg* 97: 18-23

Godwin Y, Allison K, Waters R (1999) Reconstruction of a large defect of the ear using a composite graft following a human bite injury. *Br J Plast Surg* 52: 152-154

Haug M, Schoeller T, Wechselberger G, Otto A, Piza-Katzer H (2001) Ohrmuschelverletzungen – Klassifizierung und Therapiekonzept. *Unfallchirurg* 104: 1068-1075

Hesselfeldt-Nielsen J, Krag C (1983) Reimplantation af et traumatisk amputeret ydre øre. *Ugeskr Laeger* 145: 2158-2160

Jenkins AM, Finucan T (1989) Primary nonmicrosurgical reconstruction following ear avulsion using the temporoparietal fascial island flap. *Plast Reconstr Surg* 83: 148-152

Kayikcioglu A, Özlüoglu L, Kizilay A (1997) Prolonged arterial spasm in an ear replantation without venous anastomosis. *J Reconstr Microsurgery* 13: 313-316

Kind GM, Buncke GM, Placik OJ, Jansen DA, D'Amore T, Buncke HJ (1997) Total ear replantation. *Plast Reconstr Surg* 99: 1858-1867

Kind GM (2002) Microvascular ear replantation. *Clin Plast Surg* 29: 233-248

Lin SC, Chiu HY, Yu JC, Lee JW (1997) Replantation of part of an ear as an open fan composite graft. *Br J Plast Surg* 50: 135-138

Mladick RA, Carraway JH (1973) Ear reattachment by the modified pocket principle. *Plast Reconstr Surg* 51: 584-587

Mutimer KL, Banis JC, Upton J (1987) Microsurgical reattachment of totally amputated ears. *Plast Reconstr Surg* 79: 535-540

Park C, Lee CH, Shin KS (1995) An improved burying method for salvaging an amputated auricular cartilage. *Plast Reconstr Surg* 96: 207-210

Pennington DG, Lai MF, Pelly AD (1980) Successful replantation of a completely avulsed ear by microvascular anastomosis. *Plast Reconstr Surg* 65: 820-823

Rapaport DP, Breitbart AS, Karp NS, Siebert JW (1993) Successful microvascular replantation of a completely amputated ear. *Microsurgery* 14: 312-314

Safak T, Kayikcioglu A (1998) A traumatic ear amputation attached with a narrow pedicle. *Ann Plast Surg* 40: 106-107

Shelley OP, Villafane O, Watson SB (2000) Successful partial ear replantation after prolonged ischemia time. *Br J Plast Surg* 53: 76-77

Spira M (1974) Early care of deformities of the auricle resulting from mechanical trauma. In Tanzer RC, Edgerton MT (Eds) *Symposium on Reconstruction of the Auricle*. St. Louis: Mosby, pp 204-212.

Staudenmaier R, Aigner J, Hölzl J, Schilling V, Rotter N, Naumann A, Kastenbauer E (2000) Subkutane Konservierung einer abgetrennten Ohrmuschel. *Laryngo Rhino Otol* 79: 233-238

Steffen A (2004) Die Verletzung der Ohrmuschel – eine retrospektive Analyse von Ursachen und Behandlungskonzepten. [Dissertation]. Luebeck, Germany: University of Luebeck; 2004. 92 pages. Available from: University of Luebeck, Ratzeburger Allee 160, 23538 Luebeck

Turpin IM, Altman DI, Cruz HG, Achauer BM (1988) Salvage of the severely injured ear. *Ann Plast Surg* 21: 170-177

Wilkes GH, Wolfaardt JF (1994) Osseointegrated alloplastic versus autogenous ear reconstruction: Criteria for treatment selection. *Plast Reconstr Surg* 93: 967-979

Yotsuyanagi T, Yamashita K, Watanabe Y, Urushidate S, Yokoi K, Sawada Y (2001) Reconstruction of a subtotally amputated auricle. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg* 35: 425-428

Aus der Klinik für Strahlentherapie und Nuklearmedizin (Direktor: Prof. Dr. med. J. Dunst) des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein, Campus Lübeck:

Radiochemotherapie

J. Dunst

Die gezielte Kombination von Bestrahlung und gleichzeitiger Chemotherapie (sog. simultane Radiochemotherapie) hat in den letzten Jahren in der Behandlung von soliden Tumoren erheblich an Bedeutung gewonnen und ist heute für eine Reihe von Krebserkrankungen die Therapie der ersten Wahl.

Historische Entwicklung

Bis etwa 1980 wurden Strahlentherapie und zytostatische Chemotherapie in der Krebsbehandlung aus Gründen der Verträglichkeit nicht gleichzeitig, sondern, wenn überhaupt gemeinsam, dann nur nacheinander eingesetzt. Ein Meilenstein in der Entwicklung von Behandlungsregimen mit gleichzeitiger Applikation waren die Ergebnisse bei Analkanalkarzinomen. In Chicago hatte man bei dieser relativ seltenen Tumorart vor der geplanten Operation (das war damals eine abdominoperineale Rektumamputation mit Anlage eines künstlichen Darmausgangs) eine niedrig-dosierte Strahlentherapie und gleichzeitig eine Chemotherapie mit 5-Fluorouracil und Mitomycin C durchgeführt (7). Durch die präoperative Chemotherapie wollte man die bei dieser Erkrankung häufige, bereits bei Diagnose vorhandene mikroskopische Aussaat von Tumorzellen in Lymphknoten und viszerale Organe bereits prophylaktisch vor der Operation behandeln, und die Strahlentherapie sollte den sichtbaren Tumor bis zur Operation in Schach halten. Diese präoperative Radiochemotherapie wurde wegen der niedrigen Strahlendosis gut vertragen. Erstaunlicherweise zeigte sich bei der anschließenden Operation in den meisten Fällen eine fast vollständige Remission der Tumorerkrankung; in mehr als 50% der Operationspräparate war auch histologisch kein Tumor mehr nachweisbar. Diese klinische Beobachtung leitete zwei wichtige Entwicklungen ein. Erstens versuchte man, durch Optimierung der Strahlen- und Chemotherapie die Remissionsrate weiter zu verbessern. Dies gelang schnell und führte dazu, dass in den meisten Fällen von Analkanalkarzinomen auf eine Operation ganz verzichtet und so ein künstlicher Darmausgang vermieden werden konnte. Wegen der eindrucksvollen Ergebnisse hat sich diese Therapie rasch als Standardbehandlung durchgesetzt, und sie ist noch heute (mit nur geringen Modifikationen) die Behandlung der Wahl. In Deutsch-

land wurde sie übrigens erstmals an der Universitätsklinik Erlangen vom Autor eingesetzt.

Zweitens stimulierten die klinischen Ergebnisse zahlreiche Experimentatoren, die Mechanismen dieses Effektes näher zu untersuchen. Eine Fülle von experimentellen Arbeiten hat in der Folgezeit belegt, dass Zytostatika unter bestimmten Bedingungen zu einer spezifischen Verstärkung der zytotoxischen Strahlenwirkung (einer sog. Strahlensensibilisierung) vor allem in malignen Zellen führen können.

Strahlensensibilisierung

Die zytotoxische Wirkung ionisierender Strahlung beruht auf der Induktion von komplexen DNS-Schäden, die das Reparaturvermögen der Zellen überfordern. Das Reparaturvermögen von normalen Zellen und Tumorzellen ist zum Teil unterschiedlich. Vor allem im Dosisbereich von etwa 1-2Gy können viele Tumorzellen (sog. strahlensensibilisierbare Tumoren) erheblich geschädigt werden, während sich viele Normalgewebe (vor allem die sog. kritischen Organe wie ZNS, Niere oder Lunge) innerhalb von Stunden von solchen Strahlendosen praktisch komplett erholen.

Wird zusätzlich zur Strahlenbehandlung ein Zytostatikum appliziert, ist die zytotoxische Wirkung der Kombination meistens mindestens so groß wie die Summe der Einzeleffekte. Unter bestimmten Bedingungen können überadditive Effekte beobachtet werden. Strahlenbiologisch lassen sich diese noch unterscheiden in Synergismus und Strahlensensibilisierung; diese Un-

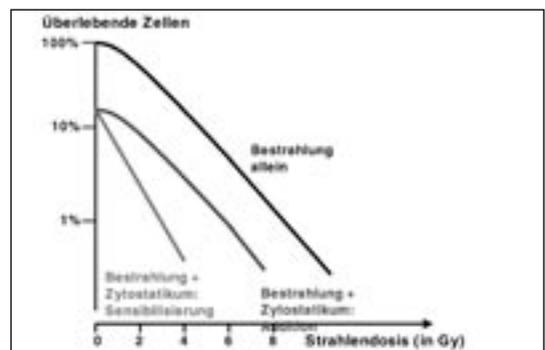


Abb. 1: Strahlensensibilisierung

terscheidung kann allerdings nur in In-vitro-Modellen mittels einer Isobologramm-Analyse getroffen werden und ist klinisch-praktisch vermutlich nicht relevant. Als Ursachen für überadditive Effekte sind verschiedene Mechanismen identifiziert worden. Überwiegend beruhen diese auf der Nutzung identischer DNA-Reparaturwege von Strahlen- und Chemotherapie, der vermehrten Entstehung komplexer DNA-Schäden oder Fixation von Schäden. Die molekularen Mechanismen sind bisher allerdings zum Teil nur bruchstückhaft identifiziert.

Das Ausmaß von überadditiven Effekten (Strahlensensibilisierung) ist in vitro stark abhängig von der zeitlichen Reihenfolge, in der Chemo- und Strahlentherapie verabreicht werden (3). Je nach eingesetztem Zytostatikum sind deshalb unterschiedliche Regime notwendig, die sich zum Teil von den klassischen, in der internistischen Onkologie bei alleiniger Behandlung mit Zytostatika verwendeten Schemata unterscheiden. Cisplatin (ein sehr potenter Strahlensensibilisator) erreicht die größte Strahlensensibilisierung, wenn es kurz vor der Bestrahlung appliziert wird; dazu reichen auch niedrige Konzentrationen unterhalb der üblichen zytotoxischen Konzentrationen aus. 5-Fluorouracil entfaltet dagegen die stärkste strahlensensibilisierende Wirkung, wenn es über lange Zeit nach der Bestrahlung anwesend ist. Paclitaxel erzeugt einen langanhaltenden strahlensensibilisierenden Effekt auch in relativ niedrigen Konzentrationen. Aus diesen experimentellen Befunden haben sich klinische Behandlungsprotokolle entwickelt: Cisplatin wird während der Strahlentherapie meistens in niedriger Dosierung eingesetzt (z.B. 5x 20mg/m² in der ersten und fünften Woche einer mehrwöchigen Strahlenbehandlung anstelle der sonst üblichen höheren Dosierung von 100mg/m² alle drei Wochen); 5-FU wird als kontinuierliche Infusion in niedriger Konzentration (225-300mg/m² täglich) über mehrere Wochen simultan zur Strahlentherapie über einen permanenten venösen Zugang infundiert. Paclitaxel wird ein- bis zweimal wöchentlich während der Strahlentherapie verabreicht. Durch die niedrigere Dosis bzw. Serumkonzentration der Zytostatika werden diese Regime relativ gut vertra-

gen und können auch bei Patienten eingesetzt werden, die eine höher dosierte Standard-Chemotherapie nicht tolerieren würden.

Klinische Modellvorstellungen zur Interaktion von Strahlen- und Chemotherapie

Aus klinischer Sicht sind zwei grundsätzlich verschiedene Situationen zu unterscheiden, in denen Strahlen- und Chemotherapie miteinander kombiniert werden (3). Diese lassen sich am besten beschreiben als „räumliche Kooperation“ und „lokale Wirkungsverstärkung“ (Abb.1).

Bei der **räumlichen Kooperation** agieren beide Modalitäten mehr oder minder unabhängig voneinander. Die systemische Chemotherapie wird genutzt, um eine manifeste oder okkulte disseminierte Erkrankung zu beherrschen. Die Strahlentherapie dient zur Verbesserung der lokalen Tumorkontrolle in Gebieten, in den die Chemotherapie nicht ausreichend wirkt (z.B. in initial großen Tumormassen mit sekundärer Chemoresistenz) oder in Geweben mit unzureichendem Wirkspiegel der Zytostatika (z.B. im Gehirn wegen der Blut-Hirn-Schranke). Beispiele für räumliche Kooperation sind die malignen Systemerkrankungen, die Ewing-Tumoren und Rhabdomyosarkome im Kindes- und Jugendalter oder die Frühstadien des kleinzelligen Bronchialkarzinoms. Bei diesen Tumorerkrankungen ist eine Chemotherapie sehr effektiv in der Behandlung von manifesten oder okkulten Metastasen; die zusätzliche Strahlentherapie wird lediglich zur lokalen Konsolidierung eingesetzt. Bei einer solchen Konstellation ist die Chemotherapie die wichtigere und führende Therapiemodalität; die Strahlentherapie muss möglichst gut der Chemotherapie angepasst werden. Oft wird die Strahlenbehandlung deshalb erst nach Abschluss der Chemotherapie durchgeführt. Möglicherweise ist in bestimmten Situationen eine frühzeitige, in die Chemotherapie-Blöcke integrierte Strahlentherapie (z.B. beim kleinzelligen Bronchialkarzinom im Stadium Limited disease) am günstigsten; dies ist zur Zeit Gegenstand von klinischen Studien.

Bei der **lokalen Wirkungsverstärkung** dient die Chemotherapie vor allem dazu, die lokale Tumorkontrolle durch die Strahlentherapie zu verbessern. Die Chemotherapie wird in diesen Fällen nicht mit systemischer, also auf Bekämpfung von Fernmetastasen ausgerichteter Zielsetzung eingesetzt, weil das Risiko für Fernmetastasen gering ist oder weil eine adjuvante Chemotherapie die Fernmetastasierung nicht signifikant beeinflussen kann. Demgegenüber kann die Zytostatika-Behandlung die Wirksamkeit einer gleichzeitigen Bestrahlung durch Strahlensensibilisierung verbessern. Beispiele für eine solche Strategie sind verschiedene lokoregional begrenzte solide Tumoren, nämlich – neben den schon erwähnten Analkanalkarzinomen – vor allem inoperable Plattenepithelkarzinome im Kopf-Hals-Bereich, Zer-

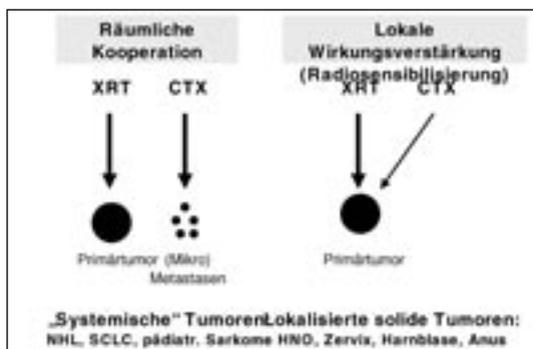


Abb. 2: Interaktion von Strahlen- und Chemotherapie

vixkarzinome, Urothelkarzinome der Harnblase, nichtkleinzellige Bronchialkarzinome und das Ösophaguskarzinom. Bei diesen Tumorarten spielt das Versagen der lokalen Therapie eine große Rolle, und das Risiko einer Fernmetastasierung ist demgegenüber eher gering. Deshalb kann die Chemotherapie allein über eine Erhöhung der lokalen Kontrolle auch die Überlebensraten verbessern. Um die lokale Wirkungsverstärkung optimal auszunutzen, müssen Bestrahlung und Chemotherapie aber gleichzeitig appliziert werden (simultane Radiochemotherapie), und die speziellen Bedingungen, die für eine Strahlensensibilisierung nötig sind, müssen bei der Auswahl der Medikamente und des Behandlungsregimes beachtet werden.

Klinische Daten

Für die häufigeren Tumorentitäten (Plattenepithelkarzinome im Kopf-Hals-Bereich, Zervixkarzinome) ist die Überlegenheit der simultanen Radiochemotherapie durch Meta-Analysen belegt (5, 6, 8). Beispielhaft sind die Daten bei Kopf-Hals-Tumoren in **Tabelle 1** dargestellt; daraus geht hervor, dass bei dieser Tumorart eine Chemotherapie im Hinblick auf die Senkung der Sterblichkeit praktisch wirkungslos ist, wenn sie vor oder nach einer Operation oder Strahlentherapie erfolgt. Nur die gleichzeitig zur Strahlentherapie applizierte Chemotherapie führt zu einer signifikanten Senkung der Mortalität.

Für eine Reihe von klinischen Situationen ist die simultane Radiochemotherapie aufgrund der aktuellen Datenlage deshalb die Behandlung der 1. Wahl (Übersicht in **Tabelle 2**). Dies trifft nicht nur für inoperable Tumoren

Anzahl von randomisierten Studien	63	
Patientenzahl insgesamt	10741	
Mortalitätsreduktion (Hazard Ratio, HR) durch Chemotherapie gegenüber Kontrolle ohne Chemotherapie bei		
• adjuvanter Chemotherapie (Chemotherapie nach Operation/Strahlentherapie)	HR = 0,95	n.s.
• neoadjuvanter Chemotherapie (Chemotherapie vor Operation/Strahlentherapie)	HR = 0,98	n.s.
• simultaner Radiochemotherapie	HR = 0,81	p=0,001

Tabelle 1: Ergebnisse der letzten Meta-Analyse zur Effektivität einer Chemotherapie bei Plattenepithelkarzinomen im Kopf-Hals-Bereich. Pignon et al., Lancet 2000

zu. Auch nach kompletter Resektion eines Tumor kann, falls eine Nachbestrahlung des Operationsgebietes wegen Risikofaktoren indiziert ist, eine gleichzeitige Chemotherapie die Wirksamkeit der Strahlentherapie verbessern; gut belegt ist dies für Plattenepithelkarzinome im Kopf-Hals-Bereich und für Zervixkarzinome.

Die akute Toxizität einer simultanen Kombinationsbehandlung ist höher als bei alleiniger Strahlentherapie; bestimmte, an sich unkomplizierte Nebenwirkungen der Strahlen- und Chemotherapie können sich gegenseitig verstärken. Daher müssen Patienten engmaschiger überwacht und – im Gegensatz zur alleinigen, meistens ambulant durchgeführten Strahlentherapie – zum Teil stationär behandelt werden. Mehrere Studien mit Langzeit-Nachbeobachtung haben jedoch gezeigt, dass die Rate der nach Therapieende persistierenden Komplikationen und Spätfolgen gegenüber einer alleinigen Strahlentherapie nicht erhöht ist (6).

Organ- und Funktionserhalt

Ziel einer Tumorthherapie ist in erster Linie die Beherrschung der malignen Grunderkrankung. Zunehmend wird aber auch versucht, das funktionelle Endergebnis der Therapie zu verbessern. Dazu gehört vor allem, verstümmelnde oder den Patienten langfristig erheblich einschränkende Maßnahmen soweit wie möglich zu vermeiden. Bei einigen Erkrankungssituationen bietet sich durch die Radiochemotherapie eine Chance auf Funktionserhalt, und die Kombinationsbehandlung stellt eine Alternative zu radikalen chirurgischen Maßnahmen dar.

Indikationen zur simultanen Radiochemotherapie
• Anal(kanal)karzinome
• Inoperable bzw. lokal fortgeschrittene Plattenepithelkarzinome im Kopf-Hals-Bereich
• Larynxkarzinome (als Alternative zur Laryngektomie)
• Inoperable oder fortgeschrittene Urothelkarzinome der Harnblase, auch als Alternative zur Radikaloperation
• Zervixkarzinome ab der Kategorie cT2 (als primäre Radiochemotherapie) bzw. postoperativ als Nachbehandlung ab der Kategorie pT1b
• Ösophaguskarzinome (als alleinige Radiochemotherapie im mittleren und oberen Ösophagusdrittel, im unteren Drittel vor allem als präoperative Radiochemotherapie)
• Präoperative Behandlung bei tiefsitzenden Rektumkarzinome

Tabelle 2: Indikationen zur simultanen Radiochemotherapie (nur Evidenz-Level Ia/Ib)

Gut belegt ist die Wirksamkeit der Therapie bei Kehlkopftumoren, die aufgrund der Größe eine Laryngektomie erfordern würden. Durch Radiochemotherapie werden Überlebensraten wie bei Kehlkopfentfernung erreicht, aber bei etwa zwei Drittel der Patienten kann man einen funktionsfähigen Larynx erhalten. Eine ähnliche Situation findet man auch bei fortgeschrittenen (sog. muskelinvasiven) Urothelkarzinomen der Harnblase. Bei diesen Tumoren kann man durch eine Radiochemotherapie Überlebensarten wie bei dem operativen Standardverfahren, der radikalen Zystektomie mit Blasenersatz oder Harnableitung nach außen, erreichen, aber 80% der Patienten kann man eine Radikaloperation ersparen und bei ihnen eine normal funktionierende eigene Blase erhalten (4).

Aktuelle klinische Forschungsgebiete

In den letzten Jahren wurde vor allem versucht, durch Intensivierung der Chemotherapie die Heilungsraten zu verbessern. Diese Strategie war zum Teil erfolgreich. Für die simultane Radiochemotherapie muss anhand der neueren klinischen Studien aber kritisch hinterfragt werden, ob nicht vielleicht genau das Gegenteil sinnvoll ist, nämlich eine optimale Ausnutzung des strahlensensibilisierenden Effektes der Zytostatika mit vielleicht möglicher Reduktion der Intensität der Chemotherapie (1). Diese Fragen können nur in großen und gut geplanten klinischen Studien untersucht und beantwortet werden, weil für die Entwicklung besserer Regime vor allem die Bewertung die akuten und chronischen Toxizität eine entscheidende Rolle spielt.

Ein zweites wichtiges Forschungsfeld betrifft die neuen „molekularen“ Therapieverfahren in der Onkologie, zum Beispiel die Hemmung von auf Tumorzellen überexprimierten Wachstumsfaktoren oder die Hemmung der Blutgefäßbildung (Angiogenese) in Tumoren. Auch diese Therapieverfahren wirken im Tierexperiment oft synergistisch mit einer Strahlentherapie. Eine erste große klinische Studie bei Patienten mit inoperablen Plattenepithelkarzinomen im Kopf-Hals-Bereich hat das kürzlich bestätigt. Diese Tumoren überexprimieren quasi regelhaft den Epidermal-growth-factor-Rezeptor (EGFR). Patienten, die mit einer Standard-Strahlentherapie plus gleichzeitiger Gabe eines Antikörpers (Cetuximab) gegen der EGF-Rezeptor behandelt wurden, hatten eine signifikant bessere lokale Tumorkontrolle und Überlebensrate als Patienten mit alleiniger Strahlentherapie (2). Auch die Kombination von Angiogenese-Hemmern und Strahlentherapie war bisher im Tierexperiment sehr erfolgreich; wahrscheinlich bewirkt die Hemmung der überschießenden und chaotischen Angiogenese in Tumoren eine Normalisierung des abnormen interstitiellen Drucks mit Verbesserung der metabolischen Situation der Tumorzellen, wodurch sich sekundär die Strahlenempfindlichkeit verbessert.

Ferner ist zur Zeit noch spekulativ, ob das Prinzip der Wirkungsverstärkung durch Strahlensensibilisierung auch auf andere Tumorentitäten übertragen und dort klinisch genutzt werden kann. Bei einer Reihe von Erkrankungen gibt es Pilotstudien, die diese Hypothese unterstützen, zum Beispiel bei gastrointestinalen Tumoren, Pankreaskarzinomen, inoperablen Mammakarzinomen oder Weichteilsarkomen.

Ausblick

Kombinationstherapien aus Bestrahlung und Zytostatika oder molekularen Therapieverfahren besitzen aufgrund der experimentellen und klinischen Daten ein hohes Potenzial für die Verbesserung der bisherigen Therapieverfahren. Die weitere Optimierung dieser Regime erfordert vor allem systematische klinische Studien, in denen neben den klinischen Fragen auch die Mechanismen der Wechselwirkungen erforscht werden. Die Durchführung von solchen wissenschaftsgetriebenen („investigator-initiated“) Studien (als Gegenstück zu den vor allem der Arzneimittel-Zulassung dienenden Studien der Pharma-Industrie) wird in Zukunft wegen der strengeren Regelungen im novellierten Arzneimittelgesetz und des daraus resultierenden enormen administrativen Aufwandes allerdings erschwert. Fakultäten und Universitätsklinika, die diesen Forschungsbereich erhalten und stärken wollen, müssen die dafür notwendigen Rahmenbedingungen (z.B. Koordinierungszentrum für klinische Studien, administrative Regelungen bezüglich Sponsorschaft von Studien) schaffen.

