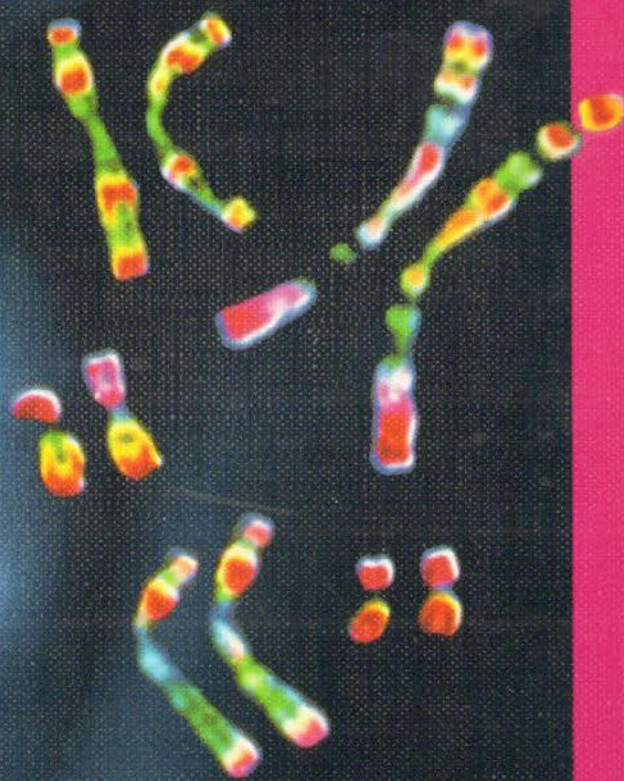


GEO

W I S S E N

Komplett überarbeitete
NEUAUFLAGE

SEX GEBURT GENETIK



4398340615807 80001

EVOLUTION

Die Erfindung von
Mann und Frau

UNFRUCHTBARKEIT

Was tun, wenn
kein Kind kommt

EXTRA-POSTER

Das wird ein
Mensch

Dann sind Sie beim PRESSE-Fachhandel an der richtigen Adresse: Wo immer Sie den „Blauen Globus“ sehen, erhalten Sie neben GEO-Wissen fast alle Zeitungen und Zeitschriften, die Ihr Herz begehrt. Hinzu kommt ein Service, den man wirklich „kundenfreundlich“ nennen kann: fachkundige Beratung, Beschaffung Ihres Wunschtitels möglichst innerhalb 24 Stunden und günstige Öffnungszeiten.

Wissensdurst?





Liebe Leserin, lieber Leser

Gewußt haben wir es schon immer: daß Sexualität und Geburt nicht nur zum Selbstverständlichsten auf der Welt zählen, sondern mitsamt der Genetik auch Themen von ganz besonderem Interesse sind. Dennoch hat uns der Erfolg des GEO-Wissen-Heftes „Sex • Geburt • Genetik“ vom Mai 1989 überrascht. Von ihm wurden 336 000 Exemplare verkauft, und es ist, obwohl einmal nachgedruckt, seit langem nicht mehr zu erhalten.

Wir haben uns deshalb zu einer Neuauflage entschlossen, die allerdings weit mehr ist als eine erneute Aktualisierung. Viele der Fotos und Reportagen auf den nächsten Seiten wären vor wenigen Jahren noch gar nicht machbar gewesen. Denn auf dem Feld von Entwicklungsbiologie, Reproduktionsmedizin und Genforschung hat sich seit Erscheinen der ursprünglichen GEO-Wissen-Ausgabe Schwindelerregendes getan – und das nicht nur, weil Sex auch für Wissenschaftler zum Spannendsten überhaupt gehört.

Wir alle sind Zeugen einer stürmischen Entwicklung. Denn von den Geheimnissen, die das Erbgut unter dem Drängen der Forscher preisgibt, versprechen sich ganze Industriebereiche enorme Zugewinne. Längst ist die Biotechnologie zur verhätschelten und mit allen Mitteln ausgestatteten Modewissenschaft des ausgehenden 20. Jahrhunderts geworden, argwöhnisch beobachtet von Forschern, die sich in derzeit weniger attraktiven Disziplinen tummeln. Und von einer skeptischen Öffentlichkeit, die fragt, ob denn all die Klone, Chimären und Retortensiebenlinge wirklich ein Segen für die Menschheit sind.

Dieser Öffentlichkeit fällt es oft schwer, derlei Absonderlichkeiten von möglicherweise vernünftigen Zielen der Forschung zu unterscheiden. Anlaß genug für GEO, das heikle Thema erneut auf eine sachliche Diskussionsgrundlage zu stellen. Damit Sie auch morgen mitreden können.



»Heureka! Ich hab' das Gen gefunden, das uns glauben macht, alles werde durch die Gene bestimmt!«

Herzlich Ihr

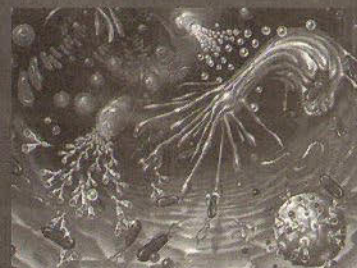
Reiner Klingholz
Reiner Klingholz

Das nächste
GEOWISSEN
erscheint am
14. Sept. 1998

Wie das Immunsystem unser Leben schützt

Gabriele Kautzmann
Gaby Milketa (Hrsg.)

Krieg in unserem Körper



Wie das Immunsystem unser Leben schützt



Ein spannendes Lesebuch über das, was unser Immunsystem zu jeder Sekunde leistet.

Ein Nachschlagewerk, das modernste Medizin auch dem Laien verständlich macht.

Ein wissenschaftlicher Ratgeber, der über die neuesten Erkenntnisse aus Forschung und Therapie informiert.

Mit aufwendigen Grafiken, die das Geschehen im großen Netzwerk Immunsystem veranschaulichen.

224 Seiten, DM 39,80
sFr 37,- / öS 291,-

ZS
ZABERT
SANDMANN

BILDESSAY

Der Lust-Gewinn

Urtriebe leiten die Lachse, wenn sie fürs Laichen die größten Strapazen auf sich nehmen. Doch auch hinter den innigsten Gefühlen der Menschen steckt letztlich Biologie. Liebe hat einen klaren evolutionären Auftrag: Kommt zusammen und mehret euch!

Seite 6



EVOLUTION

Die Erfindung des Sex

Ohne Sex läuft gar nichts, wenn es um die Fortpflanzung der meisten Tier- und Pflanzenarten geht. Wieso überhaupt zwei Geschlechter entstehen konnten, ist für die Wissenschaft eines der größten Rätsel.

Seite 26



FRÜHSTGEBURTEN

Unreif ins Leben

In Spezialkliniken überleben heute selbst Kinder, die vier Monate vor dem errechneten Geburtstermin zur Welt kommen. Eltern und Ärzten stellt sich die heikle Frage: Soll die moderne Medizin alles tun, was sie kann – auch um den Preis einer schweren Behinderung?

Seite 46



EMBRYONENSELEKTION

Menschen nach Maß?

Mit immer raffinierteren Testmethoden sind an in der Glasschale gezeugten Embryonen potentielle Erbblenden zu ermitteln. Doch vom Gen-Check zur Eugenik ist kein weiter Weg.

Seite 60



ENTWICKLUNGSBIOLOGIE

Am Anfang sind sie alle gleich

In den ersten Wochen ähneln die Feten von Schweinen (im Bild) denen der Menschen verblüffend. Neueste Forschungsergebnisse eröffnen den Blick in den phantastischen Mechanismus, mit dem die Zellmaschinerie ihre eigenen Geschicke lenkt – wie aus einer undifferenzierten Zelle ein hochkomplexer Organismus entsteht.

Seite 126





SITTEN

Als erlaubt gilt, was erregt

Doch wer glaubt, erst heute seien alle Tabus gefallen, soll einen Blick in die Sittengeschichte werfen: Schon immer frönten Frauen und Männer der Lust – und oft bizarrer als heute. Seite 78



RASSISMUS

Das Kreuz mit dem Erbe

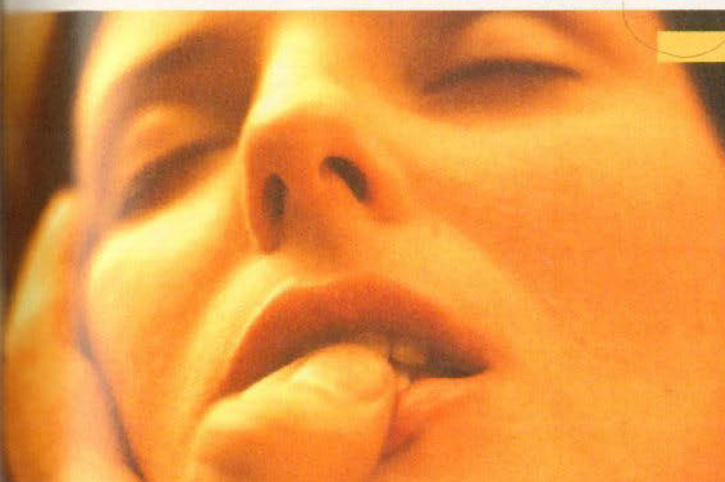
Sind Schwarze dümmer als Weiße? Mit fragwürdigen Methoden interpretieren amerikanische Forscher humangenetische Daten unterschiedlicher Ethnien. Dahinter steckt allerdings nicht mehr als schlechte Wissenschaft und finsterner Rassenhaß. Seite 158



TIERZUCHT

Mäuse, Klone, Sensationen

Die Forschung an Labor- und Nutztieren hat die Genetik revolutioniert. Manche der neugeschaffenen Kreaturen muten allerdings an, als kämen sie direkt aus dem Labor des Dr. Frankenstein. Seite 150



EROS

Die ewige Verlockung

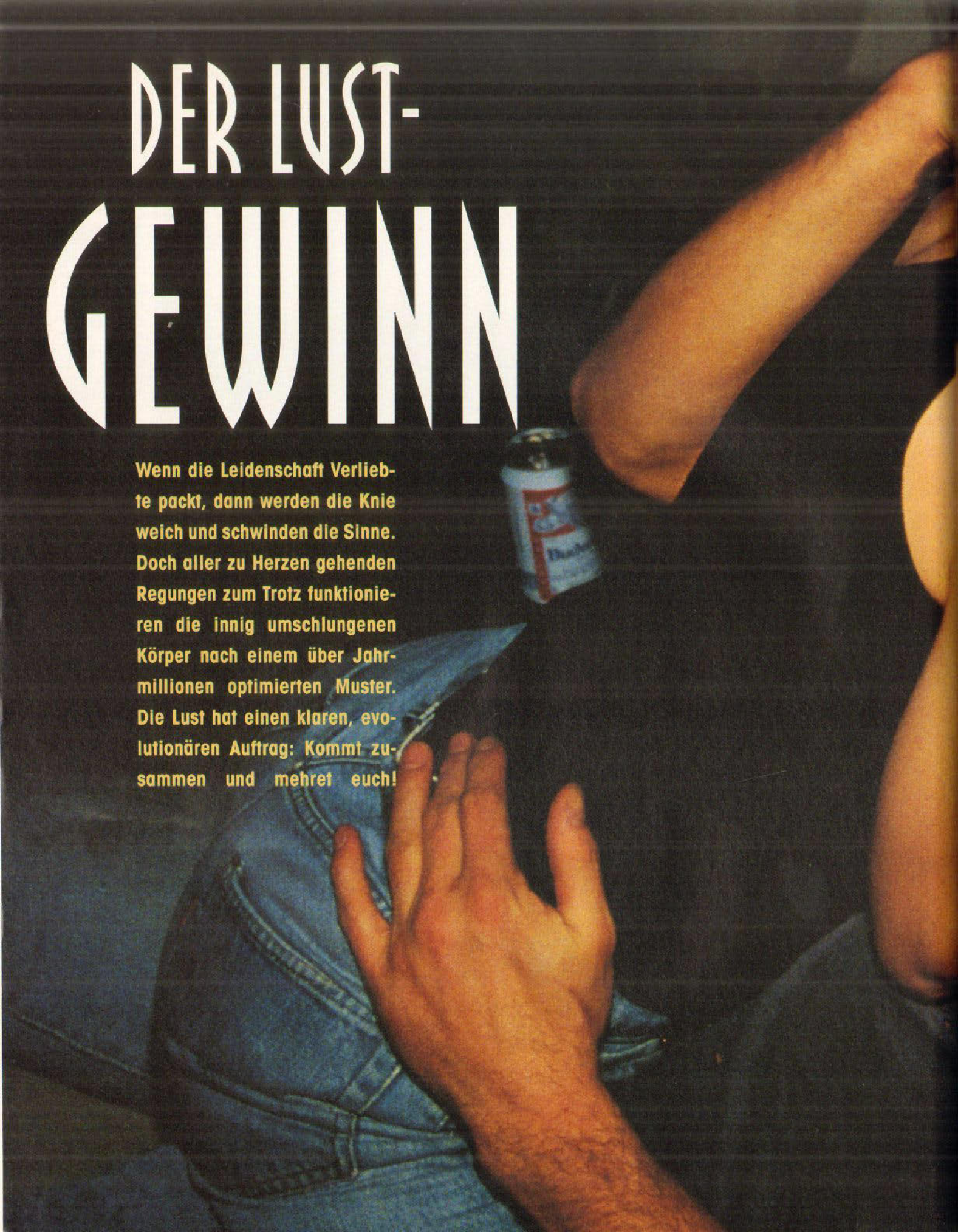
Seit Urzeiten werben Weibchen und Männchen, Frau und Mann umeinander – mal raffiniert, mal subtil und oft bis die Sinne schwinden. Unbewußt spüren sie alle: Das Spiel mit den Trieben ist die wichtigste Sache der Welt. Seite 168

I N H A L T

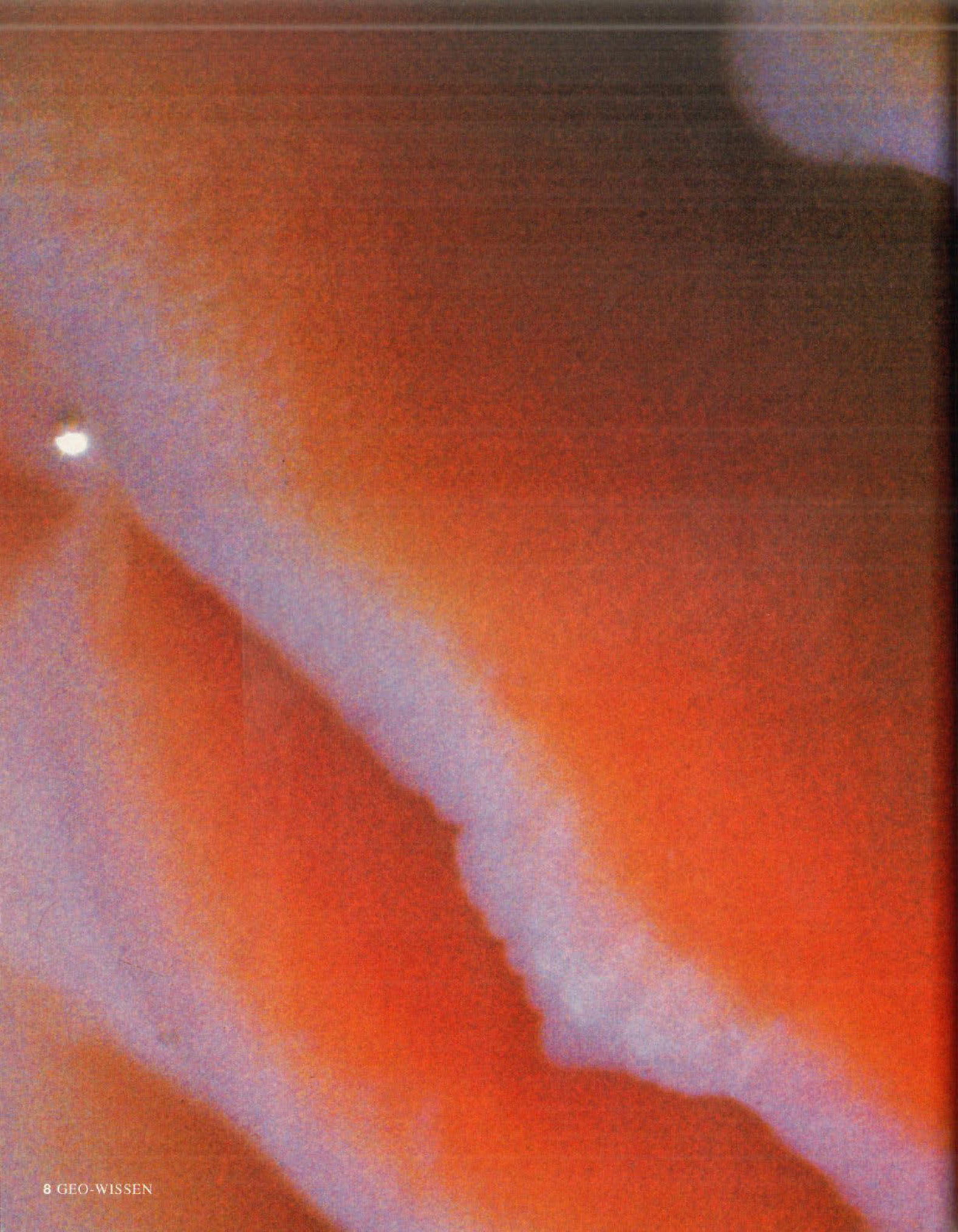
Bildessay: Der Lust-Gewinn	6
Textessay: Der Klon im Schafspelz Wie das Schaf »Dolly« die Welt verändert hat.	22
Die Erfindung des Sex	26
Hormone: Die Kuriere der Begierde Winzige Mengen von Botenstoffen steuern unser Geschlechtsleben	40
Frühstgeburten: Unreif ins Leben	46
Historie: Der Griff nach dem Keim Mit dem Wissen wuchsen die Möglichkeiten der Forscher, das beginnende Leben zu manipulieren.	56
Embryonen-Selektion: Menschen nach Maß?	60
Ethik-Diskussion: Die Qual mit der Wahl Es fehlt an Kriterien für den Umgang mit der Datenflut der Genetiker	74
Sitten: Als erlaubt gilt, was erregt	78
Orgasmus: Der Gipfel der Lust	86
Primaten: Das Geschlechter-Puzzle Von unseren wilden Verwandten ist viel über unsere eigene Sexualität zu lernen	94
Stillen: Der einzig gesunde Schluck	104
Leihmütter: Mein Bauch gehört dir Ein Paar, das selber keinen Nachwuchs bekommen kann, hilft sich mit einer Leihmutter	106
Unfruchtbarkeit: Wenn kein Kind kommt	116
Abtreibung: »Hinterher ist keine Frau mehr dieselbe« Bericht aus einer amerikanischen Abtreibungsklinik	118
Verhütung: Das Problem mit dem Schutz	124
Entwicklungsbiologie: Am Anfang sind sie alle gleich	126
Geburt: Das Ende der Geborgenheit	142
Genherapie: Kur für kranke Moleküle	148
Tierzucht: Mäuse, Klone, Sensationen	150
Rassismus: Das Kreuz mit dem Erbe	158
Geschlechtskrankheiten: Fluch der Leidenschaft	166
Eros: Die ewige Verlockung	168
Super-Nova: Nachrichten aus Forschung und Technik	178
Literaturempfehlungen	186
Bildnachweis	189
Impressum	189
Titelfoto von Barbara Bordinick; Insert: eingefärbte Chromosomen-Sätze (Foto: CNRI/SPL/Focus)	
Redaktionsschluß: 13. Februar 1998	

DER LUST- GEWINN

Wenn die Leidenschaft Verliebte packt, dann werden die Knie weich und schwinden die Sinne. Doch aller zu Herzen gehenden Regungen zum Trotz funktionieren die innig umschlungenen Körper nach einem über Jahrmillionen optimierten Muster. Die Lust hat einen klaren, evolutionären Auftrag: Kommt zusammen und mehret euch!







F

ünf Monate nachdem die elterlichen Keimzellen miteinander verschmolzen sind, trägt die Leibesfrucht im Dunkel der Gebärmutter ein menschliches Antlitz – mit ausgeprägter Nase und mit schwungvollen Lippen. Und sogar schon im dritten Monat der Schwangerschaft waren alle Gliedmaßen und Organe angelegt

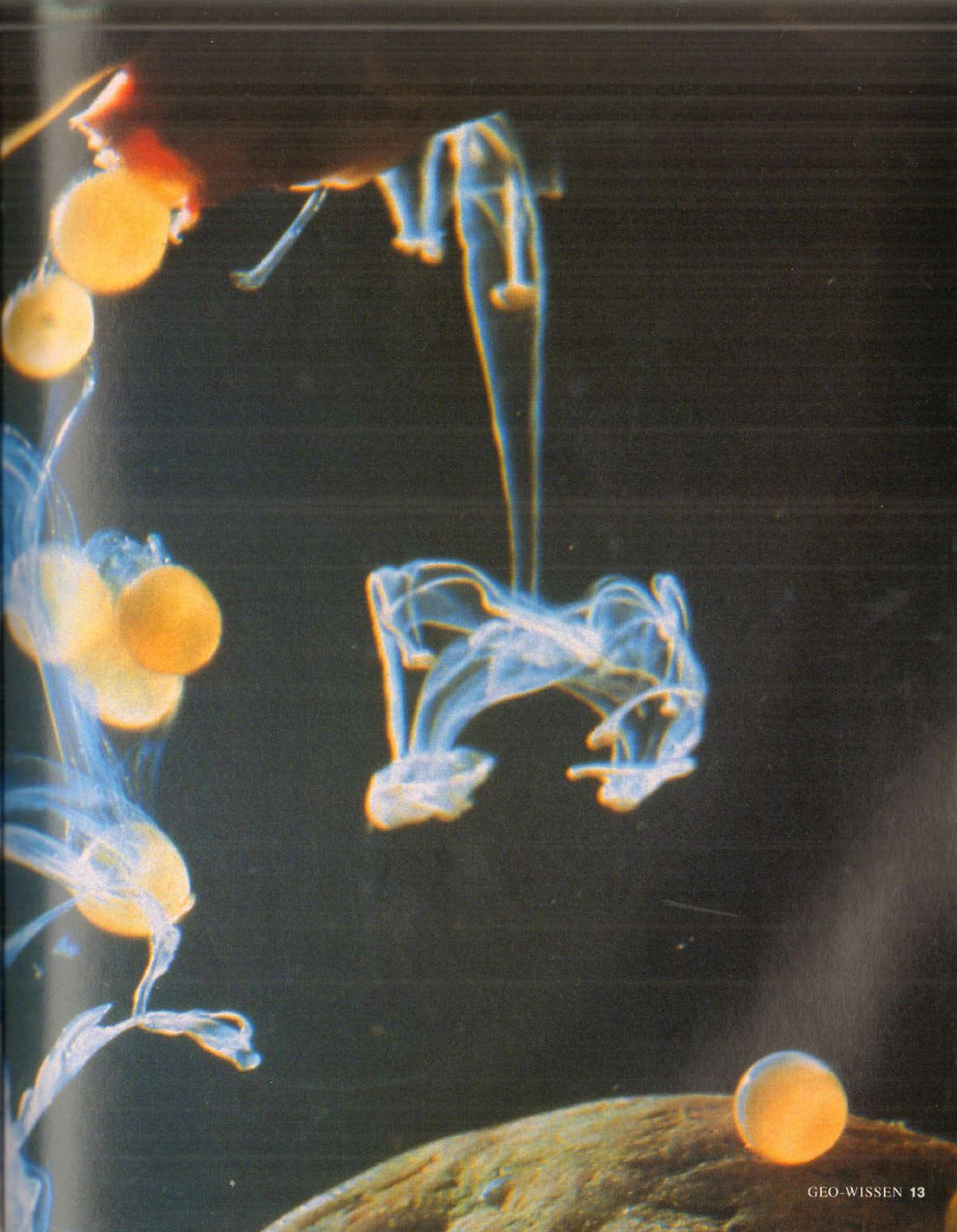


Das Licht der Welt zu erblicken ist allemal ein Schock für ein Baby – der noch größer ist, wenn es wegen vorzeitiger Wehen per Kaiserschnitt zwölf Wochen zu früh aus der Geborgenheit des Mutterleibes gerissen wird. Nur dank der modernen Frühgeborenen-Medizin können viele solcher unreifen Wesen trotzdem unbehindert überleben





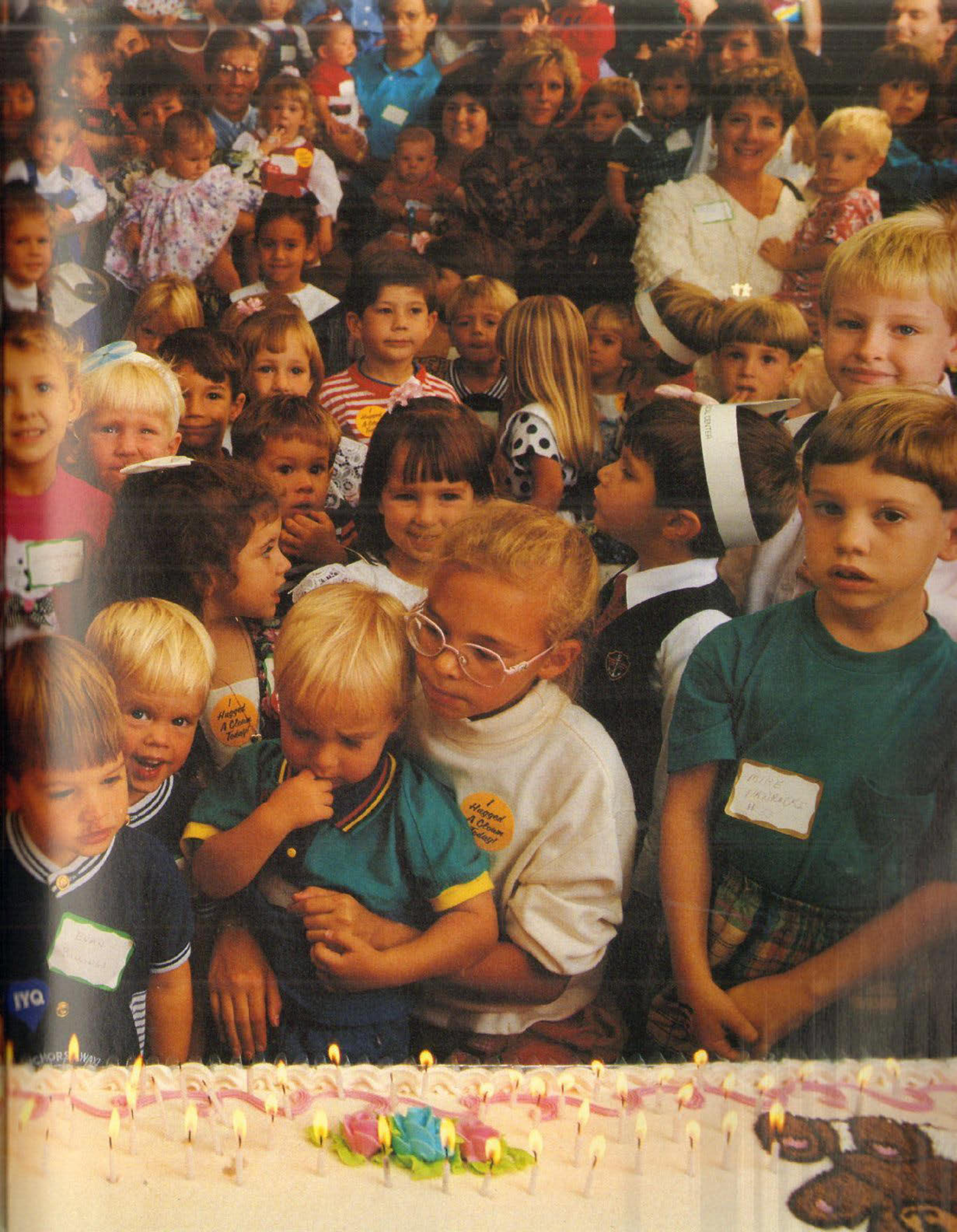
Ein Lachsweibchen entläßt seine Eier ins Wasser, wo sie auf dort schwebende Schlieren mit Spermien treffen. Vermutlich vor einer Milliarde Jahren entstanden im Rahmen der Evolution zwei Geschlechter und damit die Sexualität. Diese völlig neue Art der Fortpflanzung brachte Schwung in die Entwicklung der Arten: Sie ist letztlich die Ursache für den ungeheuren Formenreichtum der Natur

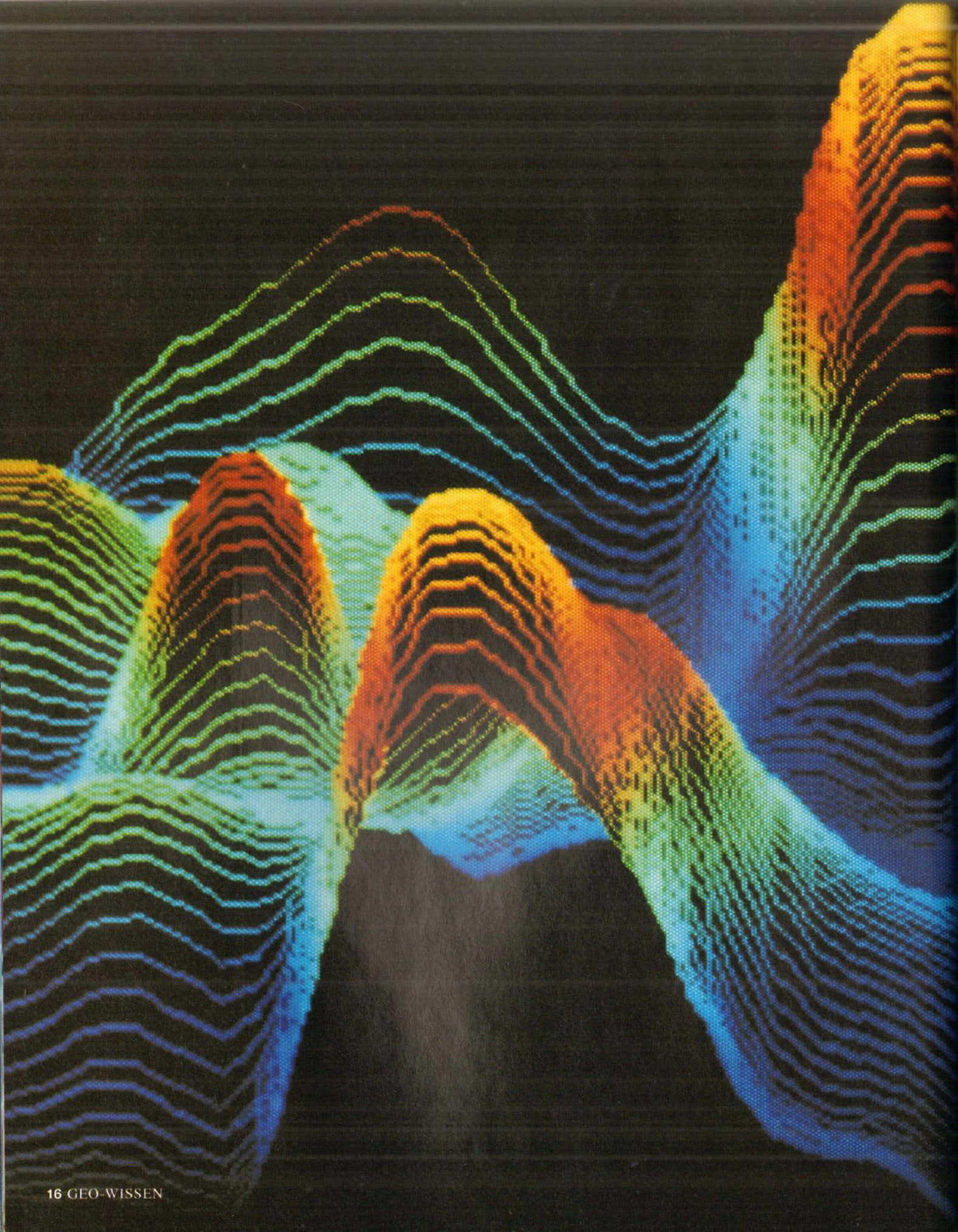


A

us Anlaß der Geburt des 1000. »Retortenbabys« lud das Greater Baltimore Medical Center sämtliche in dieser Klinik gezeugten Sprößlinge und deren Eltern zu einem Fest. Viele Paare akzeptieren heute nicht mehr als Schicksal, daß ihnen Nachwuchs versagt bleibt. Sie versuchen sich ihren Traum mit allen Mitteln der modernen Medizin zu erfüllen



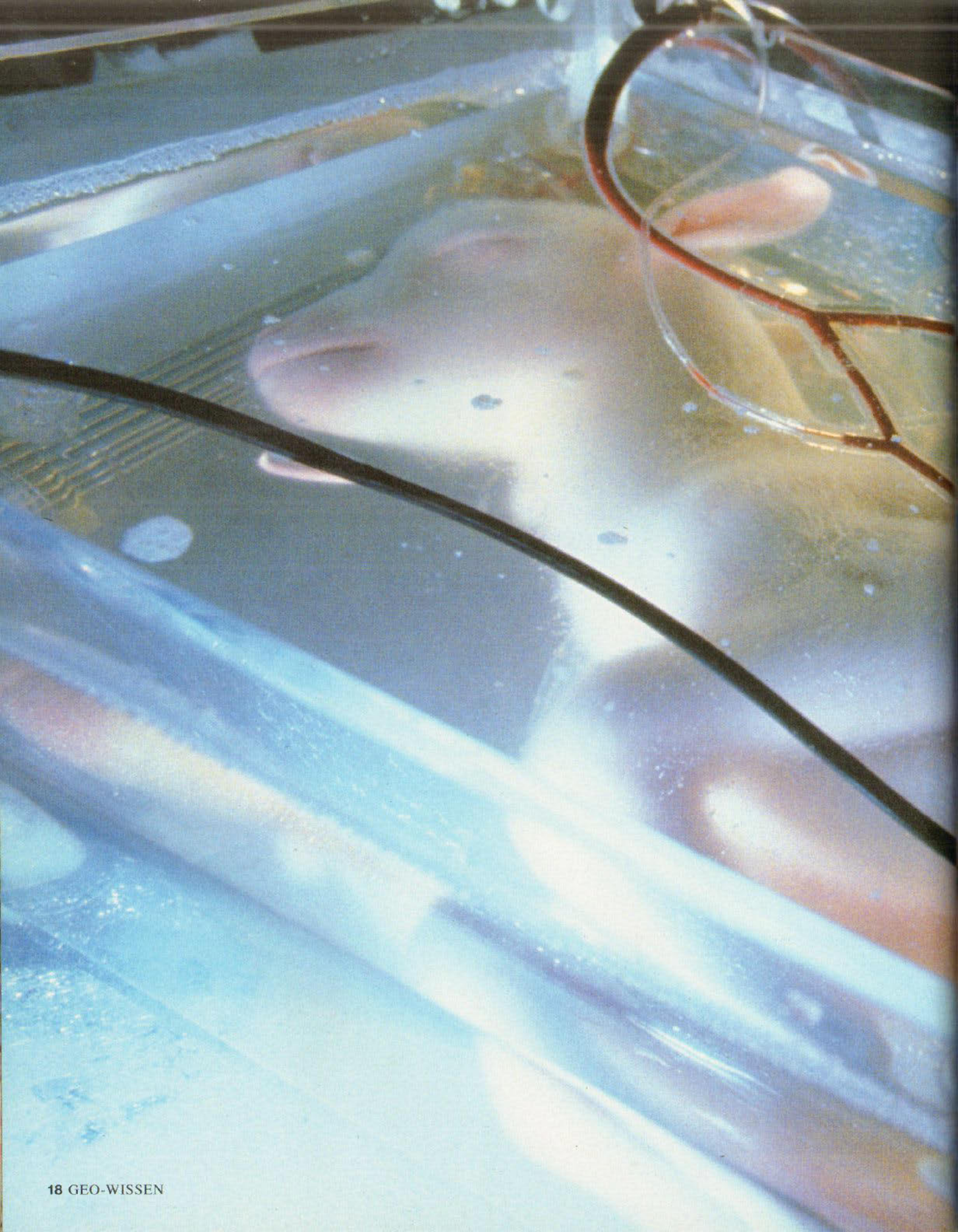







Der Topographie eines Gebirges gleicht die Erbsubstanz DNS in neunmillionenfacher Vergrößerung auf dem Monitor des Raster-Tunnel-Elektronenmikroskops. Zwei Stränge

des Fadenmoleküls haben sich zu einer Spirale verdreht. Die äußeren Bereiche ihrer Windungen (rosafarben in der kleinen Grafik) erscheinen in der Computerdarstellung als orangefarbene Gipfel

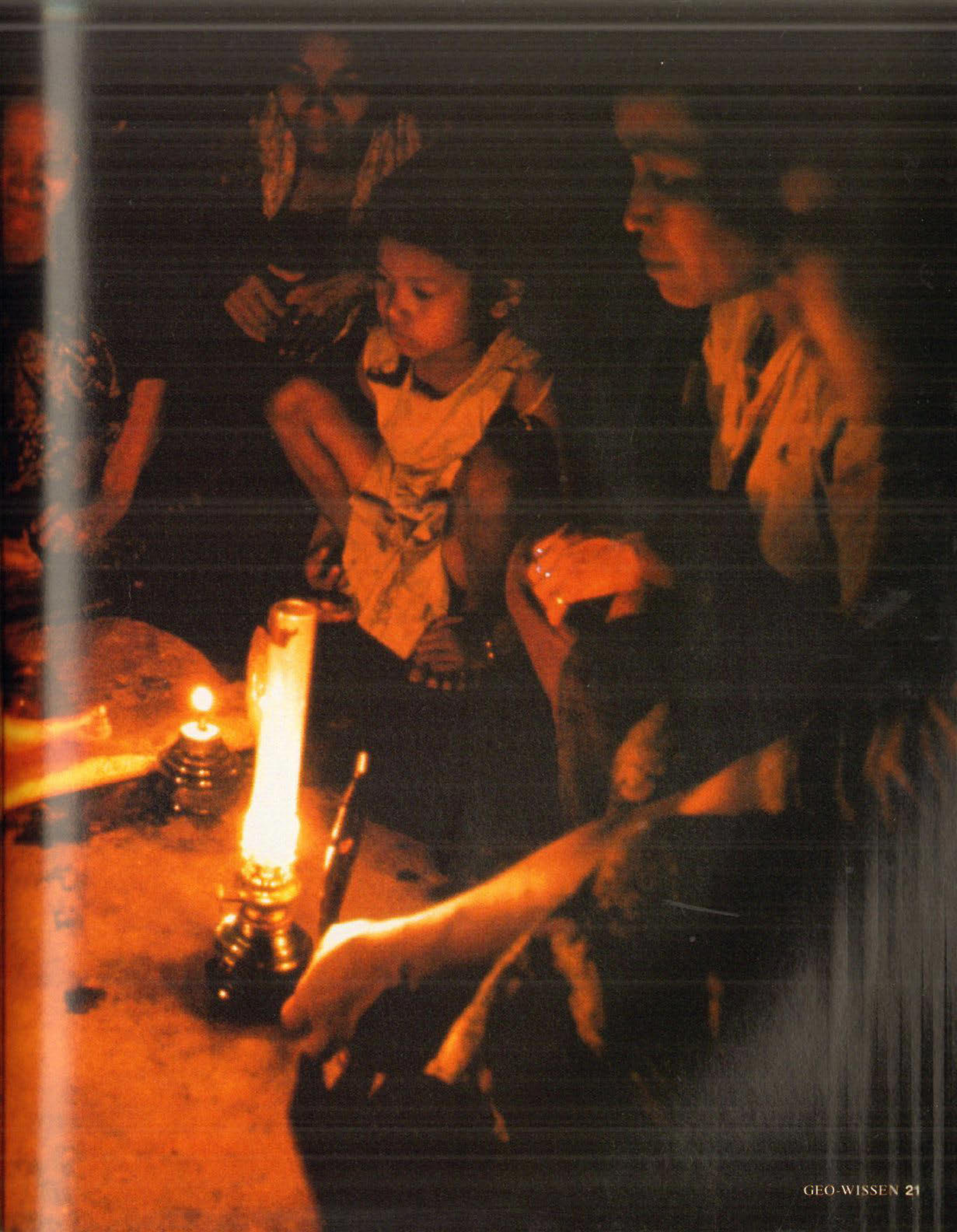


A photograph showing a premature baby lying in a medical incubator. The baby is lying on its back, and its chest is connected to several medical tubes. The incubator is made of clear plastic, and the baby's skin appears pale and thin. The background is slightly blurred, showing a person's hand and part of a white garment.

Umspült von einem Fruchtwasser-Ersatz und mit Nährstoffen und Sauerstoff per Schlauch versorgt, wartet ein Ziegenfetus in einer Plexiglas-Wanne auf seine »Geburt« – das Herausheben aus der Flüssigkeit. Japanische Ärzte haben diese künstliche Gebärmutter entwickelt, damit eines Tages extrem früh geborene Menschenkinder darin weiterreifen



U ielfältig sind
die Rituale,
mit denen ein
Neugeborenes
begrüßt wird. In man-
chen Teilen Indonesi-
ens wäscht der Vater
die blutige Strohmat-
te, auf der sein Baby
zur Welt gekommen
ist, in einem Gewäs-
ser gründlich aus oder
er vergräbt sie gar



DER KLON IM SCHAFSPELZ

VON REINER KLINGHOLZ

Am 22. Februar 1997 hat eine ganze Zunft von Forschern ihre Unschuld verloren. Jene, die sich Genetiker, Entwicklungsbiologen, Reproduktionstechniker und Embryologen nennen, die unser Wissen über uns selbst in den vergangenen Jahren revolutioniert haben und sich anschicken, unsere Zukunft massiv zu verändern.

An diesem Tag erfuhr die Weltöffentlichkeit von der Existenz eines Tieres, das keinen Vater hat. Das Schaf mit der Bezeichnung 6LL3/3, hernach besser bekannt geworden als „Dolly“, stammte aus dem Labor des Roslin Institute vor den Toren der schottischen Hauptstadt Edinburgh.

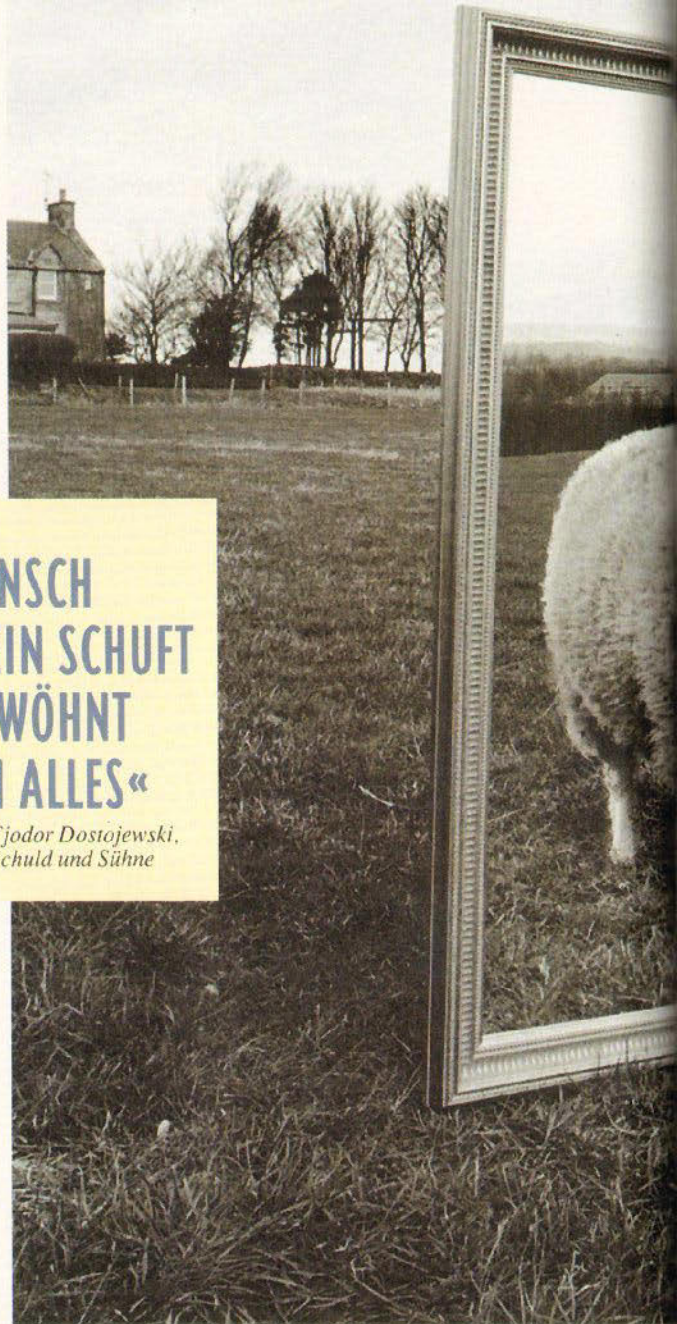
Dort hatte der Engländer Ian Wilmut eine Zelle aus dem Euter eines sechsjährigen, drei Jahre zuvor geschlachteten Schafes mit einer entkernten Eizelle eines zweiten Schafes verschmolzen, diese zum Wachstum angeregt und in die Gebärmutter eines dritten Schafes eingepflanzt. Das Resultat war ein eineiiger, aber sechs Jahre jüngerer Zwilling des ersten Schafes. Das Lamm Dolly war somit ein Klon – in die Welt gesetzt von drei Müttern und einem Embryologen, einem bis zum 22. Februar 1997 nahezu unbekannten Forscher.

Bis dahin hatte kein Wissenschaftler jemals ein erwachsenes Säugetier kloniert. Ein solches Experiment galt gemeinhin als unmöglich, ja absurd. Zellen erwachsener Tiere hätten, so ein biologisches Dogma, aufgrund ihrer Spezialisierung längst ihre Fähigkeit verloren, noch einmal ganz von vorn mit den Prozessen des Lebens zu beginnen. Entsprechend leicht konnte die wissenschaftliche Gemeinde sich jeder ethischen Diskussion über das drohende Klonieren auch von Menschen von vornherein entziehen.

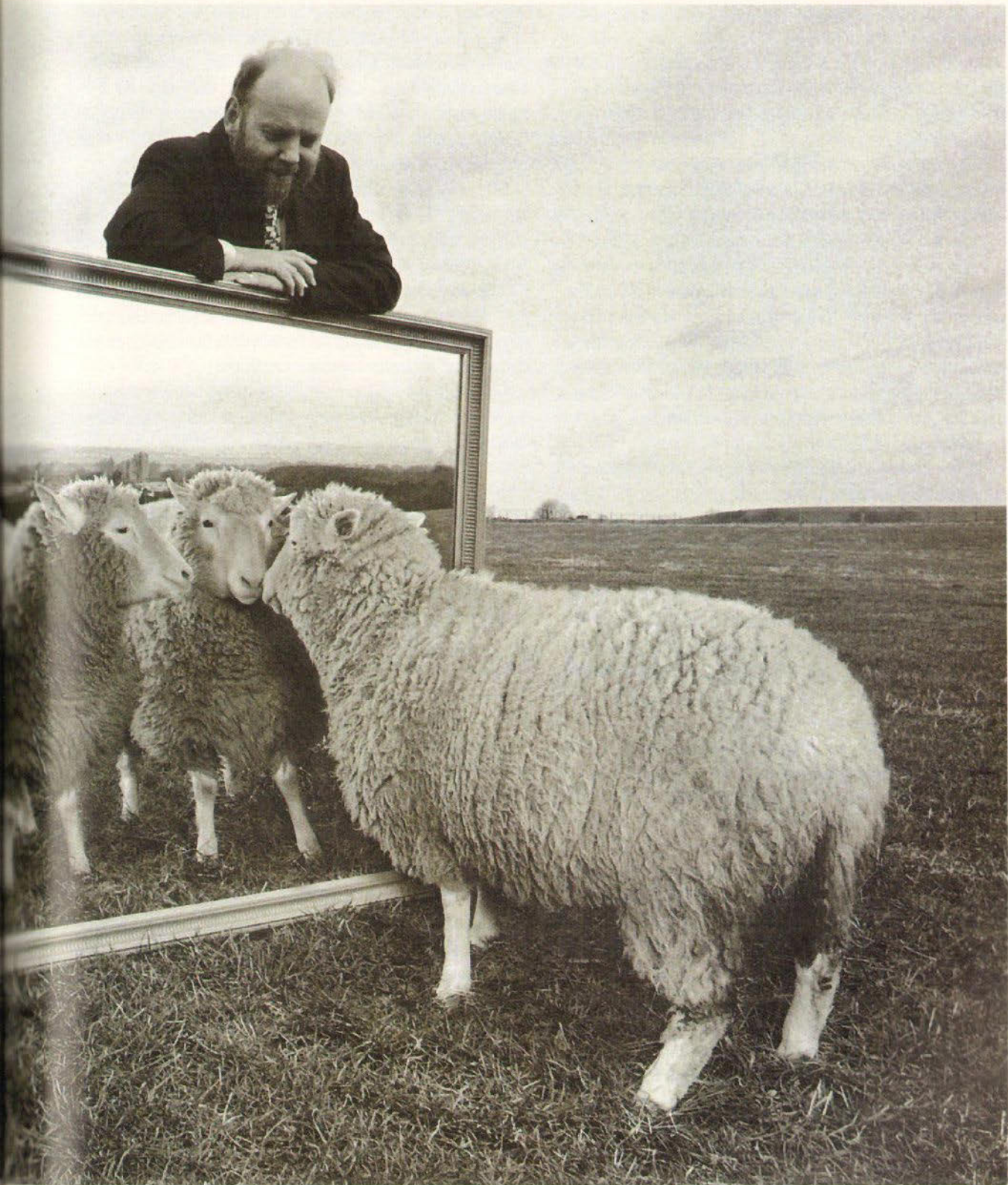
Mit bemerkenswerter Leichtigkeit ist die Branche nach Ian Wilmuts Experiment zur Tagesordnung übergegangen: Unverzüglich haben sich andere Wissenschaftler darangemacht, den Versuch zu wiederholen, nicht nur an Schafen, auch an Rindern, Ratten und Affen. Und der nächste Schritt – jener vom Tierversuch zur Anwendung am Menschen – scheint nur eine Frage der Zeit zu sein. Denn der moralische Rubikon ist mit Dolly ja schon über-

»DER MENSCH
IST EBEN EIN SCHUFT
UND GEWÖHNT
SICH AN ALLES«

*Fjodor Dostojewski,
Schuld und Sühne*



Wie »Dolly« die Welt verändert hat



Klon »Dolly« mit ihrem »Vater« Ian Wilmut

VOM STALL IN DEN KREISSAAL? Der Entschluß

schritten, die Anleitung in der Fachzeitschrift „Nature“ publiziert.

Auf die gleiche Weise schaffen Reproduktionsmediziner seit Jahren Fakten und Sachzwänge, über die im Vorfeld mangels Information nicht diskutiert werden kann und über die im nachhinein ein Diskutieren kaum noch lohnt. Künstlich herbeigeführte Siebenlingsgeburten; Frauen, die ihre eigenen Enkel gebären; Kinder, die aus der Eizelle einer Toten und den Spermien eines anonymen Sponsors gezeugt werden oder Schwangerschaften von Frauen, die über 60 sind: alles möglich geworden mit Techniken, die dem Viehstall entlehnt und irgendwann klammheimlich auf Menschen übertragen worden sind.

So unsinnig oder verwerflich sie erscheinen mögen, sie lassen sich immer auch rechtfertigen – etwa aus der Sicht von Eltern, die anders keine Kinder bekommen können, oder aus der Sicht von Kliniken, die mit solchen Wunderkuren Kunden werben.

Auch auf anderen Gebieten der Gen- und Reproduktionstechnik häuft sich derzeit neues Wissen mit derart rasender Geschwindigkeit an, daß Forscher häufig schon nicht mehr begreifen, was in Nachbarlabors geschieht. So sind bereits über 60 Millionen Buchstaben des menschlichen Erbmateri als im Rahmen des „Human Genome Project“ analysiert. Das sind zwar erst zwei Prozent des gesamten menschlichen Erbguts, aber der Rest wird nach Ansicht der Genom-Ermittler bis spätestens 2005 erledigt sein.

Mit Hilfe einer individuellen DNS-Analyse wäre dann sehr viel über die Eigenschaften eines Individuums zu sagen. Über Eigenschaften (wie Anfälligkeit für Krankheiten), von denen der einzelne womöglich gar nichts wissen will, die aber für Dritte (wie Lebensversicherungen oder Arbeitgeber) hochinteressant sein können.

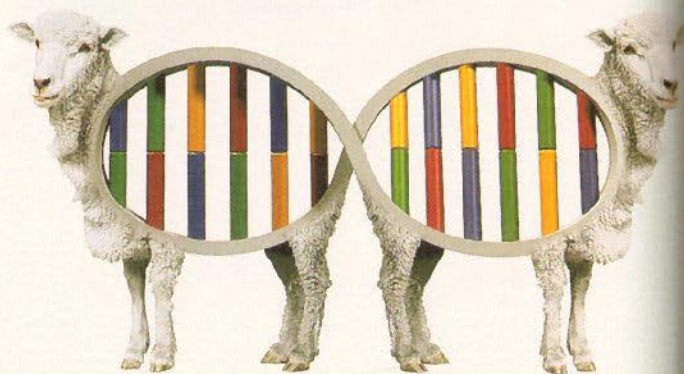
Mittlerweile erwägen einige Gentechniker sogar die Manipulation menschlicher Keimbahnzellen – lange Zeit ein absolutes Tabu. Sie erwecken die Hoffnung, bestimmte erbare Krankheiten am frisch befruchteten Embryo in der Glasschale durch Einbringen eines gesunden Gens ausschließen zu können. Diese Reparatur würde sich dann auf alle folgenden Generationen vererben.

Allerdings öffnet jene Technik Tor und Tür für die „Zucht“ von Menschen: Niemand könnte verhindern, daß Eltern ihrem künftigen Nachwuchs selbst banale Eigenschaften wie eine bestimmte Augenfarbe genetisch implantieren lassen oder darauf drängen, daß dem Embryo vermeintliche Intelligenz-Gene eingeschleust werden.

Machbar erscheint alles, denn im Tierversuch ist die Keimbahntherapie bereits tausendfach erprobt. Und Ian Wilmut, der geniale Dolly-Erzeuger, sieht keinerlei Gründe dafür, daß seine Klonierungs-Methode nicht ebenso an menschlichen Zellen funktionieren sollte. Wenn er diese Vorstellung jetzt auch für abscheulich hält.

Das aber beschreibt genau das Dilemma, das Wilmut Arbeit angerichtet hat. Die daraus resultierende Erkenntnis läßt sich nicht mehr unerfunden machen. Wilmut hat keinen Einfluß darauf, was andere damit anstellen. Folglich werden die meisten Forscher das Klonen von Menschen verbal ächten – bis es dann einer tut, der sich dafür ein überzeugendes Argument zu eigen macht und neben dem Schimpf auch den Ruhm für die Pioniertat einstreichen wird.

Man mag den bankrotten 69jährigen Physiker Richard Seed aus Chicago, der jüngst die Gründung einer Menschenklon-Klinik angekündigt hat, einen Wirtkopf nen-



nen. Daran, daß seine Behauptung stimmt, er stehe längst mit zahlungskräftigen Interessenten in Verhandlung, muß nicht gezweifelt werden.

Denn für das Klonieren wird vielerorts bereits lautstark argumentiert: Warum, fragt das Wissenschaftsmagazin „Discover“, sollte es etwa Eltern verwehrt sein, ein liebgewonnenes Kind, das sie bei einem Verkehrsunfall verloren haben, durch einen Klon zu ersetzen? Warum soll ein homosexuelles Paar, will die „Clone Rights United Front“ aus New York wissen, auf ein Kind verzichten, das aus einem der Partner klonierbar wäre? Der orthodoxe Rabbiner Moshe Tendler sieht kein Unrecht darin, die Linie von Holocaust-Überlebenden ohne lebende Verwandte mit Klonen weiterexistieren zu lassen. Und die „International Academy of Humanists“, der namhafte Wissenschaftler wie der Nobelpreisträger und DNS-Mit-entdecker Francis Crick und der Evolutionsbiologe Ed-

Klone in die Welt zu setzen, darf nicht den Eltern überlassen werden

ward O. Wilson angehören, brandmarkt ein Klonierungsverbot als „fortschrittsfeindliche Alternative“.

Dolly, das unschuldige Tier, wirft die alte Grundfrage auf, was Wissenschaft darf und soll. Ob es Grenzen für sie gibt und wer sie setzt. Und ob es sinnvoll ist, in unserer schnelllebigen Zeit heute moralische Kriterien zu definieren, die man morgen anders festsetzen würde.

Es spricht allerdings nichts dafür, die Definition von Gut und Böse der wissenschaftsinternen Selbstkontrolle zu überlassen. Die Branche ist dazu schon deshalb unfähig, weil sie nicht weiß, was in ihr vor sich geht. Immerhin war Dolly bereits ein halbes Jahr vor ihrer öffentlichen Vorstellung geboren und Ian Wilmut seit einem Jahrzehnt mit der Vorbereitung des epochalen Versuchs beschäftigt, wenn auch hinter den verschlossenen Türen eines kommerziellen Unternehmens.

Doch in anhaltend braver Betriebsblindheit behaupten Wissenschaftler wie Jens Reich vom Berliner Max-Delbrück-Centrum immer noch, daß ein Klonieren „bei Menschen mit Sicherheit nicht funktioniert“. Man kann von einer Zunft als Ganzes keine Skrupel erwarten, solange sich stets einer findet, der macht, was machbar ist, selbst wenn andere davor zurückschrecken. Naturwissenschaftler wie Ian Wilmut sind Pragmatiker, keine Ethiker und keine Philosophen.

So ist denn die Öffentlichkeit genötigt, den Wissenschaftlern zu mißtrauen, selbst wenn die nicht müde werden zu bekunden, daß sie stets nur nach dem Wohl der Menschheit trachten.

Auch Dolly soll schließlich nur den Weg zu einer neuen, segensreichen Technik ebnen. Geklonte Tiere werden als Modellsysteme für menschliche Krankheiten gepriesen und als lebende Fabriken für die Erzeugung von Medikamenten oder Spenderorganen, die leidenden Menschen zugute kommen. Zootiere könnten kloniert und bedrohte Wildbestände aufgefrischt werden.

Und auch das Kopieren von Menschen verliert nach Meinung mancher Forscher im Lichte der modernen Neurobiologie sein Grauen. Zwar verleiht ein genetisches Grundprogramm den Menschen Augen, Hautfarbe und andere physiologische, womöglich gar soziale Eigenarten. Aber trotz allem biologischen Determinismus bildet die Persönlichkeit sich letztlich im sozialen Umfeld. Das

„Ich“ eines Menschen formt sich durch Abermilliarden Eindrücke, aus denen Verschaltungen im Gehirn entstehen – zu einem guten Teil sogar schon im Mutterleib. Zwei zu unterschiedlichen Zeitpunkten ausgetragene genetisch identische Wesen wären demnach weit unterschiedlicher als eineiige Zwillinge.

Dennoch: Niemand weiß, wie ein „Homo xerox“ sich letztlich neben seinem „Vorbild“ fühlt, wie er sich gegenüber den hochgesteckten Erwartungen seiner „Erzeuger“ verhält. Zumal er sich in seinem Leben womöglich ungefragt an einer Großzahl von Kopien seiner selbst messen lassen müssen. Der Entschluß, Kinder als Klone in die Welt zu setzen, darf deshalb nicht den Eltern überlassen werden. Es gibt, auch für Menschen mit fanatischem Kinderwunsch, kein Grundrecht darauf, sich den mit allen Mitteln zu erfüllen. Auf jeden Fall muß – im Rahmen der gültigen Definition von Menschenwürde – ein solcher Anspruch zurückstehen gegenüber dem Recht eines Individuums auf genetische Einzigartigkeit.

Schließlich ist die ganz simple Frage zu stellen, warum eine über Jahrmillionen biologisch erprobte Art der sexuellen Vermehrung durch eine andere, vegetative, ersetzt werden soll, die von Natur aus normalerweise den Bakterien, Pilzen und Pflanzen vorbehalten ist.

Weil niemand die langfristigen medizinischen Risiken des Klonierens kennt – von Komplikationen beim Vaterschaftsnachweis und beim Erbrecht gar nicht zu reden –, müssen die Wissenschaftler sich moralischen Grundsätzen unterordnen, auch wenn ihnen diese willkürlich erscheinen mögen. So vernünftig das Tabu einer Tötung von Menschen ist, auch wenn dieser Grundsatz täglich verletzt wird, so zweckmäßig ist es, gewisse Errungenschaften der High-Tech-Biologie pauschal abzulehnen, auch wenn sie im Einzelfall nützlich sein könnten.

Das Zeitalter des Klonierens hat mit Dolly erst begonnen. Künftig ist deshalb mit vielem zu rechnen, was heute noch Science-fiction ist. Bis hin zu der Vision, nach der jede beliebige Person ohne deren Einwilligung zu klonieren wäre. Nötig wäre dazu lediglich ein winziger Tropfen Blut etwa von Boris Becker oder ein Hautfetzen von Claudia Schiffer, und jede Frau könnte sich ihr Wunschobjekt in Form eines entsprechend vorgezüchteten Klons in die Gebärmutter pflanzen lassen.

Natürlich werden Wissenschaftler derartige Szenarien als Panikmache abtun. Doch spätestens seit dem 22. Februar 1997 weiß die Öffentlichkeit, daß selbst das Unglaubliche geschehen kann. □

**BETRIEBSBLINDE
FORSCHER
SIND SCHLECHTE
RATGEBER**



DIE ERFINDUNG DES SEX



EVOLUTION

Wer sich fortpflanzen will, muß erst einmal einen Partner finden. Manche Pflanzen bedienen sich einfach eines Insekts als »Liebesboten«. Andere Arten betreiben einen immensen Aufwand, um Ei- und Samenzelle zusammenzuführen. Wieso überhaupt zwei Geschlechter entstehen konnten, ist eines der größten Rätsel des Lebens

Sex ist die Königin“, schreibt Graham Bell aus Montreal und meint „die Königin der Probleme“ bei seinen Forschungen: „Vielleicht hat kein anderes Naturphänomen so viel Interesse geweckt; gewiß hat keines vergleichbare Verwirrung gestiftet.“

Denn Sex ist Ansichtssache, auch unter Forschern.

„Billigerweise“, sagt Michael Rose im kalifornischen Irvine, „kann Sex als eine Art Krankheit verstanden werden, an die sich Tiere und Pflanzen anzupassen lernten.“

Sein Kollege Rick Michod aus Tucson in Arizona fügt hinzu: „Paradox ist, gemessen am scheinbar geringen Nutzen, der enorme Aufwand für Sex.“

„Sitzen wir“, fragt schließlich John Maynard Smith aus dem englischen Brighton, „etwa fest mit dem Sex?“

Es sind keine Sexualforscher, die hier zu Wort kommen. Die rühren ja vor allem im weiten Feld zwischen Lust und Frust. Die Debatte führen vielmehr Evolutionsbiologen, denen – wie schon manch geistlich Haupt beklagte – nichts heilig ist. Denn sie rühren mit ihren Fragen an Grundsätzliches:

- Warum ist Sex überhaupt entstanden?
- Wozu ist Sex gut – so gut, daß er sich im Laufe der Evolution nicht nur halten, sondern über den gesamten Planeten verbreiten konnte?

Jahrzehntelang herrschte relative Ruhe an der Sex-Front jener Biologen, die sich mit der Entstehung und Entwicklung des Lebens beschäftigen. Das mag nicht zuletzt an den Schwierigkeiten gelegen haben, die ihnen der Erkenntnisprozeß bereitet. Schließlich gibt es, wie Michael Rose beklagt, „keine Zeitmaschine, die uns in die ferne Vergangenheit zurückbefördert“. Doch in jüngerer Zeit ist Bewegung in die Reihen geraten: Die Methoden der Molekularbiologie und raffinierte Computersimulationen haben vor allem junge Forscher zu völlig neuen Hypothesen ermutigt.

Ihre Ideen sind nicht gerade schmeichelhaft für jenen Teil der Menschheit, dessen Selbstbewußtsein vornehmlich am Mann-Sein hängt: Degradiert zu nützlichen Lieferanten von Erbmaterial,





SIE KOMMEN OHNE AUS

Einige Tier- und Pflanzenarten können unter Umständen auf Sex verzichten: Das Brunnenlebermoos bildet zur ungeschlechtlichen Fortpflanzung Brutbecher aus. Blattläuse vermehren sich – ausgenommen im Herbst – per Jungfernzeugung. Polypen schnüren durch Knospung Nachkommen ab



biologisch womöglich völlig überflüssig, müssen sich Väter und Faschingsprinzen, Machos und Malocher die Frage gefallen lassen: Ist der Mann ein Fehlgriff der Natur?

Warum, so mag mancher Phallusträger grübeln, steht nicht gleichberechtigt auch das andere Geschlecht zur Diskussion? „Männlich“ ist zunächst nichts als die Definition eines Geschlechts. „Männchen“ oder – menschlich gesehen – „Männer“ heißen jene Lebewesen die Samenzellen (bzw. bei Pflanzen Pollen) produzieren, kleine Keimzellen im Überschuß, Massenware, bei der die einzelne nicht viel zählt – es sei denn, sie gewinnt den Wettlauf zur Eizelle. 350 Millionen Spermien verschleudert der Mann bei einem Samenerguß. Wie viele mögen es beim Keiler sein, der auf einen Schlag einen halben Liter Ejakulat in die Vagina der Wildsau spritzt?

Die Existenz kleinerer Keimzellen unterstellt indes nicht nur, daß es auch größere, die Eier, gibt. Sie lenkt auch das (Unter-)Bewußtsein auf Verschmelzung und Befruchtung, auf Kopulation – aus männlicher Sicht alles notwendig für die Fortpflanzung. Mit den Augen der Männer betrachtet, könnten Frauen auch Auswüchse von Eiern sein, die neue Eier hervorbringen wollen und dazu Sperma brauchen.

Prinzipiell allerdings kämen die Eier auch ohne männliche Zutaten aus. Bei manchen Eidechsen etwa entwickeln sie sich tatsächlich ohne Samen: Weibchen machen Eier machen Weibchen machen Eier. Der französische Biologe E. Bataillon brachte 1910 Frosch-Eier lediglich durch Anstechen mit einer Nadel zur Entwicklung.

Das Weibliche kann somit als kontinuierlich, als ursprünglich angesehen werden. Damit kommt freilich auch eine Szene aus der biblischen Schöpfungsgeschichte ins Wanken: die Modellierung Evas aus der Rippe ihres späteren Gatten.

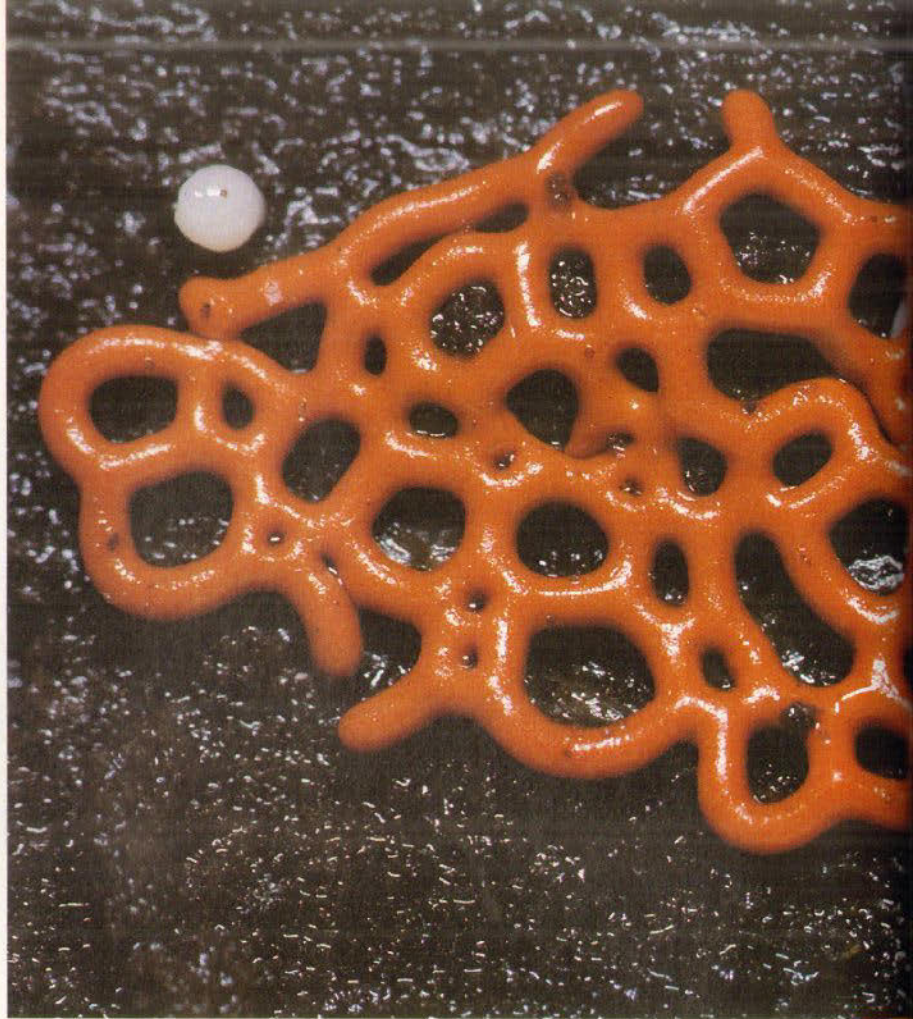
Nun lag zwischen Stammvater und Stammtisch eine gewisse Zeitspanne, und während dieser haben wir gelernt, mit der kleinen Ungereimtheit in Evas Lebenslauf und deren großen Folgen zu leben. Die Frage nach dem Sinn des Mannes ist lange keinem Mann in den Sinn gekommen. Denn eines steht fest:

Es gibt uns – zahlreich, schön und stark. Nach fast drei Milliarden Jahren eintönigen Lebens auf Erden ohne „richtigen“ Sex – also ohne Männchen – entwickelten sich die „höheren“ Lebewesen.

Damit gewann Oberhand, was das Bürgerliche Gesetzbuch schließlich „Beiwohnung“ nannte: Die Angehörigen von mehr als 99,9 Prozent aller Tier- und Pflanzenspezies praktizieren, *nolens volens*, irgendeine Art von Geschlechtsverkehr. Wenn sich etwas so eindeutig durchgesetzt hat, dann muß es wohl auch vorteilhaft sein.

Aber genau das ist es, was die naturwissenschaftlichen Denker und Deuter keineswegs als so ganz selbstverständlich hinnehmen. Obwohl zu beobachten ist, daß die Natur ihre bizarrsten Formen und scheinbar sinnlosesten Übertreibungen ausgerechnet im Zusammenhang mit dem Geschlechtlichen hervorbringt. Ob Hirsch-

Farne wechseln regelmäßig zwischen sexueller und asexueller Fortpflanzung: Die Myriaden Sporen in den Kapseln auf der Blattunterseite sind auf ungeschlechtlichem Wege entstanden. Aus ihnen wachsen Vorkeime heran, die sich sexuell fortpflanzen und in der nächsten Generation wieder sporentragende Wedel hervorbringen





Schleimpilze wie *Hemitrichia serpula* – sie kommen zum Beispiel auf verrottenden Baumstämmen vor – führen ein unübersichtliches Sexualleben: Zwar gehört jedes Individuum nur einem Geschlecht an, doch gibt es bei manchen Arten davon 13 unterschiedliche

SIE TREIBEN'S KOMPLIZIERT



geweih oder Pfauenschweif, ob Ohrring oder Orchideenblüte – kein Aufwand scheint zu groß zu sein für das eine und immer wieder das eine.

Das ist, schon Charles Darwin hatte daran zu knacken, nicht gerade zu erwarten in einem Evolutionsprozeß, der angeblich auf Optimierung abzielt. Darwin sah schließlich ein, daß die „natürliche Auslese“ allein nicht ausreicht, sämtliche Verhaltens- und Körperbauweisen zu erklären.

Schon 1839 hatte er hervorgehoben, daß Sex für Nachkommen Sorge, die sich von ihren Eltern unterscheiden. Erst dieser Unterschied ermögliche im Laufe von Generationen Anpassungen an veränderte Umweltbedingungen. Der Sex paßte dem Engländer somit ganz gut in sein Konzept, das er 1859 in seinem berühmten Werk „Über die Entstehung der Arten“ vorstellte. Weil aber nicht nur die Umweltbedingungen, sondern auch die Vorlieben von Sexpartnern bestimmte Merkmale fördern, formulierte Darwin 1871 seine Idee der „geschlechtlichen Auslese“.

Von den – wie stets im Lebendigen nicht seltenen – Ausnahmen abgesehen waren den Naturforschern vor allem zwei Ausleseprinzipien aufgefallen:

- Entweder ist Damenwahl angesagt. Dann lassen die fortpflanzungsbereiten Damen die Herren tanzen, sich schmücken oder singen (Stichlinge, Hähne, Heino);
- oder es herrscht männlicher Konkurrenzkampf. Dann schlagen sich die Männchen ums Weibchen (Hasen, Hirsche, Westernhelden).

Keine Kosten scheinen für die Begattung zu hoch zu sein. Manche Kreaturen stürzen sich sogar geradewegs in den Tod – allerdings immer nur jene, die als „männlich“ definiert sind. Bienenmännchen zum Beispiel praktizieren Kamikaze-Sex im Flug: Mit der Samenablieferung hauchen die Drohnen ihr Leben aus. Eine griffige Begründung für solches Verhalten formulierte 1891 der Deutsche August Weismann: „Ja, wenn es denn der Art-Erhaltung dient...“

Die Formel vom „Wohl für die Art“ entstand indes nicht aus Beobachtungen, sondern aus dem Bedürfnis, auch die sonderbarsten Verhaltensweisen irgend-

wie zu erklären. Das gelang Weismann so gut, daß sein geistiges Erbe noch heute in vielen Köpfen herumspukt – nach Ansicht der meisten Evolutionsforscher allerdings zu Unrecht.

Die sind überzeugt davon, daß den Individuen Abstraktes wie ihre eigene Spezies gleichgültig ist. Vielmehr will sich üblicherweise jedes einzelne Sex-Wesen fortpflanzen. Das aber gelingt nur denjenigen, die einen Partner finden – auf welche Weise auch immer. „Darwinsche Fitness“ heißt das Maß des Fortpflanzungserfolges im Deutsch der Soziobiologen. Diese nicht unbedingt mit Sportlichkeit gleichzusetzende Qualität mißt sich schlicht an der Zahl der fortpflanzungsfähigen Nachkommen, die ein Individuum in die Welt setzt. Diese Zahl wiederum hängt – auf längere Sicht – mit der Qualität des Erbguts zusammen. Und wahrscheinlich steckt im Erbmaterial die Lösung für das Rätsel der sexuellen Evolution:

Jedes Lebewesen trägt seinen Bauplan in sich. Solche Baupläne bestehen aus aneinandergereihten Genen, den Konstruktionsanweisungen für die Struktur- und Betriebsstoffe des Organismus. Seit der Stoff, aus dem die Gene sind, seit die Desoxyribonukleinsäure (DNS) bekannt ist, haben Biologen und vor allem Evolutionsforscher riesige Fortschritte gemacht – und eine komplizierte Geschichte aufgedeckt: Wenn sich Lebewesen vermehren, dann vermehren sie auch ihre Baupläne. Bakterien und einige Algen praktizieren die einfachste Form der Fortpflanzung: Erst verdoppeln sie ihre Erbmoleküle, dann teilen sie sich und verteilen ihre DNS auf – identische – Tochterzellen. Es entstehen Klone, Gruppen von Mehrlingen mit gleichen Eigenschaften (siehe Grafik „Mitose“ auf Seite 36).

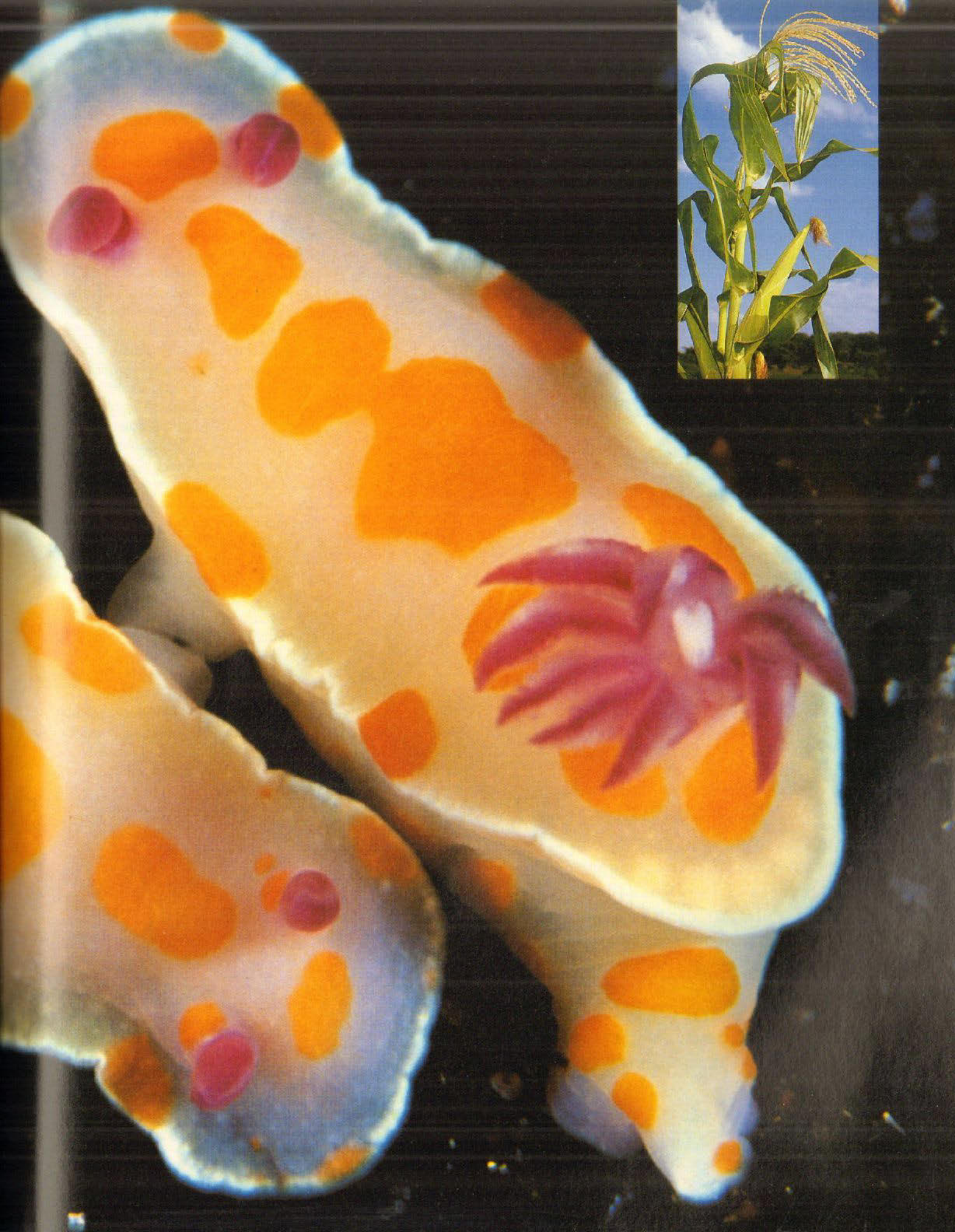
Gelegentlich kommt es zu einer zufälligen Veränderung eines Gens. Nur wenn eine solche „Mutation“ vorteilhaft ist, wenn sie etwa zu erhöhter Kältetoleranz führt, kann der Klon einen neuen Lebensraum besiedeln – oder sich an eine veränderte Umwelt anpassen. Durch gelegentlichen Austausch von Erbmaterial – zum Beispiel über „Konjugation“ – können Bakterien Mutationen weitergeben. Diese Strategien machten die „Primitiv“-Organismen sehr erfolg-

SIE KÖNNEN'S SO UND SO

Schnecken sind oft Männchen und Weibchen zugleich. Solche Zwitter bilden sowohl Eier wie Sperma. Die meisten Pflanzen sind ebenfalls von beiderlei Geschlecht und besitzen sowohl pollentragende Staubgefäße als auch Fruchtknoten mit Eizellen. Ebenso der

Mais. Doch bei ihm reifen weibliche und männliche Keimzellen zu unterschiedlichen Zeiten. Eine Pflanze kann sich daher nicht selber bestäuben





reich: Kaum ein Ort auf der Erde blieb frei von Bakterien. Ein Grund dafür ist auch deren dichte Generationenfolge: Manche dieser Ur-Wesen können sich alle 20 Minuten teilen.

Bei Organismen mit sehr viel längeren Generationswechseln reichten solche Anpassungsmechanismen allein vermutlich nicht aus. Erst nachdem ein neuer Weg gefunden worden war, mit vorteilhaften Mutationen umzugehen, konnten sich kompliziertere mehrzellige Lebewesen entwickeln, bis hin zum Menschen. Und dieser neue Weg war der Sex.

Bereits vor mehr als einem halben Jahrhundert formulierten Wissenschaftler Erklärungen, die für den Erfolg der

Sexualität lange Zeit als hinreichend galten: Sie sorgt für die Durchmischung des Erbguts zweier Individuen.

Das ist bei Sex-Wesen anders organisiert als bei Bakterien und Blaualgen: Die DNS-Moleküle sind zu Chromosomen aufgewickelt. Keimzellen sind „haploid“: Sie tragen jeweils nur einen Satz von Chromosomen. Nach der Verschmelzung der Keimzellen paaren sich einander entsprechende Chromosomen von Mann und Frau in der nun Zygote genannten befruchteten Eizelle. Aus dieser Zygote wächst bei Tier und Mensch der Organismus heran mit doppeltem („diploidem“) Chromosomensatz in jeder Körperzelle. Wenn es aber darum geht, den Chromosomensatz so zu re-

duzieren, daß Ei- und Samenzellen wieder haploid sind, dann wird Sex erst richtig kompliziert:

Bei der Meiose, dem Schlüsselvorgang der Sexualität werden die Chromosomen durch zwei Zellteilungen, die „Reduktionsteilungen“, getrennt und auf die haploiden Ei- oder Samenzellen der nächsten Generation verteilt – nach einem Zufallsprinzip (siehe Grafik „Miose“ auf Seite 36). Beim Menschen gibt es angesichts seiner 23 Chromosomenpaare bei jeder Meiose über acht Millionen Möglichkeiten, Chromosomen zu kombinieren. Da auch durch Überkreuzen der Chromosomenstränge – das sogenannte „Crossing over“ – Erbmaterial ausgetauscht werden kann, ist die mögliche Zahl unterschiedlicher Nachkommen praktisch unendlich.

Durchmischung und zufällige Neukombination des Erbgutes aber bewirken, so argumentierte schon 1930 der Engländer Ronald Fisher, daß Mutationen regelmäßig zusammengebracht werden. Weil dabei bisweilen auch zwei vorteilhafte Eigenschaften kombiniert werden, können Sex-Wesen neue Anpassungen sehr viel schneller erreichen als Asexuelle.

Noch entscheidender wirkt sich vermutlich die Verdoppelung der Erbsubstanz aus, die „Diploidie“: Falls ein Gen durch Mutation verändert wird, kann oft das andere seine Aufgabe mit überneh-



SIE VERKEHREN RAFFINIERT

Wer genetisches Material austauschen will, muß schon über einige Tricks verfügen: Seepocken überreichen ihrer Partnerin die Spermien mit einer dehnbaren Röhre. Bakterien, die sich durch Teilung vermehren, treiben eine Art Ur-Sex: Sie können über Pili genannte Röhren Erbgut transferieren



men. Dadurch bleiben auch mutierte Gene erhalten. Das hat den Nachteil, daß geschädigte Gene von Generation zu Generation „mitgeschleppt“ werden. Der Vorteil der Diploidie aber tritt zutage, wenn sich die Lebensumstände – also Mit-Lebewesen oder Umwelt – ändern. Dann können solche „versteckten“ Mutationen sich als nützliche Reserve erweisen, die eine schnelle Anpassung ermöglicht.

Die Stichhaltigkeit der angeführten Argumente sowie die Vorstellung vom „Wohl für die Art“ ließen die Debatte um den Sex lange Zeit ruhen. Erst in den sechziger Jahren begannen die Diskussionen um die Widersprüche, die schließlich die Sexualität als Erfolgsrezept – und damit auch das Prinzip Mann – grundsätzlich in Frage stellten:

- Wie konnte sich etwas so Kompliziertes wie die Reifeteilung – Voraussetzung für Sexualität – überhaupt entwickeln? Die Natur konnte ja von späteren Vorteilen nichts „wissen“.
- Wenn die Durchmischung der Gene so wichtig ist, wie konnten sich Zwitter, zweigeschlechtliche Organismen, behaupten, die sich manchmal sogar selber befruchten?
- Zu welchem Zweck müssen Männchen, wenn sie schon notwendig sind, voll ausgebildet sein? Es würde doch, wie bei einigen Tiefseeanglerfischen ein samenlieferndes Anhängsel des Weibchens reichen.
- Warum kommen manche Arten zeitweise, andere sogar völlig ohne Sex aus?

Es mag Zufall gewesen sein, daß die Sex-Frage ausgerechnet durch Forschungen an Tieren vorangebracht wurde, die es mit der Männlichkeit scheinbar nicht so genau nehmen: In den späten sechziger Jahren untersuchte ein junger Biologe in Kalifornien Nacktschnecken, die sowohl Männchen als auch Weibchen sind, sogenannte Hermaphroditen. Warum, fragte sich Michael Ghiselin damals, leisten sich diese Zwitter den Luxus, zwei Geschlechtsapparate mit sich herumzutragen?

Für seine Schnecken fand Ghiselin eine Erklärung: Sie bewegen sich langsam und treffen in ihrem dünn besiedelten marinen Lebensraum nur selten auf Artgenossen. Um sich dennoch fortpflanzen zu können, befruchten sie sich selber

– allerdings nur, wenn sie keinen Partner finden. Begegnen sich zwei, dann kopulieren sie auch.

In seinem Dachlabor im Naturkundemuseum von San Francisco erinnert sich Ghiselin daran, wie er die Ökonomie auf die Biologie anzuwenden begann: „Auch in der Natur herrscht das Prinzip des Wettbewerbs.“ Wenn es dem Individuum diene, unterstütze dieses auch seine Artgenossen. Biete sich jedoch dem einzelnen eine Chance, seine Fitness zu erhöhen, suche der auch seinen Vorteil.

Solange eine Nische noch Platz bietet, etwa bei günstigem Nahrungsangebot, reicht die unkomplizierte asexuelle Fortpflanzung aus. Der Biologe erklärt das anhand einer Marktsituation: Sind Autos Mangelware, dann reicht es aus, einen einzigen Typ herzustellen, selbst wenn es ein Trabbi ist. Der Verkaufserfolg ist sicher. Für einen reich

beschiedenen Markt aber müssen sich die Hersteller etwas einfallen lassen, wenn sie mehr Autos verkaufen wollen. Konkurrenz fördert die Diversität. Und genau für die sorgt auch der Sex.

Damit läßt sich erklären, weshalb sich manche Arten zeitweise asexuell fortpflanzen. Bei reichem Nahrungsangebot verzichten sie auf Sex: Die Weibchen der Blattläuse etwa können ihre Eier ohne Befruchtung sich entwickeln lassen. In knappen Zeiten hingegen setzen sie auf Kopulation und Befruchtung.

