

Zeitschrift:	Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft. Wissenschaftlicher und administrativer Teil = Actes de la Société Helvétique des Sciences Naturelles. Partie scientifique et administrative = Atti della Società Elvetica di Scienze Naturali
Herausgeber:	Schweizerische Naturforschende Gesellschaft
Band:	144 (1964)
Artikel:	Fertilität als biologische Anpassungserscheinung
Autor:	Witschi, Emil
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-90549

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 27.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Fertilität als biologische Anpassungerscheinung¹

Prof. Dr. EMIL WITSCHI, Basel

I. Evolution von Keimplasma und Soma

Von Fortpflanzung sprechend, legen wir den Schwerpunkt gewöhnlich auf Generationenfolge, während es sich biologisch noch viel mehr um die Erhaltung des Keimplasmas handelt; *unseres Keimplasmas*, das durch ein Gewebe fadendünner Strömchen ohne Unterbrechung wohl schon 2000 Millionen Jahre dahergeflossen ist. Dabei hat sich das Keimplasma selber morphologisch sehr wenig verändert. Gestützt auf die vorhandenen geologischen Urkunden und aufgrund vergleichend morphologischer Überlegungen nehmen wir an, dass vor etwa 1000 Millionen Jahren die Keimplasmen der heutigen vielzelligen Arten noch nackt, also als Protozoen lebten. Der einzellige Prototyp mag sich von den heutigen menschlichen Keimzellen und ihrem Entwicklungszyklus (Fig. 1) nur wenig unterschieden haben. Zuerst ameboid und frei beweglich, runden sich die Einzelzellen ab, wenn sie sich festsetzen und auf die Reifung vorbereiten. Je nach dem induktiven Milieu, unter das sie geraten, werden sie entweder Ovogonien und schliesslich Eier oder Spermatogonien und Spermien. Der ausgeprägt geschlechtliche Dimorphismus von Ei und Sperm hat sich wohl erst als Anpassung an das Leben innerhalb eines grossen wirtlichen Somas entwickelt.

Somadifferenzierung in primitivster Form wird heute noch durch *Volvox*, eine Grünalge, exemplifiziert, wo in kleinen Zellkolonien die Mehrzahl der Zellen sich der Ernährung und dem Schutz des Keimplasmas widmen, selber aber sich nicht mehr fortpflanzen. Sie verfallen dem Tod, wenn die Kolonie nach einer Reproduktionsperiode sich auflöst. In primitivster Weise ist also hier schon zwischen einem potentiell unsterblichen Keimplasma und einem dem Tode verfallenen Soma zu unterscheiden. Merkwürdigerweise hat sich aber im Verlaufe der Evolution der letzten etwa 500 Millionen Jahre das Soma viel mannigfaltiger differenziert als das Keimplasma (vgl. Witschi, 1960). Mit dem Erscheinen des Menschen vor etwa einer Million Jahren ($\frac{1}{2}$ bis 2 Millionen nach verschiedenen Schätzungen) hat sich das Soma schliesslich eine neue Unsterblichkeit errungen. Während in allen primitiveren Arten jeglicher Fortschritt nur *erblich*, also durch das Keimplasma getragen, auf weitere Generationen übermittelt wird, so beginnt mit der Entwicklung des

¹ Unterstützt durch Ford Foundation Grant an das Anatomische Institut der Universität Basel.

menschlichen Gehirns und seiner psychischen Fähigkeiten die Entfaltung der *Kultur*, die sich mit Sprache und Schrift durch Lehren und Lernen erhält. Ein neuer Entwicklungsweg ist damit gefunden: Evolution unabhängig von Genmutationen – geschaffen durch kreative Fähigkeiten des Gehirns und getragen durch Tradition.