Literatur

1. Ang KK (2004): Concurrent radiation chemotherapy for locally advanced head and neck carcinoma: are we addressing burning subjects? *J Clin Oncol* 22: 4657-4659
2. Bonner JA, Giralt B, Larari R et al. (2004): Cetuximab prolongs survival in locally advanced squamous cell carcinoma of head and neck: a phase III study of high dose radiation therapy with or without cetuximab. *Proc Am S Clin Oncol*, # 5507
3. Dunst J, Sauer R (1993): Simultane Radiochemotherapie. *Strahlenther Onkol* 16: 205-212
4. Dunst J, Rödel C, Zietman A et al. (2001): Bladder preservation in muscle-invasive bladder cancer by conservative surgery and radiochemotherapy. *Semin Surg Oncol* 20: 24-32
5. Green JA, Kirwan JM, Tierney JF et al. (2001): Survival and recurrence after concomitant chemotherapy and radiotherapy for cancer of the uterine cervix: a systematic review and meta-analysis. *Lancet* 358: 781-786
6. Kirwan JM, Symonds P, Green JA et al. (2003): A systematic review of acute and late toxicity of concomitant chemoradiation for cervical cancer. *Radiother Oncol* 68: 217-226
7. Nigro ND, Seydel HG, Considine B et al. (1983): Combined preoperative radiation and chemotherapy for squamous cell carcinoma of the anal canal. *Cancer* 51: 1826-1829
8. Pignon JB, Bourhis J, Domenge C et al. (2000): Chemotherapy added to locoregional treatment for head and neck squamous cell carcinoma: three meta-analyses and updated individual data. *Lancet* 355, 949-955

Drahtlose Sensornetze – Neue Fragestellungen für die Informatik

St. Fischer

Einführung und Motivation

Sensoren und Aktoren erleichtern bereits heute das Alltagsleben der Menschen. Beispiele sind Bewegungssensoren und damit verbundene Lichtsteuerungen, Temperatursensoren zur Heizungssteuerung, Abstandssensoren in Kraftfahrzeugen oder die vielfältigen Überwachungsgeräte für menschliche Körperfunktionen im Krankenhaus. Allerdings werden solche Sensoren bisher überwiegend isoliert für lokale Aufgaben eingesetzt. Der Zusammenschluss der Sensoren zu so genannten *drahtlosen Sensornetzen*, die für die Durchführung umfassenderer Aufgaben genutzt werden können, ist heute erst in prototypischen Ansätzen realisiert. Allerdings lässt sich eine Vielzahl zukunftsrelevanter Anwendungen aufzählen, für die gerade eine solche drahtlose Vernetzung von Sensoren eine wesentliche Grundlage darstellt:

Im Rahmen des Katastrophenschutzes können großflächig verteilte und sich spontan zu einem Netz zusammenschließende Sensoren zur Beobachtung ihres Umfeldes eingesetzt werden, um frühzeitig auf drohende Katastrophen wie etwa Erdbeben, Waldbrände, Deichbrüche oder Brückenzusammenbrüche hinzuweisen. Im Katastrophenfall können spontan ausgebrachte und sich selbst organisierende Sensornetze zur Datenerfassung eingesetzt werden und bei der anschließenden Optimierung des Ressourceneinsatzes für die Katastrophenbekämpfung wichtige Dienste leisten [15].

Im Rahmen des Umweltmonitoring können Sensornetze z.B. die Schadstoffbelastung der Luft in einem größeren Gebiet oder die Bodenqualität in einem Wald überwachen und an eine Leitstelle weitermelden. In ähnlichem Sinne sind sie auch gut zur Überwachung von Biotopen geeignet. Beispiele für jüngere Arbeiten finden sich in [8,16,18].

Der Einsatz vernetzter Sensoren im Verkehr kann zu signifikanten Verbesserungen der Verkehrssteuerung, des Verkehrsflusses sowie der Sicherheit im Verkehr beitragen. So können beispielsweise Fahrzeuge die mit Sensoren erfassten Daten einerseits an den Fahrer und andererseits an Verkehrsleitzentralen und andere Fahrzeuge bzw. Verkehrsteilnehmer weitergeben. Ein aktuelles Beispiel ist in [22] zu finden.

Sensornetze können nachhaltig dazu beitragen, die Lebensqualität pflegebedürftiger Menschen zu verbes-

sern. Beispielsweise kann im Notfall eine automatische Alarmierung von Pflegepersonal bzw. Ärzten erfolgen [10], oder es kann überwacht werden, ob die pflegebedürftigen Medikamente zeitgerecht einnehmen. Durch ein geeignetes Zusammenspiel von Sensoren und Aktoren in den Wohnungen der Pflegebedürftigen lässt sich damit langfristig das so genannte *Assisted Living* realisieren. Die gleiche Infrastruktur dient auch einer Entlastung des Pflegepersonals.

Generell ist die Gebäudeautomation ein interessantes Anwendungsgebiet für verteilte, drahtlose Sensoren. Ein Beispiel ist das Projekt *The Aware Home* am Georgia Institute of Technology [12]. In Kombination mit Personenverfolgung sind mächtige Anwendungen beispielsweise im Bereich der Krankenhausautomatisierung vorstellbar.

Schließlich sollen militärische Anwendungen nicht unerwähnt bleiben, die in der Tat vor allem in den USA die Forschung auf diesem Gebiet antreiben. Auf feindlichem Gebiet ist in der Regel keine nutzbare Kommunikationsinfrastruktur vorhanden, so dass Sensoren, die sich selbst vernetzen, zur Informationsgewinnung hilfreich sein können (s. beispielsweise die militärischen Anwendungen des Smart-Dust-Projekts [11]).

Das Potential zur Realisierung solcher Anwendungen wird durch den technischen Fortschritt rasch größer: Immer leistungsfähigere Sensorknoten können zu stetig fallenden Preisen produziert werden, und drahtlose Kommunikationstechniken wie WLAN, Bluetooth, Zigbee oder Ultra-Wide-Band-Technologien setzen sich auf breiter Front durch und können kostengünstig zur Vernetzung der Sensoren eingesetzt werden.

Neue Herausforderungen

Obwohl damit heute zentrale *enabling technologies* verfügbar sind bzw. in naher Zukunft sein werden und damit eine Umsetzung solcher Netze und der damit verbundenen Anwendungen realistisch erscheinen, stellen sich plötzlich ganz neue Probleme. Denn aus wissenschaftlicher Sicht bestehen zu den heute üblichen Netzverbänden substantielle Unterschiede, die eine vollständig neue Herangehensweise an Entwurf, Realisierung und Betrieb von Sensornetzen erforderlich machen; Sensornetze erfordern deshalb einen durchgehenden *Paradigmenwechsel*, der vor allem die folgenden Aspekte betrifft [1,17]:

Systemarchitektur und Software Engineering

Visionäre Anwendungsmöglichkeiten gehen von Sensornetzen aus, in denen sich hunderte oder gar tausende von winzigen Knoten mit sehr beschränkten Ressourcen spontan miteinander verbinden, nachdem sie zum Beispiel aus einem Flugzeug abgeworfen wurden. Solche futuristisch erscheinenden Szenarien können als Leitbild für die Definition und Bewertung neuartiger Systemarchitekturen dienen, weil sie besondere Lösungen z.B. für die Organisation und Skalierbarkeit eines Netzes unmittelbar erzwängen.

Für den Entwurf von konkreten Anwendungsarchitekturen spielt das *datenzentrische* Paradigma (häufig ergänzt um eine service-orientierte Sicht [9]) eine wichtige Rolle. Damit tritt insbesondere die Identität einzelner Knoten stark in den Hintergrund; es ist von viel größerem Interesse, welche Daten ein Knoten liefern kann. Die Hauptaufgabe praktisch aller Sensornetze besteht darin, solche Daten über die Umwelt zu erfassen, weiterzuleiten, an geeigneter Stelle zu fusionieren und schließlich auszuwerten. Gerade die automatische Datenfusion ist ein großes Thema, das viele ungelöste Fragestellungen umfasst.

Softwareentwicklungsprozesse werden sich ebenfalls neuen Herausforderungen stellen müssen. Für die Planung eines Netzes werden heute oft Werkzeuge zur Modellierung und Simulation von Protokollen und Algorithmen eingesetzt. Es stellt sich dabei die Frage, wie gut sich vorhandene Werkzeuge an die Sensornetzproblematik anpassen lassen - normalerweise sind simulierte Szenarien heutiger Netze deutlich kleiner. Darüber hinaus muss bei der Simulation die reale Welt (Messwerte der Sensoren, Einfluss auf drahtlose Kommunikation) berücksichtigt werden, was bei den traditionellerweise simulierten Systemen eher weniger zutrifft. Deshalb ist weitestgehend unklar, inwieweit sich ein geplantes Netz sich überhaupt in dieser Form realisieren lässt - und welche Aspekte der Planung deshalb besonders zu betonen sind.

Für die Programmierung stellt die große Zahl von Knoten ebenfalls ein Problem dar. Da Sensornetze ja vielfach für eine spezielle Anwendung entwickelt werden, kann es notwendig werden, jeden einzelnen der vielen Knoten speziell zu programmieren. Dies lässt sich nicht mehr mit vernünftigem Aufwand von Hand machen, es müssen neue Verfahren der Automatisierung gefunden werden.

Lebenszyklusmanagement

Die Ausbringung von Sensornetzen muss möglicherweise ganz andere Formen finden als bei heutigen Netzwerken. Der Mensch kann hier nicht mehr als *Human-in-the-Loop* interaktiv in die Entscheidungsprozesse eingebunden werden [19]. Vielmehr wird sich seine

Rolle darauf beschränken, Vorgaben und Ziele für die Funktion des Systems zu machen (s. auch die obigen Ausführungen zur Planbarkeit von Sensornetzen); das System muss sich dann *selbst organisieren*. „Selbstorganisation“ wird mehr und mehr zu einem der Schlüsselbegriffe der Informatik und spielt inzwischen in vielen Bereichen eine wichtige Rolle. In der Telametik spricht man auch häufig von *zero-configuration networks*.

Auch das Entsorgungsproblem ist offensichtlich: Sensornetze arbeiten in vielen Fällen eng mit ihrer Umwelt zusammen, sie sind direkt dort eingebracht. Wenn ein Sensornetz nicht mehr gebraucht oder aufgrund äußerer Einflussfaktoren funktionsunfähig wird, kann es unter Umständen wegen der Unzugänglichkeit nicht oder nur unter hohen Kosten wieder abgebaut werden.

Ressourceneffizienz

Sensorknoten zeichnen sich oft durch stark beschränkte Ressourcen aus. Ein heute üblicher Sensorknoten arbeitet mit einem Prozessortakt von 7 MHz und besitzt 4 KByte Hauptspeicher. Gängige PC-Hardware dagegen läuft mit einem Takt von 4 GHz (knapp 600 Mal schneller) und typischerweise etwa 512 MByte Hauptspeicher (das 128000-fache). Insbesondere der knappe Speicher stellt eine große Herausforderung an die Algorithmen und Protokolle dar. Schon beim Entwurf ist deshalb auf kompakten Code zu achten; während der Laufzeit muss sehr genau analysiert werden, welche Informationen gespeichert werden und welche eher weniger wichtig sind. Eine Verteilung der Algorithmenabläufe wird sehr viel wichtiger werden, da ein Knoten nur noch lokales Wissen speichern kann.

Ein mindestens ebenso großes und in den heutigen Netzverbänden eher irrelevantes Problem stellt andererseits die Knappheit der Energievorräte der Knoten dar. In vielen Situationen wird erwartet, dass ein Sensornetz über Jahre hinweg nur mit der Onboard-Energie der Knoten oder mit höchstens sehr begrenzter Energiezufuhr z.B. über Solarzellen oder Temperaturdifferenzen funktionieren muss. Ein Knoten bzw. das gesamte Netz muss also äusserst sparsam mit Energie umgehen. Dies ist ein wesentlich gravierenderes Problem als etwa bei Mobiltelefonen oder PDAs, da eine leere Batterie im Sensornetz den endgültigen Ausfall des Knotens bedeutet. Auf der anderen Seite wird der redundanten Ausbringung von Sensorknoten eine wichtige Rolle zugeschrieben, so dass sich eine Reihe interessanter Möglichkeiten für energieeffiziente Techniken und Algorithmen ergeben, wie etwa die Minimierung der Wartezeiten eines Sensors, die Auswahl einer Untermenge von aktiven Knoten, energiesparende Gestaltung der Datengewinnung durch Aggregation von ähnlichen oder zeitnahen Daten oder Wegewahl der Nachrichten abhängig von der Energieverfügbarkeit.

Robustheit

Neben Energieeffizienz sind Robustheit und Fehlertoleranz wichtige Ziele bei Sensornetzen. Dies ist dadurch bedingt, dass die Wahrscheinlichkeit von Knotenausfällen und Kommunikationsfehlern in Sensornetzen in der Regel wesentlich höher als bei traditionellen verteilten Systemen ist. Knoten fallen beispielsweise durch erschöpfte Energiereserven aus; es kann aber auch zu Fehlern oder Ausfällen kommen, wenn Sensorknoten schädlichen Umwelteinflüssen wie z.B. extremen Temperaturen, Einfluss von Wasser oder Chemikalien, mechanischen Belastungen etc. ausgesetzt sind, s. etwa [18]. Erschwerend kommt hinzu, dass Sensorknoten besonders preisgünstig sein sollen und daher oftmals aus einfachen fehleranfälligen Komponenten aufgebaut sind.

Ungünstige Lage in der Umwelt, der Einfluss mobiler Objekte in der Umgebung oder Interferenzen mit benachbarten Sensorknoten können dazu führen, dass die drahtlose Kommunikation zwischen Sensorknoten temporär oder dauerhaft gestört ist. Dieser Effekt wird verstärkt durch geringe Sendeleistung, beschränkte Antennengröße sowie kostengünstige und ressourcenarme Transceiver-Elektronik [23,24].

Sicherheit/Privacy

Schließlich lassen sich aus den eingangs skizzierten Anwendungsszenarien direkt einige wichtige Sicherheitsaspekte ableiten [5,21,25]. Dazu gehören die Frage des Schutzes der Privatsphäre (z.B. detaillierte Erstellung von Tätigkeitsprofilen beim *Assisted Living*) ebenso wie die Forderungen nach Vertraulichkeit, Korrektheit und Vertrauenswürdigkeit der von den Sensoren gesammelten und verarbeiteten Daten (z.B. Problem der falschen Medikamentierung oder falsche Reaktionen im Katastrophenfall aufgrund verfälschter Daten). Die Korrektheit stellt in Sensornetzen ein besonderes Problem dar, da die einzelnen Knoten zumeist direkt und ungeschützt einer möglicherweise feindlichen Umwelt ausgesetzt sind. In vielen Anwendungsbereichen wie zum Beispiel dem Katastrophenmanagement oder der Steuerung von Verkehrsflüssen ist neben der Korrektheit der Daten auch deren Aktualität eine wichtige Anforderung.

Diese unterschiedlichen Anforderungen können nicht mit einem uniformen Lösungsansatz erfüllt werden können. Sensornetze müssen so konfigurierbar sein, dass sich das Sicherheitsniveau an die unterschiedlichen Anforderungen anpassen lässt. Außerdem müssen die Verfahren so zusammenwirken können, dass Ressourcenengpässe ausgeglichen werden können und trotz lokaler Engpässe ein hohes Maß an Sicherheit erreicht werden kann.

Sensornetzeforschung am Institut für Telematik

Das Institut für Telematik an der Universität zu Lübeck beschäftigt sich intensiv mit verschiedenen Fragestellungen aus dem Gebiet der Sensornetze. Dabei wird in den aktuell laufenden Projekten eine große Bandbreite zwischen Grundlagenforschung und praktischer Umsetzung abgedeckt. Im Folgenden werden die vier wichtigsten aktuellen Projekte kurz vorgestellt.

SwarmNet

In diesem DFG-geförderten Projekt geht es vor allem um Algorithmen in sehr großen Sensornetzen, bestehend aus möglicherweise mehreren tausend Knoten. Typischerweise sind diese Knoten sehr klein und erbringen nur die nötigsten Funktionen zum Erfassen und Weiterleiten von Umweltdaten. Insbesondere besitzen sie keine Hardware zur Lokalisierung (z.B. GPS). In solchen Netzen ist es jedoch z.B. zur Optimierung des Energieverbrauchs notwendig zu wissen, welche Knoten sich in welchen Bereichen des Netzes aufhalten und damit bestimmte Funktionen wie etwa die Weiterleitung der Sensordaten von anderen Knoten übernehmen können. In SwarmNet werden deshalb lokal arbeitende Algorithmen und Protokolle entwickelt, mit denen sich die Topologie eines Netzes bestimmen lässt, ohne auf GPS-Daten angewiesen zu sein [7,2,13]. Lokalität ist wichtig, da nicht zu viel kommuniziert werden darf - Kommunikation kostet sehr viel mehr Energie als lokale Berechnungen. Abbildung 1 zeigt den Prozess der Bestimmung der Grenzen eines solchen Netzes. Ist der Algorithmus abgeschlossen, kennt jeder Knoten seine Rolle im Netzwerk; außerdem kann lokal entschieden werden, wer eine Rolle übernehmen kann, wenn etwa ein Knoten ausfällt.



Abb. 1: Schrittweiser Topologieaufbau bei SwarmNet

Die Arbeiten basieren auf einem speziellen Sensornetz-Simulator, der am Institut entwickelt wurde [14]. Durch seinen hohen Abstraktionsgrad erlaubt dieser Simulator die Verarbeitung sehr großer Netze. Weitere Informationen finden sich unter www.swarmnet.de.

SWARMS

Schon deutlich mehr in die praktische Richtung geht dieses ebenfalls von der DFG geförderte Projekt. Es befasst sich vor allem mit der Programmierung von Anwendungen in Sensornetzen. Im Vordergrund steht dabei die Problematik, möglicherweise viele tausende von Knoten mit der entsprechenden Betriebs- und Anwendungssoftware auszustatten und diese vielen

Knoten dann während des Netzbetriebs zu koordinieren. Der Ansatz in diesem Projekt besteht darin, eine solche Menge an Knoten als einen „Schwarm“ aufzufassen. Dies hat sofort Auswirkungen auf die Programmierung: es wird nicht mehr das Verhalten von Einzelknoten programmiert, sondern das des Schwarms. Das Herunterbrechen auf die Einzelknoten übernimmt dann die so genannte *Swarms Middleware* [3], so dass der Anwendungsprogrammierer sich wirklich rein auf die Probleme der Anwendung konzentrieren kann und sich nicht mit Mobilität und Komplexität der einzelnen Knoten befassen muss. Ein durchgängiger Softwareentwicklungsprozess bringt schließlich automatisiert die Softwarekomponenten auf die Einzelsysteme.

Für die Koordination der Knoten und z.B. auch die Fusion der anfallenden Sensordaten ist ein einheitliches Zeitverständnis der Knoten von großer Bedeutung - aber gar nicht so leicht herzustellen, da die Uhren in den Sensorknoten meist eher ungenau gehen und damit schnell auseinander laufen. In SWARMS werden deshalb verschiedene Algorithmen zur Uhrensynchronisation untersucht und weiterentwickelt [4]. Abbildung 2 zeigt ein Verfahren, das einen Kompromiss zwischen zwei bekannten Ansätzen herbeiführt und dadurch eine Optimierung der Zeitsynchronisation erreicht.

Ein ebenfalls wichtiges Problem ist die Visualisierung von Sensordaten. Dies kann wegen der geringen Ressourcen eines Knotens nicht vor Ort geschehen - Sensorknoten besitzen keine Bildschirme. Entsprechend müssen Werkzeuge entwickelt werden, mit denen der Zustand eines Sensornetzes visualisiert werden kann. In SWARMS passiert dies auf der Basis von SpyGlass, dessen Arbeitsweise Abbildung 3 zeigt.

MarathonNet

Dieses von der Klaus-Tschira-Stiftung in Heidelberg geförderte Projekt will die Grundlagenarbeiten von

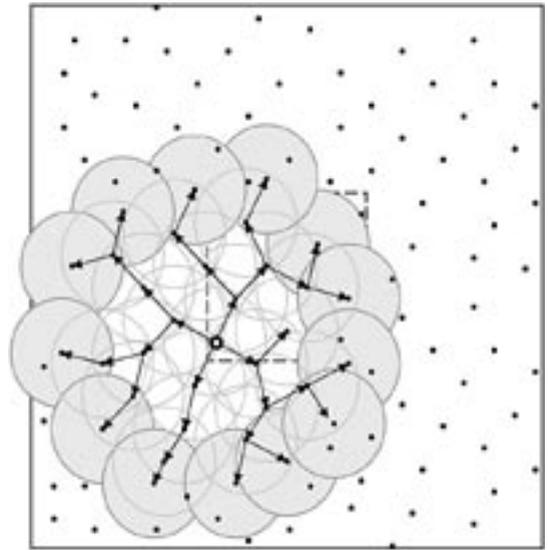


Abb.2: Synchronisationsverfahren TicTac

SwarmNet und SWARMS für praktische Anwendungen nutzen. In diesem speziellen Fall geht es um die Unterstützung von Sportereignissen, genauer von Marathon-Läufen, durch Sensornetztechnologie. Dazu sollen die heute schon überall verwendeten Pulsmessuhren um eine Kommunikationskomponente erweitert werden. Damit können die gemessenen Werte sowie die aktuelle Position eines Läufers jederzeit direkt oder über die Geräte anderer Läufer (offensichtlich sind hier Sicherheitsprobleme sehr relevant) an Basisstationen zur Auswertung übermittelt werden. So können z.B. die Organisatoren den Zuschauern jederzeit eine aktuelle Karte des Renngeschehens präsentieren oder die Läufer können sich später in einer post-mortem Analyse ein Bild ihrer Leistung machen. Den Hardwareaufbau von MarathonNet zeigt Abbildung 4.

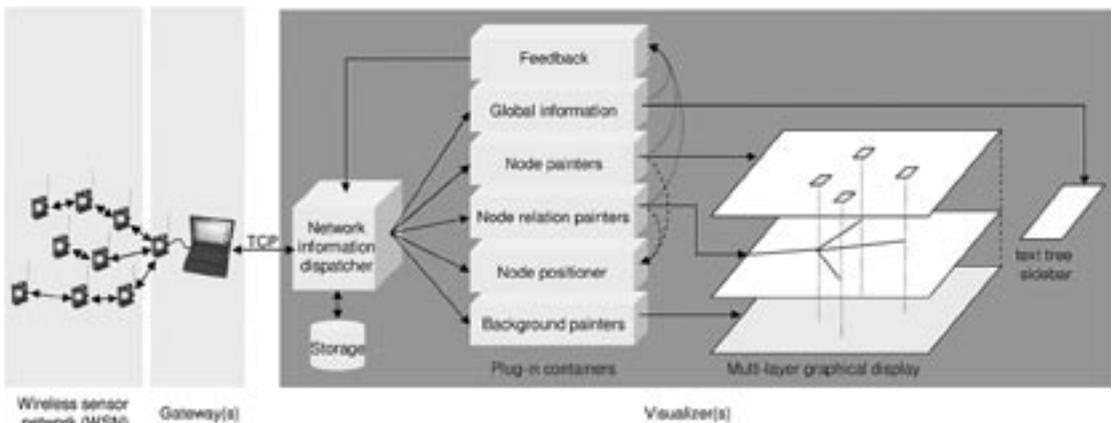


Abb.3: Visualisierung von Sensordaten mit SpyGlass

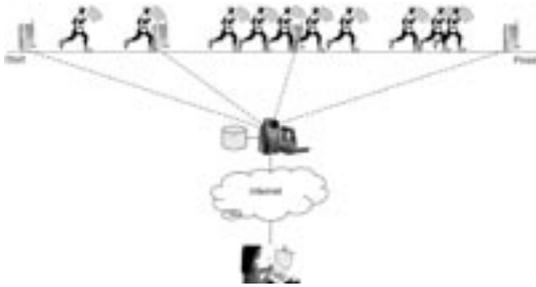


Abb. 4: Hardware-Aufbau bei MarathonNet

Um eine durchgängige Übermittlung der Daten an eine Basisstation zu ermöglichen, müssen die Geräte der Läufer ein oder mehrere voll verbundene Ad-Hoc Netzwerke bilden, die möglichst jeweils eine Basisstation beinhalten. Abbildung 5 zeigt die Entwicklung der Größe dieser Netze im Zeitablauf. Die geringer werdende Größe und damit die abnehmende Verbindungswahrscheinlichkeit mit einer Basisstation stellen ein Problem dar, da die Kommunikation immer schwieriger wird. Es wird bedingt durch das sich auseinander ziehende Feld sowie die Tatsache, dass nach und nach immer mehr Läufer ins Ziel kommen und deren Geräte nicht mehr für die Kommunikation zur Verfügung stehen.