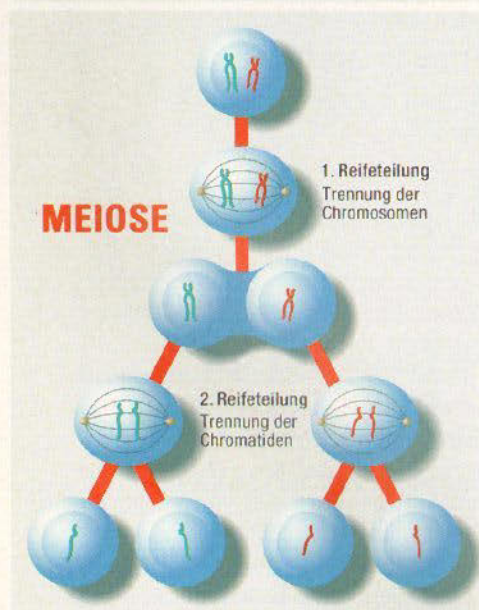
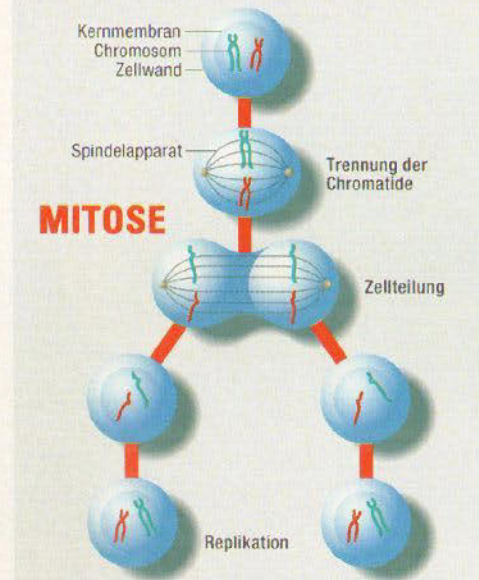
Ökonomisch lassen sich die Vorteile der Sexualität ja vielleicht ebenso erklären wie der Umstand, daß sich in bestimmten Fällen der Verzicht auf Sex lohnt. Doch die Frage, warum sich die Geschlechtlichkeit überhaupt entwickelt hat, die Frage nach der „Erfindung“ des Mannes also, bleibt ungeklärt. „Es kann ja sein“, orakelt Michael Ghiselin, „daß



Männchen der Anglerfische sind zu Anhängseln ihrer Gattinnen geschrumpft. So umgehen sie die in der lichtlosen Tiefsee schwierige Partnersuche, deren Mißerfolg die Art gefährden würde

Bevor eine Mutterzelle sich durchschnürt, läuft die Kernteilung – die Mitose – ab. Sie ist Grundlage jeglichen Wachstums

ZWEI WEGE DER TEILUNG



Bei der Reifeteilung – der Meiose – wird die Zahl der Chromosomen in den Keimzellen auf die Hälfte reduziert

Sex aus einem ganz anderen Grunde entstanden ist, als er sich später durchgesetzt hat.“

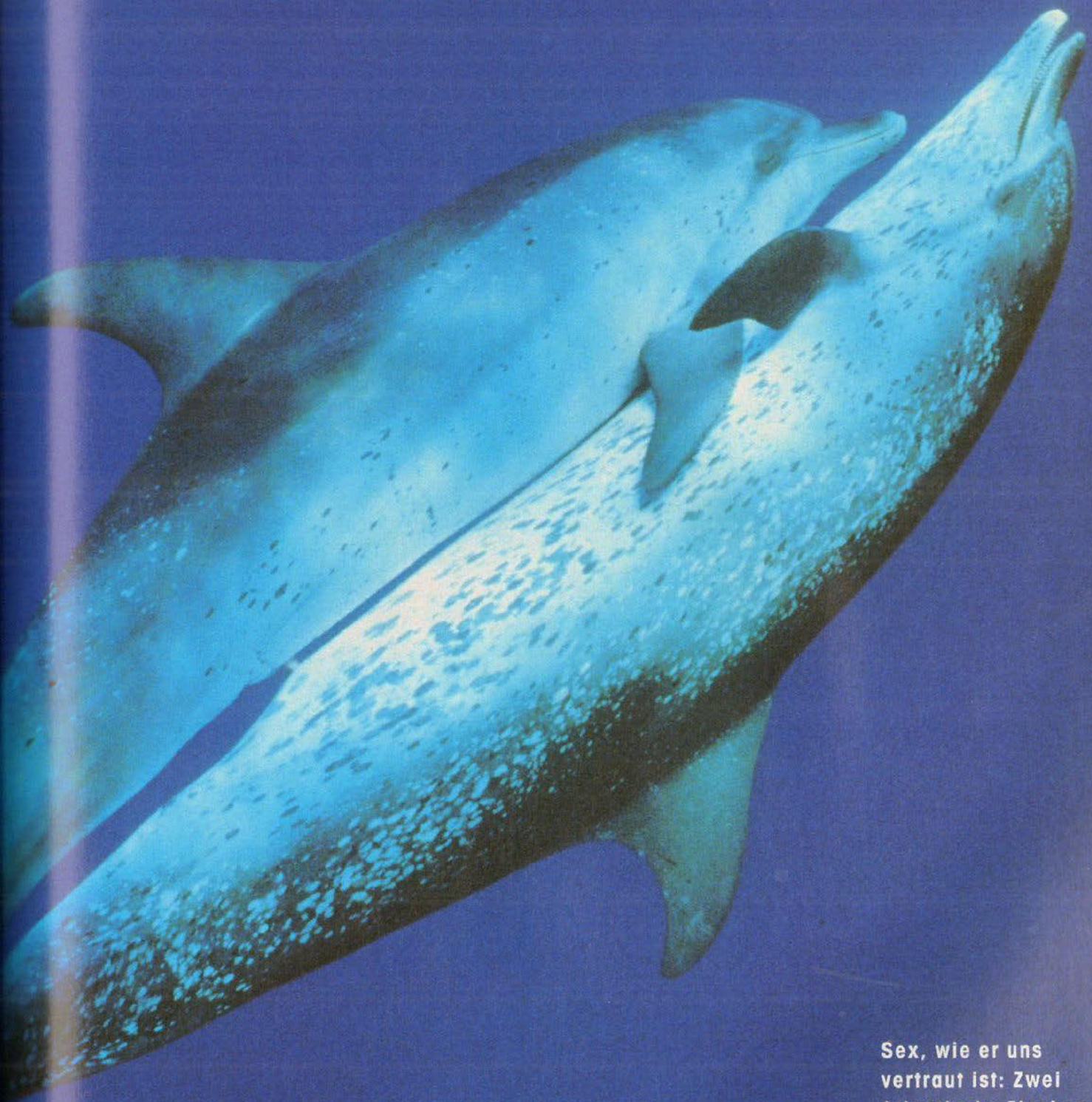
Rick Michod und seine Kollegen von der University of Arizona in Tucson versuchen, die Entstehung der Sexualität mit einem uralten Mechanismus zu er-

klären: Eine wichtige Funktion des Sex sei die Reparatur defekter Erbsubstanz. Tatsächlich existieren in allen Organismen solche Reparaturmechanismen für DNS, auch in Bakterien. Diese Ur-Wesen konnten vermutlich nur überleben, weil sie defekte DNS-Stücke gegen intakte auszutauschen „lernten“. Denn zu Beginn der Evolution war die irdische Atmosphäre noch ohne Ozonschicht, und die Lebewesen standen unter dem Dauerbeschuß des UV-Lichts, das die Erbsubstanz zerstören kann.

Diese mögliche Geburtsstunde des Sex wiederholte Michod im Experiment: Er brachte Bakterien durch künstliche UV-Bestrahlung dazu, vermehrt „frische“ DNS aus ihrer Nährlösung aufzunehmen. Bestimmte DNS-Stücke erwiesen sich dabei als Überlebensmittel – sie erhöhten die Widerstandskraft gegenüber der Strahlung. Michod vermutet, daß diese Vorform der Sexualität der erste Schritt auf dem Weg zum Mann gewesen sei – als einem Vorratslager für Gene, dessen sich die Frau pro Generation einmal bedient. „Auch DNS wird alt“, erklärt er, „und durch Sex wird sie immer wieder verjüngt.“ Das ließe auch die von vielen Pflanzen bevorzugte Selbstbefruchtung sinnvoll erscheinen. Denn auch ihr geht eine Meiose voraus, bei der – durch Crossing over – Erbmaterial ausgetauscht wird.

Viele der Enzyme, die für die Meiose notwendig sind, stammen von DNS-Reparaturenzymen in Bakterien ab. Lynn Margulis von der University of Massachusetts ist davon überzeugt, daß sich Vorformen der Meiose in solchen zur DNS-Reparatur fähigen Bakterien entwickelt haben – durch eine Art Kannibalismus: Wenn ein Bakterium sich ein anderes einverleibt, aber nicht verdaut hätte, so wäre das der erste Schritt zur Verdopplung des Erbmaterials.

Die Meiose entwickelte sich laut Margulis, damit die doppelte Erbsubstanz



Sex, wie er uns
vertraut ist: Zwei
Atlantische Flecken-
delphine unterschied-
lichen Geschlechts
finden sich und kopu-
lieren miteinander

SIE PAAREN SICH WIE WIR



DER LOHN DES SEX

So unterschiedlich sie äußerlich sind, so sehr ähneln die Eier der Tiere einander im Aufbau: Ein Zellkern, ist von nährstoffreichem Dotter umgeben. Daraus bezieht der Embryo die Energie für seine Entwicklung. Anders als die Samenzellen können sich Eizellen somit im Prinzip ohne eine Befruchtung entwickeln

sich wieder aufteilen konnte. Dadurch sei der Zyklus zwischen haploid und diploid entstanden.

Dadurch aber konnten sich die Ursex-Organismen an zyklische Veränderungen der Umwelt – etwa an die Jahreszeiten – anpassen: Unter harten Bedingungen herrschte Diploidie mit Reserve-DNS. Die Meiose sorgte wieder für Haploidie, wenn schnelle Reproduktion möglich war. Und dieser Anpassungsvorteil würde auch den Erfolg der Sex-

Wesen erklären – und letztendlich die Notwendigkeit des Mannes, wenn auch nur als „Lager“ zur Bereithaltung der genetischen Redundanz.

Aber nicht einmal diese Rolle will das Team um Michael Rose von der University of California in Irvine uns Männern zugestehen. Rose und sein Kollege Donal Hickey in Kanada bestreiten, daß Sex ursprünglich irgendwelche evolutionären Vorteile gebracht habe. Aus Computersimulationen des Evo-



SCHILDWANZEN-BRUT



SCHMETTERLINGS-PUPPEN



PFERDEBREMSE-GELEGE



RUSSELKÄFER-EI



PILZKÄFER-PUPPEN

lutionsvorgangs schließen sie vielmehr, daß „egoistische Gene“ den Ur-Sex der Bakterien „erzwungen“ haben, um ihre eigene Verbreitung zu sichern. Die Biologen denken dabei an sogenannte springende Gene, an „Transposone“, die vermutlich in allen Lebewesen vorkommen.

Michael Rose behauptet, mit den existierenden Modellen wären alle Phänomene des Sex nicht zu erklären: „Die traditionelle Evolutionsforschung ignoriert die Moleküle. Deshalb untersuchen wir die Ebene unterhalb der Organismen.“ Damit befindet Rose sich in der Gesellschaft einiger Soziobiologen, die zwar gemäß Darwin die Evolution von Verhaltensweisen nach den Prinzipien der natürlichen Auslese erklären, aber auf dem Niveau der Gene.

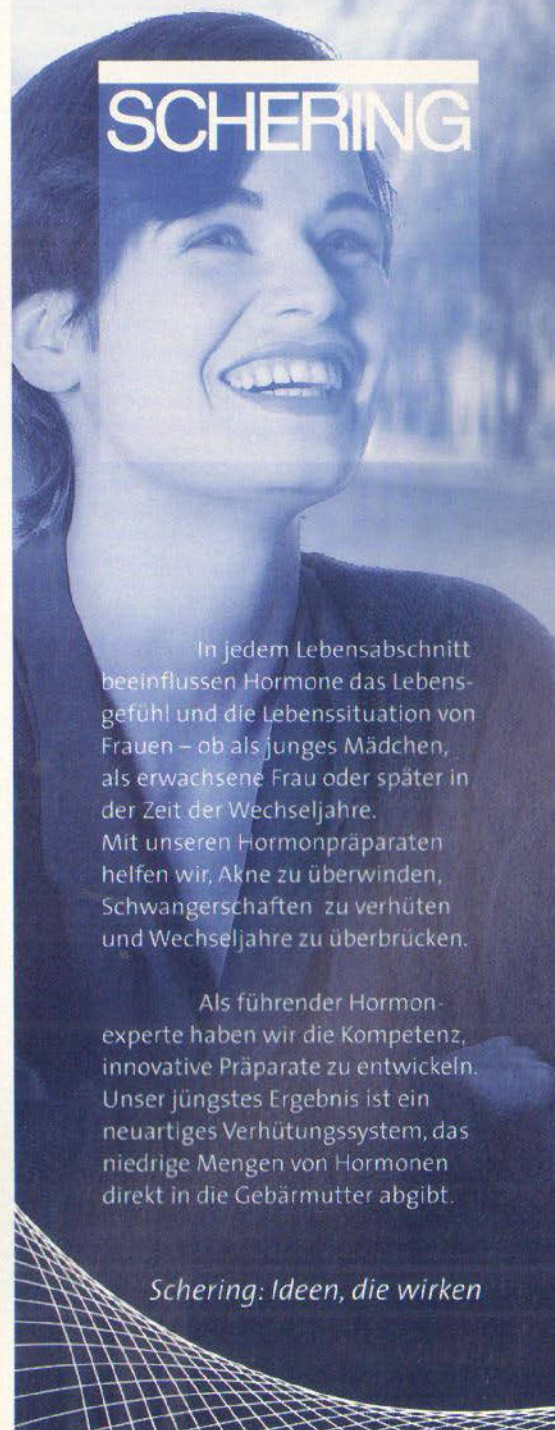
Man müsse die Erbsubstanz ernst nehmen, sagt Rose, vor allem die Transposone: Diese genetischen Schmarotzer machten Sex zu einer Art Krankheit. Spermien seien wie Krankheitserreger, die Eizellen befallen. „In diesem Zusammenhang“, fügt der junge Mann hinzu, „können Männer als parasitische DNS betrachtet werden.“

Folgt aus alledem, daß Frauen auf Männer verzichten könnten? Mag ja sein, daß manche davon träumen. Doch in den letzten Jahren hat sich immer deutlicher herausgestellt, daß Schnecken, Amphibien oder Reptilien sich nicht als Beispiele fürs Menschliche eignen: Der Mann sollte sich eher die Maus zum Wappentier machen. Denn zumindest bei (Labor-)Mäusen entwickeln sich die Eier nur durch männliche Zutaten. Offenbar wird bei allen Säugetieren das Erbgut unterschiedlich „geprägt“, „männliches“ und „weibliches“ Erbgut liefern in den Keimzellen nicht nur mehr Information, sondern nehmen auch bei der Embryonalentwicklung teilweise unterschiedliche Aufgaben wahr. Und daraus folgt der Marburger Biologe Ulrich Petzoldt: „Säugetierbabys brauchen immer einen Vater.“

Gott sei Dank. □

Jürgen Neffe, 41, war viele Jahre Redakteur von GEO und GEO-Wissen. Inzwischen arbeitet er als Korrespondent des „Spiegel“ in New York.

Nicht selten sorgen wir für gute Stimmung



SCHERING

In jedem Lebensabschnitt beeinflussen Hormone das Lebensgefühl und die Lebenssituation von Frauen – ob als junges Mädchen, als erwachsene Frau oder später in der Zeit der Wechseljahre. Mit unseren Hormonpräparaten helfen wir, Akne zu überwinden, Schwangerschaften zu verhüten und Wechseljahre zu überbrücken.

Als führender Hormonexperte haben wir die Kompetenz, innovative Präparate zu entwickeln. Unser jüngstes Ergebnis ist ein neuartiges Verhütungssystem, das niedrige Mengen von Hormonen direkt in die Gebärmutter abgibt.

Schering: Ideen, die wirken

DIE KURIERE DER BEGIERDE

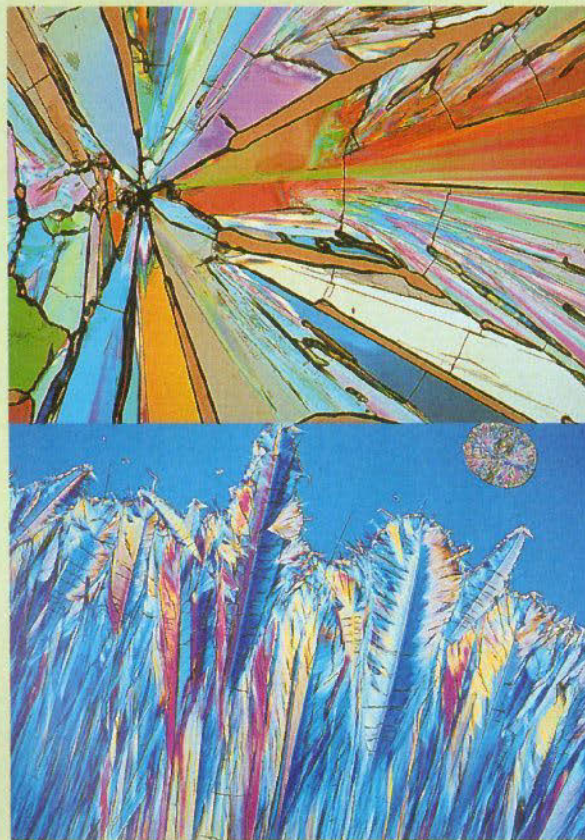
Die ersten Wochen im Mutterleib erlebt jeder Mensch als Zwitterwesen. Erst im zweiten Monat nach der Verschmelzung von Ei- und Samenzelle beginnen die Keimdrüsen des Embryos, Botenstoffe – Hormone – zu bilden. Damit offenbart sich der „kleine Unterschied“.

Wie „klein“ dieser Unterschied mengenmäßig ist, führte der deutsche Chemiker und Nobelpreisträger Adolf Butenandt 1931 vor: 15 000 Liter Männerurin – gesammelt in Polizeikaserne – mußte er aufbereiten, um schließlich wenige Tausendstelogramm des „männermachenden“ Hormons Androsteron zu gewinnen. Ebenso aufwendig war die Suche nach dem weiblichen Botenstoff Progesteron. Butenandt benötigte die Eierstöcke von 50 000 Säuen, um nur wenige Kristalle dieses Sexualhormons zu isolieren.

Sexualhormone steuern während der Embryonalentwicklung die Bildung der „primären“ Geschlechtsmerkmale wie Hoden oder Eierstöcke. In der Pubertät regulieren sie die Anlage „sekundärer“ Geschlechtsmerkmale wie Schamhaare oder Brüste. Bis ins hohe Alter beeinflussen sie die Funktionen des Körpers – nach Meinung vieler Wissenschaftler sogar die des Gehirns, somit auch das Verhalten.

Der Blutstrom befördert die Sexualhormone zu ihren Adressaten, den unterschiedlichen Körperzellen. Doch

Sexualbotenstoffe strömen in winzigen Mengen durch unseren Körper – steuern unser Verhalten und insbesondere das Geschlechtsleben



Testosteron (oben: Aufnahme eines Hormonkristalls) sorgt beim Mann, das Östrogen Östriol (unten) bei der Frau für die Ausbildung sekundärer Geschlechtsmerkmale wie Bartwuchs und Brust

nicht alle Empfänger „verstehen“ alle Botschaften. Eine Zelle hält nur die Moleküle fest, deren chemische Struktur sie erkennt. Dazu dienen sogenannte Rezeptoren, Eiweißmoleküle im Zellinneren. Verbindet sich die

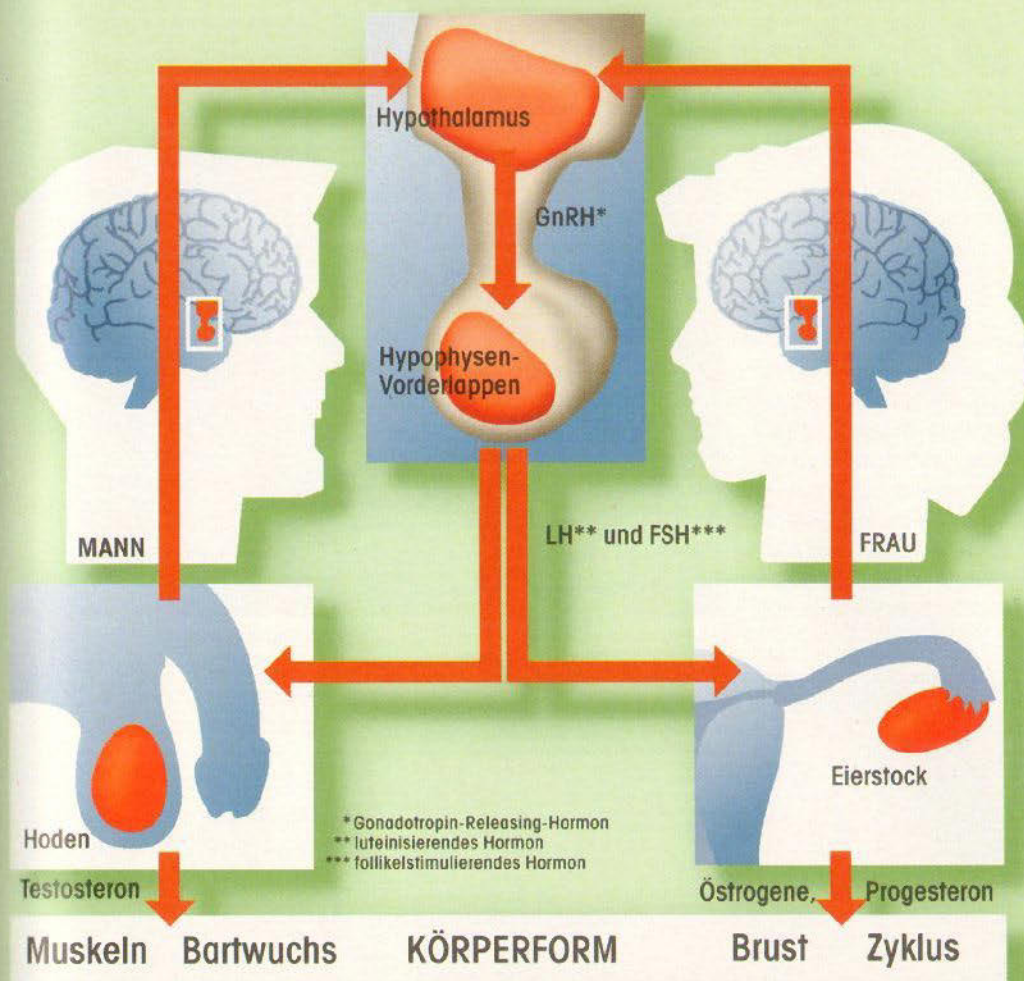
passende Signalsubstanz mit einem Rezeptor, so löst sie in der Zelle eine Reaktion aus – vergleichbar dem Starten eines Autos durch den passenden Zündschlüssel.

Auf dreierlei Weise startet das von den Keimdrüsen gebildete und dem im Urin nachweisbaren Androsteron chemisch sehr ähnliche Testosteron das Programm, das den zwitterigen zum männlichen Embryo macht:

- Aus den „Wolff’schen Gängen“ entwickeln sich Samenleiter, Nebenhoden und Samenbläschen.
- Der „Geschlechtshöcker“ wird zum Penis.
- Die Keimwülste schließen sich zum Hodensack.

Durch ein zweites Hormon, den „Müllerschen Hemmstoff“, verkümmern die „Müllerschen Gänge“, die sonst zu Eileiter, Gebärmutter und Scheide würden. Fehlt Testosteron, wird der Geschlechtshöcker zur Klitoris, bilden die Keimwülste die äußeren Schamlippen und reifen die Keimdrüsen zu Eierstöcken heran. „Männlein werden ist ein aktiver Vorgang“, meint dazu augenzwinkernd der Göttinger Endokrinologe Wolfgang Wuttke, „Weiblein wird man von allein.“

Nach dieser Differenzierung tritt in der Entwicklung der Geschlechtsmerkmale eine lange Pause ein – weit über die Geburt hinaus. Erst in der Pubertät setzt eine stürmische Hormonproduktion die Ausbildung der „sekundären Geschlechtsmerkmale“ in Gang. Bei Mädchen



Der Regelkreis der Sexualhormone beginnt im Hypothalamus, einer Hirnregion, die über eine Zwischenstation die Keimdrüsen stimuliert. Deren Botenstoffe beeinflussen auf vielfältige Weise Körper und Psycho. Zugleich wirken sie wieder auf das Gehirn zurück

produzieren die Eierstöcke jetzt Östrogene, die Brüste und Schambehaarung feminin prägen und für abgerundete weibliche Körperformen sorgen. Bei Jungen baut Testosteron Muskeln auf und läßt Bart und Körperhaare sprießen. Auf die Kopfhaarung wirkt es allerdings hemmend: Sind Kopfhaare erst einmal ausgefallen, wächst aus den Wurzeln höchstens noch Flaum nach. Ergebnis: So manches Männerhaupt lichtet sich.

Testosteron entfaltet seine volle Wirkung nur, wenn es in Dihydro-Testosteron (DHT) umgewandelt wird. Versagt – als Folge eines Erbfehlers – das Enzym, das diese Umwandlung besorgt, dann durchleben die betroffenen, genetisch männlichen

Kinder eine kuriose Jugend. Über 24 solcher Fälle berichtete 1974 die amerikanische Wissenschaftlerin Julianne Imperato-McGinley aus einem Dorf in der Karibik: Dort kommen „Mädchen“ mit inneren Hoden zur Welt. Erst während der Pubertät,

beim zweiten Testosteron-Schub also, entwickeln sie sich zu zeugungsfähigen Männern. Ihnen wachsen Hodensack und Glied.

„Penis-mit-Zwölf“ nennen die Dorfbewohner dieses Phänomen, das sich – wie andere genetische Besonderheiten, etwa Albinismus – in isolierten Gemeinschaften häufen kann.

Obwohl die „Penis-mit-Zwölf“-Kinder zum Teil als Mädchen erzogen werden, verhalten sie sich nach der hormongesteuerten „Geschlechtsumwandlung“ meist wie Männer. In eine psychische Krise geraten sie anscheinend nicht.

Seit einigen Jahren sorgen sich Ärzte und Toxikologen, daß die delicate Balance der Geschlechtsbotenstoffe bei

vielen Kindern bereits im Mutterbauch kippen könnte – durch weitverbreitete Industriechemikalien, die wie Hormone wirken oder deren Wirkung blockieren.

Forscher wie Niels E. Skakkebaek von der Kopenhagener Universitätsklinik vermuten, daß die in manchen Regionen registrierte Abnahme der Spermienzahl im Ejakulat sowie die gestiegene Zahl von Leistenhoden, Penismißbildungen und Hodenkrebs auf jene künstlichen Östrogene zurückgehen. Auch bei Frauen zeitigt der Eingriff in die endokrine Regulation womöglich fatale Folgen: Die „Pseudohormone“ sollen für Fertilitätsstörungen und Brustkrebs verantwortlich sein.

Als potentiell östrogenartig haben Wissenschaftler etwa 100 Substanzen identifiziert: Pestizide, Dioxine, Polychlorierte Biphenyle, die als Hydrauliköl und Isolierflüssigkeit dienen, Weichmacher in Kunststoffen und Abbauprodukte von Tensiden, die tonnenweise Wasch- und Putzmitteln, Kosmetika und Farben beigemischt werden. Auch wenn in vielen Fällen lediglich Indizien und keine Beweise für einen Zusammenhang vorliegen, ist Skakkebaek doch alarmiert: „Hier steht die Warnung an der Wand, daß mit der Fortpflanzungsfähigkeit junger Männer etwas schief läuft.“

Welche Konsequenzen ein Mangel an männlichen Hormonen beim Erwachsenen hat, davon konnten Haremswächter ein Lied singen:

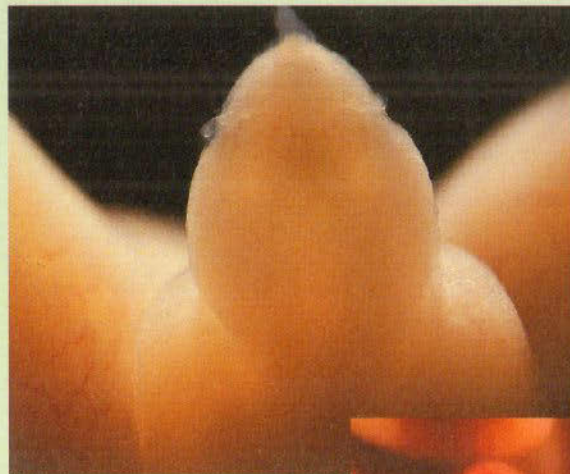
Fehlt Testosteron, dann versiegt nicht nur die Lust. Auch die Stimmlage erhöht sich in feminine Bereiche. Orientalische Herrscher machten sich das schon im Altertum zunutze: Sie betrauten nur jene „Männer“ mit dem Posten des Haremswächters, denen die Hoden – die Produktionsstätten des „Lusthormons“ – abgeschnitten waren.

Hierzulande sagt der Volksmund mit dem Spruch „Wo viel Haar ist, ist viel Liebe“ stark behaarten Frauen einen regen Sexualtrieb nach. Diese Erfahrung ist tatsächlich physiologisch begründbar: Auch Eierstöcke und Nebennieren der Frau bilden Testosteron.

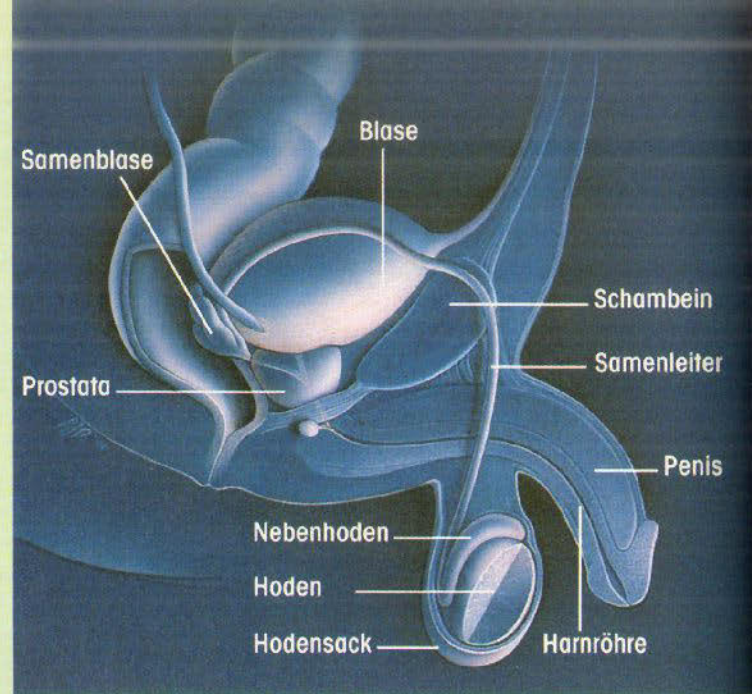
Doch auch nichtsexuelles Verhalten wird von Sexualhormonen beeinflusst, wie die Hamburger Forscher Kerrin Christiansen und Rainer Knußmann berichteten. Die Psychologin und der Anthropologe hatten untersucht, ob die Höhe des Testosteron- und die des DHT-Spiegels im Blut Einfluß auf die männliche Aggressivität haben. Sie fanden einen schwachen, aber statistisch gesicherten Zusammenhang: Je mehr, desto wilder.

In einer anderen Studie wurde die mathematische Begabung von 50 000 nordamerikanischen Schülern auf die Probe gestellt. Auch hier zeigten sich geschlechtsspezifische Unterschiede: Unter den als hochbegabt eingestuften 12- bis 13jährigen waren 13mal mehr Jungen als Mädchen.

Vergleichbare Studien in Deutschland und China ergaben ähnliche Tendenzen. Der bereits verstorbene Neurologe Norman Geschwind von der Harvard Medical School war überzeugt, diese Unterschiede seien auf Testosteron zurückzuführen.



Einige Forscher vermuten schon lange, daß Hormone die Gehirnfunktion beeinflussen. Schließlich sind Nerven- und Hormonsystem eng miteinander verwoben. Die Schaltzentrale zwischen beiden ist der Hypothalamus, eine kleine Zwischenhirnregion (siehe Grafik auf Seite 41). Hier, wo Nervenimpulse in chemische Signale umgewandelt werden, beginnt eine komplizierte Nachrichtenkaskade: Bestimmte chemische Signalsubstanzen steuern die unter dem Hypothalamus gelegene Hirnanhangsdrüse – die Hypophyse.



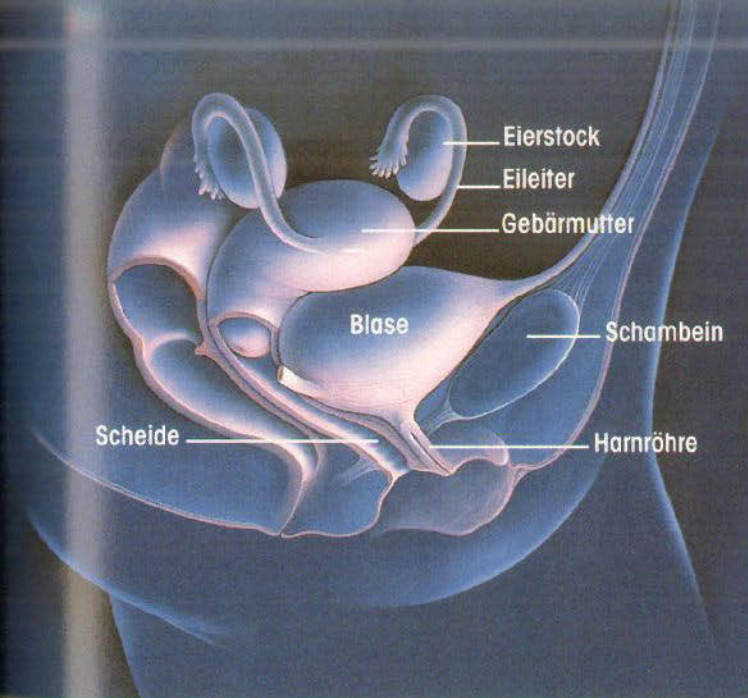
In der Pubertät setzt eine stürmische Hormonproduktion ein. Die Geschlechtsorgane reifen aus, und aus Kindern werden zeugungsfähige Männer und Frauen

Gleich zwei Arbeitsgruppen konnten diese Releasing-(Freisetzungs-) Hormone identifizieren – das erste isolierten sie Ende der sechziger Jahre. In ihrem Wettlauf verbrauchten Roger Guillemin und Andrew Schally dabei mehr als eine Milli-



Männlein werden ist ein aktiver Vorgang: Im zweiten Schwangerschaftsmonat startet Testosteron die Entwicklung des Penis (links, 16. Schwangerschaftswoche) und der Hoden (rechts, 13. Woche)

on Hirne von Schweinen und Schafen. Beide erhielten für ihre Arbeiten 1977 den Nobelpreis. Sie hatten unter anderem das „Chefhormon“ der Sexualität entdeckt, das Gonadotropin-Releasing-Hormon (GnRH). Dieses GnRH regt den „Vorderlappen“ der Hypophyse an, zwei weitere Hormone freizusetzen: das luteinisierende Hormon (LH) und das fol-



leitete in den sechziger Jahren eine Revolution in der Geschlechterbeziehung ein. Mit einem eleganten pharmakologischen Trick setzten Wissenschaftler jene Rückkopplung außer Kraft: Eine tägliche Zufuhr von Östrogen und Progesteron über die

„Pille“ gaukelt der „Kommandozentrale“ Hypothalamus permanent eine Schwangerschaft vor, verhindert auf diese Weise den Eisprung und damit zugleich eine Empfängnis.

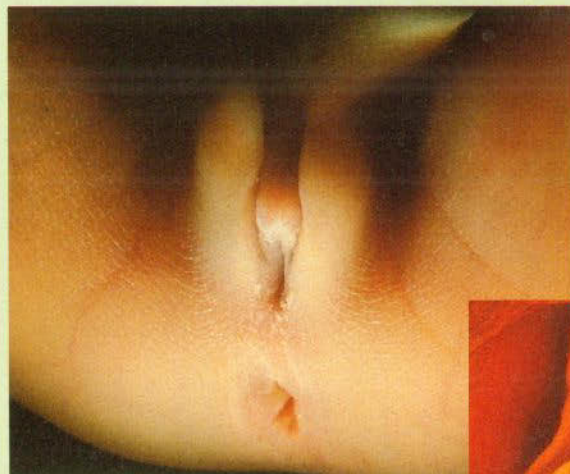
Auch an einer „Pille für den Mann“ arbeiten Pharmakologen seit Jahren. Diese „Befruchtungsverhütung“ ist jedoch ungleich problematischer als die Empfängnisverhütung. Denn während die Pille einen natürlichen Vorgang nachahmt – die Unterdrückung des Eisprungs während der Schwangerschaft –, müsste die „Männerpille“ eine Quelle austrock-

likelstimulierende Hormon (FSH).

Diese beiden Botenstoffe, von der Hypophyse im Vier-Stunden-Rhythmus in die Blutbahn entlassen, regulieren die Tätigkeit von Hoden und Eierstöcken. Der „kleine Unterschied“: Die LH- und FSH-Spiegel im weiblichen Körper schwanken außerdem in einem monatlichen Takt.

Im männlichen Körper steuern LH und FSH die Bildung der Spermien und des Testosterons. Bei der Frau kontrollieren diese Hormone den Menstruationszyklus. Vereinfacht gesagt, leitet FSH die Eireifung ein und kurbelt im Eierstock gemeinsam mit LH die Östrogenproduktion an. Östrogen wiederum veranlaßt ungefähr einen Tag vor dem Eisprung die Hirnanhangsdrüse, vermehrt LH freizusetzen. LH seinerseits ruft den Eisprung hervor: Das reife Eibläschen – der Follikel – platzt, und das Ei springt in den Eileiter.

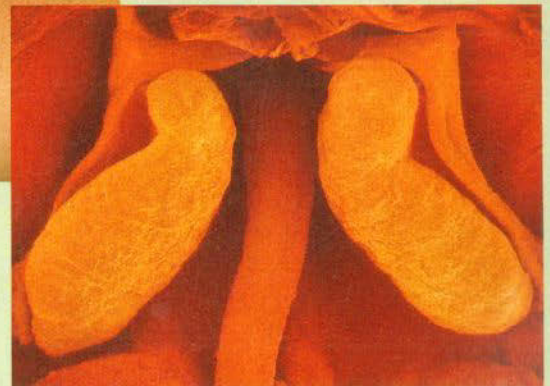
Der Rest des Follikels wandelt sich zum „Gelbkörper“, dessen Farbe sich durch eingelagerte Fetttropf-



chen bildet. Dieser produziert nunmehr Progesteron, das über das Blut dem Hypothalamus die Veränderungen meldet – eine „Rückkopplung“. Der Hypothalamus bremst daraufhin in der Hypophyse die LH-Freisetzung.

Bleibt das Ei unbefruchtet und nistet sich nicht ein, nehmen binnen weniger Tage die Konzentrationen von Progesteron und Östrogen im Blut stark ab. Die Folge: Die Gebärmutter stößt die Außenschichten ihrer Schleimhaut ab, es kommt zur Regelblutung.

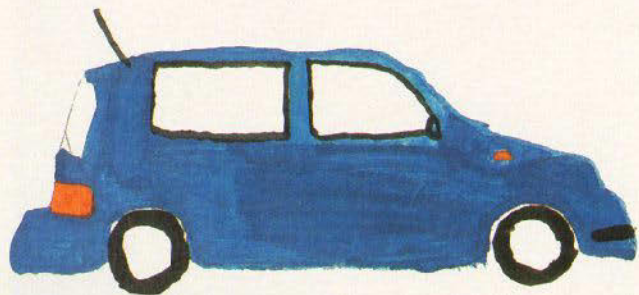
Die Aufklärung dieses komplizierten Regelkreises



Weiblein wird man von allein: Bleibt das Testosteron-Signal aus, wird der Geschlechtshöcker zur Klitoris, entstehen aus den Keimwülsten Schamlippen (links). In der elften Woche haben sich bereits winzige Eierstöcke gebildet

nen, die beim gesunden Mann nie versiegt: die Hoden an der Bildung von 100 Millionen Spermien pro Tag hindern.

Zwar wäre es denkbar, die Ausschüttung von Testosteron zu stoppen, das für die Spermienbildung notwendig ist. Mit den Spermien schwände allerdings die Lust. Und da wäre denn doch das Kind mit dem Bade ausgeschüttet. *Horst Rose*





Generation Golf 





FATALER FRÜHSTART INS LEBEN

FRÜHSTGEBORENE

Als ob er Halt suchte in einer Welt, für die er noch nicht reif ist, ergreift der Winzling das Kabel in seinem Brutkasten. Dank Intensivmedizin kommen heute selbst Kinder durch, die vier Monate zu früh geboren werden. Eltern und Ärzte stehen dabei vor der Frage: Ist das Überleben jeden Preis wert – auch den einer schweren Behinderung?

Es ist kurz vor sechs Uhr abends an einem heißen Augusttag in Boston. Gedämpftes Licht fällt durch die getönten Scheiben der Frühgeborenen-Intensivstation im sechsten Stock des Brigham and Women's Hospital und fließt mit dem harten Weiß der Neonlampen zusammen. Alle paar Sekunden ertönt das leise Bing-Bang eines Alarms. Beatmungsgeräte zischen. Kaum hörbar mischen sich gelegentlich Schreie von Frühgeborenen in die Geräuschkulisse. Auf den ersten Blick ist nur Maschinerie zu sehen: Monitore, auf denen EKG-Kurven laufen und Zahlen blinken, Schläuche, Kabel, Brutkästen aus Plexiglas. Davor hantieren Pfleger und Schwestern in hellblauen T-Shirts und Hosen.

Zur Übergabevisite vor dem Schichtwechsel zieht eine Traube von Ärzten durch die Räume. Sie sind gerade bei einem Brutkasten nahe der Fensterfront angelangt. Knapp und mit Fachkürzeln, wie beim Check vor einem Flugzeugstart, unterrichtet der Assistenzarzt seine Kollegen: „Baby Johnson, weiblich, 690 Gramm, 26. Schwangerschaftswoche, fünf Tage alt, zweimal Surfactant, problemlos zu beatmen, Nahrung begonnen, Antibiotika gestoppt...“ Kopfnicken der Kollegen, Murmeln, Kritzeln in Notizbücher. Ein Routinefall.

Indes ist das, was die Mediziner hier abhaken, eigentlich ein extremer Ausnahmezustand. Denn Monica, das Menschlein unter der Plexiglashaube, ist so winzig, daß es sich bequem in eine Männerhand schmiegen könnte. Ihre Haut ist knallrot und so pergamentdünn, daß die Blutgefäße durchscheinen. Eine Plastikfolie deckt Monica zu: Sie würde sonst selbst im angefeuchteten Mikroklima des Brutkastens austrocknen. Ihre Oberschenkel sind nicht einmal fingerdick, ihre Daumen so dünn wie Streichhölzer. Die Augenlider, gesäumt von feinen blonden Wimpern, sind noch verklebt. Das Mädchen wird sie erst in ein bis zwei Wochen öffnen können.

Auf dem Brustkorb, der sich im Takt des Beatmungsgeräts hebt und senkt, kleben fingernagelgroße Elektroden. An Monicas Hand schimmert das rote Licht einer Sonde, die durch die Haut ohne Stich und Aderlaß die Sauerstoffsättigung des Bluts mißt.

Fast 30 solcher Winzlinge liegen auf dieser Station, die meisten sind drei bis vier Monate zu früh zur Welt gekommen, also in der 24. bis 28. Schwangerschaftswoche. Wobei als äußerste Grenze zur Lebensfähigkeit heute bei einem Geburtsgewicht von weniger als 500 Gramm die 23. Woche gilt. In der Obhut des Chefarztes Steven Ringer haben selbst solche Wesen Überlebenschancen. Die Abteilung des 46jährigen hat das Renommee eines der weltweit führenden Zentren der Frühgeborenen-Medizin. Doch der Arzt erklärt: „Wir wollen keine Rekorde aufstellen. Für uns ist es das wichtigste, gesunde Kinder zu entlassen.“ Das Schwierige an der heutigen Situation sei, daß an der Grenze zur Lebensfähigkeit niemand mehr sichere Vorhersagen darüber treffen könne, ob und wenn ja, mit welchem Ergebnis Frühchen die Behandlung durchstünden. „Wir behandeln manchmal Kinder“, sagt Ringer, „die nur wenige Tage zuvor unter bestimmten Umständen noch hätten abgetrieben werden dürfen.“

Die Chancen für die Frühstarter ins Leben stehen in vielen Krankenhäusern schlechter als in Boston. Thhg Koh, Experte aus dem australischen Canberra, brachte die Erfahrungen der Disziplin auf folgende Formel: Ein Frühgeborenes aus der 24. Woche hat eine Überlebenswahrscheinlichkeit von 40 Prozent. Kommt es durch, sind seine Aussichten, gesund zu sein, ebenfalls 40 Prozent. Mit jeder Schwangerschaftswoche, die das Kind später geboren wird, erhöht sich die Überlebenschance und vermindert sich das Risiko einer Behinderung jeweils um zehn Prozent.

Wie schmal der Grat zwischen Leben und Tod ist, wird offensichtlich, als die Visite zwei Brutkästen hinter dem mit Monica stockt: Jerome, 24 Stunden alt, 720 Gramm schwer, Zwilling, fast auf den Tag genau 16



Ferien vom



Brutkasten fördern die Entwicklung

Selbst die ausgeklügeltste Technik und die fürsorglichste Krankenschwester können die Geborgenheit des Mutterleibs nicht ersetzen. Auf der Brust der Eltern zu schlafen hilft dem Kind, den Mangel besser zu verkraften



Wochen zu früh geboren. Eben hat der für Ultraschalluntersuchungen zuständige Arzt eine Kontrolle von Jeromes Gehirn abgeschlossen. Die Mediziner beugen sich über die Bilder. „Eine Blutung von mindestens zweitem Grad“, deutet der Fachmann die weißen Flecken im grauen Schneeege-
stöber.

Die Diagnose „Hirnblutung“ ist der Schrecken aller Frühgeborenen-Mediziner. Punktförmige Blutungen von Stecknadelkopfgröße können noch folgenlos ausheilen. Falls aber eines der haardünnen Gefäße am Rand der Gehirnwasserkammern, tief in dem kleinen Schädel, reißt und das Blut in die Kammern sickert oder gar in das umliegende Nervengeflecht einbricht, dann droht eine Katastrophe: Manche dieser Kinder lernen weder sitzen, noch laufen oder sprechen.

Die Ärzte können gegenwärtig für Jerome nichts tun. Sie entscheiden sich, die Nacht abzuwarten und den Jungen, dem äußerlich nichts anzusehen ist, dann erneut zu untersuchen. Die Ultraschallkontrolle am nächsten Morgen bringt die Gewißheit: Die weißen Flecken sind größer geworden, die Blutung ist in das Gehirngewebe eingebrochen.

Wenn sie alle Register ihrer Kunst zögen, könnten die Ärzte Jerome wohl durchbringen – aber wahrscheinlich mit schwersten Behinderungen. Angesichts dieser Macht der Medizin fragt sich Steven Ringer: „Dürfen wir der Familie das Überleben eines solchen Kindes zumuten?“ Und er bekennt: „Manchmal braucht es mehr Mut, das, was wir begonnen haben, zu beenden, als einfach weiterzumachen.“

Zur Illustration dieses Dilemmas hat der Chefarzt vor dem Eingang der Intensivstation eine Bilderserie aufhängen lassen: Da ist zunächst ein sehr kleines Frühgeborenes zu sehen, dann ein pummeliger Säugling und schließlich ein munteres Kindergartenkind. Jared, der Junge auf den Fotos, sagt Ringer, habe ihn gelehrt, wie schwierig Entscheidungen in den Grenzbereichen des Lebens seien. Als extrem unreifes Frühgeborenes bereitete er dem Team fast alle

erdenklichen Schwierigkeiten. Bei einer der vielen Krisen eröffnete Ringer den Eltern schließlich, nach seiner Erfahrung sei es Zeit, aufzuhören. Doch auf deren Bitten versuchte er eine letzte verzweifelte Maßnahme. Und entgegen Ringers Prognose überlebte Jared. „Heute ist der Junge blitzgescheit“, erzählt der Mediziner, „und ist gerade eingeschult worden.“

Am Nachmittag verschlechtert sich Jeromes Zustand drastisch: Er nimmt eine graue Hautfarbe an, der Blutdruck sinkt. Eltern und Ärzte kommen überein, auf Gegenmittel zu verzichten. Pfleger stellen Paravents auf, hinter die sich die Familie zurückziehen kann. Schließlich stellt ein Arzt auch die Beatmungsmaschine ab und befreit den Winzling vom Tubus, so daß seine Mutter ihn ungehindert streicheln und auf den Arm nehmen kann. „Der Schlüssel für den Umgang mit Todesfällen wie bei Jerome ist“, meint Ringer, „den Tod nicht als persönliche Niederlage, Versagen oder Fehler zu begreifen.“

Einige Tage später sitzt Monicas Mutter in einem bequemen Liegestuhl neben dem Brutkasten. Ihre kleine Tochter schlummert unter wärmenden Tüchern auf ihrer Brust. Noch atmet Monica nicht ganz von allein, alle fünf Sekunden pustet das Beatmungsgerät einen Fingerhut voll Luft in die langsam reifenden Lungen.

„Es tut gut, die Kleine zu spüren“, sagt Mrs. Johnson in stiller Freude, „langsam glaube ich daran, daß sie es schaffen wird. Ganz ihr Vater: eine Kämpfernatur.“ Die kleinen Fortschritte ihrer Tochter lösen allmählich die Schuldgefühle auf, als Schwangere versagt zu haben, begrenzen die Selbstvorwürfe, mit einer Fahrradtour in den Sommerferien vielleicht die Frühgeburt ausgelöst zu haben.

Daß Eltern möglichst früh und möglichst häufig mit ihrem unreifen Sprößling Hautkontakt aufnehmen, ist ein Herzstück moderner Frühgeborenen-Medizin. „Denn damit Frühgeborene gesunde Kinder werden“, betont Steven Ringer, „brauchen sie mehr als



Die Kleinsten



brauchen Betreuung rund um die Uhr

Mit geübtem Griff wendet eine Krankenschwester einen Winzling vom Bauch auf den Rücken. Tägliche Gewichtskontrolle: Vorsichtig wird ein Kind zu einer Waage getragen



nur die richtige Beatmung, genügend Eiweiß und Kalorien.“ In den Aufbruchjahren der Disziplin hätten die Ärzte die technischen Fortschritte überbewertet und darüber die Eltern vergessen. „Am Ende drückten wir ihnen dann einen Fremdling in die Arme.“

Der Anstoß zu der „Känguruh“-Pflege kam aus Kolumbien. Weil das öffentliche Gesundheitssystem den Aufwand nicht bezahlen konnte, mußten Neugeborenen-Mediziner in Bogotá die Frühchen entlassen, sobald diese keiner Beatmung mehr bedurften und ausreichend saugen konnten – Wochen vor dem üblichen Termin. Statt daß die Winzlinge in einem Wärmebett oder einem Inkubator lagen, trugen die Mütter ihre unreifen Babys nun Tag und Nacht an der Brust. Ergebnis: Kinder aus dem „Känguruh“-Programm waren zwar leichter, überlebten aber eher im Vergleich zu konventionell behandelten. Andere Wissenschaftler berichten, daß Frühgeborene, die stundenweise Urlaub vom Brutkasten machen dürfen, eine intensivere Mutter-Kind-Bindung entwickeln und deshalb wohl auch länger gestillt werden als ihre Schicksalsgenossen, die kaum aus dem Inkubator herauskommen. „Känguruh“-Kinder sind den anderen noch zwei Jahre später in der Entwicklung voraus.

Doch trotz einer solchen Pflege ist selbst für Kämpfertypen wie Monica der Weg weit vom extrem unreifen Frühgeborenen zum normalen Baby. Die größte Hürde ist dabei die Unreife der Lunge. Denn erst während der letzten Schwangerschaftsmonate entwickelt sich diese zum funktionsfähigen Organ. Gleich den Blättern an einem Strauch im Frühling knospen dann die Lungenbläschen von den Bronchien her aus. Feinste Blutgefäße wachsen ihnen entgegen und umspannen sie schließlich mit einem haarfeinen Netz. Über die Grenze zwischen Lungenbläschen und Blut hinweg tauscht der Organismus Sauerstoff gegen Kohlendioxid aus. Bei normal Geborenen ist dieses Niemandsland schmäler als die Schneide einer Ra-

sierklinge. Vor der 23. Woche indes ist es noch so breit, daß sogar kunstvollste Beatmung nichts auszurichten vermag.

Selbst später, etwa bis zur 32. Schwangerschaftswoche, mangelt es den Frühgeborenen noch an einem Stoff, der einen Kollaps der Lungenbläschen beim Ausatmen verhindert – einer seifigen Flüssigkeit, die Surfactant genannt wird. Bis vor zehn Jahren konnten Ärzte nicht mehr tun, als die Lunge mit sanfter Gewalt und hohem Beatmungsdruck wieder aufzublasen. Erst nach einigen Tagen produzierte das Organ dann selbst genug Surfactant. Manche Kinder aber behielten durch die intensive Beatmung Schäden zurück. Bei ihnen heilte die Lunge nur unter einer schweren chronischen Entzündung mit innerer Narbenbildung ab.

Vor gut zehn Jahren gelang es dann amerikanischen Forschern, Surfactant aus Fruchtwasser von Kühen und Schweinen zu isolieren und als Medikament auf den Markt zu bringen. „Damals dachten viele“, erinnert sich Steven Ringer, „die Behandlung mit Surfactant werde die Frühgeborenen-Medizin zum Kinderspiel machen.“ Doch das Präparat erfüllte die hohen Erwartungen nur zum Teil. Es vereinfachte zwar die Therapie in den ersten Tagen nach der Geburt, als Allheilmittel für unreife Lungen erwies es sich keineswegs.

Trotz der Behandlung mit Surfactant leidet auch Carlos unter Lungenproblemen, ein dreieinhalb Wochen altes, etwas zappeliges Frühgeborenes aus der 27. Schwangerschaftswoche. Kurz nach fünf Uhr nachmittags, während der Übergabesite, ist das Kind kubanischer Eltern plötzlich nicht mehr zu beatmen. Obwohl die Druckanzeige am Beatmungsgerät ausschlägt, hebt sich Carlos Brustkorb nicht mehr. Langsam läuft der Winzling blau an. Die Werte auf dem Monitor, die den Sauerstoffgehalt im Blut signalisieren, sinken.

Mit energischem Griff schließt die Beatmungsspezialistin Carlos an einen Handbeatmungsbeutel an. Sie spürt enormen Widerstand: Nur unter ho-



Ein Menschlein



das noch in den Mutterleib gehörte

Mit ihrer runzligen Haut ähneln Frühgeborene jungen Vögelchen. Eltern müssen sich an diesen Anblick erst gewöhnen – ebenso an die komplexe Technik, die ihr Kind am Leben hält





Heller Schein bewahrt den Winzling

Blaues Licht hilft der unreifen Leber, die Zerfallsprodukte ausgemusterter Blutzellen zu entgiften. Sie würden sonst das Hirn angreifen. Eine Lichtschranke am Fuß mißt die Sauerstoffsättigung des Blutes



hem Druck läßt sich etwas Sauerstoff in die Lunge des Kleinen pressen. Die typischen Ursachen, die jeder Assistenzarzt auf einer Frühgeborenen-Intensivstation nach wenigen Monaten kennt, sind rasch auszuschließen: kein Sekretpfropf, der den Beatmungsschlauch verstopft, auch keine Luftblase im Rippenfell nach Platzen eines Lungenbläschens.

Ruhig erteilt der Oberarzt Anweisungen. Schnell und konzentriert arbeitet das Team. Die Beatmungsspezialistin läßt Carlos ein Medikament inhalieren, das die Bronchien erweitert. Eine Schwester injiziert ein muskelentspannendes Mittel. Nach zehn Minuten wird der Widerstand beim Beatmen geringer, Carlos wird wieder an die Maschine angeschlossen. Nach 20 Minuten hebt und senkt sich der Brustkorb des Jungen wieder gleichmäßig im Rhythmus des Apparats. Friedlich schläft das Frühgeborene, als wäre nichts gewesen. Der diensthabende Oberarzt bekennt: „Letztlich wissen wir nicht genau, was gerade los war. Wahrscheinlich verkrampften die Bronchien nach Aufstoßen und Verschlucken von Nahrung.“

Selbst wenn die besonders gefährvollen ersten Lebenswochen geschafft sind, bleibt die Behandlung Frühgeborener eine Gratwanderung: Sauerstoffmangel kann das schnell wachsende Gehirn schädigen, zuviel Sauerstoff hingegen ist Gift für die Lunge und läßt das Kind schlimmstenfalls erblinden. Das Immunsystem ist noch schwach: Zu spät erkannte Infekte eskalieren rasch zur lebensbedrohlichen Blutvergiftung. Die Ernährung muß sorgsam dosiert werden: Erst nach Wochen verträgt der noch unreife Darm täglich einen Joghurtbecher Milch. Wird die Menge zu rasch gesteigert, erhöht sich das Risiko einer potentiell tödlichen Darmentzündung. Bei zu zaghaftem Aufbau bleibt das Gehirnwachstum zurück.

Der riesige Aufwand der Frühgeborenen-Intensivmedizin hat natürlich seinen Preis. Die Kosten für ein Frühchen wie Monica summieren sich bis

zur Entlassung auf umgerechnet rund 200 000 Mark. Kommt Monica gesund durch, hat sie eine Lebenserwartung von 70 bis 80 Jahren. Überlebt sie behindert, verschlingen die nötige Betreuung und wiederholte Krankenhausaufenthalte viel Geld. Vor allem in den USA wird deshalb heftig diskutiert, ob eine Gesellschaft es sich überhaupt leisten könne, solche Summen in eine Behandlung mit ungewissem Ausgang zu investieren.

Rein statistisch ist die Frühgeborenen-Medizin allerdings preiswerter als manche Standardbehandlung von Erwachsenen: Kalkulieren Mathematiker, was ein Jahr gesunder Lebenserwartung kostet, schneidet die Therapie von Frühchen mit einem Gewicht über 800 Gramm günstiger ab als etwa die Behandlung von Bluthochdruck durch Lipidsenker oder die Blutwäsche bei Menschen mit Nierenversagen. „Wenn ein Kind unglücklicherweise vor der 24. Woche mit 600 Gramm Gewicht geboren wird“, gibt Steven Ringer zu bedenken, „hat es das gleiche Menschenrecht auf professionelle Hilfe.“

*

Zwei Monate später: Monica, Jeromes Zwillingsschwester und Carlos sind auf eine normale Frühchen-Station umgezogen. Monica soll bald entlassen werden. Jeromes Schwester trinkt bereits einige Mahlzeiten an der Brust. Carlos braucht seit einer Woche keinen zusätzlichen Sauerstoff mehr. Es ist ruhig an diesem Wochenende auf der Intensivstation. Steven Ringer, der Dienst hat, nutzt die stillen Minuten zu einem Gespräch mit Monicas Mutter. Vom Wintergarten vor der Abteilung geht ihr Blick auf die Blätterpracht des Indian Summer. Als der Chefarzt gerade Mrs. Johnson verabschiedet, eilt ein Intensivteam zum Aufzug. „Was ist los?“ ruft Ringer seinen Kollegen zu. „Zwillinge, 25. Woche.“ □

Die Recherche für diesen Beitrag war für **Joachim Fischer**, 40, ein „Heimspiel“: Er arbeitet als Oberarzt auf der Intensivstation des Kinderspitals Zürich. Als Folge seines Aufenthalts in Steven Ringers Abteilung wollen die beiden ein gemeinsames Forschungsprojekt starten. **Nubar Alexanian**, 47, Fotograf aus Gloucester bei Boston, versuchte durch seine Bilder die Perspektive der Frühchen einzufangen: Wie ist es, auf die Welt zu kommen und von Kabeln und Schläuchen umgeben zu sein?

vor Schaden

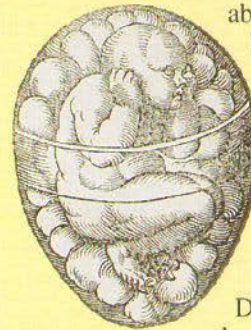
DER GRIFF NACH DEM KEIM

Von Horst Rose

Aus dem Kopf gebar Zeus seine Lieblingstochter Athene, die Göttin der Weisheit. Schädelspaltend, so der Mythos, leistete der Zeus-Bruder Hephaistos dem höchsten Gott Geburtshilfe. Auch die menschliche Fortpflanzung begann für viele griechische Ärzte des sechsten bis fünften vorchristlichen Jahrhunderts im Kopf: Der Same entstehe – eine bereits im alten Ägypten gehegte Vorstellung – im Hirn und steige dann über das Rückenmark hinab bis in die Geschlechtsorgane. Der männliche Same sei „dicht und stark“, der weibliche dagegen „dünnflüssig und schwächer“, lehrte Hippon von Rhegion. Dieser Gegensatz entspricht der in der Antike weit verbreiteten Überzeugung von der Unvollkommenheit alles Weiblichen.

Anders bei den „Atomisten“: Mann und Frau seien gleichwertig an der Fortpflanzung beteiligt, postulierte Demokrit aus Abdera, der im 5. Jahrhundert v. Chr. lebte. Alle Körperteile seien aus Gruppen von „Atomen“ zusammengesetzt. Diese Atomgruppen verdichteten sich im „Samen“ beider Eltern und sorgten für die Weitergabe ihrer Eigenschaften. Das Geschlecht des Kindes werde durch das Mengenverhältnis von väterlichem zu mütterlichem Samen festgelegt.

Nach der Lehre des Aristoteles (384–322 v. Chr.) barg sich das menschliche Erbe ausschließlich im männlichen Samen: Die angebliche Fähigkeit des Blutes, alle Organe bilden zu können, übertrage sich auf den Samen, der sich durch „Kochung“ aus dem Blut bilde, „wegen seiner inneren Wärme eine Menge warmer Luft enthalten“ müsse und daher weiß sei. Der weibliche Beitrag beschränke sich meist auf die Ernährung des Keimes durch das Menstrualblut.



Aus formloser Masse wird allmählich ein Mensch: So sah Aristoteles vor mehr als 2300 Jahren die Embryonalentwicklung, hier dargestellt von einem Künstler der Renaissance

Galen von Pergamon, Leibarzt des römischen Kaisers Marc Aurel und bedeutendster Mediziner der römischen Antike, beschrieb im zweiten Jahrhundert n. Chr. korrekt die Anatomie der weiblichen Eileiter, hielt deren schleimigen Inhalt allerdings für weibliche Samen-

flüssigkeit. Diese sei „schwächer, dünner, flüssiger, kälter, der Menge nach geringer und in der Spannkraft schlaffer“ als die männliche, konstatierte Galen und verriet damit seine Prägung durch die aristotelische Vererbungslehre. Der „Meister aller Weisen“, wie später der italienische

In den letzten 150 Jahren sind Forscher fast vollständig hinter das Geheimnis von Zeugung und Vererbung gekommen. Mit zunehmendem Wissen wuchsen jedoch auch die Möglichkeiten, das beginnende Leben zu manipulieren

Dichter Dante Alighieri den griechischen Philosophen nannte, beeinflusste die abendländischen Vorstellungen über die Fortpflanzung sogar bis in die Neuzeit.

1651 William Harvey formuliert die These „Ex ovo omnia“ – alles Lebendige stammt aus dem Ei.

Der Hofarzt des englischen Königs Charles I. attestiert aber gleichzeitig dem männlichen Samen eine immaterielle Zeugungskraft, die das „Weibchen“ fruchtbar mache – „wie Stahl, der aus Stein Feuer schlägt“.

1672 Der junge niederländische Chirurg Régnier de Graaf findet starke Indizien dafür, daß Merkmale beider Eltern vererbt werden. Er sucht nach den Trägern weiblicher Vererbungsmerkmale und entdeckt Eibläschen – „Follikel“ – in den Eierstöcken von Kaninchen, Schaf und Mensch.



*Die Fortpflanzung beginnt im Kopf:
Jahrhundertlang glaubten Ärzte, der Same entstehe, wie
von Leonardo da Vinci (1452–1519) gezeichnet,
im Kopf und steige über das Rückenmark hinab zu
den Geschlechtsorganen*

1677 Der Stadtbeamte Antoni van Leeuwenhoek, wie de Graaf aus Delft, baut ein leistungsfähiges Mikroskop. Damit entdeckt er gemeinsam mit dem Studenten Johan Ham „dierkens“ – Tierchen – im männlichen Samen.

Van Leeuwenhoek stellt der Lehre de Graafs eine eigene Theorie entgegen, in der das Ei nur eine nährnde Funktion hat: Samen-Tierchen schlüpfen in das Ei und verzehren dessen Inhalt. Einige Schüler Leeuwenhoeks, die „Animalkulisten“, glauben in menschlichem Samen gar winzige Menschen oder in Hahn-Samen

winzige Gockel zu beobachten. Daraufhin verdammen einige Theologen Masturbation als Mord.

1827 In Königsberg beschreibt der Naturforscher Karl Ernst von Baer erstmals das Ei einer Hündin: „Als ich sie öffnete, fand ich einige Graafische Bläschen geborsten. Was mich erschreckte, war, daß ich ein scharf umschriebenes, von einer starken Haut umschlossenes, regelmäßiges Kügelchen vor mir sah, von einem Vogeldotter nur durch eine derbe, etwas absteigende äussere Haut unterschieden.“

1865 Gregor Mendel, der gelehrte österreichische Augustinerpater, macht die Ergebnisse seiner Untersuchungen an Erbsen bekannt. Er hat die „Uniformitätsregel“ und die „Spaltungsregel“ der Vererbung entdeckt und damit – vorerst unbeachtet – die moderne Genetik begründet:

Werden Pflanzen miteinander gekreuzt, die sich nur in einem Merkmal unterscheiden (beispielsweise Blütenfarbe Rot oder Weiß), so haben die Nachkommen der ersten Generation einheitlich gefärbte Blüten: rot oder weiß, wenn eine der Farben „dominant“, rosafarben, wenn das Merkmal Blütenfarbe „mischerbig“ ist (Uniformitätsregel).

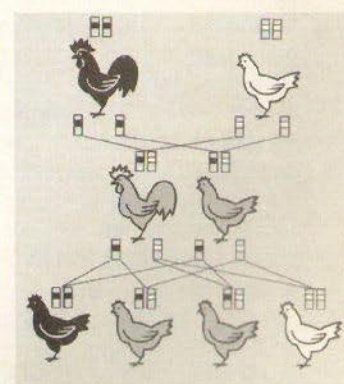
Werden die Pflanzen der ersten „Filialgeneration“ untereinander gekreuzt, so können zwei Fälle eintreten: Bei Mischerbigkeit sind die Farben der Nachkommen Rot, Rosa und Weiß im Verhältnis 1:2:1. Ist Rot dominant, so treten nur rote und weiße Pflanzen im Verhältnis 3:1 auf (Spaltungsregel).

Betrifft die Kreuzung mehrere Merkmale, werden diese wie unabhängige Einheiten weitervererbt. Diese Einheiten werden heutzutage Gene genannt.

1875 In Deutschland beobachtet der Anatom und Biologe Oscar Hertwig an den durchsichtigen Eiern von Seeigeln erstmals die Verschmelzung von Ei und Samenzelle.

1878 Die Eier von Kaninchen und Meerschweinchen vereinigt der Österreicher S. L. Schenk auf einem Stück Gebärmutter Schleimhaut mit Sperma. Damit gelingt ihm die erste Befruchtung von Säugetiereiern außerhalb des Muttertieres (In-vitro-Fertilisation).

1887 Der deutsche Biologe Theodor Boveri leitet aus der Existenz bestimmter „chromatischer Segmente“ im Zellkern – sogenannter Chromosomen – das „Grundgesetz der Cyto-genetik“ ab: Jedes Chromosom stamme von einem



*Mendelsche Regeln:
Der schwarze Hahn und die
weiße Henne bekommen
ausschließlich graue Küken,
wenn das Merkmal »Federfarbe«
mischerbig ist. Die Tiere der
nächsten Generation wiederum
sind schwarz, grau und weiß
im Verhältnis 1:2:1*

gleichartigen ab und bleibe auch nach seiner Entstehung bis zur nächsten Teilung im Zellkern erhalten.

1900 Gleich dreimal werden die Mendelschen Regeln wiederentdeckt: durch den Deutschen Carl Correns, den Niederländer Hugo de Vries und den Österreicher Erich von Tschermak-Seysenegg.

1919 Der Amerikaner Thomas Hunt Morgan beschreibt in seinem Buch „Die physikalische Grundlage der Vererbung“ seine Experimente mit der Fruchtfliege *Drosophila melanogaster*. Die einfache Haltung, der nur zehn Tage dauernde Generationszyklus und besonders die Riesenchromosomen in den Speicheldrüsen-Zellen machen die Fliege zum idealen Versuchstier. Morgan schränkt die Mendelschen Regeln ein: Merkmale wie Augenfarbe und Flügelform „mendelten“ nur dann unabhängig voneinander, wenn sie auf verschiedenen Chromosomen angeordnet seien.

1927 Der Morgan-Schüler Hermann Joseph Muller erzeugt mit Hilfe radioaktiver Strahlung bei Fruchtfliegen neue genetische Varianten, sogenannte Mutanten. Er entdeckt somit die erbverändernde Wirkung radioaktiver Strahlen.

1944 Die Amerikaner John Rock und M. F. Menkin befruchten erstmals menschliche Eizellen im Reagenzglas.



*Revolutionäre der Genetik:
Francis Crick (rechts) und James Watson
posieren selbstbewußt vor einem Modell der Erbsubstanz DNS, deren Doppelhelix-Form
sie 1953 erkannten*

1944 Der Amerikaner Oswald Avery entdeckt die Bedeutung der schon 1869 beschriebenen Desoxyribonukleinsäure (DNS) für die Vererbung.

1953 Der Engländer Francis Crick und der Amerikaner James Watson schlagen die „Doppelhelix“ als Struktur-Modell für das Erbmolekül DNS vor. Ihre Idee basiert auf Ergebnissen von Röntgenstrukturanalysen der Engländer Maurice Wilkins und Rosalind Franklin.

1958 Francis Crick postuliert das „zentrale Dogma“ der Molekularbiologie. Danach liefert die DNS den Bauplan für die Proteine. Den umgekehrten Weg schließt er aus. Im Jahre 1961 entschlüsseln Marshall Nirenberg und Johann Heinrich Matthaei das erste „Wort“ des „genetischen Codes“. Nach diesem Code sind im Erbgut aller Lebewesen die Baupläne ihrer

Proteine verschlüsselt: Die Reihenfolge der vier Bausteine der DNS – der Basen Adenin, Thymin, Guanin und Cytosin – bestimmt, in welcher Reihenfolge 20 Aminosäuren zu langen Ketten – den Proteinen – zusammengesetzt werden.

1959 In den USA gelingt Min-Chue Chang beim Kaninchen die erste In-vitro-Fertilisation eines Säugetiers, aus der lebende Junge hervorgehen.



*Das erste
»Retortenbaby«:
Louise Brown im Alter von
eineinviertel Jahren*

1962 Der Basler Biochemiker Werner Arber liefert den Beweis für die Existenz sogenannter Restriktionsenzyme. Diese Eiweißmoleküle erkennen bestimmte Abschnitte der DNS und trennen dazwischen das Kettenmolekül. Diese molekularen Scheren werden eines der wichtigsten Werkzeuge für die Manipulation des Erbguts.

1973 Eine Gruppe von Wissenschaftlern um Stanley Cohen und Annie Chang von der University of California in Stanford überträgt DNS-Stücke eines Frosches in Bakterien. Damit erzeugen Menschen erstmals ein Lebewesen mit gezielt manipuliertem Erbgut.

1973 Aus Sorge, daß sich die Verbreitung der Gentechnik zu einer Gefahr entwickeln könnte, verabschieden in den USA die Teilnehmer einer Wissenschaftler-Tagung, der Gordon Conference, eine Warnung vor Seuchengefahren durch gentechnisch veränderte Organismen.

1978 In England wird Louise Brown geboren – das erste außerhalb des Körpers gezeugte Kind. Wissenschaftliche „Väter“ des „Retortenbabys“ sind Patrick Steptoe und Robert Edwards.

1988 In den Vereinigten Staaten von Amerika wird erstmals ein Tier patentiert – eine genmanipulierte Maus. Den Genetikern Philip Leder und Timothy Steward von der Har-



Tollkühner Fortpflanzungsforscher: Als der US-Mediziner Jerry Hall 1993 öffentlich erklärte, er habe menschliche Embryonen kloniert, bricht ein Sturm der Entrüstung los

vard University war es sechs Jahre zuvor gelungen, Mäusen ein Gen ins Erbgut zu schmuggeln, das besonders anfällig für Brustkrebs macht. Der patentierte Mäusestamm dient als Tiermodell in der Krebsforschung.

1990 Die amerikanischen Ärzte French Anderson, Kenneth Culver und Michael Blaese versuchen ein vierjähriges Mädchen per Gentherapie zu kurieren. Das Kind leidet an einem schweren angeborenen Immundefekt.

1993 Der US-Mediziner Jerry Hall kloniert menschliche Embryonen. Er zerlegt die mehrzelligen Gebilde in Einzelzellen, die sich dann in der Petrischale weiter teilen. Die genetisch identischen Mehrlinge werden allerdings keiner Frau eingepflanzt.

1995 Erstmals liegt das Genom eines freilebenden Organismus, des Bakteriums *Haemophilus influenzae*, komplett entschlüsselt vor. Ein Team um die amerikanischen Genetiker Craig Venter und Hamilton Smith benötigte für die 1,8 Millionen Basenpaare, die sich zu 1743 Genen gruppieren, etwa 13 Monate.

1996 Am schottischen Roslin Institute wird das Schaf Dolly geboren – das erste Säugetier, das sich aus einer „erwachsenen“, einem Euter entnommenen Zelle entwickelt hat. Das Experiment Anfang 1997 löst welt-

weit turbulente Diskussionen aus.

1997 Wissenschaftler des Roslin Institute und der schottischen Firma PPL Therapeutics klonen aus Fetalzellen Schafe, die das Gen für den menschlichen Blutgerinnungsfaktor IX tragen. Sie sind damit der Schaffung von Nutztieren nach Maß einen entscheidenden Schritt nähergekommen.

1998 Amerikanischen und japanischen Forschern gelingt es unabhängig voneinander, das Ver-



Künstliche Zwillinge: Die Kälber George und Charlie tragen in ihren Zellen das identische und zudem manipulierte Erbgut

fahren, das zu Dolly führte, bei Rindern zu wiederholen. In Texas werden zwei Kälber geboren – mit gleichem und zudem manipuliertem Erbgut. Im staatlichen Institut für Tierindustrie im japanischen Tsukuba tragen Kühe geklonte Feten im Leib, die im Sommer 1998 das Licht der Welt erblicken sollen. □

Auf dem Weg zu Huxleys schöner neuer Welt?



Gina Maranto:
Designer-Babys

Träume vom Menschen nach Maß

Aus dem Amerikanischen
von Wolfgang Kreye,
407 Seiten, gebunden
DM 48,-/öS 350,-/sFr 45,-
ISBN 3-608-91896-5

Gina Maranto geht mit diesem spannenden, minutiös recherchierten Buch den historischen Wurzeln der neuen Reproduktionstechnologien nach. Anhand zahlreicher Beispiele aus der Anthropologie, Tierverhaltensforschung, Genetik und Philosophie belegt sie, wie Menschen immer wieder nach »Verbesserung« ihrer Art strebten.

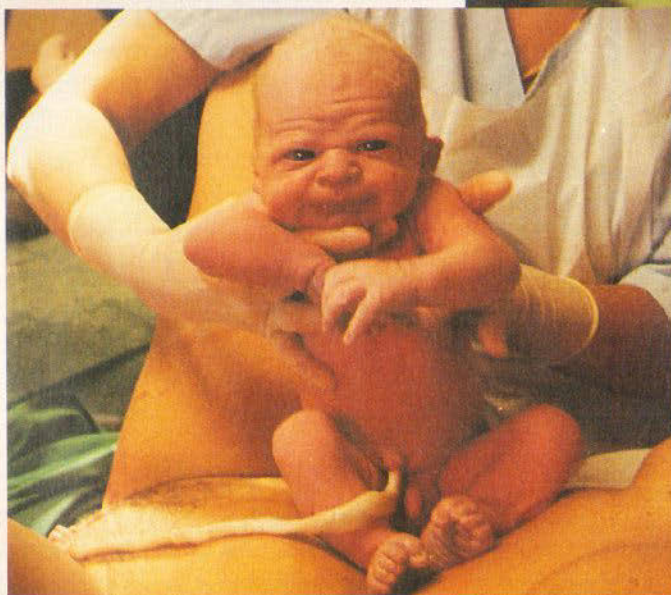
Ein kritisches Buch über die psychischen, moralischen und sozialen Implikationen der neuesten Reproduktionstechnologien und ihrer zukünftigen Entwicklungen.



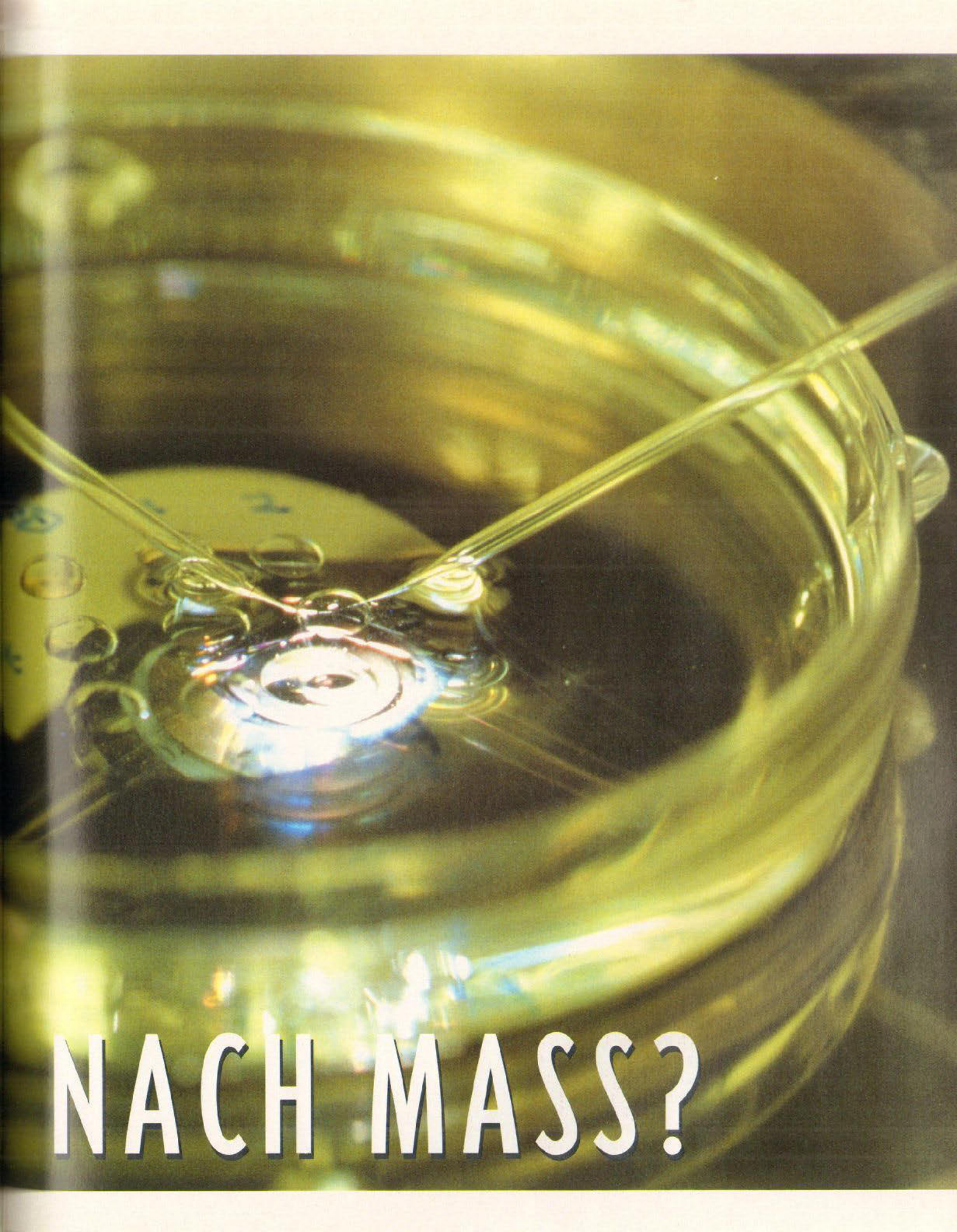
Klett-Cotta

In einer Glasschale, eingehüllt in nährnde Tropfen, flankiert von zwei Pipetten, schwimmen ein Dutzend potentielle Menschen. Welcher von diesen Embryonen frei ist von einem unheilbaren Erbleiden und damit eine Lebenschance erhält, entscheidet ein Gen-Test. Was künftige Eltern aus schmerzlicher Ungewißheit erlöst, erscheint anderen als fragwürdiger Eingriff in die Schöpfung

EMBRYONSELEKTION



MENSCHEN



NACH MASS?

Der Anruf des Klinikchefs kommt an einem Montag: „Wir haben Ihre Embryonen getestet, und es gibt nur einen, den wir einpflanzen können. Bitte kommen Sie sofort.“ Henry Kramer* wiederholt laut, was er gehört hat, so daß Iris*, seine Frau, die Neuigkeit gleich mitbekommt.

„Sie haben nur einen Embryo? Einen einzigen?“ Iris Kramer beginnt zu weinen. Sie sieht ihren Traum vom eigenen Kind dahinschwinden. Denn die Chance, daß sich ein im Reagenzglas gezeugter menschlicher Keim nach der Implantation im Uterus einnistet, liegt bei nur 10 bis 15 Prozent – und den Kramers ist jetzt nur dieser eine geblieben.

Im Gegensatz zu den meisten anderen Paaren, die das Genetics & IVF Institute (GIVF) in Fairfax (US-Staat Virginia) aufsuchen – IVF steht für In-vitro-Fertilisation, die Zeugung im Reagenzglas –, sind die Kramers nicht unfruchtbar. Beide sind jung und gesund, und beide – Henry in seinem Dallas-Cowboys-Football-Outfit und Iris in ihrem viel zu großen Jogging-Anzug – sehen aus, als kämen sie aus dem nächstbesten McDonald's-Restaurant. Konsultiert haben die beiden die auf IVF spezialisierte Klinik vielmehr wegen eines anderen Problems.

In der Familie der jungen Frau grassiert ein schlimmes unheilbares Erb-leiden, das nur bei Männern ausbricht: die Duchenne-Muskeldystrophie, die zu irreparablen Muskelschwund führt. Es hat den Bruder von Iris an den Rollstuhl gefesselt und ihn im Alter von zwölf Jahren sterben lassen. Auch das Erbgut von Iris enthält das Gen, das dieses Leiden bewirkt, und zwar sitzt es auf dem X-Chromosom. Die Kramers hatten sich zur extrakorporalen Zeugung entschlossen, weil sie ihnen die Möglichkeit eröffnete, ein mit Sicherheit gesundes Kind zu bekommen.

Nach der In-vitro-Befruchtung im GIVF entwickelten sich drei Embryonen, präziser gesagt: Präembryonen, wie die Keime bis zum 15. Tag nach der Befruchtung wissenschaftlich genannt wer-

* Die Namen wurden geändert. Red.

den. Einer dieser Keime war männlich, wie der Test ergab: Der heranwachsende Junge würde somit die Krankheit mit 50prozentiger Wahrscheinlichkeit erben. Das Geschlecht des zweiten Embryos ließ sich nicht zweifelsfrei ermitteln, und bei ihm wollten die Kramers kein Risiko eingehen. So blieb nur der dritte – weibliche – Embryo als Kandidat für die Einpflanzung übrig. „Wir brauchen doch letztlich nur einen“, sagte Henry, um seiner Frau und sich selber Mut zu machen. „Komm, laß uns hingehen.“

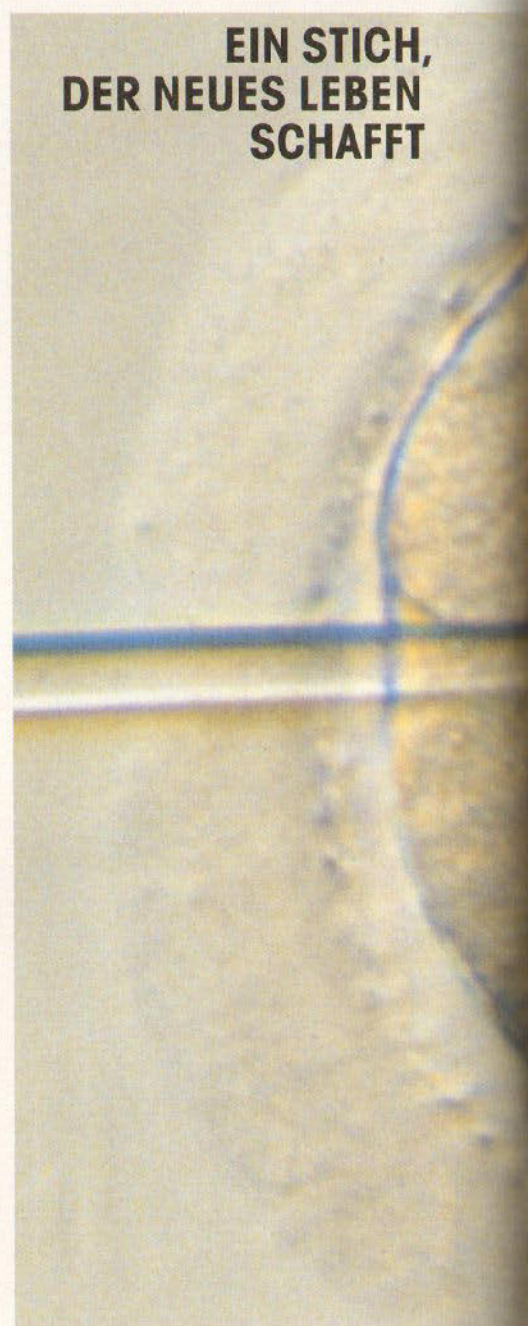
So gelangten die Kramers in jene (schöne) neue Welt, in der Embryonen nach ihren Eigenschaften sortiert werden und nur dann eine Lebenschance erhalten, wenn sie den Kriterien der Eltern und der Experten genügen. Bislang wird die genetische Prä-Implantations-Gen-Diagnostik (PGD) nur bei schweren unheilbaren Erbkrankheiten angewandt, so bei Zystischer Fibrose, die vom Kindesalter an beständige, zähe Schleimab-lagerungen in Lunge und Darm verursacht und die Lebenserwartung auf rund 30 Jahre verkürzt, oder beim Tay-Sachs-Syndrom, das in Amerika vor allem bei Nachkommen jüdischer Einwanderer aus Osteuropa vorkommt und schon im frühen Kindesalter zu Erblindung, Lähmung, geistigem Verfall und schließlich zum Tod führt.

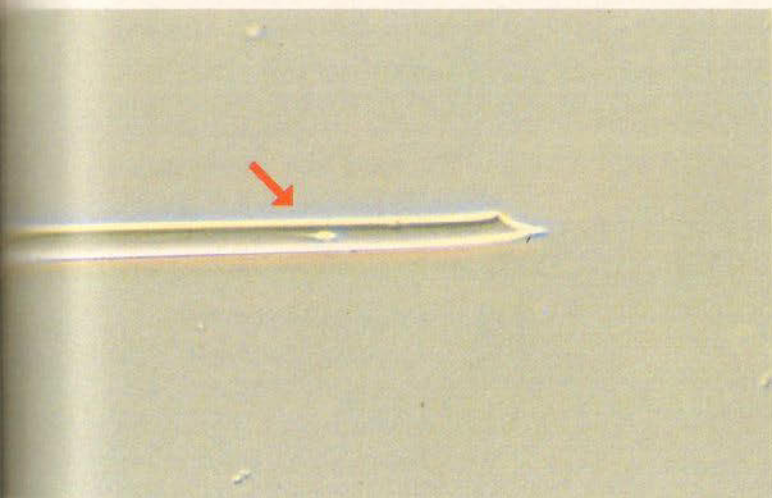
Doch dies ist nur der Anfang. Un-ablässig entwickeln Genetiker und Embryologen neue Embryo-nen-Testverfahren. Nachdem sie sich zunächst auf Krankheiten konzentriert hatten, die ihre Opfer schon in jungen Jahren dahinraffen, gelang es ihnen, auch Erb-leiden zu diagnostizieren, die relativ spät einsetzen und nicht notwen-digerweise tödlich verlaufen, etwa Brust- oder Dickdarmkrebs. Wissen-schafts-Enthusiasten erwarten, daß die künftige Entwicklung der Gen-Diagno-stik die Identifizierung aller erdenk-lichen Erbmerkmale ermöglicht – von der musikalischen Begabung bis zum Charakter.