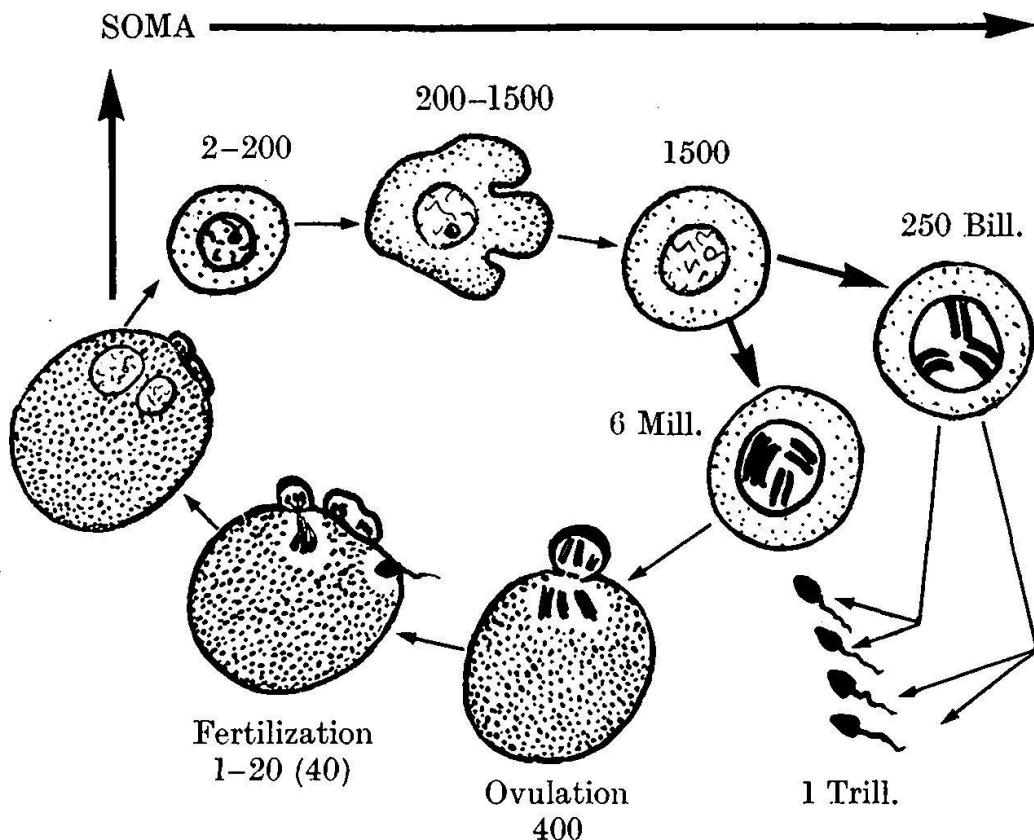
Diese immer schneller wachsende neuere Entwicklung bringt gefährdrohende Konflikte mit sich, weil der Mensch ja doch an das materielle Erbgut des Keimplasmas und an die körperliche Sterblichkeit gebunden bleibt. Wenden wir uns zunächst nochmals zur *Betrachtung des Keimplasmas* zurück.

II. Vermehrungspotential des Keimplasmas

In Figur 1 sind zahlenmäßig die normalen *Vermehrungsmöglichkeiten* eingetragen, wie sie sich für die menschliche Spezies im Verlauf eines Generationszyklus ergeben. Schon die primordialen Keimzellen vermehren sich tüchtig; aber besonders nach der Geschlechtsdifferenzierung (in etwa sieben Wochen alten Embryonen) folgt ausgiebige mitotische Multiplikation der Ovogonien und Spermatogonien. Im vier- bis fünfmonatigen weiblichen Fötus kommt sie mit der Bildung von fünf bis sechs Millionen Oozyten (primitive Eier) zum Abschluss (Witschi, 1948, 1962). Im männlichen Geschlecht gehen Spermatozytenreifung und Spermatogonienvermehrung nebeneinander her bis ins hohe Alter. Trotz grossen individuellen Variationen können etwa 250 Billionen Spermatozyten und eine Trillion (10^{12}) Spermien als Standardwerte errechnet werden. Das stellt offensichtlich ein enormes Fruchtbarkeitsreservoir dar. Dabei sind die Perioden frühzeitiger Keimzellendegeneration im fotalen Hoden noch nicht einmal in Rechnung gestellt (Roosen-Runge, 1964).

Ähnliche Zahlen würde man für alle Wirbeltiere finden, etwas modifiziert natürlich nach Körpergrösse und Lebensdauer (besonders der Männchen). Bei einem flüggen Starenweibchen wurden rund 100 000 Oozyten gezählt (Witschi, 1956). In Fischen und Amphibien persistieren Ovogonien auch im adulten Ovar, so dass jährlich neue Eischübe erzeugt werden (Witschi, 1929).