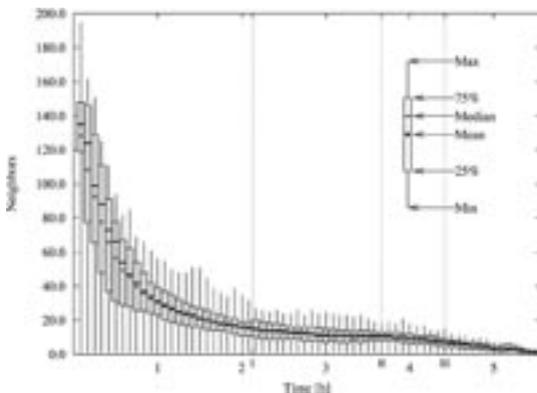


Abb. 5: Kommunikation während des Marathons bei einer Reichweite von 150m

Einen wichtigen Parameter für diese Problematik bildet die Funkreichweite der Stationen: je größer diese ist, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, andere Partner zu finden und damit die Kommunikation aufrecht zu erhalten. Allerdings sind umso schneller auch die Energiereserven des Geräts aufgebraucht. Außerdem erhöht sich damit auch die Problematik der Interferenzen zwischen den Geräten, die die Qualität der Kommunikation deutlich verschlechtern, so dass unter Umständen ein kontraproduktiver Effekt auftritt. Hier gilt es mittels Simulationen eine optimale Funkreichweite zu bestimmen und diese dann in der Praxis zu verwenden. Vor-

aussichtlich wird auch eine dynamische Anpassung der Reichweite im Zeitverlauf sinnvoll sein.

AutoNomos

Schließlich untersuchen wir auch Anwendungen der Sensor- und Ad-Hoc-Netzwerktechnologie im Straßenverkehr. In AutoNomos interessieren wir uns besonders für Stausituationen auf Autobahnen. Heute werden Verkehrsteilnehmer im Wesentlichen über den Verkehrsfunk über Staus informiert; Stausituationen werden entweder durch die Beobachtung und Meldungen der Polizei bzw. von Verkehrsteilnehmern erfasst. Das Problem (das wohl jeder aus eigener Erfahrung kennt) ist, dass die Daten meist veraltet sind, so dass man meistens schon in Stau steht, wenn man die Meldung bekommt. In AutoNomos sollen die im Fahrzeug direkt gesammelten Daten an andere Verkehrsteilnehmer und an Basisstationen weitergegeben werden, so dass eine frühzeitige Information über das Entstehen von Staus zu entsprechenden Entscheidungen führen kann - z.B. das rechtzeitige Abfahren von der Autobahn oder eine Geschwindigkeitsreduzierung ohne Bremsen (rotes Bremslicht lässt auch andere Verkehrsteilnehmer unter Umständen unnötig bremsen). Zur Realisierung werden in AutoNomos entsprechende Datenstrukturen und Protokolle entwickelt. Im Zentrum der Überlegungen stehen so genannte *Hovering Data Clouds*, ortsfeste Datenstrukturen, die Informationen zu einem Verkehrsphänomen beinhalten. Ortsfestigkeit ist wichtig, da ja ein Stau ebenfalls ortsfest ist. Dies kann dann nur erreicht werden, wenn die Datenstrukturen ihre „Wirte“ wechseln, also von Fahrzeug zu Fahrzeug springen können. Das Projekt wird im Rahmen des großen Schwerpunkts „Organic Computing“ von der DFG gefördert.

Schnittstellen zu anderen Fächern an der Universität zu Lübeck

Die Sensornetzforschung an der Universität Lübeck, die bisher im Wesentlichen am Institut für Telematik stattfindet, kann sehr von der vorhandenen Fächerstruktur profitieren.

In der Sektion Informatik selbst sind die neuen Fragestellungen für viele Institute von Interesse, da sich neue Probleme in vielen Gebieten der Informatik ergeben. Genannt seien hier nur beispielhaft die Bioinformatik und die Medizininformatik aus dem Anwendungsbereich sowie die Informationssysteme und die Softwaretechnik aus der praktischen Informatik. Die Bioinformatik beschäftigt sich, wenn auch aus anderem Blickwinkel, ebenfalls mit Fragen der Selbstorganisation technischer Systeme. Die Medizininformatik bildet die natürliche Schnittstelle zu Anwendungen aus der Medizin. Im Bereich der Informationssysteme müssen neue Lösungen gefunden werden, die große Menge an Daten vernünftig zu verarbeiten, zu interpretieren, zu fusionieren und

schließlich abzuspeichern. Die Softwaretechnik wurde weiter oben schon ausführlich angesprochen: Anwendungen in Sensornetzen müssen auf möglicherweise vielen tausenden von Knoten laufen. Damit ergeben sich neue Herausforderungen für alle Phasen des Softwarelebenszyklus.

Bei den Lebenswissenschaften kann sich die Informatik viele Anregungen z.B. gerade für die schon angesprochene Selbstorganisation holen. Nicht zuletzt versuchen Forschungsansätze wie das „Organic Computing“ die Eigenschaften biologischer Systeme nachzubauen. Auf der anderen Seite können viele Sensorlösungen aus der Natur als Anregung für Ansätze in der Informationstechnologie dienen.

Schließlich sind im Bereich der Medizin/Medizininformatik eine Vielzahl von Anwendungen vorstellbar, wie im ersten Abschnitt schon kurz angedeutet. Als Beispiele seien ein Krankenhausinformationssystem sowie eine Überwachungsanwendung im Bereich der häuslichen Rehabilitation genannt. Auf der Basis von Sensoren bzw. in diesem speziellen Fall von RFID-Tags wäre eine Verfolgung von Patienten und Ärzten in einer Notaufnahme sehr viel einfacher zu berwerkstelligen. Beispielsweise könnte bei einem eintreffenden Notfall automatisch ein gerade freier und in der Nähe befindlicher Arzt alarmiert werden. Die Rehabilitationsanwendung wurde weiter oben schon kurz angesprochen - Patienten könnten durch zusammen arbeitende Sensoren, die über das Netz an ein Alarmierungssystem angeschlossen sind, automatisiert überwacht und bei gleichzeitigem Einsatz von Aktoren wie Rehabilitationsrobotern auch aktiv unterstützt werden.

Die Universität Lübeck bietet damit ein ideales Feld, um die Sensornetzforschung voran zu bringen und neue Anwendungen aufzuzeigen.

Ausblick

Während in den USA im Bereich der Sensornetze schon seit längerer Zeit eine Vielzahl von Forschungsaktivitäten — begünstigt durch weitgehend militärisch motivierte umfangreiche Förderprogramme der DARPA — zu verzeichnen ist [6], kommen die Anstrengungen in Deutschland und Europa erst jetzt in größerem Umfang in Schwung. Angesichts des hohen Potentials dieser Technologie kann es sich der Wissenschafts- und Wirtschaftsstandort Deutschland nicht leisten, anderen dieses zukunftssträchtige Feld zu überlassen, insbesondere, da es viele der Stärken des Standorts Deutschland betrifft. Zu diesen Stärken gehört u.a. das Gebiet der Automatisierung, auf das Sensornetze zukünftig einen starken Einfluss haben werden. Weitere wichtige Gebiete sind die Automobilelektronik (gerade in diesem Bereich wird der Einsatz von Sensorik zurzeit massiv vorangetrieben), Industrieelektronik und Telekom-

munikation, wo Elektronik insbesondere in Form komplexer eingebetteter Systeme realisiert wird [20], sowie die Medizintechnik.

Sensornetzwerke werden allen Prognosen nach als neue Beobachtungswerkzeuge diesen Wirtschaftszweigen einen starken Schub durch Erschließung neuer Anwendungsfelder geben können. Die Forschung im Bereich der Sensornetze leistet damit einen wichtigen Beitrag zur Sicherung und weiteren Verbesserung der Wettbewerbsposition der deutschen Industrie.

Dank

Der Autor bedankt sich bei einigen Kollegen aus der Informatik und Elektrotechnik deutscher und schweizerischer Universitäten, die Ideen zu diesem Beitrag beigesteuert haben, sowie bei den Mitarbeitern des Instituts für Telematik. Genannt seien insbesondere die Kolleginnen Eckert (Darmstadt) und Zitterbart (Karlsruhe) sowie die Kollegen Luttenberger (Kiel), Effelsberg (Mannheim), Mattern, Römer (beide Zürich), Fekete (Braunschweig), Geihls (Kassel), Wolisz, Popescu-Zeletin (beide Berlin), Buchmann (Darmstadt), Rothermel (Stuttgart) und Timmermann (Rostock).

Literatur

- 1 AKYILDIZ, I. F., W. SU, Y. SANKARASUBRAMANIAM . E. CAYIRCI: Wireless Sensor Networks: A Survey. *Computer Networks*, 38(4):393-422, 2002.
- 2 BUSCHMANN, C., S. P. FEKETE, S. FISCHER, A. KRÖLLER. D. PFISTERER: Koordinatenfreies Lokationsbewusstsein - Information Technology, Themenheft Sensornetze, 47(4), 2005.
- 3 BUSCHMANN, C., S. FISCHER, N. LUTTENBERGER . F. REUTER: Middleware for Swarm-Like Collections of Devices. *IEEE Pervasive Computing Magazine*, 2(4), 2003.
- 4 BUSCHMANN, C., D. PFISTERER . S. FISCHER: Kommunikationsaufwand von Verfahren zur Errichtung eines konsistenten Zeitbewusstseins - Eine quantitative Analyse. *PIK - Praxis der Informationsverarbeitung und Kommunikation, Sonderheft Wireless Sensor Networks*, (4), 2005.
- 5 CHAN, H., A. PERRIG: Security: Security and Privacy in Sensor Networks. *Computer*, 36(10):103-105, 2003.
- 6 CULLER, D., D. ESTRIN, M. SRIVASTAVA: Overview of Sensor Networks. *IEEE Computer*, 37(8), 2004.
- 7 FEKETE, S., A. KRÖLLER, D. PFISTERER, S. FISCHER . C. BUSCHMANN: Neighborhood-Based Topology Recognition in Sensor Networks. *Workshop ALGOSENSORS 2004* beim 31st International Colloquium on Automata, Languages, and Programming (ICALP 2004), Turku, Finnland, 2004.
- 8 FENG, W. C., B. CODE, E. KAISER, M. SHEA . W. C. FENG: Low-power Video Sensor Networking. *ACM Multimedia 2003*, Berkeley, California, 2003.
- 9 GOLATOWSKI, F., J. BLUMENTHAL, M. HANDY, M. HAASE, H. BURCHARDT, D. TIMMERMANN: Service-Oriented Software Architektur for Sensor Networks. *International Workshop on Mobile Computing (IMC 2003)*, Rostock, . 93-98, 2003.

- 10 INTILLE, S. . K. LARSON: Designing and Evaluating Supportive Technology for Homes. Proceedings of the IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics, 2003.
- 11 KAHN, J. M., R. H. KATZ . K. S. J. PISTER: Mobile Networking for Smart Dust. ACM/IEEE Intl. Conf. on Mobile Computing and Networking (MobiCom 99), Seattle, WA, 1999.
- 12 KIDD, C. D., R. ORR, G. D. ABOWD, C. G. ATKESON, I. A. ESSA, B. MACINTYRE, E. D. MYNATT, T. STARNER . W. NEWSTETTER: The Aware Home: A Living Laboratory for Ubiquitous Computing Research. Cooperative Buildings, . 191-198, 1999.
- 13 KRÖLLER, A., S. P. FEKETE, D. PFISTERER . S. FISCHER: Deterministic boundary recognition and topology extraction for large sensor networks. Seventeenth Annual ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms (SODA 2006), 2006.
- 14 KRÖLLER, A., D. PFISTERER, C. BUSCHMANN, S. FEKETE. S. FISCHER: Shawn: A new approach to simulating wireless sensor networks. Design, Analysis, and Simulation of Distributed Systems (DASD05), San Diego, USA, 2005.
- 15 LIU, J., L. F. PERRONE, D. M. NICOL . M. LILJENSTAM: Simulation Modeling of Large-Scale Ad-hoc Sensor Networks. Proc. 2001 Simulation Interoperability Workshop, London, 2001.
- 16 MARTINEZ, K., J. K. HART . R. ONG: Environmental Sensor Networks. IEEE Computer, 37(8), 2004.
- 17 MATTERN, F. . K. RÖMER: Drahtlose Sensornetze. Informatik Spektrum, 26(3):191-194, 2003.
- 18 SZEWCZYK, R., J. POLASTRE, A. MAINWARINGI . D. CULLER: Lessons from a Sensor Network Expedition. Sensys 03, Los Angeles, USA, 2003.
- 19 TENNENHOUSE, D.: Proactive Computing. Communications of the ACM, 43(5):43-50, 2000.
- 20 VDE Studie Mikroelektronik. VDE, 1999.
- 21 VOGT, H.: Exploring Message Authentication in Sensor Networks. Proceedings of ESAS 2004 (1st European Workshop on Security in Ad Hoc and Sensor Networks), 2004.
- 22 WISCHHOF, L., A. EBNER, H. ROHLING, M. LOTT . R. HALFMANN: SOTIS - A Self-Organizing Traffic Information System. Proceedings of the 57th IEEE Vehicular Technology Conference (VTC '03 Spring), Jeju, Korea, 2003.
- 23 WOO, A., T. TONG . D. CULLER: Taming the Underlying Challenges of Reliable Multihop Routing in Sensor Networks. Sensys 03, Los Angeles, USA, 2003.
- 24 ZHAO, J. . R. GOVINDAN: Understanding Packet Delivery Performance In Dense Wireless Sensor Networks. EWSN 04, Berlin, Deutschland, 2004.
- 25 ZHOU, L. . Z. J. HAAS: Securing Ad Hoc Networks. IEEE Network, 13(6):24-30, 1999.

**Seit mehr als 30 Jahren im Dienste der Patienten
im Universitätsklinikum S-H, Campus Lübeck**

- Orthopädie-Technik
- Orthopädie-Schuhtechnik
- Reha-Technik
- Sanitätshaus
- Home Care



Schütt & Grundei
Ihr Gesundheitspartner

direkt gegenüber dem UK S-H, Campus Lübeck

Schütt & Grundei Orthopädietechnik
in der Klinik für Orthopädie Haus 50
☎ 500 23 03 • ☎ 04 51 / 50 36 26

Sanitätshaus am Klinikum®
Osterweide 2c • 23562 Lübeck
☎ 04 51 / 89 07-133

Privacy-Preserving Information Processing – Complexity Issues to Establish Security¹

R. Reischuk

Abstract: Modern information technology gives us easy access to digital information that may reside at far distant locations. Physically separated individuals can exchange information very fast if they have access to a common communication network. More sophisticated applications of electronic networks bring different pieces of information together to create something new - for example in business by setting up contracts between different partners, in financial transaction, or in social decisions like elections. There are a lot of concerns when designing communication protocols for such purposes - even if the physical security of the network is assumed to be guaranteed by using message encryption.

We consider several scenarios to protect the integrity of data and the privacy of the individual. Relevant information-theoretic and algorithmic complexity issues will be discussed. Providing or accessing information or sharing a multiparty computation each individual in general should have an incentive to protect his individual data. These problems have been coined digital watermarking, privacy preserving information retrieval, or private or secure multiparty computations. These issues are not only of scientific interest, but also have enormous economic importance for a digital society.

A brief overview on the state of knowledge in this area will be given. We will also address computational complexity related problems that still have to be solved.

Introduction

Business and social life will be managed with the help of electronic communication networks more and more. The document format changes from paper to digital files. Auctions for trading financial or material goods are switching from physical meetings to electronic market places. In political decision like nationwide elections urnes will be replaced by internet-based procedures in the near future. For such applications trust in the correct functioning of the electronic system is an absolute must for individuals before relying on it. The physical secu-

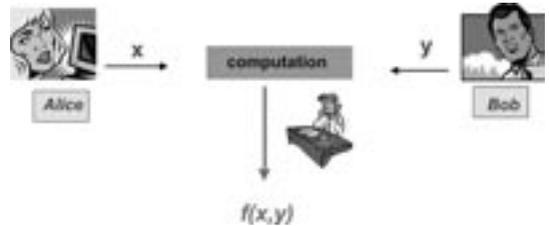


Figure 1: Alice and Bob want to compute a function $f(x,y)$ like "is $x > y$?" such that Alice cannot learn anything about Bob's number y other than the property " $x > y$ " and vice versa. This can easily be done with the help of a third trusted person. Can Alice and Bob solve this task without external help?

urity of an open communication network cannot be guaranteed absolutely. Still, properties like data integrity, the correctness and authenticity of messages transferred, or fair information exchange to prevent cheating can be achieved up to a high level of confidence.

Modern cryptography has developed a set of tools or basic protocols – public key systems, digital signatures, oblivious transfer, secret sharing schemes, etc. - from which larger, more complex applications can be built fulfilling specific security standards. To a less extent, privacy concern like data ownership, data confidentiality or the non-observability of individual actions have been considered. For a modern society and industry these issues will be of great importance since the individual has no more chance to control where "his bits will flow to". Though, at the moment consumers seemingly have not yet developed a rational behaviour concerning these issues [AG05].

Last year, the German Association for Informatics, Gesellschaft für Informatik (GI), Bonn, started a pilot experiment to establish internet-based electronic voting. In particular, security and acceptance issues shall be studied here. A first test for selecting the board members has run very successfully: the total number of votes has increased drastically and the acceptance rate for electronic voting was overwhelming (less than 2% of the voters decided to stick to voting on paper - although as experts in information technology the members of GI should be more cautious concerning potential risks). Still the

¹ Dieser Beitrag ist die schriftliche Ausarbeitung eines Vortrags, den der Autor auf Einladung der Fudan Universität, Shanghai, auf dem Festkolloquium *Shanghai Forum 2005: Economic Globalization and the Choice of Asia* (16.-17. Mai 2005) zur Feier des 100-jährigen Bestehens der Fudan Universität gehalten hat.

authors of this study think that there is quite some way to go before such a system can be used for political elections.

We will discuss three topics in this area: privacy-preserving information retrieval, privacy-preserving multi-party computations and information hiding by using steganographic or watermarking tools. Our main focus will be the algorithmic complexity one has to face in these applications. Typically, there are two major

levels of security one could try to achieve: unconditional security or computational security. Another important distinction is between centralized solutions, for example using a third trusted party, or distributed solutions where different agents communicate directly and do not get any help from outside. Our interest will be focused on the distributed scenario, which provides a lot of new challenges. For the problems above we will investigate how system and security parameters will influence their solvability and the algorithmic efficiency.

Information Theory, Computational Complexity and Security Levels

The security of a system handling information obviously depends on the possibilities an intruder has. Drastic increase of the computing power of machines and improvements of the algorithms nowadays make attacks possible that would not have been effective in the past. *Unconditional or perfect security* means that an attacker does not get any information in a strict information-theoretic sense. The distribution of data the attacker can observe does not give him any hint. Information-theoretic security is independent of the state of technology. The integrity will hold forever. Any procedure that implements this level of security requires probabilistic steps to select from different alternatives at random.

The classical *one-time pad scheme* for encrypting messages is one of the simplest systems one can imagine and achieves perfect security. Given a message as a binary sequence the sender generates a sequence of random bits of the same length, say n , and adds it componentwise to the message by an exclusive-or bit operation. This scheme is perfectly secure since, no matter what the original message was, all binary sequences of length n will occur as encrypted message with the same probability. Thus, one can only observe a completely random sequence. A rigorous analysis can easily be given within

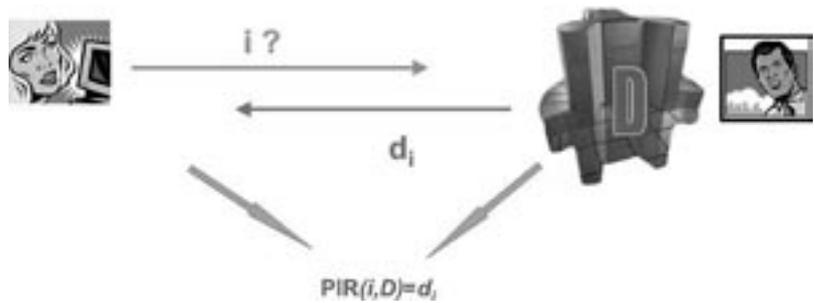


Figure 2: Privacy-Preserving Information Retrieval: Bob has a database D consisting of m items (d_1, \dots, d_m) ; Alice wants to know the i -th element d_i , but without Bob getting any information which element she is interested in. Thus, both cooperatively have to compute the function $PIR(i,D)=d_i$. A simple, but extremely inefficient solution that guarantees perfect privacy for Alice: Bob sends her his complete database D .

in the framework of Shannon's information theory using the concept of entropy (uncertainty).

To construct perfect random bits is a difficult and costly task. Many pseudo random number generators that are used in existing programming systems have severe shortcomings. Fortunately, computer scientists have developed so called *amplification methods* that turn a sequence of weakly random bits (only little independence properties are required) to a shorter sequence of almost perfect random bits [N96]. Still, the scheme above has other severe drawbacks. The secret key, the one-time pad, has to be as long as the message itself, and it has to be handed over to the receiver in a totally secure way before the actual message transmission can take place.

In many applications perfect security cannot be achieved or only with an enormous effort. In contrast, *security in the complexity-theoretic sense* guarantees that for an attacker although observing a communication protocol it will be computationally infeasible to deduce the information exchanged. Systems with these properties have to be based on computationally hard problems. If the runtime of the fastest algorithms grows exponentially with respect to the problem size, the number of input bits, then already for medium size problems the attacker has no or almost no chance to gain any information in reasonable time, say within a century, even running the fastest machines available. Thus from a practical point of view, when selecting the complexity parameter carefully such a level of security is almost as useful now and in the future. However, in spite of enormous efforts complexity theory did not succeed yet in finding a strict mathematical proof that computationally hard functions like the factorization of integers – on which many modern systems are based – can never be solved efficiently. Up to now, there is only strong evidence that this property holds.

A clear information-theoretic and complexity-theoretic setting is necessary to make precise statements about the security of a system. Schemes for information exchange and information processing between several individuals often use protocols that exploit several rounds of message exchange. To prove the correctness and security of such protocols is a difficult task in general. Formal methods have been developed for this purpose.

For a rigorous treatment one has to formalize the set of possible actions an attacker can perform. Even when this has been done one should always be aware that an unexpected sideway may have been overlooked. There were several pitfalls of this kind in the recent past.

Privacy-Preserving Information Retrieval

Let us start with a simple privacy-preserving problem. An individual (let's call her Alice) wants to retrieve information from a publicly accessible database or Web server that is maintained by Bob. Although Bob may have some interest to protect his database and not to give away too much information here we stress privacy from Alice's point of view. Submitting a query to the database curious Bob might record this and thus get some information what Alice is interested in.

Information retrieval can be modelled by a 2-argument function $I(i,D)$ where $D=(d_1, \dots, d_m)$ denotes the sequence of entries of the database and i the index of the entry d_i Alice is interested in. Alice knows i , Bob knows D , and both have to cooperate to compute $I(i,D)=d_i$. The result d_i may reveal some information about i itself. However, if the database entries are broken into small enough pieces (up to single bits and Alice will make several queries) then Bob will not be able to recover i from d_i . Thus we may retract our attention to hiding Alice's request i from Bob (see figure 2).

It is not hard to prove that perfect privacy in the information-theoretic sense cannot be achieved for Alice unless Bob sends her his complete database. Thus there would be an enormous communication overhead. In [CKG98] it has been shown that the communication can be reduced significantly, namely from m to about $m^{1/3}$, if the database is distributed among 2 independent servers (figure 3). Using more servers the savings can be even greater. Exploiting cryptographic tools, complexity-theoretic privacy can already be obtained with a single

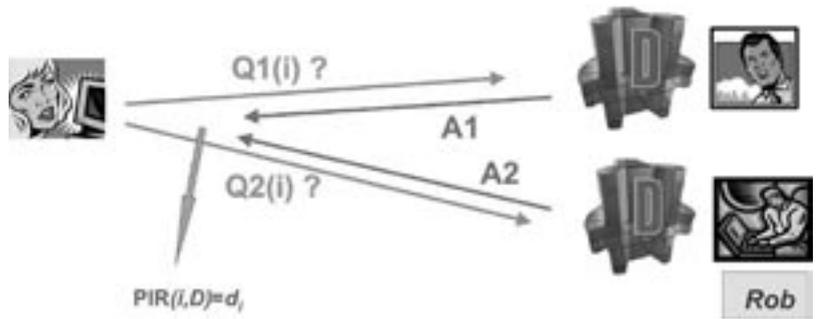


Figure 3: A more efficient protocol using 2 independent servers: A copy of Bob's database D is held by Rob. Alice, now asking 2 questions, one to each database, can retrieve the information d_i with perfect privacy and significantly less communication overhead.

server and even less communication exchange between Bob and Alice [KO97], but still for large databases the amount of data is much larger than the single element d_i Alice tries to get. These results have been extended in several directions - for example that Alice cannot only read from Bob's database, but can also privately store data there [OS97], resp. to also protect Bob's privacy by not revealing more information to Alice than she officially requests [GIK98].