„Dies ist ein erster Blick auf die Ra-dar-Schirme der Medizin im 21. Jahr-hundert“, kommentiert der amerikani-sche Bioethiker Arthur Caplan. „Heute liegen die Fortpflanzungs-Optionen der

Zehnmal dünner als das dünnste Menschenhaar ist die Hohnadel, mit der ein Spermium (Pfeil) in die Ei-zelle injiziert wird: Sie mißt vier Mikrometer. Eine dickere Pipette hält die Eizelle währenddessen mit sanftem Unterdruck fest. Auf solche Weise können auch normaler-weise unfruchtbare Männer Vater werden. Sogar unreife Samenzellen aus den Hoden reichen für die Methode aus

EIN STICH, DER NEUES LEBEN SCHAFFT





Paare in den Händen von Geburtshelfern und Gynäkologen, morgen bestimmt darüber ein Gen-Arzt, der unter dem Mikroskop Embryonen aussortiert.“

Bei dem Bruder von Iris Kramer war die Duchenne-Krankheit sofort nach der Geburt diagnostiziert worden. Mit fünf konnte der Junge nicht mehr gehen, und bald waren auch seine Arme gelähmt. Die zwei Jahre ältere Iris schob ihren Bruder im Rollstuhl. Sie spielte mit ihm im Haus, während andere Kinder draußen herumtollten. Sie blieb an seiner Seite bis zu dem Tag, an dem er, gerade zwölf Jahre alt, sterben mußte.

Diese schmerzvolle Erfahrung grub sich tief in ihre Seele. Nie wieder wollte sie jemanden so leiden sehen wie ihren Bruder. „Wer würde bewußt ein solches Kind in die Welt setzen wollen?“ fragt sie heute.

Schon früh beschloß Iris, keine eigenen Kinder zu bekommen. Sie und ihre Schwester Teresa wußten, daß sie die Krankheit vererben würden – und zwar nach der statistischen Wahrscheinlichkeit jedem zweiten ihrer Söhne, auch jede zweite Tochter wäre ihrerseits Gen-Trägerin. Nachdem bei ihrem Bruder die Duchenne-Krankheit diagnostiziert worden war, empfahl, so erinnert sich Teresa, „der Doktor unserer Mutter mit Nachdruck, ihre Töchter sterilisieren zu lassen. Sie sagte ihm, er solle zur Hölle fahren“.

Als Iris ihren Mann heiratete, war es bereits möglich, Fruchtwasser aus dem Uterus zu extrahieren und daraus das Geschlecht der Leibesfrucht zu ermitteln. Wäre sie schwanger geworden, hätte sie bei der Diagnose „männlich“ die Option auf einen Schwangerschaftsabbruch gehabt.

Doch Iris hatte ihre Zweifel an der „pränatalen Diagnostik“, zu welcher der Fruchtwasser-Test zählt. „Viele Frauen in dieser Situation haben ähnliche Bedenken“, sagt Mark Hughes vom National Center for Human Genome Research in Bethesda (US-Staat Maryland), einer der Pioniere der Prä-Implantations-Gen-Diagnostik. „Selbst wenn sie Abtreibungen nicht grundsätzlich ablehnen, sind sie gegen diesen Test. Es kommt ihnen vor, als eröffneten sie ihren Brüdern oder Söhnen: ‚Wir lieben dich, aber einen zweiten wie dich wollen wir nicht

haben.‘ Viele stehen das psychisch nicht durch.“

Trotz aller Bedenken beschloß Iris, eine Schwangerschaft auf normalem Wege zu riskieren. Das führte direkt in den zweiten Alptraum ihres Lebens. „Wir ließen den Fruchtwasser-Test in St. Louis durchführen“, sagt ihr Mann. „Man teilte uns mit, das Kind werde ein Mädchen sein. Wir sagten, Gott sei Dank, und seufzten vor Erleichterung.“

Doch dann kam ein zweiter Anruf: Versehentlich waren Zellen von Iris getestet worden. Der Embryo aber war männlich. Daraufhin entschlossen sich die Eltern zur Abtreibung. Es war eine solch traumatische Entscheidung, daß Iris bis heute nicht darüber sprechen mag. „Die Klinik, die den Test durchführte, ist eine renommierte Einrichtung“, sagt Henry Kramer, „aber manchmal läuft eben alles schief.“

Noch immer wollten die beiden gern Kinder haben, doch vor dem Risiko einer abermaligen Abtreibung scheuten sie zurück. Schließlich bot sich ihnen eine neue Perspektive: Ein „genetic counselor“ – an vielen amerikanischen Kliniken beraten medizinisch und psychologisch geschulte Spezialisten fortpflanzungswillige Paare – erzählte ihnen von PGD, der Prä-Implantations-Gen-Diagnostik. Und er nannte ihnen auch eine Einrichtung, die diese Methode anwandte: das Genetic & IVF Institute.

Die Klinik erklärte sich bereit, den Kramers zu helfen – kostenlos, denn das Verfahren befand sich noch im Experimentierstadium. Die beiden waren sich sofort einig: „Das ist für uns die einzige Möglichkeit.“

Aus den Ovarien von Iris Kramer wurden 13 Eier entnommen und mit dem Spermia ihres Mannes befruchtet. Die so entstandenen Embryonen ließ das GIVF-Team drei Tage lang wachsen, bis sie das Acht- oder Zwölf-Zell-Stadium erreicht hatten – den Zeitpunkt, an dem mit einer Embryonen-Biopsie das Geschlecht zu bestimmen ist. Nicht alle Embryonen hatten bis dahin überlebt – an jenem Sonntagnachmittag nur jene drei.

Ed Fugger, der Embryonen-Experte am GIVF, hat seine Ausbildung in – auf Viehzucht ausgerichteter – Reproduk-

Drei Tage nach der Zeugung hat sich das befruchtete Ei zu einem acht- bis zwölfzelligen Menschenkeim entwickelt. Eine dieser Zellen soll einem Gen-Test unterzogen werden. Unter der 400fachen Vergrößerung des Mikroskops ist zu erkennen, wie die Hohlnadel den Präembryo anritzt, eine Zelle (Pfeil) herausaugt und außerhalb der Hülle freisetzt. Der Keim entwickelt sich defektfrei weiter

IN JEDER ZELLE STECKT DIE GLEICHE BOTSCHAFT





tions-Biologie an der Texas Agricultural and Mechanical University, kurz: Texas A & M, absolviert. Stämmig, mit näselndem Akzent, Piloten-Sonnenbrille und geschmückt mit dem riesigen Ring seines College, erinnert der gebürtige Texaner eher an einen Armee-Offizier als an einen Wissenschaftler.

Der Werdegang dieses GIVF-Experten, der entfernt mit den Augsburger Fuggern verwandt ist, spiegelt die seltsame Entstehungsgeschichte dieser noch jungen wissenschaftlichen Disziplin: Viele Forscher, die mit menschlichen Eizellen und Embryonen hantieren, haben in der Viehzucht gearbeitet. Präembryonen von Rindern sind größer als die von Menschen und einfacher zu handhaben. Um sich auf den Umgang mit letzteren vorzubereiten, hat Fugger auch mit denen von Mäusen experimentiert, die nur etwa halb so groß und noch weit schwieriger zu manipulieren sind. „Als ich danach erstmals mit Menschen-Embryonen gearbeitet habe, dachte ich: Oh, das ist ja ein Kinderspiel.“

Das Wichtigste, das man zur Präparation einzelner Embryozellen braucht, ist das richtige Werkzeug. Fugger fertigt es selber an: fein gezogene Glasnadeln und Pipetten, die so dünn sind, daß das Auge sie kaum mehr wahrnehmen kann. So filigran sind sie, daß sie nur mit Aktuatoren – Kraft-Überträgern – zu benutzen sind, die alle Bewegungen des Operators maßstabgerecht dem Mikrokosmos der Zellen anpassen.

In seinem Labor, das an einen OP erinnert, sitzt Fugger vor seinem binokularen Mikroskop und fokussiert einen Embryo. Mit einer Pipette hält er ihn in einer mehr oder weniger stabilen Lage. Die Pipette, Durchmesser 60 bis 70 Mikrometer, saugt den Embryo mit leichtem Unterdruck an. Der Embryo schimmert in gleißendem Licht unter dem Mikroskop – ein kleines Bündel Zellen, umgeben von einer transparenten Hülle, der *Zona pellucida*. Wohl nur in diesem Entwicklungsstadium sind wir Menschen wahrhaft gläsern.

An jenem schicksalsträchtigen Sonntag hielt Fugger jeden der drei verbliebenen Kramerschen Embryonen mit seiner Pipette fest und schlitze alle drei mit ei-

ner Nadel auf. Das klingt barbarisch, doch ganz plausibel, als der Embryo-Experte den Vorgang in seinem gemächlichen Texanisch erläutert: „Die Hülle ist sehr elastisch, wenn sie sich im richtigen Stadium befindet. Nach der Entnahme der Zelle schließt sich der Schlitz sofort.“

Die Zellen schwebten im Innern der „Zona“ wie Wasserbälle. Theoretisch könne man sie nach dem Aufschlitzen allesamt freisetzen, erläutert der Experte. Doch im Gegensatz zu Wasserbällen seien Embryonen-Zellen oft etwas kleb-

rig. „Sie haften aneinander, wenn auch nicht sehr stark. Ich drücke dann auf die ‚Zona‘, um ein Gefühl dafür zu bekommen, wie stark die Zellen aneinanderhaften. Lassen sie sich leicht bewegen, weiß ich, daß es nicht sehr schwierig sein wird, sie herauszuholen. Denn im Idealfall gibt die Hülle unter leichtem Druck nach, so daß beim Aufschlitzen eine Zelle herausschießt. Ich drücke also von außen auf den Embryo, und – blubb – kommt sie heraus.“

Der Embryo wird durch diese Prozedur nicht geschädigt: In diesem frühen

WIE GESETZE DEN EMBRYO

Die Grenzen der modernen Fortpflanzungsmedizin sind in verschiedenen Ländern sehr unterschiedlich geregelt

Seit sich die intimste Sache der Welt – die Vereinigung von Ei- und Samenzelle – aus dem warmen Dunkel des Leibes ins kalte Licht des Labors verlegen läßt, ist das beginnende menschliche Leben in bislang unbekanntem Maß verfügbar und manipulierbar geworden. Aber längst nicht überall ist alles technisch Mögliche auch erlaubt. Auf die neuen (Mißbrauchs-) Möglichkeiten der Fortpflanzungsmedizin haben die Staaten mit durchaus unterschiedlicher Gesetzgebung reagiert – so Deutschland, Frankreich, Italien oder Großbritannien, während etwa Belgien, Griechenland und Finnland spezielle Regelungen für überflüssig erachteten.

Das deutsche Embryonenschutzgesetz – in Kraft seit 1. Januar 1991 – gilt als vergleichsweise streng. Es begrenzt den Forschungsdrang der Wissenschaftler, aber auch die Hoffnungen mancher Paare, die ungewollt kinderlos geblieben sind.

Demnach droht Freiheitsstrafe bis zu drei Jahren oder Geldstrafe jedem,

- der eine Leihmutterschaft herbeiführt;
- der menschliche Eizellen im Labor befruchtet ohne die Absicht, eine Schwangerschaft herbeizuführen – was ein Verbot der Schaffung von Embryonen zu Forschungszwecken bedeutet. Fünf Jahre Gefängnis oder eine Geldstrafe riskiert, wer
- die Erbinformation einer menschlichen Keimbahnzelle künstlich verändert;
- genetisch identische Embryonen („Klone“) künstlich erzeugt.

In einem Europa mit offenen Grenzen sind viele Verbote freilich leicht zu umgehen. Wer es zum Beispiel darauf anlegt, sein Kind von einer fremden Frau austragen zu lassen, braucht nur in die Niederlande oder nach Großbritannien zu fahren. In Italien können Frauen auch jenseits der Wechseljahre Mutter werden – dort ist eine Eizell-Spende anders als hierzulande zulässig. Der römische Gynäkologe Severino Antinori hat diese Methode perfektioniert und schon über 60jährigen zum ersehnten Kind verholfen.

Stadium werden entnommene Zellen unverzüglich ersetzt, die Entwicklung geht ungestört weiter.

Fugger weist darauf hin, daß sich Embryonen – genau wie die Menschen – sehr voneinander unterscheiden. „Mit der Zeit entwickelt man eine solche Fertigkeit in dieser Technik, daß immer etwas für das DNS-Labor herauskommt – egal wie die Embryonen aussehen. Ich teste sie gern. Jedesmal wenn ich mir einen vornehme, gebe ich ihm einen Stups und sage: Wer bist du denn? Wie möchtest du denn behandelt werden?“

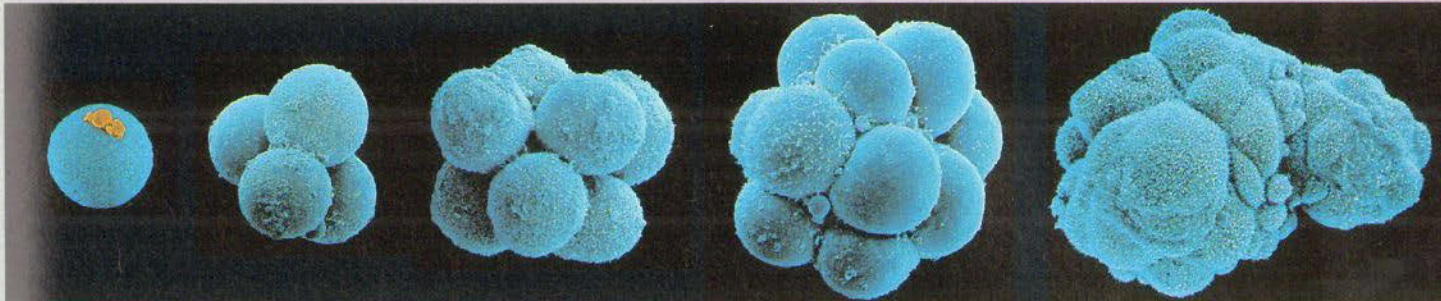
Welcher Embryo schließlich implantiert wird, entscheidet sich freilich nicht unterm Mikroskop, sondern im Gen-Labor. Im Falle der Kramers mußte jeder der lebensfähigen Embryonen einen Test absolvieren, mit dem das Geschlecht bestimmt wurde.

Eine menschliche Zelle enthält sechs Pikogramm DNS – ein Pikogramm ist der millionste Teil eines Millionstelgramms. Eine wahre Enzyklopädie an Informationen liegt darin verborgen, sämtliche drei Milliarden Buchstaben der menschlichen Erbsubstanz. Der

GIVF-Genetiker Gene Levinson hatte in der immensen Bibliothek des Kramerschen Erbguts gleichsam einige Wörter aufzuspüren, genauer: einen bestimmten Abschnitt auf dem Y-Chromosom, der einen Embryo zweifelsfrei als männlich ausweist.

Genetische Schlüsselwörter zu identifizieren ist heutzutage beinahe wissenschaftlicher Alltag – dank einer Technik, die ähnlich funktioniert wie die Suchroutine in einem Computer-Textverarbeitungsprogramm: Levinson und seine Kollegen vermehren die gesuchten

SCHÜTZEN



Im Fokus von Wissenschaft und Justiz: der menschliche Lebenskeim am Anfang seiner Entwicklung

Manche Wissenschaftler in Deutschland fühlen sich durch die strengen Regeln übermäßig eingeschränkt. So beklagte die Deutsche Forschungsgemeinschaft, daß das Gesetz jeglichen Fortschritt auf dem Gebiet der Reproduktionsmedizin ersticke, während in anderen Ländern munter weitergeforcht werde. Zum Beispiel dürfen Ärzte und Biologen unter anderem in Großbritannien, Frankreich, Spanien und – solange keine öffentlichen Gelder in die Arbeiten fließen – in den USA mit menschlichen Embryonen experimentieren, können somit etwa neue Methoden ausprobieren, Erbkrankheiten im Reagenzglas noch außerhalb des Mutterleibes zu diagnostizieren.

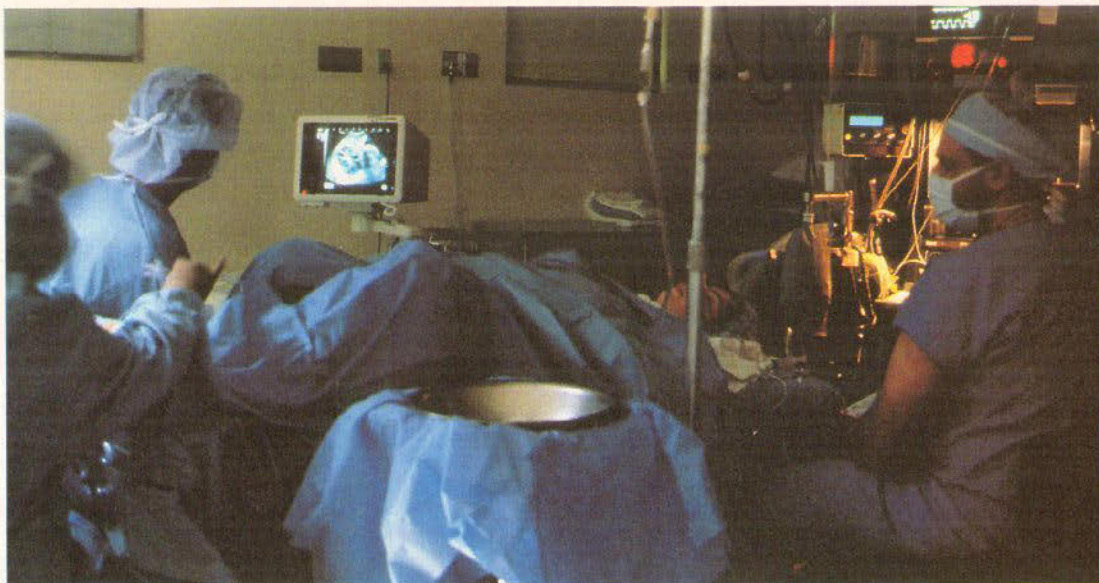
Tabu ist derzeit fast überall der Eingriff in die Keimbahn des Menschen, also eine genetische Manipulation, die auf kommende Generationen übergeht

– für einige Forscher weniger aus ethischen Gründen als wegen der unausgereiften Technik. Wie Deutschland haben Österreich, Polen, Schweden und die Schweiz bereits vorsorglich die Schaffung des Menschen nach Maß unter Strafe gestellt. In Frankreich und Norwegen sind Ausnahmen von einem grundsätzlichen Verbot zulässig. Im Gros der Länder hat der Gesetzgeber jedoch keine Regeln festgeschrieben, sondern die heikle Materie bislang den ärztlichen Standesvertretungen und universitären Ethik-Kommissionen überlassen.

Hetige Diskussionen über ein gesetzliches Verbot des Klonens setzten in vielen Ländern ein, nachdem schottische Wissenschaftler im Frühjahr 1997 die Geburt des geklonten Schafes Dolly gemeldet hatten. US-Präsident Bill Clinton etwa will die Herstellung

identischer Menschen untersagen, das Klonieren menschlicher Embryonalzellen zu Forschungszwecken aber zulassen.

Ein ähnlicher Konsens deutet sich in Europa an. In einem Zusatzprotokoll zur Bioethik-Konvention ächtet der Europarat „jede Intervention, die darauf gerichtet ist, ein menschliches Lebewesen zu erzeugen, das mit einem anderen lebenden oder toten menschlichen Lebewesen genetisch identisch ist“. Explizit weist das Dokument indes darauf hin, daß die Regelung kein Verbot der Klonierung in der Zellbiologie bedeutet. In vielen der 40 Mitgliedsstaaten des Europarates herrschte in dieser Frage bislang ein Rechts-Vakuum. So gesehen, ist das Protokoll ein Fortschritt. Bevor dieser Mindeststandard gültig wird, müssen die nationalen Parlamente die Konvention allerdings erst ratifizieren.



TECHNIK REGIERT DIE NATUR

Mit einem Ultraschallgerät kontrolliert das Ärzteteam bei einer Patientin, wie viele Eizellen durch eine Hormonbehandlung gleichzeitig gereift sind. Mit einer Nadel, die durch die Scheide eingeführt wird, kann der Gynäkologe sie dann absaugen

„Wörter“ – bestimmte Abschnitte der DNS aus dem Kern einer Embryozelle – mit Hilfe der Polymerase-Kettenreaktion (PCR), bis genug Kopien davon vorhanden sind, um diese „Wörter“ leicht nachweisen zu können.

Die PCR-Technik ist allerdings bei einer einzelnen Zelle noch fehlerträchtig. In zwei Fällen sind hochkarätigen IVF-Teams in New York und London Fehl Diagnosen unterlaufen: Sie pflanzten „defekte“ Embryonen ein, die die Paare – wie die Kramers nach deren Test-Pan- ne – abtreiben ließen. In einem weiteren, noch schwerer wiegenden Fall hatte das Illinois Masonic Medical Center in Chicago einen Embryo implantiert, der dem Testergebnis zufolge nicht von der in der Familie des Vaters grassierenden Erbkrankheit Zystische Fibrose betroffen war. Die Forscher hatten sich geirrt.

Die Eltern, tiefgläubige Christen und Abtreibungsgegner, entschlossen sich, das Kind zu bekommen. Ihre Tochter leidet an Zystischer Fibrose und hat eine entsprechend geringe Lebenserwartung. Dieser Fehler brachte der Chicagoer Klinik eine Klage ein – und rückte die gesamte Methode in ein schlechtes Licht.

Deshalb beeilt sich Levinson, darauf hinzuweisen, daß heute sehr viel sorgfältiger gearbeitet werde. Der Irrtum von Chicago habe sich schließlich 1992 ereignet – in der Frühzeit der PGD-Technik. Zu den Kardinalfehlern zählt Levin-

son, daß nach einem „Wort“ auf dem Y-Chromosom gefahndet wird, ohne gleichzeitig nach „Wörtern“ auf dem X-Chromosom und anderen genetischen Markern zu suchen: „Es ist sehr gefährlich, sich auf das Ausbleiben eines einzigen Signals zu verlassen.“ Das GIVF untersuche bei jedem Embryo mindestens 300 DNS-Proben, um eine akkurate Diagnose sicherzustellen.

Einer der drei Embryonen, die an jenem Sonntag noch am Leben waren, machte den Forschern Probleme: Die DNS ließ sich einfach nicht vermehren, erinnert sich Gary Harton, der Leiter des Gen-Labors. „Deshalb haben wir keine Daten bekommen. In solchen Situationen überlassen wir es immer den Patienten, zu entscheiden, was zu tun sei.“

Die Kramers wollten jedes Risiko vermeiden. Da der zweite Embryo männlich war, entschieden sie sich zur Implantation des dritten, von dem sie wußten, daß er weiblich war und mithin die Duchenne-Krankheit nicht bekommen konnte.

Der Vorgang der Implantation war wenig erbaulich, eine „Anti-Klimax“, wie Iris Kramer sich erinnert: „Ich mußte mich zurücklehnen, damit sie den Embryo einpflanzen konnten. Sie hatten mir ein Mittel zur Entspannung meiner Muskeln gegeben, und ich spürte nichts. Noch eine weitere halbe Stunde mußte ich in einem Winkel von fünf Grad rück-

wärts gelehnt liegenbleiben, damit der Embryo Zeit hatte, sich einzunisten, und hernach hatte ich 24 Stunden das Bett zu hüten. Dann flogen wir nach Hause in den Mittleren Westen.“

Nun begann die Wartezeit. Nach zehn Tagen sollte sich die Schwangerschaft nachweisen lassen. „Ich versuchte, mir das Leben so leicht wie möglich zu machen“, sagt Iris Kramer. „Doch das einzige, woran ich denken konnte, war: Bist du schwanger? Meine Schwester hatte mir ein Medaillon mit einem Bild der heiligen Anna geschenkt – der Schutzpatronin der Mütter. Ich trug es die ganze Zeit, obwohl ich gar nicht katholisch bin.“

Embryonen-Diagnosen sind in der Welt der Medizin noch immer selten. Diese experimentelle Prozedur ist für einen ganz speziellen Zweck entwickelt worden, um zu verhindern, daß solche Kinder wie der Bruder von Iris Kramer geboren werden. Gewiß ist, daß die Diskussionen um die ethischen Fragen, die diese Methode aufwirft, noch vertrackter und vielschichtiger sein werden als die Auseinandersetzungen um die Abtreibung. Denn PGD läutet eine neue Ära der Eugenik ein.

Die meisten Wissenschaftler hören dieses Wort nicht gern, obwohl es die Brisanz dieser Technik auf den Punkt bringt. „Ich glaube, daß künftig die meisten Leute die IVF-Technik nicht wäh-

len werden, weil sie ein Fruchtbarkeitsproblem haben, sondern wegen der Möglichkeit, Embryonen genetisch zu selektieren“, sagt der PGD-Experte Mark Hughes, selbst einer der glühendsten Verfechter dieser Methode. Zwar sind sehr viele Leute unfruchtbar – Schätzungen reichen in den USA bis zu 20 Prozent der Bevölkerung –, doch „ein noch größerer Prozentsatz wird etwas für seine Gene tun wollen“.

Daß angesichts dessen die Prä-Implantations-Diagnostik immer noch eher eine Randerscheinung ist – ein Exot in der Medizin-Technik –, liegt vor allem an den hohen Kosten. Sie belaufen sich pro IVF-Behandlung nach den besten Schätzungen auf 10 000 Dollar – und viele Frauen werden beim ersten Versuch noch gar nicht schwanger. Rund 8000 Dollar kostet die IVF-Prozedur selbst, der Rest geht an High-Tech-Genlabors wie jenes, an dem Levinson arbeitet. Deshalb müssen Paare, die IVF der genetischen Selektion wegen wählen, schon triftige Gründe für ihre Entscheidung haben – etwa die Sorge, ein Kind mit einer unheilbaren Krankheit zu bekommen.

„Am GIVF“, sagt Levinson, „arbeiten wir daran mit, weil wir die Methode für richtig halten.“ Tatsächlich jedoch ist es nicht nur guter Wille oder der Hippokratische Eid, der Mediziner dazu veran-

laßt, die Entwicklung der IVF-Technik voranzutreiben und Forschungsstätten wie das GIVF einzurichten. Levinson: „Wir machen damit das GIVF sehr bekannt.“ Außerdem könnten die Forscher an den Instituten mit den Patienten die PGD trainieren.

Trotz der hohen Kosten wird es letztlich an der Nachfrage nach PGD nicht mangeln. Denn die Zahl der Eltern, die angesichts eines Erbleidens in der Familie vor der Entscheidung stehen, welches Kind sie zur Welt bringen sollen, wird zunehmen, je mehr genetische Dispositionen erkannt sind. „Wenn erst genügend genetische Marker zur Verfügung stehen und die Technik so verlässlich geworden ist, daß sie nur noch geringe Risiken bietet, werden die hohen Kosten schon eher akzeptiert“, sagt der Bio-Ethiker Caplan von der University of Pennsylvania.

Er geht davon aus, daß PGD ein Routine-Verfahren wird, an dem die Spezialisten prächtig verdienen können: „Weil Abtreibung noch immer so schrecklich ist und die genetische Behandlung von Embryonen noch weiter in der Zukunft liegt, ist PGD die Domäne, auf die sich eine Menge intelligenter Leute konzentrieren werden.“

In rascher Folge werden mehr und mehr genetische Marker für Erb leiden erkannt: So fanden Forscher 1993 Gene,

die mit Darmkrebs einhergehen. 1995 stießen sie auf genetische Auslöser von Alzheimer und Bauchspeicheldrüsenkrebs, und zwischen 1994 und 1996 auf insgesamt vier Gene, die mit Brustkrebs im Zusammenhang stehen. All diese Leiden ließen sich prinzipiell mittels PGD vorgeburtlich diagnostizieren. Levinson: „Ist einmal ein Gen entdeckt, so dauert es nur zwei, drei Monate, bis eine verlässliche Diagnose-Methode dafür gefunden ist.“

Bislang möchten die meisten Frauen, die sich in Kliniken wie dem GIVF einer PGD unterziehen, nach einer langen Serie von Fehlgeburten ihre Chance erhöhen, doch noch ein Kind zu bekommen. Oder sie wollen ihren Nachwuchs vor einem Erb leiden bewahren, das wie die Duchenne-Krankheit bereits im Kindesalter tödlich ist. Doch schon in naher Zukunft könnte sich noch eine andere Kategorie von Familien für PGD interessieren – jene, deren künftigen Kindern eine Erbkrankheit erst später im Leben droht.

Moshe Zilberstein ist Leiter der Genetik-Abteilung des Institute for Repro-

»VEREINZELT« WARTEN DIE EIER AUF SPERMA



Unter einem Mikroskop in einem auf 37 Grad Celsius temperierten Gehäuse bereitet die Medizintechnikerin die Befruchtung vor. In Kompartimenten »vereinzelt« sie unbefruchtete Eizellen, die sie zuvor jeweils den Tropfen einer Nährlösung in einer Petrischale entnommen hat

ductive Medicine im Bostoner Faulkner Hospital, das zu jenen weltweit etwa einem halben Dutzend Instituten zählt, die gegenwärtig PGD anbieten. Der Mediziner hatte gegen diese Technik zunächst starke Vorbehalte. „Wenn PGD erst einmal in größerem Umfang verfügbar ist“, argumentierte er, „dann werden sich vermutlich immer mehr Menschen dazu gedrängt fühlen, sich testen und ihren potentiellen Nachwuchs selektieren zu lassen. Vor allem dann, wenn sich die Möglichkeit abzeichnet, bestimmte Erbkrankheiten innerhalb von einer oder zwei Generationen zu eliminieren.“

Doch Zilbersteins Haltung änderte sich, als er 1994 an einer Konferenz in den National Institutes of Health (NIH) teilnahm, die sich mit den genetischen Faktoren des Brustkrebses befaßte. Obwohl PGD nicht auf der Tagesordnung stand, meldete sich Zilberstein bei einer Diskussion zu Wort und bekannte, daß er – sobald ein genetischer Marker für Brustkrebs entdeckt sei – daran denken werde, Paaren PGD anzubieten, um ihnen zu helfen, Embryonen mit diesem Marker zu identifizieren.

„Ich hatte große Bedenken, das Thema überhaupt anzusprechen“, erinnert sich Zilberstein. „Mir war, als verkündete ich den Menschen im Saal, von denen sicherlich manche mit einer Anlage für erblichen Brustkrebs behaftet waren, daß sie sich als Objekt einer Aussonderung betrachten müßten.“

Doch die Reaktion des Publikums verblüffte Zilberstein zutiefst. „Ich hörte: ‚Wenn Sie in der Lage sind, das zu tun – die Gene zu identifizieren und die von Krankheit bedrohten Embryonen nicht zu implantieren –, dann möge Gott Sie segnen. Wenn Sie das können, und sei es auch nur in der Generation unserer Enkel, dann werden wir weniger Schuldgefühle haben‘.“ Niemand hatte Einwände, mit PGD gegen Mutationen vorzugehen. Nicht eine einzige Hand erhob sich dagegen.

Und Arthur Caplan wagt eine noch weiter gehende Prognose: Sobald genetische Marker für spezifische Persönlichkeitsmerkmale und Prädispositionen wie musikalische Begabung oder Kreativität gefunden seien, werde PGD auch

dabei angewendet. Diese Möglichkeit zeichnete sich erstmals im Januar 1996 ab: Je ein israelisches und amerikanisches Forscher-Team spürten ein Gen auf, das den Botenstoff Dopamin kontrolliert, und dieser wiederum nimmt Einfluß auf Verhaltensweisen wie Mut, Wißbegier und Kreativität.

Wohlhabende Familien schicken ihren Nachwuchs auf Privatschulen, zum Musikunterricht und in Ferien-Theaterkurse. Diese werden sich auch für Embryonen-Biopsie interessieren“, sagt Caplan voraus. „Auch in Deutschland. Die Deutschen

sind zwar aus historisch bedingten guten Gründen mißtrauisch gegenüber der Embryonen-Diagnostik, aber auch sie werden die Vorteile nicht außer acht lassen. Sie sind nicht weniger konkurrenzbewußt und an Persönlichkeits- sowie Verhaltensmerkmalen interessiert als wir. Ich glaube, daß sie auf lange Sicht ebenso wie wir die technischen Möglichkeiten nutzen werden, ihre Nachfahren genetisch auszuwählen.“

Für Michael Ludwig, Arzt im Team von Prof. Klaus Diedrich an der Frauenklinik der Medizinischen Universität Lübeck, ist es dagegen indiskutabel,

STRICHMUSTER ENTHÜLLEN FEHLER IM KERN

Vor einer Reagenzglas-Befruchtung wird die künftige Mutter mit Hormonen behandelt, damit in ihren Ovarien mehrere Eier heranreifen und die Chance auf ein gesundes Kind wächst. Bei einer Variante der Behandlung wird ein Spermium direkt in die Eizelle injiziert (1): Die Kerne von Ei- und Samenzelle verschmelzen (2), etwa nach einem Tag teilt sich die neue Zelle zum erstenmal (3), und nach drei Tagen sind acht bis zwölf Zellen entstanden. Für den Gen-Test saugen Mediziner eine dieser Zellen ab (4). Aus deren Kern isolieren sie die doppelsträngige DNS (5), in der die genetische Information codiert ist. Der Faden wird mit Wärme zu zwei Einzelsträngen gespalten und mit »Primern« markiert. Die Basensequenz zwischen zwei Markierungen, in der die gesuchten Informationen erwartet werden, wird millionenfach kopiert (6). Mittels »Elektrophorese« läßt

sich dann die Länge dieser DNS-Fragmente und somit die Zahl der Basen bestimmen: Die DNS-Stückchen und zum späteren Vergleich andere mit mehreren genau bekannten Längen werden auf einen speziellen Gel-Film gesetzt. In einem elektrischen Feld wandern die Fragmente – und zwar um so schneller, je kürzer sie sind. Durch Vergleich mit dem »Maßstab«, der sich in mehrere Striche aufgetrennt hat (7), können die Genetiker die Länge der kopierten Fragmente abschätzen. Nur wenn das DNS-Stückchen die bei einem gesunden Menschen übliche Länge (8) hat und nicht etwa eine andere (9), wird der untersuchte Embryo zum Transfer in die Gebärmutter freigegeben (10). Dort nistet sich der Keim etwa sechs Tage nach der Befruchtung ein (linkes Foto), nach 40 Tagen treten beim Embryo dann Augen, Mund und Nase hervor (rechtes Bild).

PGD für etwas anderes einzusetzen als zur Verhinderung schwerer Krankheiten. Schon die PGD-Identifikation von Embryonen mit einer Anlage für Brustkrebs hält er für ethisch bedenklich. „Für uns ist das keine Indikation. Nicht alle mit einem ‚Brustkrebs-Gen‘ werden tatsächlich krank. Überdies läßt Brustkrebs sich im Prinzip heilen. Man benötigt PGD nicht, um diese Krankheit aus der Welt zu schaffen.“

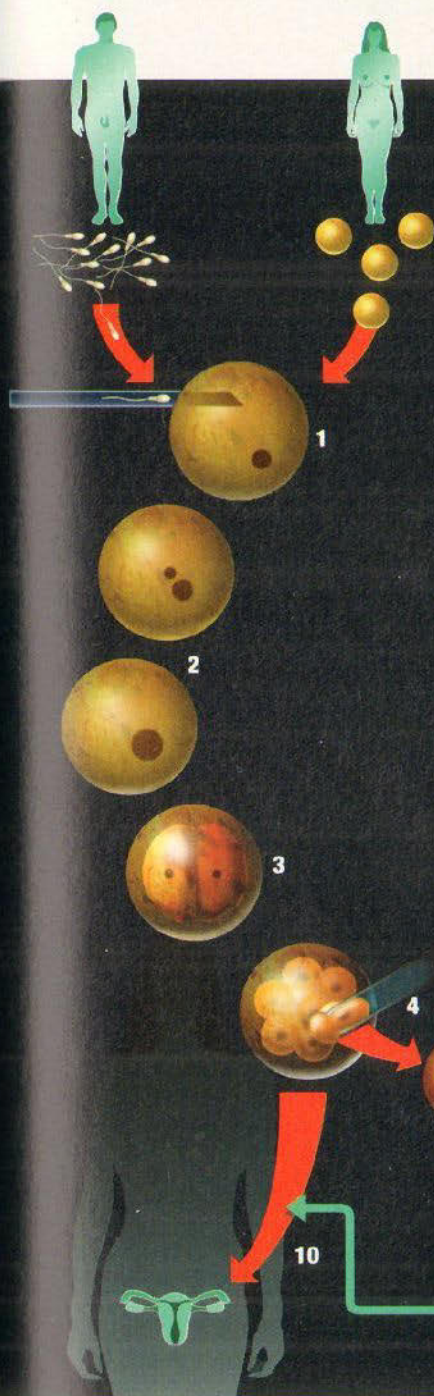
Darüber, inwieweit Brustkrebs heilbar ist, streiten jedoch die Experten – manche Frauen aus Familien, in denen sich Brustkrebsfälle häufen, lassen sich,

noch bevor sich Tumore bilden, beide Brüste prophylaktisch abnehmen. Daß Ärzte in anderen Ländern PGD anbieten, läßt Ludwig unbeeindruckt: „Man muß nicht alles machen, was theoretisch machbar ist.“

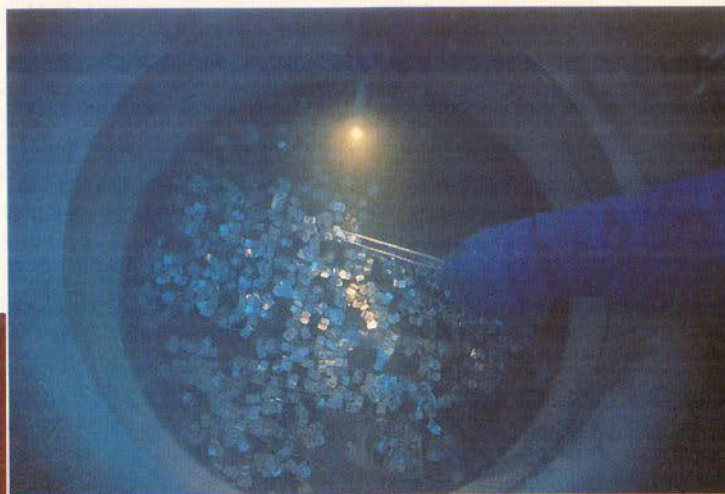
Bislang wurde PGD in Deutschland sowohl aus ethischen wie aus historischen Gründen nicht praktiziert. Vor allem wegen der Versuche während der Nazi-Zeit, die „Erbgesundheit des deutschen Volkes“ mittels Rassen-Hygiene zu verbessern, gibt es in Deutschland heute striktere Bestimmungen für genetische Manipulationen und

In-vitro-Fertilisation als anderswo. Die starken ethischen Bedenken flossen in das Embryonen-Schutzgesetz (ESchG) ein. Es soll Embryonen vor Mißbrauch durch die Wissenschaft schützen, insbesondere vor der sogenannten verbrauchenden Forschung, die keimendes menschliches Leben bisweilen Risiken aussetzt, ohne ihm zu nutzen.

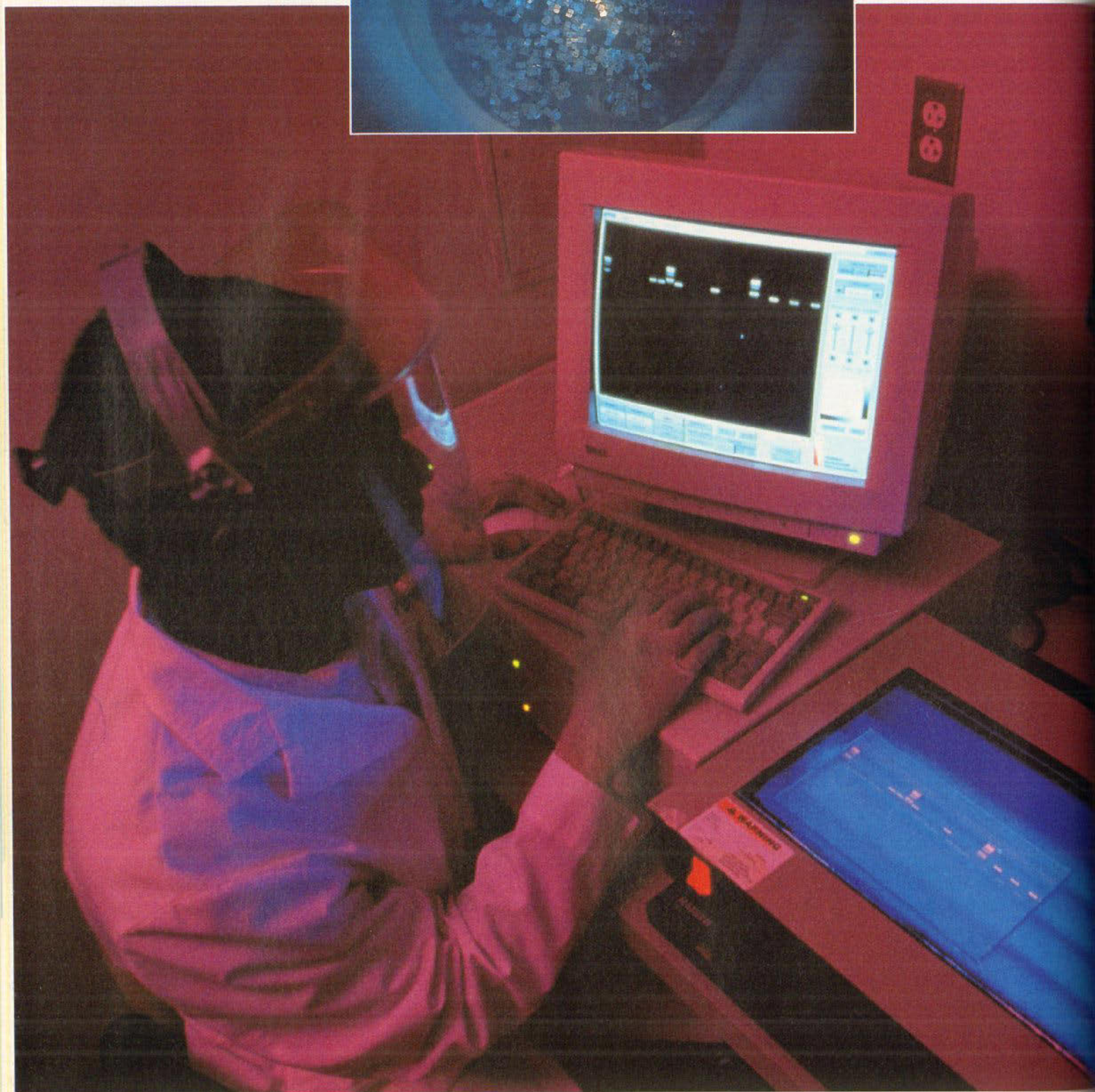
Ludwig und Diedrich hatten bei der für ihre Klinik zuständigen Ethikkommission beantragt, bei einem Paar, das mit dem Gen für Zystische Fibrose behaftet ist, die Prä-Implantations-Diagnostik vornehmen zu können. Das Gre-



NUR GESUNDE KEIME HABEN EINE CHANCE



Die DNS-Abschnitte eines Embryos, die per Elektrophorese analysiert worden sind (siehe Grafik Seite 70/71), werden im UV-Licht auf einem Gel-Film sichtbar. Ein Computer wer-



mit den Test aus. Liegen keinerlei Hinweise auf eine Krankheit vor, übertragen Gynäkologen der Mutter den Keim oder frieren ihn für spätere Transfers in flüssigem Stickstoff ein

mium beriet fast ein ganzes Jahr und entschied mit Ja: Aus ethischer Sicht bestünden keine Einwände. Aber aus rechtlichen Gründen sei das Verfahren unzulässig. Nun prüfen Arbeitsgruppen der schleswig-holsteinischen Landesregierung und des Bundesjustizministeriums, ob PGD nicht doch mit dem Embryonenschutzgesetz vereinbar ist.

Das Team der Medizinischen Universität Lübeck hat bei der Formulierung seines PGD-Antrages höchsten Wert darauf gelegt, die ESchG-Bestimmungen hinreichend zu berücksichtigen. So erklärt etwa Ludwig ausdrücklich, daß er die Embryonen nur zu deren eigenem Nutzen testen will, um gar nicht erst den Verdacht auf „verbrauchende Forschung“ aufkommen zu lassen.

Sollte sich der Embryo jedoch als Träger des fraglichen Gens erweisen, so würde, meint Ludwig, seine Aussonderung nicht gegen das Gesetz verstoßen, weil nicht die Ärzte entscheiden, ob ein Embryo – und falls ja, welcher – eingepflanzt werden soll, sondern die Eltern. Allerdings ließe sich mit dieser Argumentation irgendwann sogar rechtfertigen, Embryonen mit Genen für blaue Augen und blondes Haar den Vorzug zu geben.

Während ihrer gesamten Schwangerschaft hat Iris Kramer ihr Medaillon mit der heiligen Anna nie abgenommen. Alles verlief optimal, auch die pränatalen Tests am GIVF fielen positiv aus. „Wir haben sie nicht veranlaßt, aber wir wurden darum gebeten“, erinnert sie sich. „Außerdem wollten wir nicht noch einmal in die Kristallkugel blicken.“

Am Muttertag des Jahres 1994 gebar Iris Kramer ein gesundes Mädchen. „Hannah ist alles, was wir uns nur wünschen konnten“, sagt sie bei einem Gespräch in der Lobby eines Hotels in ihrer Heimatstadt. Hannah, inzwischen 30 Monate alt, ist ein blondes, übermütiges und fragelustiges Kleinkind. Die Eltern müssen ihr durch die Lobby hinterherjagen. Iris stellt Hannah zwischen zwei Sprints mit den Worten vor: „Hier ist das Wunder-Kind.“ Sie sagt das mit leicht ironischem Unterton, als wollte sie zu verstehen geben: Sehen Sie – trotz ihrer ungewöhnlichen Vorgeschichte ist Hannah ein völlig normales Mädchen.

Die Kramers mögen nicht jedem erzählen, unter welchen Umständen ihre Tochter zur Welt gekommen ist. „Wir leben in einer Stadt, deren größter Arbeitgeber die Assemblies of God sind. Für diese konservative christliche Sekte zählt allein Gottes Wille. Wir hingegen wissen zwar, daß die Möglichkeiten der Genetik furchterregend sind. Aber wir glauben, daß unter bestimmten Umständen die Selektion von Embryonen dennoch gestattet sein sollte, und dazu zählen schwere Erbkrankheiten.“ Iris Kramer gibt allerdings zu, daß sie bei der Diskussion der ethischen Probleme nicht neutral sein kann – weil dieses hübsche kleine Mädchen hier herumläuft.

Jedes Jahr zu Muttertag lädt das Genetics & IVF Institute alle Familien, die mit Hilfe der Klinik Kinder bekommen haben, zu einem Treffen und einer Party ein. Jedes Jahr nehmen inzwischen mehrere hundert Kinder teil, von insgesamt mehr als tausend. Die Eltern der weitaus meisten waren einst unfruchtbar. Für die Kramers gehört dieses Treffen zu den Höhepunkten des Jahres. „Da sind Hunderte von Kindern mit ihren Eltern“, sagt Henry. „Und das Merkwürdige ist: Nie wird ein Kind geschlagen oder angeschrien. Hier gibt es mehr Liebe, als ich anderswo je gesehen habe. Diese Kinder sind von ihren Eltern gewollt.“

Drei dieser Kinder sind wie die kleine Hannah sogar mehr als gewollt. They were selected, würde man in Amerika sagen. Im Deutschen klingt das etwas feierlicher – und vorsichtiger: Sie wurden auserwählt. □



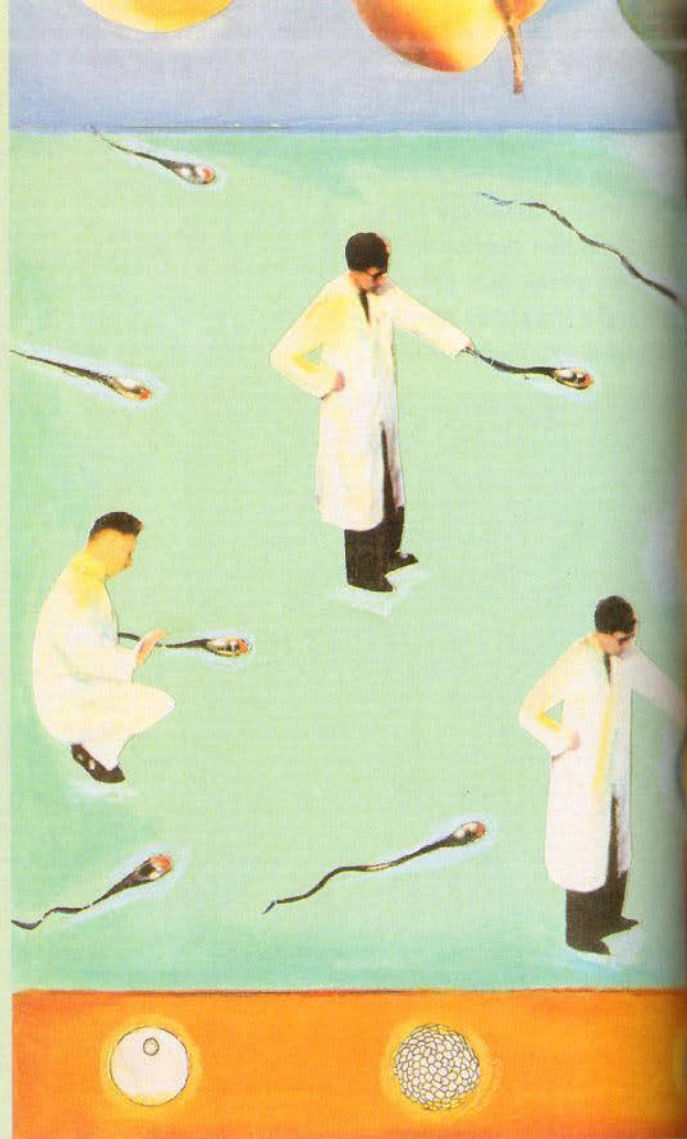
Per Gen-Test »auserwählt«: Hannah Kramer im Alter von gut drei Jahren

Steven Dickman, 36, hat für das britische Wissenschaftsmagazin „Nature“ aus Deutschland berichtet. Heute lebt er als freier Journalist in Cambridge, Massachusetts. **Wolfgang Volz**, 50, hat für GEO bereits viele komplizierte Wissenschaftsthemen optisch realisiert.

ETHIK

DIE QUAL MIT DER WAHL

Gen-Tests liefern brisante Informationen. Dürfen wir sie für die Auslese perfekter Kinder nutzen? Ernst Peter Fischer meint, daß es an Kriterien für den Umgang mit der Datenflut fehle



Alle Menschen streben von Natur aus nach Wissen.“ Mit diesen Worten beginnt die „Metaphysik“, das große Werk des Aristoteles. Der Satz stellt so etwas wie das Programm der abendländischen Kultur dar.

Tatsächlich haben wir uns mit erstaunlichem Erfolg um Wissen bemüht, und zwar vor allem im Rahmen der organisierten Form namens Wissenschaft, die sich bekanntlich auf das Meß- und Berechenbare konzentriert. Inzwischen liefert sie jedoch Ergebnisse und Daten in einer Art und Weise und in einer Fülle, die uns kaum noch Wissen beschert. Statt dessen erhalten wir lediglich mehr Informa-

tionen, und je ausführlicher sie geliefert werden, desto schmerzhafter wird uns klar, daß wir gar nicht wissen, was wir damit anfangen sollen.

Was uns zum Beispiel die moderne Genetik an Ergebnissen und Daten beschert, ist keinesfalls genetisches Wissen, sondern bloße Information, die allein noch keinen Sinn ergibt: genetisches Kauderwelsch. Und niemand kann uns sagen, wie daraus das Wissen zu schaffen wäre, das wir dringend brauchen, um all die ethischen Fragen beantworten zu können, die sich mit den unentwegt wachsenden Datenbergen anhäufen.

Einige genetische Informationen führen allerdings

unmittelbar zum Wissen. So ist bekannt, daß bestimmte Genvariationen quälende Krankheiten bewirken: Beispiele sind das Nervenleiden Chorea Huntington, das bei Menschen im Alter von 30 bis 40 Jahren zu schweren Persönlichkeitsveränderungen führt, oder die Zystische Fibrose, bei der Schleim die Atemwege auf fatale Weise verstopft. Es erscheint verlockend, diese ausgefallenen Krankheiten per Gentest erkennen und dann vielleicht vermeiden zu können.

Viel häufiger jedoch drücken bestimmte Genkonstellationen nur erhöhte Wahrscheinlichkeiten für eine spätere Erkrankung aus. Die Forscher liefern ledig-

lich Statistiken: Frauen mit einer bestimmten Gendisposition bekommen häufiger Brustkrebs als ohne diese Variante; es gibt aber viele, die mit der gleichen Erbanlage niemals krebskrank werden. Sollten dennoch alle Trägerinnen vorsichtshalber schon als Embryonen „ausgesondert“ werden? Und was ist mit Blutern? Kleinwüchsigen? Potentiellen Allergikern?

Man weiß ebenfalls schon länger, daß es Genvarianten gibt, die Auskunft darüber ermöglichen, ob jemand blaue oder braune Augen haben wird. Ganz auszuschließen ist nicht, daß eines Tages genetische Da-



ten gefunden werden, die nicht nur verraten, wie groß jemand wird oder wie schnell jemand laufen kann, sondern die – zumindest nach Meinung der Genforschungs-Enthusiasten – eine Vorhersage zulassen darüber, wie gut das aus dem Embryo hervorgehende Menschenkind später im Intelligenztest abschneidet, ob es musikalisch, machthungsig, sprachbegabt, aggressiv, homosexuell wird.

Wir werden mit solchen Informationen umzugehen haben, und zu fragen ist, welche Maßstäbe wir dabei anlegen sollen.

Es gibt viele praktische Gründe, sparsam von diesen Informationen Gebrauch zu

machen. Wenn nämlich alle Eltern danach ihre Embryos auswählen, dann kommen nur noch gleich große Leute zur Welt, die zudem alle gleich intelligent und qualifiziert sind: Naomi Schiffer-Curie zum Beispiel oder Boris Redford-Einstein.

Damit geht nicht nur der anvisierte Vorteil verloren. Er kehrt sich sogar in sein Gegenteil um, weil die Kinder, in Mengen auftretend, dem Erwartungsdruck nicht gerecht werden können: Das bezaubernd einzigartige Lieschen Müller, dessen Eltern sich keine Gedanken gemacht haben, würde ihnen spielend den Rang ablaufen.

Erfolg läßt sich durch pränatale Selektion nicht garan-

tieren. Denn woher will man wissen, was in 20, 30 Jahren attraktiv ist und Geld bringt? Selbst wenn jemand den Tennis-Boom richtig geahnt und in seiner Familie für das entsprechende Talent gesorgt hätte, müßte er damit rechnen, daß auch andere auf die Idee gekommen wären. Es gäbe dann nicht nur einen, sondern viele Aufschlagkünstler, die sich ihren Service nur so um die Ohren hauen und das Spiel schließlich langweilig machen würden.

Auch den nach Hochleistung ausgesuchten Superkindern, die es trotzdem schaffen, die Hoffnungen ihrer „Erzeuger“ zu erfüllen, bliebe wenig Grund zum

Stolz. Denn nach jenem Dogma, das sie als Summe ihrer Gene definiert, verdanken sie ihre Fähigkeiten ja nur einem Konglomerat von Erbanlagen, die jemand anders für sie zusammengestellt hat.

Es gibt zudem viele theoretische Gründe, die genetischen Informationen skeptisch zu betrachten. Denn noch verfügen die Forscher keineswegs über die umfassende Erkenntnis, wozu ein Gen respektive dessen besondere Variante dient. Ein heutiger Genetiker betrachtet die Gene so wie der alte Grieche Aristoteles die Sterne. Für beide ist da zwar klar ein Muster zu erkennen. Aber ver-

stehen, was es bedeutet, läßt es sich deswegen noch nicht.

Doch könnte es ja eines Tages einen Einstein der Biologie geben, der unser Verständnis für den Mikrokosmos der Gene öffnet. Wird es dann möglich sein, perfekte Kinder auszuwählen, vielleicht mit Hilfe der bereits technisch anvisierten DNS-Chips, die viele tausend Gen-Tests parallel ermöglichen? Vor allem: Kann das Ergebnis etwas über die Qualität eines werdenden Menschen verraten?

Wäre dank eines solchen Chips zum Beispiel ein künftiger Adolf Hitler zu vermeiden? Oder würde solch eine Ansammlung genetischer Daten nicht eher dafür sorgen, daß weder ein Mensch wie Henri de Toulouse-Lautrec noch einer wie Abraham Lincoln das Licht der Welt erblicken würde? Der Maler wurde aufgrund seiner angeborenen Osteogenesis imperfecta früh zum Krüppel; bei dem großen amerikanischen Präsidenten vermuten Wissenschaftler das Marfan-Syndrom, einen Gen-„Defekt“, der Herzkrankheiten auslösen kann. Beide wären nach genetischer Beratung womöglich nie zur Welt gekommen.

Und wenn man einen Hitler an einer genetisch bedingten Form von Größenwahn erkennen könnte, würde man die Frage, ob man ihn im Keim ersticken sollte, zwar rasch bejahen. Aber wie wäre die Antwort vor 60 Jahren ausgefallen?

Es sieht nur auf den ersten Blick leicht aus, sich Kinder aufgrund genetischer Informationen auszuwählen. Auf den zweiten Blick wird bald klar, daß alle diese Menschen in einer Gesellschaft zurechtkommen müssen, die wir nicht kennen und über die mit Sicherheit nichts in den Genen zu finden ist.



DIE PRÄNATALE SELEKTION KANN KEINEN ERFOLG GARANTIEREN

Sogar wer seine materiellen Ansprüche niedrig hängt und mit seiner Auswahl „nur“ sichergehen will, daß der eigene Nachwuchs kreativ ist, tappt in eine Falle: Aus genetischen Gründen ist es viel wahrscheinlicher, daß sich lediglich einige der bekannten Verhaltensweisen schöpferischer Menschen (wie Alkoholsucht, Melancholie oder ausgefallene sexuelle Neigungen) durchsetzen und die Kreativität auf der Strecke bleibt.

Läßt sich denn wenigstens das minimale Ziel erreichen, daß nach einer genetischen Embryonenselektion nur gesunde Menschen zur Welt kommen? Kann man erblich bedingte Krankheiten nicht auf diese Weise verschwinden lassen?

Wir haben schon an den Beispielen Toulouse-Lautrec und Lincoln gesehen, wie kurzsichtig solch ein Vorha-

ben wäre. Obendrein ist es nach allen Erkenntnissen der Genetik und nach jedem Verständnis der Evolution höchst wahrscheinlich, daß die meisten Gene mit Krankheitswert auch eine nützliche Funktion für ihren Träger haben.

Natürlich will ich auf keinen Fall dafür plädieren, schwerstbehinderte Kinder in die Welt zu setzen, nur um sie anschließend qualvoll sterben zu sehen. Man muß sich aber klarmachen, daß alle genetischen Informationen Stückwerk bleiben und man häufig ganz anders entscheiden würde, wenn man den dazugehörigen Menschen gegenüberträte.

Deshalb möchte ich einen Vorschlag machen, der den zweiten Satz der „Metaphysik“ aufnimmt, mit dem Aristoteles erläutert, weshalb die Menschen nach

Wissen streben. Sie tun dies nämlich einfach „aus Liebe zu den Sinneswahrnehmungen, denn auch ohne Nutzen werden diese an sich geliebt“.

Alle Suche nach Erkenntnis – so erinnern wir uns plötzlich – fängt mit der Wahrnehmung an und der Freude, die wir dabei gewinnen, beim Betrachten der Naturschönheiten etwa. Menschen sind vor allem wahrnehmungsfähige Geschöpfe, und ich bin überzeugt davon, daß sie ihre moralischen Werte aus ihrem sinnlichen Erleben entwickeln können. Wenn wir darauf verzichten, wenn wir uns auf die Informationen beschränken, die als Gensequenzen die Teilaspekte eines Wesens ausweisen, dann brauchen wir uns nicht zu wundern, wenn uns die ethischen Grundsätze abhanden kommen.

„Sieh hin und du weißt.“ So hat uns der Philosoph Hans Jonas geraten, wenn es gilt, Menschen gegenüber verantwortlich zu handeln. Wir haben uns heute an vielen Stellen das Hinsehen abgewöhnt, und deshalb wissen wir trotz aller Informationen eher weniger.

Wer sich auf Prä-Implantations-Diagnostik einläßt und nach einer ethischen Richtschnur sucht, sollte sich darüber im klaren sein, daß er oder sie dabei auf das wichtigste Werkzeug der menschlichen Erkenntnis und die Grundlage unserer Moral verzichtet, auf die Wahrnehmung nämlich. Wir sind selbst am meisten behindert, wenn wir allein aufgrund genetischer Informationen eine Entscheidung über das Leben möglicherweise behinderter Menschen treffen. Alle Menschen können das von Natur aus wissen. □

Der Mathematiker, Physiker und Biologe **Ernst Peter Fischer**, 51, lehrt Wissenschaftsgeschichte an der Universität Konstanz und ist Mitbegründer der privaten Hochschule Holzen bei Freiburg.

Jeden Tag wächst die Weltbevölkerung um 240.000 Menschen.

Ein Großteil dieses Wachstums beruht auf ungewollten Schwangerschaften in Entwicklungsländern.

Immer mehr Menschen in Entwicklungsländern möchten eigenverantwortlich die Zahl ihrer Kinder begrenzen. Doch Millionen fehlt der Zugang zu den dafür erforderlichen Informationen, Mitteln und Dienstleistungen. **Die Deutsche Stiftung Weltbevölkerung hilft mit ihren Projekten jungen Menschen in Entwicklungsländern, ungewollte Schwangerschaften zu vermeiden.**



Deutsche Stiftung **WELTBEVÖLKERUNG**

Kuratorium:

Prof. Dr. Klaus Leisinger, Rolf Seelmann-Eggebert, Prof. Dr. Rita Süßmuth, Prof. Dr. Ernst U. von Weizsäcker

Telefon (0511) 9 43 73-0 · Fax (0511) 2 34 50 51
eMail info@dsw-hannover.de
homepage <http://www.dsw-online.de>

Spenden Konto Nr. 38 38 38 0
Commerzbank Hannover · BLZ 250 400 66
Fax (0511) 234 50 51

An die
Deutsche Stiftung Weltbevölkerung
Göttinger Chaussee 115
30459 Hannover

Ja, ich will mehr wissen!

Senden Sie mir kostenlos und unverbindlich:

- ☐ Informationen über die Deutsche Stiftung Weltbevölkerung
- ☐ Die Broschüre „Familienplanung rettet Leben“
- ☐ Informationen zum Weltbevölkerungswachstum

.....
Absender

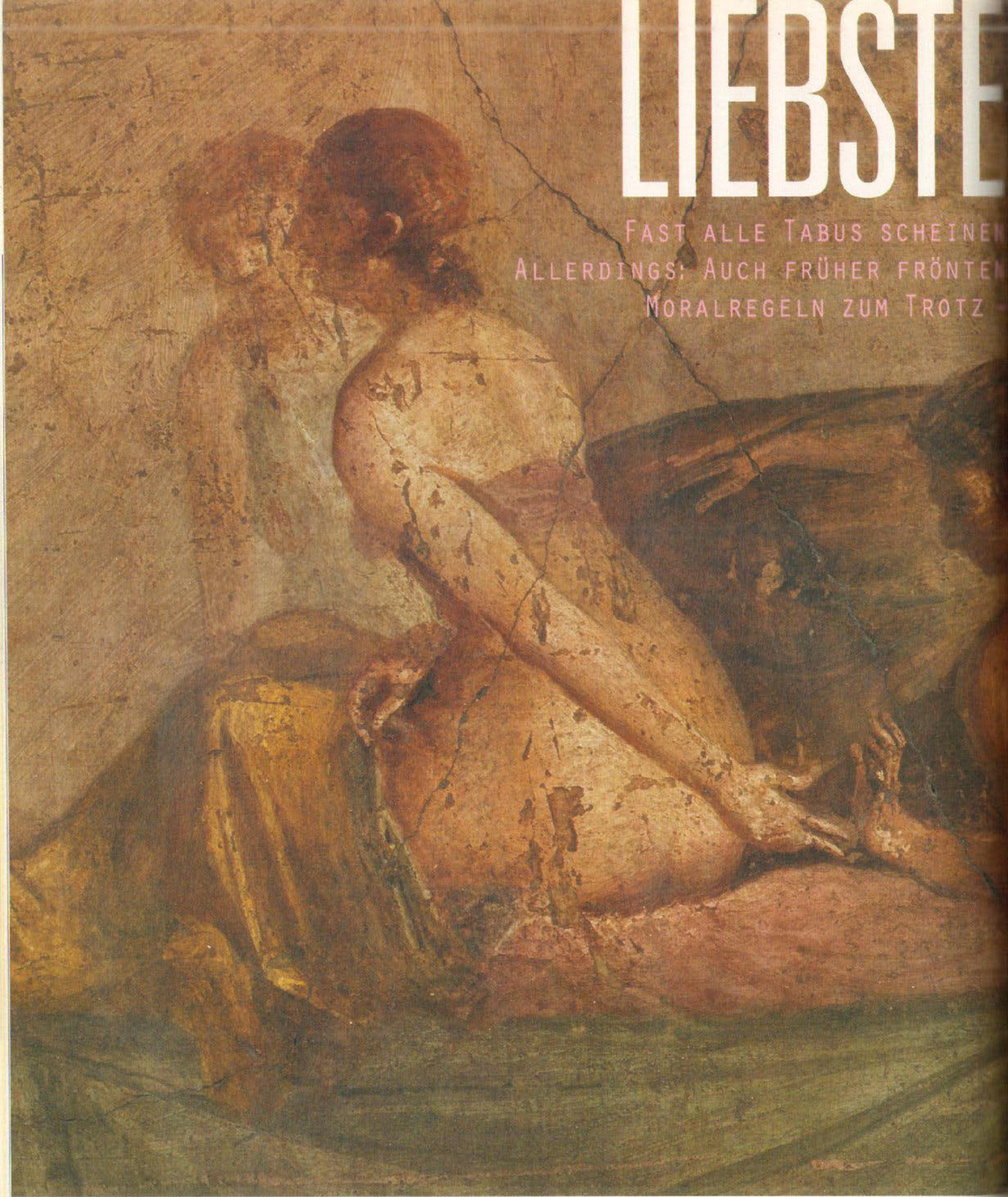
.....

.....



LIEBSTE

FAST ALLE TABUS SCHEINEN
ALLERDINGS: AUCH FRÜHER FRÖNTEN
MORALREGELN ZUM TROTZ



SÜNDE

HEUTE GEFALLEN ZU SEIN.
MÄNNER UND FRAUEN – ALLEN
REIZÜGIG DER LUST

**Erotische Anregung
auf delicate und
handgreifliche Art:
pompejanisches
Wandgemälde aus
dem ersten nach-
christlichen Jahrhun-
dert; Männer-Strip
einer kalifornischen
Truppe Ende des 20.
Jahrhunderts**



VON FRANZ MECHSNER

Komm, mein Freund, laß uns aufs Feld hinausgehen und unter Zyperblumen die Nacht verbringen. Da will ich dir meine Liebe schenken.“ So freimütig spricht das Mädchen im „Hohenlied“ des Alten Testaments zum Geliebten. Welche Welten liegen zwischen ihr und der unbekannten englischen Dichterin, die 1688 über das „Unglück ihres Geschlechts“ klagte: „Unsere Gedanken, wie Zunder bereit, Feuer zu fangen / Werden oft von liebendem Verlangen ergriffen. Doch die Sitte verfügt so strenge Gebote, / Wir dürfen's um unser Leben nicht zeigen.“ Und welche Welten liegen wiederum zwischen ihr und Nina Hagen, die 1978 „Wenn du scharf bist, mußt du rangehn“ ins Mikrofon röhre, aber auch ihrem „Schätzchen“ die Meinung stieß: „Spritz – spritz – das is'n Witz!“

Das Hohelied irritierte die Kirchenoberen des Mittelalters ungemein, galt ihnen doch der Stachel der Begierde als schlimmster Feind eines christlichen Lebenswandels. Und was mußten die hohen Würdenträger nicht alles lesen: von Brüsten, die wie junge Zwillinge von Gazellen sind, von

Wohlgerüchen, denen alle Gewürze unterlegen sind; vom Schoß des Mädchens, der wie ein runder Becher ist, dem es nimmer an Getränk mangelt.

Also verkündete die Kirche den Gläubigen, das Hohelied sei symbolisch gemeint, ein Gleichnis für die Liebe Christi zur gläubigen Seele als Braut des Herrn.

Text Nummer zwei war eine solche Provokation, daß die Verfasserin es wohlweislich vorzog, als „Sylvia“ anonym zu bleiben. Nicht nur wegen des Inhalts: Im puritanischen England des 17. Jahrhunderts hatten Frauen nicht nur keine erotischen, sondern möglichst überhaupt keine Wünsche zu haben. Vor allem hatten sie sich nicht an die Öffentlichkeit zu drängen: „Denn eine Frau, die ihren Körper verkauft, ist keineswegs schändlicher als eine Frau, die ihren Geist feilbietet.“ Gänzlich ausgerottet ist diese Vorstellung immer noch nicht – wer wollte bestreiten, daß intellektuell und sexuell fordernde Frauen auch gegenwärtig noch Männer ängstigen.

Und ist das, was Nina Hagen vor zwei Jahrzehnten böse karikierte, nicht die „erotische“ Realität in vielen Ehebetten?

Drei Texte, in denen Frauen erotische Sehnsucht oder Enttäuschung äußern. Drei Auffassungen, mit denen die Männerwelt ihre Probleme hatte und heute noch hat. Drei Dokumente sehr unterschiedlicher Zeiten, die eine Entwicklungsgeschichte der Sexualität anzudeuten scheinen: von der Unbefangenheit der Wünsche über deren Knebelung zum wütenden Aufstand. Dabei war keine Epoche der patriarchalisch geprägten abendländischen Geschichte der Erotik eindeutig in ihren Normen – darin, was erlaubt und verboten, was gut und was schlecht sei.

Wie schillernd zeigt sich etwa die Einstellung der antiken

Griechen zur Sexualität zwischen Männern. Schon Solon, der athenische Gesetzgeber, hielt den homosexuellen Verkehr für die edelste Form der geschlechtlichen Zuwendung.

Als zwar nicht edel, aber erlaubt, galten Hurerei und außer-eheliche Abenteuer. Rechtlich unterlag die freie Liebe für freie (männliche) Bürger vor allem einer wichtigen Beschränkung: Geschlechtsverkehr mit solchen, die bereits einem anderen Mann gehörten, war strafbar. Der Sitte entsprach die Vereinigung von Mann und Frau, sofern sie miteinander verheiratet waren.

Diese Verbindung galt als edel, aber nicht auszeichnend – denn Frauen hatten keine Bürgerrechte, waren mithin nicht frei. Die edelste Form der Sexualität war darum die Liaison von gleich zu gleich: die freie erotische Bejahung eines Freien durch einen Freien.

Von der hellenischen Elite wurde indes Mäßigung erwartet: Unter den geistigen und politischen Führern Athens galt Enthaltsamkeit zumindest als ethisches Ideal. Die spätere christliche Tradition des geistigen Kampfes mit den Begierden ist im klassischen Athen vorgezeichnet, doch fand er dort – folgt man der Argumentation des französischen Philosophen Michel Foucault – unter anderem Vorzeichen statt: Die Herrschaft über sich selbst war ein Zeugnis der Reife, auch zur Herrschaft im Haus oder in der Stadt befähigt zu sein.

Nicht alle Historiker teilen die Vorstellung, in der sexuellen Kultur der Griechen habe der gleichgeschlechtliche Verkehr eine dominierende Rolle gespielt. Aber auch vieles von dem, was über die sexuelle Herabsetzung der Frau im klassischen Athen behauptet worden ist, basiert auf Mutmaßungen.

Unbestritten ist immerhin, daß die Frau – verwiesen auf Haus und Kinder und rechtlos in der Gesellschaft – kaum Möglichkeiten hatte, über sich und ihr Liebesleben zu bestimmen. War sie Ehefrau, genoß sie den Schutz ihres Gatten, unterstand aber völlig dessen Gewalt. Unverheiratet blieb ihr bestenfalls die Karriere einer begehrten, doch zugleich verachteten Hetäre.

In der römischen Antike wurde zumindest die vermögende Frau unabhängiger. Sie konnte sich fast ebenso ungegeniert ihre Eskapaden leisten wie der Mann. Hintergrund dieser sexuellen Emanzipation war die Einführung des Erbrechts auch für Töchter. Zuvor war das Besitztum begüterter Römer an die Stadt zurückgefallen, wenn es ihnen nicht vergönnt gewesen war, einen männlichen Erben zu zeugen.

Die Töchter wußten die Gunst der neuen Lage zu nutzen. Diese Kränkung männlichen Selbstbewußtseins empfahl der Dichter Ovid gelassen zu nehmen: „Rückständig ist ein Gemahl, / der um einen Hausfreund sich aufregt: / Wie's in der Stadt zugeht, / hat er noch gar nicht bemerkt.“

Trotz der verbreiteten Tendenz zur „Sittenlosigkeit“ wurde die Ehe im römischen Kaiserreich aufgewertet. Von einem Geschäft zwischen Brautvater und Bräutigam wandelte sie sich zu einem freiwilligen Bündnis der Gatten. Treue wurde jetzt nicht nur von der Ehefrau, sondern zunehmend auch vom Manne gefordert. Die möglichst liebe- und lustvolle Gestaltung der Ehe konnte ins Zentrum des Lebens rücken.

Die Ärzte der späten Antike priesen eine gewisse Enthaltsamkeit aus medizinischen Gründen. Zum einen fürchteten sie die heftigen Zuckungen beim Geschlechtsverkehr, weil



Prüderie – im 16. Jahrhundert kein Thema: Ungeniert begegneten die Geschlechter einander in öffentlichen Bädern – trinkend und musizierend, schmausend und schmusend (Hans Bock d. Ä.: »Das Bad zu Leuk«)

DEN FREIEN



VERKEHR

Offene Werbung für »Safer sex«:
Präservativ-Variationen



sie denen bei epileptischen Anfällen ähnelten. Vor allem aber warnten sie vor einer Verschwendung des Samens: Wer ihn verausgabte, schwäche sich, wer ihn zurückhalte, werde stark, kühn und feurig.

Auch viele religiöse Richtungen förderten die Askese. Obwohl Jesus sich zur Sexualität kaum geäußert hatte, pries

**1952 in Italien:
SpieBrutenlauf durch
eine Macho-Horde**



der Apostel Paulus die Enthaltsamkeit. Immerhin: Wer sich nicht beherrschen könne, solle sich halt verhehlichen: „Es ist besser zu heiraten als zu brennen.“

Die spätere kirchliche Auffassung, daß einzig die Zeugung der Nachkommenschaft den Geschlechtsverkehr rechtfertige, ist ursprünglich stoischer Herkunft. Der jüdische Theologe Philon von Alexandria, ein Zeitgenosse des Paulus, deutete Kultvorschriften des Alten Testaments im Sinne dieser griechischen Philosophenschule um und verankerte so deren Sexualethik im Christentum.

Damit war der Rahmen vorgezeichnet, innerhalb dessen sich die christliche Sexuallehre entwickeln sollte. Die Kirche schützte die Ehe, doch gleichzeitig ächtete sie die sexuelle Lust – mit den bekannten verheerenden Wirkungen.

Im frühen Mittelalter kamen Bußbücher in Umlauf, in denen akribisch alle nur möglichen

Sünden und deren Strafen aufgezeichnet waren. Manche Autoren schrieben genaue Zeiten vor, in denen jeder eheliche Geschlechtsverkehr verboten war – insgesamt etwa zwei Drittel des Jahres. Bischof Caesarius von Arles forderte von Eheleuten, nach jedem Koitus einen Monat lang keine Kirche zu betreten. Die Kirche erwartete

vom Sünder nicht nur – wie noch Jesus – Reue und künftige Besserung, sondern belegte ihn manchmal mit öffentlichen Kirchenstrafen wie Ausschluß vom Abendmahl, Tragen eines Büßerhemdes oder Wallfahrten.

Schwer wog auch die Sünde des gleichgeschlechtlichen Verkehrs. Viele Homosexuelle brannten im Ausgang des Mittelalters auf dem Scheiterhaufen. Ihre Verfolgung und grausame Bestrafung wurzelte unter anderem in einer heidnischen Tradition: Schon bei den Germanen wurden Menschen verbrannt, in denen man böse Kräfte vermutete. Sie sollten in keiner Form wiederaufstehen können. Und bei den Germanen galten Homosexuelle als so gemeingefährlich wie Schadenszauberer, deren man sich auch nur durch Verbrennung entledigen zu können glaubte. Noch der „Hexenhammer“, ein perfides Regelwerk für die inquisitorische Strafverfolgung, geißelte 1487 den homosexuellen Verkehr als Hexerei.

Hingegen wertete die Kirche Eheschließungen erst durch den ersten Geschlechtsverkehr als vollzogen: Mancherorts wurde das Paar feierlich von Hochzeitsgästen ins Brautgemach geleitet, und der Pfarrer segnete das Bett.

Das gegenseitige Treueversprechen der Gatten galt als Eheschließung – weithin selbst dann, wenn dies heimlich geschah. Eine solche „Winkellehe“ konnte allerdings vor allem der Frau große Nachteile bringen, wenn diese etwa ihre Jungfernschaft verloren hatte, womöglich schwanger geworden war und nun ihrem untreuen Geliebten die heimliche Hochzeit nicht nachweisen konnte. Erst im Jahre 1563 schrieb das Konzil von Trient eine kirchliche Trauung in aller Form vor. Auch die Unauflösbarkeit der Ehe setzte die Kirche im Laufe des Hochmittelalters durch. Vor allem Adlige hatten lange auf dem Recht beharrt, ihre Frauen zu verstoßen.

Gesellschaftlich anerkannte Formen der Ehe waren allerdings lange Zeit denen vorbehalten, die „etwas darstellten“ – den ältesten Söhnen der Adligen, selbständigen Handwerkern und Hoferben. Besitzlose Männer hatten sich mit lockeren Konkubinen und Abenteuern zu begnügen. Im 15. Jahrhundert nahmen in vielen französischen Städten sexuelle Überfälle auf Frauen überhand – oft von Jugendlichen, die allenfalls in ferner Zukunft oder gar nicht auf Heirat hoffen konnten. Um Abhilfe zu schaffen, förderten die Magistrate billige Bordelle, die zu besuchen offenbar kaum als Schande galt.

Einem trotz der strengen kirchlichen Moralvorschriften recht lockeren Sexualleben frönten auch viele Angehörige von Adel und Klerus. Fürsten und Bischöfe hielten sich Mätressen, und gegenseitige Besuche von Mönchen und Nonnen waren nicht ungewöhnlich. Manche Nonnenklöster brachten es so weit, daß die Betreiber der örtlich zugelassenen, Abgaben zahlenden Freudenhäuser sich bei den Behör-

den über die unlautere Konkurrenz beklagten.

Die höfische Literatur idealisierte die außereheliche Liebe. So ist beispielsweise die weite Verbreitung des mittelalterlichen „Tristan-Epos“ und der Artus-Dichtung ein Symptom für die Faszination, die der Ehebruch – die „wahre Leidenschaft“ – ausstrahlte. In ihm manifestierte sich die Rebellion gegen das System der Vorteilsheiraten und die Enge der Moralvorschriften.

In der Renaissance erblühten mit dem Handel auch die Wissenschaft und die schönen Künste. Adel und Bürgertum erfreuten sich an üppigen Formen und Farben: Nicht mehr der schmalbrüstige, langgliedrige Mensch mit Schnabelschuhen und spitzem Hut galt etwas, sondern der Muskelmann in bunter Pluderhose und die Frau, „die in der Umklammerung Riesen zu erdrücken vermag“. Wohlhabende Männer kleideten sich bunt und auffällig und betonten ihren Hosensatz durch die Kunst des Schneiders. Vornehme Damen ließen sich nackt portraituren. Unverheiratete Frauen zeigten die vormals eingeschnürten Brüste, nicht selten dekolletiert bis unter die Warzen.

Leidenschaft galt als erstrebenswert für beide Geschlechter. Dabei standen Mediziner, Freud vorwegnehmend, den Liebestollen bei: Der Nichtgebrauch einer sehnstichtigen Vagina, so meinten sie, könne Hysterie verursachen. Obwohl untreuen, in flagranti überraschten Ehefrauen von Gesetzes wegen der Tod drohte, stürzten sich viele in erotische Abenteuer. Zum Keuschheitsgürtel, mit dem Adlige bei Abwesenheit mitunter ihre Frauen versahen, besaß manche der Verschlössenen einen Nachschlüssel.

Auch während des im 17. Jahrhundert aufkommenden



LUST-LOS

Den Widerspruch zwischen Schein und Sein beim Lustgewinn der Bourgeoisie geißelte George Grosz in den zwanziger Jahren. Wenig später machte Hitlers Reichsarbeitsdienst Mädchen fit für die exklusive Rolle als Hausfrau und Mutter

Absolutismus war in der Oberschicht sexuelle Begehrlichkeit allgegenwärtig, wenn auch nicht immer ernst gemeint. Der französische Hofstaat liebte das Getändel und Getue, die „gallante“ Delikatesse, die sich etwa in der Kunst des zierlichen Rockaufhebens oder gar in der Toilette vor Fremden äußerte. Als kostbares Spielzeug wurde der Busen verehrt, dem natürlich jedes Stillen verboten war – dafür gab es Ammen.

Angesichts der Dekadenz wollte das aufkommende Bürgertum eine sittlichere Lebensordnung errichten. Dies mündete jedoch im 19. Jahrhundert in eine solche Prüderie, daß in weiten Kreisen jede Erwähnung von Sexuellem tabu war. Mit drakonischen Strafen für Homosexuelle, Ehebrecher und andere „Perverse“ feierte der Moralfanatismus düstere Orgien. In schummrigen Boudoirs und schwülen Cabarets blühte dagegen die sexuelle Subkultur.

Wissenschaftler unterfütterten die Moraldogmen der geistlichen und staatlichen Lustverhüter mit neuen Theorien: So deutete der Wiener Psychiater Richard von Krafft-Ebing in seinem Werk „Psychopathia sexualis“ die sogenannten „Perversionen“ als Folgen biologischer Degeneration. Nur wenige sexuelle Spielarten jenseits der „Normalstellung“ entgingen der Verurteilung als krankhaft.

Sigmund Freud, der Begründer der Psychoanalyse, vertrat die Ansicht, daß Triebverzicht der Preis sei, den die Menschheit für kulturelle und zivilisatorische Leistungen zu zahlen habe. Erst „sublimierte“ sexuelle Energie ermögliche höchste Kreativität. Jugendlichen wurden bis weit ins 20. Jahrhundert hinein die angeblichen Folgen der Masturbation vor Augen geführt: Gehirn-

schrumpfung, Hysterie, Epilepsie oder Lähmungen.

Wilhelm Reich hingegen, ein Schüler Freuds, lehrte in den zwanziger Jahren dieses Jahrhunderts, nicht die Sexualität, sondern deren Unterdrückung mache krank. Er formulierte eine politisch brisante, in den sechziger Jahren von revoltierenden Studenten erneut aufgegriffene These: Der Kapitalismus profitiere von der sexuellen Repression. Unterta-

nengeist, Sadismus und Destruktivität der wilhelminischen Ära und schließlich des aufkommenden Nationalsozialismus deutete der Psychoanalytiker als Folge geknebelter Sexualität. Seine Folge: Erst die Abschaffung des Kapitalismus werde die „volle orgastische Potenz“ der Menschen ermöglichen.

Homosexuelle müssen sich nicht mehr verstecken. Doch wenn sie einander heiraten, macht der Staat nicht mit: Lesbenpaar in San Francisco

Erkenntnisse der Psychoanalyse, aber auch das Studium der verblüffend vielfältigen Sexualität anderer Völker und Epochen zeigten immer deutlicher: Nicht die Natur, sondern die Kultur definiert das Erlaubte und das Verbotene. Die Studien des polnischen Ethnologen Bronislaw Malinowski an Südseevölkern unterstützten die Argumentation, daß sexuelle und gesellschaftliche Unterdrückung eng miteinander verknüpft seien. Die amerikanische Anthropologin Margaret Mead – deren Forschungsergebnisse heute skeptischer bewertet werden – behauptete in den dreißiger Jahren, daß männliches und weibliches Rollenverhalten von Gesell-

schaft zu Gesellschaft stark variiere. Deshalb könne von „natürlicher“ Männlichkeit oder Weiblichkeit kaum die Rede sein.

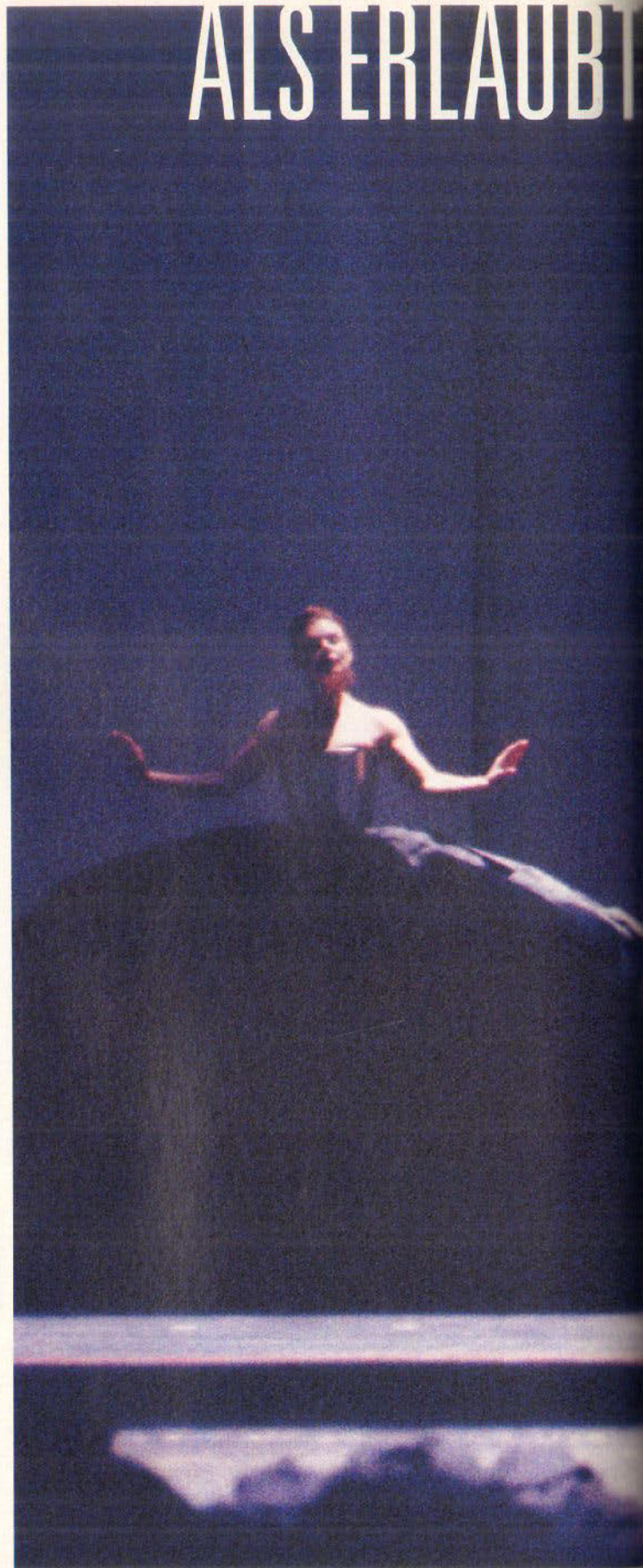
Der Kinsey-Report zeigte dann Anfang der fünfziger Jahre, wie wenig die Amerikaner im Privaten der offiziell verkündeten Sexualmoral zustimmten. Eine schockierte Öffentlichkeit mußte beispielsweise erfahren, daß „perverse“ Sexualpraktiken weitaus beliebter und gebräuchlicher waren als angenommen.

In den sechziger Jahren begann sich – unterstützt durch die Einführung der „Pille“ – die Einstellung zur Sexualität dramatisch zu wandeln. Die amerikanische Flower-Power-Bewegung brach komplett mit den moralischen Normen der Elterngeneration. Auch die westdeutsche Jugend akzeptierte weithin nicht länger traditionelle Tabus. „Fortgeschrittenen“ Studenten galt die Familie als Brutstätte sexueller und gesellschaftlicher Unterdrückung, sie zählten die „sexuelle Befreiung“ somit zum politischen Kampf.

Allerdings waren diese Studenten nur besonders radikale Exponenten einer ohnehin sich anbahnenden Liberalisierung. Hunderttausende von Bundesbürgern sahen Ende der sechziger Jahre etwa die Aufklärungsfilme Oswalt Kolles.