Angesichts dieses ungeheuren Vermehrungspotentials ist es wohl klar, dass die *Reduktion zur Erhaltungszahl* der Art irgendwo und durch irgendwelche Mittel zustande kommen muss. Im allgemeinen wird die Gesamtzahl der Ovarialeier nur von oviparen Fischen und Amphibien ausgereift und abgelegt. Sie werden in der Regel auch alle befruchtet und beginnen gleichmässig sich zu entwickeln. Karpfen laichen jährlich etwa eine halbe Million Eier, der Bullfrosch 10000, kleinere Froscharten von 500 bis 5000. Das neue Laboratoriumstier, der Krallenfrosch (Xenopus), kann im Jahr bis zu sechsmal je 1500 Eier produzieren (bestätigt durch Dr. Mikamo). Die *Konstanz der Populationen* wird erhalten durch Umweltfaktoren, besonders Beschränktheit der Ernährungsmöglichkeiten, Wetter und Predation. Kaviar- und Froschschenkelepikuräer werden



Figur 1
Schema des Generationszyklus der menschlichen Keimzellen

Zur Zeit, wenn Soma und Keimplasma sich differenzieren (etwa im 62-Zellen-Stadium), sind es wohl von Anbeginn zwei Urkeimzellen. Im Dottersackendoderm eingelagert, vermehren sie sich auf etwa 200. Während sie amöbenartig gegen die Mittelnieren hin wandern, teilen sie sich wieder bis auf etwa 1500. In den embryonalen Keimdrüsen erfolgt die Differenzierung zu Spermatogonien oder Ovogonien.

Weitere Erklärungen im Text

gewiss volles Verständnis für Sinn, Mechanik und Folgen des letzten haben. Kannibalismus, besonders auch das Auffressen der Jungen durch die Alten derselben Art, ist weit verbreitet. Nicht vorbereitet allerdings waren diese niederen Wirbeltiere für solche Eingriffe moderner menschlicher Technik wie Entsumpfung, Flusskorrektion und industrielle Wasserunreinigung, durch die schon manche Arten an den Rand des Aussterbens geraten sind.

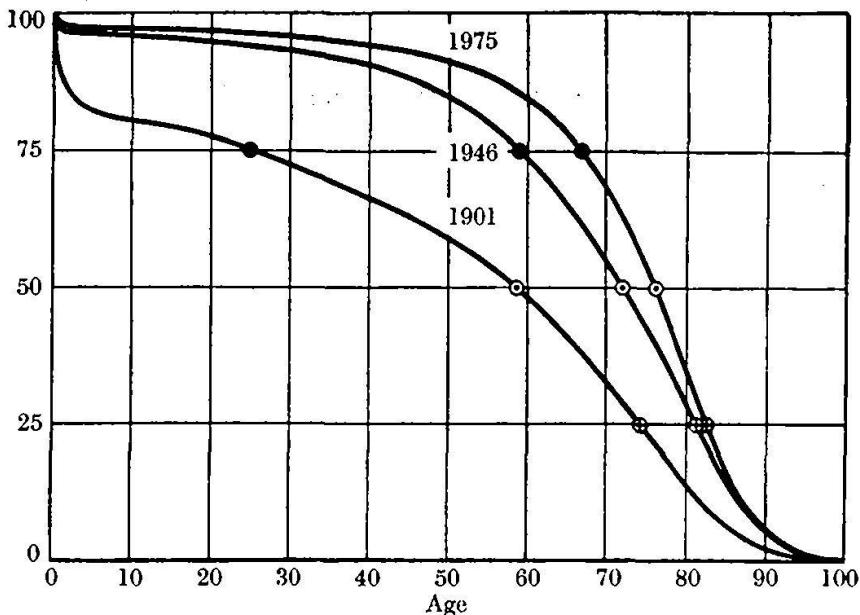
Schon bei einzelnen Fisch- und Amphibienarten finden sich Anfänge eines neuen Prinzips der Populationsstabilisierung durch *Nachkommenfürsorge*. In einfachster Form beschränkt sie sich auf Verstecken und Bewachen der Gelege, wie bei der Groppe und dem Stichling. Aber auch Versorgung der Embryonen durch Stapelung grosser Futtervorräte im Eidotter (namentlich Eiweiß und Fett) und durch Viviparität in mannig-

fachen Variationen werden hier sozusagen ausprobiert. Unter Haien finden sich Arten, welche die grössten aller Vertebrateneier legen, während andere die Föten im Uterus durch eine regelrechte Dottersackplazenta mit Nahrung und Sauerstoff versorgen. Mit der Vervollkommenung der Fürsorge geht eine Reduktion der Zahl ovulierter Eier einher. Das Schicksal der überzähligen Oozyten ist noch kaum studiert worden, aber sicher gehen viele durch Degeneration und Absorption im Ovar zu grunde.