Privacy-Preserving Computations

Now consider a situation where both Alice and Bob each have a private database. They want to join their data to derive some new insights, but without letting the other anything to know about their own data. This situation can be further generalized as follows. There is a set of n individuals such that each one has an individual piece of information, his secret input. The goal is to compute an arbitrary given function that depends on all these secrets. The participants can exchange messages pairwise with each other over secure communication channels. The computation has to be done in such a way that nobody gets anything to know about the secrets of others - except what he can derive from his own input and the result obtained. Such a protocol is called a *privacy-preserving computation* (also *secure multi-party* or simply *private computation*). In order to achieve perfect privacy we have to assume that the communication channels are perfectly secure. For privacy in the complexity-theoretic sense secure message encryption suffices.

As an example consider several companies that want to determine what their average earnings are, but without revealing individual profits. The problem is trivial if they can engage an independent and trustworthy person. Every company sends its profit securely to this person, he does the computation and then announces the average value and nothing more. But can this problem also be solved without help from outside? At first glance, this

may seem impossible. Nobody can dare to send his number to anybody else, but in order to compute the average all numbers have to be brought together.

There is a surprisingly simple solution using randomness similar to the encryption of messages by one-time pads (see figure 4). The first company C_1 chooses a random integer r , adds this to its earnings E_1 and forwards the sum to the second company C_2 . Since the sum can be any integer regardless what E_1 is, it does not reveal any information about E_1 to the competitor. He then adds his profit to the number received, forwards the sum to the next and so forth, till everybody has added his value. The last one then sends the result back to C_1 . Subtracting r now C_1 knows the aggregated profits, can compute the average, and announce it to the other companies. Thus, following this protocol the participants are able to compute the average, but nobody will have any idea, what the individual profits are. This holds for the initiator C_1 , too, since all new information he can extract is the total sum of profits. But one can simply deduce the sum from the average, the final result known to everybody. Privacy is guaranteed in the strict information-theoretic sense.²

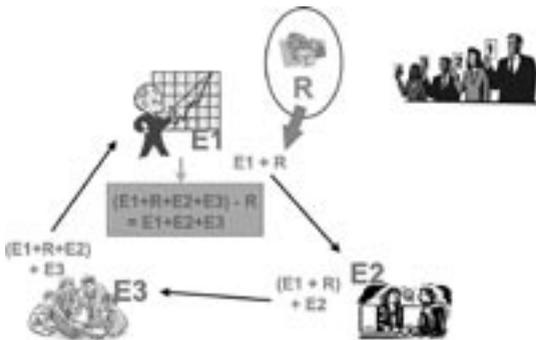


Figure 4: Illustration of the privacy-preserving protocol to compute the sum or average of the earnings E_1 , E_2 , E_3 of 3 companies. Randomness is required: here, the first company picks a random number R . By executing this protocol no company gains any knowledge about the earnings of the others (except what can be deduced from knowing the average).

Obviously, one has to assume that everybody plays fair and uses the correct value for his profit in order to compute the average correctly. But this condition is also needed in the normal situation without privacy concern. Even if a dishonest participant tries to sabotage the protocol the most he can do is preventing the others from getting the result. He will never be able to get any in-

² Actually there is a slight problem with this protocol since the integers being infinite one cannot simply pick a number uniformly at random. This problem can be overcome by modular arithmetic, but for the sake of simplicity we have just sketched this version.

formation about the others' secret inputs. The situation, however, changes if several participants act in collusion. The second and fourth company, for example, by telling each other what the second has sent to the third and what the fourth has got from the third can easily find out the secret input of the third.

It has been shown that privacy-preserving computations are possible in general. Yao has designed protocols that achieve complexity-based privacy in [Y82], for perfect privacy this has been achieved in [BGW88, CCD88]. This general methodology provides a theoretically satisfying solution to the problem. However, these protocols have a large overhead. An extension achieves an even stronger form of privacy, called t -privacy. It requires that even if up to t of the n participants collude by exchanging information they have received the secrecy of the inputs of all others is still given (up to the unavoidable fact that the dishonest participants from knowing all their own inputs and the result of the function may be able to further restrict the possible input configurations of the others). Privacy can be guaranteed if less than half of all participants behave dishonestly, resp. in case of active sabotage by disrupting the protocol less than a third.

On the bit level, any Boolean circuit for the function the participants want to compute can be transformed into a probabilistic circuit with the property that input bits and internal results are completely masked for each individual. Still the overhead for the complete masking is quite large, such that for specific functions one is interested in more efficient protocols like the one presented above. There are several computational resources to estimate: the amount of randomness needed, the number and size of messages the participants have to exchange, and the number of rounds of the protocol. Messages that do not logically depend on each other can be sent in parallel, that is in the same logical round. In many cases a trade-off between the number of random bits and the number of rounds needed can be observed – one cannot minimize both values at the same time.

Topology and Randomness

In general, it is assumed that the communication network connecting the individuals is complete - everybody can talk to any other participant directly over a secure communication channel. The other extreme would be a network in which for every pair p, q of individuals only the existence of a sequence of communication links running from p to q is guaranteed. Using other participants as relay stations p can send a message to q over this communication path. But everybody on this path can read the message. However, p cannot simply encrypt a message to q since we do not assume that they were able to exchange a secret key before running a privacy-preserving protocol. Our group has studied the question how the

connectivity of the communication network influences the achievement of perfect privacy [BJL02,JLR03]. In general, redundancy is necessary - there have to be alternative paths connecting pairs of individuals. A network with this property is called 2-connected. The example above shows that the topology of a ring, the smallest 2-connected network one can think of, may suffice. Constructing a general transformation from complete networks to sparse networks we could show that this property suffices to guarantee privacy – however at the price of requiring more randomness within the protocol. On the other hand, only few functions can be computed privately if the underlying network is extremely sparsely connected. An example would be a network consisting of two parts that are only connected by a single communication link, in graph theory called a bridge edge. We have been able to give a complete characterisation of these functions. A precise tradeoff between connectivity properties of the network and the amount of random bits needed could be established. This shows that hardware (communication links) can be treated against the algorithmic resource randomness.

We have also considered a relaxed notion of privacy by introducing lossy protocols that generalize private protocols in order to achieve privacy even in sparsely connected networks [BJL04]. The information each participant gains during the computation is measured explicitly. It turns out that the information loss very much depends on the number of rounds of the protocol. Allowing more rounds the loss can be decreased dramatically.

Privacy-Preserving Auctions

Besides electronic elections, auctions are of particular interest with respect to privacy concerns. The currently used popular Web-based auctions do not provide any privacy for the participants. Privacy in the two-party case, where there is only one seller and one buyer, means that both want to agree on a price, but keep their limits secret. It has been shown that a third person that may be curious himself can still be of help to design more efficient privacy-preserving protocols [C99]. If there are several potential buyers, the bidders, in standard implementations the auctioneer has to get all bids in plain form in order to determine who has won the auction and what is the price achieved by the auction. If he is a trustworthy person then no participant will learn anything about the bids of others besides the fact that he either placed the best bid or not. What can be done if the participants do not like to completely trust the auctioneer? In [PNS99] a scheme with an additional independent person, the *auction issuer*, has been developed. He is responsible for probabilistically choosing a setup to code the information transfer between the bidders and the auctioneer. Both, auctioneer and auction issuer, may be curious about the behaviour of the bidders. Still, as long as they both do

not collude the privacy of the bids can be guaranteed. In addition, the bidders can check by themselves that the auction has been run correctly.

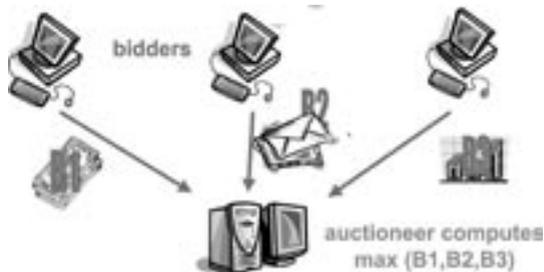


Figure 5: Electronic auction with open or sealed bids B_1, B_2, B_3

This idea has been developed further in [HJS05] to allow dynamic changes of the set of bidders and the bids themselves. Normally, if someone wants to change his bid or a new bidder joins one has to start a new privacy-preserving evaluation from scratch. The new solution only requires local changes on the computation path of this bidder. These protocols that achieve perfect privacy are extremely complex. One probably would be reserved to implement them for practical applications. Again the question comes up whether the privacy constraints could be weakened slightly such that simpler and more efficient protocols can be designed. Another research direction is switching from ordinary digital bits to quantum bits as it has been done in cryptography for secret message transmission. However, while quantum communication has proven to be feasible, the physical realization of larger quantum circuits is still open [BB84,NC00].

Information Hiding

Information hiding means embedding data in a given object such that the data becomes imperceptible or even that its existence cannot be recognized. It encompasses a wide range of problems beyond simply embedding messages in a content. In the following we will concentrate our attention to digital objects that are images.

An original, unaltered digital document is called *cover data*. The sender Alice (sometimes called embedder or data hider) tries to embed a message by transforming the cover data using a secret key. The result is called the *stego data* and is sent to the receiver Bob (also called detector). Similar to cryptography, it is assumed that the adversary Eve has complete information about the system except for the secret key shared by sender and receiver.

Systems for inserting messages in cover data can be divided into *watermarking systems*, in which the message is related to the cover data (copyright, license, authorship etc.) and non-watermarking systems in which the

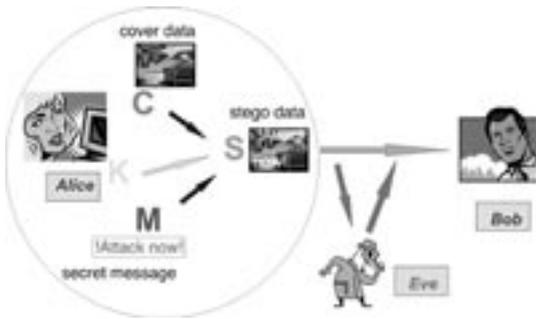


Figure 6: Information Hiding: The cover data C can be any digital document: pictures, audio or video streams, text, etc. Alice embeds the secret message M into C using a secret key K . This stego data S is then sent to Bob who wants to detect M in S . The adversary Eve also tries to detect M or tries to change S such that Bob cannot recover M anymore. Alice may even like to hide the fact that S contains an embedded message.

message is unrelated to the cover data. Independently, systems can be classified into *steganographic systems* (also called systems with passive adversaries) where the existence of a message is kept secret, and *non-steganographic systems* (systems with active adversaries) where the fact that a message has been added is publicly known. The second scenario can further be differentiated between simple watermarking where all objects are marked in the same way, and *fingerprinting* where one wants to embed a unique marker in each copy.

Secret steganography has already been used for centuries while electronic watermarking can be traced back about 50 years ago. However, due to technical achievements in the digital world the importance of digital watermarking has risen sharply only recently. The main focus is put on photographic images, audio and video streams. Watermarks on other media such as text, line drawings, three dimensional models, executable codes, integrated circuits have been studied as well. Digital watermarks should be imperceptible. They are inseparable from the data and undergo the same transformations. These features imply a broad spectrum of applications that cover areas like broadcast monitoring, owner identification, proof of ownership, content authentication, forgery detection, copy control, etc.

In a scenario with passive adversaries the communicating parties would like the scheme to protect the detection of a secret message if their data traffic is monitored. This situation is illustrated by Simmons' *Prisoners' Problem* [S83]. For watermarking systems, since one assumes that the existence of a hidden message is publicly known, the protection seems to be an even more difficult task. On the other hand, there is a dual view on steganography. Detecting stego data and analysing

steganographic systems has also achieved great interest in order to maintain public safety. From the attacker's point of view, security agencies want to prevent such unobservable communication. For reasons of law enforcement some governments claim the necessity to restrict the use of highly secure cryptosystems. One argument against such a restriction is that it will not achieve its goal - criminals then would use covert communication based on steganographic systems.

An Information-Theoretic Models for Passive Adversaries

An information-theoretic model for steganography with a passive adversary has been defined by Cachin in [C04]. He introduces a notion of security based on *hypothesis testing* as follows: Upon observing a message sent by Alice, the adversary has to decide whether it is original cover data C or whether it contains an embedded message and thus is stego data S . The probability distribution of C is denoted by P_C , resp. by P_S for S . Eve does not know whether Alice's message to Bob is generated according to distribution P_C or P_S . To quantify the security of a stegosystem, the *relative entropy* $D(P_C || P_S) = \sum P_C(x) \log P_C(x)/P_S(x)$ between P_C and P_S is considered (also known as Kullback-Leibler distance). If the distributions of cover data and stego data are equal, giving $D(P_C || P_S)=0$, the stegosystem is *perfectly secure* - the adversary has no advantage over merely guessing without even observing a message. Otherwise, we use a parameter μ and call a stegosystem μ -secure if $D(P_C || P_S) \leq \mu$.

It has been observed that a secure embedding process must involve uncertainty (defined as Shannon's entropy), thus one cannot use simple deterministic procedures. To guarantee undetectable communication it is necessary that knowing the stego data does not decrease the uncertainty about the message embedded. Data encryption using a one-time pad, for example, is indistinguishable from uniformly random bits. Thus this method is perfectly secure according to the notion of security. But the uniform distribution is not a realistic assumption for typical multimedia applications. Uniformly distributed data can be detected as stego data by an attacker with high probability. An important open problem is how to characterize natural probability distributions from the attacker's point of view.

A Game-Theoretic Approach for Active Adversaries

Ettinger has introduced a two-player, zero-sum, matrix game for the purpose of modelling the contest between a data hider and a data attacker in [E98]. The hider chooses a distribution for the locations to hide data in the cover subject to a limit on the amount of distortion he may produce. The attacker also chooses a distribu-

tion of locations to hide random noise in an attempt to overwrite the hidden information. The attacker is subject to the same distortion limit as the hider. To any pair of strategies for hider and attacker one associates a payoff that measures the information that can still be transmitted reliably. The hider tries to maximize the payoff while the attacker's strategy is to minimize the payoff. When computing equilibria of this game one observes that the form of the solution depends heavily on the maximal permitted distortion.

Moulin and O'Sullivan have proposed a powerful information theoretic framework for studying watermarking in [MS03]. They cast the problem as a game between the owner (hider) and the attacker. The owner's goal is to send and receive as much information as possible, while the attacker's goal is to prevent this by distorting the data. The value of the game is the highest information rate that can reliably be decoded by a decoder, who has no access to the original cover data sequence. This should hold for every attack channel that satisfies distortion constraints given by a function $d(C,C')$ comparing the original data C and its distorted version C' . For practical applications one should investigate perceptual distortion metrics in particular.

Complexity Theoretic Approaches for Passive Adversaries

Hopper, Langford and von Ahn have started to treat steganography from a complexity-theoretic point of view in [HLA02] by proposing a rigorous complexity-theoretic setting for steganography. The secrecy of a stegosystem is defined as the inability of an adversary whose computational resources are polynomial time bounded to distinguish between observed distributions of unaltered cover data and stego data similar to the complexity-theoretic setting of modern cryptography. The model assumes that the two communicating parties have some underlying distribution D of cover data that the adversary expects to see. All parties are allowed to draw from D . The game for the sender is to alter D imperceptibly for the adversary, while transmitting a meaningful hidden data message to the receiver. A universal stegosystem should work for any underlying cover data distribution D with sufficient entropy, accessing it merely as an oracle.

Katzenbeisser and Petitcolas have made a new approach for defining security in steganographic systems in [KP02]. They consider a probabilistic game between an attacker and a judge. Given the ability to observe the communication, the attacker has to decide whether a specific object (given to him by a judge) is in fact a plain cover or a stego object. It is open how to construct a provably secure steganographic systems in this complexity-theoretic setting.

In a *public watermarking scheme* the detection routine is a black box accessible to the public including the attacker. The black box replies with 1 if the sequence is watermarked, and 0 otherwise. Given a watermarked sequence W , the task of an attacker now is to find a non-watermarked sequence C , which is as close to W as possible, using a limited number of queries to the detector. Under this setting, Cox and Linnartz describe a heuristic for general watermarking schemes and estimate the number of queries required in [CL97].

Evaluating Watermarking Schemes

The performance of a watermarking system can be evaluated on the following properties:

- embedding effectiveness: the probability of detection;
- fidelity: the perceptual similarity between the original and watermarked version of the cover data;
- data payload: the number of message bits that can be encoded;
- blind or informed detection: is non-watermarked data available during detection or not;
- false positive rate: incorrect claim of a watermark in data that does not contain one;
- robustness: the ability to survive common signal processing operations such as lossy compression, geometric distortions (rotation, scaling, translation, etc.), low pass-filtering, digital-to-analog-to-digital conversions, etc. ;
- security: the resistance against any hostile attack that is specifically intended to remove watermarks or to prevent the detection of a watermark.

Algorithms for robust and secure digital watermarking, particularly of images and video, have been the issue of growing interest since the last decade. For a comprehensive overview of digital watermarking, we recommend the monography [CMB02]. In the last years quite some number of digital watermarking algorithms for still images and video content have been developed. However, most of these techniques are sensitive to even very small geometric distortions, in the sense that they make the detection of watermarks impossible [PAK98]. Hence, most of the methods are neither robust nor secure. Robustness to geometric distortions is one of the most difficult challenges of watermarking research. Recently, a few algorithms have been proposed that are resistant to some particular geometric distortions, namely to simple rotation, scaling, and/or translation. This is an important class of geometric distortions because it models the common situation when a watermarked image is printed, then cropped, and scanned back into the digital domain. However, the above methods do not

work for arbitrary geometric distortions, in particular they are not resistant to random geometric distortions as generated by the *StirMark* package.

There are several commercial products and freeware systems available that provide undetected information transmission or digital watermarking. Some can also be used for detecting steganographic content in digital data. Typically, the properties and in particular security features of such systems are not specified in a thorough analytical way. Thus, the user does not really know what he can rely on when using such systems.

Our research group has started different investigations concerning digital watermarking. An experimental analysis of robust digital watermark systems has been done in [A01]. Several well known schemes have been analysed and compared thoroughly. Thereby it turned out that developing a set of analytical criteria for the comparison of the different schemata is a nontrivial task. We have also developed and implemented a learning system to classify images for selecting good training sets to recognize steganography in digital photos [W04]. It is based on appropriate signatures of images, wavelet transformations and an appropriate distance measure, the *earth mover distance*.

Further Research Directions

Concerning geometric distortions, a novel complexity lower bound result shows that their inversion is an NP-hard problem, that means most likely not be solvable efficiently [LW05]. Recently, the importance of another kinds of attacks, so called *protocol attacks*, has been noticed as well. The aim of such attacks is not an intentional modification of legally watermarked data to remove or to mask a watermark. Protocol attacks try to destroy the correct reasoning of the watermark-based system instead, similar to what has been considered for cryptographic protocols. We are currently investigating how to establish provable security against protocol attacks.

Summary and Outlook

We have discussed several aspects of preserving privacy in information processing and the computational issues related to them. Some of these problems have been understood analytically quite well. Others, in particular, question concerning hiding information still lack a thorough information-theoretic and complexity-theoretic analysis. There should be no doubt that privacy is an important issue when designing modern communication systems (more examples can be found in [DA01]). For this purpose, simple, efficient and provably secure protocols are needed [DZ02,BS05]. One can hope that this field will reach the same state of perfection as modern cryptography has.

The Institute for Theoretical Computer Science of the University of Lübeck, ITCS, has been investigating these issues for some time. Results have been presented at several international conferences on cryptography and related fields [BJL02, B JL04, JLR03, HJ05, LW05].



We have also tackled specific problems in a number of Diploma thesis [A01, E05, H04, S04, S05, W04, M05]. The *Competence Center for Applied Security Technology* (CAST-Forum) has awarded the work of Ulrich Wölfel [W04] as the best German Diploma thesis in 2004 in the area of security in information technology. Our institute has started a cooperation with the Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, BSI, Bonn, on steganographic issues. Another new project entitled *information hiding* that tries to give answers to some of the questions addressed above is supported by the DFG.

References

- [A01] T. Arand, Experimentelle Analyse von Algorithmen für öffentliche und robuste digitale Wasserzeichen, Diploma Thesis, ITCS, Universität zu Lübeck, 2001.
- [AG05] A. Acquisti, J. Groom, Privacy and Rationality in Individual Decision Making, IEEE Security & Privacy 2005, 26-33.
- [BB84] C. Bennet, G. Brassard, Quantum Cryptography: Public Key Distribution and Coin Tossing, Proc. IEEE Int. Conf. on Computers, Systems and Signal Processing, 1984, 175-179.
- [BGW88] M. Ben-Or, S. Goldwasser, A. Wigderson, Completeness Theorems for Non-Cryptographic Fault-Tolerant Distributed Computation, Proc. 20. ACM Symp. on Theory of Computing, 1988, 1-10.
- [BJL02] M. Bläser, A. Jakoby, M. Liskiewicz, B. Siebert, Private Computation — k -Connected versus 1-Connected Networks, Proc. 22. CRYPTO, Springer Lect. Notes in Computer Science 2242, 2002, 194-209.
- [BJL04] M. Bläser, A. Jakoby, M. Liskiewicz, B. Manthey, Privacy in Non-Private Environments, Proc. 10. ASIACRYPT 2004, Springer Lect. Notes in Computer Science 3329, 2004, 137-151.
- [BS05] F. Brandt, T. Sandholm, Efficient Privacy-Preserving Protocols for Multi-Unit Auctions, Proc. Financial Cryptography and Data Security, 2005.
- [C99]* C. Cachin, Efficient Private Bidding and Auctions with an Oblivious Third Party, Proc. 6. ACM Conf. on Computer and Communication Security, 1999, 120-127
- [C04] C. Cachin, An Information-theoretic Model for Steganography, Information & Computation 192, 2004, 41-56.
- [CCD88] D. Chaum, C. Crepeau, I. Damgard, Multiparty Unconditionally Secure Protocols, Proc. 20. ACM Symp. on Theory of Computing, 1988, 11-19.
- [CKG98] B. Chor, E. Kushilevitz, O. Goldreich, M. Sudan, Private Information Retrieval, J. ACM 45, 1998, 965-981.

- [CL97] J. Cox, J. Linnartz, Public Watermarks and Resistance to Tampering, Proc. IEEE Int. Conference on Image Processing, ICIP'97, 1997.
- [CM02] I. Cox, M. Miller, J. Bloom, Digital Watermarking, Morgan Kaufmann, 2002.
- [DA01] W. Du, M. Atallah, Secure Multi-Party Computation Problems and Their Applications: A Review and Open Problems, Proc. New Security Paradigms WS, 2001, 11-20.
- [DZ02] W. Du, Z. Zhan, A Practical Approach to Solve Secure Multi-Party Computation Problems, Proc. New Security Paradigms WS, 2002, 127-135.
- [E98] M. Ettinger, Steganalysis and Game Equilibria, Proc. 2nd Int. Workshop on Information Hiding, Springer Lect. Notes in Computer Science 1525, 1998, 319-328.
- [E05] C. Eibl, Preserving the Secret of the Topology and Affiliation in Moderated Networks, Diploma Thesis, Universität zu Lübeck, 2005.
- [GIK98] Y. Gaertner, Y. Ishai, E. Kushilevitz, T. Malkin, Protecting Data Privacy in Private Information Retrieval Schemes, Proc. 30. ACM Symp. on Theory of Computing., 1998, 151-160.
- [H04] M. Hinkelmann, Preserving the Secret of Topology, Diploma Thesis, ITCS, Universität zu Lübeck, 2004.
- [HJ05] M. Hinkelmann, A. Jakoby, Communications in Unknown Networks: Preserving the Secret of Topology, Proc. 12. Int. Colloq. On Structural Information and Communication Complexity SIROCCO 2005, Springer Lect. Notes in Computer Science 3499, 2005, 155-169.
- [HJS05] M. Hinkelmann, A. Jakoby, P. Stechert, Dynamic t-Private Auctions, Technical Report A-05-13, 2005, Universität zu Lübeck.
- [HLA02] N. Hopper, J. Langford, L. von Ahn, Provably Secure Steganography, Proc. 22. CRYPTO, Springer Lect. Notes in Computer Science 2442, 2002, 77-92.
- [JLR03] A. Jakoby, M. Liskiewicz, R. Reischuk, Private Computations in Networks: Topology versus Randomness, Proc. 20. Symp. on Theoretical Aspects of Computer Science, Springer Lect. Notes in Computer Science 2607, 2003, 121-132.
- [KO97] E. Kushilevitz, R. Ostrovsky, Replication Is not Needed: Single Database, Computationally-Private Information Retrieval, Proc. 38. IEEE Symp. on Foundations of Computer Science, 1997, 364-373.
- [KP02] S. Katzenbeisser, F. Petitcolas, Defining Security in Steganographic Systems, Proc. SPIE vol. 4675, Security and Watermarking of Multimedia Contents IV, 2002, 50—56.
- [LW05] M. Liskiewicz, U. Wölfel, On the Intractability of Inverting Geometric Distortions in Watermarking Schemes, Proc. 7. Information Hiding Workshop IH 2005, Springer Lect. Notes in Computer Science 3727, 2005, 1766-188.
- [MS03] P. Moulin, J. O'Sullivan, Information-theoretic Analysis of Information Hiding, IEEE Transactions on Information Theory 49, 2003, 563-593.
- [M05] N. Moebius, t-Private Auctions under Cryptographic Assumptions, Diploma Thesis, ITCS, Universität zu Lübeck, 2005.
- [N96] N. Nisan, Extracting Randomness: How and Why A Survey, Proc. 11. IEEE Conf. on Comp. Complexity, 1996, 44-58.
- [NC00] M. Nielsen, I. Chuang, Quantum Computation and Quantum Information, Cambridge University Press, 2000.
- [OS97] R. Ostrovsky, V. Shoup, Private Information Storage, Proc. 29. ACM Symp. on Theory of Computing, 1997, 294-303.
- [PAK98] F. Petitcolas, R. Anderson, M. Kuhn, Attacks on Copyright Marking Systems, Proc. 2nd Int. Workshop on Information Hiding, Springer Lect. Notes in Computer Science 1525, 1998, 15-17.
- [S83] G. Simmons, The Prisoners' Problem and the Subliminal Channel, Proc. 3. CRYPTO, 1983, Plenum Press, 51-67.
- [S04] K. Schwidrowski, Private Protocols Based on Cycle Covering, Diploma Thesis, ITCS, Universität zu Lübeck, 2004.
- [S05] P. Stechert, Dynamic Private Auctions, Diploma Thesis, ITCS, Universität Lübeck, 2005.
- [W04] U. Wölfel, Untersuchung zur Strukturbeschreibung von Mengen digitaler Bilder durch Ähnlichkeitsmaße, Diploma Thesis, ITCS, Universität zu Lübeck, 2004.
- [Y82] A. Yao, Protocols for Secure Computations, Proc. 23. IEEE Symp. on Foundations of Computer Science, 1982, 160-164.