Doch eine neue erotische Kultur, eine „Ars erotica“, hat diese Liberalisierung kaum gefördert. Nach dem Hite-Report von 1977 fühlt sich manche Frau nicht befreit, sondern nur neuem männlichen Druck ausgesetzt: „Ich verachte die Einstellung so vieler Männer, daß sexuelle Befreiung für sie eine Frau bedeutet, die ihre Beine breit macht.“ Auch viele Männer leiden unter Leistungsdruck – hervorgerufen durch das wachsende weibliche Selbstbewußt-

ALS ERLAUBT



GILT, WAS ERREGT



Blößen gibt sich das Theater heute völlig unbefangen. Nacktheit als Beleg für unkonventionellen Umgang mit der Phantasie ist bei manchen Regisseuren heute fast schon wieder Konvention: Elfriede Jelineks »Sportstück« in der Burgtheater-Inszenierung von Einar Schleef

sein in Sachen Erotik. Es scheint, als hätte die sexuelle Revolution alte Zwänge teilweise durch neue ersetzt und das freiwillige und zärtliche Miteinander von gleichberechtigten Partnern mitnichten erreicht.

Immerhin hat der sexuelle Umschwung manche Frucht getragen: Das Zusammenleben ohne Trauschein ist weithin akzeptiert. Immer jünger machen Jugendliche ihre ersten Erfahrungen mit dem anderen Geschlecht. Und auch häufig wechselnde Partnerschaften scheint die Gesellschaft zu tolerieren.

Auf dem Höhepunkt der Aids-Angst in der Mitte der achtziger Jahre schien es, als könnte die Krankheit das Fanal zur Wiederkehr des Moralmuffs und zur Verteufelung sexuell „Andersartiger“ bedeuten. Doch fand der Kreuzzug nicht statt: Homosexuelle wurden nicht, wie vielfach befürchtet, erneut marginalisiert und diskriminiert. Dem Sexualwissenschaftler Martin Dannecker zufolge hat die breite Diskussion der Aids-Problematik die Integration von Homosexuellen sogar eher gefördert.

Und wenn Jugendliche und Erwachsene die Treue heute weit höher schätzen als zur Zeit der sexuellen Befreiung vor 20 Jahren, darf das nicht zu dem Trugschluß verleiten, Aids sei der Auslöser dieser Trendwende. Vielmehr ist das Hauptargument für die neue Zweisamkeit, daß sexuelle Freiheit nicht funktioniert. Im Vordergrund steht gegenwärtig nicht die Angst vor Aids, sondern die Sorge um die Partnerschaft, um das gemeinsame Wohlergehen. □

Der Autor und Neurobiologe **Franz Mechsner**, 44, schreibt regelmäßig für GEO. Zuletzt widmete er sich seinem „absoluten Lieblingsthema“: dem Rätsel des menschlichen Bewußtseins.

ORGASMUS DER GIPFEL DER LUST

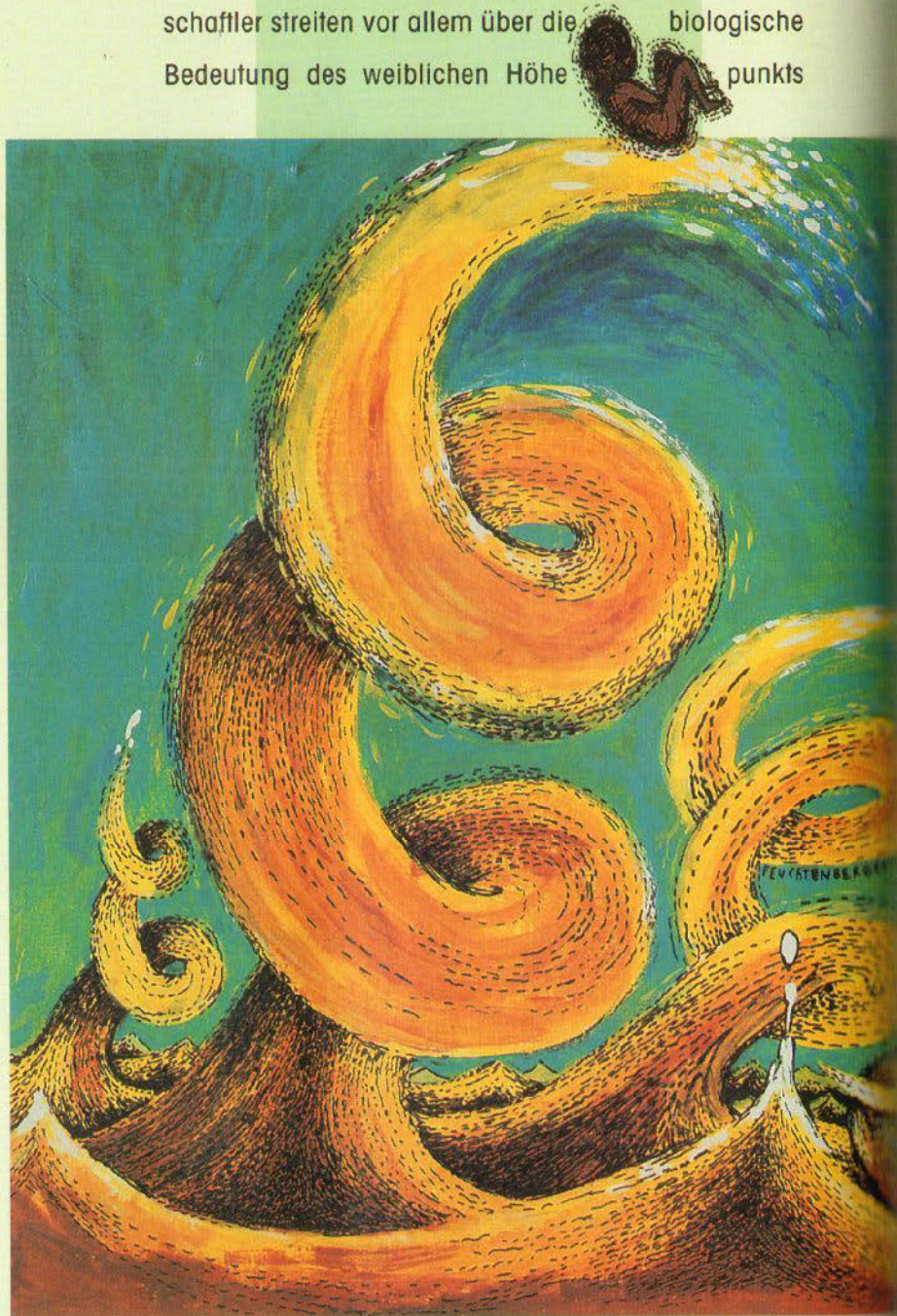
Um die Funktion des Orgasmus ranken sich Mythen und Mysterien. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler streiten vor allem über die biologische Bedeutung des weiblichen Höhepunkts

Endlos läßt sich spekulieren über den „Höhepunkt der sexuellen Erregung“ – so eine gängige Definition des Orgasmus: Ist er eigentlich notwendig? Welche Funktion hat er? Wie hat er sich im Laufe der Evolution entwickelt?

Die Antworten auf solche Fragen fallen höchst unterschiedlich aus, je nachdem, ob die Experten über den männlichen oder den weiblichen Orgasmus reden, aber auch, ob sie selbst männlich oder weiblich sind. Was den männlichen Höhepunkt angeht, so wird der – vor allem von männlichen Autoren – durchweg als notwendig und ursprünglich angesehen. Der weibliche Orgasmus hingegen ist Gegenstand bisweilen bizarrer Debatten: Sie reichen von der früheren Behauptung, daß es ihn überhaupt nicht gebe, bis zur Vermutung, seine ursprünglich wichtige Funktion sei im Laufe des Zivilisationsprozesses völlig unterdrückt worden.

Der amerikanische Anthropologe Donald Symons hat sich intensiv mit der menschlichen Sexualität beschäftigt und die These aufgestellt, beim Mann sei der Drang nach Kopulation ein Streben nach Befriedigung. Denn „der Samenerguß ist an intensive Lust gekoppelt“. „Für das männliche Geschlecht liegt der Anpassungsvorteil klar auf der Hand“, schreibt auch der kanadische Biologe Adrian Forsyth in seinem Buch „Die Sexualität in der Natur“: „Männchen, die sich häufiges Kopulieren durch Orgasmus selbst belohnen, werden im allgemeinen (evolutionsmäßig) erfolgreicher sein als solche, die nur herumliegen und schlafen.“

Das leuchtet ein. Aber lassen sich die Lust-Fortpflanzung-Kopplung oder die Lerntheorie, die sich mit Belohnen und Bestrafen befaßt, nicht auch auf Frauen anwenden? Viele Wissenschaftler haken sich bei ihrer



*Männer erleben das höchste der
Gefühle jedesmal nur einmal für Sekunden;
Frauen können es mehrfach genießen*

UND DER WAHN ...

Argumentation daran fest, daß Frauen sich auch ohne Orgasmus fortpflanzen können. Der weibliche Höhepunkt sei somit physiologisch nicht notwendig.

Warum hat sich ein so komplizierter Verhaltensablauf wie der weibliche Orgasmus bis heute überhaupt erhalten? Warum wurde er nicht aufgegeben, wenn er, wie Donald Symons glaubt, keine typisch weibliche evolutionäre Anpassung, sondern ein Nebenprodukt der Entwicklung des männlichen Orgasmus wäre, der durch „natürliche Auslese“ im Sinne Darwins entstanden ist?

Die Anthropologin Sarah Blaffer Hrdy von der University of California in Davis antwortet darauf: „Nur die Unfähigkeit, ernsthaft die weibliche Sexualität zu betrachten, kann jemandem den Schluß erlauben, daß natürliche Auslese stärker auf männliche Sexualität wirkt als auf weibliche.“

Hrdy hat in ihrem Buch „The Woman That Never Evolved“ die wichtigsten Theorien über den weiblichen Orgasmus zusammengestellt und kommt zu der Schlußfolgerung: „Viele Modelle sind allzu offensichtlich Projektionen männerzentrierter Phantasie.“

Ausgehend von den verfügbaren Informationen – etwa aus der Beobachtung von Primaten und Naturvölkern oder aus der Menschheitsgeschichte – glauben Hrdy und eine Reihe anderer Forscher und Forscherinnen, daß der weibliche Orgasmus einmal eine wichtige Funktion erfüllt hat, deren ursprünglicher Sinn im Laufe der kulturellen Entwicklung allmählich verschüttet wurde. Da auch Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen Produkte dieser Entwicklung sind, könnten auch ihre Theorien einseitig geprägt sein, besonders wenn sie heutige Zustände als „natürlich“ betrachten.

Der Verhaltensforscher Irenäus Eibl-Eibesfeldt behauptet beispielsweise, der Orgasmus erhöhe die Bereitschaft der Frau, sich zu unterwerfen, und stärke außerdem deren emotionale Bindung an den Partner. Er setzt dabei stillschweigend voraus, Partnerschaft und Einehe seien die natürliche Form des Zusammenlebens und -zeugens, was ja keineswegs erwiesen ist. Sein Kollege Desmond Morris hält den weiblichen Orgasmus „im evolutionären Sinn für eine pseudomännliche Reaktion“. Woher wissen das diese Männer?

Die amerikanische Psychoanalytikerin Karen Horney wies bereits in den zwanziger Jahren darauf hin, daß in einer vom Mann geprägten Zivilisation alle positiven Werte als „männlich“ und die negativen als „weiblich“ beurteilt würden. Die Theorien seien von Männern entwickelt, vom männlichen Standpunkt aus betrachtet. In ihnen spiegelten sich männliche Wünsche und Enttäuschungen wider.

Aus direkten Analysen können die Weisheiten der Theoretiker jedenfalls nicht stammen. Denn, so schreibt Sarah Blaffer Hrdy, „Zeugnisse für die längste und wichtigste Periode in diesem Fall, der Zeit vor zwölf bis fünf Millionen Jahren, fehlen völlig“. Damals trennten sich in der Evolution die Vormenschen von ihren äffischen Verwandten, und für alle Entwicklungen seither taugen Vergleiche mit den derzeit lebenden Menschenaffen nur bedingt.

Über zweierlei besteht heute indes kaum noch Dissens: Zum einen läßt sich aus dem Vergleich von Körperdaten unterschiedlicher Primaten und des Menschen schließen, daß *Homo*

sapiens eigentlich eine „mild polygyne“ – eine leicht der Vielweiberei zuneigende – Art ist. Zum anderen bestritt niemand mehr, daß Frauen orgasmische Gefühle haben, wozu sie allerdings keinen Eisprung benötigen. Noch im letzten Jahrhundert wurde Frauen in Europa die Fähigkeit zum sexuellen Erleben oft abgesprochen – und das nach einem Jahrtausende währenden Kampf des Patriarchats gegen die „Unersättlichkeit“ der Frau und deren „natürlichen“ Hang zur „Untreue“.

Die Verfemung der weiblichen Lust rührt, so Hrdys Vermutung, vor allem daher, daß besonders bei Menschen die Unsicherheit der Männchen über ihren Zeugungserfolg groß sei: Denn Frauen zeigen ja nicht an, ob sie

empfangnisbereit sind. Die Psychiaterin Mary Jane Sherfey, die sich mit der Evolution weiblicher Sexualität und weiblicher sexueller Reaktionen befaßt

DIE WEIBLICHE BEGIERDE IST IM PRINZIP UNSTILLBAR

hat, postuliert sogar eine prinzipielle „Unstillbarkeit“ weiblicher Begierde. Sie sieht darin vor allem einen Anpassungsvorteil – unter Umständen gepaart mit rein mechanisch-biologischen Funktionen des Orgasmus. Tatsächlich ist im Uterus ein deutlicher Unterdruck gemessen worden, durch den Samenzellen hineingesaugt werden könnten. Damit würde der Frau eine gewisse Kontrolle darüber möglich, wer ihre Eizellen befruchtet, und der Orgasmus käme als ein Mittel der weiblichen Partnerwahl in Betracht.

Durch ihre Promiskuität und das Verbergen der Empfängnisbereitschaft aber hätten die Frauen Hrdy zufolge ihre Geschlechtspartner nicht nur darüber im unklaren gelassen, von

...VOM VAGINALEN

wem ihre Kinder genetisch abstammten. Vielmehr hätten sie die Männer gezwungen, sie und ihren Nachwuchs zu versorgen, weil diese zumindest nicht ausschließen konnten, daß der ihr eigener war.

Sherfey vermutet daher, daß der Vorrang, befruchtet zu werden und ihre Kinder auch großzuziehen, bei unseren Urahnen jenen Frauen vorbehalten war, die sich durch besondere Sinnlichkeit und aggressives Sexualverhalten auszeichneten. Die Verhältnisse begannen sich, so Hrdy, erst mit dem Aufkommen von Frühkulturen umzukehren: Damals hätte die Dominanz der Männer begonnen, die zur Sicherstellung ihrer jeweiligen Vaterschaft Sexualität und Promiskuität der Frau unterdrückten.

Erst zu jener Zeit sei die „Paarbindung“ entstanden. Die kann somit nicht eine Ursache der weiblichen Lust gewesen sein, sondern eine Folge von deren Unterdrückung. Hrdy hält es für aufschlußreich, mit welchen Mitteln der weibliche Sexualtrieb domestiziert worden sei. Beispielsweise mit

- der Verfemung des vorehelichen Geschlechtsverkehrs der Frau und der Verherrlichung der Jungfernschaft bis zur „Hochzeitsnacht“, wie sie manche Religionen bis heute propagieren;
- dem Keuschheitsgürtel für die „Strohwitwen“ abwesender Ehemänner wie im mittelalterlichen Europa;
- der Todesstrafe bei Ehebruch der Frau, wie noch in vielen Kulturen heutzutage;
- der Klitorisbeschneidung und damit der Verhinderung des weiblichen Orgasmus, wie noch immer in afrikanischen Ländern.

Mit solch „unnatürlichen“ Mitteln sei, meinen einige Forscherinnen und

Forscher, die Monogamie der Frau erzwungen, der Geschlechtsakt von der Lustbefriedigung gelöst, der Sexualakt mit Penetration gleichgesetzt worden. Eine Frau durfte – falls überhaupt – den Orgasmus nur erleben, wenn sie ihn durch das Eindringen des Penis in ihre Vagina erreichte. Aus solcher Logik entstand der Mythos vom vaginalen Orgasmus, den Sigmund Freud aufs wissenschaftliche Podest hob.

Für seine „Theorie der Sexualität“ erfand er, ohne empirische Grundlagen, den Transfer vom klitoralen zum vaginalen Orgasmus: Wenn eine Frau erfolgreich die Erregbarkeit von der Klitoris zur Vaginalmündung transferiert habe, dann schließe das ein, daß sie eine neue Hauptzone ihrer späteren Aktivität erworben habe. Frauen, die diesen Schlüsselschritt während ihrer Entwicklung verpaßt hätten, seien frigide, auch wenn sie – durch Stimulation des Kitzlers – Sex voll genießen können.

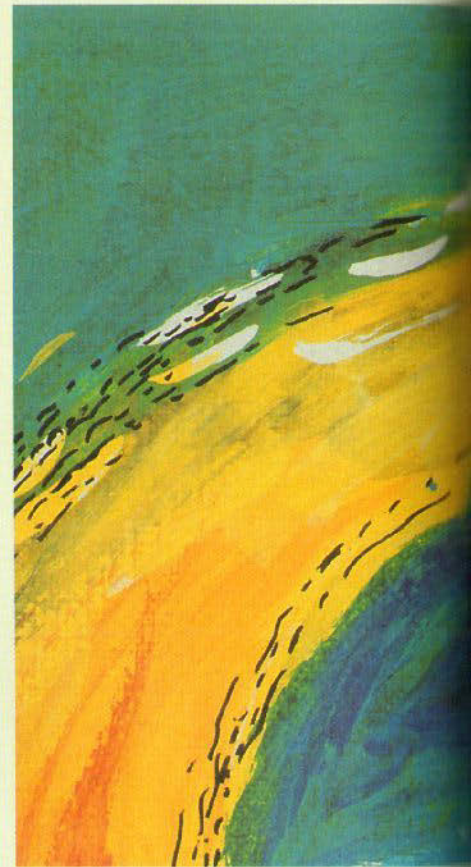
Freud, der Frauen ein eigenes geschlechtsspezifisches sexuelles Empfinden grundsätzlich absprach, unterstellte ihnen außerdem, daß sie durch die Schwierigkeiten mit dem Transfer häufiger an Neurosen und Hysterien litten als Männer.

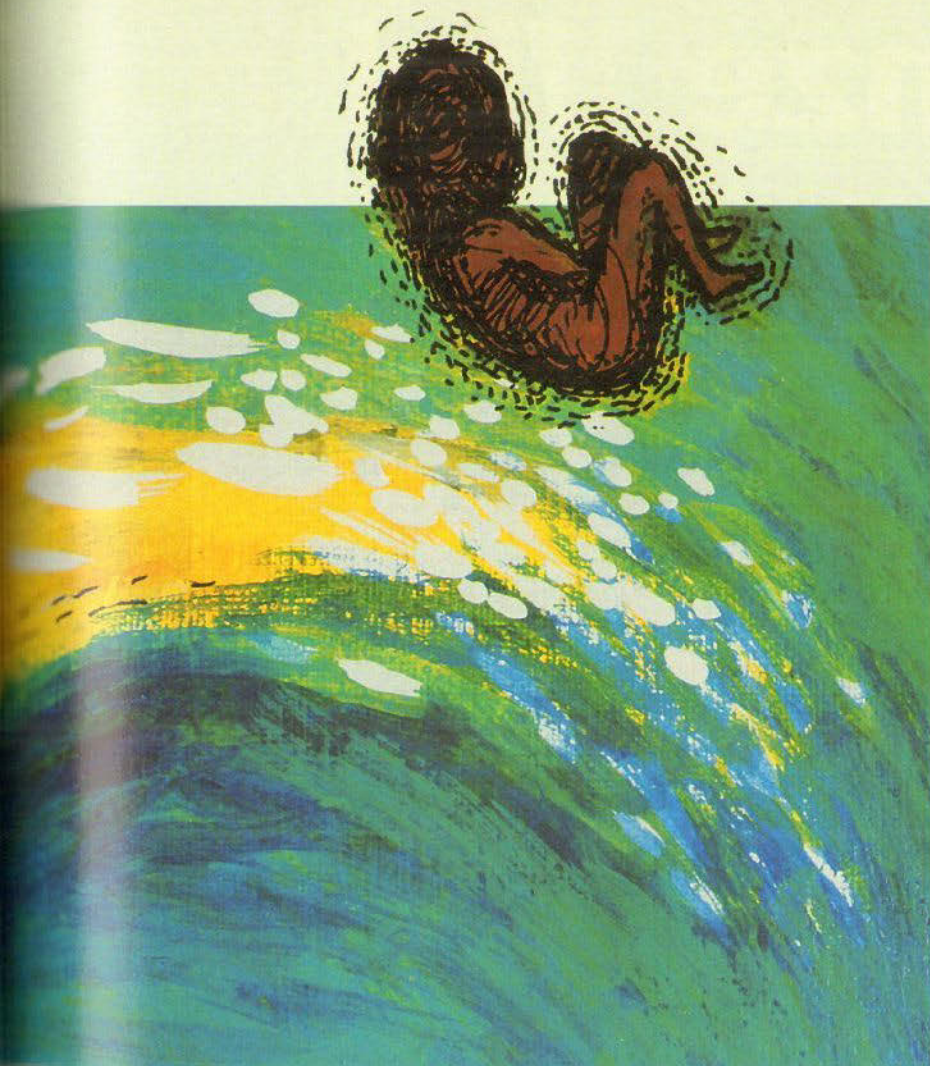
Der amerikanische Evolutionsbiologe Stephen Jay Gould hält daher dem Erfinder der Psychoanalyse „androzentrische Vorurteile“ vor, mit denen er „den Geschlechtsverkehr aus der Sicht des Mannes“ beschreibe. Auch die Sexualwissenschaftlerin Sabine zur Nieden vermutet hinter dem Wahn vom Vaginalen „die Rechtfertigung männlichen Sexualgehabes, das weiblichen Bedürfnissen nicht gerecht wird“. Außerdem werde durch das undifferenzierte Gleichsetzen von Eja-

sexuelles Empfinden grundsätzlich abgesprach, unterstellte ihnen außerdem, daß sie durch die Schwierigkeiten mit dem Transfer häufiger an Neuro-

kulation mit Orgasmus „vertuscht, wie häufig auch bei Männern Frigidität vorkommt“.

Das Ausmaß der frauenschädigenden Unvernunft lassen drei große Sex-Studien errahnen, die sich auf Daten statt Mutmaßungen stützen: Alfred Kinseys Bericht aus dem Jahre 1953, das 1966 publizierte Buch von Masters und Johnson sowie der „Hite-Report“ von 1976. Kinsey ging davon aus, daß die Klitoris ebenso reich mit Nerven versehen ist wie der Penis – und daher vergleichbar erregungsfähig ist. Die Wände der Vagina hinge-





Auf dem Höhepunkt der Erregung steigen Pulsschlag und Blutdruck, ziehen sich Muskeln zusammen, und es trübt sich das Bewußtsein

gen seien „bar jeglicher Nervenendungen für Gefühlsreize und sehr unempfindlich für sanftes Streicheln oder leichten Druck. Bei den meisten Individuen erstreckt sich die Unempfindlichkeit auf alle Teile der Vagina“.

Der Hite-Report legte dar, daß nur 1,5 Prozent der Frauen in der Vagina masturbierten, 79 Prozent aber bei der Selbstbefriedigung direkt die Klitoris und die umgebenden Regionen stimulierten. Nur 30 Prozent der Befragten erlebten einen Orgasmus beim Geschlechtsverkehr, und viele auch nur dann, wenn sie mit der Hand gleich-

zeitig ihren Kitzler streichelten. Daß Frauen dennoch berichten, sie erlebten den Orgasmus „in“ der Vagina, mag an der engen Zuordnung des Begriffes Klitoris liegen: „Als ‚Klitoris‘ nur ihre äußerste Spitze zu beschreiben“, konstatiert Sabine zur Nieden, „ist, wie wenn man beim Mann nur die Eichel als Penis bezeichnen würde.“ Auch Männer sagen, ihr Glied löse den Orgasmus aus, obwohl sie wissen, daß es nur ein kleiner Bereich an dessen vorderem Ende ist. Daß Männer sexuell mehr empfinden als Frauen, so eine andere Freudsche These, wurde vom

Ehepaar Masters und Johnson durch eingehende Laborstudien der Sexualphysiologie widerlegt: Frauen können sogar häufiger Orgasmen haben als Männer, sie sind im Prinzip „unersättlich“.

Tiefe emotionale Reaktion läßt laut Sabine zur Nieden, „jede Stelle des Körpers... zu einer erogenen Zone werden. Es gibt Frauen und Männer, die allein über die Phantasie, die Stimulation des Ohr läppchens, der Brustwarzen oder irgendeines erotisch besetzten Körperteils zum Orgasmus kommen können“. Trotzdem fiel es keinem Mann ein, nicht seinen Penis als Ort des Orgasmus zu betrachten. Physiologisch gesehen verhält es sich – ob bei Mann oder Frau – ähnlich wie beim Schmerz: Nicht der Finger hat ihn, sondern das Gehirn hat ihn im Finger.

Immer noch behaupten manche Evolutionsbiologen, die sexuellen Gefühle der Frauen wären ebenso bedeutungslos wie die Brustwarzen der Männer – sie existierten nur, weil beide Geschlechter Varianten eines „Basismodells“ seien. Auch Stephen Jay Gould ist „überzeugt, daß es für viele Strukturen – wie männliche Brustwarzen und klitoraler Orgasmus – keinen direkten Anpassungsgrund gibt“.

Tatsächlich aber ist die Klitoris dem Penis „homolog“: Sie ist ihrer embryonalen Herkunft nach praktisch das gleiche Organ, ausgestattet mit der gleichen anatomischen Organisation und Fähigkeit zur Reaktion. Sie ist sogar das ursprünglichere Organ, aus dem – durch „männermachendes“ Hormon – der Penis erst entsteht. Und Kate Millet argumentiert in ihrem Buch „Sexus und Herrschaft“, die Klitoris sei das einzige menschliche Organ, das allein für das sexuelle Lustgefühl bestimmt sei. Denn der Penis hat auch noch eine andere Funktion: das Pinkeln.
Jürgen Neffe

GEO - Die Welt mit anderen Augen sehen

Die ganze Vielfalt

für Sie selbst oder als Geschenk

GEO – Das Reportagemagazin

GEO-SPECIAL
Länder, Städte, Regionen

GEO-SAISON
Das Reisemagazin

GEO-WISSEN
Wissenschaft hautnah

GEOlino
für Kinder



Nutzen Sie Ihre Abo-Vorteile:

- ✓ Sie sparen im Abo rund 14% gegenüber dem Einzelheft-Kauf.
- ✓ Wir verschicken jedes Heft einfach und bequem frei Haus.
- ✓ Sie können Ihr Abonnement jederzeit kündigen.
- ✓ Unser Dank für Ihre Bestellung: Ein GEO-SPECIAL-Kalender '98.

GEO-Shop Empfehlung:

Bitte mit
DM 1,-
freimachen
oder faxen
an:
07132 / 96 91 91



Jon Krakauer: In eisige Höhen
Dieses Buch ist das packende Protokoll eines grotesken Gipfelsturms am Mount Everest und zugleich eine fesselnde Studie über die menschliche Moral.

Preis: DM 39,80

Antwort

**GEO
Versandservice
Postfach 600
74170 Neckarsulm**

So erreichen Sie uns:



**GEO-Leserservice
20080 Hamburg**



040 / 3703 5657



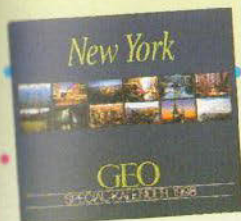
040 / 3703 4041

Bitte geben Sie die
Bestellnummer 6352 X an



**abo-service
@guj.de**

Als Dank für
Ihr Interesse
erhalten Sie
einen dieser
Kalender '98
gratis.



Die ganze Vielfalt - Für Sie selbst oder als Geschenk:

Anschrift des Bestellers:

Name, Vorname (bitte auf jeden Fall ausfüllen)

Straße, Nr.

PLZ

Wohnort

☒ Ja, ich will die Abo-Vorteile nutzen und bestelle die unten angekreuzten Zeitschriften. Als Dank für mein Interesse erhalte ich kostenlos einen der GEO-Special-Kalender '98
☐ New York oder ☐ Australien (Format: 50 x 45 cm)*.

GEOlino ☐ für mich ☐ als Geschenk Art-Nr 0/1
erscheint 4 x jährlich zum Preis von z. Zt. DM 4,90 pro Heft.

GEO-WISSEN ☐ für mich ☐ als Geschenk Art-Nr 2/3
erscheint 2 x jährlich zum Preis von z. Zt. DM 13,50 pro Heft.

GEO-SAISON ☐ für mich ☐ als Geschenk Art-Nr 4/5
erscheint 10 x jährlich zum Preis von z. Zt. DM 7,30 pro Heft.

GEO-SPECIAL ☐ für mich ☐ als Geschenk Art-Nr 6/7
erscheint 6 x jährlich zum Preis von z. Zt. DM 12,80 pro Heft.

GEO ☐ für mich ☐ als Geschenk Art-Nr 8/9
erscheint 12 x jährlich zum Preis von z. Zt. DM 9,50 pro Heft.

Anschrift des Geschenkempfängers:

Name, Vorname (bitte nur ausfüllen, wenn Sie ein Abo verschenken)

Straße, Nr.

PLZ

Wohnort

gewünschte Zahlungsweise:

☐ Ich zahle bequem per Bankeinzug.

Bankleitzahl

Kontonummer

Geldinstitut

☐ Ich zahle gegen Rechnung.
Bitte keine Vorauszahlung leisten. Rechnung abwarten.
Preise für Lieferung ins Ausland auf Anfrage.

Datum

1. Unterschrift des Bestellers

Widerrufsrecht: Diese Bestellung kann ich beim GEO-Leserservice, 20080 Hamburg innerhalb einer Woche widerrufen. Die Frist beginnt einen Tag nach Absendung der Bestellkarte. Zur Wahrung der Frist reicht die rechtzeitige Absendung des Widerrufs.

2. Unterschrift des Bestellers

Bestellnummer: 6352 X

* Leider können wir pro Besteller nur einen Kalender verschenken.
Sie können den Kalender in jedem Fall behalten.

Anschrift des Bestellers:

☒ Ja, ich bestelle folgende Artikel aus dem GEO-Shop:
(Zutreffendes bitte ankreuzen)

Vorname, Name des Bestellers

Straße, Nr.

PLZ Wohnort 63 489

Rückgaberecht: Ich erhalte diese Bestellung für 10 Tage zur Ansicht und habe innerhalb dieser Zeit volles Rückgaberecht. Die Lieferung erfolgt im Inland gegen Rechnung zzgl. eines Versandkostenanteils in Höhe von DM 3,- pro Bestellung für Hefte bzw. DM 5,- pro Bestellung für alle anderen Artikel. Lieferung nur solange der Vorrat reicht. Ins Ausland erfolgt die Lieferung nur gegen Vorkasse per Eurocheck zzgl. DM 8,- Versandkostenanteil pro Bestellung.

Datum Unterschrift des Bestellers

Bücher von GEO:

- NEU**
- ☐ In eisige Höhen (G 0751) DM 39,80
 - ☐ Hinter dem Horizont (G 0752) DM 98,-
 - ☐ Auge in Auge (G 0846) DM 49,95
 - ☐ Frühstück in Timbuktu (X 0802) DM 39,80
 - ☐ Das Bild der Welt (X 0803) DM 98,-
 - ☐ S.O.S. im Nordmeer (X 0772) DM 39,80

GEO-Schuber:

- ☐ Schuber aus Acryl (G 0430) DM 18,50
- ☐ Schuber aus Hartkarton (G 0412) DM 16,50

GEO-Regale:

- ☐ Regal für 20 Jahrgänge (G 0836) DM 289,-
- ☐ * Treue-Angebot (G 0847) DM 259,-
- ☐ Regal für 10 Jahrgänge (G 0837) DM 219,-
- ☐ * Treue-Angebot (G 0848) DM 197,-

* Sie sind seit mehr als 10 Jahren GEO- oder GEO-SPECIAL-Abonnent? Dann erhalten Sie unsere Regale zum Treuepreis. Bitte geben Sie einfach hier Ihre Abo-Kundennummer an:

bereits erschienene GEO-Wissen-Hefte:

- Preis je Heft DM 13,50
- ☐ Nahrung & Gesundheit* (K 9421)
 - ☐ Chaos & Kreativität* (K 9303)
 - ☐ Arktis & Antarktis (K 9004)
 - ☐ Verkehr & Mobilität (K 9102)
 - ☐ Die programmierte Natur (K 9103)
 - ☐ Ärzte, Technik, Patienten* (K 9522)
 - ☐ Risiko, Chancen, Katastrophen (K 9201)
 - ☐ Intelligenz & Bewußtsein* (K 9420)
 - ☐ Pillen, Kräuter, Therapien (K 9301)
 - ☐ Kindheit & Jugend* (K 9523)
 - ☐ Körper, Bewegung, Gesundheit* (K 9724)
 - ☐ Das 21. Jahrhundert ** (3209501)
 - ☐ Fotografie ** (3209602)
 - ☐ Die Sinne (K 9701)

* Nachdruck, ** als GEO-Extra erschienen

Nutzen Sie Ihre Abo-Vorteile:

- Egal welches Mitglied der GEO-Familie Ihnen gefällt: Sie sparen im Abo auf jeden Fall rund 14% gegenüber dem Einzelkauf.
- Wir verschicken jedes Heft einfach und bequem frei Haus. So verpassen Sie kein Thema. Die Versandkosten sind bereits im Preis enthalten.
- Nicht wir, sondern Sie selbst bestimmen, wie lange Sie die Zeitschrift im Abo beziehen wollen. Sie können jederzeit mit Geld-zurück-Garantie für bezahlte, aber noch nicht gelieferte Hefte kündigen.
- Als Dank für Ihre Interesse erhalten Sie einen der GEO-SPECIAL-Kalender '98 gratis.

GEO - Die ganze Vielfalt



Bitte mit
DM 1,-
freimachen
oder faxen
an:
040 / 37 03 56 57

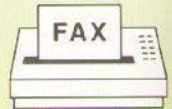
Antwort

GEO
Leserservice

20080 Hamburg



**GEO-Leserservice
20080 Hamburg**



040 / 3703 5657



040 / 3703 4041

Bitte geben Sie die
Bestellnummer 6352 X an

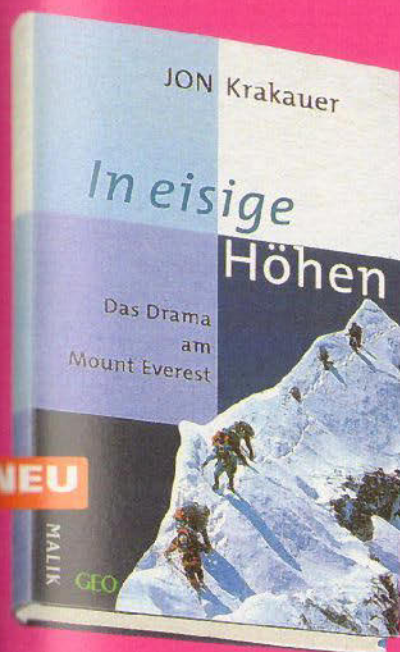


abo-service@guj.de

Widerrufsrecht
zum Verbleib bei Ihnen:

Sie können diese Bestellung innerhalb einer Woche beim GEO-Leserservice, 20080 Hamburg, widerrufen. Die Frist beginnt einen Tag nach Absendung der Bestellung. Zur Wahrung der Frist genügt die rechtzeitige Absendung des Widerrufs.

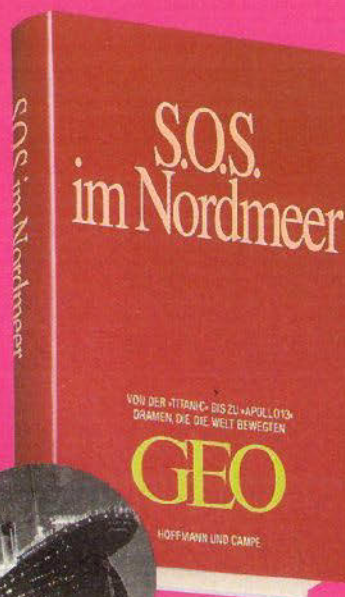
DAS BESTE VON GEO



In eisige Höhen

Mit seinem Buch über ein wahnwitziges Abenteuer am Mount Everest hat der Journalist Jon Krakauer so etwas wie die endgültige Parabel über Ehrgeiz, Rekordfieber und Grenzerfahrungs-Sehnsucht des Menschen geschrieben. „In eisige Höhen“ ist das packende Protokoll eines grotesken Gipfelsturms - zugleich eine fesselnde Studie über die menschliche Moral.

In eisige Höhen
Format 13,7 x 21,9 cm,
365 Seiten
Preis DM 39,80
öS 291,- / sFr 37,-
Best.-Nr.: G 0751



S.O.S. im Nordmeer

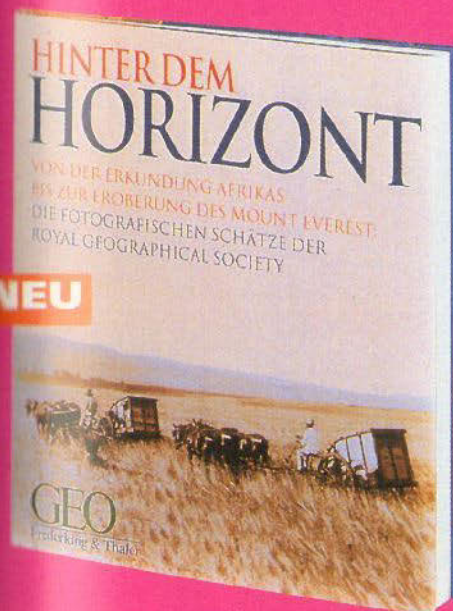
Der Untergang der „Titanic“ – minutiös und sachverständig geschildert. Und 15 weitere, ebenso mitreißend erzählte Berichte über Ereignisse, die die Welt bewegten - von der Pest in Köln im Jahre 1350 bis zur Feuerkatastrophe des Luftschiffs „Hindenburg“ 1937, vom Ende des Inka-Reiches 1532 bis zum Irrflug des Raumschiffs „Apollo 13“.

S.O.S. im Nordmeer
Format 13,5 x 21 cm,
ca. 370 Seiten
Preis DM 39,80
öS 291,- / sFr 37,-
Best.-Nr.: X 0772



Hinter dem Horizont

Über bald 168 Jahre ist die Entdeckung der Welt, sind berühmte Expeditionen mit einem Namen verbunden - dem der Londoner „Royal Geographical Society“. Über eine halbe Million Fotos von historischen und aktuellen Aufbrüchen in unbekanntes Land sind in den Archiven der Gesellschaft gehortet. Eine Schatzkammer, die für dieses große Buch nun erstmals ganz geöffnet wurde.



Format
26,7 x 31 cm,
356 Seiten,
Preis DM 98,-
öS 715,-
sFr 89,-
Best.-Nr.:
G 0752

Das Regal für Ihre GEO-Sammlung



In diesem Sammelregal können Sie bis zu 20 GEO-Jahrgänge (ohne Schubert) schonend und schön lagern. Es besteht aus einem dreiteiligen stabilen matt-schwarzen Metallkorpus, vier Einlegeböden in Buchen-furnier sowie vier Laufrollen, die für Flexibilität sorgen.

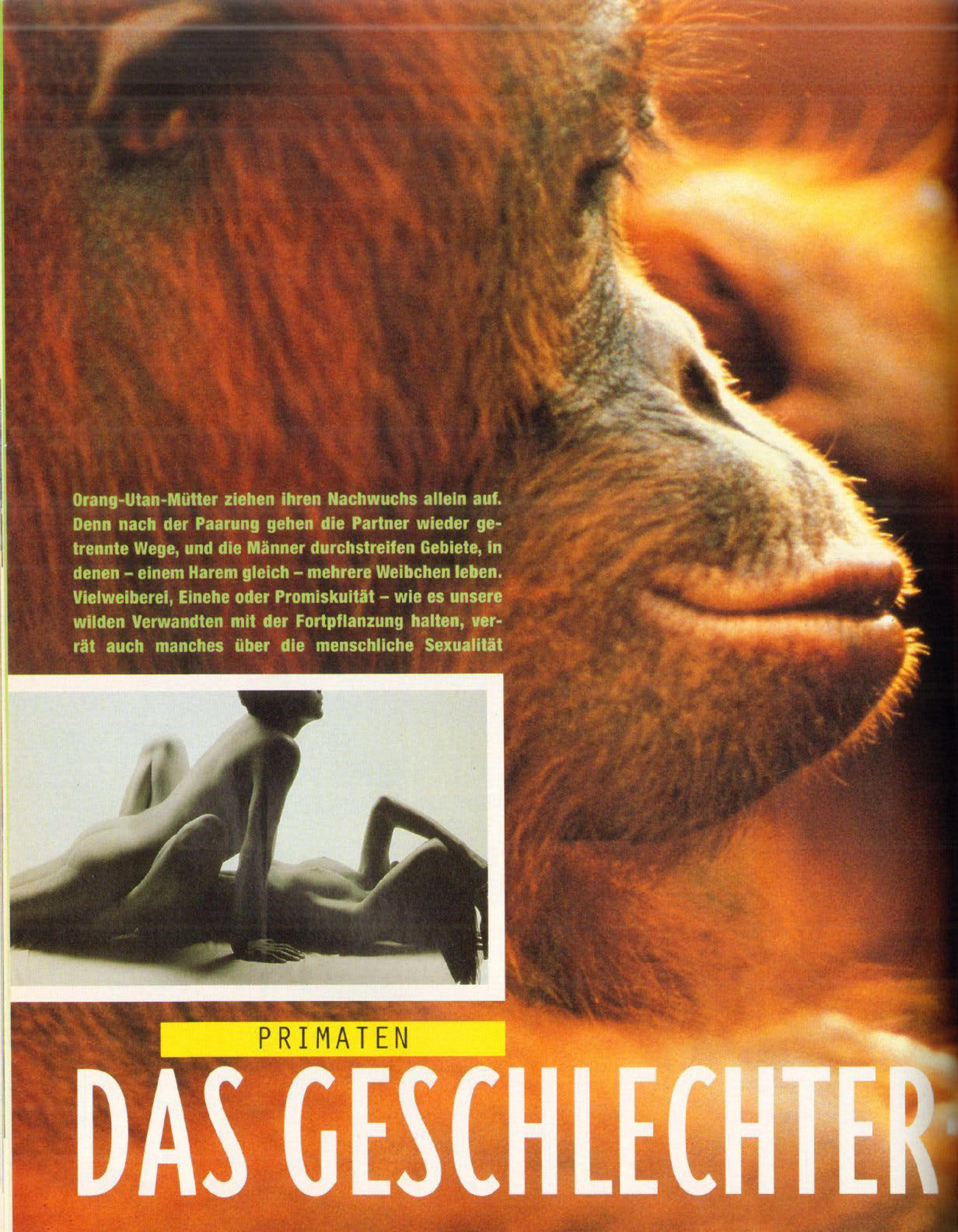
Abmessungen:
115 x 66 x 30 cm
Preis DM 289,- /
öS 2110,- / sFr 257,-
Best.-Nr.: G 0836

★ Sind Sie seit mindestens 10 Jahren Abonnent? Dann erhalten Sie unsere GEO-Regale zum Treuepreis! Geben Sie einfach auf dem Bestellschein Ihre Kunden-Nr. an.

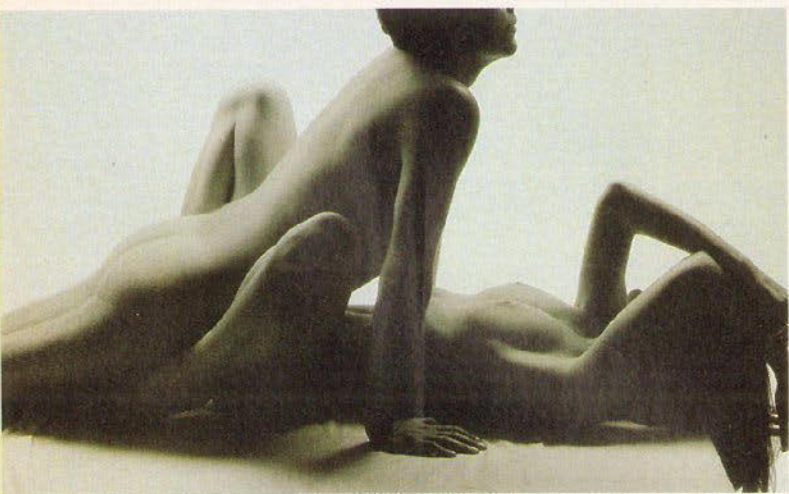
GEO-Explorer im Internet: <http://www.geo.de>

GEO-Shop

**BESTELLEN SIE
JETZT
MIT DER KARTE
AUF SEITE 91**



Orang-Utan-Mütter ziehen ihren Nachwuchs allein auf. Denn nach der Paarung gehen die Partner wieder getrennte Wege, und die Männer durchstreifen Gebiete, in denen – einem Harem gleich – mehrere Weibchen leben. Vielweiberei, Einehe oder Promiskuität – wie es unsere wilden Verwandten mit der Fortpflanzung halten, verrät auch manches über die menschliche Sexualität



PRIMATEN

DAS GESCHLECHTER



PUZZLE

Obwohl sie eng miteinander verwandt sind, ist das Verhalten von Menschen und Menschenaffen rund um die Fortpflanzung sehr differenziert. Gibbon-Paare bleiben auf Dauer zusammen (Monogamie) und verteidigen gemeinsam ihr Territorium. Orang-Utans und Gorillas leben in Vielweiberei (Polygynie). Schimpansen praktizieren »sexuelle Freizügigkeit« (Promiskuität). Bonobos, die grazilere der beiden Schimpansenarten, treiben es in allen Kombinationen – auch Mann mit Mann. Ebenso flexibel verhält sich der Mensch, der indes zu einer »gemäßigten Vielweiberei« tendiert

Das kleine Einmaleins der Partnerschaft



Schimpansen: Sie verkehren auch Gesicht zu Gesicht



Homo sapiens: starker Appetit auf Sex

Nicht wegen des Beinamens „der Blutrünstige“ ging Mulai Isma'il ins „Guinness Buch der Rekorde“ ein. Marokkos Sultan im frühen 18. Jahrhundert soll vielmehr eine unübertroffene Zahl von Nachkommen gezeugt haben – 888. Der Frauen-Spitzenwert liegt bei „nur“ 69: Vor zwei Jahrhunderten gebär eine russische Bäuerin ausschließlich Mehrlinge.

Chancen bei diesem imaginären Fortpflanzungswettbewerb der Geschlechter

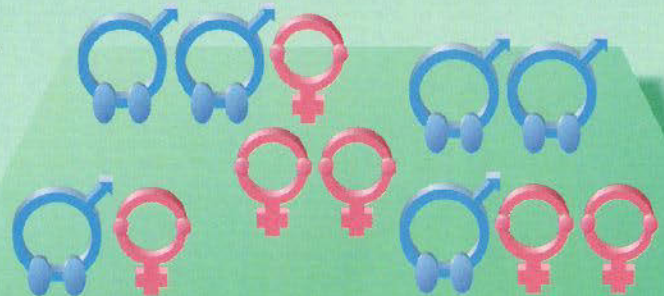


Gibbons: »Dauerehe« sichert die Aufzucht der Kinder

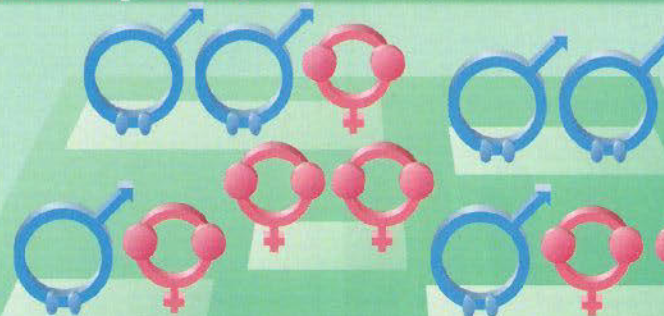
hatte die Gebärekordlerin gegen den Zeugungsweltmeister nicht. Für die Spezies *Homo sapiens* trifft nämlich ebenfalls zu, was für andere Säugetiere gilt: Ein Männchen vermag im Laufe seines Lebens weit mehr Nachkommen zu zeugen, als ein Weibchen je zur Welt bringen kann.

Die dramatischen Konsequenzen dieses Ungleichgewichts hatte bereits Charles Darwin erkannt: Säugetier-Männchen seien in eine Rüstungsspirale hineingetrieben worden, da es „dem weniger erfolgreichen Bewerber nicht gelingt, ein weibliches Wesen zu gewinnen“ und er „infolgedessen weniger oder keine Nachkommen erzeugt“. Auf das Resultat der „sexuellen Selektion“ hatte der Vater der Evolutionstheorie 1871 in seinem Werk „Die Abstammung des Menschen und die

Gibbon



Schimppanse



Mensch

geschlechtliche Zuchtwahl“ hingewiesen: „Die männlichen Individuen zeichnen sich gegenüber den weiblichen durch ihre bedeutendere Größe, Stärke und Kampfeslust aus, ihre Angriffs- und Verteidigungswaffen.“

Für Darwin gab es keinen Zweifel, daß nicht nur der „wilde indische Eber mit seinen großen Hauern“ und der „Elefant mit seinen ungeheuren Stoßzähnen“ sich mehrere Weibchen zu verschaffen versucht. Auch die „bedeutendere Größe und Stärke des Mannes im Vergleiche mit der Frau“ sah er als eine Konsequenz des „Erfolgs der stärksten und kühnsten Männer in ihren Streits um Frauen“.

Darwins revolutionäre Recherchen legen nahe, daß der Mensch durch „Vererbung von seinen frühen halb menschlichen Urerzeugern“ zur Vielweiberei

neigt – eine Theorie, die auch durch Verhältnisse über weite Strecken der Kulturgeschichte, etwa der Antike und des Islam, gestützt wird. Demgegenüber erklärte 1954 der Große Strafsenat des Bundesgerichtshofs in Karlsruhe, „die Einehe und die Familie“ seien dem Menschen „als verbindliche Lebensform gesetzt“.

Der Streit um die „Natur“ der menschlichen Sexualität beschränkt sich nicht nur auf Einehe oder Vielweiberei. Warum haben Männer den längsten Penis aller Primaten? Warum besitzen Frauen außerhalb der Stillzeit Brüste? Warum sind Frauen auch an ihren unfruchtbaren Tagen sexuell interessiert und attraktiv?

Evolutionenbiologen überprüfen ihre Theorien in der Natur. Das Sozialverhalten des Menschen formt sich jedoch stark durch kulturelle Einflüsse. Weit weniger flexibel sind hingegen Bau und Gestalt des Körpers. Werden morphologisch-anatomische Merkmale in den Artenvergleich einbezogen, sind verlässlichere Aussagen über den Verlauf der Stammesgeschichte möglich, als wenn das Verhalten allein betrachtet wird.

Ordnung in das Sexpuzzle bringt zunächst die Erkenntnis Darwins, daß bei Arten, die zur Vielweiberei – Polygynie – neigen, die Männchen größer und stärker sind. Wie brauchbar diese Faustregel ist,

belegen verblüffende Gegenproben:

- Bei monogamen Arten entfällt auf jedes Männchen ein Weibchen. Eine Ausrüstung des Körpers zur Verdrängung von Rivalen wäre eine Fehlinvestition. Die Geschlechter sollten daher gleich groß sein. Eben das ist bei den meisten einheiligen

Arten der Fall – etwa bei Störchen, Ringeltauben oder Bibern.

- Manche Vogelarten wie der Drossel-uferläufer pflanzen sich in Vielmännerei – Polyandrie – fort. Das Weibchen legt le-



Orang-Utans: Einzelgänger im Regenwald

Orang-Utan

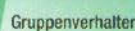
Gorilla



Gorilla: Brusttrommeln imponiert Rivalen



Körpergröße



Gruppenverhalten



Penislänge Hodengröße



Brustgröße Schamregiongröße

Körpermerkmale spiegeln das Muster des Sexualverhaltens wider: Bei überwiegend monogamen Arten wie den Gibbons sind Männchen und Weibchen gleich groß. Bei Spezies, die in Vielweiberei leben, überragt der Haremshalter seine Partnerinnen deutlich. Bei den promiskuen Schimpansen fällt die Größe der Hoden und der weiblichen Brunstschwellung auf

diglich Eier. Brüten und Jungenaufzucht besorgen die Männchen. Hier sind erwartungsgemäß die Weibchen größer und konkurrieren um die Männchen, die ihre Gelege bebrüten sollen.

Aufschluß über die Evolution des menschlichen Sozialverhaltens versprechen vor allem Vergleiche mit den etwa 190 Arten von Primaten. Innerhalb dieser Ordnung der Säugetiere ist für uns ein Seitenast von speziellem Interesse. Er zweigte sich vor etwa 23 Millionen Jahren von den übrigen Altweltaffen ab und führte zu den *Hominoidea*, den „Menschenähnlichen“. Zu ihnen zählen:

- die „kleinen Menschenaffen“ – mehrere Arten in Südostasien beheimateter Gibbons;
- die „großen Menschenaffen“ – der auf Borneo und Sumatra lebende Orang-Utan sowie der Gorilla und die beiden Schimpansen-Arten aus Afrika;
- die Menschen mit der einzig überlebenden Spezies *Homo sapiens*.

Das Wissen über unsere nächsten zoologischen Verwandten ist in den letzten Jahrzehnten explosionsartig angeschwollen. Entscheidende Anstöße dazu waren von dem in Kenya arbeitenden Urmenschenforscher Louis Leakey, der 1972 verstorben ist, ausgegangen. Er hatte gehofft, die Beobachtung von Menschenaffen in freier Wildbahn werde Rückschlüsse auf das Leben der Urmenschen erlauben, und hatte deshalb drei Frauen zu Langzeitstudien ermutigt: Die Engländerin Jane Goodall ging in Tansania unter die Schimpansen, die 1985 ermordete Amerikanerin Dian Fossey in Rwanda unter die Berggorillas und die Kanadierin Biruté Galdikas zu den Orang-Utans auf Borneo.

Ein Experte, der die Ergebnisse der Freilandstudien kennt, könnte im Frankfurter Senckenbergmuseum von den Skeletten ohne große Mühen aufs geschlechtliche Vorleben schließen. Die enormen Knochengerüste von Gorilla- oder Orang-Utan-Männern mit ihren eckzahnbewehrten Schädeln sind sehr viel größer als die der Weibchen, deren Eckzähne nicht über Schneide- und Backenzähne hinausragen – ein untrüglicher Hinweis auf Vielweiberei.

Orang-Männer leben als Einzelgänger. Auch die Weibchen klettern meist nur in Gesellschaft von ein oder zwei Kindern

in den Laublabirynthen herum. Das Eremitentum hängt vermutlich mit der Nahrungsversorgung zusammen. Ergiebige Futterquellen – hauptsächlich fruchtende Bäume – liegen weit auseinander; entsprechend aufwendig ist die Futtersuche. Einen Ernteeinsatz in Gruppen verbietet die Statik der Bäume: Die Äste würden brechen. Denn mit 80 bis 90 Kilogramm für Männchen und 40 bis 50 Kilogramm für Weibchen sind Orangs die schwersten baumbewohnenden Säuger überhaupt.

Aus der Vogelperspektive offenbart die Eigenbrötelei jedoch durchaus soziale Aspekte. Die Streifgebiete erwachsener Männchen umschließen die Wohnareale mehrerer Weibchen. Die Fortpflanzungsstruktur ähnelt somit einem Harem (siehe Grafik auf Seite 96/97). Kämpfe um Weibchen konnte Biruté Galdikas wegen der schwierigen Sichtverhältnisse im Regenwald erst zweimal direkt beobachten. Zeugnisse blutiger Auseinandersetzungen sprechen jedoch Bände: Drei Viertel aller Männchen weisen Narben, abgebrochene Zähne, fehlende Finger, Zehen und Augen auf.

Gorillas leben auf dem Boden. Sie vertilgen große Mengen relativ nährstoffarmer Kräuter und Blätter, an denen kaum Mangel herrscht. Gruppen von durchschnittlich sieben Tieren können daher gemeinsam herumziehen. Ein dominanter „Silberrücken“ – Gewicht bis zu 275 Kilogramm – hält einen Harem aus kaum halb so schweren Weibchen beisammen. Allenfalls toleriert er seine heranwachsenden Söhne, die sich jedoch nicht fortpflanzen dürfen.

Wie konkurrierende Gorilla-Männer einander einzuschüchtern versuchen, beobachteten der Engländer Alexander Harcourt und die Amerikanerin Kelly Stewart drei Jahre lang in der von Dian Fossey aufgebauten Forschungsstation in Rwanda: „Normalerweise trommeln sie sich auf die Brust, hämmern auf den Boden, schütteln Zweige, und niemand wird verletzt. Manchmal aber kommt es zu ernsthaften Kämpfen. Dann können viele Quadratmeter plattgewalzter und blutbespritzter Vegetation zurückbleiben, und die Wunden der Rivalen sind noch Tage oder gar Wochen später sichtbar.“

Gibbon-Skelette hingegen nötigen im Museum auch Zoologen einen Blick auf die Beschriftung der Vitrine ab. Denn

hier unterscheiden sich die Geschlechter kaum in Körper- oder Eckzahngröße. Der Rückschluß auf Einehe ist korrekt. Fünf bis sechs Kilogramm Körpergewicht erlauben den Schwinghanglern, in den luftigen Wipfeln des Regenwaldes zusammenzuleben. Fruchtende Bäume sind dort jedoch so selten, daß ein Wohngebiet von ökonomischer Größe lediglich ein Weibchen, dessen Nachkommen und den dazugehörigen Familienvater ernähren kann. Paare verteidigen ihre Territoriumsgrenzen gemeinschaftlich.

Nicht so eindeutig einem Sexualverhalten zuordnen lassen sich Schimpanse und Mensch. Zwar sind die männlichen Formen im Mittel um je fünf bis zwölf Prozent größer und 20 Prozent schwerer



als die weiblichen. Aber da sich die Eckzähne beider Geschlechter kaum unterscheiden, liegt die Vermutung nahe, daß beide Spezies eher monogam leben.

Zumindest bei Schimpansen trifft dieser Tip nicht zu. *Pan troglodytes* bildet Gemeinschaften von 20 bis 100 Mitgliedern, denen Männchen und Weibchen angehören. Sie leben überwiegend auf dem Boden und ernähren sich hauptsächlich von Früchten, gelegentlich von Insekten. Mitunter veranstalten sie aber auch regelrechte Treibjagden auf Stummelaffen, Meerkatzen oder Paviane.

Schimpansen müssen ihre Nahrung weiträumig zusammensuchen. Das erlaubt nur eine lockere Gruppenstruktur. Weibchen mit Jungtieren ziehen oft allein um-

her. Sie werden – wie auch Wohngebiete – von Männchen gemeinschaftlich verteidigt. Das entscheidende Band ist dabei die genetische Verwandtschaft: Im Unterschied zu den meisten Primaten verbleiben Schimpansen-Männchen lebenslang in ihrer Geburtsgruppe, während die Weibchen auswandern.

Deren sexuelle Gunst muß allerdings geteilt werden. Beide Geschlechter paaren sich recht freizügig – promisk – mit mehreren Partnern. Zwar stören Männchen einander beim Kopulieren. Aber ein Rivale, der sich auf einen ernsthaften Kampf einlasse, schnitte sich ins eigene Fleisch. Während der Prügelei könnte ein lachender Dritter die Situation nutzen und eine Kopulation stiebitzen.

Auch die Blutsverwandtschaft unter den Männchen spielt eine Rolle. „Ein Verwandter“, erklären Alexander Harcourt und Kelly Stewart das Einmaleins der Soziobiologie, „teilt einige deiner Gene, und wenn du einem Verwandten etwas zuleide tust, verringerst du die Chancen, daß deine Gene* in der nächsten Generation vertreten sind.“ Genetisch verwandten Schimpansen-Männchen bringt blutige Rivalität also wenig Vorteile, weshalb sich die Körpergröße der Geschlechter nur relativ geringfügig unterscheidet.

Die freizügige Multi-Männer-Gesellschaft der Schimpansen kann aber mit ziemlicher Sicherheit nicht Modell dafür sein, wie es Menschen ursprünglich mit



Der Preis des Siegers ist die Paarung

Säugetier-Männchen wie diese Paviane im tansanischen Gombe-Nationalpark hat – wie bereits Charles Darwin erkannte – der Streit um Weibchen in eine Rüstungsspirale getrieben. Ein Ergebnis dieser »sexuellen Selektion« sind die langen, scharfen Eckzähne

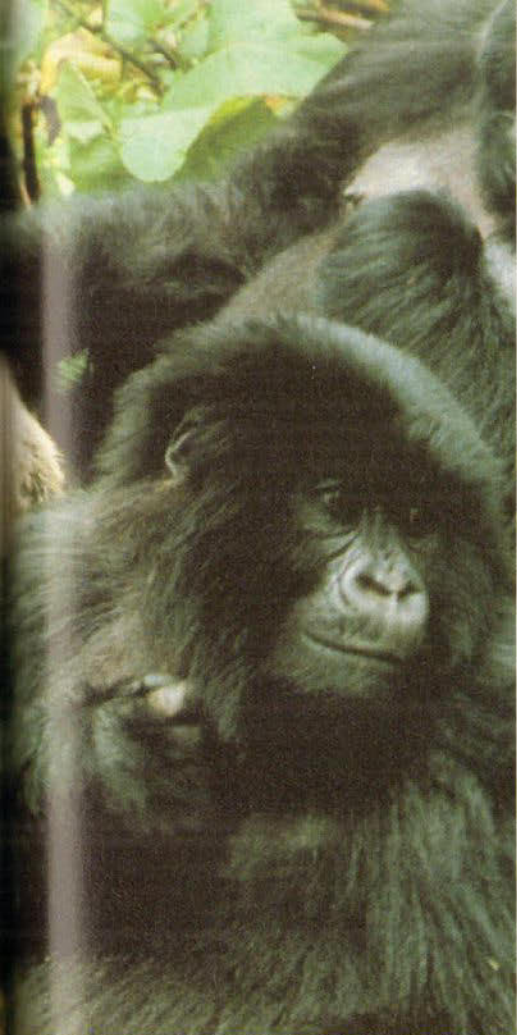


der Fortpflanzung hielten. Das legt eine elegante Beweisführung von Roger Short nahe. Er hatte Mitte der siebziger Jahre herausgefunden, wie bei unterschiedlichen Spezies – unabhängig von der Körpergröße der Geschlechter – die Fortpflanzungssysteme Monogamie und Polygynie von dem der Promiskuität unterschieden werden können. „Als Darwin sein Konzept der geschlechtlichen Zuchtwahl entwickelte“, erklärt Short, „berücksichtigte er zwar deren Einfluß auf allgemeine körperliche Charakteristika. Aber er war vermutlich zu sittsam, um seine Argumentation auf die Geschlechtsorgane selbst auszudehnen.“

Short argumentiert ohne solche Hemmungen für eine „genitale Selektion“ der Geschlechtsorgane, während er die geschlechtliche Zuchtwahl der Körpergröße „somatische Selektion“ nennt. Paart ein empfängnisbereites Weibchen sich kurz hintereinander mit mehreren Partnern, hängt die Chance eines Männchens, daß eine seiner Samenzellen den Wettlauf zum Ei gewinnt, von der Menge der ejakulierten Spermien ab. Entsprechend erfolgreich pflanzen sich Rivalen mit besonders leistungsfähiger Spermaproduktion fort. Deshalb werden bei promiskiten Arten Männchen mit besonders großen Hoden „herangezüchtet“.

Um die Hypothese zu überprüfen, hatten Short und seine Kollegen bei 33 Primaten-Arten das relative Hodengewicht errechnet und mit dem Sexualverhalten verglichen. Ein 74,6 Kilogramm schwerer Orang-Mann trägt zum Beispiel einen 35,3-Gramm-Hoden; das entspricht 0,5 Promille seines Körpergewichtes. Orang-Utan-Frauen gebären alle fünf bis sieben Jahre ein Baby und sind alle drei bis sechs Jahre brünstig. Ein Orang-Utan-Mann, der die Wohngebiete mehrerer Weibchen kontrolliert, kann also nur wenige Male pro Jahr kopulieren.

Gleiches gilt für einen Silberücken. Dessen Weibchen bringen ungefähr alle



vier Jahre ein Kind zur Welt; drei bis vier Jahre später sind sie bis zur nächsten Empfängnis jeden Monat ein paar Tage sexuell aktiv.

Ein Gorilla-Mann hat somit nur etwa einmal pro Jahr Geschlechtsverkehr. Kein Wunder, daß der Riese mit den relativ kleinsten Hoden aller Primaten auskommt: 0,2 Promille des Körpergewichts.

Bei Schimpansen sieht es auf den ersten Blick nicht anders aus: Die Geburten liegen vier bis acht Jahre auseinander, und die Mütter sind daran anschließend drei bis sechs Jahre lang nicht empfängnisbereit. Da jedoch viele Weibchen in einer Gruppe leben, kopulieren die Männchen durchschnittlich einmal pro Tag. Schimpansinnen können leicht acht, zehn Sexpartner haben. Wer da beim Sperma-Rennen mitmischen will, braucht große Samendrüsen. Schimpansen bringen es folglich auf einen hohen Hodengewichtsanteil von 2,7 Promille.

Die genitale Selektion beschränkt sich nicht nur auf die Samendrüsen. Brünstige Schimpansinnen entwickeln auffällige rosafarbene Schwellungen der Ano-Genital-Region, die etwa zehn Tage anhalten und für Schimpansen-Männchen außerordentlich attraktiv sind.

„Eine chaotische Zeit brach an“, notierte Jane Goodall bei ihren Feldforschungen, „als Mutter Flo und ihre Tochter Fifi einmal gleichzeitig ‚rosig‘ wurden. Während dieser für die Männchen strapaziösen acht Tage zogen die Schimpansen in einer großen Gruppe von mehr als 20 Tieren umher. Eines Tages saß ich bei Goliath und David Greybeard, die einander friedlich lauschten. Plötzlich starrte Goliath aufmerksam über das Tal,

und Sekunden später folgte David seinem Blick. Selbst ich entdeckte mit bloßem Auge bald etwas, das wie eine große rosa Blüte aussah, die in einem dichtbelaubten Baum schimmerte. Augenblicklich waren die beiden Männchen auf den Beinen und entfernten sich rasch durch das Dickicht. Wenig später sah ich, wie sich Goliath und David in den Baum schlangen, die Zwei-

ge schüttelten und sich mit dem Weibchen paarten.“

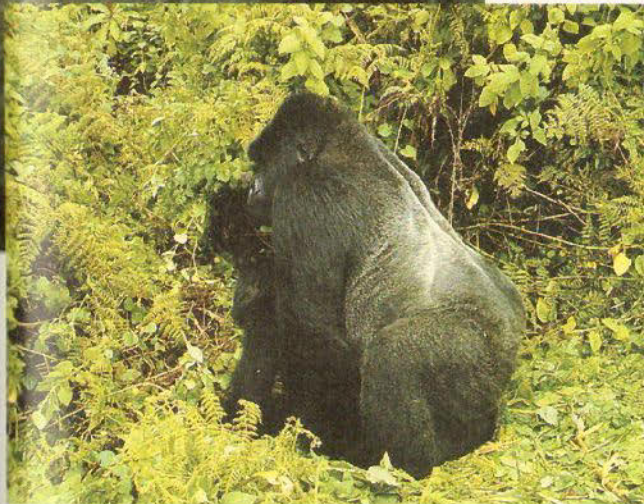
Schimpansinnen versammeln mittels dieser „Flagge“ ganze Gruppen von Bewerbern um sich und erhöhen so vermutlich die Wahrscheinlichkeit, an ein Männchen mit guter genetischer Ausstattung zu geraten. Sie halten es offenbar für eine – wie Darwin es nannte – „wohlgefällige Eigenschaft“, wenn Bewerber durch Ästeschütteln oder Fellsträuben imponieren wollen und ihr Geschlechtsteil präsentieren.

Dank seiner Rosa-Färbung hebt sich der erigierte Schimpansen-Penis – im Mittel acht Zentimeter lang – deutlich von der umgebenden weißen Haut ab. Doch auch der Beste kann sich nicht in Ruhe paaren, wenn es dem Nachbarn nicht gefällt. Deshalb haben Schimpansen den „Quicky“ vervollkommen: Der Koitus dauert lediglich sieben bis acht Sekunden.

In den Harems von Gorilla und Orang wäre dagegen jedes ausgeklügelte Werbeverhalten Energieverschwendung – Energie, die über Nahrung gedeckt werden müßte und bei der Rivalenabwehr fehlen könnte. Der erigierte Penis des größten Primaten ist unauffällig schwarz und mißt ganze drei Zentimeter – beim Orang-Utan gerade einen Zentimeter mehr.

Da niemand dazwischenfunken kann, währt der Koitus beim Gorilla ruhige anderthalb Minuten, beim Orang gar eine Viertelstunde. Bei beiden Arten „verzichten“ die Weibchen auf auffällige Schwellungen – sie könnten ohnehin kein anderes Männchen als den Haremshalter anlocken. Das Prinzip „Ein Mann – kein Tamtam“ gilt auch für einehige Arten wie die Gibbons, deren Weibchen sich ebenfalls Schwellungssignale sparen.

Spannend wird dieses Darwinopoly beim Menschen: Nach welchen Spielregeln vermehrten sich unsere Vorfahren? Was ist „natürlich“? Sexuell freizügige Viel-Männchen-Gruppen lassen sich nahezu sicher ausschließen. Dafür ist ein relatives Hodengewicht von nur 0,6 Promille zu gering. Auch fehlende Brunstschwellungen und die Tatsache, daß der durchschnittliche Koitus bei *Homo sapiens* zwischen zwei und zehn Minuten dauert, deuten auf Ein-Mann-Verhältnisse – entweder Harem oder Monogamie. Aber: Sollte der Mensch eine Ausnahme



Ein »Flirt« wäre im Harem Vergeudung

Da Gorilla-Frauen ohnehin nur den Haremshalter locken können, sind Sexualsignale wie Brunstschwellungen unnötig. Die Weibchen werden nur alle drei bis vier Jahre empfängnisbereit. Der Patriarch kann sich daher selbst in seinem Harem nur etwa einmal pro Jahr paaren

von der Regel sein, daß fast alle Arten sich polygyn verhalten, bei denen Männchen mindestens zehn Prozent schwerer als Weibchen sind?

Der amerikanische Anthropologe George Peter Murdock machte denn auch eine Tendenz zur „gemäßigten Vielweiberei“ aus. Er listete die Eheformen in 853 menschlichen Gesellschaften – „Kulturen“ – auf: Von ihnen sind 83 Prozent gewohnheitsmäßig oder gelegentlich polygyn, etwa Mormonen, Indianer und viele islamische Völker. In nur 16 Prozent der Kulturen herrscht – wenigstens nach dem Gesetz – Monogamie. Und lediglich vier Gesellschaften praktizieren Vielmannerei.

In das Mosaik einer „mild polygynen“ Spezies *Homo sapiens* lassen sich allerdings noch nicht alle argumentativen Steinchen einfügen. Was soll zum Beispiel der – erigiert im Mittel 13 Zentimeter lange – Rekordhalter unter den Primaten-Penissen, da Mann doch keine Gemeinschaftsbälz à la Schimpanse veranstaltet? So wenig wie beim langen Penis können Evolutionsbiologen bei den stark vergrößerten Brüsten der Menschenweibchen einen plausiblen Selektionsdruck ausmachen. Mit Mutterschaft haben deren im Vergleich zu anderen Primatinnen mächtigen Mammæ nichts zu tun. Denn sie zeichnen sich bereits während der Pubertät und auch nach der Stillzeit deutlich ab.

Der britische Zoologe Desmond Morris postulierte 1967 in seinem Bestseller „Der nackte Affe“: „Die halbkugelig vorgewölbten Brüste sind sicherlich Kopien der fleischigen Hinterbacken, die scharf begrenzten roten Lippen solche der roten Labien“ – sexuelle Ersatzsignale also, die bei der Umstellung auf „frontalen“ Geschlechtsverkehr nötig geworden seien. Diese Theorie läßt sich jedoch leicht widerlegen: Begattungen von hinten funktionieren etwa bei Gorillas und Gibbons auch ohne Schwellung bestens, während „geschwollene“ Weibchen der Spezies *Pan paniscus*, der auch Bonobo genannten grazielen der beiden Schimpansenarten, oft Gesicht zu Gesicht mit ihren Partnern kopulieren.

Morris köderte sein Publikum mit der Behauptung, der „nackte Affe“ sei „der von allen Primaten am meisten geschlechtsbetonte – sagen wir ruhig: der

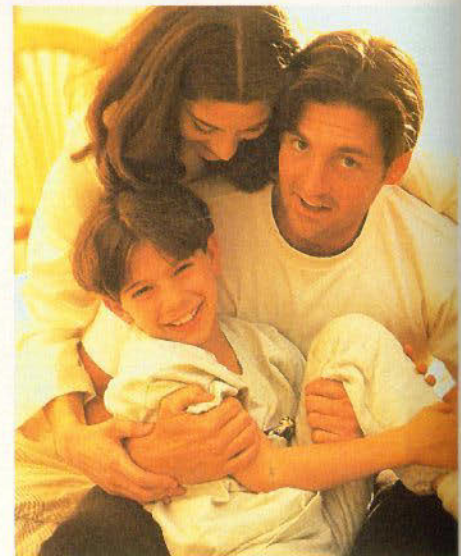


sexyste – Affe“. Tatsächlich ist beim Menschen der direkte Zusammenhang zwischen Koitus und Fortpflanzung weitgehend aufgehoben. Frauen können während des gesamten Zyklus und der Schwangerschaft sexuell aktiv sein, auch wenn eine Befruchtung ausgeschlossen ist. Der Eisprung kündigt sich weder durch Schwellungen noch durch unmißverständliche Verhaltensänderungen an – es findet eine „heimliche Ovulation“ statt.

Morris spekulierte, die „sexuelle Dauerrezeptivität“ der Frauen fördere die monogame Paarbindung. Um einen Partner für die Aufzucht ihrer Kinder zu finden, hätten Frauen im Lauf der Evolution des Menschen die Partnerschaft zementieren müssen – durch häufigeren Sex.

Aber auch diese Hypothese ist wackelig: Andere monogame Primaten sind ohne Sexköder zu lebenslanger Treue fähig. Bei manchen Gibbons helfen Männchen intensiv bei der Aufzucht des Nachwuchses, obwohl die Weibchen nur alle zwei bis drei Jahre kurz sexuell aktiv werden.

Urfrauen wären, spekuliert dagegen der Anthropologe Donald Symons von der University of California in Santa Barbara, deshalb konstant sexuell attraktiv geworden, um sich und ihren Kindern gezielt Zugang zur Jagdbeute der Männer zu verschaffen. Er weist darauf hin, daß bei Schimpansen bevorzugt Grüppchen von Männern gemeinsam Affen, Gazellen oder Buschschweine aufscheuchen, fangen und zerreißen. Geben die Männ-



Auch das menschliche Zusammenleben kennt viele Formen: kenyanischer Häuptling mit Frauen und Kindern; tibetische Frau mit drei Männern (unten rechts); westliches Wohlstandsmodell – Frau, Mann, ein Kind



Bonobos setzen Sex ein, um Konflikte aus der Welt zu schaffen. Indem etwa die beiden Weibchen ihre Genitalschwellungen aneinanderreiben, stimmen sie sich friedlich (links oben). Futter gegen Kopulation ist ebenfalls ein typisches Angebot: Der eine Bonobo-Mann (links unten) hält den Preis für seine Lust während des Geschlechtsakts fest in Händen. Eine der Orangen rückt er »hinterher« heraus. Das andere Männchen bietet derjenigen Frau, die sich mit ihm paart, ein Stück Zuckerrohr

Flexible Muster der Liebe



chen Fleisch ab, erhalten Schimpansinnen häufig dann einen Brocken, wenn sie brünstig sind.

Eine weitere Hypothese offerieren Richard Alexander und Katherine Noonan von der University of Michigan: „Die heimliche Ovulation entwickelte sich beim Menschen, weil Frauen

begehrtere Männer dadurch lange genug in eine Paarbindung drängen konnten.“ Wären Männer nämlich in der Lage, den Zeitpunkt des Eisprungs bei Frauen zu erkennen, würden sie nur an diesen fruchtbaren Tagen mit ihnen verkehren und ansonsten – ihrer polygynen Veranlagung folgend – weitere Partnerinnen zu schwängern versuchen.

Auch Brüste wären nach dieser Argumentation evolutionär sinnvoll: Würden sie nur während Schwangerschaft und

Stillzeit anschwellen, wären sie für die Männchen ein deutliches Signal dafür, daß Sex folgenlos bliebe – lüden also zu Seitensprünge ein.

Hormone hält James Spuhler von der University of New Mexico für die eigentlichen Weichensteller auf dem Weg zum Dauersex: „Weibchen unserer Spezies haben einen höheren Blutspiegel an Androgenen“ – an männlichen Sexualhormonen – „als Rhesusaffen und Schimpansinnen, weil die natürliche Selektion Männer und Frauen an ausdauerndes aufrechtes Gehen und Rennen angepaßt hat.“

Ausdauer hatten Urmenschen in der Tat nötig, Männer bei der Jagd, Frauen für kilometerweite Sammelgänge sowie für das Schleppen von Lasten und Kindern. „Androgene wirken als Anabolika“, argumentiert James Spuhler. „Sie fördern das Muskelwachstum.“ Zugleich steigern sie aber auch die Libido – „erotisches Phantasieren, Empfinden und Handeln“. Das kontinuierliche sexuelle Interesse von Frauen wäre demnach ein Beiprodukt der Evolution.

Auch wenn so manches Paradoxon menschlicher Sexualität unerklärt bleibt, eines läßt sich aus den vergleichenden Untersuchungen an Primaten jedenfalls ableiten: Es gibt keine „naturgewollte“ Eheform des Menschen und schon gar keine genetisch fixierte Einehe. Bei den *Australopithecinen* – menschlichen Urahnen, die vor einer bis fünf Millionen Jahren in Afrika lebten – waren die Größenunterschiede zwischen Mann und Frau noch ausgeprägter als beim Jetztmenschen, und sie pflanzten sich wahrscheinlich in Polygynie fort. Unser Körperbau und unser Verhalten verraten, daß dieses Erbe bis auf den heutigen Tag erheblichen Einfluß hat.

Für Verhaltensforscher sind die Übergänge zwischen Zusammenleben, eifersüchtigem Bewachen und Liebe durchaus fließend. Die Monogamie, diesen pragmatischen Schluß zog der Schweizer Anthropologe Walter Leutenegger, gehorche beim Menschen somit „weit mehr äußeren Zwängen als einem eigentlichen biologischen Bedürfnis“. □

Volker Sommer, 43, arbeitet am Institut für Anthropologie der Universität London. Über viele Jahre hinweg hat er in freier Wildbahn das Sozialverhalten von Tempelaffen im indischen Rajasthan beobachtet. Sommer ist Autor des Werkes „Die Affen. Unsere wilde Verwandtschaft“ in der GEO-Bibliothek.



STILLEN DER EINZIG GESUNDE

Sie schützt vor Bakterien, Parasiten und Allergien.

Aber obwohl Ärzte Muttermilch als beste aller Säuglingsnahrungen preisen, kommen nur wenige

Kinder länger als ein halbes Jahr in deren Genuß

Genüßlich suckelt Nicki an Renates Busen, lächelt kurz hoch und schmatzt dann mit einem Riesenappetit weiter. Nur noch selten kann die junge Mutter das Stillen ihres acht Monate alten Sohnes so genießen wie hier in der „Stillgruppe Starnberg“. „Seit Nicki ein halbes Jahr alt ist“, sagt sie, „sieht es mein Mann gar nicht mehr gern, daß ich das Kind stille. Am Anfang hat er mich sehr dabei unterstützt, doch jetzt habe ich das Gefühl, daß er eifersüchtig ist.“

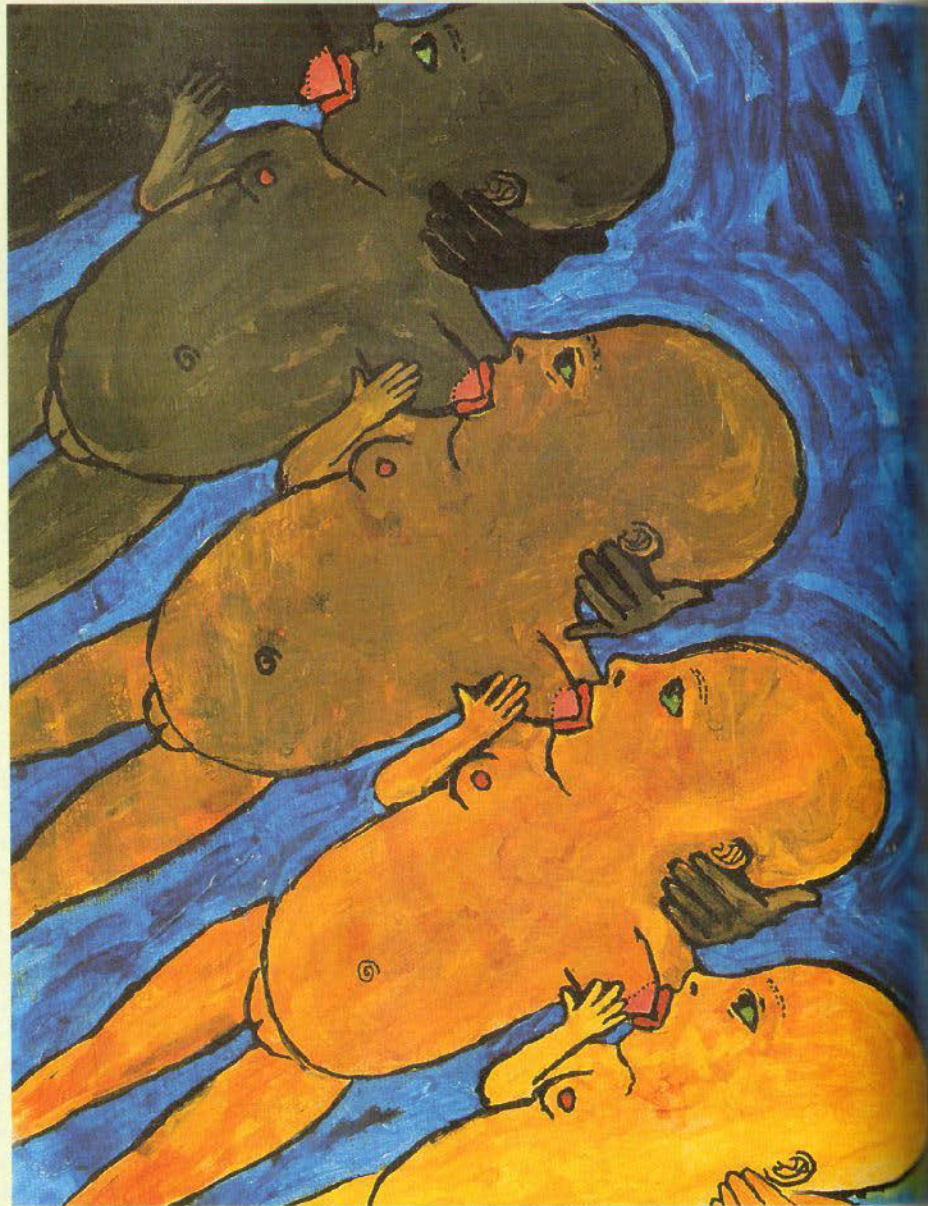
Verständnisvolles Nicken begleitet Renates Worte. „Ich bin schon viel früher auf Ablehnung gestoßen“, erzählt eine der Frauen. „Meine Mutter sagte mir am Anfang ständig, ich solle meinem Sohn doch die Flasche geben. Sie meinte, daß er bei mir nicht satt wird.“

Solche Schilderungen kennt Petra Brandhofft – sie hat die Stillgruppe aufgebaut – zur Genüge: „Manche Frauen hören sogar mit dem Stillen auf, wenn die Verwandtschaft zur Taufe kommt. Aus Angst vor ablehnenden Blicken wollen sie ihrem Kind weder vor den Verwandten noch in der Öffentlichkeit die Brust geben.“

Obwohl Wissenschaftler und Ärzte Muttermilch als die beste Säuglingsnahrung preisen, ist das Stillen gesellschaftlich noch nicht überall – wieder – akzeptiert. Die weibliche Brust gilt als sexuelles Attribut und – absurderweise – nicht mehr als natürliche Nahrungsquelle für Babys.

Am Ende des ersten Lebensmonats werden 75 Prozent der deutschen Säuglinge gestillt. Aber nur eines von drei Babys kommt in den Genuß, länger als ein halbes Jahr die Milch seiner Mutter trinken zu dürfen. Das ist – biologisch gesehen – völlig unnatürlich: Die artgemäße Stilldauer der Spezies *Homo sapiens* beträgt mehrere Jahre.

Bei traditionell lebenden Jäger- und Nomadenstämmen in Afrika oder Australien nehmen Kleinkinder oft mehrere



Ökologisch gesehen,
ist das Baby Endglied einer
Nahrungskette

SCHLUCK

Jahre lang Tag und Nacht die Brust – tagsüber etwa viermal pro Stunde, wenn auch immer nur für wenige Minuten. Da Wissenschaftler dieses Saugschema bei unterschiedlichen Kulturen in mehreren Erdteilen beobachtet haben, könnte es sich um das natürliche handeln.

Schon der griechische Philosoph Plutarch hatte im ersten Jahrhundert n. Chr. den Wert der Muttermilch gepriesen und sich zugleich gegen das Ammenwesen gewandt: „Aber auch die Natur macht deutlich, daß die Mütter ihre Kinder selbst ernähren und aufziehen sollen. Denn aus diesem Grunde hat sie jedem Lebewesen, das gebiert, die aus Milch bestehende Nahrung zur Verfügung gestellt.“ Noch im Europa der Renaissance waren zwei Jahre Stillzeit üblich. Und heute, da die Amme längst vom Fläschchen verdrängt worden ist, gilt Plutarchs Rat mehr denn je: Gestillte Kinder werden seltener krank.

Die Ursache dafür konnte erst die moderne Biomedizin aufklären: Babys kommen mit einem „ungeübten“ Immunsystem zur Welt. Muttermilch enthält deshalb einen speziellen Cocktail aus Abwehrsubstanzen für das Neugeborene. Eine wichtige Gruppe dieser Immunstoffe entstammt „B-Lymphozyten“ – weißen Blutzellen, die im Verlauf der Schwangerschaft aus den lymphatischen Organen des Darms in die Brustdrüse wandern. Dort geben sie ihre sogenannten IgA-Antikörper in die Milch ab. Da diese im Magen des Säuglings nicht verdaut werden, gelangen sie unverändert in den Darm und überziehen ihn mit einem Schutzfilm gegen Bakterien.

Daneben empfängt ein Säugling aus der Mutterbrust eine ganze Palette anderer wichtiger Abwehrstoffe:

- Immun-Stimulantien aktivieren B-Lymphozyten und andere Zellen seines Abwehrsystems;

- Lysozym, in Muttermilch 3000mal konzentrierter als in Kuhmilch, zerstört bakterielle Zellwände;

- Laktoferrin bindet Eisen und entzieht so bestimmten im Baby-Darm lebenden Bakterien ein wichtiges Mineral;

- Mehrfachzucker können Grippe-Erreger und andere Viren von den Zellwänden ablenken und so eine Barriere gegen Virusinfektionen bilden, aber auch das Wachstum von Coli-Keimen hemmen;

- Anti-Adhärenz-Faktoren verhindern, daß sich Pneumokokken, *Haemophilus-influenzae*- und *Escherichia-coli*-Bakterien an der Rachenschleimhaut anheften;

- Antiparasitäre Stoffe schützen vor Durchfällen, die etwa das Geißeltierchen *Giardia lamblia* auslösen kann;

- Linolsäure stimuliert das Immunsystem des Säuglings, wenn er dennoch infiziert werden sollte.

Vieles spricht auch dafür, daß Muttermilch vor Allergien schützt – etwa vor dem „atopischen Ekzem“. Eberhard Schmidt von der Universitätskinderklinik

Düsseldorf rät deshalb dringend zur Vorsorge: „Es sollte die Regel sein, daß das Kind aus einer allergiebelasteten Familie mindestens sechs Monate voll gestillt wird und vor allem in den ersten Lebenstagen keinen Tropfen Kuhmilch erhält.“

Die Befürchtung vieler Frauen, sie könnten dafür nicht genügend Milch produzieren, nennt Petra Brandhoff von der Starnberger Stillgruppe ein Ammenmärchen: „Die Milchmenge richtet sich nach der Nachfrage. Je häufiger das Baby saugt, um so mehr Milch wird produziert.“ Also müsse ein hungriges Kind öfter angelegt werden. „Stillhindernisse auf seiten der Mutter“, weiß auch Hans-Georg Bender von der Universitätsfrauenklinik Düsseldorf, „gehören zu den seltenen Ausnahmen.“

Inzwischen haben sich auch die Baby-nahrung-Produzenten umgestellt. Suggestierten sie früher, Mangel an Muttermilch sei normal, und empfahlen ihre Erzeugnisse zum Zufüttern, weisen sie in der Werbung heute ausdrücklich darauf hin, daß „Stillen das Beste für das Kind“ ist.