Die warmblütigen Wirbeltiere, Vögel und Säugetiere scheinen alle die Bildung von Spermien und Oozyten in grossen Zahlen als Ahnenerbe von kaltblütigen Vorfahren beibehalten zu haben. Aber die Reduktion der Gameten beginnt in der Regel schon in den Keimdrüsen.

Während in der Honigbiene nach den schönen Untersuchungen von Butenandt und Rembold Vitamine den Grad der Ovarentwicklung bestimmen, so üben bei Vögeln und Säugern Hormone der Hypophyse eine Kontrolle über Ovulation oder Degeneration der Eizellen aus. Wie schon erwähnt, enthält das Ovar des jungen Starenweibchens etwa 100000 Eifollikel. Davon werden jährlich fünf ovuliert, so dass in zehn Brutperioden (entsprechend der wahrscheinlichen Lebensdauer) total nur etwa ein halbes Hundert gelegt werden. In jedem Frühjahr beginnen über hundert Eifollikel sich zu vergrössern. Dies geschieht unter dem Einfluss vermehrter Ausgabe zweier Hypophysenhormone: FSH und LH (follikelstimulierendes und luteinisierendes Hormon). Es ist eine Eigentümlichkeit des Vogelovars, dass es täglich nur ein Ei zur vollen Reife und Ovulation bringt. Sobald im Verlaufe einer Woche das Nest voll geworden ist mit einem Gelege von fünf bis sieben Eiern, schaltet sich die Hypophyse um und sezerniert nun LTH, das luteotrophe Hormon (auch Prolaktin genannt). Unter seinem Einfluss verfallen alle noch im Ovar befindlichen vergrösserten Follikel der Degeneration, und der Vogel wird brütig. Die Umschaltung erfolgt nach optischer oder vielleicht auch taktiler Wahrnehmung, dass das Gelege komplett ist. Wenn man nämlich jeden Tag ein Ei entfernt, so kann das Legen über zwei Monate weitergehen, wie uns Beobachtungen an Sperlingen gezeigt haben (Witschi, 1956).

Fünf Starenkinder je Paar und Jahr ist immer noch eine ansehnliche Vermehrungsrate. Offenbar war sie gerade genügend, um unter den Lebensverhältnissen in Europa die Populationsziffer ziemlich konstant zu erhalten. Was sie aber darüber hinaus zu leisten vermag, nämlich in einem konkurrenzarmen Raum, zeigt die Importation des Stars in Nordamerika. In den Jahren 1890 und 1891 brachte der Apotheker und Importeur Eugen Schieffelin 120 Stare nach New York, wo sie im Central Park freigelassen wurden (Chapman, 1925). Die ersten Winter wurden mühsam überlebt, im Schutz vorspringender Hausdächer und am Gnatentisch der Kehrichtkübel. Dann, erst langsam, bald aber schneller, begann die Ausbreitung, zuerst entlang der atlantischen Küste. Etwa 1918 wurden die Appalachian Mountains überflogen. Unterdessen war der europäische Liebling zu einer richtigen Plage geworden, und die



Figur 2

Prozentualkurven Überlebender verschiedener Altersjahre, gestützt auf Lebenstabellen für die Vereinigten Staaten der Jahre 1901 und 1946. Die Vorhersage für 1975 beruht auf Sterblichkeitsberechnungen des US Bureau of the Census (nach Dublin et al.). Sie zeigen eine dramatische Verminderung der Frühsterblichkeit mit kaum geänderter oberster Lebensgrenze

Farmer des Mittelwestens rüsteten sich zur Abwehr. Im Jahre 1927 wurde der erste Star in Iowa festgestellt². Die 99 Counties setzten Kopfprämien aus, welche bald eine hübsche Einnahmequelle für die Jungmannschaft des Staates wurden. Im Zeitraum 1936 bis 1943 wurden über 600000 Prämien ausgezahlt. Dann wurde der Kampf als hoffnungslos aufgegeben. Heute mag die Starenpopulation von Nordamerika wohl eine Billion oder mehr betragen, ein «Erfolg», der zahlenmäßig den der «Bleichgesichter» recht bescheiden erscheinen lässt. Sie hat sich jetzt endlich stabilisiert, da ein Gleichgewicht mit Milieufaktoren sich doch einmal entwickeln musste.