Zeit, Geschichte, Saturn

Geschichtsphilosophische Positionen bei Walter Benjamin und W. G. Sebald

(Teil 2 und Schluss)

P. Schmucker*

e. Gegenseitige Durchdringung der Zeitebenen

α. Erinnerung

In ähnlicher Weise wie das Aufblitzen der Vergangenheit im Augenblick seiner Erkennbarkeit bei Walter Benjamin durchdringen sich bei Sebald im Moment des Erinnerens mehrere Zeitebenen. 1967 besucht der Erzähler von „Austerlitz“ die Festung Breendonk nahe Antwerpen, die während der deutschen Besatzung als Gefängnis und auch als Folterstätte gedient hat. Jean Améry hat als persönlich Betroffener darüber berichtet⁽⁴⁰⁾. Die Festung im Besonderen und das Festungswesen im Allgemeinen wird in den vorangehenden Seiten von Austerlitz als ein Paradigma des Versagens der industriellen und militärischen Rationalität in ihrer höchsten Ausprägung beschrieben. Der Besuch der Festung selbst durch den Erzähler ist eine Katabasis, ein Hinabstieg in die Tiefe von Raum und Zeit und die Begegnung mit den Toten der Geschichte und den Leichen im Keller der persönlichen Vergangenheit:

„Damals jedenfalls, in jener lautlosen Mittagsstunde im Frühsommer 1967, die ich, ohne einem anderen Besucher zu begegnen, im Inneren der Festung Breendonk verbrachte, wagte ich kaum weiterzugehen an den Punkt, wo am Ende eines zweiten langen Tunnels ein nicht viel mehr als mannshoher und, wie ich mich zu erinnern glaube, abschüssiger Gang hinabführt in eine der Kasematten. Diese Kasematte, in der man zugleich spürt, dass man in ihr überwölbt ist von einer mehrere Meter starken Schicht Beton, ist ein enger, an der einen Seite spitz zulaufender, an der anderen abgerundeter Raum, dessen Boden um gut einen Fuß tiefer liegt als der Gang, durch den man ihn betritt, und damit weniger einem Verlies gleicht als einer Grube. Indem ich in diese Grube hineinstarrte, auf ihren, wie es mir schien, immer weiter versinkenden Grund, auf den glattgrauen Steinboden, das Abflussgitter in seiner Mitte, und den

Blechkübel, der daneben stand, hob sich aus der Uniefe das Bild unseres Waschhauses in W. empor und sogleich, hervorgerufen von dem eisernen Haken, der an einem Strick von der Decke hing, das der Metzgerei, an der ich immer vorbei musste auf dem Weg in die Schule und wo man am Mittag oft den Be-nedikt sah in einem Gummischurz, wie er die Kacheln abspritzte mit einem dicken Schlauch. Genau kann niemand erklären, was in uns geschieht, wenn die Türe aufgerissen wird, hinter der die Schrecken der Kindheit verborgen sind. Aber ich weiß noch, dass mir damals in der Kasematte von Breendonk ein ekelhafter Schmierseifengeruch in die Nase stieg, dass dieser Geruch sich, an einer irren Stelle in meinem Kopf, mit dem mir immer zuwider gewesen und vom Vater mit Vorliebe gebrauchten Wort „Wuzelbürste“ verband, dass ein schwarzes Gestrichel mir vor den Augen zu zittern begann und ich gezwungen war, mit der Stirn mich anzulehnen an die von bläulichen Flecken unterlaufene, griesige und, wie mir vorkam, von kalten Schweißperlen überzogene Wand. Es war nicht so, dass mit der Übelkeit eine Ahnung in mir aufstieg von der Art der so genannten verschärften Verhöre, die in die Zeit meiner Geburt an diesem Ort durchgeführt wurden, denn erst ein paar Jahre später las ich bei Jean Améry von der furchtbaren Körpernähe zwischen den Peinigern und den Gepeinigten, von der von ihm in Breendonk ausgestanden Folter⁽⁴¹⁾.

Zunächst wird der Moment im Frühsommer 1967 also nicht durchdrungen von dem Erinnern an die Gefolterten, sondern von den Schrecken der eigenen Kindheit. Dieser irrationale Vorgang stellt mittels der rationalen Überlagerung im Erzählen eine Verbindung zwischen den Folterungen in Breendonk und den Geschehnissen in der Kindheit des Erzählers her. Die persönlichen Assoziationen ergeben sich durch ein „Aufblitzen“, dadurch, dass „die Türe aufgerissen wird, hinter der die Schrecken der Kindheit verborgen sind“.

Auch die zentrale Szene in „Austerlitz“ spielt sich im Rahmen einer Katabasis ab: „Dieser Bahnhof (die Liverpool Street Station, Anm. d. Verf.), dessen Haupttrakt fünfzehn bis zwanzig Fuß unter dem Niveau der Straße

* Prof. Dr. med. Peter Schmucker ist der Direktor der Klinik für Anästhesiologie des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein, Campus Lübeck.
Der erste Teil dieser Arbeit sowie das Literaturverzeichnis sind in FOCUS MUL (2005), S. 151-158, erschienen.

⁴⁰ Améry, Die Tortur. In: Améry 1977, 46-73

⁴¹ AU, 36 ff.

liegt, war ja vor seinem Ende der 80er Jahre in Angriff genommenen Umbau einer der finstersten und unheimlichsten Orte von London, eine Art Eingang zur Unterwelt, wie vielfach bemerkt worden ist⁴². In dem seit Jahren nicht mehr zugänglichen Ladies Waiting Room, den Austerlitz während des Umbaus des Bahnhofs zufällig betritt, erinnert er sich schlagartig seiner ihm bis dahin nicht mehr bewusst gegenwärtigen Herkunft:

„Erinnerungen wie diese waren es, die mich ankamen in dem aufgelassenen Ladies Waiting Room des Bahnhofs von Liverpool Street, Erinnerungen, hinter denen und in denen sich viel weiter noch zurückreichende Dinge verbargen, immer das eine im anderen verschachtelt, gerade so wie die labyrinthischen Gewölbe, die, wie ich in dem staubgrauen Licht zu erkennen glaubte sich fortsetzen in unendlicher Folge. Tatsächlich hatte ich das Gefühl, sagte Austerlitz, als enthalte der Wartesaal, in dessen Mitte ich wie ein Geblendeter stand, alle Stunden meiner Vergangenheit, alle meine von jeher unterdrückten, ausgelöschten Ängste und Wünsche, als sei das schwarzweiße Rautenmuster der Steinplatten zu meinen Füßen das Feld für das Endspiel meines Lebens, als erstrecke es sich über die gesamte Ebene der Zeit. Vielleicht sah ich darum auch in dem Halbschatten des Saals zwei im Stil der 30er Jahre gekleidete Personen mittleren Alters, eine Frau in einem leichten Garbadinemantel mit einem schiefe auf ihrer Haarfrisur sitzenden Hut und neben ihr einen hageren Herren, der einen dunklen Anzug und einen Priesterkragen um den Hals trug. Ja, und nicht nur den Priester sah ich und seine Frau, sagte Austerlitz, sondern ich sah auch den Knaben, den abzuholen sie gekommen waren [...] und erinnerte mich zum ersten Mal, soweit ich zurückdenken konnte, an mich selber in dem Augenblick, in dem ich begriff, dass es in diesem Wartesaal gewesen sein musste, dass ich in England angelangt war vor mehr als einem halben Jahrhundert“⁴³.

β. „Versöhnung“ in der Kunst

Wieder ist es das blitzartige Auslösen der Erinnerung an die eigene Vergangenheit durch einen äußeren Anlass. Doch können in einem geschichtlichen Moment und in einer geschichtlichen Person auch viel weiter auseinander gelegene und einander fremde Zeitebenen aufeinander treffen:

„Die einzige Arbeit, die FitzGerald zu seinen Lebzeiten selber ganz abgeschlossen und veröffentlicht hat, ist seine wundervolle Übersetzung des Rubaiyat des persischen Dichters Omar Khayyam, in dem er, über eine Entfernung von achthundert Jahren hinweg, seinen engsten Wahlverwandten entdeckte. FitzGerald bezeichnete die endlosen Stunden, die er an die Über-

tragung des 224 Zeilen umfassenden Gedichts gewandt hat, als ein Kolloquium mit dem Toten, von dem er versuchte, uns Nachricht zu bringen. Die von ihm zu diesem Zweck ausgesonnenen englischen Verse fingieren in ihrer scheinbar absichtslosen Schönheit einen Anspruch von Autorschaft weit hinter sich zurücklassende Anonymität und verweisen, Wort für Wort, auf einen unsichtbaren Punkt, an dem das mittelalterliche Morgenland und das erlöschende Abendland einander anders als im unsäglichen Verlauf der Geschichte begegnen dürfen“⁴⁴.

Zeiten und geschichtliche Epochen durchdringen sich also bei Sebald ebensowohl wie bei Benjamin, es entstehen hermetische, von der Zeit umspülte, aber von ihr unberührte Räume, im Aufblitzen der Erinnerung wirkt eine vergangene Epoche in die jeweils im Erzählen aktuelle hinein, es gibt eine Fülle von verborgenen Beziehungen. Quasi die Quintessenz drückt Austerlitz wie folgt aus:

„Es scheint mir nicht, sagte Austerlitz, dass wir die Gesetze verstehen, unter denen sich die Wiederkehr der Vergangenheit vollzieht, doch ist es mir immer mehr, als gäbe es überhaupt keine Zeit, sondern nur verschiedene, nach einer höheren Stereometrie ineinander verschachtelte Räume, zwischen denen die Lebendigen und die Toten, je nachdem es ihnen zumute ist, hin- und hergehen können, und je länger ich es bedenke, desto mehr kommt mir vor, dass wir, die wir uns noch am Leben befinden, in den Augen der Toten irreale und nur manchmal, unter bestimmten Lichtverhältnissen und atmosphärischen Bedingungen sichtbar werdende Wesen sind“⁴⁵.

Abgesehen von einer Reihe möglicher intertextueller Bezüge⁴⁶ hat diese Teleskopierung, die Ineinander-

⁴⁴ RS, 250

⁴⁵ AU, 265

⁴⁶ Ein zentraler Bezugspunkt der Tradition dürfte das 11. Buch von Homers Odyssee sein: Homer 1990, 288 ff. und von da das 6. Buch von Vergils Aeneis, Vergil 1988, 222 ff. Auf den Charakter der Erinnerung als Katabasis in Raum und Zeit wurde bereits im Zusammenhang mit den Zitaten des Besuches der Festung Breendonk und des Ladies Waiting Room der Liverpool Street Station hingewiesen. Bei Homers Nekyia und bei Vergils Abstieg in den Avernus handelt es sich um den rituell eingeleiteten Kontakt von Lebenden mit Toten. Das beieinander Wohnen der Lebenden und der Toten, wobei die Letzteren die Ersteren bemerken, jedoch nicht umgekehrt, wird in dem auf J. P. Sartres Drehbuch basierenden Film „Les jeux sont faits“ dargestellt, Sartre 1985, 22 ff. Eine Verschachtelung imaginärer Räume findet sich in Gabriel Garcia Marquez' „Cien años de soledad“: „War José Arcadio Buendía allein, tröstete er sich mit dem Traum von den endlosen Zimmern. Ihm träumte, er stehe aus dem Bett auf, öffne die Tür und trete in ein anderes gleiches Zimmer [...]. Dieses Zimmer führte in ein anderes genau gleiches, dessen Tür in ein genau gleiches führte und anschließend in ein weiteres genau gleiches, bis ins Unendliche. Es machte ihm Spaß, wie durch eine Spiegelgalerie von Zimmer zu Zimmer zu wandeln, bis Prudencio Aguilar (ein bereits verstorbener Freund, Anm. d. Verf.) ihn an der Schulter berührte. Dann kehrte er zurück, von Zimmer zu Zimmer, erwachte rückwärts,

⁴² AU, 184

⁴³ AU, 196 ff.

schiebbarkeit von verschiedenen Zeiten und Räumen für das Werk Sebalds selbst unmittelbare Konsequenzen. Zum einen ist dadurch eine gewisse Unschärfe ermöglicht, was die räumliche und zeitliche Lokalisation des Erzählers anbelangt, zum anderen wird die Möglichkeit eröffnet, dass dem Erzähler längst verstorbene Personen gegenüber treten können. Man könnte sagen, es spuke in Sebalds Werk. Das Auftreten von „Gespenstern“ ist bereits konstatiert worden, ohne dass jedoch der unmittelbare Zusammenhang mit Sebalds Zeitauffassung deutlich gemacht wurde⁽⁴⁷⁾.

γ. Unbestimmtheit von Zeit und Raum

Die Unbestimmtheit der Räume und Zeiten, das Zusammentreffen von gegenwärtigem Unglück und vergangene Verbrechen wird in einem in anderem Zusammenhang bereits angesprochenen Zitat aus RS deutlich: „Wie einem nachgeborenen Fremden, der ohne jedes Wissen von der Natur unserer Gesellschaft herumgeht zwischen den Bergen von Metall- und Maschinenschrott, die wir hinterlassen haben, war es auch mir ein Rätsel, was für Wesen hier einstmals gelebt und gearbeitet hatten und wozu die primitiven Anlagen im Inneren der Bunker, die Eisenschienen unter den Decken, die Haken an den zum Teil noch gekachelten Wänden, die tellergroßen Brausen, die Rampen und Sickergruben gedient haben mochten. Wo und in welcher Zeit ich an jenem Tag auf Orfordness in Wahrheit gewesen bin, das kann ich auch jetzt, indem ich dies schreibe, nicht sagen“⁽⁴⁸⁾.

Die intertextuellen Bezüge, die sich aus der Nennung von Kacheln, Haken und Brausen zu dem bereits zitierten Besuch in der Festung Breendonk, von dort zu Jean Amery⁽⁴⁹⁾ und zu den Gaskammern der Konzentrationslager ergeben, werden hier explizit ausgeweitet zu einer Unschärfe der räumlichen und zeitlichen Lokalisation des Erzählers. Die im Werk Sebalds häufig zu bemerkende Konnotation der Jenseitsreise wird in diesem Fall durch die Notwendigkeit des Übersetzens über einen stillen Fluss mit Hilfe eines Fährmanns erzeugt⁽⁵⁰⁾.

δ. Gespenster

Ein intertextuelles „Gespenst“, das leitmotivisch die Texte SG und A heimsucht, ist der Jäger Gracchus⁽⁵¹⁾. Schon der Jäger Gracchus bei Kafka ist ein Untoter: Nachdem er im Schwarzwald auf der Jagd nach einer Gemse verunglückt ist, ist er zugleich tot und lebend: „Mein Todeskahn verfehlte die Fahrt, eine falsche Drehung des Steuers, ein Augenblick der Unaufmerksamkeit des Führers, eine Ablenkung durch meine wunderschöne Heimat, ich weiß nicht was es war, nur das weiß ich, dass ich auf der Erde blieb und dass mein Kahn seither die irdischen Gewässer befährt. So reise ich, der nur in seinen Bergen leben wollte, nach meinem Tode durch alle Länder der Erde“⁽⁵²⁾.

Sowohl in SG als auch in A werden mehrfach Zeichen der unmittelbaren Anwesenheit des Jägers Gracchus genannt⁽⁵³⁾. Vom Jäger Gracchus lässt sich eine direkte Verbindung zu dem Schmetterlingsjäger Nabokov ziehen, der in A ebenfalls mehrfach wiederholt auftaucht⁽⁵⁴⁾. Die von Austerlitz angesprochene Unbestimmtheit der Zeiten und Räume wird hier durch die Durchlässigkeit der Texte füreinander in der intertextuellen Anspielung gleichsam illustriert. Während es sich bei dem Jäger Gracchus um eine von vornherein fiktionale Figur handelt, ist Nabokov primär faktual, wird hier aber in den fiktionalen Rahmen des sebaldschen Textes eingegliedert. Immerhin wäre jedoch, geht man von der groben Datierung der Binnentexte aus, in denen Nabokov aufscheint, sein tatsächliches Auftreten in dem jeweiligen Kontext, betrachtete man ihn als faktual, zumindest nicht völlig ausgeschlossen. Doch treten in den fiktionalen Texten Sebalds auch faktuale Gestalten längst vergangener Zeiten auf. Ein Beispiel dafür findet sich in SG: „Eilig wie ein Einheimischer auf dem Weg ins Geschäft bestieg ich ein Vaporetto. Der Nebel hatte sich inzwischen gelichtet. Unweit von mir, in einer der rückwärtigen Bänke, saß, bald hätte man sagen können lag, ein Mensch in einem abgewetzten grünen Loden, den ich sogleich als Ludwig II. von Bayern erkannte. [...]. Il re Lodovico, kein Zweifel. Wahrscheinlich, dachte ich mir, durch das Wasser hierher gekommen, in die citta inquinata Venezia merda. Ich sah ihn, nachdem wir ausgestiegen waren, die Riva degli Schiavoni hinunter

durchlief den umgekehrten Weg und fand Prudencio Aguilar im Zimmer der Wirklichkeit. Eines Nachts indes [...] berührte Prudencio Aguilar ihn an der Schulter in einem Verbindungszimmer, und dort blieb er für immer im Glauben, es sei das wirkliche Zimmer“. Marquez 1997, 162 f. Das Verbleiben von José Arcadio Buendia in dem Verbindungszimmer bedeutet in der realen Welt seinen Tod.

⁴⁷ S.z.B Jan Ceuppens: Seeing things: Spectres and angels in W.G. Sebald's prose fiction In: Long 2004, 190-202

⁴⁸ RS, 294 ff.

⁴⁹ Jean Amery: Die Tortur in: Amery 1977, 62

⁵⁰ RS, 290 – 295, Ein weiteres Beispiel für zeitlich-räumliche Unbestimmtheit findet sich in A203: „Man weiß nicht, in welcher Zeit oder welcher Gegend man sich befindet.“ Auch diese Episode spielt an einem abgelegenen Ort, der Stadt Jerusalem im Jahr 1913. Auch hier finden sich ausgedehnte Zeichen des Verfalls.

⁵¹ Kafka 1976, 75

⁵² Kafka, 1976, 77

⁵³ Bezüge lassen sich in allen vier Episoden von SG nachweisen, so z.B. SG 30, 103, 147, 186, 283. In A 198 „Zwei Würfelspieler hockten am Quai“ wird fast wörtlich der Eingangssatz des Kafka-Textes zitiert: „Zwei Knaben saßen auf der Quaimauer und spielten Würfel“. Kafka 1976, 75.

⁵⁴ Ich bin“, antwortete der Jäger, „immer auf der großen Treppe, die hinaufführt. Auf dieser unendlich weiten Freitreppe treibe ich mich herum, bald oben, bald unten, bald rechts, bald links, immer in Bewegung. Aus dem Jäger ist ein Schmetterling geworden“. Kafka 1976, 77. Auch die Nabokov-Anspielungen betreffen alle Episoden von A: 26-27, 65, 170, 259.

wandern in seinem wehenden Wetterfleck und immer kleiner werden, nicht nur wegen der zunehmenden Entfernung, sondern auch, weil er sich in seinem unausgesetzten Reden immer tiefer zu seiner wahrhaft winzigen Begleiterin hinabbeugte⁵⁵. Ein typisches Kennzeichen der hier spukenden Untoten ist die Reduktion ihrer Körpergröße im Vergleich zu Lebzeiten, die Schrumpfung: „[...] erzählte Evan von Verstorbenen, die das Los zur Unzeit getroffen hatte, die sich um ihr Teil betrogen wussten und danach trachteten, wieder ins Leben zurückzukehren. Wer ein Auge für sie habe, sagte Evan, der könne sie nicht selten bemerken. Auf den ersten Blick sähen sie aus wie normale Leute, aber wenn man sie genauer anschaute, verwischten sich ihre Gesichter oder flackerten ein wenig an den Rändern. Auch seien sie meist um eine Spanne kleiner, als sie zu ihren Lebzeiten waren, denn die Erfahrung des Todes, behauptete Evan, verkürzt uns, gerade so wie ein Stück Leinwand eingeht, wenn man es zum ersten Mal wäscht. Fast immer gingen die Toten alleine, doch zögen sie manchmal auch in kleinen Schwadronen herum; in bunte Uniformröcke oder in graue Umhänge gehüllt habe man sie schon gesehen, wie sie zwischen den Feldmauern, die sie nur knapp überragten mit leisem Rühren der Trommel heraus marschierten in die Hügel über dem Ort“⁵⁶. Es sind die vorzeitig abberufenen Opfer der Geschichte, die keine Ruhe finden und dem Erzähler auch in anderen Texten und Zusammenhängen entgegentreten wie z.B. in RS, wo er einen Besuch der Gedenkstätte der Schlacht von Waterloo schildert:

„Aber ich weiß noch, wie ich von der Bushaltestelle aus an einem kahlen Acker entlang und vorbei an einer Ansammlung budenartiger und doch zugleich hoch aufragender Häuser auf den ausschließlich aus Souvenirläden und billigen Restaurationen bestehenden Ort zugegangen bin. Von irgendwelchen Besuchern zeigte sich an diesem bleigrauen Vorweihnachtstag begreiflicherweise keine Spur. Nicht einmal eine Schulklasse war zu sehen. Jedoch der völligen Verlassenheit wie zum Trotz marschierte ein in napoleonische Kostüme gestecktes Grüppchen unter Trommel- und Pfeifenlärm durch die paar wenigen Gassen, zu hinterst eine schlampige, wüst geschminkte Marketenderin, die ein kurioses Leiterwägelchen mit einem kleinen Käfig zog, in den eine Gans eingesperrt war. Eine Zeitlang schaute ich diesen, wie es mir schien, vom ewigen Umgang getriebenen Gestalten nach, die bald zwischen den Häusern verschwanden, bald an einer anderen Stelle wieder hervorkamen“⁵⁷.