Ein ernsthaftes Argument gegen das Stillen kann eine hohe Schadstoffbelastung der Muttermilch sein: Babys sind, ökologisch gesehen, das Endglied einer Nahrungskette, bei der in jeder Stufe gesundheitsgefährdende Chemikalien angereichert werden. 1984 noch empfahl deshalb die „Rückstandskommission“ der Deutschen Forschungsgemeinschaft, Babys nur vier Monate voll zu stillen und danach Beikost in steigenden Mengen zu füttern.

Seither hat sich die Schadstoff-Situation deutlich entspannt. Die Belastung der Muttermilch mit Organochlorpestiziden wie Hexachlorbenzol (HCB) und den Hexachlorcyclohexanen (HCH) ist um 50 bis 80 Prozent zurückgegangen. Die Konzentrationen an giftigen Dioxinen und Polychlorierten Biphenylen (PCB), einem Stoffgemisch, das vor allem als Isolierflüssigkeit in Transformatoren diente, sind mittlerweile nur noch halb so hoch.

Die 1994 gegründete Nationale Stillkommission rät Müttern daher, ihre Kinder bis zum Übergang auf Löffelnahrung – meist im vierten bis sechsten Monat – ausschließlich zu stillen. Auch darüber hinaus sei der Schluck aus der Brust für den Säugling unbedenklich.

Mediziner und Toxikologen lassen jedoch keinen Zweifel daran, daß jegliche Spuren von Industriechemikalien in der Muttermilch prinzipiell unerwünscht sind. Eberhard Schmidt fordert deshalb, daß auch weiterhin alles unternommen werden müsse, damit die schädlichen Stoffe wieder aus der Umwelt und der Muttermilch verschwinden.

Christine Broll

MILCH ENTHÄLT JETZT WENIGER GIFT

LEIHMUTTER

VON JÜRGEN NEFFE, FOTOS: LYNN JOHNSON

Schon seit Wochen wartet Susan Fitter in diesem schäbigen Motelzimmer darauf, daß sich ein paar Kilometer entfernt eine Gebärmutter zusammenkrampft. Immer wieder redet die andere von Wehen, aber nichts passiert.

Bleib ruhig, Liebling. Bald haben wir es geschafft.

Stephen Fitter liegt entspannt auf dem Motel-Bett. Er ist über die Feiertage von Oklahoma City nach Mount Pleasant gekommen: vier Stunden Flug nach Detroit, dann gut drei Stunden im Mietwagen Richtung Nordwesten. Dort wartet seine Frau auf „unser schönsten Weihnachtsgeschenk“, die Geburt „ihrer Zwillinge“.

Susan Fitter sitzt im Sessel und blättert im „New Parent“. Zwischen Fernseher und Tür zum Bad stehen zwei Reisetaschen, fertig gepackt fürs Hospital. Stephen hat Kindersitze mitgebracht für die Heimfahrt zu viert.

Jetzt kommt es nur noch auf die andere an, auf Julie Boldrey, die eine

halbe Autostunde entfernt in einem kleinen Trailer im Wald lebt. Sie hat die Zwillinge der Fitters im Bauch: Sie ist eine bezahlte Leihmutter.

Seit Wochen meldet sie leichte Wehen – für Mrs. Fitter nicht viel mehr als ein Begriff, der ihr das Ende des Wartens signalisiert. Das Ende der Angst, im letzten Augenblick könne doch noch etwas schiefgehen. Das Ende der Ersatzhandlungen: Alles Gedruckte über Babys, was ihr in die Hände geriet, hat sie gelesen, als stünde sie vor einem Examen. Gemeinsam mit Julie Boldrey hat sie sich auf die Geburt vorbereitet, sogar die Atemübungen beherrscht sie.

Alexandra und Stephanie – die Zwillinge haben schon Namen – werden nicht nur die pränatalen Trockenübungen beenden, sondern vielleicht auch die leisen Zweifel aus der Welt schaffen: Haben wir uns nicht doch an etwas versündigt, das wir nur nicht benennen können?

Aber nein, Susan, nein. Das hier ist die sauberste Art, es zu tun.

Stephen Fitter setzt sich auf die Bettkante und nimmt seine Frau in

MEIN BAUCH GEHÖRT

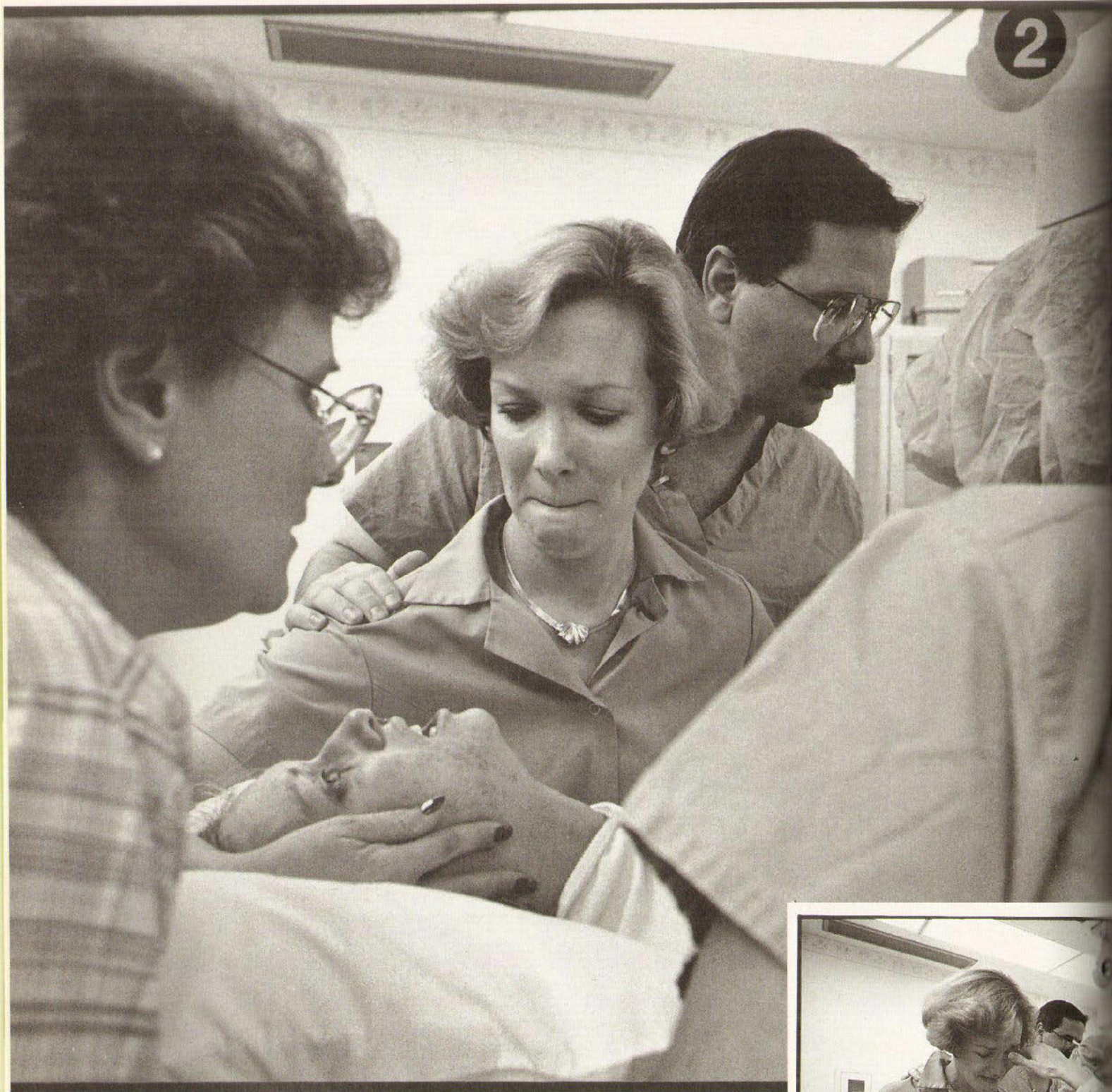
Ein Paar, das selber keins bekommen kann, möchte unbedingt ein Kind. Eine bezahlte Leihmutter hilft aus



Während ein Videofilm
über Julie Boldreys zweite
Niederkunft läuft, ertastet
Susan Fitter ihre Zwillinge
im Leib der anderen



DIR



MIT-LEID FÜR DIE ANDERE

Angespannt beobachtet die biologische Mutter, wie die andere unter Schmerzen ihre Kinder gebiert. Und die Bezahlte spendet der Zahlenden Trost





die Arme. An der kleinen Tannebaumelt Baby-Spielzeug.

Am Weihnachtsbaum in der Kanzlei von Noel Keane hängen 253 rotlackierte Holzherzen. Auf jedes ist in zarten goldfarbenen Buchstaben ein Name gemalt, darunter ein Datum: Ashley 7-7-85, Garrit 11-23-88, die Geburtstage der „Miracle babies“. So nennt der Anwalt – auf einem Album mit Kinderfotos – die menschgewordenen Resultate seiner Aktivitäten.

Noel Keane hat Dearborn, Michigan, die wohlhabende Vorstadt von Detroit, wieder in die Schlagzeilen gebracht. Dort, wo von 1908 an Henry Ford als erster Autos am Fließband produzieren ließ und damit das Model T zu einem Symbol für „Moderne Zeiten“ machte, steht heute Keanes zweistöckige, elegant eingerichtete Anwaltskanzlei. Auch Keane hat ein Symbol geschaffen: Sein bislang prominentestes Kind, Baby M., stieß die Öffentlichkeit auf ein bis dahin wenig beachtetes Gebiet der „Schönen neuen Welt“.

Der Babymakler agiert im Feld zwischen Haß und Verherrlichung

Der Anwalt hat 1976 eine der sonderbarsten Branchen der Dienstleistungsgesellschaft ins Leben gerufen: die kommerzielle Vermittlung von „Ersatzbrütern“. So nennt Gena Corea in ihrem Buch „Muttermaschine“ Frauen wie Mary Beth Whitehead. Diese Leihmutter gelangte zu weltweiter Bekanntheit, weil sie „M“(elissa), „ihr“ Kind, behalten wollte. Doch ein Gericht sprach das Mädchen dem Ehepaar Stern zu, das für die Dienstleistung bezahlt hatte.

An den Wänden von Keanes Kanzlei hängen Bilder von strahlenden Säuglingen und sauber gerahmte Zeitungsausschnitte. Diese haben nur ein Thema, Surrogate mothers, und eine Hauptperson, den Baby seller. Das Feld zwischen Haß und Verherrlichung ist klar abgesteckt:

„Babymakler oder Heiliger?“ fragt das Magazin des „Boston Globe“ seinen treu dreinblickenden Titelhelden.

Keane kassiert und nicht zu knapp: Jede Vermittlung bringt ihm 10 000 Dollar. Aber hat er es nur aufs Geld abgesehen? Oder ist er auch der Kindermarr und Menschenfreund, den er fortwährend herauskehrt? Zweifellos genießt er die Rolle des Katalysators, der Verzweiflung in Hoffnung verwandelt und dafür hundertfach geliebt wird.

Aber auch Kritik weiß er zu schätzen, wenn sie millionenfach verbreitet wird. „Die wahren Väter der Leihmutter-Story“, vermutet er, „sind die ‚Donahue-Show‘ und die Illustrierte ‚People‘“. Der umstrittenste Geburtshelfer der Nation läßt sich im Fernsehen geduldig als unmoralischen Anwalt bezeichnen, als einen, der mit den Nöten anderer Geschäfte macht. Denn am nächsten Tag melden sich wieder neue Frauen, die ihre Fortpflanzungsorgane für mindestens neun Monate vermieten wollen. Und Ehepaare rufen an, die besessen und begütert genug sind, sich für ein eigenes Kind auf die Ultima ratio einzulassen. Für sie ist Keane der Retter.

Wohltat und Wohlstand reichen indes nicht aus, die Beweggründe des weltbekannten Industriearbeitersohns zu verstehen. Er, der sich als „Pionier“ sieht, wirkt immer zugleich zufrieden und ungeduldig. Richtig „big“, sagt er, seien in Dearborn sein Schwager, der ist Vorstandsvorsitzender der Ford Motor Company, und seine Schwester, die für das Bürgermeisteramt kandidiert hat. Auch Keane will ein geachteter Bürger sein, nicht nur weltbekannt.

Dafür nimmt er auch die heikle Aufgabe des „Matching“ der Parteien auf sich. Auf diese Anbahnungsgespräche verzichten einige der Nachahmer-Agenturen in den USA, weil sie emotionale Komplikationen fürchten. Keane aber konfrontiert seine Klienten miteinander. Die Zahleltern haben eine Vorauswahl schon bei der Durchsicht der prallgefüllten Aktenordner getroffen. In

diesen Leihmütter-Katalogen geben Hunderte von Frauen auf Vordruckten ihre Körper- und Gesundheitsdaten zu Protokoll und beschreiben ihre Motive: Leben schenken, Mitmenschen beglücken, Schwangerschaft genießen. Die Amateurfotos, die den Formularen beigelegt sind, sprechen allerdings eine andere Sprache: Da sind viele arme Familien zu sehen, die einfach Geld brauchen.

Die Zahlenden achten insbesondere auf Äußerlichkeiten wie Körperbau, Haar- und Augenfarbe, wenn die Leihmutter gleichzeitig als Eispenderin fungieren soll. Oft krabbeln Kleinkinder über den Teppichboden der Kanzlei, lebendige Belege für die Tauglichkeit der Leihmütter, verstohlen taxiert von den Kinderlosen im Besprechungszimmer.

Dort, hinter der Glastür, stellen die Augen auch noch Fragen, wenn die Stimmen längst verstummt sind: Wird die Leihmutter bis zum Eintreten der Schwangerschaft auf Sex verzichten, auf Rauchen, Trinken, andere Drogen? Wird sie, wie im Vertrag vereinbart, zur Pränataluntersuchung gehen? Wird sie ein gesundes Kind zur Welt bringen und es dann auch hergeben? Der Anwalt hält den Ängsten der Kunden seine Erfolgsrate entgegen, lenkt deren Aufmerksamkeit auf die 253 roten Herzen.

Dann zieht „Onkel Noel“, wie sich der verheiratete Vater zweier konventionell gezeugter Söhne auch nennen läßt, Bilanz: „Gestern haben wir das 255. Kind geboren. Dazu kommen 42 Schwangerschaften, 200 weitere haben wir in Arbeit.“ Der nette Onkel aus Dearborn hat jeden seiner Fälle im Gedächtnis – gespeichert unter dem Namen des Zahlenden: „Was ist mit den Fitters?“ fragt er seine Sekretärin, als erwartete er den täglichen Geschäftsbericht. „Die müßten doch längst soweit sein.“

Susan Fitter, die Psychologie studiert hat, weiß nicht, wie weit sie ist. Deshalb ist sie zu Julie Boldrey gefahren. Draußen vor dem Trailer spielt ihr Mann mit den beiden Boldrey-Söhnen im Schnee. Drinnen ertasten Susans Fitters Hände ihre Kin-

der im Bauch der anderen. Sie redet mit ihnen, weil sie gelesen hat, daß Kinder schon vor der Geburt hören und sich auf Stimmen einstellen können. „Hey, girls, worauf wartet ihr noch.“

Die beiden Frauen bleiben souverän in dieser Situation, für die es keine Regeln gibt, nur Instinkte. „Ich bin froh, wenn es vorbei ist“, sagt Julie Boldrey einmal. „Zu viele Menschen haben Kontrolle über meinen Körper.“ Aber statt zu klagen betont sie, wie gern sie Susan Fitter „hilft“.

Freilich hilft die Friseurin auch sich selbst – für das Häuschen in Florida, von dem die Boldreys träumen.

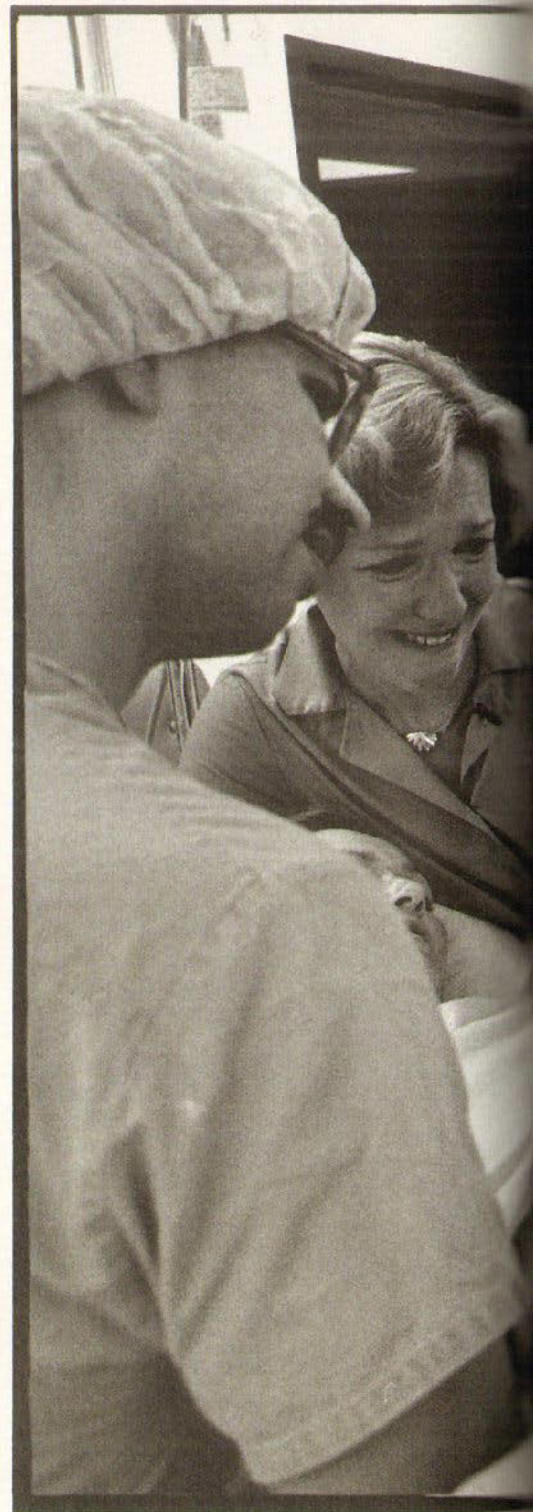
Nie würde er zulassen, daß seine Frau ihre Eizelle hergibt

„Paar, das keine Kinder haben kann, zahlt 10000 Dollar Gebühr und alle Auslagen an die Frau, die ihr Kind austrägt“, heißt es in den Anzeigen, die Noel Keane regelmäßig in Lokalzeitungen drucken läßt.

Mittellosigkeit ist keineswegs der einzige Beweggrund für Leihmutter-schaft. Nicht selten wollen Frauen, so vermuten Psychologen, Wiedergutmachung leisten für eine frühere Abtreibung. Julie Boldrey hingegen hat das Schicksal ihrer Familie in die Hand genommen, um das sich ihr Mann Cedric kaum kümmern konnte, der, von Beruf Maschinenschlosser, damals nur stundenweise als Hausmeister arbeitete.

Cedric ist einer, der alles ruhig hinnimmt. Aber auch für ihn gibt es Grenzen. Daß seine Frau per Vertrag ein Kind für andere austrägt und sogar das Risiko zu sterben auf sich nimmt, hat er ebenso akzeptiert wie die monatelange sexuelle Abstinenz. Niemals aber würde er zulassen, daß sie sich mit dem Samen eines anderen Mannes schwängern ließe.

Weil auch Mrs. Boldrey ahnte, daß sie sich von einem „eigenen“ Kind nur schwer würde trennen können, haben sie damals „IVF only“ auf das Antragsformular geschrieben: Sie





ENDE EINER DIENSTLEISTUNG

Freudig und nahezu
fassungslos begrüßen die
Eltern ihr Baby. Die Leihmutter
hat mit der Geburt ihren
Auftrag erfüllt – und sich
10 000 Dollar verdient



DIE FRÜCHTE FREMDEN LEIBES

Kinder zweier Mütter:
Stephanie und Alexandra Fitter
sind die ersten Zwillinge,
die eine »Ersatzbrüterin« nach
einer In-vitro-Fertilisation
ausgetragen hat



wollte sich nur Embryonen aus einer In-vitro-Fertilisation (IVF) einpflanzen lassen, bei der Samen- und Eizelle eines anderen Elternpaares vereinigt wurden.

Die Fitters wußten, daß sie auf natürlichem Weg keine Kinder bekommen konnten: Susan war 1979 wegen Krebsverdachts an der Gebärmutter operiert worden. Die beiden dachten an Adoption. Doch neugeborene gesunde Weiße sind kaum zu haben, seit die USA in den siebziger Jahren ihre Abtreibungsgesetze liberalisiert haben.

Da hörte das Ehepaar vom ersten IVF-Kind, das eine Leihmutter ausgetragen hatte. Weil Susan Fitters Eierstöcke noch gesunde Eizellen produzierten, beschlossen die beiden, den gleichen Weg zu versuchen. Über Noel Keane und dessen „IVF only“-Akte fanden sie Alice aus Detroit. Stephen, Chefarzt in Oklahoma, wußte vom guten Ruf eines Kollegen in Ohio. Gemäß dem Motto „Was zählt, ist die Erfolgsquote“ trafen sich die beiden Frauen in der Klinik des Kollegen in Cleveland.

Dreimal, so erinnert sich Susan Fitter, brachte sie die „Hormon-Tortur“ hinter sich, ihren Zyklus mit dem natürlichen Zyklus von Alice zu synchronisieren. Anschließend „ernteten“ die Ärzte ihre Eizellen, befruchteten sie mit dem Samen ihres Mannes und transferierten die erzeugten Embryonen in Alices Gebärmutter.

Nach zwei Abgängen wurde die junge Frau, die auf 250 Dollar Honorar pro IVF-Versuch verzichtete, schwanger. In der zehnten Woche diagnostizierten die Ärzte jedoch eine Eileiterschwangerschaft. Die verhinderte Leihmutter mußte unters Messer. Susan Fitter: „Alice hat ihren Eileiter für uns verloren.“

Die Fitters machten weiter. „Wie gut, daß wir so stur geblieben sind“, sagt Susan heute. Im Grunde blieb vor allem ihr Mann stur. Sie war mehr als einmal bereit aufzugeben. Doch er „ermutigte“ sie weiterzumachen.

„Das alles überragende Prinzip“, schreibt Gena Corea, „ist der

Wunsch des Mannes, eigene Nachkommen in die Welt zu setzen.“ Aus Angst, verlassen zu werden, akzeptierte so manche Frau, daß ihr Mann eine andere künstlich befruchtete, eine „unechte Leihmutter“.

Bisweilen stellt sich später heraus, daß die „Unfruchtbarkeit“ der eigenen Frau nicht körperliche, sondern psychische Ursachen gehabt hat. Noel Keane kennt Paare, die jahrelang kein Kind bekommen haben und dann in kurzem Abstand zwei: eins von der Leihmutter und eins auf natürlichem Weg.

Der Adlige aus Österreich „arbeitet“ gerade am vierten Kind

In seiner Kanzlei lernten die Fitters zufällig Julie Boldrey kennen, die spätere „echte“ Leihmutter. Gleich der erste Versuch gelang: Zwei der drei in Cleveland eingepflanzten Keime wuchsen zu den Fitter-Zwillingen heran.

Noel Keane, der auch schon alleinstehenden Männern Nachwuchs verschafft hat, entscheidet „von Fall zu Fall“. Zur Zeit betreut er auch einen österreichischen Adligen, der offenbar versehentlich mit einer unfruchtbaren Dame verheiratet ist: Der Herr hat sich vorgenommen, sechs Jungen in die Welt zu setzen. Drei Kinder hat er bereits per Leihmutter gezeugt, am vierten „arbeitet“ er gerade.

In einem der tristen Behandlungsräume des Gynäkologen Ronald Zack, 20 Kilometer außerhalb von Detroit, masturbiert der Österreicher in einen Becher. Dafür ist er eigens aus Europa eingeflogen, schon zum zweitenmal für den gleichen Buben: Mit frischem Samen ist die Chance größer als mit eingefrorenem. Der Herr hofft, daß es diesmal klappt mit Kitty.

Die kommt eine Stunde später, legt sich auf den Behandlungsstuhl und spreizt die Beine. Durchschnittlich drei Besamungen sind für eine erfolgreiche Befruchtung nötig. Vor

der „Übertragung“ versucht Dr. Zack, in einer Zentrifuge die „weiblichen“ Spermien abzutrennen, damit es auch ein Junge wird.

„War es das schon?“ fragt Kitty, als der Arzt den dünnen Schlauch aus ihrer Scheide zieht. „Ja“, antwortet Zack, „heute hattest du einen Quicky.“ Der Österreicher ist schon wieder auf dem Weg nach Europa. Heute hat Kitty den Mann nicht einmal gesehen, dessen Samenzellen jetzt in ihren Bauch wandern.

Der Anwalt glaubt, niemand könne „die Sache“ aufhalten

Kitty, eine 19jährige mit zerrissenen Stiefeln, erklärt: „Ich mache das für Lisa.“ Ihr eigenes Baby ist dabei, wenn sie von Denver, Colorado, zu Doktor Zack reist. Sie arbeitet meist als Kellnerin, und 10000 Dollar sind für sie sehr viel Geld. Die Ausflüge nach Dearborn findet sie „aufregend“. Wenn alles gutgeht, wird sie auch noch Florida erleben.

Denn viele von Keanes Miracle babies haben kurz nach der Geburt noch eine Reise vor sich: Im Bundesstaat Florida ist das Adoptionsverfahren zügiger abzuwickeln als in Michigan. Außerdem ist viel weniger wahrscheinlich, daß der Richter dort die Leihmutter-Vereinbarung nicht anerkennt und den Zahl-Eltern nicht erlaubt, „ihr“ Baby zu adoptieren.

Geschickter Umgang mit Richtern und Gesetzen ist die Spezialität des Dearborner Advokaten. Seit September 1988 ist in Michigan – als erstem US-Staat – die Bezahlung und bezahlte Vermittlung von Leihmüttern unter Strafe gestellt. Keane ficht das nicht an: „Dann machen wir den Vertrag eben woanders.“ In seinem New Yorker Büro zum Beispiel, oder im nahen Kanada, gleich am anderen Ufer des Detroit River.

Bald schon, so glaubt Keane, werde niemand mehr „die Sache“ aufhalten können. „Die Bewegung“ sei mittlerweile so stark, daß sich

Leihmutterschaft als Problemlösung bei weiblicher Unfruchtbarkeit durchzusetzen beginne. Daran könnten auch die deutschen Gerichte nichts ändern, die dem US-Anwalt dessen Aktivitäten nach wenigen Monaten untersagten.

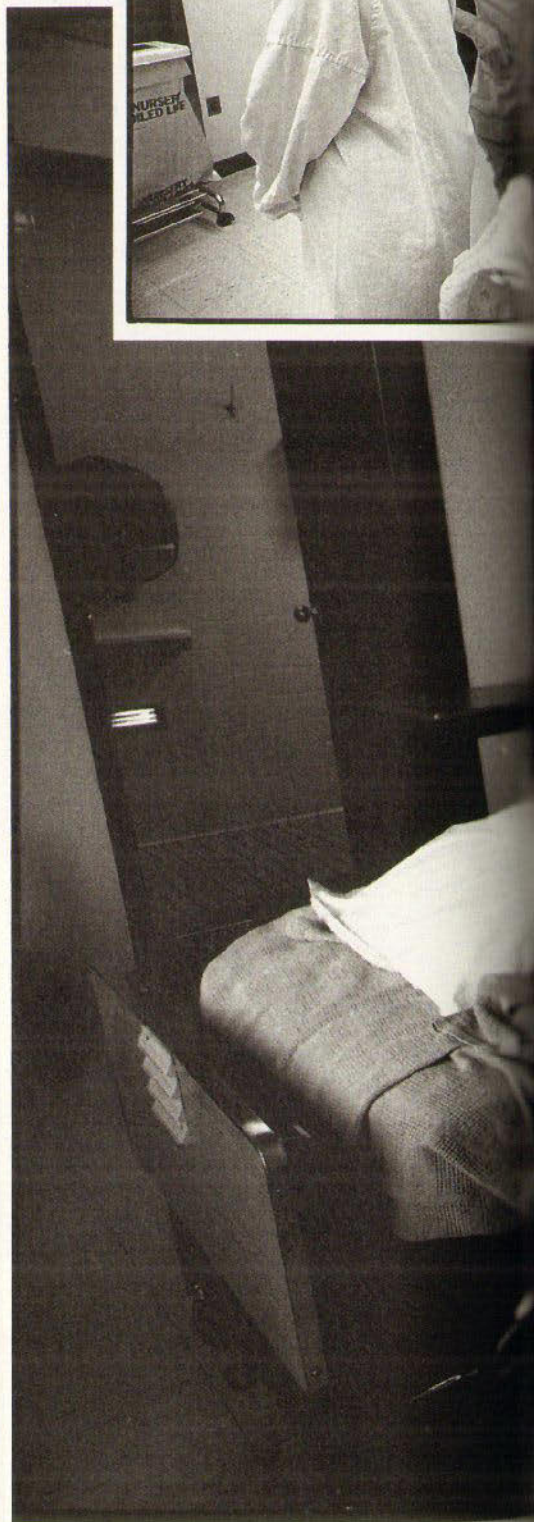
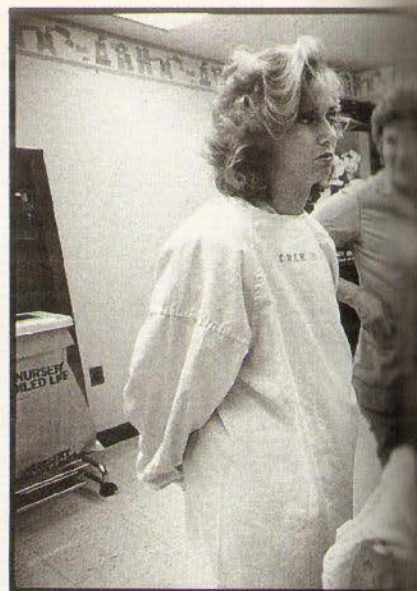
Noel Keane, mit dem 1976 die Leihmutter-Story begonnen hat, gibt sich siegesgewiß. Ein Ziel jedoch hat er noch nicht erreicht: ein Held in seiner Heimatstadt zu sein. Auf der Party zu seinem 50. Geburtstag muß er sich neben den Glückwünschen viele böse Worte anhören. Ein guter Freund etwa tritt ans Mikrofon und bezeichnet ihn vor mehr als 400 Gästen scherzhaft als das „größte Arschloch der Welt“.

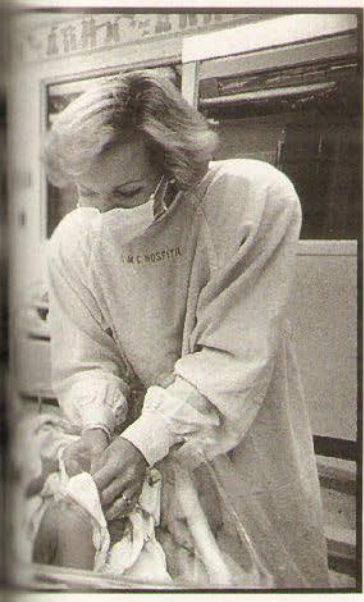
Wenige Tage später werden Stephanie und Alexandra Fitter im Central Michigan Community Hospital von Mount Pleasant geboren. Diese laut Keane ersten Zwillinge einer Leihmutter nach In-vitro-Fertilisation und Embryotransfer nennt der Anwalt „historisch“. Der Mann denkt offenbar weiter: Würde IVF zur Routinetechnik, dann ließe sich sein Kundenkreis erheblich ausweiten. Dann könnten, so fürchten Kritiker/innen, auch fruchtbare Frauen die Fortpflanzungsorgane einer anderen mieten. Vielleicht in der dritten Welt, wo sie viel billiger zu haben wären.

All das kann die Freude Stephen Fitters freilich nicht trüben. Traditionsgemäß zerschneidet der biologische Vater die Nabelschnüre und trennt die Neugeborenen, die seinen Namen tragen, vom Leib der anderen. Julie Boldrey, die noch in derselben Nacht die Ähnlichkeit der Zwillinge mit den Fitter-Eltern hervorhebt, weint beim Abschied zum erstenmal und sagt: „Nine months for me, but it will be forever.“

Die Leihmutter, die kurz darauf einen Scheck über 10000 Dollar erhält, wünscht sich noch ein – eigenes – Mädchen. □

Die amerikanische Fotografin Lynn Johnson, 45, und Jürgen Nefke, 41, warteten mit den beiden Elternpaaren auf die Geburt der Zwillinge. Selten, sagt Lynn Johnson, sei ihr die Arbeit so nahegegangen.





Eine Umarmung und dann adieu: Die biologische Mutter nimmt ihre Kinder in Empfang, der Leihmutter bleibt der Schmerz der Trennung

ABSCHIED NACH ABMACHUNG



WENN KEIN KINDE KOMMT

Schätzungsweise jedes siebte bis zehnte Paar »im fortpflanzungsfähigen Alter« bleibt ungewollt kinderlos. Fachleute sprechen von Sterilität, wenn nach ein bis zwei Jahren regelmäßigen und ungeschützten Geschlechtsverkehrs keine Schwangerschaft eingetreten ist. In den letzten Jahrzehnten hat die ungewollte Kinderlosigkeit zugenommen. Einige Untersuchungen weisen auf eine Minderung der Samenqualität hin. Vor allem aber hat sich der Zeitpunkt verschieben, zu dem sich die Partner ihr erstes Kind wünschen. Er liegt heute oft jenseits des Alters, das für die Fortpflanzung besonders günstig ist.

Viele Paare akzeptieren ihre Kinderlosigkeit als Schicksal. Andere wollen etwas dagegen unternehmen. Die Kinderwunsch-Behandlung verschafft ihnen eine Chance. Die folgende Zusammenstellung faßt die möglichen Behandlungsschritte zusammen. Unberücksichtigt bleiben Ei- und Samenspenden Dritter sowie die Leihmutter-Schwangerschaft.

Kinderwunsch-Sprechstunde

Erster Ansprechpartner ist meist der Frauenarzt oder die -ärztin. Viele Kliniken und Praxen bieten Sterilitätssprechstunden an, wobei Gynäkologen, Psychosomatiker, Psychologen und Hormon-Experten für Beratung und Untersuchung zur Verfügung stehen. Im ersten Gespräch gibt jedes Paar Auskunft über

Wie stark ist er bei welchem Partner? Warum kommt das Paar jetzt zum Arzt? Welche Erwartungen werden in das Kind gesetzt? Belastet die Sterilität die Partner? Stehen beide unter Erfolgsdruck, der das Entstehen einer Schwangerschaft unmöglich verhindert?

Die Suche nach organischen Ursachen kann erst nach diesem Gespräch beginnen. Dabei und bei

der späteren Behandlung gelten zwei wichtige Prinzipien:

1. Sowohl die Frau wie der Mann müssen sich untersuchen lassen und aktiv mitarbeiten.
2. Alle einfachen Methoden, die nicht in den Körper eingreifen, müssen ausgeschöpft sein, bevor belastende Verfahren angewendet werden dürfen.

Statistische Verteilung der Sterilitätsursachen

20-30 Prozent bei Mann und Frau

40 Prozent bei der Frau

Allgemeine Ratschläge

Weitere Gespräche mit Psychosomatikern oder Psychologen; eventuell Gruppentherapie, Entspannungsübungen oder Urlaub; Änderung der Lebensweise: Suchtmittel absetzen, Stress vermeiden, Über- oder Untergewicht vermindern.

Hoden und Penis

Ist die Samenproduktion durch zu hohe Körpertemperatur eingeschränkt? Ist Verkehr möglich?

Untersuchung beim Facharzt für Andrologie oder Urologie auf 1. alle Infektionen wie Mumps; 2. Krampfadern im Hodensack, Hodenhochstand oder Gleithoden (kann die Temperatur erhöhen); 3. krankhafte Penisveränderungen, die keinen Geschlechtsverkehr zulassen.

Therapie: Operationen, z.B. um den Penis zu korrigieren, wenn Spermien gewonnen werden können. Insemination

Insemination (Samenübertragung)

Aufbereitete Spermien werden zum Zeitpunkt des Eisprungs mit einem

Geschlechtsverkehr nach Zeitplan

an den fruchtbarsten Tagen im Monatszyklus, zu ermitteln durch Temperaturmessung und Kontrolle des Zervix-Schleims.

Eierstöcke

Läuft der Zyklus normal ab? Werden Eizellen reif? Kommt es zum Eisprung? Läßt der hormonelle Verlauf des Zyklus eine Schwangerschaft zu?

Untersuchungsmethoden: 1. Messen der Aufwärmtemperatur über zwei bis drei Monate; 2. Hormonanalysen in Blut und Urin; 3. Prüfung einer Gewebeprobe aus der Gebärmutterhöhle; 4. Ultraschalluntersuchung, um z.B. Geschwülste oder andere Erkrankungen festzustellen.

Therapie: gezielte Hormonbehandlung und Ultraschallkontrolle der Eiblastenreifung, zusammen mit Ge-

Spermien

Die Spermienanalyse umfaßt: **1.** Eindringfähigkeit in den Schleim des Gebärmuttermundes und in die Eizelle; **2.** Test auf Infektionen; **3.** Spermogramm: Dabei werden Samenflüssigkeiten unter dem Mikroskop auf Anzahl, Form und Beweglichkeit geprüft.

Mögliche Diagnosen: **1.** Fertilitätsstörung (Subfertilität: Eine Zeugung ist noch möglich, aber sehr unwahrscheinlich). **2.** Keine Samenflüssigkeiten im Ejakulat (Azoospermie).

Therapie: Bei Subfertilität Behandlung mit Geschlechtshormonen, Isolierung und Aufbereitung der beweglichen Spermien für Insemination, GIFT, IVF, ICSI. Bei Azoospermie operative Gewinnung von Spermien aus Nebenhoden (MESA; mikrochirurgische epididymale Spermien-Aspiration) oder Hoden (TESE; testikuläre Spermienextraktion) für ICSI. Um mehrfache Eingriffe zu vermeiden, werden Spermien für weitere Behandlungszyklen tiefgefroren.

Kein Ergebnis

GIFT (Gamete Intrafallopian Transfer)

Aus den Eiersöcken abgesaugte Eizellen werden zusammen mit Spermien während einer Bauchspiegelung in einen der beiden Eileiter übertragen. Dort können sich die Keimzellen (Gameten) unter natürlichen Bedingungen vereinigen. Bei dieser Methode muß mindestens ein Eileiter intakt sein.

IVF mit ET (In-vitro-Fertilisation mit Embryo-Transfer)

Aus den Eiersöcken abgesaugte Eizellen werden im Reagenzglas – in vitro – mit dem Samen des Partners befruchtet. Nach zwei Tagen werden die Embryonen, meist im Vier-Zellen-Stadium, in die Gebärmutter übertragen. **Kryokonservierung:** Das deutsche Embryonenschutzgesetz erlaubt nur den Transfer von höchstens drei Embryonen. Sind bei der Punktion mehr Eizellen angefallen, können sie unmittelbar nach der Befruchtung, bevor die beiden Zellkerne verschmolzen sind, tiefgefroren und im nächsten Behandlungszyklus eingesetzt werden.

Assisted Hatching (Schlüpflhilfe): Bleibt nach zwei bis drei IVF-Zyklen eine Schwangerschaft aus ungeklärten Gründen aus, können mit einem Laser oder einer Pipette Löcher in die Eihülle – die Zona pellucida – gebohrt werden. Dies erleichtert dem Embryo das Schlüpfen aus der Hülle und die Einnistung in der Gebärmutter. Das Verfahren kommt auch bei Frauen ab 38 Jahren zum Einsatz, da deren Eizellen häufig eine verdickte Zona pellucida aufweisen.

ICSI (Intracytoplasmatische Spermieninjektion)

Ein einzelnes Spermium wird mit einer extrem feinen Pipette direkt in das Innere der Eizelle injiziert. Wie bei der klassischen IVF werden die Embryonen nach zwei Tagen in der Gebärmutter deponiert.

Ungeklärte Sterilität

Bei knapp einem Drittel der Paare lassen sich weder organische noch psychische Sterilitätsursachen nachweisen. Bei dieser »idiopathischen« oder »funktionellen« Sterilität blockieren wahrscheinlich seelische Konflikte unbestimmbar, für eine Schwangerschaft notwendige Körperfunktionen. Bei solcher Diagnose raten Fachleute zu weiteren psychologischen Gesprächen oder dazu, sich den Kinderwunsch nochmals zu überlegen. **Mögliche Entscheidungen:** keine weitere Therapie oder medizinisch unterstützte Zeugung.

Gebärmuttermund

Verflüssigt sich der Schleimpfropf rechtzeitig? Erreichen nach einem Geschlechtsverkehr bewegliche Samen den Gebärmutterhalskanal? Liegt eine Infektion oder eine Abwehrreaktion gegen Spermien vor (immunologische Sterilität)?

Untersuchungsmethoden: Abstrich aus dem Gebärmutterhalskanal und Untersuchung des Schleims auf Durchlässigkeit; **2.** Infektionen; **3.** Antikörper.

Therapie: Behandlung mit Hormonen oder Antibiotika, bei immunologischer Sterilität eventuell Insemination oder IVF.

Gebärmutter

Sind Wucherungen vorhanden oder hat die Gebärmutter eine anormale Form? Verhindert Gebärmuttergewebe außerhalb der Gebärmutter (Endometriose) eine Schwangerschaft?

Untersuchungsmethoden: **1.** gynäkologische Tastuntersuchung; **2.** Ultraschall; **3.** Betrachtung der Gebärmutter durch den Muttermund (Hysteroskopie); **4.** Bauchspiegelung (Pelviskopie).

Therapie: Operationen z. B. der Wucherungen, Wucherungen oder Gewebeerlagerungen; eventuell Medikamente. Die beste Therapie gegen Endometriose ist paradoxerweise eine Schwangerschaft.

Eileiter

Sind sie durchgängig? Liegen Entzündungen, Wucherungen, Vernarbungen vor?

Untersuchungsmethoden: **1.** Krankengeschichte; **2.** Eileiter mit Gas durchblösen (Gasperubation); **3.** Röntgenaufnahme nach Füllung von Eileiter und Gebärmutter mit Kontrastmittel (Histerosalpingographie); **4.** Ultraschalluntersuchung mit Kontrastmittel; **5.** Bauchspiegelung.

Mögliche Diagnosen: **1.** Ein oder beide Eileiter sind verschlossen, aber nicht durch Entzündungen in ihrer Funktion gestört.

Therapie: Die verschlossene Stelle wird herausgeschnitten, der Eileiter wieder zusammengeführt.

2. Irreparabel verschlossene und funktionsunfähige Eileiter auf beiden Seiten. **Therapie:** IVF mit ET.

Kein Ergebnis

ABTREIBUNG

DER MEDIZINJOURNALIST PETER KORN HAT EIN JAHR LANG IN EINER AMERIKANISCHEN KLINIK RECHERCHIERT, DIE SCHWANGERSCHAFTEN GEWERBSMÄSSIG ABBRICHT UND DESHALB ZIELSCHEIBE FANATISCHER ABTREIBUNGSGEGNER IST. UND ER PROTOKOLLIERTE MINUZIÖS GESPRÄCHE ZWISCHEN MÄDCHEN UND FRAUEN IN NOT, MÜTTERN, VÄTERN, FREUNDEN UND KLINIKPERSONAL SOWIE MIT RADIKALEN »ANWÄLTEN DES LEBENS«

»HINTERHER IST KEINE FRAU MEHR DIESELBE«



Das Wartezimmer sieht aus wie der Vorraum zu irgendeiner Praxis in irgendeiner Stadt der USA. Auf den Stühlen purpurfarbene Kissen, an der Wand ein Ölgemälde mit Landschaftsmotiv, in der Mitte eine Vase mit frischen Gladiolen. Wie in vielen anderen Praxen auch ist der Empfangstresen mit einer Glasscheibe abgetrennt. Nur ist diese schußsicher. Denn das Wartezimmer gehört zum Lovejoy Surgicenter, kurz Lovejoy, einer der größten und umstrittensten Abtreibungskliniken in den USA.

Seit der Eröffnung 1974 ist das Zentrum an der Ecke Lovejoy Street und 25th Street in Portland, Oregon, Zielscheibe militanten Protestes. Abtreibungsgegner haben hier schon Sitzblockaden inszeniert, Ärzte und Schwestern mit der Waffe bedroht und versucht, das zweistöckige Gebäude in Brand zu setzen.

Oregon ist in Sachen Abtreibung ein besonderes Terrain. Einerseits leben hier Drahtzieher der radikalen Organisation „Anwälte des Lebens“ und läuft hier seit 20 Jahren eine der fanatischsten Anti-Abtreibungs-Kampagnen der USA.

Andererseits zählen Oregons Abtreibungsgesetze zu den liberalsten in den Vereinigten Staaten. Die sonst oft übliche Wartezeit nach Aufsuchen eines Arztes bis zum Abbruch einer Schwangerschaft ist hier nicht obligatorisch. Keine Vorschrift fordert eine suggestive „Beratung“, die Frauen zum Beispiel mit Bildern von



Als das Gespräch stockt, springt Carye Ortman ein, die Leiterin der Beratungsabteilung, die zunächst stumm in der Ecke gesessen hat. Sie löst die Zunge der



Ich habe viel darüber nachgedacht“, sagt sie, „ich glaube, ich kann es überhaupt nicht lieben.“ Es gebe keine leichte Wahl, keine einfache Lösung, erklärt Carye Ortmann. Sie teile die wichtigsten Bedenken der Schwangeren, die um ihre eigene Gesundheit, Peggy O.s Gewicht, ihre Herzprobleme und der Verlaufs der ersten Schwangerschaft ließen eine sehr schwierige Geburt befürchten, womöglich mit tödlichem Risiko. Carye Or-

Dann erklärt Anneke die Prozedur des Eingriffs. „Ich habe eine Frage“, unter-



Am 23. Mai 1997 wird auf das Lovejoy Surgicenter in Portland, Oregon, ein Brandanschlag verübt. Nicht nur die Klinikleiterin Allene Klass (rechts mit einem Kollegen) verdächtigt militante Abtreibungsgegner als Täter



bricht Peggy O., „kann ich meine Meinung jederzeit ändern?“ „Absolut“, erwidert Anneke. Und Carye Ortman fügt hinzu: „Der einzige Zeitpunkt, von dem an Sie Ihre Meinung nicht mehr ändern können, ist, wenn die Instrumente in Ihrem Körper sind.“

„Stimmt es, daß mit sechs Wochen sein Herz schlägt?“ fragt die Schwangere plötzlich. Niemand wisse sicher, wann das Herz eines Fetus zu schlagen beginne, entgegnet Ortman. „Diese Schwangerschaft und Sie sind eins.“ Bis zur 24. Woche könne das Kind nur im mütterlichen Körper überleben.

Wenn man etwas tut, muß man es in bester Absicht tun“, erklärt die Beraterin, „es wird später immer Zeiten geben, da werden Sie sagen: ‚Warum bloß hab’ ich das getan?‘“ Ortman möchte das Gespräch beenden. Die Schwangere aber ist verwirrt und offensichtlich unfähig, bei einem Thema zu bleiben. Jeden Zweifel, den die Beraterin glaubt ausgeräumt zu haben, bringt Peggy

O. kurz darauf erneut zur Sprache. Schließlich sinniert die junge Frau: „Ich weiß nicht, ob ich schon so weit bin, aber ich weiß, ich muß es tun.“ Carye Ortman interpretiert das als Entscheidung für eine Abtreibung. Es wird ein Termin für die Operation am Freitag vereinbart.

Wenige Minuten später auf dem Flur gehen die beiden Beraterinnen die Unterredung noch einmal durch. „Sie möchte jemanden haben, der ihr sagt, es ist okay“, meint Carye Ortman. „Das aber werde ich nicht tun, ich kann ihr nur sagen, ‚Sie können das machen, und es wird ein Teil von Ihnen sein.‘“

Nie bietet die Chef-Beraterin von sich aus das an, was die meisten Frauen wünschen – die Schwangerschaft zu beenden, damit sie so weiterleben können wie früher. Sie wird ihnen vielmehr klarzumachen suchen, daß es das alte Leben nicht mehr gebe und ein neues bevorstehe: Treibt ab oder tragt das Kind aus und zieht es groß, oder bringt es zur Welt und gibt es zur Adoption frei. Gleich, wie ihr

euch entscheidet, seid darauf gefaßt, hinterher nicht mehr dieselbe Frau zu sein.

Freitag, 31. März: Kurz nach der Mittagszeit erscheint Peggy O. pünktlich zum vereinbarten Termin in der Klinik. Eine Freundin begleitet sie. Nach der Blutabnahme werden die beiden in den zweiten Stock geschickt, auf die OP-Etage: ein weiterer Anmeldetresen, eine weitere Aufnahme-prozedur. Die Schwangere schluckt schwer, schreibt ihren Namen auf das Formular und lacht nervös. Im Warteraum sitzen ihr zwei Frauen gegenüber. Nach einiger Zeit ruft eine medizinisch-technische Assistentin Peggy O. auf. Zu deren Freundin gewandt, sagt sie: „Bitte warten Sie hier. Peggy wird in einer Stunde zurück sein.“ Und mit einem Blick auf die Patientin fügt sie hinzu: „Oder früher.“ Peggy O.s Angst ist unübersehbar.

Vielleicht möchten Sie noch einmal mit einer Beraterin sprechen?“ öffnet die Assistentin der Schwangeren einen Ausweg. Aber Peggy O. holt tief Luft, als ob sie einen Ballon aufblasen wollte, seufzt und geht mit der Assistentin durch die Doppeltür in den OP-Bereich. Nach einer Viertelstunde kommen die beiden zurück, Peggy O. weinend und rotgesichtig. Hinter der Doppeltür, im Flur zur Operationsvorbereitung, hat sie durch eine offene Tür eine andere Patientin gesehen, und deren erschrecktes Gesicht hat bei ihr eine Flut von Gefühlen ausgelöst.

20 Minuten später führt Carye Ortman die junge Frau und deren Freundin in ihr Büro. Sie fragt die Schwangere, was sie am meisten fürchte: die Prozedur selbst oder den Gedanken, daß eine Abtreibung verwerflich sei. Es ist ein Zeichen des Gefühlschaos in Peggy O., daß selbst die erfahrene Carye Ortman die Antwort darauf nicht findet. Die Schwangere kichert nervös. Sie spricht über ihre Angst vor Ärzten, über ihre Herzoperation als Kind. Aber sie sagt nichts, was der Beraterin helfen könnte, ihr zu helfen.

Carye Ortman erwähnt die Möglichkeit einer Vollnarkose, die normalerweise für Abbrüche nach der zwölften Woche reserviert ist. Bewußtlosigkeit könnte eine Chance für Peggy O. sein, die Abtreibung ohne Psychodrama zu überstehen. Carye Ortman schlägt eine solche Operation für den folgenden Donnerstag vor. Peggy O. scheint damit einverstanden zu sein. Aber ihre Freundin beginnt am Mittwoch einen neuen Job und könnte sie dann nicht begleiten. Offenbar hat Peggy O. sonst niemanden, auf den sie zählen kann. Ihrer

DER KAMPF UM DEN ABBRUCH

Das geltende Abtreibungsgesetz ist ein für viele ärgerlicher Kompromiß

Das vorläufig letzte Kapitel in der Geschichte des Abtreibungsrechts in Deutschland hat am 1. Oktober 1995 begonnen. Die Neufassung des § 218 war als Folge der Wiedervereinigung notwendig geworden: In den alten Bundesländern war ein Schwangerschaftsabbruch strafbar, wenn nicht eine von drei fest umrissenen Indikationen vorlag. In der DDR konnte jede Frau innerhalb der ersten zwölf Schwangerschaftswochen selber entscheiden, ob sie abtreiben wollte.

Zwischen beiden Regelungen liegt die neue, mühsam ausgehandelte Gesamtdeutschlands. Sie schreibt eine Beratung vor, durch die sich das ungeborene Leben nach Auffassung des Gesetzgebers effektiver schützen lasse als durch Strafandrohung. Eine Abtreibung ist zwar auch nach der Revision des Paragraphen 218 gesetzwidrig. Die Schwangere und der Arzt bleiben jedoch straffrei, wenn die Frau nachweisen kann, daß sie sich mindestens drei Tage vor dem Eingriff durch eine anerkannte Institution hat beraten lassen und wenn seit der Empfängnis nicht mehr als zwölf Wochen vergangen sind. Die Beratung hat sich laut Gesetz und entsprechend dem Forderungskatalog des Bundesverfassungsgerichts „von dem Bemühen leiten zu lassen, die Frau zur Fortsetzung der Schwangerschaft zu ermutigen und ihr Perspektiven für ein Leben mit dem Kind zu eröffnen“. Die Entscheidung über den Abbruch trifft aber letztlich – nach einer dann doch wieder „ergebnisoffenen“ Beratung – die Schwangere selber.

Ein Abbruch ist zudem nicht nur straffrei, sondern auch nicht rechtswidrig,

- wenn die Schwangere vergewaltigt oder sexuell genötigt worden ist. Diese sogenannte kriminologische Indikation gilt bis zur 12. Schwangerschaftswoche;

- wenn das Leben oder die körperliche und seelische Gesundheit der Frau durch die Leibesfrucht bedroht ist. Bei dieser, der sogenannten medizinischen Indikation ist die Abtreibung sogar ohne Zeitlimit zulässig.

Die embryopathische oder eugenische Indikation, die früher bei schweren Gesundheitsschäden des Fetus einen Abbruch bis zur 22. Schwangerschaftswoche erlaubte, fehlt im neuen § 218. Mit der Streichung wollte der Gesetzgeber

der Stigmatisierung von Behinderten entgegenwirken. Kritiker halten das allerdings angesichts von Fruchtwasseruntersuchung, Gen-Tests und präzisen Ultraschallgeräten für Etikettenschwindel. Stellt ein Arzt heute am Ungeborenen etwa ein Down-Syndrom fest, hat er zu entscheiden, ob er eine medizinische Indikation empfiehlt, ob also das Austragen des Kindes die Gesundheit der Mutter gefährdet.

Für Frauen hat die Neufassung des § 218 erhebliche finanzielle Folgen: Krankenkassen bezahlen einen Abbruch nur bei medizinischer und kriminologischer Indikation. Bei einem Eingriff nach der Beratungsregelung – 1996 etwa 96 Prozent der 130 000 Abtreibungen –, muß die Schwangere die Kosten selber tragen, ausgenommen bei nachgewiesener Bedürftigkeit.

Auch wenn die Parteien in Bonn den Gesetzeskompromiß einhellig begrüßten, so kehrte doch keine Ruhe ein. 1996 etwa beschloß der bayerische Landtag Zusatzregeln. Danach erhalten Frauen den Beratungsnachweis nur, wenn sie ihre Gründe für den Abbruch dargelegt haben. Diese Forderung nennt etwa die Organisation „Pro Familia“ einen krassen Verstoß gegen die Grundregeln wissenschaftlich begründeter Beratung. Außerdem sollen Frauenärzte in Bayern künftig nicht mehr als 25 Prozent ihrer Einnahmen mit Abtreibungen erzielen dürfen. Im Juni 1997 hat das Bundesverfassungsgericht in Karlsruhe diese Regelung im Eilverfahren gestoppt – weil sie womöglich eine flächendeckende Versorgung für abtreibungswillige Frauen in Bayern verhindere.

Ob das bayerische Ergänzungsgesetz insgesamt überhaupt mit der deutschen Verfassung vereinbar ist, werden die Karlsruher Richter allerdings erst in einigen Monaten entscheiden. Ebenso ist durchaus offen, ob die Abbruch-Statistik sie zu neuerlichen Forderungen an den Gesetzgeber veranlassen wird. Denn das Verfassungsgericht hat an das Abtreibungsgesetz

die Erwartung geknüpft, es müsse grundsätzlich dem „Schutz des Lebens“ dienen. Daß es allerdings den deutschen katholischen Bischöfen nach der Ermahnung aus Rom gelingen wird, substantielle Änderungen des Gesetzes in ihrem Sinne zu erreichen – also die Abschaffung der Beratungs-Bescheinigung –, erscheint eher unwahrscheinlich.



Zuständig für Abtreibung: Erster Senat des Bundesverfassungsgerichts

Familie hat sie ihren Zustand verheimlicht. Ihre Mutter ist überzeugte Katholikin und lehnt Abtreibungen strikt ab. So wird denn ein Termin bereits für den nächsten Tag vereinbart, den Samstag. Peggy O. wird die erste Patientin sein, damit sie die Klinik erreichen kann, bevor die Demonstranten wie jeden Samstag aufziehen.

Samstag, 1. April: Peggy O. hat den Termin abgesagt. Während der nächsten drei Tage versucht Carye Ortman die junge Frau anzurufen – vergebens. Erst am Donnerstag meldet sich Peggy O. telefonisch und vereinbart einen neuen Termin für den folgenden Samstagmorgen.

Samstag, 8. April: Peggy O. ist sich nun sicher, was sie will. Sie hat ihrer Familie erzählt, daß sie schwanger ist und abtreiben möchte. Ihre Mutter hat sie davon abzubringen versucht. Aber Trudy, ihre künftige Schwägerin, hat sie unterstützt. Sie hat sich auch Peggys angenommen und begleitet sie heute. Irgendwie hat sie es auch geschafft, den Vater des Ungeborenen, zum Mitkommen zu nötigen.

Wie geplant, ist Peggy die erste Patientin des Tages. Ohne nervenfressendes Warten führt eine Assistentin die Schwangere nach hinten, um die Narkose vorzubereiten. Eine Stunde später begleitet eine Helferin Peggy O. durch die Hintertür zu Trudys Auto. Die Operation ist reibungslos verlaufen.

Freitag, 12. Mai: Vor dem Lovejoy Surgicenter finden sich zwei Demonstranten mit Plakaten ein. Mindestens einer der beiden ist längst eine Institution. Jedermann sagt „Doc“ zu ihm, und nach seinem Namen gefragt, nennt er sich auch selber so. „Doc“ ist 89 Jahre alt. Auf einem Klappstuhl sitzt er seit sieben Jahren an dieser Ecke, fünf Tage die Woche. Samstags und sonntags nimmt er sich frei.

„Doc“ ist hier der ständige Gesandte der „Anwälte des Lebens“. Er wohnt im Haus der Organisation, die ihm auch die Plakate stellt. Manchmal scheint er auf seinem Stuhl zu schlafen, aber nie wackelt die Protesttafel, auf der in schwarzen Lettern steht: Stoppt den Mord – Stoppt Abtreibungen – Rettet die Kinder – Adoption.

Siebenmal ist „Doc“ verhaftet worden. Vor fünf Jahren verbrachte er einen Monat im Gefängnis. Die genaue Höhe seiner Schulden infolge verlorener Prozesse kennt er nicht. Er hat ohnehin kein Geld, sie zu bezahlen.

Obwohl Mitglied der radikalen „Anwälte des Lebens“, beurteilt „Doc“ Atten-

tate auf Ärzte eher skeptisch: Diese Strategie schade der Sache der Abtreibungsgegner, lasse die Guten als die Bösen erscheinen. Auf die moralische Legitimation von Gewalt angesprochen, sagt er jedoch schlicht: „Es mag gerechtfertigt sein, ich weiß es nicht.“

Normalerweise sitzt der alte Mann stumm auf Wache. Tagelang spricht er mit niemandem. Gefragt, was ihn immer wieder hierher treibe, überlegt er eine Weile und erzählt dann, vor etwa einem Jahr sei eine Frau mit einem Kind zu ihm gekommen und habe gesagt: „Wollen Sie das Baby sehen, das Sie gerettet haben?“

Freitag, 30. Juni: Allene Klass, die Leiterin des Lovejoy Surgicenter, sitzt gelassen hinter ihrem Schreibtisch. Das Geschäftsjahr ist zu Ende. Der Zeitpunkt ist gekommen, an dem sie ihre Qualitäten als Managerin bilanzieren kann.

Die Zahlen sehen gut aus. In der Klinik wurden etwa 4000 Abtreibungen vorgenommen, nahezu 200 mehr als im Jahr zuvor. 180 davon waren Abtreibungen während der ersten drei Monate einer Schwangerschaft, sogenannte „tab locals“.

Die „tab locals“ sind der am härtesten umkämpfte Markt, weil mittlerweile alle Abtreibungskliniken diese einfacheren Operationen anbieten. Tab locals sind zudem der Schlüssel zum Profit. Abtreibungen nach dem dritten Schwangerschaftsmonat erfordern mehr Ausrüstung, eine Vollnarkose und einen Anästhesisten. Die Patientin hat gewöhnlich nur einmal Kontakt mit einem Arzt, eine Patientin in späteren Schwangerschaftsmonaten sieht ihn meist viermal. Und jede Extra-Minute, die der Mediziner einer Frau widmet, schmälert den Gewinn für Lovejoy.

Freitag, 18. August: Die Klinik-Angestellte Ginger trifft um 5.45 Uhr als erste Mitarbeiterin ein. Sie hat Frühdienst, muß das Gebäude aufschließen und die Patienten-Aufnahme vorbereiten. Aber ihr Schlüssel paßt nicht ins Schloß des Haupteingangs. Zunächst vermutet sie, jemand habe die Zylinder austauschen lassen und vergessen, sie davon zu unterrichten. Doch bei genauerer Betrachtung erkennt sie die Ur-

sache – Sabotage. Jemand hat Sekundenkleber in das Schloß gespritzt. Eine Prüfung der anderen Eingänge zeigt, daß der Saboteur gründlich gearbeitet hat: Alle Türen sind verklebt.

Von der nächsten Telefonzelle aus ruft Frühdienstlerin Ginger ihre Kollegin Carye Ortman an. Diese informiert den Hausmeister. Als beide gegen 6.30 Uhr die Klinik erreichen, warten bereits die ersten Patientinnen. Der Hausmeister versucht die Tür mit dem Brecheisen zu öffnen. Die Patientinnen werden unruhig. Nach 20 Minuten stemmt der Hausmeister das Portal mit einem kräftigen Ruck auf, die Alarmanlage löst sich aus. Patientinnen und Angestellte stürmen in den Empfangsraum, jemand schaltet schnell die Alarmanlage aus.

Mittwoch, 4. Oktober: Im Wartezimmer sitzt ein grimmiger Vater, ein muskulöser Mann in Blue-Jeans, engem T-Shirt und mit schwarzer Mütze, die Sonnenbrille mit einem Bügel im Halsausschnitt.

Eine der Beraterinnen bemerkt ihn zuerst. Er hat mit seiner Frau nahe der Eingangstür Platz genommen, eine jüngere Frau sitzt einige Stühle weiter weg: Es sind Vater, Mutter und Tochter. Der Vater scheint irgend etwas zu suchen, an dem er seine Wut auslassen kann. Die Mutter zeigt keine Regung. Die Tochter, ein hübsches blondes Mädchen, wirkt zehn Jahre älter als die 16 Jahre, die sie den Unterlagen der Beraterin zufolge ist.

Die 49 Jahre alte Beraterin ist eine Exotin in der Klinik: Sie ist Mormonin, und eigentlich lehnt ihre Religionsge-

Amerikanische Abtreibungsgegner sind unermüdlich: Mit Plakaten demonstrieren sie vor Kliniken, und in Washington haben sie bei einer Demo weiße Kreuze für nie geborene Kinder aufgestellt



meinschaft Abtreibungen strikt ab. In diesem Punkt aber setzt sie sich über die strengen Glaubensregeln hinweg.

„Jessica Johnson?“ ruft die Beraterin in den Warteraum und sagt, als die Mutter ihrer Tochter folgen will, freundlich: „Ich

würde mit Jessica gern eine Minute allein sprechen.“ Jessica Johnson erzählt von sich. Sie hat eine Passion für Pferde, ist eine der besten Rodeo-Reiterinnen in Oregon und hofft, eines der wenigen Stipendien zu bekommen, die Colleges im Westen für Rodeo-Sportler ausschreiben.

„Was fühlst du, wenn du an die Abtreibung denkst? Siehst du darin den besten Weg für dich?“ fragt die Beraterin.

Die junge Frau bejaht. Sie wirkt zwar nicht völlig sicher, aber auch nicht unentschlossen. Sie berichtet von ihren Plänen für das College und meint, daß sie noch zu jung sei, ein Kind großzuziehen. Ein Baby würde verhindern, daß sie weiterhin Rodeos reiten könne. Schließlich stößt sie in einem Atemzug hervor: „Aber ich halte nichts von einer Abtreibung. Meine Mutter und ich haben in der letzten Zeit darüber gesprochen, und sie hält auch nichts davon.“ Sie sagt das ohne jene Gefühlsregung, die solche Worte normalerweise begleitet. Sie sagt es, als ob sie den letzten Punkt einer Liste abhake.

Die Beraterin holt die Mutter hinzu und schlägt vor, daß sie gemeinsam Pro und Contra einer Abtreibung auflisten. Die Mutter beginnt, fast lautlos zu weinen, und bald weint auch die Tochter. Die Beraterin weiß nicht recht weiter und entscheidet sich, die Tränen zu ignorieren. Sie holt aus ihrem Schreibtisch eine Einverständniserklärung und beginnt mit den Standardfragen. Da bricht das Mädchen in heftiges Schluchzen aus.

„Sollen wir damit heute weitermachen?

Oder brauchst du mehr Zeit zum Nachdenken?“ fragt die Beraterin. „Ich weiß nicht, was ich will“, ist die Antwort.

„Sie wissen, ich kann sie nicht zwingen, die Erklärung zu unterschreiben“, wendet sich die Beraterin an die Mutter, „sie ist alt genug, zu unterschreiben oder es zu lassen.“ Die Mutter holt Luft und entgegnet: „Es ist der Vater.“ Er habe seiner

Tochter gesagt, sie dürfe nur wieder nach Hause kommen, wenn sie abtreiben lasse.

Die Beraterin arbeitet in dieser Funktion seit zehn Monaten. Seither hat sie in drei Fällen Hilfe benötigt. Dies ist der vierte, und noch nie war sie mit

einer Situation konfrontiert, bei der die Entscheidung über den Schwangerschaftsabbruch einen solchen Familienkonflikt heraufbeschworen hat.

Deshalb übernehmen Carye Ortman und Allene Klass diesen Fall.

„Was hat dich heute hierher gebracht?“ beginnt Allene Klass. „Mein Vater hat mir gesagt, ich muß das mit mir machen lassen“, erwidert die 16jährige.

Die beiden Beraterinnen ermutigen die junge Frau, von sich zu erzählen. Abrupt unterbricht die Klinik-Leiterin sie mit einigen Fragen. Sie will dem Mädchen helfen, sich ihr künftiges Leben vorzustellen, oder besser das eine mit, das andere ohne Abtreibung. „Was wäre, wenn du das Baby bekommst und von zu Hause weggehst? Möchtest du ausziehen?“ „Ich habe keine Wahl“, antwortet die junge Frau, „weil mein Vater sagt, wenn ich das Baby bekomme, wirft er mich raus. Und wenn ich bliebe, dürfe ich meinen Freund nicht mehr treffen.“

„Was denkst du, wird deine Mutter mit deinem Vater durchmachen, wenn du dich entscheidest, die Schwangerschaft auszugetragen?“ hakt die Beraterin nach.

„Das wäre wirklich schlimm für sie.“ Und sie fährt fort: „Es ist doch nicht richtig, daß er mir sagt, was ich tun soll. Er sollte mich unterstützen, egal, wozu ich mich entscheide.“ Fast alles, was die 16jährige sagt, kreist um ihren Vater. Er hat sie zum Rodeo gebracht, er trainiert sie. Er hat sich ausgedacht, wie sie ein Stipendium erhalten kann. Über das mögliche Baby verliert sie kein Wort.

„Möchtest du denn ein Baby haben?“ insistiert die Beraterin.

„Nicht wirklich, aber ich glaube auch nicht, daß ich das hier tun kann.“

„Wenn alles einfach verschwände und du jetzt nicht mehr schwanger wärest, fändest du das gut?“

„Ja.“

„Findest du irgendeinen Grund in deinem Herzen, der es dir erlaubt, abzutreiben? Oder sollen wir nach Alternativen suchen?“

„Ja, so einen Grund gibt es. Ich will es einfach tun.“ Die Entscheidung ist gefallen.

Dann nehmen sich die beiden Beraterinnen die Eltern vor.

„Es ist sehr wichtig, daß Ihr Mann jetzt keinen unnötigen Ärger macht“, beginnt die Klinik-Leiterin, direkt an die Mutter gewandt. Diese nickt nur und beginnt zu weinen.

Dann dreht sich Allene Klass zum Vater und sagt: „Ihre Tochter tut das, weil sie Angst hat, Sie zu verlieren.“ „Aber im Gegenzug“, setzt Carye Ortman hinzu, „müssen Sie es ihr erleichtern. Eine Schwangerschaft und gleichzeitig den Freund zu verlieren, das ist zuviel auf einmal.“

„Er ist ein Strolch“, antwortet der Vater. „Überlegen Sie, wie verliebt Sie beim erstenmal waren“, sagt Carye, „wie hätten Sie sich gefühlt, wenn Ihnen jemand verboten hätte, mit Ihrer Freundin zusammenzusein? Und denken Sie zurück. Hätten Sie es für immer mit diesem Trampel ausgehalten?“

Die Eltern schauen einander an, brechen beide in Lachen aus und sagen einstimmig: „Wir haben es ausgehalten.“ „Er war mein erster Freund“, erklärt die Mutter.

„Die Abtreibung sollte jetzt über die Bühne gehen“, sagt Allene Klass, „und danach sollte alles ausgestanden sein.“

„Sie wird beweisen müssen, daß ich ihr wieder vertrauen kann“, wendet der Vater ein.

„Wie stellen Sie sich das vor?“ fragt Allene Klass gereizt. „Ihre Tochter ist 16 Jahre alt. Sie wird dafür zahlen, indem sie die Erinnerung immer wieder durchlebt. Das ist genug.“

„Sie ist ein starkes Kind“, meint der Vater.

„Sie müssen jetzt Ihren Arm um sie legen und ihr sagen, daß Sie sie lieben.“

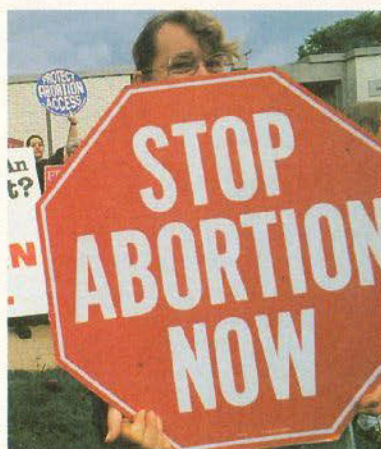
„Das habe ich ihr schon früher gesagt.“

„Aber jetzt braucht sie es am nötigsten.“

Inzwischen bespricht die junge Frau noch einmal mit ihrer ursprünglichen Beraterin die Einverständniserklärung. Wenige Minuten später nimmt sie einen Stift vom Schreibtisch und unterschreibt das Papier.

Drei Wochen später steckt in der Post eine Karte der Schülerin Jessica Johnson. „Ich danke Euch ganz herzlich“, schreibt sie, „bevor ich zu Lovejoy kam, hatte ich Angst, weil ich erst 16 bin. Aber mit Eurer Hilfe habe ich es durchgestanden.“ □

Peter Korn, zu Hause in Portland, Oregon, arbeitet seit vielen Jahren als Wissenschafts- und besonders Medizinjournalist für große amerikanische Magazine und Zeitungen. Seine Erlebnisse im Lovejoy Surgicenter hat er zu einem Buch verarbeitet.



VERHÜTUNG DAS DILEMMA MIT

Das perfekte Kontrazeptivum ist immer noch ein Wunschtraum. Bisher sind Methoden, die nur wenig oder gar nicht in die Abläufe des Körpers eingreifen, meist auch weniger sicher

Honig und Granatapfelkerne, Knospen von Akazienblättern und kleine Leinenlappchen lassen nicht unbedingt an Familienplanung denken. Den Frauen im Altertum jedoch waren sie als Bestandteile von Verhütungs-Rezepturen durchaus vertraut. Ägypterinnen bestrichen vor der Liebesnacht, wie auf einem ägyptischen Papyrus von etwa 1550 v. Chr. nachzulesen, Leinenlappchen mit Honig und zerriebenen Akazienknospen und führten sie als Pessare ein.

Griechinnen und Römerinnen rollten zerdrückte Fruchtkerne von Granatäpfeln mit weiteren Zutaten zu kleinen Kügelchen und plazierten sie vor dem Koitus in der Scheide. Da Granatapfelkerne Östrogen enthalten, könnten die Kügelchen tatsächlich gewirkt haben: Das Hormon unterdrückt bei entsprechender Dosierung den Eisprung.

Während Verhütungsmittel in der antiken Gesellschaft grundsätzlich akzeptiert wurden, formulierten die Christen einen radikalen Gegenstandspunkt: Der Kirchenvater Augustinus (354 bis 430 n. Chr.) und sein Zeitgenosse, der Kirchenlehrer Hieronymus, verdammt den Empfängnisregelung als Todsünde. Weltliche Herrscher schlossen sich dem an – häufig aus bevölkerungspolitischen Motiven.

Während Politiker, Juristen und Mediziner allmählich zu liberaleren Rechtsauffassungen gelangten, ist der Vatikan seiner Denktradition in Sachen Familienplanung prinzipiell treu geblieben. Zweieinhalb Monate nachdem die Vereinten Nationen Familienplanung zum allgemeinen Menschenrecht erklärt hatten, bekräftigte Papst Paul VI. am 25. Juli 1968 in seiner Enzyklika Humanae vitae noch einmal den kirchlichen Standpunkt. Dabei ist es bis heute geblieben.

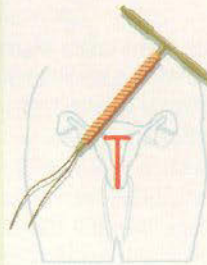
Doch selbst gläubige Katholiken ließen und lassen sich kaum noch in ihr Intimleben hineinreden: Nach einer Un-



»Pille«: Hormonkombination aus Östrogen und Gestagen; verhindert den Eisprung. Wirkstoff-Dosierung in Mini- und Mikropillen sehr niedrig. Bequem anzuwenden und sehr sicher. Nebenwirkungen



Kondom: einziges von Männern anwendbares reversibles Verhütungsmittel; verhindert, daß Spermien in die Scheide gelangen; sicher bei richtigem Gebrauch. Guter Schutz vor Geschlechtskrankheiten



»Spirale«: im Uterus plazierte Kunststoffgebilde, mit Kupfer umwickelt, das die Bewegung von Spermien und/oder Eizelle stört. Sehr sicher. Neu: Fünf-Jahr-Wirkung durch Gestagen. Nebenwirkungen



Sterilisation des Mannes: Durchtrennung der Samenleiter direkt unter der Haut des Hodensacks; einfacher Eingriff; Hormonhaushalt nicht betroffen. Sehr sicher, sobald kein Samen mehr im Prostata-Bereich



Chemische Mittel wie Vaginalzäpfchen, Creme oder Gel, vor dem Verkehr in die Scheide eingeführt, lähmen oder töten die Spermien. Nur kombiniert mit Kondom und Diaphragma zu empfehlen. Nebenwirkungen



Sterilisation der Frau: Verschluss der Eileiter durch chirurgischen Eingriff – meist unter Vollnarkose. Spermien kommen nicht mehr an Eizelle. Hormonhaushalt nicht betroffen. Sehr sicher



Minicomputer berechnen die fruchtbaren Tage nach der Aufwachttemperatur der Frau; kombinieren die Daten z. T. mit solchen des Zervix-Schleims und/oder der Hormone im Urin. Sicher bei hoher Disziplin



Diaphragma: über eine Ringfeder gespannte Latexmembran verhindert den Kontakt des Muttermunds mit dem Penis bzw. den Spermien. Ziemlich sicher mit samenabtötendem Gel. Nebenwirkungen

*Damit verhütet
Europa: acht Kontrazeptiva
auf einen Blick*

DEM SCHUTZ

tersuchung des Emnid-Instituts von 1985 nahmen katholische Frauen ebenso häufig die Pille wie evangelische. Auch für die Wahl eines Verhütungsmittels spielten nach dieser Studie sittlich-religiöse Überlegungen eine untergeordnete Rolle: Nur fünf Prozent der 1267 Befragten maßen ihnen Bedeutung zu. 85 Prozent aber erachteten es als wichtig, daß Verhütungsmittel sicher, und 64 Prozent, daß sie frei von gesundheitlichen Nebenwirkungen sind. Zu gut einem Drittel legen Frauen Wert darauf, daß die Art ihrer Familienplanung nicht in die natürlichen Abläufe im Körper eingreift.

Eine Methode ohne jegliche Nachteile gibt es nicht. Die Palette der Verhütungsmethoden hat sich zwar seit dem Gebrauch von Akazienknospen und Granatapfelkernen verbreitert, doch gerade bei den als sehr sicher eingeschätzten modernen Pillen und Spiralen sind Nebenwirkungen und Komplikationen nie völlig auszuschließen.

So kamen britische Wissenschaftler 1996 bei der Auswertung von 54 Studien mit insgesamt 150 000 Probandinnen zu dem Ergebnis, daß die Hormonpräparate das Brustkrebsrisiko leicht erhöhen: Pro 10 000 Frauen im Alter von 25 bis 29 Jahren wurden 4,7 zusätzliche Krankheitsfälle registriert. Bei jüngeren Frauen liegt die Rate der Extra-Tumoren etwas niedriger. Der Effekt verschwindet zehn Jahre nach Absetzen des Medikaments.

Für Unruhe sorgten auch Untersuchungsergebnisse, denen zufolge Pillen der dritten Generation – sie enthalten neben Östrogen als zweite Hormonkomponente Desogestrel oder Gestagen – doppelt so oft wie andere orale Kontrazeptiva Thrombosen auslösen. Das Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte schränkte deren An-

wendung deshalb ein: Ärzte dürfen diese Pillen Frauen unter 30, die sie erstmals nehmen wollen, nicht mehr verschreiben.

Bei der „natürlichen“ Familienplanung (Temperaturmessung und Körperbeobachtung), beim Diaphragma – plus chemischer Mittel – oder beim Kondom sind Nebenwirkungen zwar nahezu auszuschließen, aber Anwendungsfehler wahrscheinlicher. Und die gehen auf Kosten der Sicherheit.

Dennoch ist das Verhütungs-dilemma – die Qual der Wahl zwischen Zuverlässigkeit und Unschädlichkeit – heute nicht mehr so schlimm wie noch vor 20 Jahren. In allen Bereichen der Empfängnisregelung ist die Entwicklung weitergegangen. Mit neuen, in ihrem Hormongehalt niedriger dosierten Pillen und anatomisch besser angepaßten Spiralen sind die Nebenwirkungsrisiken geringer geworden. Voraussetzung dafür ist neben regelmäßigen Kontrolluntersuchungen allerdings, daß die betreuenden Ärzte vor dem Verschreiben der Medikamente oder dem Einlegen der Spirale mögliche Gegenanzeigen beachten.

Die natürliche Verhütung ist durch verbesserte Anwendungsregeln – entwickelt von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) und der internationalen Familienplanungsorganisation IPPF – mittlerweile sicherer und in jüngster Zeit beliebter geworden. Die dabei gültigen Regeln zu erlernen verlangt allerdings Engagement: Die Kurse der Volkshochschulen, Familienbildungsstätten und Beratungsstellen dauern meist mehrere Stunden.

Die Sicherheit der Methode hängt zudem, wie kanadische Untersuchungen belegen, von der Zielsetzung ab: Bei Paaren, die damit nur den Abstand von einem Kind zum nächsten vergrößern

wollten, kam es zu 16 unbeabsichtigten Schwangerschaften auf 100 Frauen in einem Anwendungsjahr (Pearl-Index). Bei jenen Partnern, die auf (weitere) Kinder verzichten wollten, betrug der Schwangerschafts-Index nur 1,09, obwohl sie dieselbe Methode anwendeten.

Auch für den Notfall – wenn im Gefühlsschwang alle Vorsicht außer acht gelassen worden ist, sie die Pille vergessen hat oder bei ihm das Kondom gerissen ist – haben Pharmakologen ein Mittel parat: die „Pille danach“. 48 Stunden nach dem Geschlechtsverkehr genommen, verhindert sie die Einnistung der befruchteten Eizelle in die Gebärmutter. In Deutschland verwenden Frauen diese Tabletten allerdings eher zurückhaltend. Einer der Gründe: Viele sehen darin einen Eingriff, eine Art Mini-Abtreibung, auch wenn das Gesetz die Methode explizit aus der Definition eines Abbruchs ausnimmt.

Im Vergleich zum breiten Spektrum der Kontrazeptiva für Frauen ist das Sortiment für Männer höchst mager. Außer Kondomen und Sterilisation bietet die Medizin lediglich experimentelle Methoden. So bringen Injektionen des Hormons Testosteron, wie Studien im Auftrag der WHO gezeigt haben, die Spermienproduktion nahezu zum Erliegen. Doch das Verfahren ist umständlich: Die Substanz muß Woche für Woche gespritzt werden.

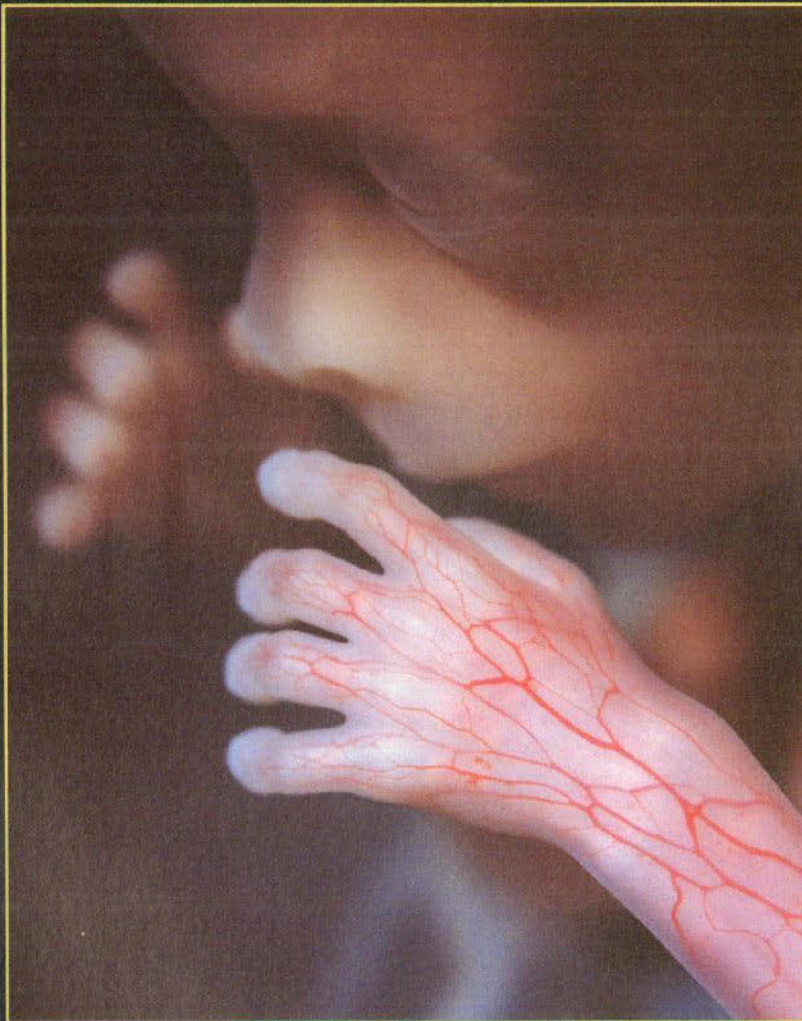
Getestet haben Forscher auch eine aus Baumwollsaamen gewonnene Wirksubstanz namens Gossypol: Sie unterdrückt die Samenbildung – bei manchen Männern allerdings für immer – und hat in einigen Fällen Herzrhythmusstörungen hervorgerufen. Trotzdem will eine brasilianische Firma 1998 eine Antibabypille für den Mann auf der Basis von Gossypol auf den Markt bringen. Angesichts der Nebenwirkungen wird dem Produkt hierzulande aber vermutlich die Zulassung verwehrt werden.

Angelika Blume

ES FEHLT DIE »PILLE« FÜR DEN MANN

AM ANFANG SIND SIE

ENTWICKLUNGSBIOLOGIE



Selbst für abgebrühte Wissenschaftler ist es immer noch ein Wunder, wie aus einer einzigen undifferenzierten Zelle hochkomplexe Organismen mit Hand und Fuß erwachsen. Mit phantastischen, kaum erforschten Mechanismen steuert die Zellmaschinerie ihre eigene Entwicklung. Und diese läuft – beim Fisch wie beim Wurm, beim Menschen (oben, 16 Wochen) wie beim Affen (rechts, Makake, 10 Wochen) stets nach dem gleichen archaischen Grundmuster ab

ALLE GLEICH

A close-up photograph of several hands reaching out and touching, symbolizing unity and equality. The hands are of various skin tones, and the background is blurred, focusing attention on the tactile interaction.

Es gibt Dinge im Leben, die man nicht früh genug wissen kann: Wo vorn und hinten ist zum Beispiel. Keine Kreatur kann sich ohne diese Information entwickeln. Wie sonst sollen Wurm oder Wal, Mensch oder Maus entscheiden, an welchem Ende des Körpers ihnen der Kopf und an welchem der Schwanz wachsen soll?

Kopf oder Schwanz? Tatsächlich wird diese erste entscheidende Frage des Lebens früher beantwortet, als es sich Wissenschaftler lange vorstellen konnten. Zumindest bei *Drosophila melanogaster*, einem Lieblingstier der Genetiker. Laien ist das Insekt als Frucht- oder Taufliege bekannt – und eher unbeliebt, weil es in der Speisekammer überreife Bananen oder Äpfel aufdringlich umschwirrt.

Bei *Drosophila* „weiß“ bereits eine unbefruchtete Eizelle, wo es im späteren Leben einmal langgeht: Schon im Bauch der Mutter, noch bevor die Samenzelle den männlichen Teil des Erbgutes beisteuert, wird das Ei mit einem ausgeklügelten Strom von Nachrichtenmolekülen versorgt.

Christiane Nüsslein-Volhard, Direktorin am Max-Planck-Institut für Entwicklungsbiologie in Tübingen, hätte wohl kaum den Nobelpreis für Medizin zuerkannt bekommen, wenn diese und andere Erkenntnisse aus ihrem Labor nicht weit über die Fruchtfliege hinaus Bedeutung hätten. Denn alles spricht dafür, daß die Entwicklung vom Embryo zum ausgewachsenen Organismus im gesamten Tierreich, also bei Fliegen wie bei Menschen, nach ähnlichen Grundprinzipien abläuft.

Deshalb können die Forscher auch mit der winzigen *Drosophila melanogaster* experimentieren oder dem millimetergroßen bakterienfressenden Fadenwurm namens *Caenorhabditis elegans*, der an jedem Flecken Erde zu finden ist. Vorteil dieser Tiere: Sie sind leicht im Labor zu halten, vermehren und entwickeln sich sehr schnell, haben einen vergleichbar simplen Organismus und passen – anders als Maus oder Mensch – gut unter ein Mikroskop.

Entwicklungsbiologen wie Christiane Nüsslein-Volhard sind den spannendsten Fragen des Lebens auf der Spur: Wie entsteht aus einer einzigen Zelle der komplizierte Organismus eines Schmetterlings oder einer Giraffe? Oder eines Menschen mit 100 Billionen spezialisierten Einzelzellen, von denen jede weiß, was sie wann und wo zu tun hat?

Woher ahnt eine embryonale Zelle, daß ihre Nachfahren einmal zu einem Auge im Kopf oder zur Zehe eines Fußes werden sollen? Woher wissen die Zellen am Ende eines sich entwickelnden Armes, daß sie sich nicht in vier oder sechs, sondern in fünf Finger aufspalten müssen, von denen einer abspreibbar sein muß und an der rechten Hand links und an der linken rechts zu sitzen hat? Und wie kommt es, daß zwölf bis 14 Jahre nach der Geburt die Pubertät einsetzt, die aus Mädchen und Jungen Frauen und Männer macht?