Die Starengeschichte ist eine ernste Lehre, die zeigt, wie verhältnismässig geringe Fortpflanzungsraten schon genügen, um regelrechte Populationsexplosionen hervorzubringen, wenn die Lebensumstände sich rasch verbessern. Damit kommen wir zu einem der wichtigsten Probleme, mit denen die heutige Menschheit sich zu befassen hat.

² Der Sprechende liess sich im selben Jahre in Iowa City nieder und hat mit besonderem Interesse das nun sich entwickelnde Drama verfolgt, da doch der Star bald eines seiner wertvollsten Laboratoriumstiere werden sollte (Publikationen von 1936 weg).

Seit dem *Erscheinen des Menschen* und durch die Tausende von Jahren zwischen Steinzeitalter und Beginn unserer Zeitrechnung hat sich seine Bevölkerungszahl erst nur langsam vermehrt. Im Mittelalter haben Epidemien und Hungersnöte immer wieder dezimierend gewirkt und das Anwachsen trotz etwas besserer Lebenslage in bescheidenen Grenzen gehalten. Eine radikale Veränderung brachte jedoch die neueste Zeit mit der Entwicklung der Medizin, der Ernährungswissenschaften und des Transportwesens. Eine nie vorher gesehene Verbesserung der Lebenslage hat die Kinder- und Wöchnerinnensterblichkeit auf ein statistisch unbeträchtliches Minimum beschränkt und die allgemeine Lebensdauer bis über das Ende des fortpflanzungsfähigen Alters hinaus ausgedehnt (Fig. 2). Welches sind die Konsequenzen dieser Veränderungen? *Die erste Folge* ist natürlich die alarmierend rapide Vermehrung der Bevölkerungszahlen. Die gegenwärtig lebenden Individuen stellen schätzungsweise etwa 4 %, also $\frac{1}{25}$ der Gesamt menschheit dar, die je auf diesem Planeten gelebt hat (Annabelle Desmond, 1964). Dabei lebt heute die Menschheit durchschnittlich noch besser als irgendwelche früheren Generationen. Technische Fortschritte in der Eröffnung immer neuer Energiequellen, in der Agrikultur und in der Nahrungsmittelchemie folgen sich so rasch, dass Hunger wegen Erschöpfung natürlicher Quellen vielleicht nicht einmal eine unmittelbar drohende Gefahr darstellt. Unsere Kultur ist doch nur 6000 Jahre alt, und die Geophysiker schätzen, dass die Erde noch einige 2000 Millionen Jahre bewohnbar bleiben könnte (vgl. Huxley, 1963). Kann man da nicht in gutem Vertrauen erwarten, dass die Chemiker schliesslich lernen werden, aus Elementen und Atombruchstücken die Äquivalente von Fleisch und Brot herzustellen? Aber sollte man nicht vielmehr sich die Frage überlegen, *welches der Sinn unbegrenzter Bevölkerungsvermehrung sein könnte?* Gibt es nicht ein anzustrebendes Optimum, unter dem kulturelle Entwicklung, geistige und körperliche Befriedigung und materieller Wohlstand am besten gedeihen würden?

Sind das schon schwierige Fragen, so bringt eine *zweite Folge* der verbesserten Lebenslage noch schwerwiegender Probleme mit sich. Durch die Lebenderhaltung aller, auch der schwächlichsten Kinder und durch die Ausgestaltung sozialer Fürsorge wird Darwins Grundprinzip organischer Höherentwicklung, «the preservation of favored races in the struggle for life», ausser Kurs gesetzt. Die Kunst der Ärzte belebt die schrecklichsten Missgeburten, die ohne Hilfe nie den ersten Atemzug gezogen hätten. In wohlhabenden Ländern Westeuropas und Nordamerikas ermöglicht Fürsorge aus öffentlichen Mitteln den ökonomisch schwächsten Klassen höchste Fortpflanzungsraten. Öffentliche Schulen nehmen sich ihrer Kinder unentgeltlich an. Erblich Belastete werden besonders gepflegt. Und das alles kann und soll ja nicht geändert werden! Verständnis und Hilfsbereitschaft für die Schwachen jeder Art gehören doch zu den schönsten Errungenschaften menschlicher Kultur und sind feste Bestandteile derselben geworden. In einem von der CIBA Foundation of London veranstalteten Symposium über «Man and his Future» (Wolstenholme, 1963) haben sich führende Genetiker über den drohenden