Was suchen diese Widergänger? Entsprechend dem oben angeführten Zitat⁵⁸ sind es Verstorbene, die sich um ihr Teil betrogen wissen und danach trachten, ins Leben zurückzukehren. Ihre Erscheinung kann als ein Appell an die Lebenden interpretiert werden, als seien diese in ihrer Schuld. In der bereits zitierten 2. geschichtsphilosophischen These von Walter Benjamin ist dies so formuliert:

„Es besteht eine geheime Verabredung zwischen den gewesenen Geschlechtern und unserem. Wir sind auf der Erde erwartet worden. Uns ist wie jedem Geschlecht, das vor uns war, eine *schwache* messianische Kraft mitgegeben, an welche die Vergangenheit Anspruch hat. Billig ist dieser Anspruch nicht abzufertigen. Der historische Materialist weiß darum“⁵⁹. Für Benjamin ist in diese geheime Verabredung zwischen den gewesenen Geschlechtern und unserem die Veränderung der bestehenden Verhältnisse, insbesondere der Widerstand gegen den Faschismus, und damit die Neugestaltung der gesamten Geschichte eingeschlossen: „Freilich fällt erst der erlösten Menschheit ihre Vergangenheit vollauf zu“⁶⁰. Dieser revolutionäre Impetus zeigt sich bei Sebald nicht im Hinblick auf den Umsturz der bestehenden politischen Verhältnisse, sondern wird auf den Umgang mit der Vergangenheit in der Erinnerung bezogen. Anne Fuchs spricht von einer „Ethik der Erinnerung“, die eine ganze Reihe von unmittelbaren Konsequenzen für Sebalds literarische Technik habe⁶¹. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung sind jedoch vor allem zwei Aspekte relevant, nämlich zum einen der nicht im Zentrum stehende, jedoch durchaus nachweisbare Zukunftsbezug bei Sebald, und zum anderen ein Effekt, der den Zeichencharakter der Welt in besonderer Weise betont und der als „Verweisungseffekt“ bezeichnet werden soll.

f. Zukunftsbezug

Für Walter Benjamin steht insbesondere in seinen geschichtsphilosophischen Thesen die Gegenwart als die Zukunft einer in sich selbst unerfüllten Vergangenheit mit ihrer Verpflichtung dieser gegenüber als ihre zumindest potenziell und teilweise messianische im Vordergrund. Zukunft und Fortschritt gipfeln für ihn in den durch die Geschichte angerichteten Zerstörungen. Diese Fortschrittsskepsis wurde für Sebald bereits konstatiert und wird bei der Betrachtung des „Saturn-Komplexes“ weiter verdeutlicht werden. Es gibt jedoch zumindest eine Stelle im Werk Sebalds, in der in ganz unironischer Weise auf einen nichtimmanenten Trost der Opfer der Geschichte verwiesen wird. Die Stelle findet sich

⁵⁵ SG, 64. Ein weiteres Beispiel ist neben anderen Verstorbenen das Auftreten von Dante Alighieri in Wien der 1960er Jahre SG 43 f.

⁵⁶ AU, 79

⁵⁷ RS, 156 ff.

⁵⁸ AU, 78 ff.

⁵⁹ Benjamin 1971, 79

⁶⁰ Benjamin 1971, 79

⁶¹ Fuchs 2004, 28-39

in RS 110-113. Der Erzähler berichtet über seine Fußwanderung durch Suffolk, während welcher er sich an einen früheren Aufenthalt in Amsterdam erinnert, wo er wiederum an die Ereignisse der vorausgegangenen Reise dorthin zurückdenkt und sie aufzeichnet. Ein Teil dieser Aufzeichnungen besteht in der Beschreibung seines Besuches des Sebaldusgrabes in Nürnberg, also gewissermaßen der Reliquien seines Namenspatrons. Einer kurzen Darstellung der Legende dieses Heiligen folgt die Beschreibung des Grabdenkmals. Zum Schluss heißt es:

„Und im Innersten des von 80 Engeln umschwebten, in einem Guss gemachten Gehäuses ruhen in einem mit Silberblech beschlagenen Schrein die Gebeine des exemplarischen Toten und Vorläufers einer Zeit, in welcher uns die Tränen abgewischt werden von den Augen und in der weder Leid sein wird noch Schmerz oder Geschrei“⁽⁶²⁾.

Gewiss kann dies auch als immanente Utopie gedeutet werden, der wie gesagt in völlig unironischem Ton geschilderte sakrale Zusammenhang spricht jedoch eher dagegen. Der bereits erwähnte „Verweisungseffekt“ hat eine ähnliche Wirkung.

g. „Verweisungseffekt“

Durch die engen intertextuellen Bezüge, die Öffnung von Sebalds Werken gegenüber einer Vielzahl anderer literarischer Texte und die „Aufdeckung“ von „verborgenen Zusammenhängen“ erhalten die beschriebenen Geschehnisse und Gegenstände mehr als in vielen anderen literarischen Werken den zusätzlichen Charakter von Zeichen und Verweisen sowohl aufeinander als auch über sich hinaus. Es seien einige Beispiele angeführt.

In dem aus den Züricher Poetikvorlesungen hervorgegangenen Essay „Luftkrieg und Literatur“ schildert Sebald seine Spaziergänge durch die aufgegebenen ostenglischen Militärflughäfen des 2. Weltkriegs und die damaligen Ereignisse:

„Ich gehe dort manchmal mit meinem Hund spazieren und denke darüber nach, wie es war, als in den Jahren 1944 und 1945 die Maschinen mit ihrer schweren Fracht hier abhoben und hinausflogen über das Meer mit Kurs auf Deutschland. Bereits zwei Jahre vor diesen Exkursionen ist bei einem Angriff auf Norwich eine Dornier der Luftwaffe abgestürzt auf einen Acker unweit von meinem Haus. Eines der vier Besatzungsmitglieder, die dabei ums Leben kamen, ein Oberleutnant Bollert, hatte den selben Geburtstag wie ich und war vom gleichen Jahrgang wie mein Vater“⁽⁶³⁾.

Der aus Deutschland emigrierte Maler Max Aurach erzählt in RS seine Lebensgeschichte, unter anderem Folgendes:

„Das einzige Bemerkenswerte an seinem kurzfristigen ersten Aufenthalt in Manchester sei die Tatsache gewesen, sagte Aurach, dass er sein Logis damals in der Palatine road Nr. 104 hatte und somit in dem selben Haus, in dem 1898, wie inzwischen durch verschiedene biographische Schriften allgemein bekannt geworden sei, der seinerzeit 20-jährige Student der Ingenieurwissenschaften Ludwig Wittgenstein seine Wohnung innehatte“⁽⁶⁴⁾.

Teilweise dienen diese Verweisungsstrukturen leitmotivisch der erhöhten Kohärenz des Werks. Hierher gehören etwa der bereits erwähnte Jäger Gracchus und der Schmetterlingsjäger Nabokov. Von diesem ausgehend gibt es jedoch das über mehrere Werke hinweggehende Leitmotiv des Schmetterlings, der Motte und von da aus insbesondere der Seidenraupe. Trägt das Motiv des Schmetterlings bereits per se die Vorstellung der Metamorphose mit sich, so wird dies für das Motiv der Seide und Seidenraupe noch verstärkt durch die Erwähnung eines Stückes Seide in einem Urnenfund:

„Dergleichen von der Strömung der Zeit verschonte Dinge werden in der Anschauung Brownes zu Sinnbildern der in der Schrift verheißenen Unzerstörbarkeit der menschlichen Seele, an der der Leibarzt, so gefestigt er sich weiß in seinem christlichen Glauben, insgeheim vielleicht zweifelt. Und weil der schwerste Stein der Melancholie die Angst ist vor dem aussichtslosen Ende unserer Natur, sucht Browne unter dem, was der Vernichtung entging, nach den Spuren der geheimnisvollen Fähigkeit zur Transmigration, die er an den Raupen und Faltern so oft studiert hat. Das purpurfarbene Fetzen Seide aus der Urne des Patroklos, von dem er berichtet, was also bedeutet es wohl?“⁽⁶⁵⁾.

Zwar handelt es sich hier wieder um einen intertextuellen Verweis, doch wird das Geflecht dieser geheimen Zusammenhänge auch auf das tatsächliche Geschehen übertragen. Am Ende dieses Abschnittes soll erneut ein Zitat aus „Luftkrieg und Literatur“ stehen. Es handelt sich wie bereits erwähnt um einen Essay und entsprechend darf davon ausgegangen werden, dass hier nicht wie im literarischen Werk ein Erzähler, sondern der Autor selbst spricht:

„Was ich übrigens in Korsika, in der mit verstaubtem Pseudobarock überladenen Kirche von Morosaglia, auch noch gesehen habe – diese Abschweifung sei erlaubt –, war das Schlafzimmerbild meiner Eltern [...]. Meine Eltern erzählten mir, sie hätten es 1936, kurz vor ihrer Hochzeit, gekauft in Bamberg, wo der Vater Schirmmeister im selben Kavallerieregiment war, in dem zehn Jahre zuvor der junge Stauffenberg seine militärische Laufbahn angetreten hatte. Solcherart sind die

⁶² RS, 113

⁶³ Sebald 2002, 83 ff.

⁶⁴ A, 247 ff.

⁶⁵ RS, 36 ff.

Abgründe der Geschichte. Alles liegt in ihnen durcheinander und wenn man in sie hinabschaut, so graust und schwindelt es einen⁽⁶⁶⁾.

Auch wenn es nirgendwo explizit namhaft gemacht wird, dieser durchgreifende Verweisungseffekt, in dem alles Zeichen für etwas anderes ist und über sich hinausweist, lässt den Leser trotz des immer wieder dargestellten Hinabgleitens der Zeit und der Zerstörungen der Geschichte einen Verweis über diese hinaus, einen übergeordneten Sinn vermuten.

II. Saturn als Allegorie der Zeit

1. Kronos, Chronos, Saturn, Melancholie: Kurze Darstellung der Tradition⁽⁶⁷⁾

Kronos ist der jüngste der Titanen, der Kinder von Uranos und Gaia, von Himmel und Erde⁽⁶⁸⁾. Von vornherein den Vater hassend, wird er von der Mutter dazu bestimmt, ihn mit einer eisernen Sichel zu entmannen⁽⁶⁹⁾. Die ihm selbst von Rhea geborenen Kinder verschlingt Kronos⁽⁷⁰⁾ mit Ausnahme des Zeus⁽⁷¹⁾, der die Macht auf dem Olymp ergreift und Kronos nach dem siegreich niedergeworfenen Aufstand der Titanen mit diesen zusammen im Tartarus begräbt⁽⁷²⁾, entsprechend einer anderen Überlieferung ihn aber mit derselben Sichel wie einst dieser seinen Vater Uranos entmannt⁽⁷³⁾. Im Gegensatz zu diesem Bild des „krummesinnigen“ Kronos⁽⁷⁴⁾ der Theogonie steht in gewisser Weise der Kronos der „Werke und Tage“ des gleichen Verfassers als Herr des Goldenen Zeitalters⁽⁷⁵⁾. In bildlichen Darstellungen trägt Kronos die Sichel und bisweilen ein Kind, das er zum Munde führt. Kronos ist damit „auf der einen Seite [...] der gütige Gott des Landbaus, dessen Erntefest von Freien und Sklaven gemeinsam gefeiert wird, der Herrscher des Goldenen Zeitalters, in dem die Menschen alles im Überfluss hatten und das unschuldige Glück eines Rousseau'schen Urzustandes genossen, der Fürst auf den Inseln der Seligen, der Erfinder der Agrikultur und des Städtebaus. Auf der anderen Seite ist er der traurige, entthronte und einsame Gott [...]“⁽⁷⁶⁾. „Die Gleichsetzung dieses griechischen Kronos mit dem römischen Flur- und Saatengott Saturnus befestigte den immanenten



Abb. 5: Die sieben Planetengötter – Saturn (Jan Saeredam nach Hendrick Goltzius)

Gegensatz, ohne ihn sonderlich zu verschärfen⁽⁷⁷⁾. Die spätere christliche Tradition fügt noch die Eigenschaft des unstillen, gehetzten Flüchtlings hinzu⁽⁷⁸⁾. Bereits in der ausgehenden Antike wurde Kronos wegen des Gleichklanges mit Chronos als Allegorie für die alles verschlingende, alles hinmähende Zeit aufgefasst und z. B. auf Grabmälern mit Flügeln als zusätzlichen Attributen ausgestattet⁽⁷⁹⁾. Die Gleichsetzung mit dem Planeten Saturn erfolgte durch Analogie mit dem babylonischen Gott Ninurta, als dessen Manifestation in der assyrisch-babylonischen Astronomie bereits der noch heute mit dem Namen Saturn bezeichnete Planet galt⁽⁸⁰⁾ (Abb. 5).

Die Verbindung zwischen Saturn und der Melancholie ist eine Folge der Verknüpfung von Astrologie und damit dem allgemeinen Einfluss der Gestirne auf das irdische Geschehen mit der Humoralpathologie und damit dem speziellen Einfluss auf den unter dem Zeichen der Saturn geborenen Menschen. Der Einfluss des Saturn auf den Menschen ist in der mittelalterli-

⁶⁶ Sebald 2002, 78 ff.

⁶⁷ Ich folge teilweise kursorisch der umfassenden Darstellung „Saturn und Melancholie“ von Raymund Klibansky, Erwin Panofsky und Fritz Saxl, Frankfurt 1992

⁶⁸ Hesiod Theogonie Vers 137. In: Hesiod 1991, 16

⁶⁹ Hesiod, 1991, 18 V. 180-181

⁷⁰ Hesiod 1991, 40 V. 459-460

⁷¹ Hesiod 1991, 40 V. 481-487

⁷² Hesiod 1991, 58 V. 715-725

⁷³ Hederich 1986, 2166

⁷⁴ Hesiod 1991, 137

⁷⁵ Hesiod 1991, 90 V. 109-120

⁷⁶ Klibansky 1992, 212

⁷⁷ Klibansky 1992, 213

⁷⁸ Klibansky 1992, 213

⁷⁹ Klibansky 1992, 313

⁸⁰ Klibansky 1992, 214

chen Tradition weitgehend negativ, z. B. bei Bartholomaeus Anglicus:

„Ferner ist laut Misael Saturn ein Planet, der missgünstig, kalt und trocken ist, ein Planet der Nacht und der Schwere, weshalb ihn sich auch die Mythen als Greis vorstellen. Seine Umlaufbahn ist sehr weit von der Erde entfernt und dennoch für diese äußerst schädlich. [...] Auch ist er von der Farbe her blass oder vielmehr so fahl wie Blei, weil er zwei todbringende Eigenschaften hat, nämlich Kälte und Trockenheit. Und eine unter seiner Herrschaft entbundene und empfangene Leibesfrucht muss deshalb entweder zugrunde gehen, oder sie wird in der Folge zumindest sehr schlechte Eigenschaften aufweisen. Denn laut des Ptolemäus' Buch über die Urteile der Gestirne, ist es das Schicksal jenes Menschen, dunkel, hässlich, ungerecht, träge, schwerfällig, traurig, selten heiter oder lachend zu sein, weshalb derselbe Ptolemäus sagt: „Diejenigen, die dem Einfluss Saturns unterworfen sind, sind von gräulicher Haut- und fahler Haarfarbe, ihr ganzer Körper ist grob und ungepflegt, sie schrecken nicht vor hässlicher und stinkender Kleidung zurück, lieben stinkende und unreine Tiere, Saures und Verstopfendes, weil in ihrer Komplexion der „Humor Melanolicus“ überwiegt“⁽⁸¹⁾.

Die Nativität unter dem Zeichen des Saturn wird demnach hier bereits, zurückgehend auf ältere astrologische Quellen, mit dem melancholischen Temperament, einem quantitativen Überwiegen der schwarzen Galle gegenüber den anderen Körpersäften, verbunden. Während in diesem aus dem späten 13. Jahrhundert stammenden Zitat die Melancholie und deren Träger ausschließlich negativ gekennzeichnet sind, kommt es im späten 15. Jahrhundert vor allem im Umfeld der oberitalienischen Humanistenzirkel zu einer partiellen Umbewertung des Einflusses Saturns und der Melancholie. Ikonographisch tritt bei der Darstellung des Gottes das Grüblerische, Meditative in den Vordergrund, das meist dadurch ausgedrückt wird, dass die Figur den Kopf in eine Hand stützt. Bereits seit der 2. Hälfte des 14. Jahrhunderts konnte der Terminus „Melancholie“ nunmehr auch eine vorübergehende Gemütsstimmung bezeichnen⁽⁸²⁾. Im Umkreis der Florentiner Platonischen Akademie um Marsilio Ficino, der sich selbst unter dem Zeichen des Saturn sieht⁽⁸³⁾, wird Kontemplation und von da aus Begabung zur Kunst und Wissenschaft mit der Melancholie und dem Einfluss des Saturns Verbindung dürfte Albrecht Dürers Stich „Melencolia I“ aus dem Jahr 1514 sein, die eine geflügelte Gestalt mit in die Hand



Abb. 6: Albrecht Dürer, *Melencolia I*

gestütztem Kopf zeigt, umgeben unter anderem von schneidenden Werkzeugen wie Hobel verbunden⁽⁸⁴⁾.

Die bekannteste ikonographische Darstellung dieser und Säge, von geometrischen Figuren und Instrumenten wie Kugel, Dodekaeder und Zirkel sowie von einer rinnenden Sanduhr und einer in der Mitte austarierten Waage. (Abb. 6) Letztere können als die Verbindung und gleichzeitige Kontrastierung von Chronos und Kairos, von fließender Zeit und still gestelltem Moment, interpretiert werden⁽⁸⁵⁾. Zusammenfassend lässt sich konstatieren, dass die Ambivalenz des Gottes Saturn in gewisser Weise auf die unter seinem Einfluss stehenden Melancholiker übergegangen ist. Ist jener Saatgott und Herr des Goldenen Zeitalters und doch zugleich der seinen Vater Entmannende und seine Kinder Verschlappende, so sind diese langsam, kalt und trocken, unset auf Reisen umherirrend, zugleich aber bedächtig und begabt für Künste und Wissenschaften. Dies ermöglicht

⁸¹ Bartholomaeus Anglicus, *De Proprietatibus rerum* VIII, 23, Straßburg 1485, fol. 02^v. In der deutschen Übersetzung zitiert nach: Klibansky 1992, 281

⁸² Klibansky 1992, 320

⁸³ Klibansky 1992, 370

⁸⁴ Ficino postuliert geradezu auch einen umgekehrten Effekt, nach welchem Einsamkeit und Studium den Menschen dem Einfluss des Saturns unterwerfen: „Daher geraten wir durch Absonderung von menschlichen Dingen, durch Muse, Einsamkeit, Festigkeit, esoterische Theologie und Philosophie, durch Aberglauben, Magie, Landbau und Trauer unter den Einfluß des Saturn.“ Ficino, *de vita triplici* III, 22, zit. nach Klibansky 1992, 377.

⁸⁵ Dabei gehe ich von der Lysipp zugeschriebenen Reliefdarstellung des Kairos aus, Rüdiger 1966, Abb. 1

es, dass gerade Intellektuelle sich selbst als Melancholiker, als Kinder des Saturn kennzeichnen können.

2. Walter Benjamin und Saturn

„Er war, was die Franzosen un triste nennen. In seiner Jugend schien er, wie Scholem schrieb, von einer „tiefen Traurigkeit“ gezeichnet. Sich selbst verstand er als Melancholiker. Die modernen psychologischen Zuordnungen ignorierte er und beschwor das alte astrologische System herauf: „Dass ich unterm Saturn zur Welt kam – dem Gestirn der langsamsten Umdrehung, dem Planeten der Umwege und Verspätungen.“ Seine wichtigsten Werke, das 1928 veröffentlichte Buch *Ursprung des deutschen Trauerspiels* und die unvollendete Arbeit über *Paris, die Hauptstadt des 19. Jahrhunderts*, kann man nur wirklich verstehen, wenn man begreift, wie weitgehend sie auf einer Theorie der Melancholie beruhen“⁽⁸⁶⁾.

Benjamin begreift sich nicht nur selbst als Melancholiker, er wird auch von seinen Freunden so beschrieben: „Damals fielen mir zuerst die beginnenden und später sich stärker entfaltenden depressiven Züge an Benjamin, sein melancholisches Grundwesen, auf“⁽⁸⁷⁾. Seine äußeren Lebensumstände sind von den den Melancholikern nachgesagten und von ihm selbst angesprochenen häufigen Ortswechseln bestimmt: „Angeborene Reiselust, innere Unruhe und Ungenügen an den Verhältnissen, unter denen sein Leben als *homme de lettres* sich vollzog, wirkten zusammen, um die vielen wechselnden Adressen und Wohnorte begrifflich zu machen, von denen aus ich in den nächsten Jahren Briefe und Postkarten bekam. Wenn er nur irgend konnte, begab er sich auf Reisen“⁽⁸⁸⁾, berichtet sein Freund Scholem. Ungeachtet dieser örtlichen Unstetigkeit hat Walter Benjamin ein umfangreiches literarisches und philosophisches Werk geschaffen: „Erstaunlich bleibt seine Konzentrationsfähigkeit, die Offenheit für Geistiges, die Ausgewogenheit seines Stils in den Briefen und Aufsätzen dieses Jahres größter Aufregungen, Umwälzungen und enttäuschter Erwartungen in seinem Leben. Es war in ihm ein Fonds tiefer Ruhe, den das Wort Stoizismus nur schlecht bezeichnet [...]“⁽⁸⁹⁾. Auch Züge der Divination, der den Melancholikern von der Tradition zugesprochenen Fähigkeit, Zukünftiges vorherzusehen, werden von ihm selbst berichtet: In der Miniatur „ein Gespenst“ berichtet er über einen Traum, in dem er einen Einbrecher im Schlafzimmer seiner Eltern erblickt, der in der darauf folgenden Nacht tatsächlich auftaucht ⁽⁹⁰⁾.

Auf der Theorie des Saturns und der Melancholie beruht, wie bereits von Susan Sontag dargestellt, eine zentrale Partie der Arbeit über den *Ursprung des deutschen Trauerspiels*. Durch die nachreformatorische sola fide Rechtsfertigungslehre wurde „jeder Wert [...] den menschlichen Handlungen genommen“⁽⁹¹⁾. Diese Entwertung menschlichen Tuns habe zur tiefen Trauer geführt: „Denn die tiefer Schürfenden sahen sich in das Dasein als in ein Trümmerfeld halber, unechter Handlungen hineingestellt“⁽⁹²⁾. Die *Apatheia* des zeitgenössischen Neostoizismus sei der christianisierte Ausdruck der antiken Melancholie. Diese Resignation dem tätigen Leben gegenüber werde auf die barocke Auffassung von Geschichte übertragen⁽⁹³⁾.

Ohne auf die Begrifflichkeit „Allegorie“ bei Walter Benjamin an dieser Stelle näher einzugehen, sei lediglich konstatiert, dass er in der offenkundigen Tatsache des Zerfalls der menschlichen Werke im Verein mit der heilsgeschichtlichen Bedeutungslosigkeit menschlichen Wirkens den Ursprung für die allegorische Darstellung eben dieses „Geschichts“-Bildes im deutschen Trauerspiel sieht:

„[...] liegt in der Allegorie die facies hippocratica der Geschichte als erstarrte Urlandschaft dem Betrachter vor Augen. Die Geschichte in allem was sie Unzeitiges, Leidvolles, Verfehltes von Beginn an hat, prägt sich in einem Antlitz – nein in einem Totenkopfe aus“⁽⁹⁴⁾.

„Derart vom Ende her fällt der melancholische Blick des 17. Jahrhunderts auf die Geschichte. Das genau macht seine Modernität aus. Gewiss trägt die barocke Metaphysik nicht mehr. [...] Die barocken Mortifikationen entspringen noch einer Heilshoffnung, die ihre unwiderstehliche Kraft gerade aus der Insistenz der Trauer über das Vergängliche zieht. Solche Hoffnung ist heute selbst vom Tode gekennzeichnet. Das Projekt Benjamins (und des frühen Adornos) [...] war es, aus der Dialektik der Allegorie eine säkularisierte Geschichtsphilosophie zu entwickeln“⁽⁹⁵⁾.

Die Manifestationen dieser Geschichte, des alles himmähenden Saturns, sind die Ruinen, die Trümmer, die Relikte planvoller menschlicher Tätigkeit ebenso wie die Relikte dieser Menschen selbst, so wie sie in ununterbrochener Folge vor dem Engel der Geschichte vorbeiziehen. Dies berechtigt den Menschen jedoch nicht zur Resignation. Vielmehr ist es seine Pflicht, die melancholische Tatenlosigkeit, die *acedia* des unter dem

⁹¹ Benjamin 1978, 119

⁹² Benjamin 1978, 120

⁹³ Hierbei ist zu beachten, dass der Begriff „Geschichte“ im heutigen Sinn ein Konstrukt des beginnenden 19. Jahrhunderts ist. Die „Geschichte“ des 17. Jahrhunderts kann dagegen vereinfacht als exemplarische Kette natürlicher Ereignisse aufgefasst werden.

⁹⁴ Benjamin 1978, 145

⁹⁵ Böhme 1988, 12

⁸⁶ Sontag 2003, 128

⁸⁷ Scholem 1997, 87

⁸⁸ Scholem 1997, 160

⁸⁹ Scholem 1997, 198

⁹⁰ Benjamin 1992, 62 ff.

Zeichen des Saturns Stehenden zu überwinden⁽⁹⁶⁾ im revolutionären Kampf.