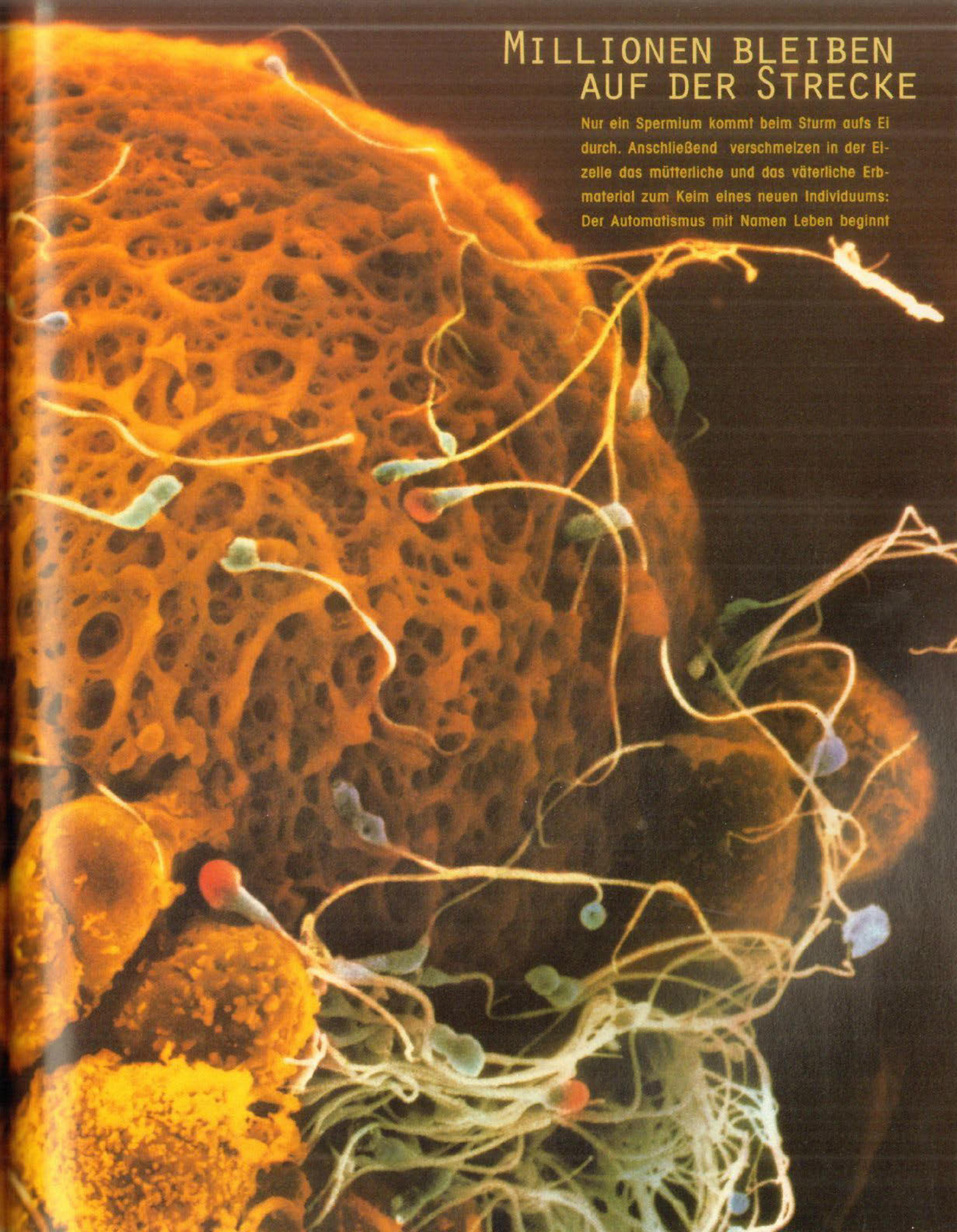
Damit neues Leben entstehen kann, muß bei allen zweigeschlechtlichen Organismen das Erbgut von Frau und Mann zusammenfinden. Sowohl Ei als auch Samenzelle sind für diesen Schritt einzigartig vorbereitet: Sie sind nicht aus einer gewöhnlichen Zellteilung, sondern aus einer „Reduktionsteilung“ hervorgegangen und besitzen deshalb nicht eine doppelte, sondern nur eine einfache Ausrüstung an Erbgut. Solche Zellen, die sich bei Frau und Mann geringfügig unterscheiden, haben nur einen Auftrag: einen Partner des anderen Geschlechts zu finden und mit ihm zu einer Zelle mit doppeltem Erbgutsatz zu verschmelzen.

Als Fusionsprodukt entsteht ein befruchtetes Ei – der Grundstein für einen neuen, unabhängigen Organismus, der über Eigenschaften beider Elternteile verfügt. Vom Moment der Verschmelzung an spult ein festgelegtes Programm ab. Schaltzentrale aller Vorgänge in der neuen Kreatur ist von nun an der Zellkern, der bei Säugetieren wie dem Menschen kaum den Durchmesser eines Hundertstelmillimeters erreicht. In ihm ruht ein schier endlos langer Faden des Erbmoleküls DNS, der nach allen Regeln der Ver-



MILLIONEN BLEIBEN AUF DER STRECKE

Nur ein Spermium kommt beim Sturm aufs Ei durch. Anschließend verschmelzen in der Eizelle das mütterliche und das väterliche Erbmateriel zum Keim eines neuen Individuums: Der Automatismus mit Namen Leben beginnt



packungskunst so verknäuel ist, daß zwei Meter davon in den Kern hineinpassen.

Ein Zellkern ist einer Bibliothek vergleichbar, in der die Bücher des Lebens lagern – die Gene. Jedes dieser beim Menschen rund 100 000 Werke enthält die Bauanleitung für ein anderes Protein, beispielsweise für das Myosin, aus dem Muskelfasern aufgebaut sind, oder für das Enzym Alkohol-Dehydrogenase, das in der Leber Alkoholmoleküle abbauen hilft. Braucht der Organismus eines dieser Proteine, entsteht im Zellkern eine Abschrift des entsprechenden Gens, die Boten-RNS. Diese trägt die Information zu den Ribosomen, den Produktionsanlagen für Proteine. Dort wird die Anweisung gelesen und die Herstellung des gewünschten Eiweißstoffs beginnt.

Richtig kompliziert wird die Sache freilich erst angesichts der Tatsache, daß es im erwachsenen Menschen etwa 350 unterschiedlich spezialisierte Zelltypen gibt, die sämtlich über die gleiche Bibliothek verfügen. Gebraucht wird in allen Zellen die in den „Housekeeping-Genen“ ge-

speicherte Allgemeinliteratur, die Anleitungen für überall benötigte Alltagsproteine enthält. Darüber hinaus sind etwa in einer Blutzelle aber noch die dort notwendigen und charakteristischen Proteine gefragt, in der Leberzelle spezielle Leberproteine und so weiter. Alle anderen, nicht für die betreffende Zelle spezifischen Proteine würden nur Schaden anrichten. In Blutzellen dürfen deshalb nur die genetischen Bücher für Blutzellen gelesen werden, und auch das nur zu bestimmten Zeitpunkten. Der ganze Rest der völlig überausgerüsteten Bibliothek muß ständig unter Verschuß stehen.

In der Sprache der Molekularbiologen bedeutet dies: Jede Zelle verfügt zwar über die gleichen genetischen Informationen und handelt nach den gleichen genetischen Anweisungen, interpretiert diese aber je nach Zeitpunkt und Bedarf unterschiedlich, um die ihnen zugeordnete Funktion innerhalb des multizellulären Verbandes korrekt zu erfüllen. Jeder Zelltypus „exprimiert“ andere spezielle Gene, schaltet sie nach einem genauen Plan an oder ab – alles andere hätte fatale Folgen für den Organismus.

Klar ist den Wissenschaftlern schon lange, daß diese Prozesse nur möglich sind, wenn jede Zelle so programmiert ist, daß alle Aktionen aufeinander abgestimmt ablaufen. Es muß also ein genetisch festgelegter Plan existieren, der die Entwicklung vom Einfachen zum Komplexen in der vorgesehenen chronologischen Reihenfolge steuert.

Am besten untersucht sind die allerersten Schritte ins Leben bei der Fruchtfliege *Drosophila*. Weil sie nur zehn Tage bis zur vollständigen Entwicklung braucht, muß der Fluß wichtiger Informationen entsprechend früh beginnen – genau gesagt noch vor der Befruchtung des Eies.

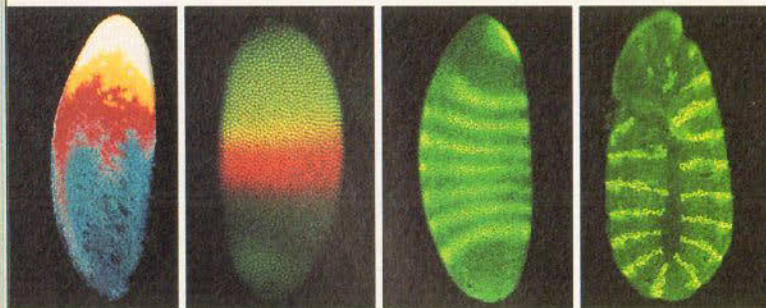
Im Labor von Christiane Nüsslein-Volhard haben Entwicklungsbiologen herausgefunden, wie das Muttertier dazu eine regelrechte genetische Brutpflege betreibt: Es sondert vier Substanzen ab, die im Ei strategisch wichtige Punkte besetzen. Zwei dieser Signalstoffe lagern sich jeweils in den gegenüberliegenden Polen des Eies ein, der dritte an beiden Polen und der vierte an der Bauchseite entlang der Querachse.

So werde ein eindeutiges dreidimensionales Koordinatensystem für die weitere Entwicklung festgelegt, erklärt Nüsslein-Volhard: „Vorn und hinten, oben und unten sind damit ein für allemal definiert. Vorn beispielsweise ist immer dort, wo der Signalstoff ‚bicoid‘ deponiert ist.“

Nach der Befruchtung lösen diese Signalstoffe im Ei eine Nachrichtenkaskade aus. Die dabei ausströmenden Proteine spüren ganz bestimmte Gene anhand einer charakteristischen Erkennungssequenz auf und erwecken sie aus dem zellulären Tiefschlaf. So werden zunächst ein paar wenige Gene angeknipst. Diese aktivieren nach dem gleichen Mechanismus weitere, nachgeordnete Gene und legen so eine erste Grobeinteilung des späteren Insekts fest.

Die Kaskade erreicht ihren Höhepunkt, wenn die „homöotischen“ oder „Hox-Gene“ angeschaltet werden und die Kontrolle über die Entwicklung übernehmen. Gleich – griechisch *homoios* – werden sie deswegen genannt, weil sie in allen Organismen, in

BOTSCHAFT VON DER MUTTER



 Schon das frisch abgelegte Ei der Fruchtfliege *Drosophila* »weiß«, wo oben und unten ist. Denn die Mutter hat im Ei den Botenstoff »bicoid« deponiert (Bild ganz links: gelb) und legt damit fest, wo das Insekt einmal den Kopf tragen soll. Während bicoid dem Depot entströmt, schaltet es eine Kaskade von Signalsubstanzen

entlang der Körperachse an und teilt so den Embryo in immer kleinere Segmente. Schon drei Stunden nach der Befruchtung lassen sich mittels einer speziellen Färbetechnik 14 Bereiche sichtbar machen, die exakt den späteren Insekten-Segmenten vom Kopf bis zum Hinterleib entsprechen

denen sie zu Hause sind, die Ausbildung vergleichbarer Körperteile entlang deren Längsachse steuern. Die Hox-Gene liegen auf dem Erbfaden im Block beieinander und enthalten eine typische kurze DNS-Sequenz, die sogenannte Homöobox. In ein Protein übersetzt, wirkt sie wie ein General-schlüssel zum Öffnen weiterer, noch verschlossener Steuergene aus der Hox-Klasse.

Diese Hox-Gene aus der „zweiten Reihe“ rufen schließlich, vergleichbar mit Bereichsleitern einer Fabrik, in den bereits vordefinierten Segmenten des werdenden Insekts nach einer genauen zeitlichen Vorgabe jene untergeordneten „Arbeiter“-Gene zum Einsatz, die letztlich Flügel, Antennen, Beine oder Augen erstellen.

Wie in einer gut organisierten Firma werden also durch hierarchisch geglie-

derte Entscheidungsinstanzen alle Befehle von oben nach unten exekutiert, von der ersten Anordnung „vorn und hinten“ bis hin zur Anlage des einzelnen Organs. Dieser Masterplan ist schon drei Stunden nach der Befruchtung des Fliegen-Eies fertig gezeichnet. Jede der zu diesem Zeitpunkt vorhandenen rund 6000 Zellen kennt dann ihre Bestimmung im erwachsenen Insekt.

Natürlich sind Fruchtfliegen und Menschen höchst unterschiedliche Geschöpfe, deren entwicklungs-geschichtliche Wege sich vor über 600 Millionen Jahren getrennt haben. Um so größer war die Überraschung der Genetiker, daß Tiere aller Gattungen, und auch die Pflanzen, ihre Entwicklung über Hox-Gene steuern. Und daß sie über das gesamte Artenspektrum hinweg die Homöobox, die den Schlüssel zu den entscheidenden Entwicklungsschritten birgt, nahezu unverändert beibehalten haben.

Dies gilt als Zeichen dafür, daß die Evolution Prozesse, die sich als erfolgreich erwiesen haben, über Jahrmillionen konserviert hat. Allein die Anzahl der Hox-Gene variiert: Genügen bei der Fruchtfliege acht, um den kompletten Bauplan zu definieren, so benötigen Säugetiere wie Maus oder Mensch nach heutigem Kenntnisstand immerhin 38.

Einer Idee der Nobelpreisträgerin Nüsslein-Volhard folgend hegen die Entwicklungsbiologen inzwischen ein neues Haustier: den Zebrafisch oder *Danio rerio*. Der gut vier Zentimeter große Fisch läßt sich ideal in Labortanks halten und durchlebt die Stadien vom Ei über die Larve zum ausgewachsenen Tier innerhalb weniger Tage. Der Embryo ist durchsichtig, so daß sich alle frühen Entwicklungsprozesse im Körper beobachten lassen. Vor allem aber ist *Danio rerio* ein Wirbeltier, steht dem Menschen also evolutionär viel näher als die Fruchtfliege. Aus den neuesten Zebrafisch-Erkenntnissen erhoffen sich die Wissenschaftler deshalb auch Einblicke in die Embryonal-Entwicklung unserer Spezies.

Wie ähnlich sich die genetischen Steuermechanismen selbst unter-

PERFEKT GESTEUERT

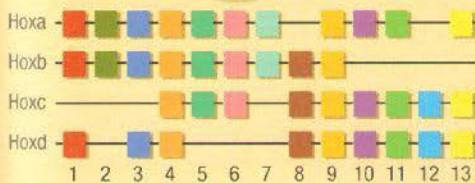
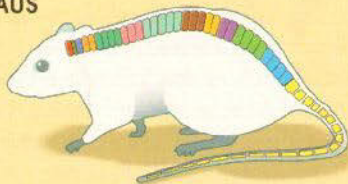
Alle Lebewesen regeln ihre wichtigsten Entwicklungsschritte nach den gleichen genetischen Anleitungen: Sogenannte Hox-Gene, die auf dem Erbfaden DNS bei der Fliege in einem Block und bei Säugetieren auf verschiedene Chromosomen verteilt in vier Blöcken beieinanderliegen, definieren bereits im frühen Embryo die Entwicklung der Körperteile entlang der Längsachse. Diese Steuer-Gene stammen aus entwicklungsgeschichtlich sehr früher Zeit und unterscheiden sich kaum bei Maus und Mensch, weshalb sich auch deren Embryonen anfangs sehr ähnlich sind. So weist der etwa sechs Wochen alte menschliche Embryo noch einen Schwanz auf, der

sich hernach zum Steißbein zurückbildet. Erst später übernehmen nachgeschaltete Hox-Gene und untergeordnete Arbeiter-Gene die Feinarbeit. Sie vermitteln dem werdenden Menschen jene typischen Züge, die ihn von der Maus und allen anderen »nahen« Verwandten im Säugetierreich unterscheiden

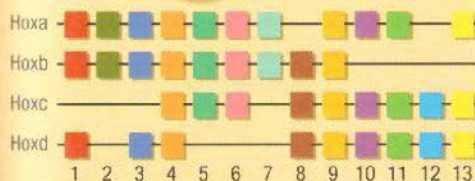
FLIEGE



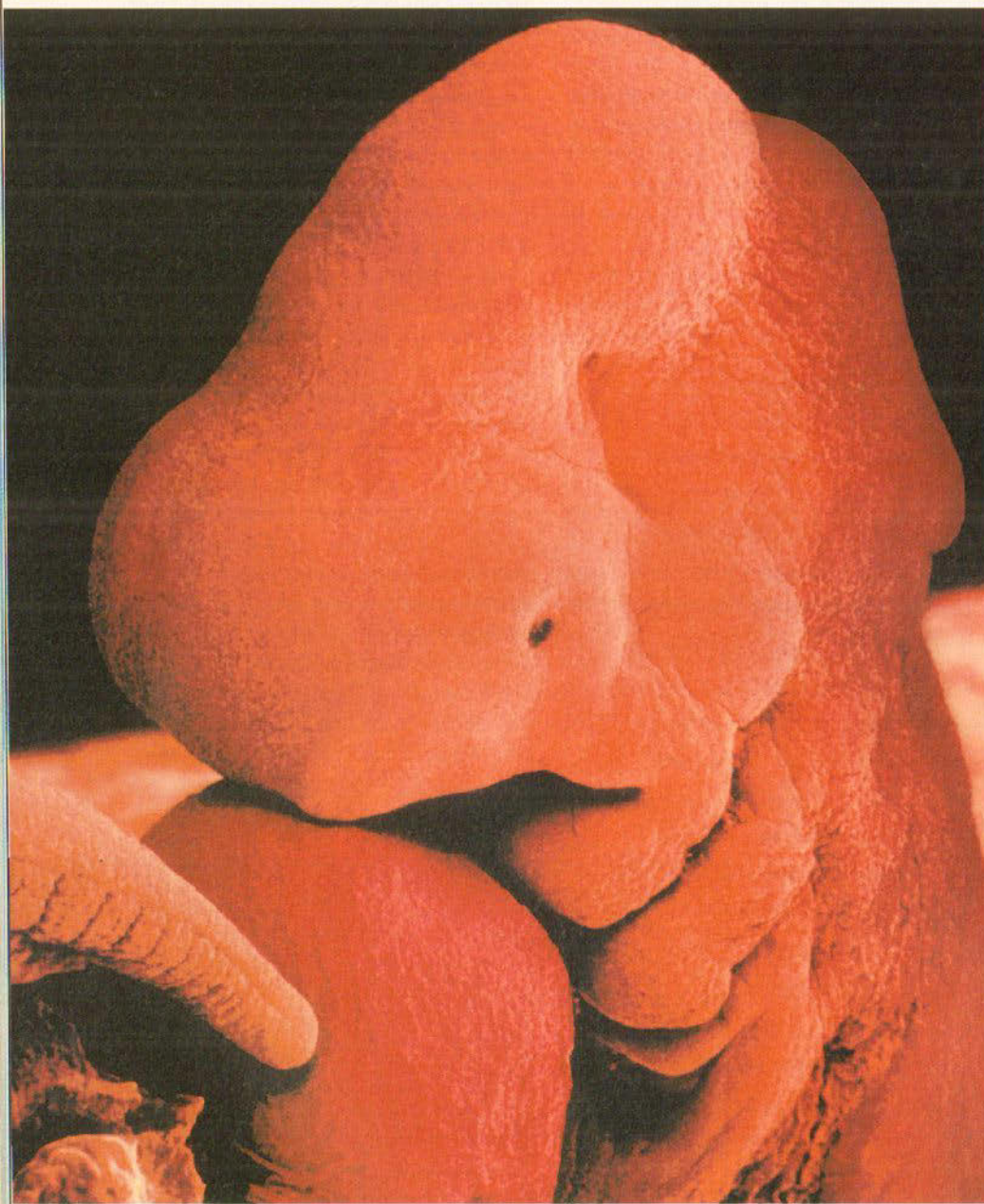
MAUS



MENSCH



Wirbeltiere durchlaufen eine Entwicklungsphase, in der sie eher Monstern gleichen. Dieser etwa 31 Tage alte Menschenembryo ist noch ohne Knochen und Gliedmaßen. Doch kaum fünf Wochen später sind ihm schon Hände gewachsen



schiedlichster Arten sind, konnte William McGinnis von der amerikanischen Yale University demonstrieren: Sein Team verpflanzte ein menschliches Hox-Gen in den Embryo einer Fruchtfliege, deren eigenes Steuer-Gen zuvor durch eine Mutation ausgeschaltet worden war – und siehe da, es funktionierte und steuerte die Entwicklung des Kopfes ganz nach *Drosophila*-Art.

Mittlerweile haben Genetiker zahllose evolutionär konservierte Entwicklungsmuster aufgespürt: So liegt beispielsweise der Positionierung eines Insektenflügels fast das gleiche genetische Diktat zugrunde wie der eines Hühnerflügels. Das Herz von Fliege und Maus wird nach der gleichen genetischen Vorgabe aufgebaut. Und es sind die gleichen Hox-Gene, die bei der Maus die Füße und beim Zebrafärbling die Flossen wachsen lassen.

Sogar die mitunter rasche Entstehung neuer Arten läßt sich über das Wirken von Hox-Genen erklären. So könnte sich in der Erbmasse eines primitiven Wesens mit nur einem Ur-Hox-Gen dieses einmal verdoppelt haben. Nach einer zufälligen und dann auch überlebenstauglichen Mutation hätte das neue Gen eine andere Funktion erhalten. Was auf DNS-Ebene nur einen winzigen Schritt bedeutet, ist ein großer Schritt für die Evolution: „Aus einem einfachen Organismus kann so nach dem Baukastenprinzip einer mit neuerworbenen Eigenschaften werden“, erklärt der Entwicklungsbiologe Herbert Jäckle vom Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie in Göttingen.

Auf diese Weise hat sich aus einem simplen Ur-Insekt eines mit deutlich gegliedertem Körper entwickeln können. Vielleicht war dies ein erster Sprung zu der heutigen Vielfalt an Insekten, die aus mehreren Untereinheiten aufgebaut sind, krabbeln, kriechen, fliegen, schwimmen, tauchen können und deshalb nahezu alle Lebensräume der Erde bevölkern. Bei höher entwickelten Tieren konnte die Evolution infolge vielfacher Mutation mehrerer Hox-Gene das ganze Füllhorn der Arten produzieren.

OB MENSCH, OB SCHWEIN

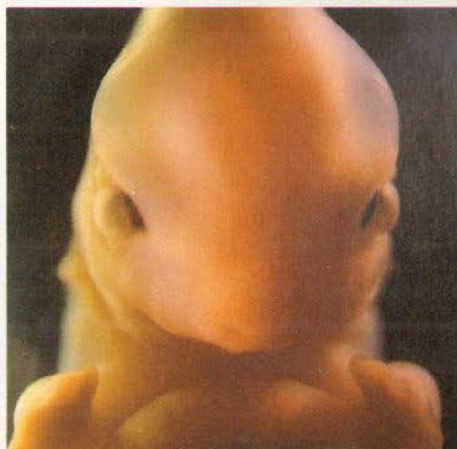
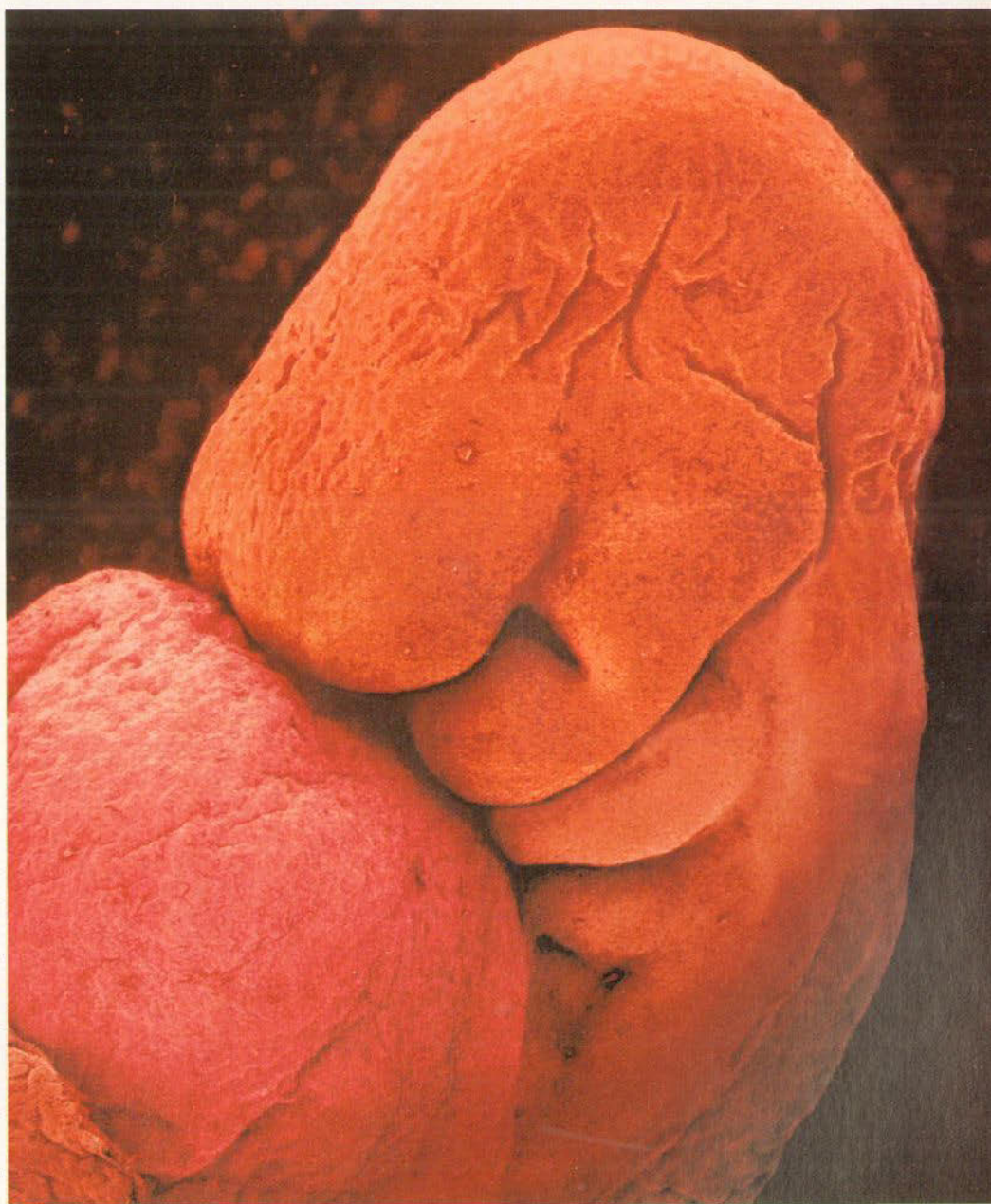
Trotz verblüffender Ähnlichkeiten in der embryonalen Entwicklung von Fliege, Huhn oder Mensch ist bis heute unklar, wie bei Säugetieren die allerersten Entwicklungsschritte gesteuert werden, etwa die Vorn-Hinten-Orientierung. Wenn eine menschliche Eizelle sich erstmals teilt, wird den entstehenden Tochterzellen wahrscheinlich noch keine Bestimmung zugewiesen. Nach drei Tagen haben sie sich zu einem kleinen Klumpen aus acht oder 16 Zellen vermehrt, zu der an eine Maulbeere erinnernden „Morula“. Keine dieser Zellen ist differenziert, jede kann noch alles. Sie sind „totipotent“.

Nur deshalb kann sich der Klumpen zu diesem Zeitpunkt auch noch zu genetisch identischen eineiigen Mehrlingen teilen. Andererseits lassen sich, wie an Labormäusen demonstriert, zwei Morulae unterschiedlicher Erzeuger zu einem Embryo vereinen. Dieser entwickelt sich anschließend zu einem ganz normalen Säugetier – das dann vier Elternteile hat.

Erst am sechsten bis achten Tag nach der Befruchtung kommt es im menschlichen Organismus zu dem, wie viele Wissenschaftler meinen, wichtigsten Ereignis des Lebens: Der ein Zehntelmillimeter große Keim, jetzt Blastozyste genannt, hat sich durch den Eileiter vorwärtsbewegt und nistet sich in der Gebärmutter ein.

Und just in dieser Phase fällt der Startschuß zur ersten Musterbildung im Embryo. Vermutlich lagern sich Signalstoffe an bestimmte Rezeptoren auf der Zelloberfläche an und betätigen eine Art Klingelknopf, über den sie die ersten Entwicklungsgene aktivieren. Diese definieren dann das Grundmuster des zukünftigen Organismus, und die Spezialisierung nimmt ihren Lauf. Während der Klumpen zu einer „Gastrula“ von mehreren hundert Zellen weiterwächst, formen sich drei klar unterscheidbare Zellschichten: Die äußerste, das Ektoderm, ist dazu ausersehen, später einmal zu Haut und Haaren sowie zu Nervensystem nebst Gehirn zu werden. Die Mittelschicht, Meso-

Weil Schweine mit einer Tragezeit von nur 16 Wochen auskommen, reifen auch deren Embryonen schneller. Dennoch können nur Experten den 21 Tage bzw. 30 Tage alten Fetus (oben bzw. unten) an seiner rudimentären Schnauze identifizieren



- WER SIEHT'S?

derm genannt, furcht und faltet sich; aus ihr erwachsen Teile der inneren Organe, die Blutzellen, die Muskulatur und das Skelett. Und der Innenteil, das Endoderm, entwickelt sich zu Verdauungstrakt und Lunge.

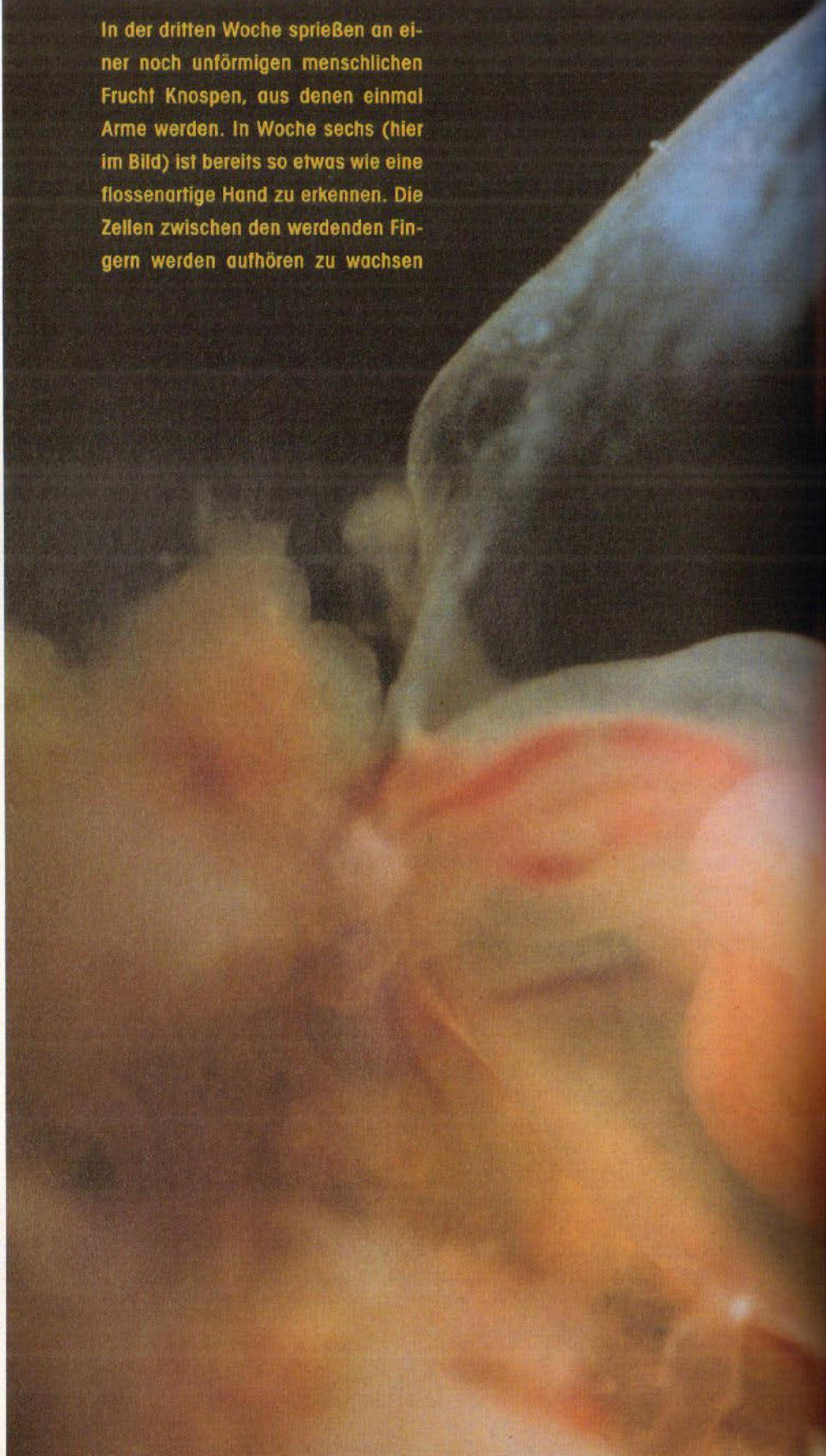
Auch wenn die molekulargenetische Steuerung dieser Wandlung noch im dunkeln liegt, so läßt sich immerhin der Zeitpunkt ermitteln, an dem sich die Zellen zu unterscheiden beginnen. Ihn haben Biologen mit relativ einfachen Transplantations-Experimenten herausgefunden: Wenn sie zum Beispiel aus einem Entwicklungsstadium der frühen Gastrula eine beliebige Froschzelle in die Nierenregion eines älteren Frosch-Embryos verpflanzen, dann entwickelt sich daraus stets Nierengewebe. Entnehmen die Forscher indes einem nur wenige Tage älteren Frosch-Embryo eine Zelle aus einem Bereich, der zur Augenregion prädestiniert ist, und verpflanzen diese in die Nierenregion, dann wächst dort ein – allerdings nicht funktionstaugliches – Auge.

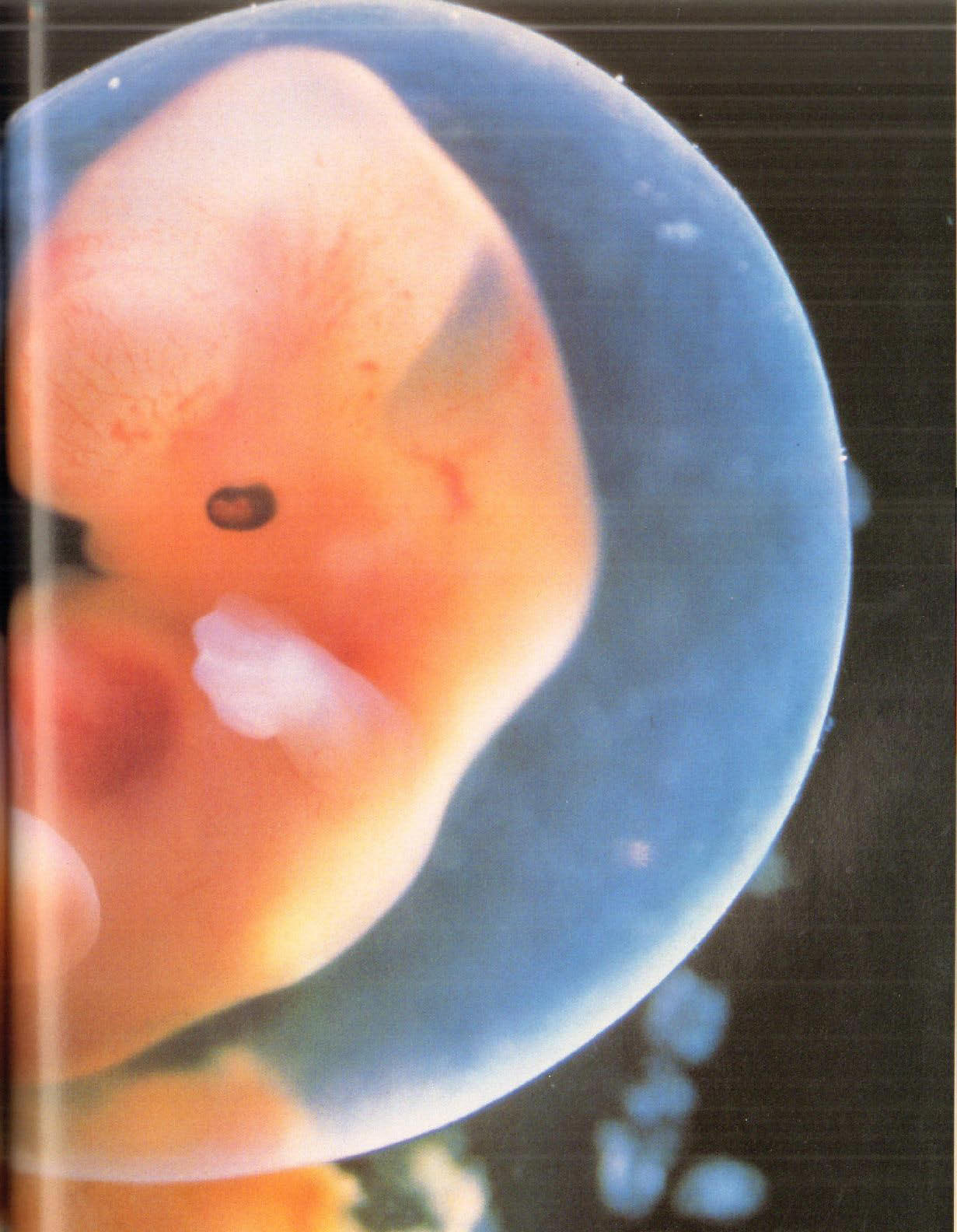
Solche Transplantationsversuche klappen sogar über Artgrenzen hinweg. Embryonale Augenzellen der Maus würden wie im beschriebenen Versuch auf dem Froschrücken anwachsen und zu einem Auge differenzieren. Dies ist ein weiteres Indiz dafür, daß in der frühen Entwicklung die Gene der Hox-Klasse bei allen Wirbeltieren sehr ähnlich funktionieren.

Wenn es gelänge, auf einem Froschrücken ein (sehunfähiges) Mausauge zu züchten, wäre es dann vielleicht sogar möglich, dem Menschen durch Verpflanzung von embryonalem Vogelgewebe auf einen Humanembryo Flügel zu verschaffen? „Gewiß nicht“, sagt der Max-Planck-Forscher Herbert Jäckle: „Zum einen wäre in den verpflanzten Flügelzellen nur die erste Kaskade der Entwicklungsgene angeschaltet, die den Grobraster eines Flügels bestimmen; nicht aber die für die späteren Entwicklungsschritte notwendigen Arbeitergene, die den Feinschliff der Flügelentwicklung besorgen. Und zum anderen würde das erst nach der Geburt aktivierte menschliche Immun-

EINS NACH DEM ANDEREN - NACH FESTEM PROGRAMM

In der dritten Woche sprießen an einer noch unförmigen menschlichen Frucht Knospen, aus denen einmal Arme werden. In Woche sechs (hier im Bild) ist bereits so etwas wie eine flossenartige Hand zu erkennen. Die Zellen zwischen den werdenden Fingern werden aufhören zu wachsen







AUCH HÜHNER LUTSCHEN AM DAUMEN

Schon das neuntägige Küken im Ei trainiert für das spätere Leben. Offensichtlich übt es am Flügel das Picken mit dem Schnabel – ähnlich wie ein Menschenfetus das Saugen am Daumen

system das als fremd erkannte Vogelgewebe abstoßen.“ Ohnehin, betont Jäckle, wären solche Experimente zumindest in Deutschland überhaupt nicht zulässig.

Was bei *Drosophila* etwa drei Stunden dauert, nämlich die Festlegung des Masterplans, nimmt beim Menschen vermutlich die ersten Tage nach der Einnistung in die Gebärmutter in Anspruch. Schon dann ist ein maßstabverkleinertes Modell des Körpers im wesentlichen angelegt – auch wenn der Embryo das rein äußerlich keineswegs vermuten läßt. Doch alle Zelltypen sind jetzt für ihre späteren Aufgaben programmiert und am richtigen Platz angesiedelt. In der Folgezeit muß der Embryo eine Vielzahl von Submustern ausbilden, die „Inneneinrichtung“ des Körpers besorgen, Muskeln anlegen und Nervenstränge einziehen.

In dieser Entwicklungsphase, wenn Embryonen schon eine erkennbare Gestalt ausgebildet haben, sehen sich alle Wirbeltiere verblüffend ähnlich: Fisch, Krokodil, Vogel, Schwein oder Mensch haben eine fast identische Kopfform, einen fischartigen Schwanz und Kiemenspalten. Dies ist ein weiteres Zeichen für die Wirkung von Hox-Genen über die Artgrenzen hinweg.

Die Verschiedenartigkeit im Reich der Wirbeltiere, wie auch die Varianz der Individuen etwa innerhalb der Spezies Mensch, entsteht erst durch unterschiedlich ausgeprägte Arbeitergene. Dies ist der Grund dafür, daß ein Krokodil seinen Schwanz behält, während sich beim Menschen das Steißbein ausbildet, daß beim Fisch Kiemen wachsen, wo beim Menschen Zellen entstehen, die zunächst Kiementaschen gleichen, aus denen sich dann aber die Schilddrüse entwickelt.

Relativ gut untersucht ist die Entwicklung von Körperteilen am Beispiel der Gliedmaßen. Nachdem sehr früh im Embryo der Ort festgelegt ist, wo beispielsweise ein Arm entstehen soll, halten sich dort die ersten Zellen parat, die dem Ektoderm beziehungsweise dem Mesoderm entstammen, um

später zu Hautzellen, respektive Bindegewebe und Knochen zu werden.

Unabhängig davon, ob das Organ einmal zum Fliegen, Schwimmen, Laufen, Kriechen, Graben, Klettern oder zum Klavierspielen taugen soll, wachsen aus dem noch unförmigen Körper nach einem genetisch fixierten, universellen Vordergliedmaßen-Bauplan paarig angeordnete Knospen – die Vorläufer von Flossen, Flügeln oder Armen.

Mittels einer neuerlichen Hox-Gen-Nachrichtenkaskade erfahren die Zellen nach und nach ihre Bestimmung. Wie streng dabei die vorgegebene Chronologie eingehalten wird, läßt sich wiederum mit einem Transplantationsexperiment beweisen: Entnimmt man der Beinknospe eines frühen Hühner-



Nach elf Wochen ist der menschliche Fetus aus dem größten heraus. Die Hox-Gene haben alle wesentlichen Entwicklungsprozesse eingeleitet

Embryos ein paar Zellen aus jenem Bereich, der einmal Oberschenkel wird, und verpflanzt sie an die Spitze der Flügelknospe, wächst dort ein Zeh. Die Oberschenkelzellen haben also bereits die Grundprogrammierung „Bein“ erhalten, erfahren aber erst durch Zell-Zell-Kommunikation in der Flügelknospe, daß sie für Spezialaufgaben ganz am Ende der Extremität eingeteilt werden. Also kann dort nur ein Zeh entstehen.

Irgendwann fällt im Laufe der Arm-Entwicklung neben der Entscheidung

vorn und hinten, oben und unten, auch jene über rechts und links. Denn nur so können asymmetrisch angelegte Organe und Gliedmaßen wie eine Hand konstruiert werden. Deren Polarität wird bereits festgelegt, wenn die Armknospe noch nicht einmal ein Millimeter groß ist. An jenem Teil der Knospe, der nach dem Körperende orientiert ist, entsteht nach der Anleitung eines Hox-Gens das nach einem Videospiel-Helden benannte Protein „sonic hedgehog“. Dieses strömt vom Ort seiner Entstehung aus und ruft in den Knospenzellen nach und nach die Steuerungsgene für die Anlage der Finger auf.

Damit an den vorgegebenen Arm- und Fingerregionen auch die entsprechenden Muskeln wachsen, bedarf es eines zusätzlichen Steuermechanismus. Denn Muskel wie auch Nervenzellen entstehen nicht dort, wo sie hingehören. Vielmehr bilden sie sich in den sogenannten Somiten rechts und links des embryonalen Neuralrohrs, das später einmal zur Wirbelsäule ausdifferenziert. Sicher ist, daß sie schon dort erfahren, wo ihr zukünftiger Arbeitsplatz liegen wird.

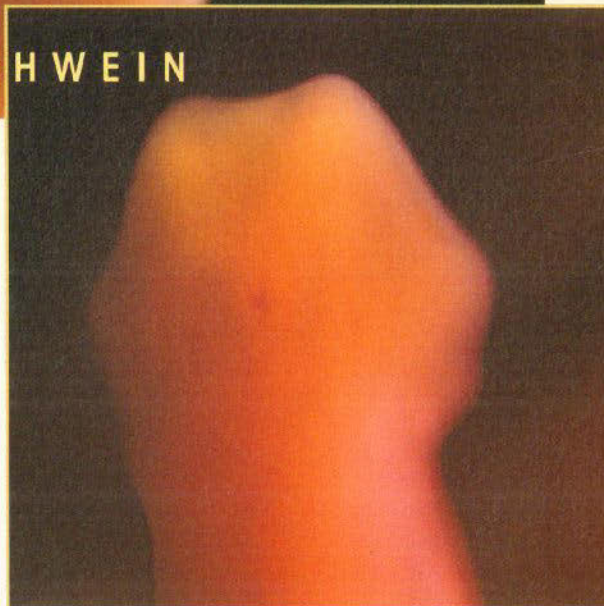
Wie aber finden die Muskelzellen den Weg von den Somiten zu ihrem Bestimmungsort, beispielsweise an die Finger einer Hand?

Den dahinter stehenden Wanderungsmechanismus haben Wissenschaftler um Carmen Birchmeier vom Max-Delbrück-Zentrum in Berlin an Mäusen untersucht – und sind dabei auf so etwas wie ein biologisches Magnetsystem gestoßen. Denn die Zellen in der Armknospe sondern ein bestimmtes Molekül ab, den „Scatter Factor“. Dieser „Streu-Faktor“ diffundiert durch das embryonale Gewebe bis zu den Somiten und findet dort außen an den Muskel-Vorläuferzellen das eigens in diesem Moment ausgebildete Erkennungsprotein „c-Met“. An diesem dockt der Scatter Factor an und bewirkt, daß sich die Muskelzellen aus dem Verband lösen und auf Wanderschaft gehen. Nun folgen sie einfach der zunehmenden Konzentration des Scatter Factor, die sich wie ein Magnetfeld durch das Gewebe zieht, und landen automatisch an der Quelle

HIER TAUGT ES ZUM TRABEN, DORT ZUM KRATZEN UND TANZEN



SCHWEIN



30 Tage

Nach fünfeinhalb Wochen ist der Daumen verschwunden. Denn das Borstenvieh braucht ihn nicht für seine typische Gangart. Dafür aber wachsen ihm vier gleiche Läufe

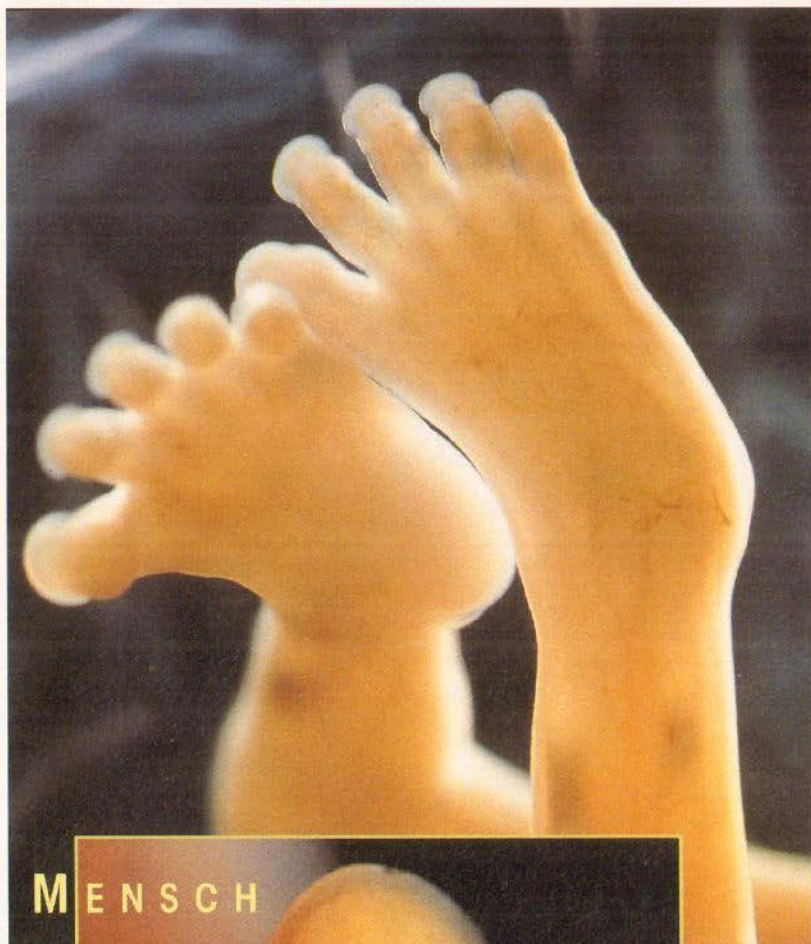


HUHN

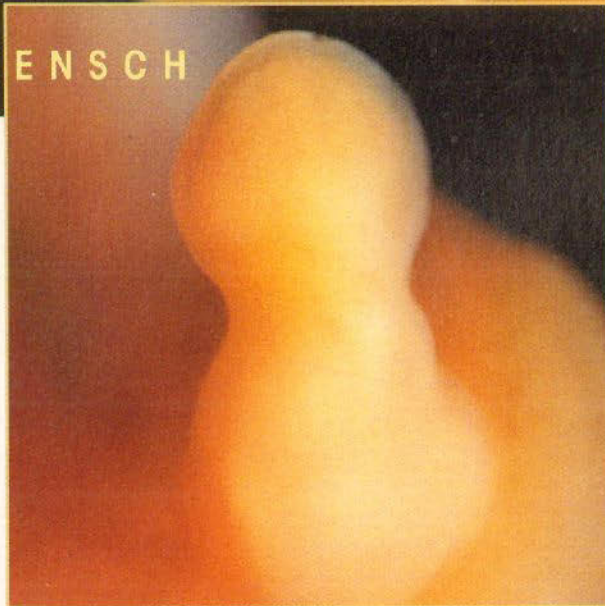


5 Tage

Nach 16 Tagen sind die Krallen scharf. Eine Woche später bricht das Küken durch die Schale. Die »Nestflüchter« im Flaumkleid sind sofort selbständig



MENSCH



5-6 Wochen

Nach 13 Wochen ist die Basis für den aufrechten Gang erkennbar: Aus den flossenähnlichen Auswüchsen haben sich jene Extremitäten gebildet, mit denen später einmal gelaufen oder Fußball gespielt wird



DIE HAARIGE VERWANDTSCHAFT

Zu 99 Prozent ist das Erbgut von Mensch und Schimpanse identisch. Erst entsprechend spät in der Fetalentwicklung werden darum die Unterschiede zwischen ihnen deutlich. Zum Beispiel, wenn dem Affen in der 18. Woche erste Haare an Kinn und Stirn sprießen

– nämlich an den sich entwickelnden Geweben des Arms. Dort brauchen sie sich nur noch zu teilen, bis sie den ganzen für sie reservierten Raum ausfüllen.

In dieser Zeit der ersten, raschen Entwicklung eines Embryos herrscht in den Zellkernen enorme Hektik. Auf komplizierte Weise werden Gene an- und wieder abgeschaltet, damit die Abschriften einzelner Bücher erstellt und danach die entsprechenden Proteine produziert werden können. Gleichzeitig und ohne die Proteinsynthese zu unterbrechen, muß sich mit jeder Zellteilung das Riesenknäuel von DNS fehlerfrei verdoppeln. Weil die Kopie der gesamten Bibliothek in sieben bis acht Stunden vorliegen muß, beginnt die Zellmaschinerie an rund 30 000 Punkten des DNS-Fadens gleichzeitig mit der Arbeit. Dannstückelt sie mit einer Produktionsgeschwindigkeit von 50 bis 100 Bausteinen pro Sekunde nach der Vorlage des Ur-DNS-Stranges zwei neue als Doppelhelix verwundene Stränge zusammen.

Kein Wunder, daß der Zelle dabei immer wieder Fehler unterlaufen. Gene werden falsch abgelesen, genetische Nachrichten unvollständig weitergegeben, Proteine unkorrekt zusammengesetzt und so weiter. Gäbe es nicht zwei wichtige Reparaturmechanismen, die den allergrößten Teil der Fehler bereinigen – eine Erstinspektion direkt nach der DNS-Synthese sowie einen regelmäßigen Check-up entlang des gesamten DNS-Stranges –, so würden alle Organismen sehr schnell zugrunde gehen.

Allerdings richten genetische Fehlsteuerungen trotzdem derart schwere Schäden an, daß beim Menschen rund die Hälfte aller Schwangerschaften ein frühes Ende findet – meist so früh, daß die Frau davon nicht einmal etwas bemerkt. Vor allem in der kritischen Zeit zwischen der 4. und 8. Woche – dann, wenn die Hox-Gene ihre Entwicklungsprozesse einleiten –, führen genetische Fehlsteuerungen häufig zum Tod des Embryos. Spätere Defekte treten immerhin noch so oft auf,

daß eines von 20 Babys mit einem Geburtsfehler zur Welt kommt – wovon die meisten im späteren Leben jedoch keine Rolle spielen.

Ebenso wichtig wie die Informationen für die korrekte Entwicklung ist freilich jene für ein Ende des Wachstums. Denn irgendwann muß jede Zelle auch erfahren, wann es genug ist. Kein Mensch darf so groß werden wie eine Giraffe, kein Arm zwei Meter lang wuchern. Schon bei der Ausbildung von Händen im Embryo müssen irgendwann jene Zellen, die anfangs die Zwischenräume zwischen den entstehenden Fingern ausfüllen, gezielt ihr Wachstum einstellen. Jedenfalls beim Menschen, bei der Katze oder beim Adler – nicht aber bei der Ente, die genau diese Zellen braucht, um Schwimmhäute auszubilden.

Bislang haben die Forscher nicht die leiseste Ahnung, womit und auf welche Weise ein Organismus das Wachstum zeitgenau abstellt. Ebenso wenig ist bekannt, wie bei den Zellteilungen ein Leben lang der Differenzierungsgrad weitervererbt wird. Denn wenn in einer Leberzelle nur die „Leberbücher“ gelesen werden dürfen, so müssen das auch deren sämtliche Tochterzellen von der ersten Sekunde ihrer Existenz an wissen. An die nächste Generation muß also nicht nur die gesamte Bibliothek in Kopie, sondern auch die Lese-Anweisung weitergegeben werden.

Wie häufig in der Wissenschaft stellen sich die Experten nach der Erforschung eines neuen Gebietes wesentlich mehr Fragen als zuvor. Und manchmal stoßen sie auf die einfachsten erst sehr spät: „Bei der Untersuchung von *Drosophila* haben wir nach Grundprinzipien der Entwicklung gesucht – und viele Gemeinsamkeiten im Artenspektrum aufgespürt“, resümiert die Nobelpreisträgerin Christiane Nüsslein-Volhard. „Jetzt ist es an der Zeit herauszufinden, warum wir alle – von der Fliege bis zum Menschen – doch sehr verschieden sind.“ □

GEO-Redakteur **Reiner Klingholz**, 44, hat früher selbst als Molekularbiologe an jenen Biomolekülen geforscht, die das Leben formen. Der schwedische Fotograf **Lennart Nilsson**, 75, gilt als Großmeister der Wissenschaftsfotografie. Seit über 30 Jahren dokumentiert er die Entstehung des Lebens von der ersten Zelle bis zum ersten Schrei.

Für die zartgliedrige Frau war es die erste Niederkunft.

„Demütig-ergeben“, so schildert ein Augenzeuge die Hausgeburt Anfang des Jahrhunderts im Schweizer Löt-schental, ließ die werdende Mutter „die heftigen Austrei-bungswehen über sich erge-hen. Sie trug Rock und Kittel; der Unterleider hatte sie sich entledigt. Sie hielt sich am Strick, welcher für sie an ei-nem Deckenbalken der Stube befestigt war. In der Wehen-pause kauerte sie sich auf die Ofenbank. Begann eine neue Kontraktion, griff sie zur Seil-schlinge.“

Die Hebamme kniete sich bei jeder Wehe vor die junge Frau, „faßte sie unterm Rock an beiden Hüftbeinen und drehte sie mit äußerst kräfti-gen, ruckartigen Bewegungen einige Male hin und her, um ‚das Becken zu lösen und das Kind herunterzuschütteln‘.“ Stoisch ertrug die Erstgebären-

Knospengleich wächst der Fetus auf einem Stich von 1627 aus Padua



de die Behandlung. Als das Kind zum Vorschein kam, wurde es von der Hebamme „ge-schickt aufgefangen“. Sie band mit einer – durch Bienenwachs gezogenen – Hanfschnur den Nabelstrang ab und schnitt ihn mit einer Haushaltsschere durch. Auf den Nabelstumpf träufelte sie heißes Öl.

Das Kind im Stehen heraus-schütteln? Drücken, reiben, pressen, zerren? Nichts von solch rabiater Entbindung ist beim „Fest“ der „sanften Ge-burt“ à la Frédéric Leboyer geblieben. Kaum vier Genera-tionen liegen zwischen stoisch ertragener Qual und zart-fühlender Fürsorge.

Zu allen Zeiten haben Heb-ammen und Ärzte Babys heil ans Licht der Welt zu holen versucht. Und stets folgte die Geburtshilfe nicht allein ratio-nalen Notwendigkeiten, son-dern – bei Kleopatra sowohl wie heute bei Frau Schulze – auch der Mode. Religion und soziales Umfeld, der Stand der Wissenschaft und der Technik prägen das Verhalten von Ge-bärenden wie Geburtshelfern. Konstant bleibt nur die biolo-gische Basis: Das Kind kommt aus dem Leib der Mutter.

Die natürlichste Sache der Welt war beim Menschen von Anbeginn mit Schmerzen und Risiken verbunden. Denn bei der Geburt des *Homo sapiens* fordert die Natur einen Kom-promiß zwischen dem großen Kopf des Kindes und der Archi-tektur des mütterlichen Beckens. Zwar kommen Men-schenkinder im Vergleich zu tierischem Nachwuchs sehr „unreif“ zur Welt – mit nur rund 23 Prozent des späteren Gehirngewichts. Aber für den engen Geburtskanal ist auch das schon fast zuviel.

Methoden und Moden – ja Rituale – des Gebärens und der Geburtshilfe hatten darum im-mer drei Hauptziele: die Ent-bindung zu erleichtern, Gefah-

ren für Mutter und Kind abzu-wenden und Schmerzen zu lin-dern. Mehr als Helfer und Heilmittel – von Kräuterkom-pressen über Wehentropf bis zur Peridural-Anästhesie – spielt dabei die „Haltung“ der Schwangeren eine Rolle.

Bei etwa zwei Dritteln der Menschheit war und ist die in

westlichen Industrieländern heiß diskutierte „Gebärhal-tung“ kein Thema: In fast al-len Kulturen brachten und bringen Frauen ihre Babys keineswegs liegend zur Welt: Eine Geburt im Stehen zeigt schon ein etwa 10000 Jahre altes Felsbild aus der Zentral-sahara – wahrscheinlich die

DAS ENDE

GEBURT



MANCHE BABYS
WELT. ANDERE
»WEISER FRAU

DER GEBORGENHEIT



KOMMEN WIE VON ALLEIN AUF DIE
UNTER WASSER – UND NUR MIT HILFE
EN«, DER HEBAMMEN UND DER ÄRZTE

älteste bekannte Darstellung des Themas. Die 3500 Jahre alte ägyptische Hieroglyphe für „gebären“ zeigt eine Entbindung auf „Gebärsteinen“. Kleopatras Niederkunft – im Knien – schildert ein altes Flachrelief im Tempel von Hermonthis. Dabei genossen Frauen der Aristokratie da-

mals eigentlich das Privileg, auf einem Stuhl zu gebären. Gebärstühle erleichterten auch vornehmen Griechinnen und Römerinnen die Entbindung.

Hockend kamen und kommen auch Chinesinnen nieder. So beschreibt der Arzt Wang Dui Me in einem Lehrbuch der Ge-

burtshilfe von 1785 eine „auf Stroh sitzende Kreißende, die unter großer Mühe und Sorge“ und unter „Aufwendung aller ihrer Kraft“ ihr Kind zur Welt bringt.

Stehend oder sitzend, kniend oder halb liegend gebären bis heute Frauen sogenannter Naturvölker. Sie stüt-

zen sich dabei auf Pfähle, lehnen sich an Baumstämme, halten sich an Seilen. Ihre Mütter und Schwiegermütter, Freundinnen und „weise Frauen“ – mitunter auch ihre Männer – stehen ihnen bei.

Wie Atemne, eine junge Frau vom Volk der Bime im zentralen Bergland von Neu-

guinea, ihr erstes Kind zur Welt brachte, haben der Ethnomediziner Gunter Konrad und seine Frau Ursula beobachtet: Nachts setzen bei Atemne heftige Wehen ein. Die Mutter zeigt ihrer unerfahrenen Tochter, wie sie sich während der Wehen an zwei Stöcken festhalten kann und wie sie in der

by – ein kleines Mädchen – zum erstenmal anblickt. Als es zu regnen beginnt und kühl wird, wickelt sie es samt der Plazenta in Bananenblätter und trägt es ins Frauenhaus. Die Nabelschnur trennen die Bime erst einige Stunden nach der Geburt mit einem Bambusmesser durch.

en. Einige afrikanische Stämme glauben sogar, daß diese Position den Tod des Kindes herbeiführe.

In halb sitzender Körperhaltung kreißen – bis vor nicht allzu langer Zeit – auch Frauen in Europa. Hilfsmittel wurden vom späten Mittelalter an benutzt: allerlei Sitz- und Stützgeräte für die Frau sowie Instrumente zur „Extraktion“ des Kindes, die wohl oft eher Angst als Zuversicht einflößten.

Dank der Einführung des Buchdrucks Mitte des 15. Jahrhunderts erfuhr geburtshilfliches Schrifttum in Europa bald große Verbreitung – und damit auch der Gebärstuhl. Er war ein stabiles, gelegentlich gepolstertes Möbel aus Holz, mit Lehnen für den Rücken und Griffen oder Stützen für Hände und Arme. Eine Öffnung in der Mitte des Sitzes erlaubte es, das Kind von unten her aufzufangen. Die Hebamme kauerte auf einem niedrigen Schemel vor dem Stuhl und überwachte die Geburt, indem sie „blind“ – wenn auch kundig – deren Fortgang unter den Rücken der Gebärenden mit den Händen ertastete. Und das nicht nur der ausgeprägten Schamhaftigkeit wegen, sondern auch weil die Hebammen fürchteten, Mutter und Kind könnten sich erkälten.

Die Schamhaftigkeit war in Europa im 16. und 17. Jahrhundert so groß, daß werdende Mütter sich oft hinter einem aufgespannten Tuch vor ihrer Hebamme und den manchmal anwesenden Geburtshelfern verbargen. In jene Zeit sind aber auch die Anfänge der modernen experimentellen Medizin zu datieren: 1610 gelang dem Wittenberger Chirurgen Jeremias Trautmann – vermutlich erstmalig – eine Entbindung per Kaiserschnitt, bei der Mutter und Kind nachweislich am Leben blieben.

Damals begannen Männer, die – zuvor „weisen Frauen“ vorbehaltene – Geburtshilfe zu übernehmen. Nun wurde die Bequemlichkeit des Arztes bei der Behandlung und bei der Anwendung von Instrumenten wichtiger als die herkömmliche Haltung der Gebärenden. So bestimmte etwa der berühmte französische Geburtshelfer Mauriceau (1637–1709), wie eine Frau ordentlich niederzukommen habe. Das „lit de misère“ – das „Elendsbett“ – war seine Konstruktion, deren Hauptvorteil er so beschrieb: „die Unbequemlichkeit zu vermeiden, die Frau nach der Geburt (ins Bett) transportieren zu müssen“.

Von nun an lagen Kreißende in Europa hilflos wie Maikäfer auf dem Rücken. Männer schafften also die herkömmliche – physiologisch offensichtlich sinnvolle – Gebärhaltung ab, allerdings auch die der Geburtshilfe eher abträgliche Prüderie. Ein Mann war es auch, der Tausenden und Aber-tausenden von Wöchnerinnen das Leben rettete: Der österreichische Arzt Ignaz Philipp Semmelweis erkannte 1847, woran etwa jede zehnte Frau nach einer Geburt wegen „Kindbettfieber“ starb – an mangelnder Hygiene der Geburtshelfer.

Nicht allen Ärzten galt indes das „Elendsbett“ als unantastbare Errungenschaft. Ende des 19. Jahrhunderts kritisierte zum Beispiel der deutsch-amerikanische Mediziner und Ethnologe Gustav Engelmann „die Rückenlage“: „Sie ist nicht allein die naturwidrigste, unphysiologischste. Sie beraubt die Frau der Vorteile, welche die Schwerkraft als Hilfsmittel der Austreibung“ bietet.

Solche Kritik fruchtete jedoch wenig. Erst in den sechziger Jahren dieses Jahrhunderts schwoll der Unmut wider das horizontale Geburtsgewerbe



Ein Kaiserschnitt nimmt den Schmerz bei der Geburt – aber auch das unvergeßliche Erlebnis. Wird nur unter Teilnarkose operiert, kann die junge Mutter ihr Baby immerhin gleich danach begrüßen

Austreibungsphase in der Hocke pressen soll.

Sorgenvoll und in gebührendem Abstand nimmt der Ehemann am Geschehen Anteil. In den Wehenpausen legt sich Atemne erschöpft auf ihre linke Seite ins Gras. Dann platzt endlich die Fruchtblase. Die Angehörigen entfernen sich und überlassen die junge Frau ihrem Schicksal – die Bime fürchten, in dieser Phase könnte die Gegenwart anderer Menschen Geister stören, die der Geburt einen günstigen Verlauf geben sollen.

Hockend bringt Atemne schließlich am Nachmittag ihr Kind zur Welt. Es gleitet etwa 20 Zentimeter tief ins Gras. Eine gute Viertelstunde vergeht, bevor die junge Mutter ihr Ba-

Die Vorteile der senkrechten Geburtshaltung haben auch manche westlichen Mediziner schon im letzten Jahrhundert erkannt. Als „vortrefflich“ lobte zum Beispiel der englische Missionsarzt C. I. Egan im Jahr 1858 die aufrechte Körperhaltung einer „auf dem Boden sitzenden Negerin“, die den Rücken an einen Pfahl stützte: „Die Frau hat volle Kraft, nach abwärts zu drücken und ihre Wehen zu verarbeiten.“ Der Damm erhalte die „rechte Stütze dadurch, daß er auf einer festen Unterlage ruht; so kann das Kind mit dem Kopf nicht zu rasch durchtreten“. Die Rückenlage während der Geburt bevorzugen bei wenigen Naturvölkern nur manche Frau-

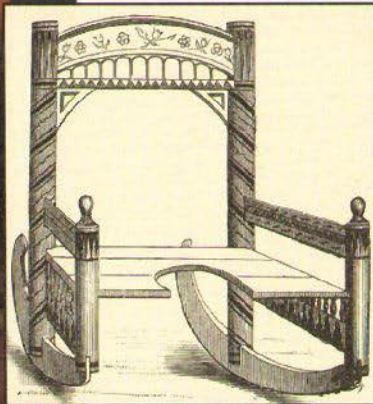


**DIE SCHWERKRAFT
UND DER VATER
HELFFEN, WÄHREND
DIE PRESSWEHEN
DAS BABY AUF DEN
WEG DURCH DEN
GEBURTSKANAL
SCHICKEN**

an. Renommee Gynäkologen wie Roberto Caldeyro-Barcia aus Uruguay nannten weitere Gründe gegen das Gebären im Bett – vor allem die Gefahr für die Blut- und damit Sauerstoffversorgung des Ungeborenen: Wenn die Kreißende auf dem Rücken liegt, drückt das Kind mit seinem ganzen Gewicht auf die mütterliche Vena cava inferior, die wichtigste Vene im Unterleib.

Gleichwohl verteidigten andere Fachärzte die Niederkunft im Liegen hartnäckig bis in die Gegenwart: Geburtshilfliche Eingriffe ließen sich in dieser

Wie im 18. Jahrhundert werden Gebährstühle auch heute genutzt



Position besser vornehmen, die Herztöne des Kindes besser überwachen, und insgesamt sei der Geburtsverlauf besser zu kontrollieren.

In der Tat sind die Erfolge der modernen Geburtshilfe enorm. Vor allem das größere Engagement der Ärzte für die Gesundheit des Kindes vor, während und unmittelbar nach der Geburt – die „perinatale Medizin“ – erhöhte die Überlebenschancen besonders bei problematischen Entbindungen. So konnte etwa in Westdeutschland die Säuglings-Sterblichkeit von 2,3 Prozent im Jahr 1970 auf heute rund 0,5 Prozent gedrückt werden – ein Erfolg, der auch werdende Mütter beeindruckte. Sie

nahmen daher ohne Protest in Kauf, vor der Niederkunft mit allerlei Meßgeräten verkabelt und somit zusehends bewegungsunfähiger zu werden.

Hebammen und Geburtshelfer waren in den siebziger Jahren bestrebt, den Frauen in Vorbereitungskursen die Angst vor der Technik zu nehmen. Verstärkt durch den Geburtenrückgang setzte ein regelrechtes Werben um die Schwangeren ein. Sie sollten sich wohl fühlen. Nun durften auch die – zuvor nicht einmal in der Nähe des Kreißsaals geduldeten – Väter bei der Geburt zugegen sein. Sogar den Babys, den fast vergessenen Hauptpersonen des Spektakels, wurden emotionale Bedürfnisse zugestanden. Seitdem sichert ihnen das „Rooming-in“ einen Dauerplatz neben ihren Müttern.

Damit gaben sich die Frauen jedoch keineswegs zufrieden. Sie informierten sich zunehmend über unterschiedliche Geburtspraktiken und ließen nicht mehr einfach über sich ergehen, was in den einzelnen Kliniken üblich war. Ein „natürlicherer“, menschlicherer Ablauf der Entbindung wurde ihnen ebenso wichtig wie technisch perfektionierte Sicherheit – manchmal sogar wichtiger. Sie wollten die vielleicht bedeutendste Erfahrung ihres Lebens möglichst wach und bewußt miterleben, ja, genießen.

Viele Frauen wünschten, zu Hause zu entbinden, und nahmen dabei die Unbequemlichkeit eines Wohnzimmer- oder Küchentisches ebenso in Kauf wie die größeren Risiken für das Kind. Andere wiederum forderten, das Kind solle „sanft“ und „ohne Gewalt“ zur Welt kommen, so wie es Frédéric Leboyer und Michel Odent in Frankreich propagierten. Der Trend zur „sanften Geburt“ wurde zudem durch

neue, erstaunliche Erkenntnisse über die Erlebnisfähigkeit von Neugeborenen gefördert, die das junge Fachgebiet der „Neonatalogie“ beisteuerte.

Das wachsende Interesse am Wohlergehen der Babys dämpfte zugleich den Enthusiasmus für schmerzunterdrückende Medikamente. In den sechziger Jahren war die „Schlafgeburt“ – bei der die Frauen erst aus ihrer Narkose aufwachten, wenn das Kind geboren war – in Mode. Sie wurde ein Jahrzehnt später von der

Prozent der Gebärenden die Peridural-Anästhesie verabreichen. Anfang der achtziger Jahre waren es noch 70 Prozent. „Schmerzen“, erklärt der Klinikchef Konstantin Martin, „werden heute als Teil eines natürlichen Geschehens weitgehend akzeptiert.“

Martin setzt auch unkonventionelle Mittel gegen Wehenschmerzen ein: homöopathische Präparate, Akupunktur und Reflexzonen-Therapie, bei der Kochsalzlösungen an bestimmten Nervenpunkten eingespritzt werden.

Und hat damit gute Erfahrungen.

Noch bessere im Sinne einer angsthemmenden Psycho-Propylaxe gewann Martin damit, Schwangere von Anfang an jeweils von einer bestimmten Hebamme betreuen zu lassen: Diese kommt auch ins Haus, falls die werdende Mutter eine der terminierten Untersuchungen versäumen sollte;

Halb sitzend, halb liegend kamen Frauen im Italien des 16. Jahrhunderts nieder. Geburtshilfe war fast immer Frauensache



Peridural-Anästhesie abgelöst: Bei ihr bleibt die Gebärende bei vollem Bewußtsein, während ein in die Außenhülle – die „Dura“ – des Rückenmarks gespritztes Schmerzmittel die Geburtspein lindert.

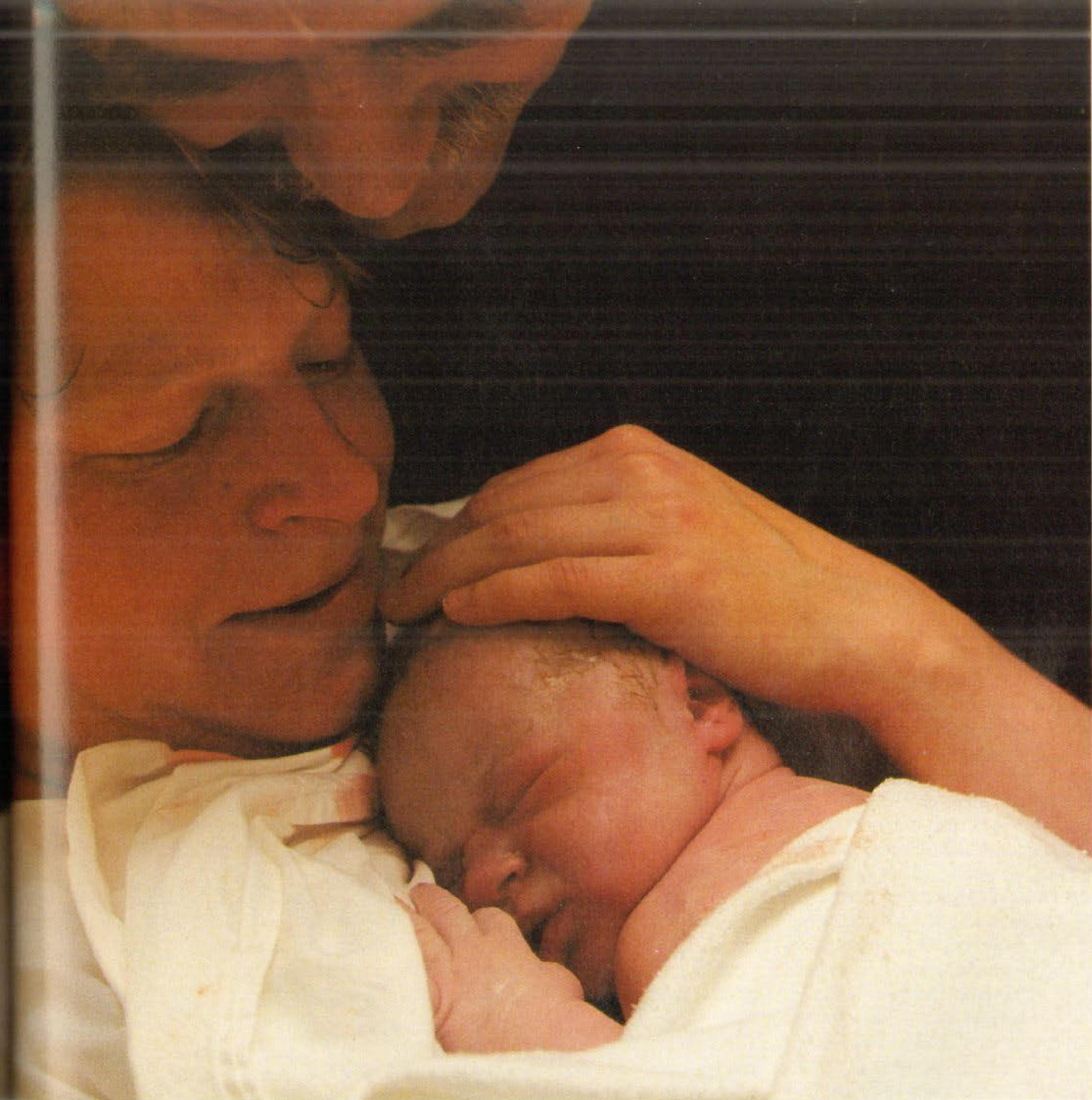
Heute läßt sich der Schmerz per Infusion mit einem Dauerkatheter so gezielt niederhalten, daß eine Betäubung des Kindes fast völlig vermieden werden kann. Dem Ideal eines komfortablen Geburtserlebnisses war, so schien es, endlich Genüge getan.

Doch lassen sich etwa im Hamburger Allgemeinen Krankenhaus Barmbek, das eine der größten deutschen Entbindungsstationen mit mehr als 2500 Geburten pro Jahr unterhält, nur noch weniger als 25

sie ist verfügbar, wenn sich die Geburt ankündigt; sie kümmert sich während der Entbindung und anschließend am Wochenbett um Mutter und Kind.

Methoden und Moden der Geburtshilfe haben sich innerhalb der letzten Jahrzehnte mit wachsender Geschwindigkeit abgelöst. Einige Trends konnten sich nicht durchsetzen – die „schmerzlose Geburt“ und die Entbindung zu Hause, die Niederkunft unter Wasser ebenso wie die von Gynäkologen zugunsten einer besseren Planbarkeit des Klinikbetriebs erfundene „programmierte Geburt“. Sie waren entweder einfach unrealistisch oder zu riskant für Mutter und Kind.

ERSTAUNLICH
SCHNELL IST DIE
TORTUR DER GEBURT
VERGESSEN. NUN
STEHT EIN NEUER
MENSCH IM MITTEL-
PUNKT. NICHT ALLEIN
HORMONE, AUCH
GEFÜHLE REGIEREN
UND BESCHEREN
DAS EINZIGARTIGE
GLÜCK, DAS NUR JUNGE
MÜTTER KENNEN



Insgesamt sind die Entbindungspraktiken inzwischen viel flexibler geworden und nutzen manche neuentwickelten oder traditionellen Methoden oder Geräte. So ist in vielen europäischen Kliniken der ehrwürdige Gebärstuhl – allerdings modernen Erkenntnissen angepaßt – wiederentdeckt worden.

Heute können Frauen während der unterschiedlichen Geburtsphasen frei die für sie angenehmste Haltung wählen – Sitzen, Liegen, Hocken und sogar den „Vierfüßlerstand“. Die drahtlose – telemetrische – Überwachung von Mutter und Kind über einen Mini-Sender auf dem Bauch der Frau er-

möglichen völlige Bewegungsfreiheit. Die Hochschwangeren können sogar bis unmittelbar vor der Geburt im Park neben der Klinik spazierengehen.

Die Statistik scheint solch unorthodoxer Geburtshilfe recht zu geben: Die perinatale Sterblichkeit ist etwa im Krankenhaus Barmbek sehr nied-

rig. Am wichtigsten sei jedoch – so Konstantin Martin – „die Droge Hebamme und Arzt“: „Je besser und liebevoller eine Frau sich versorgt fühlt, desto weniger Medikamente braucht sie, desto risikoärmer verläuft die Geburt.“ □

Katharina Zimmer, ehemalige Redakteurin des „Zeitmagazin“, lebt als Autorin in Frankreich.

GENTHERAPIE KUR FÜR KRANKE

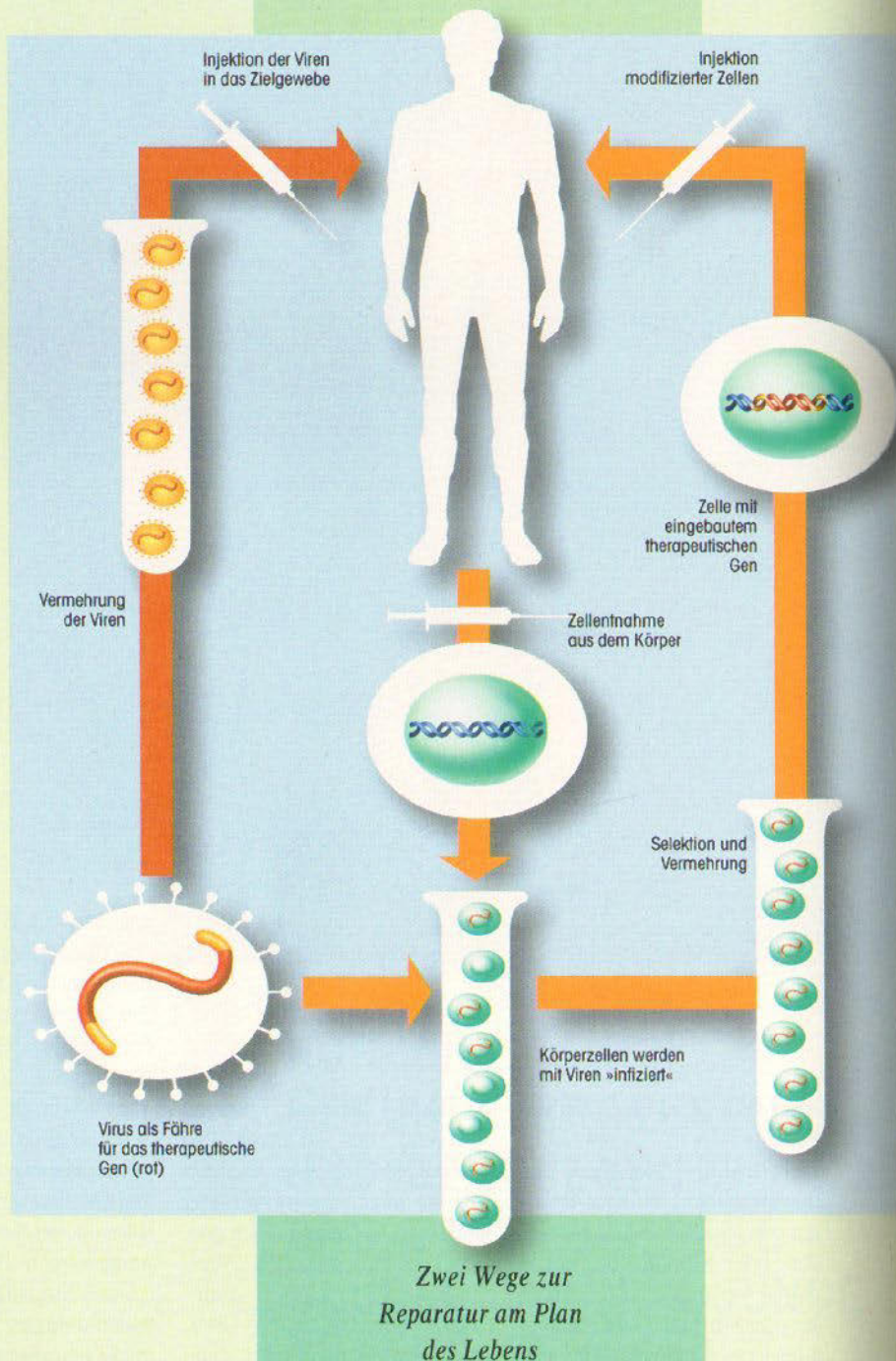
Eine Revolution der Medizin stehe bevor, behaupten Wissenschaftler. Der Ersatz defekter Erbsubstanz soll zum erstenmal die Heilung genetischer Leiden möglich machen. Bisher jedoch ist jeder Versuch gescheitert

Es begann mit einem Fehlstart: 1968 reichte der junge amerikanische Mediziner French Anderson beim renommierten New England Journal of Medicine einen Artikel ein mit dem Titel „Gegenwärtige Möglichkeiten zur Korrektur genetischer Defekte“. Darin skizzierte er optimistisch seine Ideen, mit Genen Krankheiten zu heilen. Die Zeitschrift lehnte ab. Er bedauerte, schrieb der Herausgeber, der Aufsatz sei zwar faszinierend, aber er enthalte mehr medizinische Prophezeiungen als medizinischen Fortschritt.

30 Jahre später, die Wissenschaft ist um Hunderte Millionen Dollar Forschungsgelder ärmer und um die Erkenntnisse aus Tausenden von Publikationen reicher, ist nach wie vor offen, ob Andersons Vision Wirklichkeit werden oder Spekulation bleiben wird: ob die Gentherapie die Medizin revolutionieren oder in einer Sackgasse enden wird. Nur so viel ist klar, wie Theodore Friedmann, ein Gentherapie-Pionier von der University of California in San Diego, nüchtern feststellt: „Bislang hat noch kein Ansatz die Gesundheit eines einzigen der mehr als 2000 an klinischen Studien beteiligten Patienten eindeutig verbessert. Die Hindernisse sind gewaltiger, als viele von uns erwartet haben.“

Das Staunen über die Schwierigkeiten ist um so größer, als das Grundprinzip der Erbgut-Behandlung bestechend einfach erscheint: Man identifiziere das einem Leiden zugrundeliegende fehlerhafte Gen, vervielfältige eine fehlerfreie Variante davon und schleuse sie als nacktes Molekül oder mit Hilfe von „Fähren“ – Viren oder Fettkügelchen – in Körperzellen. Dort übernimmt der neue, intakte Erbabchnitt die Aufgabe des defekten Gens.

Ursprünglich zielten Wissenschaftler auf „monogene“ Leiden, bei denen ein einziges Gen defekt ist wie bei der Zystischen Fibrose, der Bluterkrankheit und dem angeborenen Blutfettüberschuß.



MOLEKÜLE

Bald nahmen Genforscher auch komplexe Krankheiten wie Krebs, Rheuma und Infektionen wie Aids ins Visier. Über die Hälfte der bislang gut 200 klinischen Studien weltweit widmet sich der Tumorbekämpfung.

Den ersten genehmigten Heilversuch am Menschen wagten French Anderson, Kenneth Culver und Michael Blaese von den Nationalen Gesundheitsinstituten (NIH) der USA im September 1990. Sie übertrugen genetisch veränderte Blutzellen einem vierjährigen Mädchen mit einer seltenen lebensbedrohlichen Immunschwäche: Der Körper des Kindes produzierte das Enzym Adenosin-Desaminase (ADA) nur unzureichend. Aufgrund dieses Stoffwechseldefekts gehen weiße Blutkörperchen zugrunde und kann eine normalerweise harmlose Erkältung tödlich enden.

Bei der Vierjährigen und anderen jungen Patienten kurbelten die manipulierten Zellen tatsächlich die ADA-Produktion an. Da die Kinder zur Sicherheit aber nach wie vor regelmäßige Injektionen von Rinder-ADA erhalten, ist die Effizienz der molekularen Kur nicht zu bewerten.

Weitere Studien folgten rasch – zu rasch, wie Ende 1995 eine von den NIH eingesetzte Kommission zur Gentherapie-Forschung bemängelte. Die Gutachter kritisierten, daß die Wissenschaftler mit Experimenten am Menschen begonnen hätten, ohne die Krankheitsprozesse selbst vollständig zu verstehen.

Die NIH-Gutachter bescheinigten den Genforschern auch Schaumschlägerei: „Eine überzogene Darstellung der klinischen Gentherapie hat die erkundende Natur der frühen Studien verdeckt und zu der weitverbreiteten, aber falschen Wahrnehmung geführt, daß die Methode bereits sehr erfolgreich ist.“

Die Haupthürde der Gentherapie ist bislang die Übertragung der intakten

Erbgut-Schnipsel. Die Gen-„Fähren“ erweisen sich häufig als ineffizient: Sie liefern ihre Fracht in zu wenigen Zellen ab. Wenn es dann einmal gelingt, die fremde Information, niedergeschrieben in den Code-Molekülen RNS und DNS, erfolgreich einzuschleusen und Eiweiße nach ihrer Anleitung zu produzieren, verstummt sie nach Tagen oder Wochen aus unerfindlichen Gründen. Einen Stolperstein sieht Theodore Friedmann auch in der Immunreaktion des Organismus: „Wir haben noch wenig Anhaltspunkte, wie das Abwehrsystem des Patienten antworten wird, wenn es mit dem scheinbar fremden Protein des therapeutischen Gens konfrontiert wird.“

Von vielen Wissenschaftlern heruntergespielt, aber längst nicht abgeschlossen ist das heikle Kapitel Sicherheit: Eine häufig genutzte Klasse

von Transport-Vehikeln, die Retroviren, bauen ihr Erbgut an einer beliebigen Stelle in die DNS der Empfänger-Zelle ein. Dabei können sie ein intaktes Gen auseinanderreißen und etwa Krebs auslösen.

Deutlich gewarnt wurden die Gentherapie-Apologeten im Mai 1997: Eine Arbeitsgruppe am Heinrich-Pette-Institut für Experimentelle Virologie und Immunologie an der Universität Hamburg fand heraus, daß ein in Gentherapie-Versuchen beliebtes Virus bei Mäusen das Gehirn angreift.

Dennoch erklären die Optimisten, daß sich die Risiken eindämmen, die technischen Probleme lösen ließen. Daß die einfache Grundformel – intaktes Gen ist gleich intakte Gesundheit – wirklich aufgeht, steht für sie außer Zweifel. Dabei ist eben das durchaus fraglich. „Das Zellgeschehen ist äußerst komplex“, gibt Regine Kollek vom Forschungsschwerpunkt Biotechnik, Gesellschaft und Umwelt der Universität Hamburg zu bedenken. „Selbst bei monogenen

Krankheiten haben wir oft ein zu einfaches Bild von den Zusammenhängen.“

Unvermutet kann ein neuer Mosaikstein auftauchen, der das gängige Bild zu sprengen droht, wie jüngst bei der Zystischen Fibrose (ZF). Bei diesem Erbleiden sammelt sich in Lunge und Magen-Darm-Trakt zähes Sekret an und bildet den Nährboden für chronische Infektionen. Nach dem derzeit favorisierten Krankheitsmodell enthält das ZF-Gen den Bauplan für einen Iontentransporter in der Zellwand, durch dessen Defekt der klebrige Schleim entsteht.

Forscher von der Ochsner Medical Foundation in New Orleans behaupten nun, daß das ZF-Gen statt dessen eine ganz andere, vitale Aufgabe erfülle: Es steuere während der Embryonalzeit die Entwicklung bestimmter Drüsenzellen. Sollte sich diese These erhärten, würde das bisherige Gentherapie-Konzept für ZF am völlig falschen Hebel ansetzen und Patienten gefährden.

Zum Respekt vor der Komplexität der Zellvorgänge mahnen auch Befunde, wonach etwa die Wirkung eines Gens oft von dessen Position auf den Chromosomen abhängt. Oder daß bei manchen Menschen eine Krankheit trotz Mutation gar nicht oder nur mit schwachen Symptomen auftritt. Gene sind, so betont Richard Strohman von der University of California in Berkeley, keineswegs die oberste autonome Kontrollbehörde, quasi das Politbüro, sondern selbst eingebunden in ein Netz von Regulationen.

Angesichts der dicken Probleme und der mageren Erfolge äußert sich das Gros der Gentherapeuten heute bescheidener als vor zehn Jahren. Den Durchbruch haben sie in die ferne, ferne Zukunft verlegt. Die Methode „wird die Behandlung von Patienten revolutionieren“, orakelt Ron Crystal vom New York Hospital-Cornell Medical Center, „wir wissen aber nicht, wann und wie das geschehen wird“.

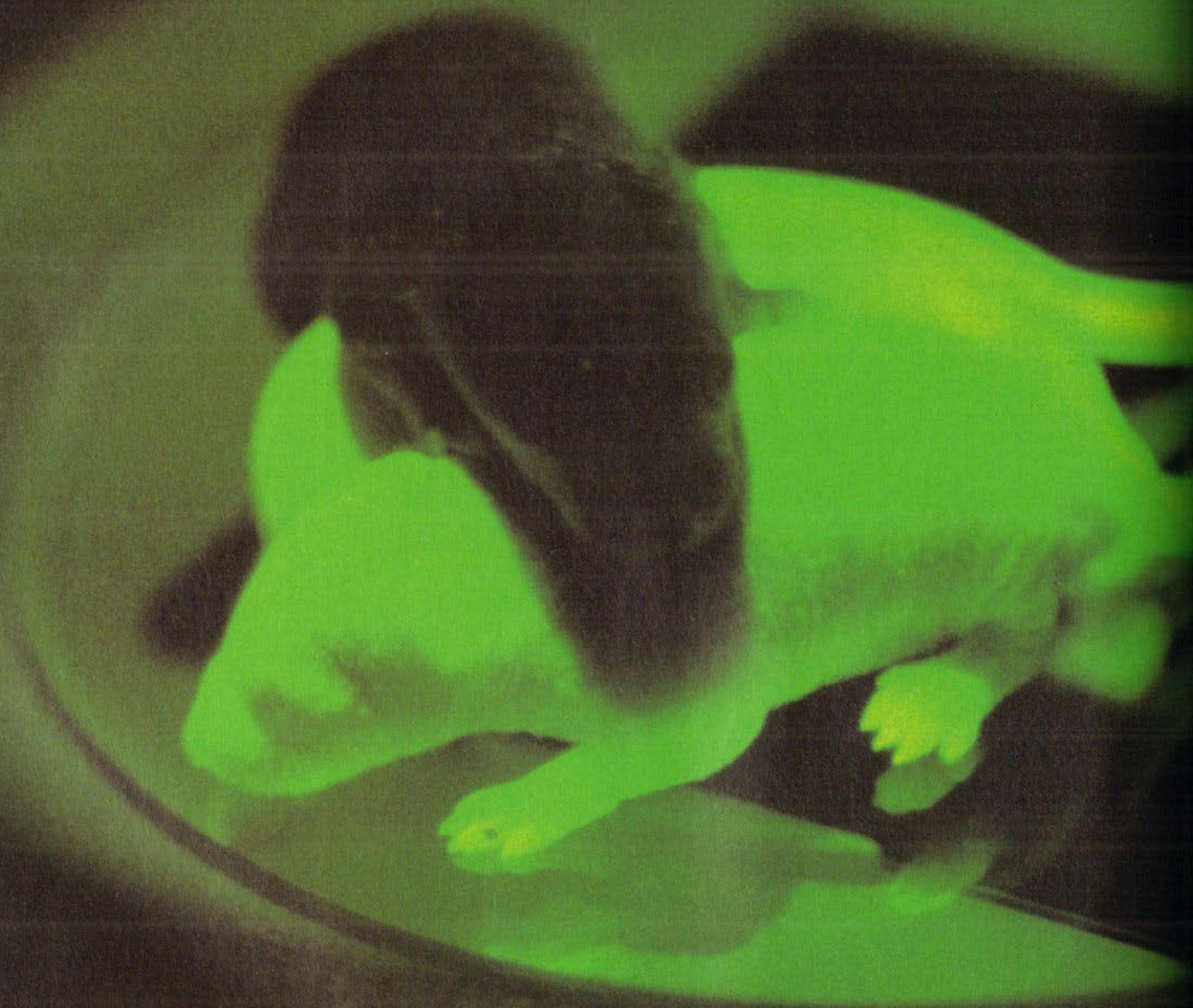
Klaus Bachmann

GEWAGTER TRANSPORT IN DEN KERN

TIERZUCHT

DIE FORSCHUNG AN LABOR- UND NUTZTIEREN HAT DIE GENETIK REVOLUTIONIERT. MANCHE ERGEBNISSE MUTEN AN, ALS KÄMEN SIE AUS DEM LABOR VON DR. FRANKENSTEIN

MÄUSE | KLONE



SENSATIONEN

VON JUTTA VON CAMPENHAUSEN

Sarah, die exzellente Rambo-Tochter mit mehreren Milchrekorden, hat zehn Transfer-Embryonen von Jolt.“ Per Internet preist das amerikanische Unternehmen Select Sires – auf Super-Sperma und Erste-Klasse-Embryonen spezialisiert – weltweit die Leibesfrüchte der schwarzbunten Holstein-Friesen-Kuh Sarah an. Nach einer Hormonstimulation haben Tierärzte ihr reife Eizellen aus dem Körper gespült, mit dem Samen des Zuchtbullen Jolt vereinigt und die Embryonen nach acht Tagen tiefgefroren.

Wer Sarahs Keime bestellt, erhält ein strohhalm dünnes, in flüssigem Stickstoff schwimmendes Röhrchen mit mikroskopisch kleinen Embryonen. In Ammenkühe übertragen, entwickeln sich daraus, mit etwas Glück, Musterkälber, ohne daß die Hochleistungsmutter erst monatelang trächtig ist, also für den nächsten Produktionszyklus wieder zur Verfügung steht.

Tierzucht ist ein High-Tech-Unternehmen geworden. Ohne künstliche Besamung läuft nichts mehr im Kuhstall. In-vitro-Fertilisation und Embryonenübertragung sind Routine, die den Weg bereitet hat für einen weiteren Durchbruch: für den gezielten Eingriff ins Erbgut, für das perfekt designte Nutztier. Und 1997 ging der letzte Akt der Domestikation in Szene: Wissenschaftler präsentierten ein Schaf, geklont aus der Körperzelle eines Muttertiers.

Dank der ersten ungeschlechtlichen Fortpflanzung eines Säugers scheint sich nun ein Traum der Züchter zu erfüllen: eine Kreatur mit den gewünschten Eigenschaften

vermehrten zu können, ohne sich auf das Lotteriespiel bei der Vereinigung zweier elterlicher DNS-Sets einlassen zu müssen. Solche Geschöpfe mit gezielt reproduzierten Eigenschaften sollen – so hofft man – nicht nur die wachsende Weltbevölkerung ernähren helfen, sondern auch Medikamente und Ersatzorgane für Menschen liefern.

Überdies sind die Arbeiten im Tierlabor oft nur der Vorlauf für die Anwendung am Menschen. In reproduktionsmedizinischen Zentren hantieren gelernte Veterinäre mit Embryonen, dem Embryotransfer beim Rind folgte Louise Brown, das erste „Retortenbaby“. Und für manchen Experten ist es nur noch eine Frage der Zeit, bis das geklonte Schaf sein menschliches Analogon findet.

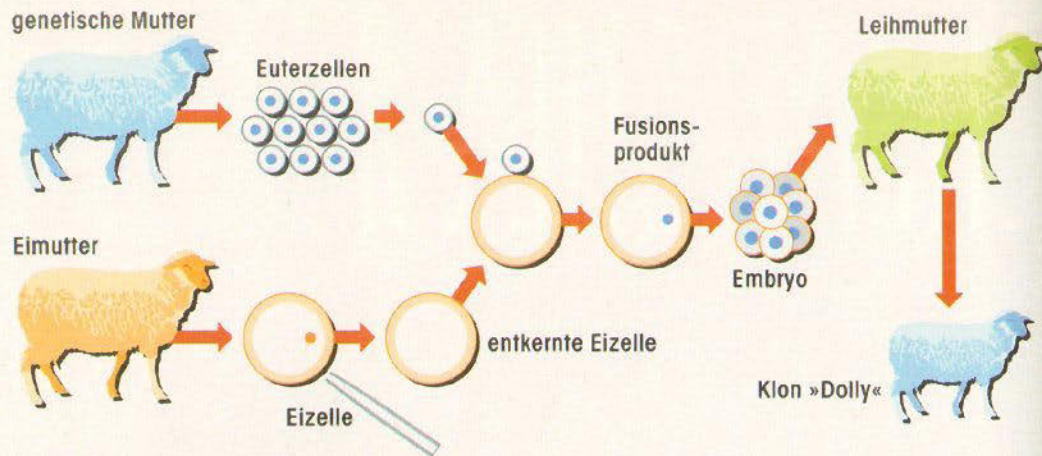
Für die Landwirte hat sich der hohe technische Einsatz längst gelohnt – zumindest gemessen an der Milchmenge: Mit jährlich 5600 Litern geben Kühe hierzulande im Durchschnitt heute mehr als doppelt soviel Milch wie in den fünfziger Jahren. Die Steigerung geht zum Großteil auf das Konto der künstlichen Besamung, die 95 Prozent der deutschen Rinder erfaßt.

Solch assistierte Empfängnis forciert die Verbreitung ausgewählten Erbguts enorm: Per tiefgefrorenes Sperma kann ein prämierter Bulle im Jahr bis zu 100 000 Nachkommen „zeugen“. Auf weiblicher Seite hat der Embryotransfer die Zucht beschleunigt: Rekord-Kühe bringen es in ihrem Leben nun auf über 50 Sprößlinge – statt wie früher auf drei bis sieben.

Am liebsten hätten es Landwirte, wenn dabei vor allem weibliche Nachkommen herauskämen. Denn Kühe mit enormer Milchleistung sind –

Japanischen Wissenschaftlern gelang es Mäusen ein Quallen-Gen zu implantieren. Jetzt leuchten die Nager, im ultravioletten Licht grün wie die Medusen

So entstand Dolly: Einem Schaf wurden Euterzellen entnommen, diese in ein Frühstadium ihrer Entwicklung zurückversetzt und mit einer entkernten Eizelle eines zweiten Schafes verschmolzen. Dieses Produkt begann sich zu teilen und wurde in die Gebärmutter eines dritten Schafes eingesetzt, und das gebar dann einen Klon



wie die pflegeleichten Zuchtsauen – ökonomisch attraktiver als Bullen und Eber. Ob männlich oder weiblich, läßt sich zwar am Embryo feststellen – durch Aufspüren des „männermachenden“ Y-Chromosoms oder des „weiblichen“ X-Chromosoms. Doch zur Chromosomenanalyse müssen Biologen die Eihülle aufschneiden und eine Zelle herauspräparieren. Keime mit verletztem Schutzmantel dürfen aber nicht mehr international gehandelt werden.

Da das Spermium das Geschlecht bestimmt, bliebe die Möglichkeit, die Kuh ausschließlich mit „weiblichen“ X-Chromosom-haltigen Samenzellen zu befruchten. Versuche, die beiden Spermien-Sorten mit Zentrifugen und elektrischen Feldern voneinander zu trennen, sind bislang jedoch fehlgeschlagen

Larry Johnson vom Germplasm and Gamete Physiology Laboratory im amerikanischen Beltsville, Maryland, fand einen – freilich noch verbesserungswürdigen – Dreh: Spermien werden mit einem fluoreszierenden Farbstoff markiert und in winzigen Tröpfchen verpackt an einem Laserstrahl vorbeigeschossen. Samenzellen mit dem X-Chromosom leuchten wegen ihres gering-

fügig größeren DNS-Gehalts etwas stärker und werden vom Gerät elektrisch positiv aufgeladen. Y-Spermien erhalten eine negative Ladung. In einem elektrischen Feld läßt sich der Tröpfchenstrom dann teilen. Mit einer Trenngenaugigkeit von mehr als 90 Prozent ist der allerdings im-

mens aufwendige Prozeß die derzeit einzige funktionierende Methode des „Sperma-Sexings“.

Doch nur rund ein Fünftel der Zellen überlebt die Sortieranlage – zuwenig für eine normale künstliche, genug aber für eine chirurgische Befruchtung, bei der die Sper-

mien direkt in den Eileiter gespritzt werden.

Obwohl Besamung, In-vitro-Fertilisation und Embryotransfer die Zucht seit den fünfziger Jahren kräftig voranbrachten, regierte nach wie vor in hohem Maß der Zufall. Denn die Mischung väterlicher und mütterlicher



Durch die – in der Natur unmögliche – Laborkreuzung von Schaf und Ziege entsteht die »Schiege« (links). Neu im Kunstzoo ist seit Januar 1998 die in Dubai zur Welt gekommene Chimäre aus Kamel und Lama



Erbanlagen ist unkalkulierbar. Erst nachdem die potenten Instrumente der Gentechnik aufgekommen waren, konnten Molekularbiologen einem Tier definierte Eigenschaften verpassen – etwa eine bessere Futterverwertung, schnelleres Wachstum und höhere Widerstandskraft gegen bestimmte Krankheiten.

„Mit klassischen Verfahren war da kein Weiterkommen“, erklärt Barbara Harlizius von der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Rinderzüchter, „fleischreichere Schweine sind stressanfälliger, Supermilchkühen droht die Euterentzündung. Erst die Gentechnik gibt uns die Chance, solche genetischen Widersprüche aufzuklären und die Leistung zu verbessern. So können Tiere mit völlig neuen Eigenschaften entstehen.“

Eine Vorreiterrolle im modernen Tierdesign hat Australien übernommen, jenes Land, in dem auf einen Einwohner fast zehn Rinder und Schafe kommen. Dort wartet die Firma BresaGen nur noch auf eine Gesetzesänderung, damit sie ihre patentierten Super-Schweine vermarkten kann. In den Zellen dieser Tiere steckt eine zusätzliche Kopie des Gens für ein Wachstumshormon. Die Schweine legen deshalb, so behauptet zumindest das Unternehmen, in kurzer Zeit große Mengen mageren Fleisches zu und sind – anders als viele früher produzierte, von Malaisen geplagte Rekord-Schweine – angeblich gesund. Bis BresaGen grünes Licht für seine Produkte hat, lagern deren Schweine-Spermien in flüssigem Stickstoff.

Dem Schaf, Australiens wichtigem Wirtschaftsfaktor, haben sich Wissenschaftler der Forschungsorganisation CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Re-

search Organisation) zugewandt. Merino-Lämmer sollen ein besonders dichtes Fell entwickeln. Normalerweise können die Wiederkäuer einen essentiellen Bestandteil der Wolle, den Eiweißbaustein Cystein, nicht selber bilden, sondern nehmen ihn mit der Nahrung auf. Und die ist in Australiens Weiten rar. Nachdem es den CSIRO-Genetikern gelungen war, eine Syntheseanweisung für das Cystein im Bakterium *Escherichia Coli* zu identifizieren, vervielfältigten sie die Gene und injizierten die Kopien mit einer ultrafeinen Glasnadel in Schafskeime.

Ob die Manipulation anschlägt, ist noch ungewiß. Denn Genveränderungen sind nach wie vor ein Roulettspiel – manchmal liest eine Zelle die übertragene Bauanweisung schlicht nicht ab, manchmal wird die fremde Informa-

tion zunächst befolgt, verstummt aber nach einiger Zeit.

Mehr Aufmerksamkeit als der Konstruktion besonders wolliger, besonders muskulöser oder besonders milchreicher Tiere widmen Züchter inzwischen dem „Genpharming“: Schafe, Ziegen und Kühe sollen, lebenden Pharmafabriken gleich, Arzneimittel produzieren und mit der Milch ausscheiden. Das Motiv für das starke Engagement liegt auf der Hand: Der enorme Aufwand lohnt sich eher für ein profitables Medikament als für ein Steak extra.

Prototyp dieser völlig neuen Generation von Nutztier ist das Schaf Tracy. Aus seinem Euter rinnen große Mengen des Stoffes Alpha-1-Antitrypsin (AAT). Dieses Schutz-Enzym fehlt in Europa und den USA etwa 100 000 Menschen, deren Lunge sich aufgrund eines

Erbfehlers quasi selber abbaut. Bislang wird AAT aus menschlichem Blutplasma gewonnen, doch die Produktion reicht kaum für ein Drittel der Kranken. Wegen der Übertragungsgefahr von Aids und Hepatitis ist das Präparat überdies in Verruf geraten.

Den Erfolg haben die Schöpfer von Tracy mit zahllosen Fehlversuchen erkaufte: Am schottischen Roslin Institute starteten Forscher mit 549 befruchteten Eizellen, in die sie jeweils zwischen 300 und 1000 Kopien des humanen AAT-Gens injizierten. Die DNS-Fragmente hatten sie an Genschalter gekoppelt, welche die Produktion von Milcheiweißen steuern – ein entscheidender Kniff, den sich amerikanische und britische Wissenschaftler 1987 ausgedacht hatten.

Mehr als 400 Keime starben oder nisteten sich



Schafe, in deren Zellen Menschengene implantiert sind, liefern lebenserhaltende Medikamente

während der Experimente in der Leihmutter nicht ein. Bei den 112 geborenen Lämmern enthielten die Zellen von fünf die gewünschte Erbinformation, drei Schafe produzierten das begehrte Eiweiß in ihrem Euter, und allein Tracy brachte es auf die Rekordkonzentration von 35 Gramm pro Liter. Sobald die Substanz die Hürden der Arzneimittelzulassung genommen hat, ist das Tier ein Vermögen wert..

Eine ähnlich kostbare Substanz ist der Blutgerinnungsfaktor VIII, von dem ein Gramm derzeit rund 1,5 Millionen Dollar kostet. Dieses Eiweiß fehlt Menschen mit Hämophilie A, der klassischen Bluterkrankheit. An der Erschließung einer tierischen Faktor-VIII-Quelle wird am Institut für Tierzucht und Tiervershalten im niedersächsischen Mariensee gearbeitet. Dort konnte der Stoff in der Milch umprogrammierter Schafe tatsächlich nachgewiesen werden, doch nur in verschwindend geringer Menge.

Eine der Hauptschwierigkeiten beim Gentransfer ist die Länge des Gens, das die Produktion von Faktor VIII steuert. Mit 186 000 DNS-Bausteinen gilt es als eines der größten im Körper. Funktionslose Füllsel haben die Molekularbiologen bereits herausgeschnitten. „Um nutzbare Konzentrationen zu erreichen, müssen wir das Gen anders verpacken“, sagt Heiner Niemann, der Leiter dieser Arbeitsgruppe. Er möchte künstliche Chromosomen einsetzen, im Labor gebaute Genträger, die der Zellapparat wie die natürlichen Vorbilder mitvermehrte.

Im März 1997 bekamen die Marienseer Forscher Schützenhilfe aus den USA: Huntington Willard von der Case Western Reserve University

in Cleveland präsentierte einen solchen bahnbrechenden DNS-Bausatz. Sein Kunstchromosom umfaßt sechs bis zehn Millionen Bausteine, ist damit zehn- bis zwanzigmal kleiner als ein natürliches, vermag aber weit mehr Fremdgene huckepack zu nehmen als alle bisherigen Übertragungsvehikel der Gentechnik. Das Konstrukt könnte, wie Fachleute vermuten, der Genmanipulation kräftigen Aufschwung verleihen.

Noch mit klassischer Manipulationstechnik gelangten vor kurzem Forscher von der Virginia Polytechnic and State University in Blacksburg ans Ziel: Ihre mit dem menschlichen Faktor-VIII-Gen ausgestatteten Schweine bilden das Eiweiß in ihren Milchdrüsen in beachtlichen Mengen – in zehnmal höherer Konzentration als die bislang für die Produktion verwendete Säugetier-Zellkulturen.

Neben dem Genpharming hat ein weiteres einträgliches Feld die Phantasie der Tierdesigner beflügelt: die Produktion von körperlichen Ersatzteilen – von Herzen, Lebern, Nieren, deren Zellen so manipuliert worden sind, daß das menschliche Abwehrsystem sie als artgleich toleriert. So könnten, versprechen die Protagonisten des Projekts, dem Mangel an Spenderorganen endlich abgeholfen werden. Der Pharma-Analytiker Peter Laing schätzt in einer Zukunftsstudie, daß im Jahr 2010 mehr als 100 000 Schweineherzen und 300 000 Schweinenieren transplantiert werden könnten.

Die ersten tierischen Ersatzteil-Lieferanten stehen bereits im Stall. Die Firma Imutran aus dem englischen Cambridge, eine Tochter des Schweizer Chemie-Giganten

Das US-amerikanische Jackson Laboratory züchtet Mausmutanten, die für spezielle Versuche eingesetzt werden und Rückschlüsse auf den Menschen zulassen. Den nackten Nagern mit der Runzelhaut fehlt beispielsweise die Immunabwehr





Dicke Maus zur Untersuchung von Fettleibigkeit



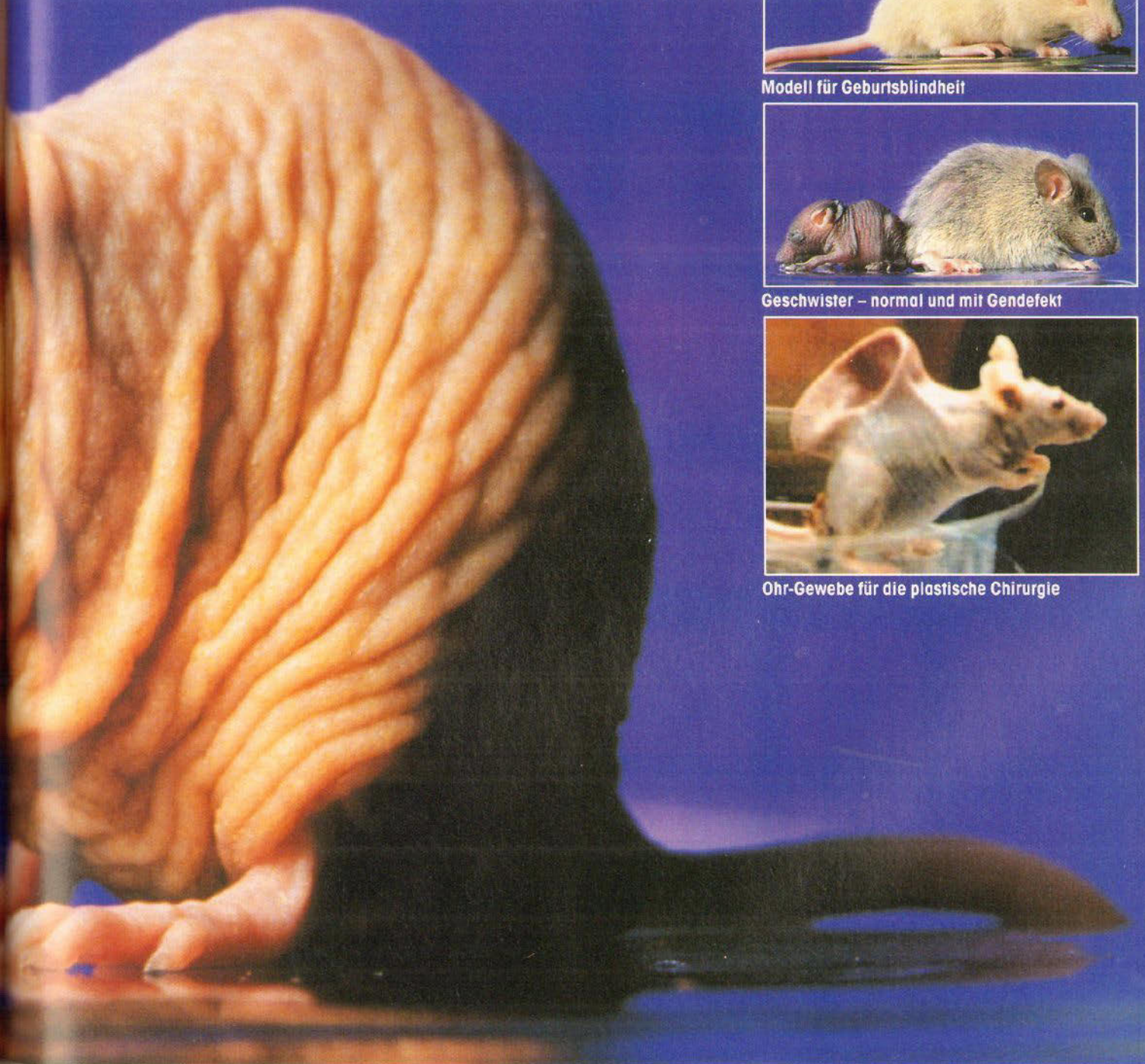
Modell für Geburtsblindheit



Geschwister – normal und mit Gendefekt



Ohr-Gewebe für die plastische Chirurgie





Der italienische Stier bringt es auf 1650 Kilogramm. Immerhin bis zu sieben Zentnern bringt ein Deckeier der Piétrain-mastschweine auf die Waage. Entsprechend begehrt sind die Spermien solcher Zuchttiere für die künstliche Befruchtung



Novartis, verfügt über eine ganze Herde von Schweinen, die Gene für Kennzeichen des menschlichen Immunsystems tragen. Und Jeffrey Platt, Transplantationsspezialist an der Duke University in North Carolina, nutzt „vermenschlichte“ Schweinelebern bereits seit 1995 als externe Blutwaschanlage für Schwerkranken. Drei eingeschmuggelte Gene sorgen dafür, daß die Schweinezellen auf ihren Oberflächen Erkennungsmoleküle zur Schau stellen, die einen menschlichen Ursprung vortäuschen.

Ob sich die Erwartungen in die Xenotransplantation, die Verpflanzung artfremder Organe, erfüllen, ist indes wieder sehr fraglich geworden. Seit längerem schon befürchten Fachleute, daß mit dem

Tiergewebe Viren und andere Krankheitserreger übertragen werden könnten. Ein Antrag der Firma Imutran auf klinische Prüfung ihrer Produkte liegt deshalb auf Eis. Er wird wohl auch so schnell nicht genehmigt werden. Denn jüngst entdeckten britische Forscher bei Schweinen zwei Retroviren, die mit dem Aids- und einem Leukämievirus verwandt sind. Da die Erreger in allen Körperzellen stecken, scheint es unmöglich

zu sein, Tiere ohne diese Belastung züchten zu können – ein schwerer Schlag für die Branche.

Mit der Geburt des Schafes Tracy und Astrids, jenes Schweins, das den Anfang der Imutran-Herde machte, sind die Züchter indes nicht am Ende ihrer Wünsche. Lukrativ wird es erst, wenn es gelingt, die Geschöpfe in großer Zahl zu kopieren. Denn bei einer Vermehrung auf natürlichem Weg können

die mühsam erzielten Qualitäten in den nächsten Generationen wieder verlorengehen. Krönung des Tierdesigns ist daher das Klonen, die Herstellung genetisch identischer Individuen.

Mit der Methode des Embryonensplittings erzeugte etwa Bernie Harford von der Firma „Genetics Australia“ Mehrlinge: Er zerlegte einen kugelförmigen Lebenskeim, päppelte die Einzelzellen, bis sie sich mehrfach geteilt hatten, und wiederholte den Vorgang wieder und wieder. Schließlich wuchsen in den Labor-

schalen 470 Embryonen, die sämtlich von einer einzigen befruchteten Eizelle abstammten. Nach der Übertragung auf Ammenkühe kamen allerdings nur sechs Kälber auf die Welt.

Einen anderen, ehrgeizigeren Weg schlugen der Embryologe Ian Wilmut und seine Kollegen vom Roslin Institute bei Edinburgh ein: Sie präparierten aus dem Euter eines Schafes eine Zelle heraus und kultivierten sie unter Entzug von Nährstoffen im Reagenzglas. Durch diesen Trick versetzten sie die Zelle quasi wieder in einen Urzustand, in dem sie als Vorlage für ein neues Wesen dienen konnte. Dann fusionierten sie die Euter- und eine entkernte Eizelle und pflanzten das Gebilde einem Ammenschaft ein. 277 Versuche und 750 000 Dollar benötigten die Tierdesigner. Heraus kam Dolly, das wohl teuerste Lamm der Welt, dessen Erbgut dem seiner Mutter völlig identisch ist:

Dollys Geburt im Jahr 1996 bedeutete eine Revolution in der Tierproduktion. Die Sensation war um so größer, als viele Spezialisten es für unmöglich gehalten hatten, aus einer erwachsenen Körperzelle Nachkommen zu schaffen.

Inzwischen hat das Team um Ian Wilmut gemeinsam mit Wissenschaftlern der schottischen Firma PPL Therapeutics den nächsten Coup gelandet. Die Wissenschaftler konnten, so berichteten sie im Dezember 1997, zwei identische Schafe mit einem Gen für den humanen Blutgerinnungsfaktor IX herstellen. Dieser Eiweißstoff mangelt Menschen, die an Hämophilie B leiden, einer Variante der klassischen Bluterkrankheit.

Als Rohelement nutzen die Molekularbiologen allerdings

nicht wie bei Dolly eine „erwachsene“, sondern eine fetale Zelle. Trotzdem ist damit das Ziel, Tiere mit profitablen Medikamenten-Genen vielfach zu kopieren, ein beträchtliches Stück nähergerückt.

Seit die In-vitro-Fertilisation den Zeugungsakt und das Klonen die sexuelle Fortpflanzung obsolet gemacht haben, scheint die Gebärmutter die letzte Bastion einer natürlichen Vermehrung zu sein. Sobald der Embryo aus seiner Eihülle schlüpft, muß er sich in der mütterlichen Schleimhaut einnisten, sonst stirbt er.

Doch wie lange gilt diese Begrenzung noch? In einer Tokyoter Klinik basteln Mediziner und Biologen an einem Techno-Uterus, den sie bereits mit Ziegen getestet haben: In einer Plexiglaswanne mit neun Liter künstlichem Fruchtwasser wuchs der vier Monate alte Fetus bis zur Pseudogeburt heran. Sein Reifegrad entsprach dem eines menschlichen Ungeborenen im sechsten Schwangerschaftsmonat, also in einer Entwicklungsphase, in der er unter Aufwendung aller intensivmedizinischen Kunstgriffe auch außerhalb des Körpers bereits eine Überlebenschance hat.

Der deutsche Gynäkologe Kurt Semm hielt schon 1987 die Ektogenese – die Heranreifung außerhalb des Mutterleibs – für ein „rein technisches Problem“. Für den Ersatz der Plazenta bedürfe es lediglich „einer physikalisch-technischer Klimmzüge, etwas Chemie, etwas Physik“.

Die Münchnerin **Jutta von Campenhausen**, 27, hat Biologie mit dem Schwerpunkt Neurobiologie und Tierphysiologie studiert und arbeitet heute als Wissenschaftsjournalistin in Weimar. Daß sie Vogelspinnen züchtet, erregt bei ihren Freunden manchmal Irritationen.



Kunst- und Ausstellungshalle
der Bundesrepublik Deutschland

27. März 1998 - 10. Januar 1999 in Bonn

Gen-Welten Prometheus im Labor ?

Museumsmeile Bonn
Friedrich-Ebert-Allee 4
Dienstag und Mittwoch 10 bis 21 Uhr
Donnerstag bis Sonntag 10 bis 19 Uhr
Freitag freier Eintritt für Schulklassen
Montag geschlossen

Telefon 0228 / 9171 - 200
www.kah-bonn.de · Lehrerservice: 0228 / 9171 - 247



**Verschenken
Sie GEOlino,
den Lesespaß
für Kinder**

NEU von GEO

☒ Ja, ich bestelle GEOlino zum Heft-Preis
von z. Zt. DM 4,90 (1 Jahr = 4 Hefte):

Name und Vorname des Bestellers

Straße, Nr.

PLZ, Wohnort

63 714 F

☐ Ich lese GEOlino selbst.

☐ Ich verschenke GEOlino an:

Name und Vorname des Geschenkeempfängers

Straße, Nr.

PLZ, Wohnort

63 715 G

Ich kann das Abo jederzeit kündigen.
Geld für bezahlte, aber noch nicht
gelieferte Hefte erhalte ich zurück.

☒ 1. Unterschrift des Bestellers*

Widerrufsrecht: Diese Vereinbarung kann innerhalb einer Woche beim GEOlino-Leserservice, 20080 Hamburg schriftlich widerrufen werden. Die Frist beginnt einen Tag nach Absendung der Bestellung.

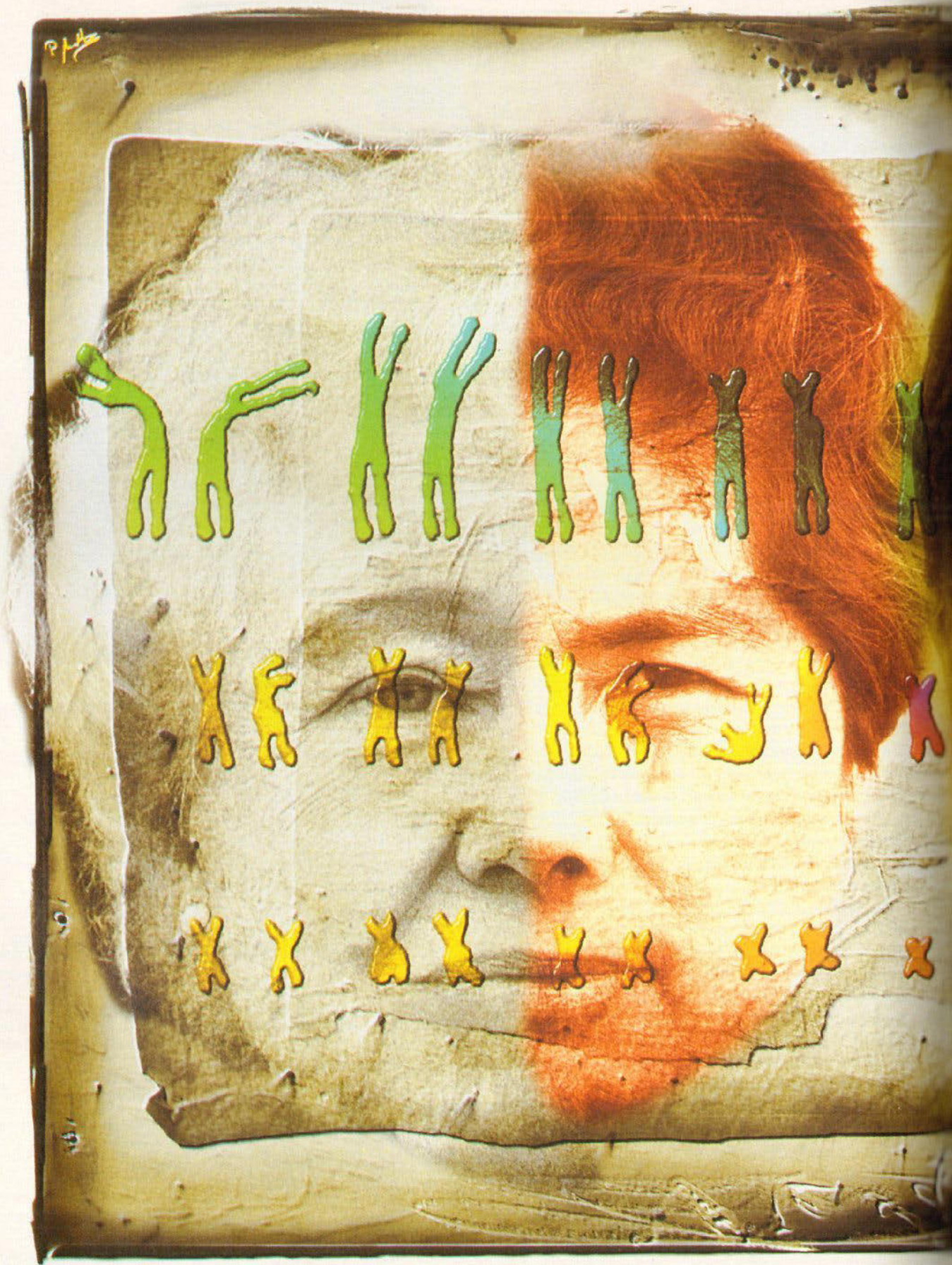
☒ 2. Unterschrift des Bestellers*

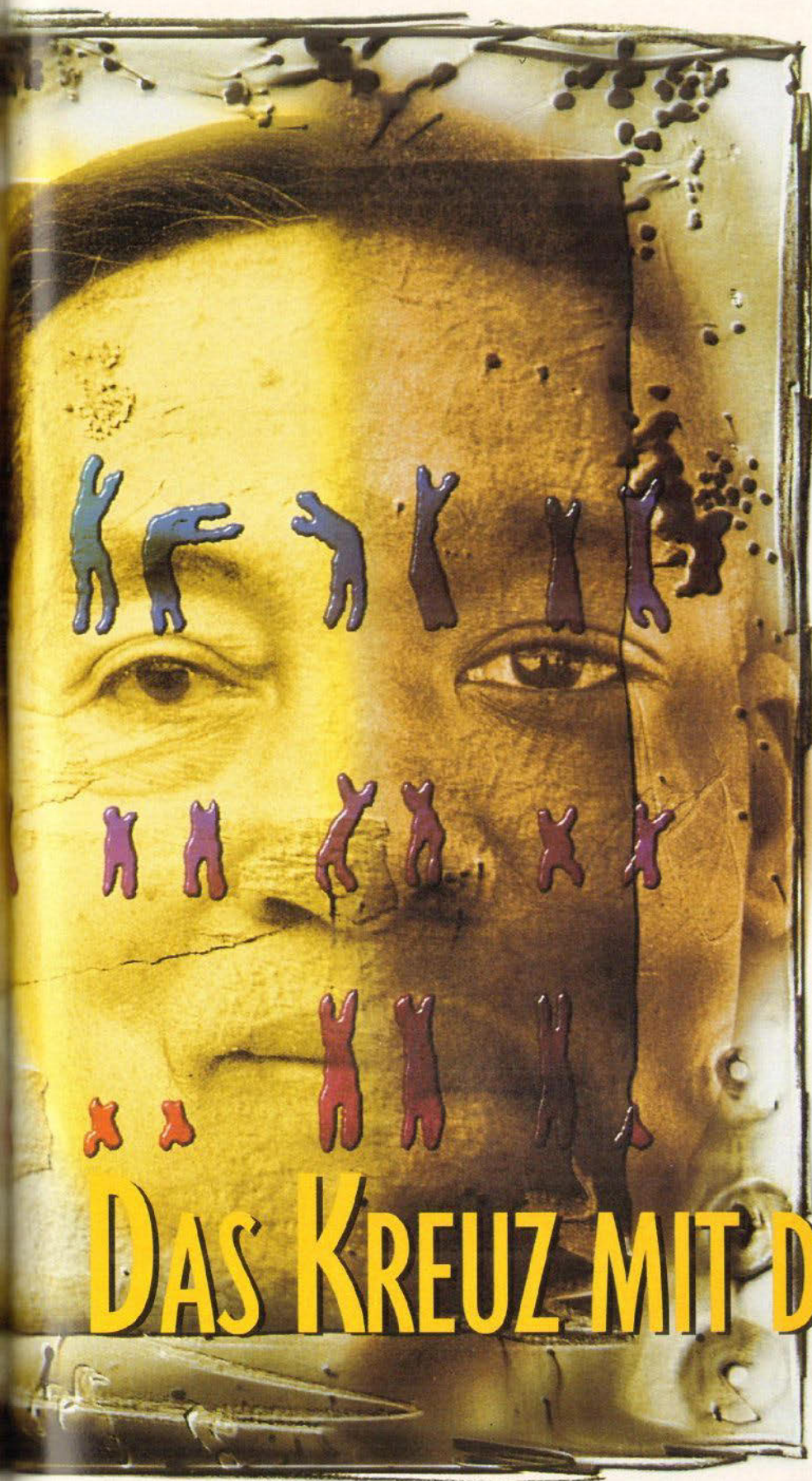
* bei Minderjährigen des Erziehungsberechtigten

Coupon ausfüllen, ausschneiden und ab an den
GEOlino-Leserservice, 20080 Hamburg

FAX: 040 / 3703 5657

TEL: 040 / 3703 4041





Das Wissen über die Erbanlagen des Menschen ist sprunghaft gewachsen. Und mit ihm der Eindruck, daß das Schicksal eines Individuums weitgehend in den Genen liege. In den USA nutzt eine Gruppe von Psychologen diesen Trend gegen die Schwarzen. Diese littten, so behaupten sie, an angeborener Intelligenzschwäche. Kündigt sich ein neuer Mißbrauch der Humangenetik an?

DAS KREUZ MIT DEM ERBE

RASSISMUS+GENE

Michael Levin gefällt sich als Provokateur: In einem Leserbrief an die „New York Times“ forderte der Philosophie-Professor am Harlemer City College, weiße Ladenbesitzer sollten Schwarzen den Zutritt verweigern dürfen, um sie am Stehlen zu hindern. In einem Vortrag empfahl er, Schwarze „wegen ihrer hohen Kriminalität zu meiden. Schwarz signalisiert Gefahr“. Deshalb seien „gewisse Formen des Rassismus berechtigt“.

Zuhörer stürmten das Podium, Levin floh durch die Hintertür. Es kam zu offenem Tumult, als Studenten einen Fachartikel verteilten, in dem der Forscher behauptete, Schwarze litten an angeborener Intelligenzschwäche.

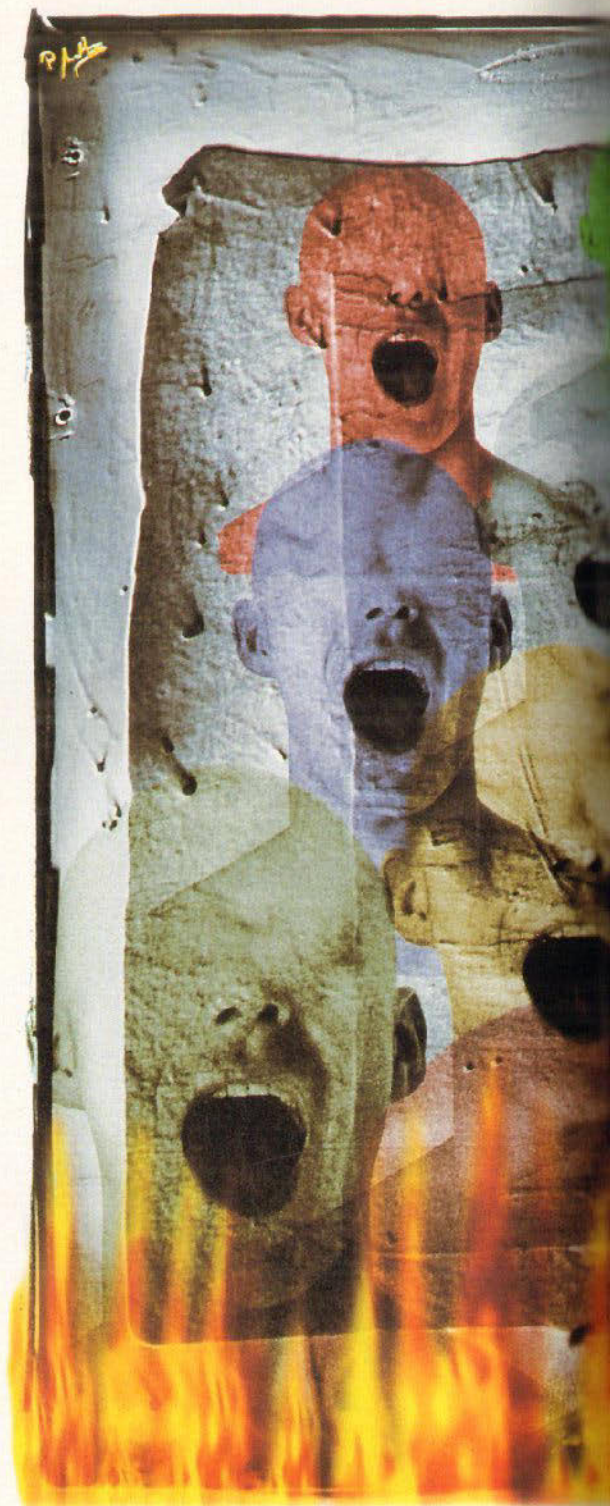
Doch die Thesen des Professors liegen im Trend. Offen wird in den USA gegen die Schwarzen zu Felde gezogen, um ihnen in den fünfziger und sechziger Jahren erkämpfte Rechte wieder streitig zu machen. 1994 forderten der Politologe Charles Murray und der (mittlerweile verstorbene) Harvard-Psychologe Richard Herrnstein in ihrem Bestseller „The Bell Curve“, die „Affirmative Action“ abzuschaffen, eine Quotenregelung, die vor allem den bislang unterrepräsentierten schwarzen Amerikanern den Zugang zu Universitäten erleichtern und ihnen zu Jobs verhelfen soll. Begründung: Der durchschnittliche Intelligenz-Quotient (IQ) der Schwarzen liege 15 Punkte unter dem der Weißen – und das sei weithin genetisch bedingt.

Im Fahrwasser von Levin, Murray und Herrnstein agiert eine medienbewußte Gruppe von Forschern, die sich gern wechselseitig zitieren – und allesamt (wie Levin auch) vom Pioneer Fund* unterstützt werden, einer 1937 von dem Nazi-Sympathisanten Wickliffe Draper gegründeten Stiftung. Deren Programm fördert laut Satzung „Rassenverbesserung, speziell in den USA“.

Die Kampagne paßt in eine Zeit, in der das Schicksal eines Individuums fast völlig in seinen Genen zu liegen scheint. Seit den sechziger Jahren, als vor allem die Umwelt als prägend galt, ist das Pendel umgeschwungen in Richtung auf einen neuen „biologischen Determinismus“. Molekularbiologen fahnden intensiv nach Erbanlagen für Krankheiten, zunehmend versuchen sie auch Merkmale wie Aggression, Kriminalität, Intelligenz und Erfolg auf die genetische Grundausstattung eines Menschen zurückzuführen. Passende Begleitmusik liefern die Medien – mit reißerischen Berichten über angebliche Gen-Funde für Verhaltensmuster von Alkoholismus bis zur Untreue. Tatsächlich freilich hat kaum eine dieser „Sensationen“ Bestand.

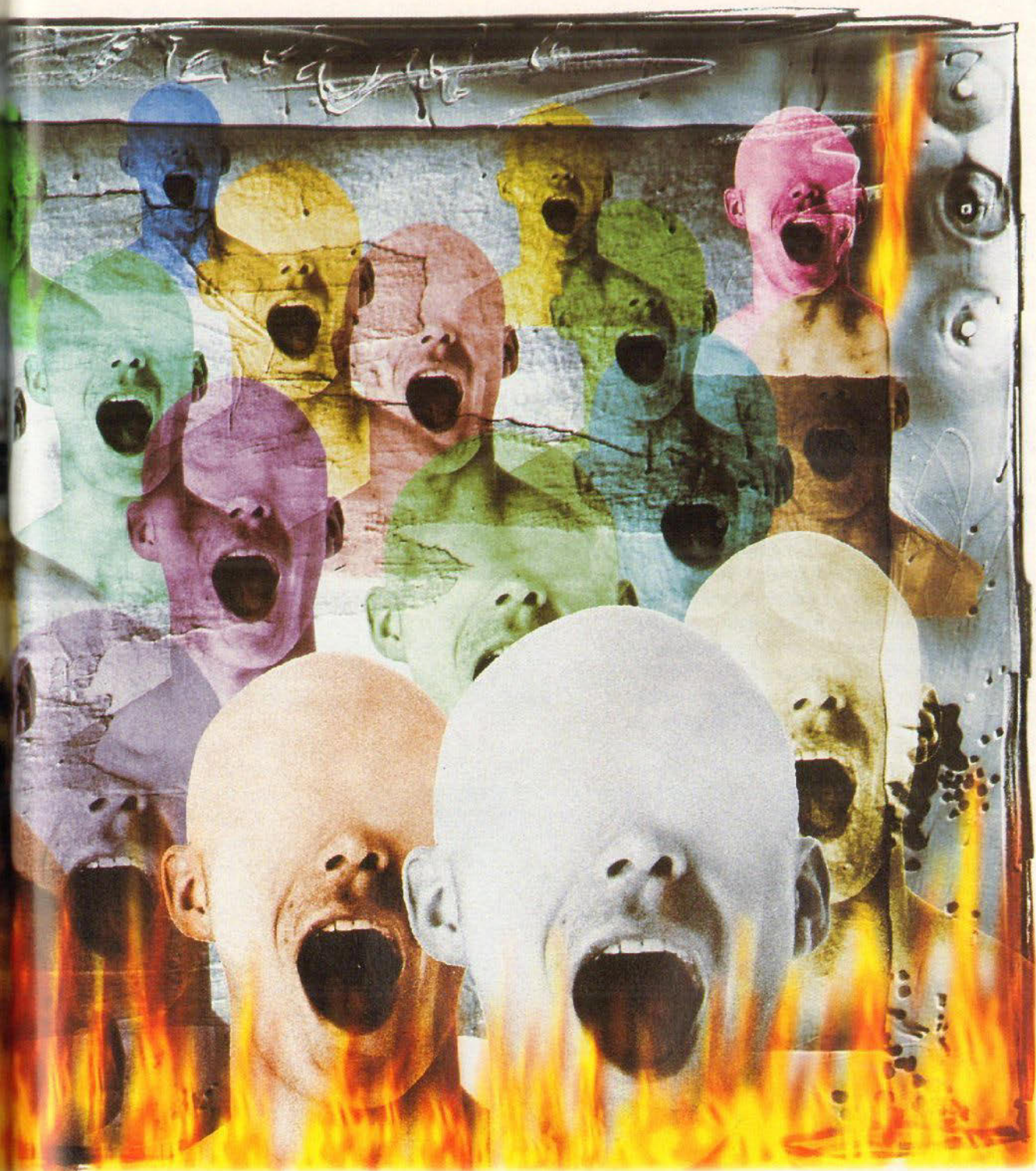
Levin, vom Pioneer Fund mit mindestens 125 000 Dollar gefördert, und seine Mitstreiter nutzen diese „Genetisierung“ vor allem gegen die Schwarzen. Unablässig forderten sie die Einstellung der Sozialhilfefzahlungen an ledige Mütter, und das sind zu mehr als der Hälfte Schwarze und Latinas. Die Sticheleien hatten Erfolg: Im Herbst 1996 schaffte die US-Regierung auf Druck der republikanischen Mehrheit im Kon-

* nicht identisch mit der gleichnamigen amerikanischen Geldanlagegesellschaft. Red.



ANGST UND GEWALT DRÜCKT

MEHR UND



DER SCHREI DES SKINHEADS AUS: ANGST VOR SOZIALEM
ABSTIEG, AGGRESSION GEGEN VERMEINTLICH PRIVILEGIERTE. WENN
MEHR GLEICHGESINNTE EINSTIMMEN, KANN
LEICHT EIN FLÄCHENBRAND ENTSTEHEN

groß den automatischen Rechtsanspruch Bedürftiger auf Sozialhilfe ab.

Die „konservativen Revolutionäre“ hatten dabei mehr im Sinn als nur die Konsolidierung des defizitären US-Haushalts. Hinter dem Slogan „Stop Welfare“ verbirgt sich der Wunsch nach einer neuen Eugenik: Amerikas Gen-Pool soll vom Erbmaterial der Schwarzen, Armen und Kriminellen „gesäubert“ werden. Wie weit dieser Trend bereits geht, belegen kürzlich in Florida und Tennessee eingebrachte Gesetzentwürfe: Sozialhilfe-Empfängerinnen, die sich ein Langzeit-Verhütungsmittel einpflanzen lassen, sollen mit Sonderzahlungen belohnt werden. Männer, deren Einkommen an der Armutsgrenze liegt, sollen 500 Dollar erhalten, wenn sie sich sterilisieren lassen. In Colorado winkt Strafgefangenen, laut Gesetzentwurf, nach einer Sterilisation vorzeitige Haftentlassung.

Leistungsschwäche und niedrige Intelligenz von Schwarzen, doziert Levin, seien nicht das Erbe von Sklaverei und Mißhandlung. „Es liegt an den Genen.“ Dies glaubt auch der Soziologe Robert Gordon von der Johns Hopkins University in Baltimore – mit mindestens 214 000 Dollar vom Pioneer Fund gesponsert. Er setzt auf forcierte Empfängnisverhütung: „Norplant“ – eine in den Oberarm von Frauen implantierte Kapsel mit einem fünf Jahre lang wirkenden Kontrazeptiv. Tests in der Dritten Welt attestieren dem Präparat schwere Nebenwirkungen: Manche Frauen versuchten verzweifelt, sich die Kapsel herauszuschneiden. Gordon jedoch meint: „Die Behandlung wäre natürlich freiwillig.“

Gordon war es auch, der 1986 auf die Idee kam, den Sozialhilfe-Gegner Charles Murray mit dem IQ-Spezialisten Richard Herrnstein zusammenzubringen. Insofern darf er sich als geistiger Großvater der „Bell Curve“ – auf deutsch „Glockenkurve“ – rühmen. Schon der Titel dieses 845-Seiten-Opus – er steht für die bei IQ-Tests typische „Gaußsche Normalverteilung“ der Ergebnisse – läßt ahnen: Hier soll mit Wissenschaftlichkeit Eindruck gemacht werden.

Über hundert Diagramme und Tabellen, sieben Anhänge und über tausend Anmerkungen können aber nicht darüber hinwegtäuschen, daß der Bestseller – Auflage: mehr als 400 000 – wenig Neues und noch weniger Richtiges enthält. Das Hauptargument, daß Schwarze bei IQ-Tests im Schnitt um 15 Punkte schlechter

abschneiden als Weiße, ist seit 1918 bekannt, als die U.S. Army erstmals den IQ von Rekruten testete. Noch älter ist die Behauptung, die Intelligenz-Defizite seien vor allem erblich bedingt.

Doch bis heute hat kein Genetiker Gene für Intelligenz gefunden. Es sind in der Regel Psychologen, die mit – methodisch umstrittenen – Zwillingsstudien eine Vererbungsdeterminanz nachzuweisen versuchen: Im Mittel liegt ihre Erblichkeitsschätzung bei knapp 50 Prozent. Dieser Schätzwert bezieht sich freilich nur auf den gemessenen IQ, das heißt, er beruht auf einer Meßgröße, die selbst höchst umstritten ist.

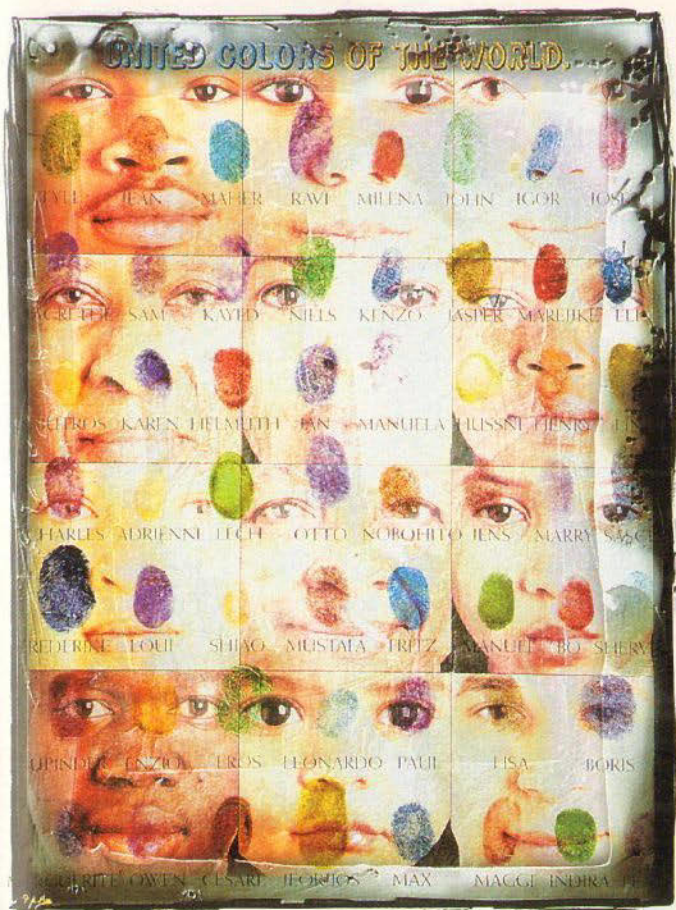
Murrays und Herrnsteins Kronzeuge in der „Bell Curve“, der kalifornische Psychologe Arthur Jensen, baut seine Behauptung, Intelligenz sei zu 80 Prozent erblich, ebenfalls auf den Ergebnissen von Zwillingsstudien auf – nicht zuletzt auf die des englischen Psychologen Cyril Burt, dessen Studien der amerikanische Psychologe Leon Kamin 1974 als Fälschung entlarvte und damit einen der größten Wissenschaftsskandale des 20. Jahrhunderts auslöste. Zudem hat Jensen – vom Pioneer Fund mit mindestens 1,1 Millionen Dollar gefördert – selber massiv Formeln und Fakten geschönt, wie der US-Genetiker Jerry Hirsch nachgewiesen hat.

Zu Beginn ihres Buches widmen sich Murray und Herrnstein nur der „weißen“ Glockenkurve. An deren rechtem Rand residieren die mit hohem IQ beglückte „kognitive Elite“, „die Sahne Amerikas“. Am linken versinke die geistig minderbemittelte weiße Unterschicht – „white trash“ („weißer Abfall“), wie Murray sie im „Wall Street Journal“ beschrieb – in Armut, Drogensucht und Kriminalität. Wo eine schließlich lande, bestimme im wesentlichen der IQ.

Als Beweis liefern die Autoren Daten aus einer 1979 begonnenen Langzeituntersuchung an über 12 000 amerikanischen Teenagern. Diese Studie schließt auch einen IQ-Test ein und erfaßt neben Sozialstatus und ethnischer Zugehörigkeit auch soziales Verhalten – etwa Straftaten oder uneheliche Kinder. Virtuos mit den Zahlen jonglierend, liefern die Autoren ein Paradebeispiel dafür, wie Statistik lügen kann. Denn sie verschweigen die Schwäche ihrer angeblich „signifikanten“ Korrelationen. Tatsäch-



**IQ-TESTS SIND EIN DUBIOSER
MASSSTAB FÜR DIE
GEISTESGRÖSSE**



JEDER »DENKER« IST SO

EINMALIG UND VIELGESTALTIG WIE SEIN
FINGERABDRUCK

lich gibt es im Mittel ihrer über 60 Teilstudien nur bei mageren acht Prozent der Untersuchten den behaupteten Zusammenhang zwischen IQ und „sozialem Wohlfverhalten“.

Doch schon Murrays und Herrnsteins Voraussetzung, IQ-Testen sei eine objektive Wissenschaft, ist anzuzweifeln. Denn dieselben Probanden schneiden bei unterschiedlichen Tests unterschiedlich gut ab. Der an der amerikanischen Purdue University lehrende Statistiker Peter Schönemann fand sogar, daß schon „bei einem einzigen Datensatz, je nach Art der Auswertung, der ermittelte IQ um bis zu 30 Punkte variieren kann“. Die gewichtigsten Gegenargumente liefert der neuseeländische Psychologe James Flynn. Er hat entdeckt, daß der Durchschnitts-IQ in 14 Industrienationen seit Beginn der Tests kontinuierlich bessere Resultate ergeben hat, im Mittel drei IQ-Punkte mehr

pro Jahrzehnt. So schnell können Gene sich nun doch nicht ändern.

Die Gewährsmänner der „Bell Curve“-Autoren hingen – auch unter ihnen viele vom Pioneer Fund gefördert – lassen sich von solchen Befunden nicht beeinflussen. Der irische Psychologe Richard Lynn etwa wertete elf in Schwarzafrika durchgeführte IQ-Tests neu aus – und ermittelte einen Durchschnitts-IQ von 70. Demnach wäre jeder zweite Afrikaner schwachsinnig. Daß der Leiter des angeblich besten Tests die Schwarzen mit Gesten hatte anweisen müssen, weil er deren Sprache nicht beherrschte, ignorierte Lynn schlicht.

Gestandene Genetiker begegnen dem Thema Intelligenz, Rasse und Vererbung mit großer Vorsicht. „Es gibt keine biologisch-genetischen Gründe für die Annahme, daß sich Menschen schwarzer und weißer Hautfarbe in ihrem intellektuellen Vermögen von vornherein unterscheiden“, sagt Eberhard Passarge, Präsident der deutschen Gesellschaft für Humangenetik. Einigermmaßen klar sehen Genetiker nur bei Eigenschaften, die durch ein einziges Gen – das menschliche Erbgut enthält rund 100 000 – hervorgerufen werden, darunter Krankheiten wie Chorea Huntington, Sichelzellanämie oder Zystische Fibrose. Diese „monogenen“ Leiden folgen gleichsam den Gesetzen der Computerlogik: Die Kinder betroffener Eltern erben die Defekte meist ganz oder nicht.

Bei den häufigeren „polygenen“ oder „komplexen“ Erbkrankheiten – ausgelöst durch mehrere bis viele Gene – sind die Symptome weit weniger vorhersehbar. Und da Gene und Umwelt in komplizierter Weise wechselwirken, ist es „sehr schwierig, im Extremfall unmöglich, den relativen Beitrag von Erbe und Umwelt zu bestimmen“, sagt der Bonner Humangenetiker Peter Propping, Vizepräsident der Deutschen Gesellschaft für Neurogenetik. „Vieles bleibt zufällig, etwa die Lage eines Kindes im Uterus.“

Zu diesen komplexen Anlagen – „genetische Prädispositionen“ genannt – zählt vermutlich auch die Intelligenz. Prozentangaben über den Anteil, den Erbe und Milieu an ihr haben, sind reine Spekulation. Das werden sie selbst dann bleiben, wenn tatsächlich Intelligenz-Gene gefunden werden sollten. Propping: „Sogar bei manchen monogenen Erbkrankheiten, deren Gen man bereits kennt, wurden in jüngster Zeit überraschende Variationen in der Schwere der Krankheit beobachtet. Die Genträger zeigten höchst unterschiedliche Symptome. Die Gründe verstehen wir noch nicht genau.“

Doch mit derart subtilen Unterscheidungen halten sich Rassisten und Vererbungsapostel nicht auf. Kühn werfen sie Ein-Gen- und Mehr-Gen-Anlagen in einen Topf. Und bisweilen neigen selbst Genetiker zu voreiligen Schlüssen. In den letzten Jahren sorgten sie mit Meldungen über ein Alkoholismus- oder Homosexualitäts-Gen für Furore. Andere wollten Gene für Untreue und Alzheimer, Herzinfarkt, Schizophrenie oder manische Depression gefunden haben und eroberten damit die Titelseiten großer US-Magazine.

Kontroll-Teams konnten jedoch die Ergebnisse, meist an zu wenigen Personen ermittelt und im harten Wissen-

schaftswettbewerb allzusehnell veröffentlicht, nicht bestätigen. So mußten jene „Forscher“ ihre Arbeiten schließlich zurückziehen. Den Medien aber sind diese Widerlegungen kaum noch eine Zeile wert. Und so konnte die Vorstellung von allumfassender Prägung des Menschen durch dessen Erbgut ungetrübt im öffentlichen Bewußtsein überleben.

Besonders problematisch sind genetische Vergleiche zwischen Bevölkerungsgruppen. Denn als Anthropologen im 18. Jahrhundert die Menschen in Rassen gliederten, orientierten sie sich an Merkmalen wie Hautfarbe und Körperbau. Die allerdings decken sich nicht mit modernen genetischen Kriterien: Ein Team um den Genetiker Luigi Luca Cavalli-Sforza von der kalifornischen Stanford University hat in 14jähriger Kleinarbeit die wissenschaftliche Literatur über Blutanalysen an weltweit 3400 Orten ausgewertet und die globalen „Verwandtschaftsbeziehungen“ indigener Bevölkerungen rekonstruiert – anhand einer Vielzahl unterschiedlicher Marker wie Blutgruppe, Antikörper und Antigene. 1994 legten die Forscher den ersten „genetischen Weltatlas“ vor. Die größten Gen-Unterschiede fanden sie zwischen Schwarzafrikanern und australischen Aborigines, die wegen ihrer dunklen Hautfarbe bislang als verwandte Rassen gegolten haben.

Dennoch, resümiert Cavalli-Sforza, sind Bevölkerungsgruppen genetisch im Schnitt „viel ähnlicher als zwei Individuen, auch innerhalb einer Gruppe“. Zwei beliebige, nicht miteinander verwandte Menschen unterscheiden sich in etwa zwei von tausend Genen; und nur sechs Prozent dieser „Varianz“ sind rassisch bedingt. Deshalb kann für einen Empfänger von Transplantations-Organen ein Spender anderer Hautfarbe besser geeignet sein als einer der eigenen.

Wer die Menschheit nach genetischen Merkmalen in Rassen aufteilen wollte, verwickelte sich leicht in Widersprüche: Das Gen für Sichelzell-Anämie etwa teilen sich Schwarze aus den Tropengebieten Afrikas mit Sündern. Deutsche und die pechschwarzen südafrikanischen Xhosa haben es nicht. Das der Verdauung von Milchzucker dienende Enzym Lactase findet sich unter Erwachsenen nur in Bevölkerungen, die schon seit Jahrtausenden Tiermilch trinken: bei den meisten Europäern, Arabern und Nordindern; viel seltener haben es Schwarzafrikaner, Sünder, Ostasiaten und Indianer. Nach der Form der Fingerabdrücke differenziert, gehörten die meisten Europäer und Schwarzafrikaner in eine Rasse.

Ebenso „unscharf“ ist das klassische Kriterium Hautfarbe: Alle Menschen auf der Welt – Weiße inbegriffen – haben im Prinzip ausreichend Pigmente, um die Haut völlig schwarz zu färben. Unterschiedlich ist im wesentlichen die genetisch gesteuerte Aktivierung des Enzyms Tyrosinase, das in einem komplizierten Prozeß diese Farbstoffe erzeugt. Albinos fehlt – wegen eines Erbdefekts – die Tyrosinase überhaupt.

Sind sie deshalb eine eigene Rasse? Cavalli-Sforza ist überzeugt: „Hautfarbe reicht nicht tiefer als die Haut selbst.“ □

Claus-Peter Sesin, 45, arbeitet als freier Journalist in Hamburg. Die Spannungen zwischen Schwarz und Weiß lernte er während eines Studienaufenthalts in den USA kennen.

Der in Hamburg lebende **Peter Maltz**, 46, beschäftigt sich seit mehr als 20 Jahren mit Fotoillustration.



WEIL SICH BÖSE BUBEN

HAUTFARBE



UM EINEN MOHREN LUSTIG MACHTEN, STECKTE SIE DER
NIKOLAS INS TINTENFASS. DIE LEHRE AUS DEM STRUVVETTER, DASS
KEIN QUALITÄTSMERKMAL IST, HABEN
MANCHE NOCH IMMER NICHT BEGRIFFEN

GESCHLECHTSKRANKHEITEN DER FLUCH DER

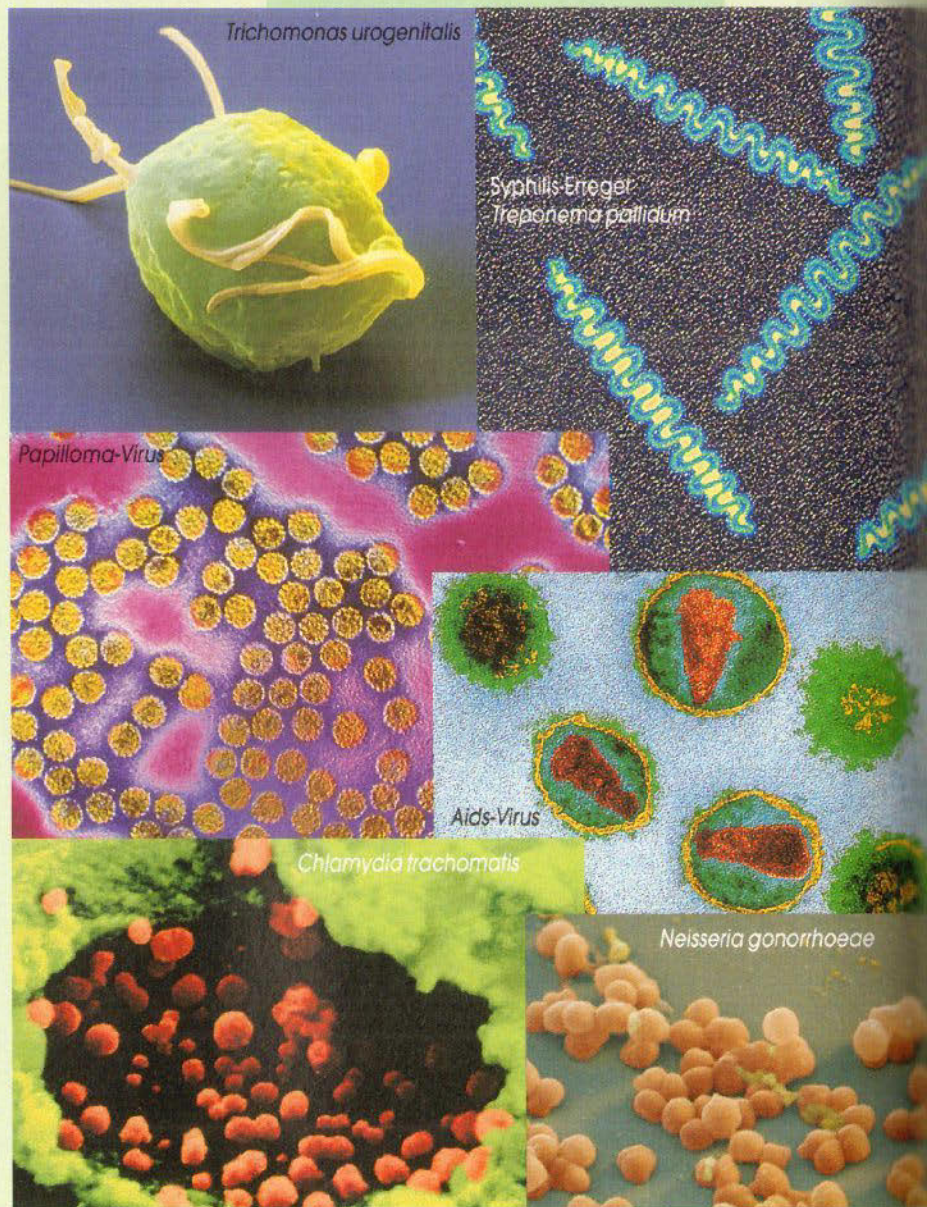
Jahrhundertlang grassierten die »venerischen« Leiden vor allem in Europa. Mit der Entdeckung wirksamer Medikamente schienen sie schließlich besiegt zu sein. Doch weiterhin und weltweit breiten sich alte und neue sexuell übertragbare Krankheiten aus

Seit sie mit Antibiotika recht gut geheilt werden können, haben die früher gefürchteten „Lustseuchen“ Syphilis und Gonorrhoe (Tripper) ihren Schrecken verloren. Besiegt sind sie jedoch noch lange nicht. Über 70 Millionen Menschen weltweit infizieren sich nach Schätzungen der Weltgesundheitsorganisation (WHO) in Genf jedes Jahr mit einem dieser beiden klassischen Geschlechtsleiden. Noch mehr Männer und Frauen – rund 260 Millionen – infizieren sich mit anderen sexuell übertragbaren Krankheiten, ausgelöst durch Erreger wie Trichomonaden und Chlamydien. Besonders hart trifft es jene 5,8 Millionen Menschen, die sich alljährlich mit dem HI-Virus anstecken: Die Immunschwäche Aids kann bislang nicht geheilt werden.

Aber auch jene Krankheiten, die selbst unbehandelt nicht zum Tode führen, müssen sehr ernst genommen werden. Denn womöglich treten lebenslange Folgeschäden auf, außerdem können infizierte Schwangere ihre Kinder bereits im Mutterleib oder während der Geburt anstecken.

Geschlechtskrankheiten sind regional sehr unterschiedlich verbreitet – besonders betroffen sind Süd- und Südostasien sowie Afrika südlich der Sahara. Ungeschützter Geschlechtsverkehr mit wechselnden Partnern, mangelnde Aufklärung, schlechte Gesundheitsversorgung und Prostitution fördern die Ausbreitung.

Weltweit fangen sich jährlich zwölf Millionen Menschen den Syphilis-Erreger, das korkenzieherartige Bakterium *Treponema pallidum* ein. In Deutschland und anderen westlichen Industrienationen nimmt die Zahl der Erkrankungen seit zehn



Universale Keime:
Rund 350 Millionen Menschen
infizieren sich jährlich

LEIDENSCHAFT

bis 15 Jahren kontinuierlich ab – nicht zuletzt als Folge vermehrten Kondomgebrauchs in den Zeiten von Aids. In den früher kaum betroffenen Staaten Osteuropas werden seit Ende der achtziger Jahre dramatisch mehr Infektionen registriert. Die neuen politischen und gesellschaftlichen Freiheiten nach dem Zerfall des Sowjetregimes lockerten nach Meinung von Experten auch die Sitten. Obendrein sind die Gesundheitssysteme jener Länder heute oft völlig marode.

„Das größte Problem bei der Syphilis jedoch“, urteilt Antonio Gerbase von der WHO, „ist die Ansteckung im Mutterleib.“ Bei mindestens zwei Dritteln aller infizierten Schwangeren wandern die Erreger über die Plazenta in den Fetus. Etwa jede zweite Schwangerschaft einer Syphilis-Patientin endet mit dem Tod des Kindes, und lebendig geborene Säuglinge sind meist an inneren Organen, Knochen oder Haut erkrankt.

Mit Tripper oder Gonorrhoe stecken sich weltweit jährlich etwa 62 Millionen Menschen an. Zehn Prozent der Männer und bis zu 80 Prozent der betroffenen Frauen bemerken die Infektion mit dem Bakterium *Neisseria gonorrhoeae* gar nicht, suchen deshalb keinen Arzt auf und geben den Erreger weiter. Unbehandelt kann die Gonorrhoe jedoch Arthritis und Entzündungen der Hirnhaut oder der Herzhinnenhaut nach sich ziehen. Frauen riskieren, unfruchtbar zu werden.

Die durch Geschlechtsverkehr am häufigsten übertragene Krankheit ist die Trichomoniasis. Sie bleibt glücklicherweise ohne gravierende Symptome und ohne Langzeitfol-

gen. Der Erreger, das einzellige Geißeltierchen *Trichomonas urogenitalis*, mit dem sich jährlich rund 170 Millionen Menschen infizieren, befällt Harnröhre und Scheide und quält seinen Wirt mit wäßrigem Ausfluß und Juckreiz.

Noch mehr Probleme als die akuten Krankheiten Tripper und Syphilis bereiten in westlichen Industrienationen „versteckte“ Infektionen mit Chlamydien, Warzen- und Herpes-Viren. Das Bakterium *Chlamydia trachomatis* etwa verursacht Entzündungen von Muttermund und Harnröhre, die Frauen häufig gar nicht registrieren. Ohne Therapie kann das Leiden jedoch auf Gebärmutter, Eileiter oder Eierstock übergreifen. Mögliche Folgen sind

Bauchhöhlenschwangerschaften sowie Unfruchtbarkeit. Etwa fünf von 100 Frauen im gebärfähigen Alter, sind nach Angaben Detlef Petzoldts, des Chefs der Universitäts-Hautklinik Heidelberg, mit Chlamy-

dien infiziert. Die meisten, ohne davon zu wissen. Bei Männern können die winzigen Bakterien ebenfalls zu Infertilität führen.

Tückische Begleiter des Sexuallebens sind auch die Humanen Papilloma-Viren (HPV), die etwa warzenartige Wucherungen im Genitalbereich hervorrufen. Zwei Untertypen der Erreger – HPV 16 und 18 – stehen zudem im Verdacht, Tumoren auszulösen. Experten führen sogar mindestens 80 Prozent der Fälle von Gebärmutterhalskrebs auf Kontakte mit HPV 16 und HPV 18 zurück. In einer Berliner Studie fanden Ärzte bei fast 20 Prozent von 5022 Frauen, die Gynäkologen zur Kontrolle oder zur Krebsvorsorge aufgesucht hatten, Papilloma-Viren,

davon bei 5,2 Prozent HPV 16. Eine effektive Therapie gegen die mikroskopischen Eindringlinge ist noch unbekannt. Mit Laser, Skalpell oder ätzenden Substanzen sind immerhin die Warzen zumindest für einige Zeit zu beherrschen.

Schätzungsweise 20 Prozent der sexuell aktiven Deutschen sind mit Herpes-simplex-Virus Typ 2 (HSV-2), dem Erreger von Herpes genitalis, infiziert. Tendenz steigend. Symptome treten nur bei der Hälfte der Betroffenen auf – als kleine, stark juckende oder schmerzende Bläschen im Genitalbereich. Und auch nach Abklingen der Beschwerden bleibt das Virus im Körper, verbirgt sich in Nervenzellen und bricht zum Beispiel bei Abwehrschwäche oder unter Stress wieder aus.

Infektionen wie Herpes genitalis und Trichomoniasis, die zwar lästig, aber nicht lebensbedrohlich sind, erweisen sich aber noch aus einem anderen Grund als sehr gefährlich: In einem verhängnisvollen Zusammenspiel tragen sie zur Ausbreitung der tödlichen Immunschwäche Aids bei. Männer und Frauen mit genitalen Geschwüren durch HSV-2 oder Syphilis laufen ein fünf- bis zehnmal höheres Risiko als Gesunde, sich bei einem HIV-positiven Sexualpartner anzustecken.

Nach Schätzungen der Organisation Unaid leben mittlerweile mehr als 30 Millionen Menschen mit dem HI-Virus. Über 40 Prozent der 14000 Erwachsenen, die sich täglich neu anstecken, sind Frauen. Im Fall einer Schwangerschaft kann der Aids-Erreger auch das Baby befallen – in den Industrieländern mit einer Wahrscheinlichkeit von etwa fünf Prozent, in der dritten Welt angesichts geringer ärztlicher Versorgung mit über 30 Prozent.

Kerstin Nees

OFT TRIFFT ES AUCH DAS BABY

*Tanz des Verlangens:
Nachtschwärmer in den Straßen
von Porto Seguro/Brasilien*



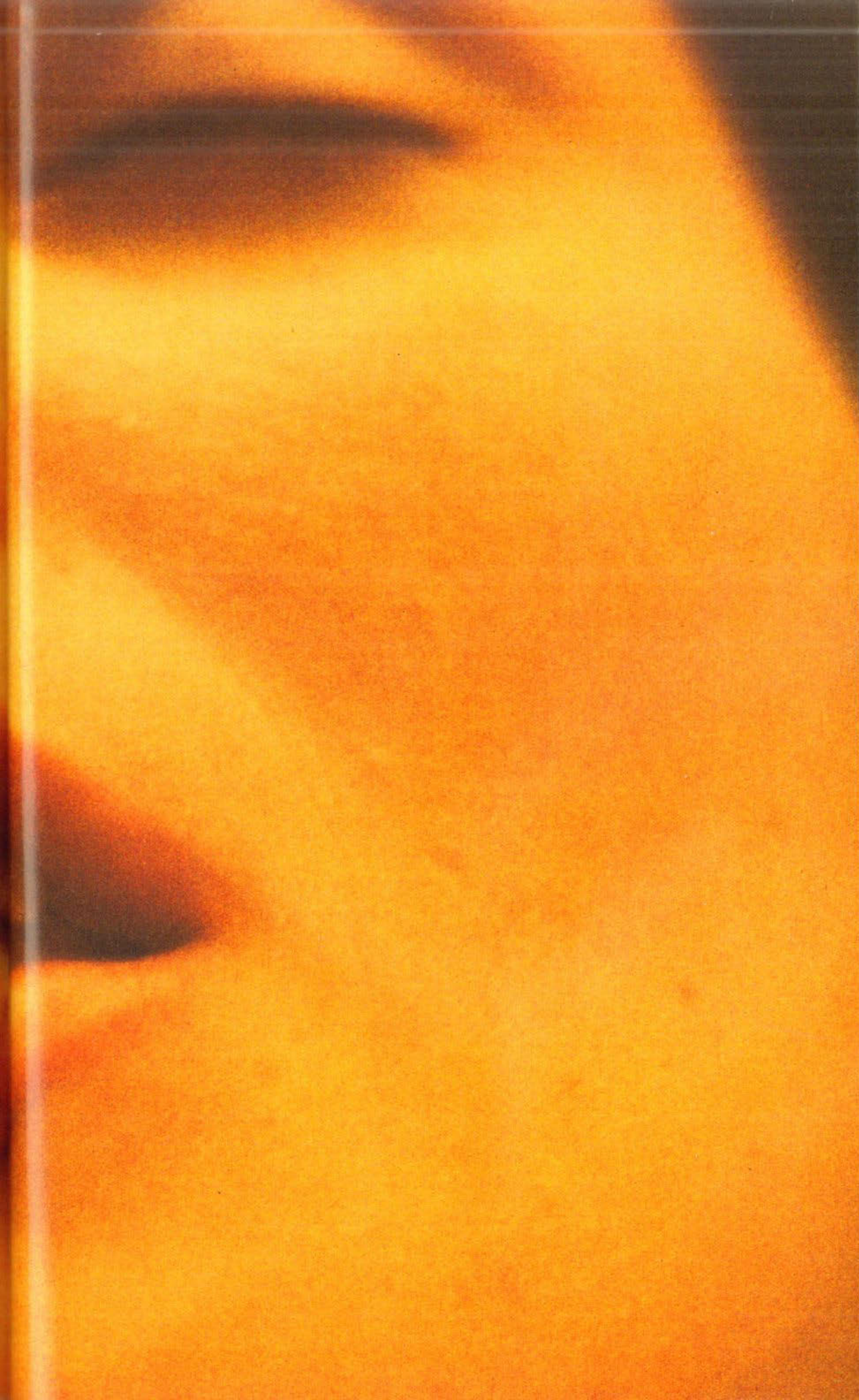
EROS

Seit Urzeiten buhlen und werben die Geschlechter umeinander. Auch wenn dahinter nichts als ein handfester biologischer Impetus steckt – das Spiel mit den Trieben erscheint uns als amüsanteste und wichtigste Nebensache der Welt



DIE EWIGE VERLOCKUNG





Lippen, Wange,
Ohrläppchen –
jeder Teil des
Körpers ist eine
potentielle erogene
Zone. Und deren zärt-
liche Berührung kann
Menschen in einen
solchen Rausch der
Gefühle stürzen, daß
alle Sinne schwinden

Scheinbar entrückt und eng aneinanderschmiegt, gibt das Paar sich dem Tango hin. Mancher mag glauben, im Alter sei die Zeit der Zärtlichkeiten vorbei. Aber oft läßt sich erst dann vertraute Nähe gelassen genießen – befreit von der Unsicherheit und dem Ungestüm der Jugend









Was

as einst
die Gar-
ten-, ist
jungen

Liebenden heute oft
die Rostlaube; Ort
romantischen Rück-
zugs, Raum tasten-
der Annäherung. Der
Hauch von Heimlich-
keit verstärkt den Kit-
zel. Denn was Lie-
bende miteinander
auszumachen haben,
taugt – allem Exhibi-
tionismus dieser Zei-
ten zum Trotz – nicht
für das Rampenlicht





Das Spiel mit
der Liebe ist
auch eine
Kunst des Ver-
hüllens. Denn was ist
begehrter, als
die zarte Unge-
wißheit, die hinter
dem letzten Schleier
wartet? Sie schürt die
erotische Phantasie –
und die ist häufig
prickelnder als die
nackte Wirklichkeit

super nova

NACHRICHTEN AUS FORSCHUNG UND TECHNIK

Y - CHROMOSOM

Der Hort der Fitness

Auf dem männlichen Geschlechtschromosom sitzen zahlreiche für die Fortpflanzung wichtige Gene.

Von den 23 Chromosomenpaaren im Kern jeder menschlichen Körperzelle bestimmt eines das Geschlecht: Die Kombination „XX“ ergibt eine Frau, „XY“ einen Mann. Das „Y“-Chromosom ist deutlich kleiner als die anderen. Biologen hielten es jahrzehntelang für eine „Informationswüste“ ohne genetische Bedeutung, in der lediglich das männermachende Gen eine „sinntragende“ Insel bilde.

Im vergangenen Jahrzehnt konnten Wissenschaftler dann immerhin sieben weitere Gene auf diesem Chromosom identifizieren. Verglichen mit den Tausenden von Struktureinheiten auf

jedem der anderen 45 ist das erstaunlich wenig. Deshalb suchten David Page und Bruce Lahn vom Whitehead Institute in Cambridge, Massachusetts, nach weiterem „Sinn“ von Y – und fanden jüngst erneut zwölf Gene.

Die nunmehr 20 bekannten Strukturinseln lassen sich in zwei Kategorien einteilen: Neun sind „Haushalts“-Gene, die in vielen Körpergeweben angeschaltet sind und grundlegende Funktionen der Zellmaschinerie regulieren. Die anderen elf hält Page für „männliche Fitness-Gene“: Sie werden nur im Hoden aktiv und steuern wahrscheinlich die Reifung der Spermien.

Eines dieser Gene haben die Wissenschaftler genauer untersucht. Sein Name DAZ steht für „deleted in azoospermia“. Das bedeutet: Wenn es fehlt, produzieren die Hoden keine Spermien. Auch Defekte in einem vorhandenen DAZ-Gen haben Folgen: Im

männlichen Ejakulat finden sich nur wenige Samenfädchen. „Normalerweise würden die Betroffenen keine Nachkommen zeugen können“, sagt Page. „Doch seit den Fortschritten der Reproduktionsmedizin ist das anders.“

Ärzte halten oft Infektionen oder Umweltgifte für den wahrscheinlichsten Grund männlicher Sterilität. Page empfiehlt ihnen, die erblichen Ursachen der Unfruchtbarkeit mehr zu beachten. Denn ein defektes DAZ-Gen ist diagnostizierbar – und der betroffene Mann wäre darüber aufzuklären, daß seine Unfruchtbarkeit an eventuell in vitro gezeugte Söhne weitergegeben würde.

SEEPFERDCHEN

Tierischer Rollentausch

Bei Seepferdchen werden die Männchen „schwanger“.

Die 35 Arten zählende Fischgattung *Hippocampus* ist in mancher Hinsicht bemerkenswert: Mit Pferdekopf und Drachenkörper sehen Seepferdchen aus wie leibhaftig gewordene Fabelwesen. Sie können die Augen unabhängig voneinander drehen und bei Bedarf die Körperfarbe wechseln. Zu ihren erstaunlichsten Fähigkeiten zählt jedoch der Rollentausch bei der Vermehrung. Die Biologin Heather Masonjones vom Amherst College im US-Bundesstaat Massachusetts hat dieses eigentümliche Verhalten beim sieben Zentimeter großen Zwerg-Seepferdchen jüngst akribisch untersucht.

Die Paarung beginnt damit, daß ein Männchen einem Weibchen seine leere Bruttasche vorweist. Nach komplizierten Balzspielen schlingen die Partner ihre Schwänze umeinander, schwimmen – Bauch an Bauch gepreßt – im Wasser empor, lösen sich voneinander, sinken nach unten und steigen gemeinsam wieder auf.