3. Saturn bei W. G. Sebald

W. G. Sebald wurde am 18. Mai 1944 geboren. Das lyrische Subjekt des „Elementargedichtes“ „Nach der Natur“ berichtet:

„Man schreibt den 26. August 1943
am 27. Abreise des Vaters nach Dresden [...]“⁽⁹⁷⁾

Auf der Rückreise in den Heimatort gerät die zukünftige Mutter in den Bombenangriff auf Nürnberg:

„Sie sei, so erzählte sie neulich
von Fürth aus am selben Tag noch
nach Windsheim zu einer Bekannten
abgefahren, wo sie das Schlimmste
abgewartet und gemerkt habe, dass
sie schwanger geworden sei.“⁽⁹⁸⁾

„Als ich am Christi Himmelfahrtstag
des Vierundvierzigerjahrs auf die Welt kam,
zog gerade die Flurumgangsprozession
unter den Klängen der Feuerwehrcapelle
an unserem Haus vorbei in die blühenden
Maifelder hinaus. Mutter nahm dies
zunächst für ein gutes Zeichen, nicht ahnend,
dass der kalte Planet Saturn die Konstellation
der Stunde regierte und dass über den Bergen
schon das Unwetter stand, das bald darauf
die Bittgänger zersprengte und einen
der vier Baldachinträger erschlug.“⁽⁹⁹⁾

Während der wahrscheinliche Zeugungstermin damit auf einen Zeitpunkt datiert werden kann, „als die Hundstage ihrem Ende zuzingen“⁽¹⁰⁰⁾, also schon hier ein schädlicher Einfluss des Sirius geltend gemacht wird, wird für den Geburtstermin am Himmelfahrtstag 1944⁽¹⁰¹⁾ der schädliche Einfluss des Saturn reklamiert. Schon die Formulierung „wo sie das Schlimmste/abgewartet und gemerkt habe, dass/sie schwanger geworden sei“ könnte durchaus dahingehend interpretiert werden, dass das Schlimmste in eben dieser Schwangerschaft bestanden habe.

Tatsächlich waren und sind in vielen Orten am Himmelfahrtstag Flurumgangsprozessionen üblich. Der stets auf einen Donnerstag fallende Termin wird von Alters her mit Gewittern in Verbindung gebracht. Von Orten, wo an diesem Tag ein Begräbnis stattfindet, wird der Blitz

ferngehalten⁽¹⁰²⁾. Die (ironische?) Umkehrung dieses Aberglaubens macht das neugeborene lyrische Subjekt geradezu zum Verursacher des geschilderten Unglücks.

Dieser würdige Beginn einer historia calamitatum kann intertextuell auf den Beginn des Tristram Shandy und insbesondere auf den Beginn des ersten Buches von Goethes „Dichtung und Wahrheit“ bezogen werden⁽¹⁰³⁾:

„Am 28. August 1749, mittags mit dem Glockenschlage zwölf, kam ich in Frankfurt am Main auf die Welt. Die Konstellation war glücklich; die Sonne stand im Zeichen der Jungfrau, und kulminierte für den Tag. Jupiter und Venus blickten sie freundlich an, Merkur nicht widerwärtig; Saturn und Mars verhielten sich gleichgültig [...]“⁽¹⁰⁴⁾.

„Es ist dies eine hochgemute Demutsgeste, ein Akt der literarischen Selbstnobilisierung durch ostentative Selbststoffbarung. Sebald, der Ausgewanderte im freiwilligen Exil, der unbekannte Universitätslehrer in Norfolk, der deutsche Literaturwissenschaftler in der englischen Provinz, definiert sich in seinem literarischen Debüt, indem er selbstbewusst seinen Unglücksort im literarischen Kosmos markiert, im stolzen Gegensatz zum klassischen Glückskind der deutschen Literatur“⁽¹⁰⁵⁾.

Schöner kann man es nicht ausdrücken. Tatsächlich bestimmt die melancholische, geschichts- und fortschrittspessimistische Sichtweise das gesamte Werk Sebalds, wie unter anderem oben bereits gezeigt wurde.

Doch treten Anspielungen auf Saturn und Melancholie in *Nach der Natur* noch mehrfach auf. Eine Kontamination der Dürer-Stiche „Melancholia“? und „Hieronymus im Gehäuse“, (Abb. 7) zweier Blätter, die Dürer mehrfach zusammen verschenkt hat⁽¹⁰⁶⁾, zeigt die Beschreibung des Kommandeurs der Russischen Nordmeerexpedition, Vitus Bering:

„In einem fensterlosen, nicht mehr als
sechs mal sechs Fuss messenden
Verschlag am hinteren Ende
des sonst auf keine Weise unterteilten
Innenraums des Gebäudes
findet er Bering, den Kommandeur-Kapitän
an einem aus Planken zusammengenagelten,
von weißfleckigen Land- und Seekarten
über und über bedeckten Tisch,
den neunundfünfzigjährigen
Kopf in die Fläche der rechten,

⁹⁶ S. 7. geschichtsphilosophische These, Benjamin 1971, 82 ff.

⁹⁷ Sebald 2004, 73

⁹⁸ Sebald 2004, 74

⁹⁹ Sebald 2004, 76

¹⁰⁰ RS 9

¹⁰¹ Tatsächlich fiel der Himmelfahrtstag 1944 auf den 18. Mai. Grotefend 1991, 180

¹⁰² Bächthold-Stäubli 2000, Bd. 4, 17

¹⁰³ Den letzteren Hinweis verdanke ich dem Artikel von Sigrid Löffler „Melancholie ist eine Form des Widerstandes“, in: Arnold 2003, 103-111

¹⁰⁴ Goethe 1994 Bd. 9, 10

¹⁰⁵ So Sigrid Löffler in: Arnold 2003, 103

¹⁰⁶ Eckardt 2005, 1



Abb. 7: Albrecht Dürer, *Hieronymus im Gehäuse*

mit einem Flügelpaar
tätowierten Hand gestützt,
einen Stechzirkel in der linken
bewegungslos sitzen
bei einem blakenden Licht⁽¹⁰⁷⁾.

Neben weiteren Beispielen wird insbesondere durch die Schilderung der Spaziergänge des lyrischen Subjekts und seiner damit verbundenen Reflexionen die Situation von A und RS antizipiert:

„Im Verlauf von drei Generationen
war die Arbeiterschaft von Manchester
zu einem Geschlecht von Zwergen geworden
[...]
in einem Fall wie im anderen
zählten sie zu den obskuren
Scharen, denen der Fortschritt
der Geschichte sich verdankt.
Von meinem Arbeitsplatz aus
glaube ich die Irrlichter
ihrer Seelen zu sehen, [...]“⁽¹⁰⁸⁾
„Ich erinnere mich, dass diese Bilder
mich damals oft in einen quasi

sublunaren Zustand schwerer
Melancholie versetzten, [...]“⁽¹⁰⁹⁾

Der Text, welcher den Saturn bereits im Titel trägt, „Die Ringe des Saturn“, trägt den Untertitel „Eine englische Wallfahrt“. Quasi als Rahmenhandlung einer Vielzahl von eingebetteten historischen, geographischen und literarischen Betrachtungen wird eine zum großen Teil zu Fuß unternommene Reise durch das ostenglische Suffolk im Sommer 1992 in zehn Kapiteln auf insgesamt 366 Seiten geschildert. Das Werk trägt drei Motti. Das erste ist unterschrieben mit „John Milton, *Paradise Lost*“ und lautet: „Good and evil we know in the field of this world grow up together almost inseparably“⁽¹¹⁰⁾.

Das angeführte Zitat entstammt nicht dem Versepos „Paradise Lost“, sondern dem 1644 erschienenen Essay „The Areopagitica“. Dieser Text richtet sich gegen die vom englischen Parlament 1643 eingeführte Licensing Order, welche de facto für alle Druckschriften die Zensur bedeutete. Das zitierte Motto findet sich unter der Überschrift „On the importance of even wrong ideas“. Einige Zeilen weiter in diesem kurzen Abschnitt heißt es: „It was from out the rind of one apple tasted that the knowledge of good and evil, as two twins cleaving together, leaped forth into the world“⁽¹¹¹⁾. Tatsächlich wird hier also eine Anspielung auf das erste Buch von „Paradise Lost“ gemacht, dessen Beginn lautet: „Of Mans First Disobedience, and the Fruit / Of that Forbidden Tree, whose mortal tast / Brought Death into the World, and all our woe,“⁽¹¹²⁾. Sowohl aus der falschen Zuordnung des Zitats durch Sebald als auch aus der Fortsetzung des eigentlichen Textes in den „Areopagitica“ ergibt sich also der Hinweis auf den Sündenfall. Die Ambivalenz des Wissens, das sich der Mensch durch ihn erworben hat, insbesondere die Ambivalenz des technisch-industriellen Wissens und der dadurch bedingten Veränderungen der Welt, ist das zentrale Thema des Buchs.

Die Metapher des Zitates im Motto entstammt der Landwirtschaft. Von da aus lassen sich Beziehungen herstellen zu dem Saat- und Hirtengott Saturn ebenso wie zu dessen Sichel, also zu dem ambivalenten Gott des Goldenen Zeitalters und der alles verschlingenden Zeit.

Das zweite Motto ist als „Joseph Conrad an Marguerite Poradowska“ gekennzeichnet und somit wohl einem Brief entnommen. Joseph Conrad ist ein zentrales Thema des 5. Kapitels des Textes, auch sein Briefwechsel mit seiner „schöne[n], soeben verwitwete[n] Tante Marguerite Poradowska“ wird erwähnt⁽¹¹³⁾. Das zitierte Motto lautet:

¹⁰⁹ Sebald 2004, 85

¹¹⁰ RS 5

¹¹¹ Milton 2005, 3

¹¹² Milton 2005 a, Book I, 1-3

¹¹³ RS 148

¹⁰⁷ Sebald 2004, 48

¹⁰⁸ Sebald 2004, 84

„Il faut surtout pardonner à ces âmes malheureuses qui ont élu de faire le pèlerinage à pied, qui côtoient le rivage et regardent sans comprendre l'horreur de la lutte et le profond désespoir des vaincus“⁽¹¹⁴⁾. Sinngemäß übersetzt heißt dies, man müsse unter allen Umständen jenen unglücklichen Seelen vergeben, die die Wahl getroffen hätten, die Pilgerreise zu Fuß zu machen, die am Ufer umherstreiften und verständnislos den Schrecken des Ringens und die tiefe Verzweiflung der Unterlegenen betrachteten.

Zum einen wird damit auf die Rahmenfabel des gesamten Textes, die oft an der Küste entlangführende Fußreise des Erzählers durch Suffolk verwiesen und dieser gleichzeitig als melancholische, unglückliche Seele gekennzeichnet. „Pèlerinage“ entspricht ja direkt der im Untertitel des Werks genannten „Wallfahrt“. Auf der anderen Seite wird auch der Inhalt der Betrachtung des vorliegenden Werks namhaft gemacht, der Schrecken des Ringens – mehrfach ist von verschiedenen Kriegen, auch vom Zweiten Weltkrieg die Rede – und die tiefe Verzweiflung der Unterlegenen, der Opfer der Geschichte. Es wurde bereits darauf verwiesen, dass sie an verschiedenen Stellen des Gesamtwerkes und auch in RS als Gespenster auftauchen. In Analogie zum ersten Motto dürften sich allerdings aus der Betrachtung des Kontextes der zitierten Briefstelle weitere interessante Bezüge ergeben.

Als drittes Motto ist dem Text ein mit der Unterschrift „Brockhaus Enzyklopädie“ gekennzeichnetes Zitat vorangestellt:

„Die Ringe des Saturns bestehen aus Eiskristallen und vermutlich meteoritischen Staubteilchen, die den Planeten in dessen Äquatorebene in kreisförmigen Bahnen umlaufen. Wahrscheinlich handelt es sich um die Bruchstücke eines früheren Mondes, der, dem Planeten zu nahe, von dessen Gezeitenwirkung zerstört wurde (Roch'sche Grenze)“⁽¹¹⁵⁾.

Es handelt sich um die Abwandlung eines Zitates aus der 17. Auflage der Brockhaus Enzyklopädie von 1973⁽¹¹⁶⁾. Im Originalzitat lautet der Beginn des ersten Satzes: „Die Angaben über die Dicke des Ringes schwanken (15 bis 200 km); er besteht aus Eiskristallen...“. Hier ist also vom Ring im Singular die Rede, in Sebalds Zitat wie im Titel seines Werkes von den Ringen im Plural. Des Weiteren lautet der Verweis im Original „(- Roche'sche Grenze)“. Unter diesem Stichwort findet sich im gleichen Band der Enzyklopädie die Eintragung:

„Roche'sche Grenze [...]: Größte Entfernung von einem Hauptkörper, etwa einem Planeten, innerhalb derer ein aus einer Flüssigkeitskugel bestehender Begleiter nicht

umlaufen kann, ohne dass ihn die vom Hauptkörper ausgehenden Gezeitenkräfte zerreißen, weil die eigene Schwerkraft ihn nicht zusammenhalten kann [...]“⁽¹¹⁷⁾.

Betrachtet man den durch die Schwerkraft des Saturns zerstörten früheren, jetzt als Ring sichtbaren Trabanten als ein Derivat des Planeten, so lässt sich das Motto mit seinem Verweis als Anspielung auf den seine Nachkommen verschlingenden Saturn deuten. Über die Bedeutung des Plurals „Ringe“ in Buchtitel und Motto kann vorerst nur spekuliert werden. Ist damit die Vorstellung von der nicht einen bestimmten Gegenstand, sondern schlechterdings alles zerstörenden Zeit verbunden? Jedenfalls wird das Motiv des Staubes im Werk mehrfach wieder aufgegriffen, zum Teil unter ausdrücklicher Nennung der Staubpartikel als Fragmente zerstörter Körper⁽¹¹⁸⁾. Auch der fehlende Buchstabe im Verweis („Roch'sche“ statt „Roche'sche Grenze“) lässt sich bislang nicht zuordnen. In späteren Auflagen erfolgte jedenfalls keine Korrektur.

Ganz abgesehen vom durchgehenden Thema des Fortschrittspessimismus sind die direkten Hinweise auf Saturn und Melancholie in *Die Ringe des Saturns* vielfach. Es seien hier nur einige Beispiele angeführt: So wird eine verstorbene Kollegin des Erzählers, zwischen ihren aufgehäuften Papieren sitzend, geschildert:

„Als ich gelegentlich zu ihr sagte, sie gleiche, zwischen ihren Papieren, dem bewegungslos unter den Werkzeugen der Zerstörung verharrenden Engel der Dürer'schen Melancholie, da antwortete sie mir, dass die scheinbare Unordnung in ihren Dingen in Wahrheit so etwas wie eine vollendete oder doch der Vollendung zustrebende Ordnung darstelle“⁽¹¹⁹⁾.

Bei der Betrachtung des Werkes von Sir Thomas Browne heißt es:

„Und weil der schwerste Stein der Melancholie die Angst ist vor dem aussichtslosen Ende unserer Natur, sucht Browne unter dem, was der Vernichtung entging, nach den Spuren der geheimnisvollen Fähigkeit zur Transmigration, die er an den Raupen und Faltern so oft studiert hat“⁽¹²⁰⁾.

Nach der Betrachtung des Orts einer historischen Seeschlacht blickt der Erzähler ostwärts über die Meeresküste:

„Wie ich an jenem Abend in Southwold so da saß auf meinem Platz über dem deutschen Ozean, da war es mir auf einmal, als spürte ich ganz deutlich das langsame Sichhineindreihen der Welt in die Dunkelheit [...] Gleich einer Schleppe wird der Nachtschatten über die

¹¹⁴ RS 5

¹¹⁵ RS 5

¹¹⁶ Brockhaus 1973 Bd. 16, 488

¹¹⁷ ebd. 401

¹¹⁸ z. B. RS 15, 103 157, 183 («Asche»), 277, 284

¹¹⁹ RS 16 ff.

¹²⁰ RS 37

Erde gezogen, und da nach Sonnenuntergang fast alles von einem Weltgürtel zum nächsten sich niederlegt, [...], könnte man, immer der untergehenden Sonne nachfolgend, die von uns bewohnte Kugel andauernd voller hingestreckter, wie von der Sense Saturns umgelegter und geernteter Leiber erblicken – einen endlos langen Kirchhof für eine fallsüchtige Menschheit“⁽¹²¹⁾.

C. Zusammenfassung

Bei der Betrachtung der Schriften von Walter Benjamin und des literarischen Werkes von W. G. Sebald lässt sich ein deutlicher Einfluss der von Benjamin geprägten Begrifflichkeiten auf Sebald nachweisen. In der vorliegenden Untersuchung wird dies für die Begriffe „Zeit“, „Moment“ und „Saturn/Melancholie“ ausgeführt. Gemeinsam ist beiden Autoren eine ausgesprochene Fortschrittsskepsis. Insbesondere in seinen

geschichtsphilosophischen Thesen kritisiert Benjamin die in seinen Worten vom Historismus als leer und homogen gedachte Zeit als Grundlage eines reaktionären Geschichtsbildes, als die Geschichte der Sieger. Er stellt ihr die im Aufblitzen des Moments vom Verständnis der Vergangenheit durchdrungene Gegenwart gegenüber, die die gegenwärtigen Menschen gegenüber den ihnen Vorausgegangenen verpflichtet, in der Veränderung der Verhältnisse durch politische Aktionen den Ablauf und den Inhalt der gesamten Geschichte zu ändern.

Es kann gezeigt werden, dass diese Zeitauffassung dem literarischen Werk Sebalds zugrunde liegt. Doch führt die gegenseitige Durchdringung von Zeiten und Räumen bei Sebald nicht zu einer Verpflichtung zur politischen Aktion, sondern zum empathischen Erinnern an die Opfer der Geschichte, die sich in seinem Werk gespensterhaft zeigen.

Allegorischer Ausdruck der Fortschrittsskepsis ist bei beiden Autoren der zur Melancholie führende, im Ablauf der Zeit alles hinnähende Saturn.

¹²¹ RS 101

FOCUS MUL

Zeitschrift für Wissenschaft, Forschung und Lehre an der Universität zu Lübeck

Herausgeber: Das Rektorat der Universität zu Lübeck

Schriftleitung: H.-P. Bruch, W. Kühnel, Th. Martinetz, P. Schmucker

Wissenschaftlicher Beirat: R. Birngruber, S. Bulfone-Paus, K. Diedrich, P. Dominiak, W. Dosch, J. Dunst, D. v. Engelhardt, H. L. Fehm, A. Ch. Feller, W. Gross, E. Hartmann, M. Herczeg, E. Herting, R. Hilgenfeld, F. Hohagen, W. Jelkmann, D. Jocham, R. Kessel, H. Kirchner, U. Knölker, D. Kömpf, H. Laqua, V. Linnemann, E. Maehle, P. Mailänder, P. Müller, D. O. Nutzinger, M. Oehmichen, Th. Peters, S. Pöpl, J. Prestin, H.-H. Raspe, K. R. Reischuk, E.-Th. Rietschel, F. Schmielau, H. Schunkert, A. Schweikard, E. Schwinger, G. Sczakiel, H. H. Sievers, W. Solbach, A.X. Trautwein, V. Tronnier, J. Westermann, B. Wollenberg, P. Zabel, D. Zillikens (alle Universität zu Lübeck)

Redaktion: R. Labahn, Telefon (04 51) 5 00 30 04

Anschrift: Universität zu Lübeck, Ratzeburger Allee 160, D-23562 Lübeck

Auflage: 5.000 Exemplare

Verlag: Hansisches Verlagskontor GmbH, Mengstraße 16, D-23552 Lübeck, Telefon (04 51) 70 31-01

Anzeigen: Verlag Schmidt-Römhild KG, Mengstr. 16, 23552 Lübeck, Christiane Kermel, Telefon (04 51) 70 31-279, Claudia Schmidt, Telefon (04 51) 70 31-243

Druck: Druckhaus Schmidt-Römhild, Reepschlägerstr. 21-25, 23566 Lübeck, Telefon (04 51) 70 31-01

Erscheinen: FOCUS MUL erscheint vierteljährlich

Redaktionsschluss: 6 Wochen vorher

Bezugspreis: Einzelheft € 9,20, Jahresabonnement € 36,- zuzügl. Versandkosten. In den Mitgliedsbeiträgen der Gesellschaft der Freunde und Förderer der Universität zu Lübeck enthalten

ISSN 0940-9998

Aus der Klinik für Radiologie und Nuklearmedizin (Direktor Prof. Dr. med. T. Helmberger), Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Lübeck

Brustkrebsfrüherkennung – erfolgreiche interdisziplinäre Zusammenarbeit im Mammazentrum der Universität Lübeck

B. M. Stöckelhuber und T. Helmberger

Jedes Jahr erkranken in Deutschland etwa 46.000 Frauen neu an Brustkrebs. In Schleswig-Holstein geht man nach Berechnungen des Krebsregisters von rund 1.700 Neuerkrankungen pro Jahr aus. Das Mammakarzinom ist damit die häufigste Tumorerkrankung bei Frauen überhaupt und im Alter zwischen 40 und 50 Jahren die zweithäufigste Todesursache. Wird Brustkrebs frühzeitig erkannt und behandelt, liegen die Heilungschancen bei 90 %. Von ganz entscheidender Bedeutung ist, das System der Vorsorge und Früherkennung zu perfektionieren, die Qualitätssicherung und Dokumentation zu vereinheitlichen und zu intensivieren.

Die Überlebensrate und auch die Lebensqualität von Brustkrebspatientinnen haben sich in den letzten Jahren stets verbessert. Wesentlich für den Therapieerfolg sind die Früherkennung und neue Behandlungskonzepte einschließlich neuer Medikamente. Von besonderer Bedeutung ist hierbei ein arbeitsteiliges Konzept, das in interdisziplinären Brustzentren ermöglicht wird. Die Universität Lübeck hat sich bereits sehr früh, nämlich im Jahre 2000, als eines der ersten universitären Mammazentren in Deutschland etabliert. Seitdem kooperieren die Fachrichtungen Radiologie, Gynäkologie, Pathologie, Strahlentherapie, Plastische Chirurgie, Humangenetik, Onkologie, Psychoonkologie, Sozialmedizin (Epidemiologie) und Vertreter von Rehabilitationseinrichtungen noch intensiver. Diagnose, Therapie und Nachsorge finden zentralisiert statt. Dazu gehören auch eine sektorübergreifende Kooperation mit niedergelassenen Kollegen sowie eine einheitliche Vorgehensweise auf der Basis der Stufe-3-Leitlinie Brustkrebs-Früherkennung in Deutschland und die regelmäßige Fortbildung.

2004 wurden die beiden Mammazentren Kiel und Lübeck als erste Einrichtungen in Deutschland nach den strengen Qualitätskriterien der EUSOMA (European Society of Mastology) zertifiziert.

Seit 2003 ist das Mammazentrum der Universität Lübeck auch an dem bundesweit einzigartigen Projekt QuaMaDi (Qualitätsgesicherte Mammadiagnostik) be-

teiligt. Dieses Projekt wurde 2001 in der Kernregion Kiel etabliert und 2 Jahre später auf die Region Lübeck ausgedehnt. Dieses von Frau Prof. Dr. Ingrid Schreer, Radiologin und Leiterin des Mammazentrums am UK-SH Campus Kiel, initiierte Modellvorhaben ist mittlerweile zu einem festen Begriff geworden. Beteiligt an dem schleswig-holsteinischen Modellvorhaben sind neben den beiden universitären Mammazentren Kiel und Lübeck zwei weitere Mammazentren in Schleswig-Holstein, die kassenärztliche Vereinigung Schleswig-Holstein, sämtliche Krankenkassen, das Ministerium für Gesundheit, Soziales und Verbraucherschutz, die Berufsverbände der Radiologen und Frauenärzte sowie niedergelassene Radiologen und Gynäkologen und das Institut für Krebsepidemiologie am Campus Lübeck, das die Daten sammelt und die Evaluation übernimmt. Der wichtigste Unterschied zwischen QuaMaDi und der bisherigen Praxis ist die konsequente Doppelbefundung jeder Mammografie, d. h. dass zwei Ärzte unabhängig voneinander die Mammografien auswerten. Stimmen die Befunde nicht überein, wird eine dritte Meinung aus dem Mammazentrum eingeholt. Die Diagnostik erfolgt nach der sogenannten BI-RADS[®]-Klassifikation (Breast Imaging – Reporting and Data System). Jeder Befund wird standardisiert dokumentiert. Brustkrebsuntersuchungen werden auf diese Weise vereinheitlicht, die Ergebnisse messbarer und vergleichbarer. Angestrebt wird, auch kleinste Veränderungen in der Brust durch gezielte Untersuchung und perkutane Gewebeentnahme so früh wie möglich zu klären, Fehldiagnosen zu vermeiden und die persönliche Belastung für die Frau möglichst gering zu halten. Dazu gehört auch der Zeitfaktor von der Untersuchung bis zur Diagnose, der von früher 3 bis 4 Tagen auf 1 bis maximal 2 Tage gesenkt werden konnte. Zentrale Elemente von QuaMaDi sind neben den bereits genannten Aspekten vor allem der hohe Qualitätsstandard der Untersuchungstechnik und Befundung. Die Röntengeräte der an QuaMaDi teilnehmenden Ärzte müssen den hohen europäischen Qualitätsstandards entsprechen. Darüber hinaus erklären sich die Medizi-

ner bereit, regelmäßig Fortbildungen zu besuchen. Eine weitere Qualitätssteigerung wird durch die kontinuierliche Rückmeldung über die Befundleistung erreicht.