Wenn ihre Körper perfekt aufeinander ausgerichtet sind, drückt das Weibchen die Eier durch eine Legeröhre in den Brutbeutel des Männchens. Dieses befruchtet die Eier mit einem Spermienstoß aus einer Öffnung oberhalb der Tasche. Dann schnappt der Schließmuskel des Brutbeutels



Das macht den Embryo männlich: sowohl X-Chromosom (oben) wie Y-Chromosom – beides unter dem Elektronenmikroskop. Weibliche Körperzellen enthalten stets zwei X-Chromosomen



zu, und eine Membran deckt ihn zusätzlich ab.

In der Bruttasche hüllen zarte, blutgefäßreiche Schleimhäute die Eier ein. Diese „Plazenta“ ernährt jedoch die Embryonen nicht, wie die Verhaltensforscherin herausgefunden hat, sondern dient vermutlich nur dem Gasaustausch und der Abfallentsorgung. Seine Nährstoffe bezieht der Nachwuchs aus einem Depot, das die Mutter im Ei mitgeliefert hat.

Nach zehn bis zwölf Tagen sind die Zwerg-Seepferdchen ausgereift. Bei der „Geburt“ muß sich das Männchen mächtig an-

Bei Seepferdchen tragen die Männchen den Nachwuchs aus. Gezeugt aus Ei und Samenzelle, gedeihen die Jungen in einem Brutbeutel, dessen Abschlußmembran bei der „Geburt“ platzt. Und schon während der Tragezeit reifen in den Weibchen neue Eier heran

strengen. Zwei Tage kann es trotz Pressens dauern, bis die Membran über der Bruttasche platzt und die Fischchen ausgestoßen werden.

Die Aufteilung der Reproduktionsarbeit bei den Seepferdchen ist eine überaus zweckmäßige

Anpassung: Während die Männchen „brüten“, produzieren die Weibchen neue Eier. Schon einen Tag nach dem Schlüpfen eines Geleges paaren die Partner sich erneut. Ein Zwerg-Seepferdchenpaar, das meist sieben Monate im Jahr zusammenbleibt, kann in dieser Zeit über 300 Junge hervorbringen.

Angesichts der vertauschten Rollen bei der Elternschaft liegt es nahe, auch etwa zu vermuten, daß die Weibchen um die Männchen buhlen oder sogar kämpfen. Doch verhalten sich, wie mehrfach beobachtet wurde, die Tiere in dieser Hinsicht durchaus konventionell: Als Forscher ein Männchen mit zwei Weibchen zusammenbrachten, herrschte Frieden unter den Frauen. Setzten sie hingegen ein Weibchen zu mehreren Jungesellen, bekämpften sich diese erbittert. Den Stärksten wählte das Weibchen dann zum Vater ihrer Nachkommen.

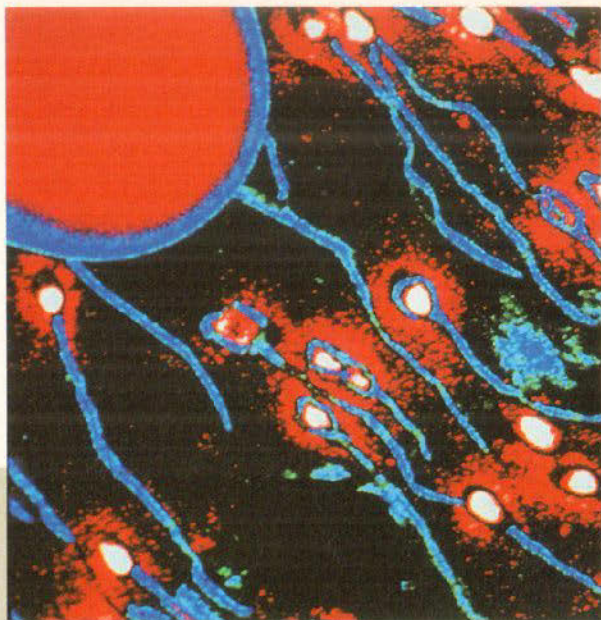
SPERMEN

Riskanter Stich ins Ei

Eine neue Methode der Reagenzglas-Zeugung führt womöglich zu mehr Geburtsfehlern.

Das Ejakulat mancher Männer enthält keine oder zu wenige Spermien für eine Zeugung von Nachkommen auf natürliche Weise. Seit Beginn der neunziger Jahre können Mediziner dieses Defizit durch die Injektion einer einzelnen, sogar direkt aus dem Hoden gewonnenen Samenzelle beheben. Diese intracytoplasmatische Spermieninjektion (ICSI) setzt allerdings die natürliche Selektion außer Kraft, die normalerweise sicherstellt, daß nur „fitte“ Samenfäden bei der Befruchtung zum Zug kommen.

Ärzte argwöhnten schon lange, ICSI könnte Fehler in der Embryonalentwicklung auslösen. Genau das glauben jetzt zwei australische Forscherinnen belegen zu können. Jennifer Kurinczuk vom TVW Telethon Institute for Child Health Research in West Perth und Carol Bower vom King Edward Memorial Hospital in Subiaco haben die Daten von 423 in Belgien geborenen ICSI-



Beim Sturm der Spermien auf das Ei kommt nur ein einziges durch. Diese scharfe Selektion hat den biologischen Zweck, Erbschäden zu minimieren

Kindern ausgewertet und sie mit denen normal gezeugter Babys verglichen. Fazit: Das Risiko einer schweren Fehlbildung, etwa einer Gaumenspalte oder eines Herzdefekts, ist bei der technisierten Form der Befruchtung mit 7,4 Prozent doppelt so hoch wie bei Sprößlingen „normaler“ Väter.

Der Befund der australischen Medizinerinnen ist allerdings umstritten. Belgische Ärzte hatten bei der Analyse von 877 Geburten eine geringere Rate an Geburtsfehlern errechnet: 2,6 Prozent. Eine Ursache für die Diskrepanz liegt allerdings in der Definition dessen, was schwere und was leichte Mißbildungen sind.

EISPRUNG

Eine Nase für die rechte Zeit

Wann eine Frau empfängnisbereit ist, können Männer riechen.

Eine rollige Katze verströmt einen für Kater unwiderstehlichen Duft. Bei Pavianweibchen schwillt während der Empfängnisbereitschaft die Genitalregion rosig an. Die meisten Säugetierweibchen signalisieren deutlich, wann bei ihnen die Voraussetzungen für eine erfolgreiche Zeugung am günstigsten sind.

Bei Menschen scheint diese Verknüpfung aufgehoben zu sein. Sie kopulieren während des gesamten Zyklus und sogar während einer Schwangerschaft. Die fruchtbaren Tage werden nicht von offensichtlichen Veränderungen begleitet, der Eisprung bleibt dem Mann verborgen. Unbewußt aber bemerkt er ihn sehr wohl, wie Astrid Jütte vom Ludwig-Boltzmann-Institut für Stadtethnologie in Wien herausgefunden hat.

Die Biologin untersuchte, wie Männer auf Duftstoffe, sogenannte Kopuline, reagieren, die im Vaginalsekret vorkommen und deren Zusammensetzung im Verlauf des Zyklus variiert. Drei Gruppen junger Männer bekamen synthetische Kopuline zu schnupfen, die den während der Menstruation, der Ovulation oder den Tagen vor der Menstruation produzierten entsprachen. Eine vierte Gruppe ließ Frau Jütte an schierem Wasserdampf riechen. Vor und nach dem Versuch mußten die Teilnehmer Speichelproben zur Messung des Testosteronspiegels abliefern. Denn eine Zunahme des männlichen Geschlechtshormons Testosteron schärft die Sinne für sexuelle Reize.

Bei den Kopulin-Schnüfflern erhöhte sich der Testosteronspiegel, während er bei jenen sank, die nur Wasserdampf inhalierten. Ums Doppelte schoß die Konzentration des Hormons bei jenen hoch, die einen Duft wie von

empfangnisbereiten Frauen getestet hatten. Allerdings bemerkten die Männer selbst nichts von ihrer erhöhten Aufmerksamkeit. Die ließ sich auch nur indirekt messen: Die Probanden bewerteten Fotos von unterschiedlich attraktiven Frauen deutlich positiver, als es die Kontrollgruppe tat. Und überdurchschnittlich erhöhte sich das Interesse an zuvor weniger beachteten Frauen.

Kopuline gleichen, so folgert Jütte, offenbar unterschiedliche physische Attraktivität aus und machen Frauen für Männer generell anziehender. Frauen aber registrieren das an fruchtbaren Tagen gewachsene Interesse der Männer und verstärken ihre Attraktivität unbewußt durch auffordernde Signale, aufreizende Kleidung oder Gesten.

NUKLEOSOM

Verpackungskunst

Im Zellkern darf nichts schief laufen. Deshalb ist Ordnung im Erbgut oberstes Gebot.

Ingenieure können natürliche Verpackungstechniken häufig nur



Archaisches Erbe: Ohne es zu wissen, erreichen Männer die fruchtbaren Tage von Frauen. Wahrgenommen werden »Kopuline«, die der weibliche Organismus während der Ovulation freisetzt

ehrfürchtig bestaunen. Als geniale „Erfindungen“ dürfen schon Banane, Miesmuschel oder Kokosnuß gelten. Doch die wahre Kunst des Verstauens ist erst im Zellkern der höheren Tiere und Pflanzen zu studieren.

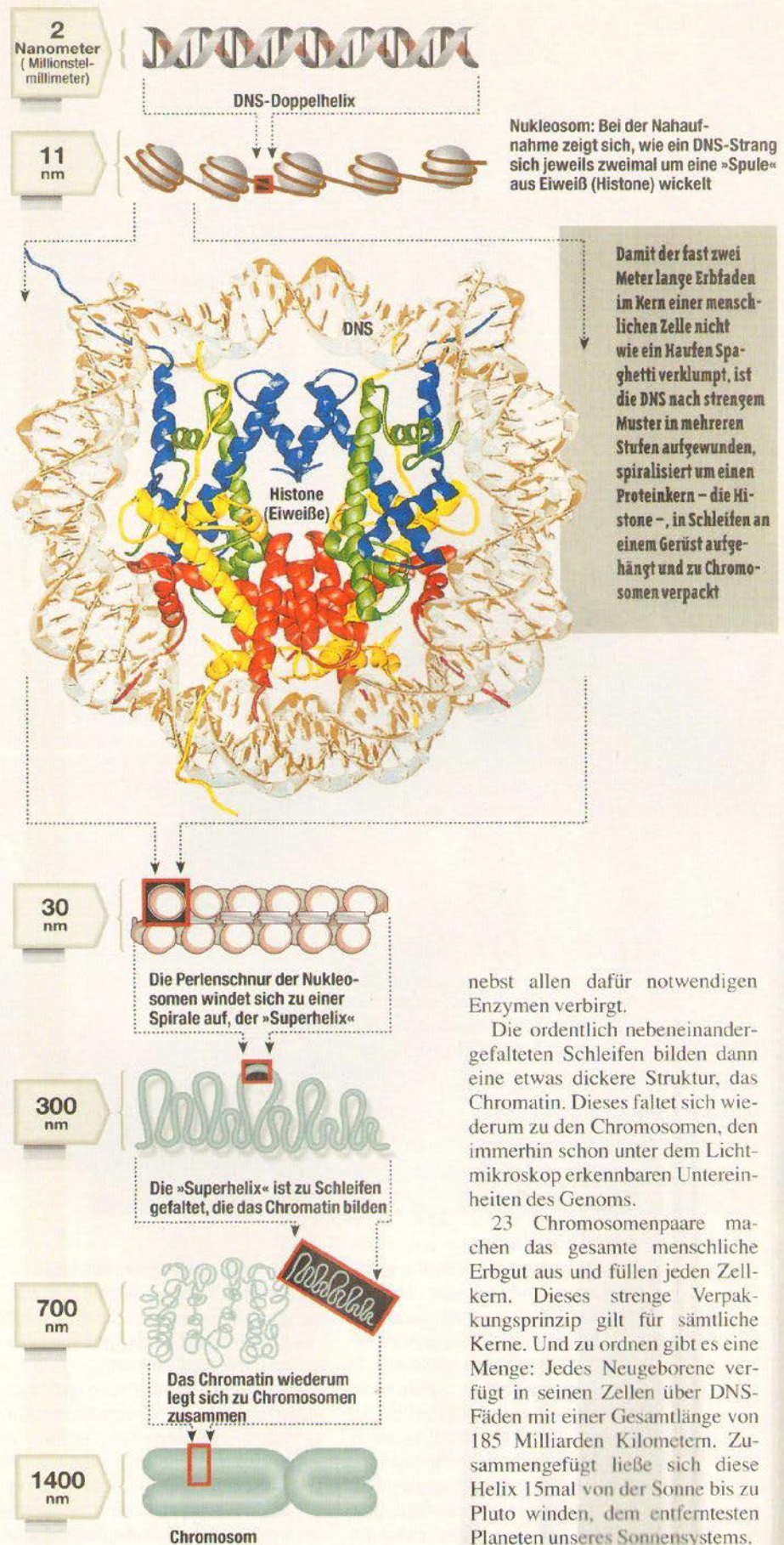
Beim Menschen beispielsweise ist dort ein fast zwei Meter langer Faden des Erbmoleküls DNS in einem Zellkern von einem Hunderstelmmillimeter Durchmesser verpackt. Und zwar so, daß der gewundene Doppelstrang der DNS sich jederzeit in zwei identische Tochterstränge verdoppeln kann; daß jeder Ort der DNS auf Anfrage seine Information zur Proteinsynthese freigibt; daß laufend Fehler erkannt und Reparaturen an der DNS vorgenommen werden können.

Und das alles, ohne daß dabei der endlose Faden reißt, verdrillt oder verklumpt. Deshalb ist der nur zwei Millionstelmmillimeter dünne DNS-Faden nach genauem Muster in verschiedenen Schritten gewunden, gefaltet, spiralisiert und in Schleifen an einem Gerüst aufgehängt.

Die Feinstruktur der untersten Verpackungsebene wurde in schweizerischen und englischen Labors erst jüngst mittels Röntgenstrukturanalyse endgültig aufgeklärt. Sie besteht aus immer wieder gleichen Klumpen von Eiweißen, sogenannten Histonen, um die sich die DNS je zweimal herumwickelt. Rund 25 Millionen so entstandener „Nukleosomen“, die wie Perlen auf einer Kette hängen, gibt es in einem menschlichen Zellkern.

Die Histone sind an ihre Rolle als Verpackungsmaterial so ideal angepaßt, daß sie sich im Rahmen der Evolution praktisch nicht verändern mußten. Das Histon „H4“ etwa unterscheidet sich bei Erbse und Rind in nur drei Aminosäurebausteinen.

Die Perlschnur von Nukleosomen windet sich ihrerseits im Sechserpack zu einer Spirale, der immerhin schon 30 Millionstelmmillimeter starken „Superhelix“. Diese wiederum ist zu Riesenschleifen gefaltet, die auch „Domänen“ heißen und an einem eiweißartigen Gerüst verankert sind, an dem sich vermutlich die DNS-Verdopplungsapparatur



nebst allen dafür notwendigen Enzymen verbirgt.

Die ordentlich nebeneinandergefalteten Schleifen bilden dann eine etwas dickere Struktur, das Chromatin. Dieses faltet sich wiederum zu den Chromosomen, den immerhin schon unter dem Lichtmikroskop erkennbaren Untereinheiten des Genoms.

23 Chromosomenpaare machen das gesamte menschliche Erbgut aus und füllen jeden Zellkern. Dieses strenge Verpackungsprinzip gilt für sämtliche Kerne. Und zu ordnen gibt es eine Menge: Jedes Neugeborene verfügt in seinen Zellen über DNS-Fäden mit einer Gesamtlänge von 185 Milliarden Kilometern. Zusammengefügt ließe sich diese Helix 15mal von der Sonne bis zu Pluto winden, dem entferntesten Planeten unseres Sonnensystems.



MEHRLINGE

Fruchtbare Geschäfte

Um überhaupt Kinder zu bekommen, nehmen manche Paare gefährliche Mehrlingsschwangerschaften in Kauf. Und viele Ärzte machen dabei mit.

Als „Wunder von Iowa“ feierten die Medien im Herbst 1997 die Geburt der McCaughey-Siebenlinge. Bei Gynäkologen und Geburtshelfern löste dieser Weltrekord eher Bedenken aus. Manche sehen darin ein Beispiel dafür, wie eine medizinische Technik außer Kontrolle geraten kann.

Ähnlich den McCaugheys erfüllt sich heute eine zunehmende Zahl unfruchtbarer Amerikaner ihren Kinderwunsch mit Hilfe der modernen Reproduktionsmedizin. Dabei schreckt die Aussicht einer Mehrlingsschwangerschaft die verzweifelten Patientinnen nicht ab. Weil die Krankenkassen



Auf rund 800 000 Geburten kommen in Deutschland 30 Vierlinge: In Hamburg hält das Quartett Nick, Tim, Josie und Lisa Marie die Eltern auf Trab. Die Big-Ridge-Grundschule in Tennessee registriert einen besonderen Rekord: Unter den 565 Schülern gibt es gegenwärtig dreimal Drillinge und fünfmal Zwillinge

die Behandlungskosten bei einer künstlich eingeleiteten Schwangerschaft meist ohnehin nicht übernehmen, verlangen die Frauen Erfolg auf Anhieb.

Im Wettbewerb um Kunden gewinnen deshalb jene privaten Kliniken, die mit hohen Trefferquoten werben können – auch wenn diese mit riskanten Methoden erzielt worden sind. Den leichtfertigen Umgang mit Hormonbehand-

lung und In-vitro-Fertilisation (IVF) belegt die Statistik: In den USA hat sich die Zahl der Geburten von Drillingen oder von noch mehr Babys seit 1971 vervierfacht. Dabei sind Mehrlinge für Mutter und Kinder mit hohen Risiken verbunden. Die Säuglingssterblichkeit liegt für Zwillinge sechs- und für Drillinge zwölfmal höher als für „Einzelkinder“. Den Müttern drohen Blutarmut, Blut-

hochdruck und Geburtskomplikationen.

Der Amerikanische Ärztverband für Fortpflanzungsmedizin hat zwar Richtlinien formuliert, die Mehrlingsschwangerschaften eindämmen sollen. Doch diese sind gesetzlich nicht bindend und werden häufig – wie auch im Fall der McCaugheys – nicht befolgt.

Normalerweise sehen die Regeln vor, daß der Arzt eine Hormonbehandlung abbricht, wenn sich „ein Überschuß von Eiern“ entwickelt. Das läßt sich durch regelmäßige Ultraschallkontrollen feststellen. Reifen mehr als vier Eizellen heran, sollte der Gynäkologe auf die Spritze verzichten, die den Eisprung auslöst, und der Patientin vom baldigen Geschlechtsverkehr abraten.

Halten sich Arzt und Paar nicht daran und kommt es zur Befruchtung, dann bleibt nur die selektive Abtreibung „überzähliger“ Feten. Dabei wird den Ungeborenen ein tödliches Mittel direkt in das Herz injiziert. Manche Eltern lehnen diesen ethisch sehr problematischen Eingriff allerdings ab.

Bei In-vitro-Behandlungen lassen sich Mehrlingsschwangerschaften vermeiden, indem nur wenige Embryonen implantiert werden. Anders als in Deutschland, wo die Zahl der übertragenen Lebenskeime auf drei begrenzt ist, existiert in den USA keine gesetzliche Regelung – mit dem Resultat, daß 35 Prozent aller IVF-Behandlungen zu Mehrlingen führen. Von Natur aus entstehen Zwillinge dagegen nur bei einer von 80 Schwangerschaften, Drillinge kommen lediglich einmal unter 6000 Geburten vor.

Mit ihrer Waghalsigkeit locken amerikanische Kliniken sogar Kundschaft aus dem Ausland an. In Miami wurde kürzlich eine Schwedin behandelt, die mit sieben tiefgefrorenen Embryonen im Gepäck angereist war. In-vitro-Befruchtungen in Schweden, bei denen Ärzte ihr lediglich drei Keime eingepflanzt hatten, waren fehlgeschlagen. In Miami wurden sämtliche Embryonen aufgetaut und der Patientin übertragen. Das Vabanque-Spiel ging gut aus: Die Frau brachte ein Kind zur Welt – ein einziges.

FETALCHIRURGIE

Der Trend zum kleinen Schnitt

Mit „Schlüsselloch“-Operationen können Ärzte Mißbildungen von Feten im Mutterleib korrigieren.

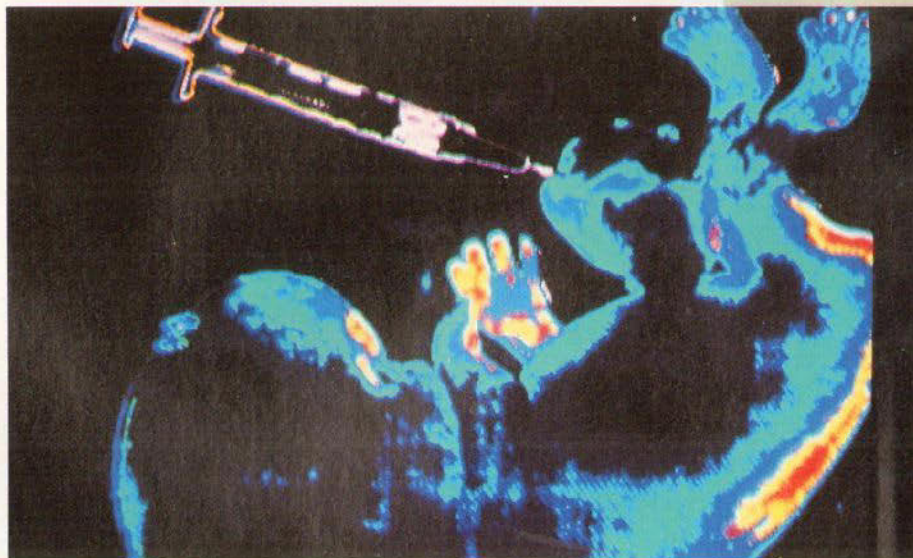
In kühnen Eingriffen öffnen Mediziner seit den achtziger Jahren den Bauch von Schwangeren, holen kranke Ungeborene heraus, operieren sie und praktizieren sie wieder zurück – auf daß sie Wochen später gesund zum zweitenmal zur Welt kommen. Aber die Zahl der Mißerfolge dabei ist groß. Fast immer setzen bei den

hard-Joachim Hackelöer und Kurt Hecher vom Allgemeinen Krankenhaus Barmbek in Hamburg beheben auf diesem Wege bei eineiigen Zwillingen Fehlbildungen der Plazenta, die zu ungleicher Blutversorgung führen: In schweren Fällen „spendet“ bei einem solchen Defekt ein Zwilling seinem Geschwister ständig Blut, ist selbst unterversorgt, und der Kreislauf des anderen wird überfordert. Unbehandelt sterben 90 Prozent der betroffenen Kinder infolge dieses „Feto-foetalen Transfusionssyndroms“.

Die Hamburger Pränatal-Mediziner „verkochen“ nun zwischen der 18. und 25. Schwangerschaftswoche die Gefäß-Kurzschlüsse auf dem Mutterkuchen mit einem Laser und verschließen dem Blut so die falschen Wege. Zu 40 Prozent retten solche Operationen das Leben beider Zwillinge, zu weiteren 40 Prozent immerhin das des einen.

Einen Schub hat die „Schlüsselloch“-Chirurgie an Ungebore-

**Präzisionsarbeit
im Mutterleib:
Ein chirurgischer
Eingriff am Embryo
wird auf dem
Ultraschallbild
kontrolliert**



Frauen schwere Wehen ein, die zu einer Fehlgeburt führen können. Manche Kinder sterben auch an Hirnblutungen oder Kreislaufversagen durch Stress.

Die meisten Mediziner halten deshalb die endoskopische oder minimalinvasive Technik, bei der lediglich kleine Schnitte in Bauchdecke und Gebärmutter der Schwangeren nötig sind, für die Methode der Zukunft. Bern-

nen 1997 durch eine von Manfred Hansmann an der Universitätsklinik Bonn entwickelte Narkosetechnik erhalten: durch die Injektion von Betäubungsmitteln direkt in die Nabelschnur. Ein schlafender Fetus erleichtert die Präzisionsarbeit des Operationsteams enorm. So konnten Hackelöer und Hecher jüngst wagen, mit dem Laser die Blutversorgung fetaler Tumoren

zu kappen und diese somit „auszutrocknen“.

Derzeit versuchen Pränatal-Chirurgen auch, verstopfte Harnröhren eines ungeborenen Babys endoskopisch – per Laser oder mit elektrischem Strom – zu öffnen. Wenn der Urin nicht abfließen kann, staut er sich bis in die Nieren zurück und schädigt sie – oft mit Todesfolge. Bisher haben die Ärzte durch die Bauchdecke des Fetus ein winziges Röhrchen in die Blase geschoben, damit diese sich ins Fruchtwasser entleeren kann. Aber diese „Shunts“ verrutschen und verstopfen häufig.

Noch ehrgeizigere Ziele verfolgen Dario Fauza von der Harvard Medical School und Anthony Atala vom Children's Hospital in Boston. Sie wollen schwere Mißbildungen wie eine offene Bauchdecke oder eine

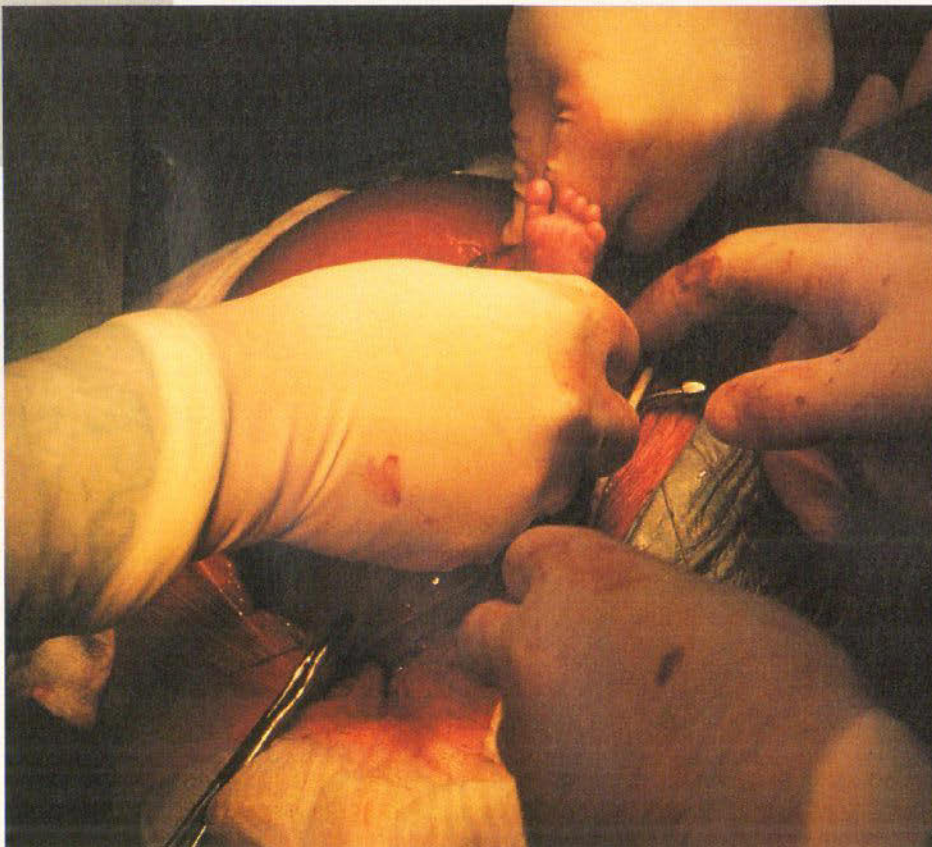
Blase, die sich nicht geschlossen hat, mit Kunsthaut reparieren.

Bislang experimentieren die Wissenschaftler noch mit Schaffeten. Nach zwei Dritteln der Tragzeit entnehmen sie diesen endoskopisch erbsengroße Gewebestücke und lassen sie in einer Nährlösung wachsen. Gleich nach der Geburt der Lämmer korrigieren die Mediziner Fehlbildungen mit dem gezüchteten Ersatz. Fauza, der auch mit Luftröhren- und Zwerchfellgewebe experimentiert, hofft nun, daß die Transplantate in den Lämmchen wachsen und ihre Funktion erfüllen.

Im nächsten Schritt will der Chirurg das Zuchtgewebe den kleinen Patienten bereits im Mutterleib – möglichst endoskopisch – implantieren. Das hat nicht zuletzt einen kosmetischen Grund: Bis zum Ende des zweiten Schwangerschaftsdrittels wächst zumindest Hautgewebe ein, ohne Narben zu hinterlassen.

Die Autoren von Super-Nova:
Klaus Bachmann, Reiner Klingholz,
Kerstin Nees, Susanne Paulsen, Kirsten Thieme,
Sophia Wald

Gewagte Operation:
Ärzte korrigieren an einem sieben Monate alten Fetus eine Fehllage des Zwerchfells. Drei Wochen später kam dieses Kind gesund zur Welt



GLOSSAR

ALLEL

(gr. allelon = zueinander gehörig): Ein Gen kann in leicht unterschiedlichen Varianten – Allelen – vorkommen. Die Allele sorgen zum Beispiel für unterschiedliche Blutgruppen. Weil Menschen über jeweils zwei Exemplare eines Gens verfügen, kann ein „gesundes“ Allel die Aufgaben eines „defekten“ Partners übernehmen.

AMNIOZENTESE

(gr. amnion = Schafshaut; Embryonalhülle; kentesis = Stechen): die Punktion der Fruchtblase für die vorgeburtliche Diagnose von Erbkrankheiten. Der Arzt durchsticht zwischen der 10. und 17. Schwangerschaftswoche mit einer Hohlnadel Bauchdecken- und Gebärmutterwand und entnimmt Fruchtwasser, in dem Zellen des Embryos schwimmen.

CHIMÄRE

In der griechischen Mythologie ein feuerspeiendes Ungeheuer mit Löwenkopf, Ziegenkörper und Schlangenschwanz; in der Biologie ein Begriff für Mischwesen, die aus Zellen unterschiedlicher Abstammung bestehen.



Sagenhaftes Zwitterwesen von 1792

CHORIONBIOPSIE

Methode zur vorgeburtlichen Diagnostik von Erbkrankheiten. Sie ist bereits in der siebten Schwanger-

schaftswoche anwendbar. Mit einer Kanüle entnimmt der Arzt Gewebe des Chorion frondosum, der „belaubten Zottenhaut“, aus der sich später der fetale Teil der Plazenta bildet. Diese Zellen werden auf genetische Defekte untersucht.

CHROMOSOM

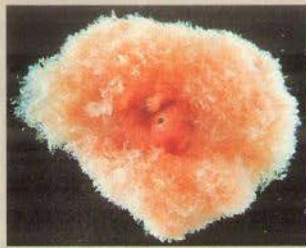
(gr. chroma = Farbe; soma = Körper): Strukturen im Zellkern höherer Lebewesen – der Eukaryonten –, in denen das Erbgut „verpackt“ ist. Die fadenförmigen Gebilde bestehen aus einem verknäulten DNS-Molekül mit oft Tausenden von Genen und aus Eiweißen, die den Chromosomen Form geben und die Aktivität der Gene regeln. Menschliche Zellen enthalten 46 Chromosomen: 22 Paare jeweils identischer plus zwei Geschlechtschromosomen – bei Frauen zwei X-Chromosomen und bei Männern ein X- und ein Y-Chromosom.

DNS

Abkürzung für Desoxyribonukleinsäure: In der DNS ist die Erbinformation codiert, die bei jeder Zellteilung an die Tochterzellen weitergegeben wird. Die Struktur der DNS gleicht einer rechtsgewundenen Strickleiter: Sie besteht aus zwei Strängen, deren Rückgrat lange Ketten aus Phosphat- und Zuckermolekülen bilden. Die Sprossen formen sich aus den organischen Basen Adenin, Cytosin, Guanin und Thymin, von denen sich jeweils zwei paaren – Adenin mit Thymin und Cytosin mit Guanin.

EMBRYO

Die Griechen der Antike nannten jede ungeborene Leibesfrucht „embryon“. In der modernen Medizin und Rechtssprechung gilt eine befruchtete Eizelle – die Zygote – als Embryo. Die Embryogenese des Menschen endet definitionsgemäß im



4-tägiger Embryo in der Zottenhaut

dritten Monat der Schwangerschaft, wenn alle Organe angelegt sind. Danach heißt die Leibesfrucht Fetus.

EUGENIK

(gr. eugenes = von guter Abstammung): Lehre von der Erbgesundheit. Ziel der Eugenik ist es, erbschädigende Einflüsse und die Ausbreitung von Erbkrankheiten zu verhüten. Unter diesem Namen entwickelten Nazi-Ideologen ihr fatales Konzept der Rassenhygiene.

FETUS

Bezeichnung für das ungeborene Kind von der Mitte des dritten Schwangerschaftsmonats an: Die Fetal-Entwicklung des Menschen beginnt, wenn sämtliche Organe angelegt sind. Während dieser zweiten Entwicklungsperiode nimmt die Scheitel-Steiß-Länge von 5 auf etwa 35 Zentimeter und das Gewicht von gut 10 auf rund 3000 Gramm zu.

GEN

Abschnitt des Erb moleküls DNS, der für die Ausbildung eines erblich bedingten Merkmals zuständig ist. Ein Gen enthält die Anweisung zum Bau eines Protein- oder Nukleinsäuremoleküls. Das menschliche Genom umfaßt etwa 100 000 Gene.

ICSI

Abkürzung für intracytoplasmatische Spermien-Injektion: Bei dieser Anfang der neunziger Jahre eingeführten Methode injizieren Ärzte mit einer hauchdünnen Nadel ein Spermium direkt in eine Eizelle. Dadurch können auch Männer Nachwuchs zeugen, in deren Eja-

kulat nur wenige Spermien oder solche schlechter Qualität schwimmen. Für dieses Verfahren eignen sich sogar unreife Samenzellen, die aus dem Hoden entnommen worden sind.

IVF

Bei der In-vitro-Fertilisation (IVF) werden Eizellen außerhalb des Körpers in einem Laborgefäß befruchtet. Der entstandene Embryo wird etwa zwei Tage lang in einer Nährlösung kultiviert und dann als Acht- oder Zwölfzeller in die Gebärmutter einer Frau übertragen.

KLONE

(gr. klon = Zweig): Genetisch identische Organismen, die durch Zellteilung oder ungeschlechtliche Vermehrung entstanden sind.

MUTATION

Veränderung eines Gens oder Chromosoms: Mutationen können sich durch gewandelte Eigenschaften der Organe oder Abweichungen des Stoffwechsels bemerkbar machen. Sie treten natürlich auf, zum Beispiel durch Fehler beim Kopieren der DNS.

Aber sie können auch Folge der Einwirkung sogenannter Mutagene sein, chemischer Substanzen oder ionisierender Strahlen. Mutation ist neben Selektion ein entscheidender Mechanismus der Evolution.

PARTHENOGENESE

Bei der „Jungferzeugung“ (gr. parthenos = Jungfrau; genesis = Erschaffung, Erzeugung) entwickeln sich unbefruchtete Eier eines Weibchens zu lebensfähigen Nachkommen.

PLAZENTA

(lat. placenta = flacher Kuchen): das Verbindungsorgan zwischen Embryo oder

Fetus und mütterlichem Organismus. In der Plazenta, die auch Mutterkuchen genannt wird, übernimmt das Blut der Leibesfrucht Flüssigkeit, Nährsubstanzen und Sauerstoff aus dem Blut der Mutter, während Abfallprodukte des Keim-Stoffwechsels in die entgegengesetzte Richtung fließen.

POLYMERASE-KETTENREAKTION

Labortechnik zur millionenfachen Vermehrung einer DNS-Sequenz in kürzester Zeit. Die Polymerase-Kettenreaktion (Polymerase Chain Reaction, PCR) wird genutzt für die Diagnose von Gen-Defekten, zum Vaterschaftsnachweis und in der Kriminalistik zum Erstellen eines „genetischen Fingerabdrucks“.

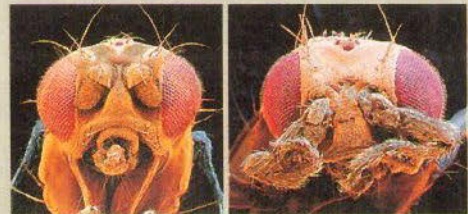
TRANSKRIPTION/TRANSLATION

Erster Teilschritt der Eiweißsynthese ist die „Transkription“: Die in der DNS (siehe dort) verschlüsselte genetische

Information wird in Ribonukleinsäure (RNS) umgeschrieben. Im nächsten Schritt, der „Translation“, übersetzt die Zellmaschinerie die Basenfolge der RNS in eine Kette von Aminosäuren, den Bausteinen der Proteine. Je drei Basen stehen dabei für eine Aminosäure.

ZYGOTE

(gr. zygon = verbinden): Zelle, die aus der Vereinigung der männlichen und weiblichen Geschlechtszellen entsteht. Mit der Zygote beginnt die Entwicklung eines neuen Lebewesens.



Fruchtfliege *Drosophila* – und Labormutante mit Beinen, die aus dem Kopf wachsen (rechts)

LITERATUR

ENTWICKLUNGSBIOLOGIE

Entwicklungsbiologie

Werner A. Müller, Gustav Fischer, 1995.

Entwicklungsbiologie ist selbst für Experten ein schwindelerregendes Fach. Entsprechend schwer zu vermitteln sind die wie von Geisterhand gesteuerten Entwicklungsschritte, die einen embryonalen Zellhaufen im Laufe des Wachstums zu einem hochkomplexen Organismus werden lassen. Wenn einem Wissenschaftler bei diesem Stoff ein Lehrbuch wie dieses gelingt, haben die Studenten Glück gehabt. Eine aktualisierte Fassung des Buches in englischer Sprache ist 1997 bei Springer erschienen.

Embryologie

Keith Moore, Trivedi Persaud, Schattauer, 1996.

Reich illustriertes Lehrbuch der menschlichen Embryonalentwicklung. Für alle, die es ganz genau wissen wollen und keine Scheu vor medizinischem Jargon haben.

EVOLUTION

Eros und Evolution

Matt Ridley, Droemer Knaur, 1995.

Weshalb gibt es überhaupt Sexualität? Der Zoologe und Journalist Matt Ridley präsentiert eine Fülle von Theorien und bietet auch Erklärungen für menschliches Verhalten: Wieso Männer einen Hang zur Polygamie haben, weshalb Frauen reiche und mächtige Partner bevorzugen, warum das weibliche Geschlecht volle Brüste, eine schlanke Taille und runde Hüften entwickelt hat. Die Evolution der geschlechtlichen Fortpflanzung kompetent und brillant erzählt.

Gorillas

Angela Meder, Springer, 1993.

Für die ersten Europäer, die einem Gorilla begegneten, war er Inbegriff der wilden Kreatur, das Gegenteil des zivilisierten Menschen. Geduldige Forschungen haben das Bild radikal gewandelt – in das vom sanften Riesen. Wer sich umfassend über diese Primaten – deren Ökologie, deren Verhalten – unterrichten will, ist mit diesem Buch von Angela Meder sehr gut bedient. Erhellend sind besonders die Vergleiche mit den anderen Menschenaffen.

Menschenaffen

National Geographic Society, RV, 1993.

Daß sie uns entwicklungsgeschichtlich sehr nahe stehen, hat die Menschenaffen nicht davor bewahrt, von ihren „zivilisierten“ Vettern an den Rand der Ausrottung gedrängt zu werden. Je mehr wir über die Welt der Gorillas, Orang-Utans und Schimpansen wissen, desto eher sind wir bereit, sie zu schützen: Von dieser Hoffnung getragen, berichten die Autoren, darunter Jane Goodall, die große alte Dame der Schimpansenforschung, über ihre Abenteuer in den Urwäldern. Das Beste an diesem Band sind jedoch die eindringlichen Bilder des Fotografen Michael Nichols.

Menschenaffen – Mutter und Kind

Jörg Hess, Friedrich Reinhardt Verlag, 1996.

Der Untertitel – Mutter und Kind – umschreibt den Schwerpunkt des Bandes. Über drei Jahrzehnte hat der Autor und Fotograf im Basler Zoo die Lebensgeschichten dreier Primatenarten dokumentiert. Herausgekommen ist eine intime Familienchronik, die zeigt, wie die Kleinen durch ihre Mütter die Welt erfahren.

Why is sex fun?

Jared Diamond, BasicBooks, 1997.

Genau betrachtet ist das menschliche Sexualverhalten bizarr, meint der Autor. Mann und Frau paarten

sich zu unfruchtbaren Zeiten, sogar während einer Schwangerschaft; und sie taten das anders als alle Tiere meist hinter verschlossenen Türen. In gewohnt fundierter und unterhaltsamer Manier geht der amerikanische Physiologe dem Rätsel des menschlichen Geschlechtslebens aus evolutionärer Perspektive nach. Und kommt zu dem Fazit: Unsere Sexualität war ein entscheidender Faktor für die Karriere unserer Spezies.

FRÜHGEBORENE

Frühgeborene brauchen Liebe

Kornelia Strobel, Kösel, 1998.

Äußerst hilfreicher Ratgeber einer Autorin, die selbst drei Frühchen zur Welt gebracht hat. Kombiniert fundierte Sachinformation und Verständnis für die Sorgen und Gefühle der Eltern.

GEBURT / SCHWANGERSCHAFT / VERHÜTUNG

Das Geheimnis der Geburt

Frédéric Leboyer, Kösel, 1997.

In seinem neuen Werk beschreibt der Verfechter der sanften Geburt fast poetisch, manchmal pathetisch die Niederkunft. Medizinisches verquickt er dabei mit philosophischen Gedanken über die Trennung von Mutter und Kind.

Das große Buch vom Stillen

Kathleen Huggins, Trias 1993.

Handfeste Anleitungen und Tricks für alle Mütter, die ihr Kind stillen möchten.

Das Leben vor dem Leben

Katharina Zimmer, Kösel, 1996.

Obwohl bereits 1984 erstmals erschienen, ist das Werk nach wie vor lesenswert. Die Autorin unterrichtet kompetent über die körperliche und seelische Entwicklung des Ungeborenen.

Ein Kind entsteht

Lennart Nilsson, Mosaik, 1997.
Die Neuauflage dieses Klassikers enthält nach wie vor unübertroffene Bilder. Virtuos hat der Schwede Lennart Nilsson die Vorgänge dokumentiert, die sonst im Dunkel des Mutterleibes verborgen sind. Faszinierend, wie sich ein Spermium in die Eizelle bohrt; sensationell, wie ein Fetus in seiner Fruchtblase wie in einem gläsernen Raumschiff schwebt.

Empfangnisverhütung

Alexander Teichmann, Thieme, 1996.

Medizinisch anspruchsvolle Übersicht über alle Verhütungsmethoden und über deren Vor- und Nachteile.

GENETIK

Das Genom – Möglichkeiten und Grenzen der Genforschung

Ernst-Ludwig Winnacker, Eichborn, 1997.

Sprachkranke, die keinen Plural bilden können, die Prüfung der Echtheit von Zarentöchtern, die Aussichten eines Boris-Becker-Klons auf dem Tennisplatz und natürlich den Kampf gegen Krebs und BSE – das und einiges mehr berührt der renommierte deutsche Wissenschaftler auf seinem Streifzug durch die Genforschung. Allerdings: Nur für den Einsteiger dürften neue Aspekte darunter sein. Kritik läßt der Autor weithin nicht gelten – und ein gentechnischer GAU ist für ihn Science-fiction pur.

Die Doppelhelix

James D. Watson, Rowohlt Taschenbuch, 1997.

1968 erstmals veröffentlicht, heute ein Klassiker, den der Verlag dankenswerterweise in überarbeiteter Fassung und mit einem aktuellen Vorwort versehen neu aufgelegt hat. Watson präsentiert seine sehr persönliche Geschichte einer Schlüsselentdeckung der modernen Wissenschaft, der Strukturaufklärung der



DNS. Für ein wissenschaftliches Sachbuch ungewöhnlich – es „menschelt“ in dem amüsanten Band. Der Autor plaudert ungeniert über Eitelkeiten, Rivalitäten und Ticks der beteiligten Forscher.

Ethik und Gentherapie

Christoph Rehmann-Sutter, Hansjakob Müller (Hrsg.), Attempto Verlag, 1995.

Die ersten klinischen Versuche mit der Gentherapie laufen, die ethische Bewertung ist aber längst nicht abgeschlossen. Die Autoren dieser – manchmal etwas abgehobenen – Aufsatzsammlung bieten eine Übersicht über das technisch Machbare und versuchen, moralische Grenzen zu definieren. Zum Beispiel plädieren sie dafür, auf den Eingriff in die menschliche Keimbahn definitiv zu verzichten.

Gene und Genome

Digest 6, Spektrum der Wissenschaft, 1997.

Kollektion älterer, aktualisierter sowie brandneuer Beiträge aus der Zeitschrift „Spektrum der Wissenschaft“. Fachleute referieren den Wissensstand ihrer Disziplin. Entschlüsselung des Erbguts, gezielter Austausch von Genen, Gentherapie, Patentierung des Lebens – kaum ein aktuelles Feld bleibt unbeackert. Aufschlußreich, aber für Laien ohne Vorbildung manchmal schwer verdaulich.

Molekulare Humangenetik

Tom Strachan, Andrew Read, Spektrum Akademischer Verlag, 1996.

Der Zwei-Kilo-Wälzer bringt den Leser auf den neuesten Stand des Wissens darüber, wie die DNS auf-

gebaut ist und wie sie funktioniert, nach welchem Muster Gene vererbt werden und wie das Erbgut des Menschen organisiert ist. Das umfassende und anspruchsvolle Lehrbuch beschränkt sich nicht auf wissenschaftliche Details, sondern bezieht auch Stellung im Streit um die Entschlüsselung des menschlichen Genoms und um genetische Eingriffe in die Keimbahn.

Somatische Gentherapie – Medizinische, ethische und juristische Aspekte

Kurt Bayertz u. a. (Hrsg.), Gustav Fischer, 1995.

Die Autoren behandeln verständlich und umfassend medizinische, ethische und juristische Aspekte der umstrittenen Technik. Vielfältiges Material findet, wer die historische Entwicklung und dabei vor allem Details der öffentlichen Debatte über die Gentherapie nachlesen möchte. Für jene, die sich eine fundierte eigene Meinung bilden wollen, bietet das Buch einen besonderen Service: Argumente pro und contra werden systematisch aufgelistet und kurz kommentiert.

Vererbung und Ererbtes

Jörg Schmidtke, Rowohlt Taschenbuch, 1997.

Wertvoller, allgemeinverständlicher und einfühlsamer Ratgeber für alle, die von erblichen Krankheiten betroffen sind oder sich darüber informieren wollen. Der Autor führt ein in die Grundlagen der Humangenetik, erläutert die Möglichkeiten von Gentests und widmet sich der Frage: Wie können wir mit der Last unseres Wissens umgehen?

Verschieden und doch gleich

Luca und Francesco Cavalli-Sforza, Knauer, 1996.

Fazit 40jähriger Arbeit an einem genetischen Stammbaum des *Homo sapiens*. In dem gemeinsam mit seinem Sohn Francesco erarbeiteten

Werk entzieht der Humangenetiker Luca Cavalli-Sforza mit wissenschaftlicher Akribie dem Rassismus die Grundlage. Liefert faszinierende Einblicke, weshalb die zahllosen Völker der Erde trotz kreuzverschiedener Kulturen einander so ähnlich sind.

KULTURGESCHICHTE

Befreite Sexualität?

Wilfried von Bredow, Thomas Noetzel, Junius, 1990.

Lehrreiche Exkursion in die Sittengeschichte seit der Aufklärung. Schlaglichtartig zeichnen die Autoren Muster des gesellschaftlichen Umgangs mit der Sexualität nach – von der Reaktion auf den Extremismus des Marquis de Sade über Sigmund Freuds Theorien und den Feminismus bis zur vermeintlichen sexuellen Freiheit der Gegenwart. Paradoxes Fazit: Wer die herrschende Moral umstößt, ersetzt sie zwangsweise durch eine neue.

Eros, Ehe, Hosenteufel

Reinhold Dörrzapf, dtv, 1998.

„Warum soll die Beziehung der Zukunft nicht das Beste von allem enthalten, was in 5000 Jahren Frauen und Männer ausprobierten?“ fragte sich ein Journalist. Also sammelte er reiches Material über die Geschlechterbeziehungen und beschrieb die Orgien der Römer, die Haremsgewohnheiten der Paschas und die Sittenstrenge der Puritaner. Manchmal etwas arg deftig und voyeuristisch.

Geschichte der Abtreibung

Robert Jütte, Beck'sche Reihe, 1993.

Versammelt chronologisch angeordnete Aufsätze zu einem der heikelsten Themen der Menschheitsgeschichte. Der Blick zurück fördert manche überraschende Ein-

sicht zutage: Wer hätte etwa vermutet, daß das katholische Kirchenrecht bis 1918 eine eingeschränkte Fristenregelung kannte?

SEXUALITÄT

Die Sexualität des Menschen

Götz Kockott, C. H. Beck, 1995.

Der handliche Band informiert knapp und kompetent über die vielfältigen Facetten menschlicher Sexualität, rückt Vorurteile gegenüber Menschen mit unüblichem Sexualverhalten zurecht und bietet Orientierung bei gestörtem Sexualleben.

Krieg der Spermien

Robin Baker, Limes, 1997.

Anhand fingierter Szenen einer Beziehung breitet der Autor seine provokative These aus, der Wettlauf der Samen zur Eizelle diktiert das menschliche Sexualverhalten. Warum fühlen manche einen unwiderstehlichen Drang zur Untreue? Warum ist der weibliche Orgasmus so unberechenbar? Warum haben wir so oft Lust auf Sex, auch wenn wir uns gar keine Kinder wünschen?

Liebe, Lust und Leidenschaft

Bernulf Kanitscheider (Hrsg.), Hirzel, 1998.

Sexualität aus philosophischer, medizinischer, evolutionsbiologischer, psychologischer und theologischer Sicht. Ein wissenschaftlicher Rundumschlag, der eine Einführung in den Sex der Pantoffeltierchen ebenso bereithält wie den Fundus an Signalen für die menschliche Kontaktabahnung. Leicht lesbar. Leider ohne Register.

Liebe & Sex

Gaby Miketta, Claudia Tebel-Nagy, Trias, 1996.

Der Zauber der Verliebtheit nur ein Wirbel der Moleküle? Liebeskummer lediglich eine Frage des Hormonspiegels? Zwei Journalistinnen haben zusammengetragen, was Forscher über die Biochemie unserer leidenschaftlichen Gefühle herausgefunden haben. Eine gut lesbare Einführung.

Sexual Nature, Sexual Culture

Paul R. Abramson, Steven D. Pinkerton (Ed.), The University of Chicago Press, 1995.

Sexualität im Wechselfeld genetischer Veranlagungen und kultureller Einflüsse. Inzest und Sextourismus sind ebenso Bestandteil dieses multidisziplinären Werks wie Promiskuität im brasilianischen Regenwald oder homosexuelle Schimpansen. Forschung über geschlechtliches Verhalten, die notgedrungen oft auf Befragungen gründet, hat es aber auch mit einem Problem zu tun: Die Erinnerung an eigene sexuelle Erlebnisse entspricht, wie sich zeigt, nicht immer den Tatsachen.

TIERZUCHT

Bio- und Gentechnologie in der Tierzucht

Bernhard Sill (Hrsg.), Ulmer, 1996.

Seit Jahrtausenden züchtet der Mensch Tiere als Nahrungslieferanten. Von der Gentechnik verspricht man sich, den Züchtungsfortschritt enorm beschleunigen und Nutzvieh mit völlig neuen Eigenschaften schaffen zu können. Die Autoren des Sammelbandes untersuchen, ob das Ziel kostengünstiger Tierproduktion alle Eingriffe rechtfertigt. Sie wenden sich jedoch gegen eine pauschale Ablehnung der neuen Methoden und plädieren für ein bedingtes Ja.

Das geklonte Leben

Gina Kolata, Diana, 1997

Am Anfang war nur das Schaf. Doch was aus dem sensationellen Klon „Dolly“ und dem sich rasant entwickelnden Feld der Embryologie einmal werden wird, vermag kaum ein Forscher zu sagen. Die „New York Times“-Redakteurin

Gruener + Jahr AG & Co. Druck- und Verlagshaus, Am Baumwall 11, 20459 Hamburg. Postanschrift für Verlag und Redaktion: 20444 Hamburg, Telefon (040) 3703-0, Telefax (040) 3703-5648, CompuServe: 75410, 1601, Internet: 75410.1601@compuserve.com; GEO-Explorer: <http://www.geo.de/>

CHEFREDAKTEUR
Peter-Matthias Gaede

GESCHÄFTSFÜHRENDE REDAKTEURE
Erwin Ehret (Art Direction), Ruth Eichhorn (Bild), Dr. Reiner Klingholz (Text)

CHEF VOM DIENST
Ernst Artur Albaum

ART DIRECTOR: Andreas Knoche
MITARBEITER DIESER AUSGABE
Klaus Bachmann (Textredaktion)

Angelika Blume, Christine Broll, Jutta von Campenhausen, Steven Dickman, Prof. Dr. Ernst Peter Fischer, Dr. Joachim Fischer, Meike Grimm, Dr. Karl Hübner, Peter Korn, Franz Mechsner, Kerstin Nees, Dr. Jürgen Nefke, Susanne Paulsen, Dr. Horst Rose, Claus-Peter Sesin, Dr. Volker Sommer, Kirsten Thieme, Sophia Wald, Katharina Zimmer

REDAKTIONSSASSISTENZ: Ursula Arens

BILDREDAKTION
Sabine Wuensch

SCHLUSSREDAKTION
Hinnerk Seelhoff (Leitung), Dr. Friedel H. Bastein, Jürgen Brüggemann, Manfred Fekkehoff, Hans-Werner Köhl, Assistenz: Hannelore Koehl

DOKUMENTATION: Jörg Melander

GEO-BILDARCHIV
Birgit Heller, Gunda Lerche, Peter Müller

GEO-BÜROS
Moskau: Wladimir Pyljow, Bolschaja Dorogomil'skaja uliza, 9, kw. 23, Moskau, 121 151 Rußland. Tel./Fax: 007 095 240 0488;

New York: Wilma Simon, Brigitte Barkley, Barbara Bylek, 375 Lexington Avenue, New York, NY 10017-5514, Tel. (212) 499-8100, Fax (212) 499-8105, e-mail: geomag@interport.net

Verantwortlich für den redaktionellen Inhalt:
Dr. Reiner Klingholz

VERLAGSLEITER: Dr. Jürgen Althaus, Dr. Gerd Brüne (Stellv.)

ANZEIGENLEITER: Dr. Gerd Brüne (verantwortlich für Anzeigen)

VERTRIEBSLEITER: Jan Schweke
HERSTELLER: Peter Grimm

GEO-Wissen-Leser-Service
Deutschland: Gruener + Jahr AG & Co
GEO-Wissen-Leser-Service, 20080 Hamburg,

Schweiz: GEO-Wissen-Leser-Service, 6002 Luzern

Österreich: GEO-Wissen-Leser-Service, DPV Wien, Postfach 7, A-1140 Wien

Übriges Ausland:
GEO-Wissen-Leser-Service, DPV,
Postfach 101602, D-20010 Hamburg
Jahresabonnement übriges Ausland auf Anfrage

GEO-Service-Telefon

(Abonnement, Nachbestellung alter Ausgaben, Bücher von GEO, GEO-Kalender, Register, Schuber etc.)
Deutschland: Tel: (040) 37 03 40 41; Fax: (040) 37 03 56 57; e-mail: abo-service@guj.de
Schweiz: Tel: (041) - 317 33 33; Fax: (041) - 317 33 89
Österreich: Tel: (0222) - 91 07 63 26; Fax: (0222) - 91 07 63 18
Übriges Ausland: Tel: ++49-0-37 03 39 29; Fax: ++49-0-37 03 56 25

Heft-Preis: DM 15,80 - ISBN-Nr. 3-570-19170-2
© 1998 Gruener + Jahr, Hamburg

ISSN-Nr. 0933-9736

Anzeigenabteilung: Tel: (040) 37 03 23 25; Fax: (040) 37 03 56 08

Bankverbindung: Deutsche Bank AG Hamburg, Konto 0322800, BLZ 200 700 00

Offsetdruck: TUSCH-Druck Ges.m.b.H., A-7201 Neudorf

Fotovermerke nach Seiten. Anordnung im Layout: L = links, r = rechts, o = oben, m = Mitte, u = unten
Titel: Barbara Bordinck/ CNR/SPL-Agentur Focus (kl. Foto)
Seite 3: Sabine Sütterlin
Seite 4: Lennart Nilsson/Albert Bonniers Förlag AB; o., r. u.; Yann Arthus-Bertrand/Peter Arnold, Inc.; m. o.; Nubar Alexanian; m. u. i.; Wolfgang Volz/Bilderberg; l. u.
Seite 5: Wolfgang Schmidt/Das Fotoarchiv; o., Peter Maltz; m. o.; M. Iwafuji/Eurelios/Agentur Focus; m. u.; Bert Stern; u. DER LUST-GEWINN
Nan Goldin; 6/7: Michel Edelmann/Petit Format; 8/9: Ronald Frommann/Laif; 10/11: Lennart Nilsson/Albert Bonniers Förlag AB; 12/13: Tobey Sanford; 14/15: Dept. of Energy/Photo Researchers, Inc.; 16/17: K. Seddon & T. Evans, Queen's University, Belfast/SPL-Agentur Focus; 17: Tom Wagner/Saba; 18/19: Co. Rentmeester/Life Magazine, Time Inc./InterTopics; 20/21
DER KLON IM SCHAFFSPELZ
Remi Benati & Stephen Ferry/Life Magazine, Time Inc./digital bearbeitet von Steve Walkowiak/Gamma-Liaison; 22/23
DIE ERFINDEUNG DES SEX
Edward S. Ross; 26/27, 33, 39 o. u. d.; Kim Taylor/Bruce Coleman, Inc.; 28/29: Dwight R. Kuhn; 28, 29: Matt Meadows/Peter Arnold, Inc.; 30/31: David M. Dennis/Tom Stack & Associates; 31: Jones, Shmlock/ikan; 32/33: Biofotos, Heather Angel; 34 o.; Dennis Kunkel/Phototake; 34 u.; Aus: Sex in Nature, Chris Garton & James Gray, Groom Ham Ltd., 1985; 35: Doug Perrine/Innerspace Visions; 36/37: Fred Bateman/Peter Arnold, Inc.; 38: Kim Taylor/Bruce Coleman Ltd.; 39 m. (3)
DIE KURIERE DER BEGIERDE
Manfred Kage/Okapia; 40: Lennart Nilsson, Ein Kind entsteht/Mosak Verlag; 42, 43
FATALER FRÜHSTART INS LEBEN
Nubar Alexanian; 46-55
DER GRIFF NACH DEM KEIM
National Library of Medicine, Bethesda; 56, AKG; 57 l.; Omikron/SPL-Agentur Focus; 58 o.; dpa; 58 u.; Dennis Brack/Das Fotoarchiv; 59 o.; courtesy University of Massachusetts, Advanced Cell Technologies; 59 u.
MENSCHEN NACH MASS?
Wolfgang Volz/Bilderberg; 60-73 außer: Lennart Nilsson, Ein Kind entsteht/Mosak Verlag; 60, 71 l.; Dr. Niklas/Jason Burns/Phototake; 67: Lennart Nilsson/Albert Bonniers Förlag AB; 71 r.; Privatbesitz; 73
DIE QUAL MIT DER WAHL
Melanie Barnes; 74-76
ALS ERLAUBT GILT, WAS ERREGT
Erich Lessing; 78/79: Regina Bernes/Laif; 79: AKG; 80/81: Dirk Eisermann/Das Fotoarchiv; 81: Ruth Orkin Photo Archive; 82: Atle Petersen/Bildarchiv/Preußischer Kulturbesitz; 83 o.; Hans Rietzloff/Bildarchiv/Preußischer Kulturbesitz; 83 u.; Nicole Bengiveno/Matix/Agentur Focus; 84: Andreas Pohlmann; 84/85
DER GIPFEL DER LUST
Anke Feuchtenberger/Contours; 86-89
DAS GESCHLECHTER-PUZZLE
Götz Schwar/Stern; 94: Albert Visage/Peter Arnold, Inc.; 94/95, 97 o.; N. Tornelli/Bruce Coleman Ltd.; 96 o.; Frans de Waal/Yerkes Primate Research Center; 96 m.; 100 m.; Will McBride/Stern; 98 u.; Peter Velt/National Geographic Image Collection; 97 u.; C. Packer/Bruce Coleman, Inc.; 98/99: Hendrik N. Hoek; 100/101: Yann Arthus-Bertrand; 101: Frans Lanting/Minden Pictures; 102 o., 103 o.; David Hanover/Tony Stone; 102 u.; Alex Webb/Magnum/Agentur Focus; 103 m.; Thomas L. Kelly; 103 u.
DER EINZIG GESUNDE SCHLUCK
Anke Feuchtenberger/Contours; 104/105
MEIN BAUCH GEHÖRT DIR
Lynn Johnson/Aurora/Bilderberg; 106-115
DAS ABTREIBUNGS-DILEMMA
Dennis Brack/Das Fotoarchiv; 118/119: epa/dpa; 119: Don Ryan/AP; 120: Uli Deck/dpa; 121: Sue Owrutsky/Picture Group/Agentur Focus; 122: Greg Smith/Saba; 123
DAS DILEMMA MIT DEM SCHUTZ
Harald Blanck; 158
AM ANFANG SIND SIE ALLE GLEICH
Lennart Nilsson/Albert Bonniers Förlag AB; 126-127, 132, 133, 136/137, 138, 139 l. und r. o., 140/141: Lennart Nilsson, Ein Kind entsteht/Mosak Verlag; 128/129, 134/135, 137, 139 r. u.; MPI für Entwicklungsbiologie, Tübingen; 130 l. o.; Steve Paddock/Howard Hughes Medical Institute Research Laboratories; 130 r. o. (3); Konrad Wolter/Okapia; 130 u.
DAS ENDE DER GEBORGENHEIT
Mark Gulezian/Quicklook/STES; 142: Peter Jormales/Das Fotoarchiv; 142/143: Ronald Frommann/Laif; 144, 146/147: First Light; 145 l.; Wellcome Institute Library; 145 r.; 146
KUR FÜR KRANKE MOLEKULE
Harald Blanck; 148
MAUSE, KLONE, SENSATIONEN
M. Iwafuji/Eurelios/Agentur Focus; 150/151: Keystone; 152 o.; AFP/epa/dpa; 152 u.; Markus Matzel/Das Fotoarchiv; 153: George Steinmetz/Agentur Focus; 154/155, 155 o., m. o. und m. u.; dpa; 155 u.; Mario Dondoro; 156 o.; HSZV Nord/Ost; 156 u.
DAS KREUZ MIT DEM ERBE
Peter Maltz; 158-165
DER FLUCH DER LEIDENSCHAFT
Eye of Science; 167 l. o., m. r. und r. u.; Alfred Pasiak/SPL-Agentur Focus; 167 r. o.; Institut Pasteur/CNR/Phototake; 167 m. l.; NIAD/NIH/Peter Arnold, Inc./Okapia; 167 l. u.
DIE EWIGE VERLOCKUNG
Christoph Pflitz/Network/Agentur Focus; 168/169: Bert Stern; 170/171: Christoph Pflitz; 172/173: Jean Moucq/ANA; 174/175: Nan Goldin; 176/177
Super-Nova
Biophoto Ass./Science Source/Okapia; 178: George Grall/National Geographic Image Sales; 179: Howard Sochurek/Medichrome/The Stock Shop Inc.; 180 o.; Tim Platt; 180 u.; dpa; 182 o.; John Chiasson/Life Magazine, Time Inc./InterTopics; 182 u.; Howard Sochurek/The Stock Market; 183: Philippe Plailly/Eurelios/SPL-Agentur Focus; 184 l.; AKG; 184 r.; Rainer Jonas; 185 o.; Eye of Science; 185 u.
Zeichnungen/Illustrationen
Doug Marlette/Newsday; 3; Mirko Ilie; 24; Harald Blanck; 36, 41, 71, 96/97, 131, 152; Robert J. Demarest; 42, 43; Andreas Knoche; 57 r.; Juan Velasco/The New York Times Permissions; 181; Hendrik Dorgaten; 187
belliegendes POSTER
Illustrationen: Jörg Kuhn; Foto: Lennart Nilsson/Albert Bonniers Förlag AB
Für unverlangt eingesandte Manuskripte und Fotos übernehmen Verlag und Redaktion keine Haftung.
© GEO 1998, Verlag Gruener + Jahr, Hamburg, für sämtliche Beiträge.
Einem Teil der Auflage liegen Prospekte für Gruener + Jahr AG & Co. bei.

Gina Kolata durchleuchtet die Hintergründe eines Experimentes, das selbst die Forschergemeinde überrascht und die Welt verändert hat.

Genetic Engineering of Animals

Alfred Pühler (Ed.), VCH, 1993.
Lehrbuch für Fortgeschrittene. Erläutert detailliert die Technik der Genübertragung bei Tieren und referiert die Anwendungen bei Maus, Kuh, Fisch und Huhn.

Gentechnik in der Tierzüchtung -

Darstellung, Motivation, Stellungnahmen

Gottfried Brem u. a., Ev. Presseverband für Bayern e. V., 1991.
Wer mehr vom Klon-Schaf Dolly erfahren möchte, ist hier falsch. Die Autoren liefern vielmehr das begriffliche Fundament, um über Gentechnik zu sprechen. Kirchlichen Stellungnahmen sind im Anschluß fast ebenso viele Seiten gewidmet wie den wissenschaftlichen Grundlagen.

UNFRUCHTBARKEIT

Ungewollte Kinderlosigkeit

Monika Fränznick, Karin Wieners, Juventa, 1996.
Basierend auf Interviews, beschreiben die Autorinnen das komplizierte Geflecht von Schuldgefühlen, sozialem Druck und Glauben an die Macht der Medizin, in das ungewollt kinderlose Frauen sich verstricken. Ein lohnendes Buch für Betroffene und alle, die deren Dilemma verstehen wollen.

Ungewollte Kinderlosigkeit

Thomas Strowitzki, Gustav Fischer, 1996.
Knapp gefaßtes und präzises Handbuch über Ursachen, Diagnose und Therapie von Unfruchtbarkeit. Der Autor beschränkt sich auf die medizinische Sicht des Problems, psychische Aspekte behandelt er nur am Rand.



3. Tag
Morula-Stadium: Der Embryo erreicht die Gebärmutter. Er besteht aus 12 bis 16 Zellen.

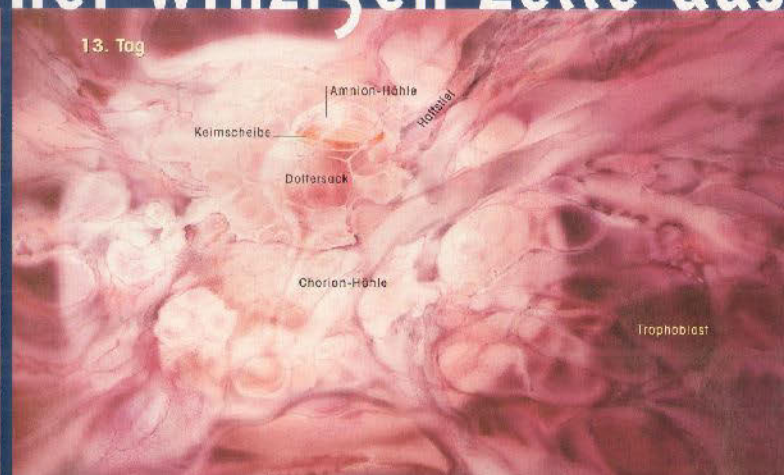
4.-5. Tag
Blastozyste: Die rund 100 Zellen des Embryos haben

sich erstmals differenziert: in den Trophoblasten und den Embryoblasten.

6.+7. Tag
Implantation: Die kugelförmige Blastozyste dringt mit dem Pol, an dem sich der Embryoblast ent-

wickelt, in die dicker gewordene Gebärmutter-schleimhaut ein.

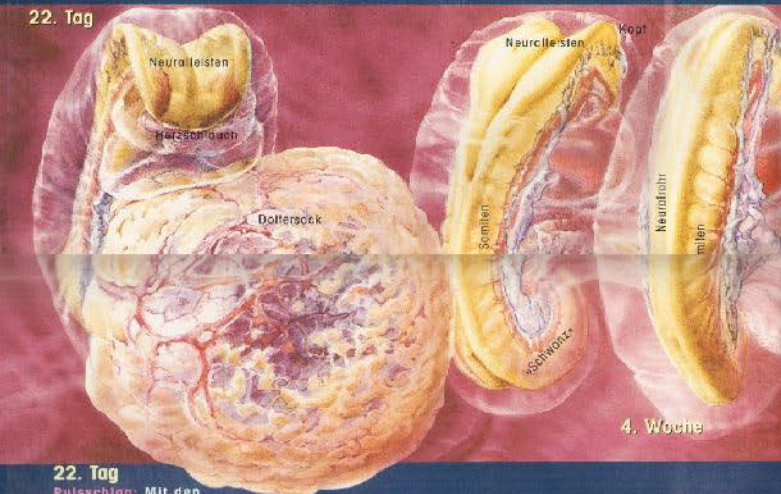
10. Tag
Trophoea: Die Blastozyste ist vollständig eingedrungen. Blutfaserstoff verschließt die Öffnung.



13. Tag
Hängepartie: Der »Körper« des Embryos besteht in diesem Stadium lediglich aus der flachen, aus zwei Zellschichten aufgebauten Keimscheibe. Sie liegt eingebettet zwischen der mit Fruchtwasser gefüll-

ten Amnion-Höhle und dem Dottersack. Alle drei Teile des Embryoblasten hängen frei in der weiten Chorion-Höhle, mit dem Haftstiel an der Innenwand des Trophoblasten verankert. Der Trophoblast bildet eine zottrige,

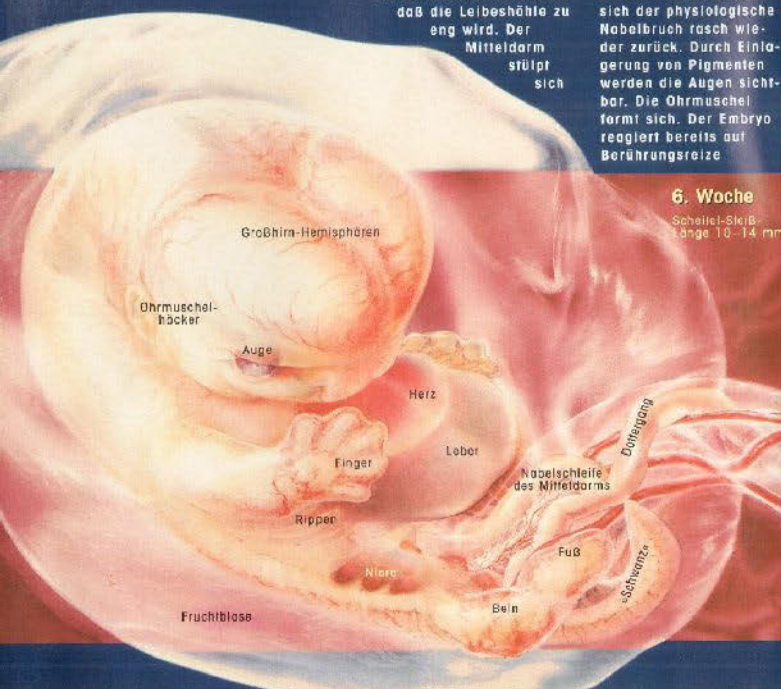
»Chorion« genannte Hülle, aus der sich später der embryonale Anteil der Plazenta entwickelt.



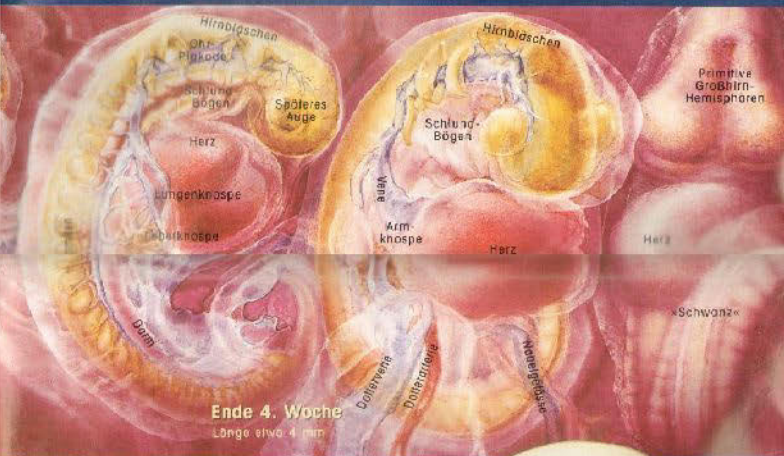
22. Tag
Pulsschlag: Mit den ersten Pulsationen des Herzschlauchs entsteht ein primitiver Kreislauf.

6. Woche
Platznot: Darm, Leber und Nieren wachsen so schnell, daß die Leibeshöhle zu eng wird. Der Mitteldarm stülpt sich

deshalb vorübergehend in die Nabelschnur ein. In der 10. Woche bildet sich der physiologische Nabelbruch rasch wieder zurück. Durch Einlagerung von Pigmenten werden die Augen sichtbar. Die Ohrmuschel formt sich. Der Embryo reagiert bereits auf Berührungsreize.

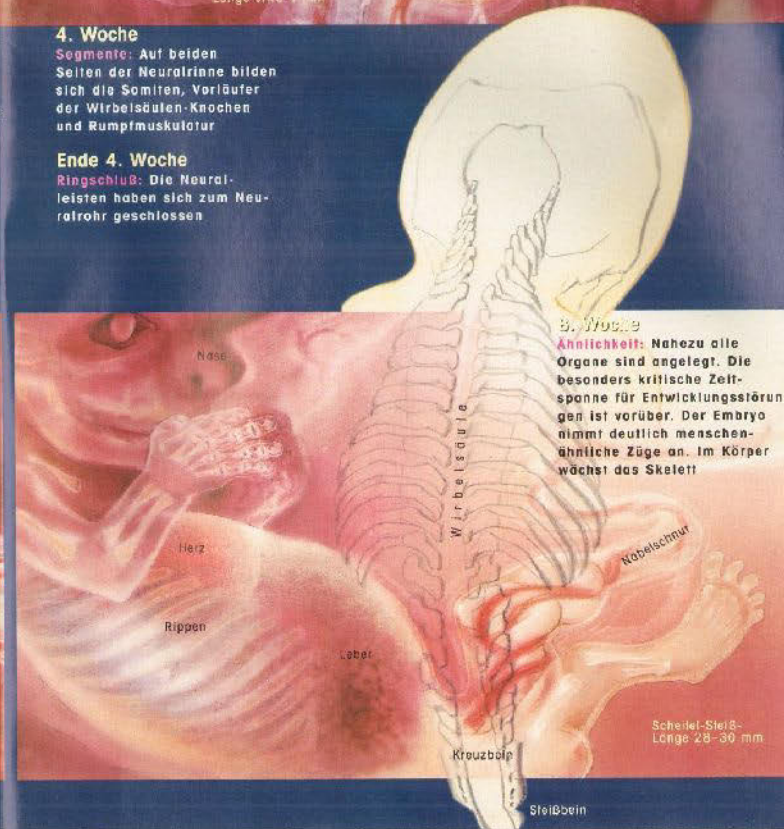


6. Woche
 Scheitel-Steiß-Länge 10-14 mm



4. Woche
Segmente: Auf beiden Seiten der Neuralrinne bilden sich die Somiten, Vorläufer der Wirbelsäulen-Knochen und Rumpfmuskulatur.

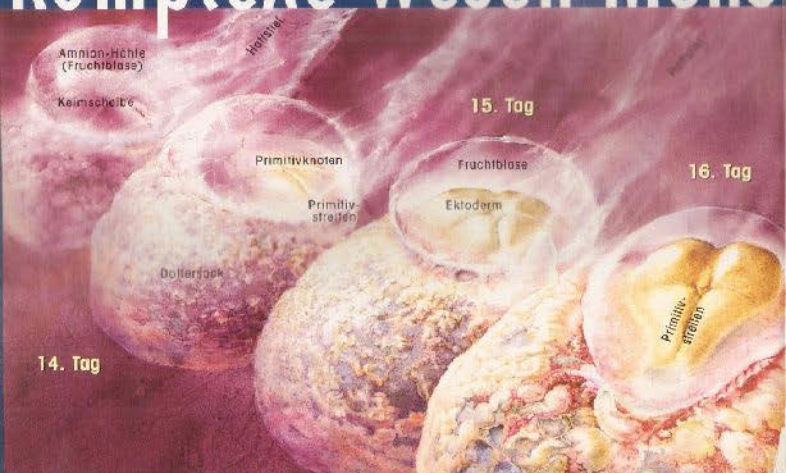
Ende 4. Woche
Ringschluß: Die Neuralleisten haben sich zum Neuralrohr geschlossen.



8. Woche
Ähnlichkeit: Nahezu alle Organe sind angelegt. Die besonders kritische Zeitspanne für Entwicklungsstörungen ist vorüber. Der Embryo nimmt deutlich menschenähnliche Züge an. Im Körper wächst das Skelett.

Scheitel-Steiß-Länge 28-30 mm

komplexe Wesen Mensch entwickelt



14. Tag

14. Tag

Faltung: Eine Zellschicht der Keimscheibe – das Ektoderm – kerbt sich ein und bildet den »Primitivstreifen«

15. Tag

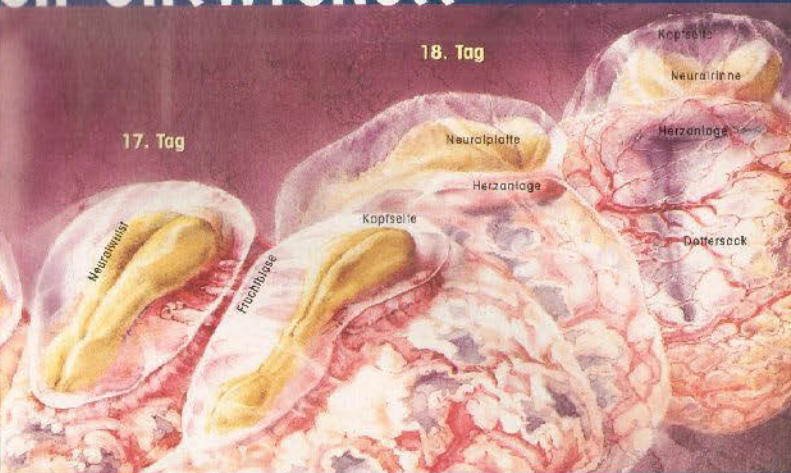
Drei Keimblätter: Aus dem Primitivstreifen geht ein

drittes, mittleres Keimblatt hervor – das Mesoderm. Aus ihm entstehen Muskeln und Knochen, Bindegewebe und Gefäße. Dem »unten« liegenden Entoderm entwickeln sich Schleimhäute und Innenwände des

Atmungs- und Verdauungstrakts. Das »obere« Ektoderm bildet Sinnesorgane, Nervensystem und Haut.

16. Tag

Lebenssaft: Im Dottersack-Gewebe entstehen erste Blutzellen und »Blutinseln«



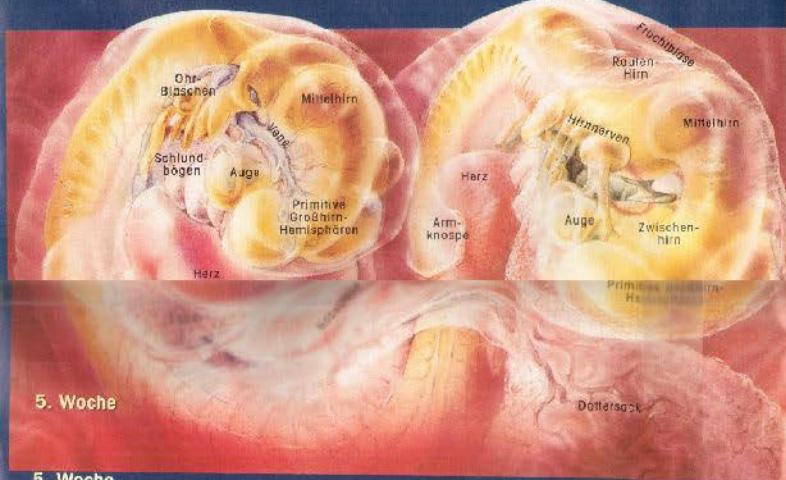
18. Tag

17. Tag

18. Tag

Krümmung: Durch das schnelle Wachstum der Neuralanlage – Vorläuferin des Gehirns und Rückenmarks – beginnt sich der Embryo zu krümmen. Unterhalb

der Neuralrinne legen Zellen des Mesoderm das Herz an



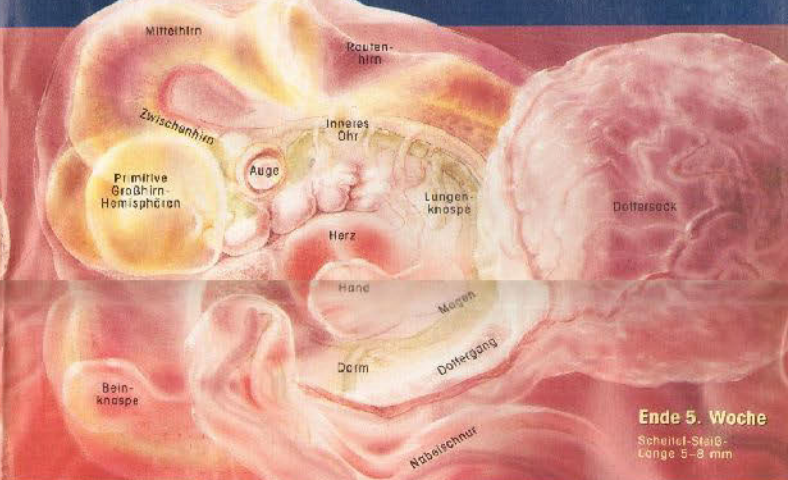
5. Woche

5. Woche

Kiemensbögen: Die Schlundbögen, -furchen und -taschen prägen das Aussehen des Embryos. Sie ähneln den Kiemen von Fischen, sind aber wesentlich an der Bildung von Gesicht, Hals und Kehlkopf beteiligt

Mitte 3. Monat

Größenzuwachs: Das Ungeborene mißt vom Scheitel bis zum Steiß 50 bis 80 Millimeter. Der Größe nach ein Däumling – und doch ist bereits alles dran am Embryo. Auch die Frage »Junge oder Mädchen?«



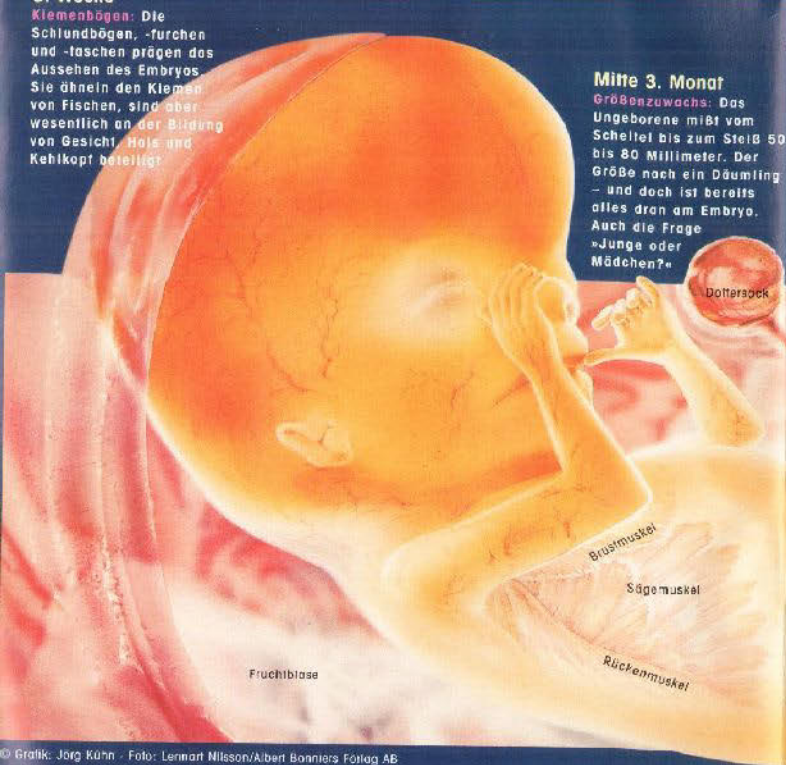
Ende 5. Woche

Scheitel-Steiß-Länge 5–8 mm

Ende 5. Woche

Hirnentfaltung: Der Kopf ist auffällig stark gewachsen – eine Folge der Gehirnentwicklung. Das Gesicht kommt dadurch in direkten Kontakt mit dem Herzen. Die Extremitäten differenzieren sich: Die Anlage

der Hand verbreitert sich paddelförmig. Darauf zeichnen sich die Fingerstrahlen ab. Bei Ultraschalluntersuchungen lassen sich zu diesem Zeitpunkt bereits spontane Bewegungen des Rumpfes und der Gliedmaßen beobachten



Mitte 3. Monat

Scheitel-Steiß-Länge 80–100 mm

GEO
WISSEN



GEO
WISSEN



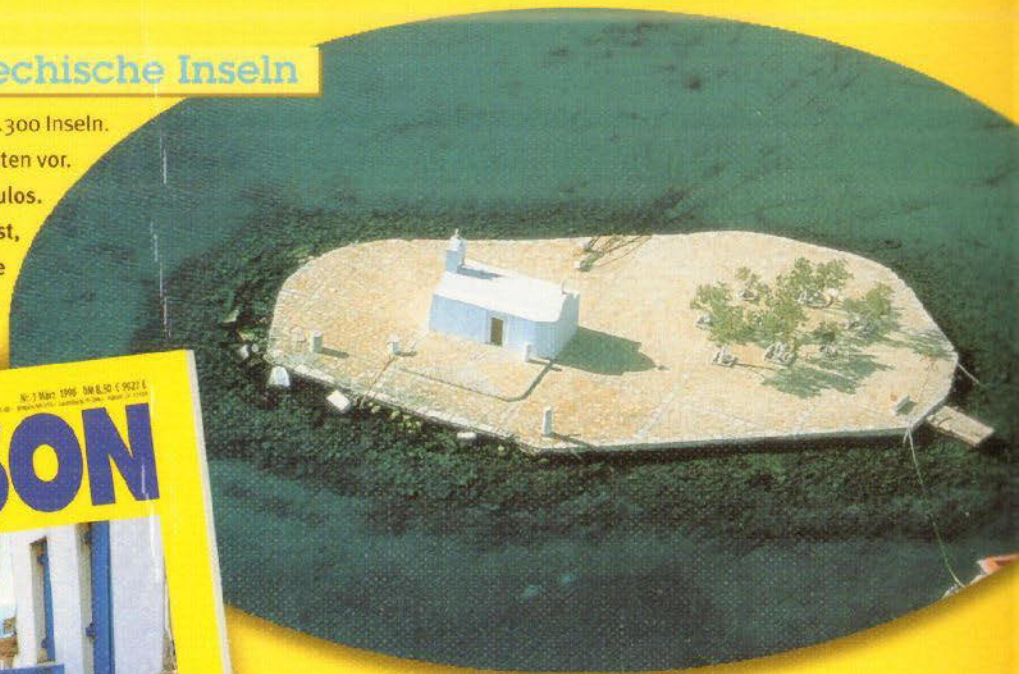
Griechische Inseln

Griechenland hat 1.300 Inseln.

Unsere Experten stellen Ihnen die 10 schönsten vor.

Zum Beispiel Dimitri Joanidopoulos.

Zwanzig Jahre lang ist er in der Ägäis gereist,
bis er sich an seiner Traumküste
niedergelassen hat.



Sind Sie reif für diese Inseln?



Sprachreisen

Wie man das Nützliche mit dem Angenehmen verbindet.

Englisch in Oxford, Italienisch mit Kochkurs, Spanisch mit Spaß.

Kalabrien

Wer tief im Süden Italiens
einen guten Reiseführer
braucht, sollte sich an
den besten Koch halten.

Gaetano Alia nimmt



Sie mit in die Berge, wo er die Kräuter für seine hochgelobte Küche holt,
und erzählt nebenbei über Geschichte und Menschen seiner Heimat.

Hamburg

Kennen Sie den See-
mannsclub Duckdalben,
wo sich die Matrosen
aus aller Welt treffen?

Die Kirche, wo die
Afrikaner singen? Oder das Restaurant, in dem die Lieblingsspeisen
des Kalifen serviert werden? Wir öffnen Türen in exotische Welten



GEO SAISON

SCHÖNER REISEN MIT GEO

Ab 4. März
im Handel