Die Daten des Krebsregisters Schleswig-Holstein konnten zeigen, dass durch QuaMaDi etwa 40 % aller Brustkrebspatientinnen ein günstiges Tumorstadium mit einem Primärtumor von etwa 2 cm oder kleiner bzw. ein noch nicht invasives Karzinom aufweisen. Damit werden jetzt doppelt so viele Tumore von kleinerer Größe als außerhalb von QuaMaDi erfasst; dieser Anteil liegt mit knapp 70 % deutlich über dem Bundesdurchschnitt. Das Resultat hat damit die Erwartungen der Verantwortlichen übertroffen. Ab 2006 soll die Umsetzung des Mammografie-Screenings in Deutschland starten, ein bundeseinheitliches Früherkennungsprogramm. Allerdings müssen hierzu neue Strukturen etabliert werden. Beide Projekte werden parallel laufen, wobei das Screening im Sinne einer Reihenuntersuchung nur den regelmäßigen Einsatz der Mammografie beinhaltet und nicht wie im Rahmen von QuaMaDi die umfassende Diagnostik mit Anamneseerhebung, klinischer Untersuchung, Mammografie und ggf. Ultraschall und Magnetresonanztomografie.

Darüber hinaus betreut das Mammazentrum Lübeck ebenfalls eine der Modellregionen in Deutschland, die am DMP (Disease Management Programm) Brustkrebs teilnehmen, in dem betroffene Patientinnen qualitätsgesichert nach einem vorgegebenen, einheitlichen Behandlungskonzept behandelt und nachbetreut werden.

Ist ein Befund abklärungswürdig, stehen die Gewebegewinnung durch perkutane Feinnadelbiopsie, Hochgeschwindigkeitsstanziopsie und Vakuumbiopsie zur Verfügung. Durch Feinnadelbiopsie werden zystische Läsionen punktiert, während mit der Hochgeschwindigkeitsstanziopsie Gewebeproben aus verdächtigen soliden Arealen entnommen werden. Mammografisch nachgewiesener Mikrokalk wird ambulant minimalinvasiv in Lokalanästhesie mittels Vakuumbiopsie entfernt; dieses Verfahren wird nur an wenigen Zentren durchgeführt. Ist der Mikrokalk histologisch benigne, werden keine weiteren Maßnahmen angeschlossen, der Frau wurde damit eine Operation erspart. Nur wenn es sich um Vorstufen (In-situ-Karzinome) oder invasive Karzinome handelt, folgt eine Operation.

Ist die Diagnose Mammakarzinom gesichert, wird die optimierte Behandlung in die Wege geleitet. In den meisten Fällen kann brusterhaltend operiert werden, bei fortgeschrittenen Tumoren besteht schon vor der Operation die Möglichkeit, durch Chemo- oder Hormontherapie den Tumor so zu verkleinern, dass eine komplette Brustentfernung vermieden werden kann. Auch die Entfernung der axillären Lymphknoten kann den Patientinnen erspart werden, wenn der sogenannte „Sentinel Node“ (Wächterlymphknoten) nicht befallen ist. Der

Gynäkologe operiert und legt in Absprache mit seinen Kollegen die weitere Behandlung fest. Der Pathologe ist für die Gewebeanalyse verantwortlich, die nicht nur mit mikroskopischen, sondern auch z. T. aufwendigen immunhistochemischen Untersuchungen erzielt wird. Der Strahlentherapeut ist für die postoperative Bestrahlung zuständig, der plastische Chirurg für die Rekonstruktion der Brust und der Onkologe der Klinik für Frauenheilkunde in Zusammenarbeit mit dem Onkologen der Poliklinik für Hämatologie der Medizinischen Klinik für die Chemotherapie und antihormonelle Therapie. Weist die Anamneseerhebung auf eine mögliche genetische Brustkrebsbelastung hin, wird im Rahmen einer speziellen genetischen Sprechstunde der Humangenetiker hinzugezogen. Begleitet wird die Arbeit des Mammazentrums von epidemiologischer und statistischer Seite durch das Institut für Sozialmedizin und das Krebsregister Schleswig-Holstein, die eine unverzichtbare Datenbasis für die epidemiologische Ursachenforschung bei Krebserkrankungen darstellen. Nicht zu vergessen die Psychoonkologen und die Rehabilitationseinrichtungen, die einen wesentlichen Einfluss auf das seelische Befinden und die evtl. psychosoziale weitere Betreuung der Patientin nehmen.

In der täglichen Mammassprechstunde und präoperativen Sprechstunde, die von Radiologen und Gynäkologen gemeinsam durchgeführt wird, und in der wöchentlichen postoperativen Tumorkonferenz, an denen Vertreter aller Disziplinen teilnehmen, wird jede Patientin individuell besprochen und bei Tumorpatientinnen eine individuelle Therapieplanung festgelegt, die dem neuesten Stand der Wissenschaft entspricht.

In den seit Gründung des Mammazentrums mehrmals jährlich durchgeführten Patientenveranstaltungen mit Vorträgen zum Thema Früherkennung und Brustkrebs mit anschließend praktischen Seminaren, Führungen durch die verschiedenen Kliniken und Institute des Mammazentrums sowie Präsentationen zusammen mit Einrichtungen von Frauenverbänden, Selbsthilfegruppen und der Industrie werden Frauen über Möglichkeiten der Prävention, Diagnostik und Therapie sowie der Nachbehandlung von Brustkrebs informiert.

Schon in den wenigen Jahren seit Gründung des interdisziplinären Mammazentrums in Lübeck hat sich ein beachtlicher Erfolg eingestellt.

Alles in allem ist das Brustzentrum Lübeck als großer Erfolg zu werten. Die hohe Akzeptanz der Frauen und der beteiligten Fachdisziplinen zeigt, dass dieses moderne Konzept der interdisziplinären Diagnostik und Therapie von Brusterkrankungen der richtige Weg ist und auch angenommen wird. Unter der Federführung der Klinik für Radiologie und Nuklearmedizin und der Klinik für Gynäkologie und Geburtshilfe (Prof. Dr. K. Diedrich) wird im nächsten Jahr ein weiterer Meilenstein in der Versorgung im Rahmen des Mammazent-

rums geschaffen. In den Räumen des MRT-Gebäudes der Radiologie wird dann nach Umzug des MRT-Gerätes in die Zentralabteilung im Hauptgebäude das Mammazentrum auch räumlich konzentriert werden mit der Möglichkeit zur bildgebenden und invasiven Diagnostik

modernster Technik bis hin zu Besprechungsräumen für Gynäkologie und Humangenetik, so dass eine integrierte und umfassende, organisationsoptimierte Versorgung im Rahmen der Vorsorge wie auch Behandlung gewährleistet werden kann.

Personalia

Ruf nach Lübeck angenommen

Prof. Dr. med. Gabriele **Gillessen-Kaesbach** hat zum 1. Januar 2006 den Lehrstuhl für Humangenetik an der Universität zu Lübeck übernommen. Prof. Gillessen-Kaesbach, die von der Universität Essen nach Lübeck kommt, tritt damit und als Direktorin des Instituts für Humangenetik die Nachfolge von Prof. Dr. med. Eberhard Schwinger an.

Auswärtigen Ruf erhalten

Priv.-Doz. Dr. med. Cor **de Wit**, Institut für Physiologie der Universität zu Lübeck, hat einen Ruf auf eine W2-Professur für Physiologie - Physiologie der Mikrozirkulation - an der Ludwig-Maximilians-Universität München erhalten.

Leibniz-Gemeinschaft

Prof. Dr. Dr. Ernst Th. **Rietschel**, Direktor am Forschungszentrum Borstel, wurde auf der Jahrestagung der Leibniz-Gemeinschaft von der Mitgliederversammlung am 25. November 2005 zum Präsidenten gewählt.

Forschungsförderung

Prof. Dr. Tamás **Laskay** und Prof. Dr. Werner **Solbach**, beide Institut für Medizinische Mikrobiologie und Hygiene Lübeck, haben von der Deutschen Forschungsgemeinschaft eine Sachbeihilfe in Höhe von 159.500 Euro erhalten. Die Mittel dienen der Erforschung von Granulozyten als Transporter für intrazelluläre Krankheitserreger. Das Vorhaben wird im Rahmen des DFG Schwerpunktprogrammes SPP 1110 „Innate Immunity“ bearbeitet.

Dr. med. Andreas **Recke**, Universitätsklinik für Dermatologie und Venerologie Lübeck, hat für sein Projekt „Etablierung einer Methode zur Detektion und Identifikation von Autoantigenen bei IgA-vermittelten blasenbildenden Autoimmundermatosen“ ein Forschungsstipendium der Deutschen Dermatologischen Gesellschaft (DDG) in Höhe von 25.000 Euro erhalten. Auf der Basis eines neu beschriebenen, sehr spezifischen und hochaffinen IgA-bindenden Peptides sollen Methoden zur Aufreinigung bzw. Fixierung von pathogenetisch relevanten

IgA-Autoantikörpern entwickelt werden. Ein konkreter Einsatz ist hier insbesondere die Aufreinigung und Identifikation von neuen Autoantigenen in der Haut. Eine Kooperation im Rahmen des Projektes besteht mit der Gruppe für Mukosaimmunologie am Forschungszentrum Borstel.

Dr. rer. nat. Ger **van Zandbergen**, Universitätsinstitut für Medizinische Mikrobiologie und Hygiene Lübeck, hat von der Deutschen Forschungsgemeinschaft eine Sachbeihilfe in Höhe von 130.800 Euro erhalten. Die Mittel dienen der Erforschung von Maßnahmen, die Infektionserreger treffen, um das Abwehrsystem zu unterlaufen.

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft hat dem Graduiertenkolleg 288 „Strukturen und Mediatoren der Zellinteraktion“ (Sprecher: Prof. Dr. med. Wolfgang **Jelkmann**, Institut für Physiologie) eine Auslauffinanzierung für 2006 mit einer Gesamtsumme von 92.228 Euro gewährt.

Preise

Jan A. **Krämer**, Poliklinik für Rheumatologie des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein, Campus Lübeck, hat anlässlich des 111. Internistenkongresses in Wiesbaden zu dem Thema „The immunoglobulin VH repertoire from different granulomatous tissue in Wegener's granulomatosis. The granuloma as origin of ANCA-formation?“ den Posterpreis Rheumatologie 2005 erhalten.

Die Arbeitsgruppe AGAMON unter Leitung von Prof. Dr. med. Hartmut **Gehring**, Klinik für Anästhesiologie des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein, Campus Lübeck, hat auf der 100. Jahrestagung der „American Society of Anesthesiologists“ (ASA 2005) im Oktober 2005 in Atlanta/USA die Auszeichnung „Best Technical Abstract Award“ erhalten. Die Gruppe AGAMON ist eine wissenschaftliche Kooperation zwischen der Klinik für Anästhesiologie und dem Zentrallabor des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein, Campus Lübeck, sowie der Grundlagenentwicklung der Firma Drägerwerk AG. Die Auszeichnung gilt den Untersuchungen der Gruppe über Analysen im Atemgas für die Narkosekontrolle und -steuerung im Operationsverlauf.

14 Fragen an Prof. Dr. Jürgen Dunst

Prof. Dr. med. Jürgen Dunst ist seit Juni 2005 Direktor der Klinik für Strahlentherapie des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein, Campus Lübeck.

1. *Wann und wo sind Sie geboren?*

Am 8. Dezember 1958 in Minden in Westfalen.

2. *Wo sind Sie aufgewachsen und zur Schule gegangen?*

In Minden.

3. *Wann etwa datieren die allerersten Berührungspunkte, die Sie mit Ihrem späteren Berufsfach hatten? Worin bestanden Sie?*

Mein Vorbild war unser Hausarzt, der zur Behandlung meiner gelähmten Tante oft bei uns im Haus war und über Jahrzehnte die ganze Familie betreut hat.

4. *Studium: Fächer, Stationen, Städte, Jahre*

Medizinstudium in Kiel von 1977 bis 1983. Angestrebtes Ziel: Landarzt in Schleswig-Holstein. Am meisten beeindruckt hat mich während des Studiums mein Doktorvater Prof. Lüllmann, der den Wissenschaftler in mir aktiviert hat.

5. *Spezialisierung, Anregungen und Anstöße, Themen und die wichtigsten Lehrer*

Nach dem Studium wollte ich Radiologe werden, begann deshalb eine Ausbildung in der Strahlentherapie, wurde durch meinen Lehrer (Prof. Sauer in Erlangen) für das Fach begeistert und bin deshalb Strahlentherapeut geworden.

6. *Wissenschaftliche Interessen und Erfolge*

Am meisten interessiert mich die Optimierung von multimodalen Krebsbehandlungen. Das ist spannend, und in meiner tägliche Arbeit mit Patienten profitiere ich direkt davon.

7. *Berufliche Laufbahn*

Facharztausbildung an der Universität Erlangen, dort Habilitation für Strahlentherapie und Onkologie 1992, von 1994 bis 2005 Professor für Strahlentherapie und Direktor der Klinik für Strahlentherapie an der Martin-Luther-Universität Halle

8. *Wie kamen Sie nach Lübeck?*

Ich habe mich um die Nachfolge auf dem Lehrstuhl für Strahlentherapie beworben. Ich glaube, dass mir



die Universität zu Lübeck und das Klinikum heute und in Zukunft gute Voraussetzungen für meine Arbeit bieten.

9. *Was brachten Sie mit, was fanden Sie vor, was sind Ihre besonderen Ziele?*

Mitgebracht habe ich Erfahrung und Engagement, vorgefunden habe ich eine gut organisierte Klinik mit einem motivierten Team und kooperationsfreudige Partner in anderen Disziplinen. Mein besonderes Ziel ist natürlich, zur Profilierung der Universität Lübeck meinen Teil beizutragen.

10. *Wo sehen Sie Ihre interessantesten Partner, Kooperationen, Vernetzungen?*

In der Klinik haben wir vielfältige Berührungspunkte mit anderen Disziplinen und, bedingt durch die in Lübeck gute interdisziplinäre Zusammenarbeit, auch gute Chancen für klinische Forschung. Aus-

bauen möchte ich die wissenschaftlichen Kooperationen mit den vorklinischen und theoretischen Fächern

11. *Was macht Ihr Fach für Sie gerade heute ganz besonders spannend? Welches sind die faszinierendsten und aussichtsreichsten Perspektiven?*

Das Fach Strahlentherapie hat sich in den letzten Jahren sehr dynamisch entwickelt und wird wahrscheinlich auch in Zukunft für die Krebsbehandlung eine größere Rolle spielen. Ich finde die Kombination von moderner Technik und Strahlenbiologie faszinierend, aber die größte Herausforderung ist und bleibt die ärztliche Betreuung der Patienten.

12. *Wie leben Sie? Was ist Ihnen wichtig?*

Ruhig und bescheiden (brauche ich als Ausgleich). Meine Familie bedeutet mir am meisten.

13. *Was macht Ihnen außerhalb des Berufes am meisten Spaß und Freude?*

Irgendetwas mit den Kindern und Freunden unternehmen, z.B. Radtouren, Schwimmen, in Zukunft vielleicht wieder Segeln, Schach spielen.

14. *Weswegen sind Sie Hochschullehrer geworden?*

Ich fühle mich meinen akademischen Lehrern und Vorbildern verpflichtet und möchte das weitergeben.

NEUE BÜCHER AUS DER UNIVERSITÄT

Schicksale psychiatrischer Patienten der Lübecker Heilanstalt Strecknitz im Dritten Reich

Unter den Mord- und Vernichtungsaktionen im nationalsozialistischen Deutschland sind der Holocaust, die Vernichtung der Sinti und die Verbrechen in den Ostländern mehr in das öffentliche Bewusstsein gelangt als die sogenannte „Euthanasie“, Mordaktionen, begangen an unterschiedlichen Gruppen von psychiatrischen Patienten.

Das vorliegende Buch „Schicksale Psychiatrischer Patienten der Lübecker Heilanstalt Strecknitz im Dritten Reich“ analysiert vor diesem Hintergrund eine lokale, aber in ihrer Weise typische Facette.*

Zum besseren Verständnis wird zunächst ein allgemeiner Überblick der Jahre 1933 bis 1939, der Aktion T4 und sich anschließenden „wilden Euthanasie“ sowie der Entwicklung der Psychiatrie in Lübeck vom 15. Jahrhundert bis zur Auflösung der Lübecker Heilanstalt Strecknitz im Jahre 1941 gegeben.

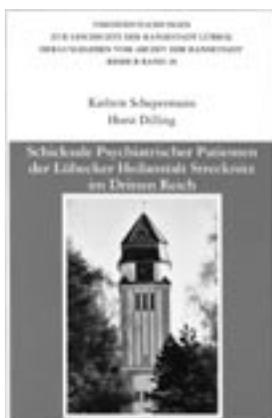
Im Zentrum des Buches stehen Auswertung und Interpretation der Krankenakten von 173 aus Strecknitz deportierter im Vergleich zu dort verbliebenen sowie vorzeitig entlassenen Patienten.

Viele beispielhafte Zitate gewähren einen direkten Einblick in die Krankenakten der damaligen Zeit, mit eini-

gen längeren Darstellungen von Biographie und Krankheitsverlauf wird zudem eine lebendige Anschauung typischer Fälle vermittelt.

Die Autoren haben durch die systematische Analyse der erhaltenen Akten das komplexe Bild der Heilanstalt Strecknitz mit Darstellung des Lebensumfeldes der Patienten und Ärzte, ihrer therapeutischen und menschlichen Beziehungen untereinander und deren Wandel aufgrund, aber auch deren Bestehen trotz der unheilvollen gesellschaftspolitischen Entwicklung der damaligen Zeit nachgezeichnet.

Die Heil- und Pflegeanstalt Strecknitz, gebaut und eröffnet 1912, war als eine der letzten noch in einer Welt entstanden, in der psychisch Kranke mit Anstand und Würde behandelt wurden. Die Zeichen der Zeit und der Einfluss der nationalsozialistischen Machthaber gingen auch an Lübeck-Strecknitz nicht unbemerkt vorüber, das Klima in der Heilanstalt wandelte sich. Dennoch wurde in Lübeck unter Direktor Enge, selbst kein Mitglied der NSDAP, versucht, die psychiatrische Versorgung so weiterzuführen, wie es die Zeit erlaubte, in den Anschauungen, die der ärztlichen Tradition entsprachen. Strecknitz hatte den Ehrgeiz, eine fortschrittliche Anstalt zu sein und blieb in dieser Hinsicht bis zum Schluss eine korrekte Versorgungsinstitution.



* Kathrin Schepermann, Horst Dilling: Schicksale psychiatrischer Patienten der Lübecker Heilanstalt Strecknitz im 3. Reich (=Veröffentlichungen zur Geschichte der Hansestadt Lübeck, hrsg. vom Archiv der Hansestadt Lübeck, Lübeck 2005. ISBN 3-7950-0481-0

In memoriam

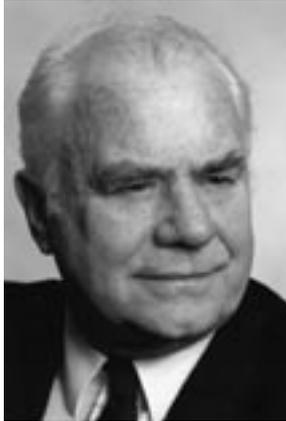
Zum Tod von Herrn Professor Dr. med. Wolfgang Knipper, ehemaliger kommissarischer Direktor der Klinik und Poliklinik für Urologie der Universität Lübeck

Professor Dr. Wolfgang Knipper, Ehrenpräsident des Berufsverbandes der Deutschen Urologen, verstarb am 8. August 2005 im 85. Lebensjahr.

Wolfgang Knippers beruflicher Weg war stets geprägt von großem Engagement und führte ihn von einer urologischen Praxis über den Aufbau einer Belegabteilung hin zur Hauptabteilung, der er als Chefarzt lange Jahre vorstand. Sein Aufstieg zum ärztlichen Direktor des Marienkrankenhauses Hamburg verdankte er seiner Kompetenz und seiner Menschlichkeit, die ihm Anerkennung und Vertrauen schafften bei Patienten, Kollegen, Freunden und Respekt bei Gegnern. Krönung seiner beruflichen Laufbahn war seine Ernennung zum Professor durch die Hansestadt Hamburg.

Mit der Universität Lübeck und ihrem Klinikum war er besonders verbunden durch seine kommissarische Leitung der Urologischen Klinik und Poliklinik nach Ausscheiden von Herrn Professor Dr. med. Dr. med. h.c. mult. A. Hofstetter aus dem Amt des Klinikdirektors und Lehrstuhlinhabers. Diese Aufgabe, die er – gerade in Hamburg in den Ruhestand getreten – übernahm, hat er mit sehr viel Engagement und Herzblut und sehr zum Nutzen der Klinik, der Mitarbeiter und der Studenten bis zur Neubesetzung des Lehrstuhls im August 1990 ausgefüllt.

Kaum hatte er in Lübeck den Staffelstab weitergereicht, erteilte ihn der Ruf an die Universität Göttingen für ein weiteres Kommissariat an der dortigen Klinik für Urologie. Seine großen Erfahrungen und seine herausragende



Prof. Dr. Wolfgang Knipper †

Persönlichkeit führten auch in Göttingen zu einer erfolgreichen Klinikleitung. Erst mit Beendigung dieser Aufgabe zog er sich in den wohlverdienten Ruhestand nach Hamburg zurück.

Seine berufliche Heimat blieb selbst dann das Marienkrankenhaus in Hamburg und der Berufsverband der Deutschen Urologen, dem er langjährig als Präsident vorstand und für den er über viele Jahre als Ehrenpräsident wirkte. Seinen persönlichen Freundschaften, seiner verbindlichen und liebenswerten Art war es zu verdanken, dass in Würdigung der sachlichen Ziele die Urologie eine Einheit zwischen wissenschaftlicher Arbeit und berufspolitischen Aktivitäten entwickeln konnte. Unvergessen bleibt seine beneidenswerte Gabe, ein rechtes Wort zur rechten Zeit in herzlicher Form formvollendet auszusprechen, aus dem Stehgreif zu reden und Zusammenfassungen und Laudationes in freier Form vorzutragen.

Seine Innovationen und sein Einsatz für die Berufspolitik, für die Urologen und für die Zeitschrift DER UROLOGE, die er mit gegründet hatte, das Filmarchiv der Deutschen Urologen, insbesondere aber für die Fortbildung von Schwestern und Pflegeern, werden unvergessen bleiben.

Seine Innovationen und sein Einsatz für die Berufspolitik, für die Urologen und für die Zeitschrift DER UROLOGE, die er mit gegründet hatte, das Filmarchiv der Deutschen Urologen, insbesondere aber für die Fortbildung von Schwestern und Pflegeern, werden unvergessen bleiben.

Sein urologisches Lebenswerk war getragen von liebevoller familiärer Unterstützung.

Seine Freunde, die Urologen und seine ehemaligen Mitarbeiter gedenken seiner!

Prof. Dr. med. Dieter Jocham

Direktor der Klinik und Poliklinik für Urologie
Universitätsklinikum S-H, Campus Lübeck

Anzeigen-Füller

146 x 205



mehr Wert

für Ihre Patientenversorgung

CareArea™-Lösungen von Dräger Medical sorgen für unmittelbaren Fortschritt im Akutbereich. Mit modernsten Lösungen für Informationsmanagement, Patienten-Monitoring, Therapie und Versorgungseinheiten können Sie die Prozesseffizienz in Ihrem medizinischen Alltag immer weiter verbessern – zum Wohle Ihres Patienten. Umfassende Education & Training-Angebote, der bewährte DrägerService® und intelligentes Zubehör helfen Ihnen dabei, ständig jeden Bereich Ihrer Patientenversorgung zu optimieren. Darüber hinaus schaffen integrierte Lösungen entlang der gesamten Patientenprozesskette Synergien, die den entscheidenden Mehrwert für Ihre Patientenversorgung ausmachen – von der Notfallmedizin, dem Bereich Perioperative Care über die Intensiv- und Perinatalmedizin bis hin zum Home Care-Bereich.

Erfahren Sie mehr darüber, wie CareArea™-Lösungen von Dräger Medical für Sie „mehr Wert“ durch entscheidenden „Mehrwert“ für Ihre Patientenversorgung bieten. Besuchen Sie uns im Internet unter www.draeger-medical.com.

Drägermedical

A Dräger and Siemens Company

Because you care