Zerfall, aber auch über Möglichkeiten der Verbesserung des menschlichen Erbgutes ausgesprochen. Letzteres wäre zu erreichen durch Elimination belastender Gene und Erhaltung von Kombinationen der besonders wünschbaren. Theoretisch sieht alles vorzüglich aus, aber zur praktischen Anwendung sind die Voraussetzungen in unseren demokratischen Bevölkerungen noch kaum gegeben. Wohl tritt in der griechischen Legende Amphitryon beiseite, um Zeus Gelegenheit zu lassen, mit seiner Gemahlin Alkmene den Herkules zu erzeugen. Aber der Vorschlag des Nobelpreislaureaten Muller, Frauen ähnlicherweise, doch künstlich, mit Samen hervorragender Männer befruchten zu lassen, dürfte nicht nur die rechtmässigen Ehegatten verdiessen, er ist auch vom genetischen Gesichtspunkt zu unsicher in individueller Anwendung. Dazu kommt die Schwierigkeit der Zielbestimmung. Dobzhansky (1962) weist mit Recht darauf hin, dass Mutationen, welche gewöhnlich unerwünscht erscheinen, sich unter besonderen Umständen als unschädlich oder sogar als vorteilhaft erweisen können. Ich erinnere mich eines besonders drastischen derartigen Falles. Gewiss wäre in einer Tretmühle zu laufen, wie ein Eichhörnchen, für einen normalen Burschen ein unendlich langweiliger Beruf. Aber ein Mongoloide, den ich noch um die Jahrhundertwende in einem Steinbruch so beschäftigt sah, fand offensichtlich Freude daran und war stolz, dass er mit seinem Kran auch die schwersten Steinblöcke heben konnte. In der Zeit vor Gasolinmotoren und Automation waren diese durch Chromosomenaberration geschaffenen gutmütigen Schwachsinnigen oft noch nutzbare Mitglieder der menschlichen Gesellschaft. Heute sind sie durch moderne Arbeitsgesetzgebung praktisch zur Untätigkeit gezwungen, eine Last der Familien und der Gemeinden.

Fast möchte es scheinen, dass heute höhere geistige Entwicklung statt zur Vervollkommenung eher zur Degeneration des Erbgutes, also des Keimplasmas führe. Dabei ist aber zu bedenken, dass ärztliche Kunst und allgemeiner Wohlstand es der Gesellschaft ermöglichen, eine bedeutende Last Bedürftiger und Entarteter zu tragen. Dies natürlich nur so lange, als noch eine ausreichende Zahl zur Führung befähigter Individuen vorhanden sind, welche den wirtschaftlichen und geistig-kulturellen Fortschritt zu gewährleisten vermögen.

Abschliessend kann man zu diesem Thema wohl sagen, dass das Keimplasma, diese so kompliziert gebaute und leicht zerstörbare Substanz, die durch Millionen von Generationen von Somagefäß zu Somagefäß weitergegeben wurde und nur in den Körpern der gegenwärtigen Generation investiert weiterlebt, zweifellos der Menschenart heiligstes Gut ist. Auf seine Reinerhaltung und Verbesserung sollte die Gemeinschaft stets bedacht sein. Zukünftige Generationen werden hier aufgrund vertiefter Kenntnisse und verfeinerte technischer Methoden in Genetik und Zytchemie und, so hoffen wir, begünstigt durch verbesserte soziale Organisation manche Probleme zu lösen haben, an die man sich heute noch kaum herannahen kann. Ohne Anwendung von Selektionsmethoden, das Keimplasma betreffend, dürfte es allerdings dabei schliesslich doch nicht abgehen.

Tabelle 1

Relative Zunahme des männlichen Geschlechts in den frühen postnatalen Altersklassen zwischen 1920 und 1960. Im letzten Jahr (1960) herrscht ein annäherndes Gleichgewicht der Geschlechter in den Klassen 30 bis 44, also praktisch bis zum Ende der Fortpflanzungsperiode. Negative Vorzeichen bedeuten Unterwertigkeit der weiblichen Klasse je 1000 männliche Individuen (Schw. Stat. Jbch. 1963)

Altersklassen	Je 1000 männliche Einwohner				
	1920	1930	1941	1950	1960
0-4	-23	-26	-32	-45	-54
5-9	-14	-21	-33	-38	-52
10-14	-6	-19	-26	-30	-21
15-19	30	12	-16	-4	-91
20-24	112	64	-3	85	-51
25-29	137	89	22	68	-44
30-34	113	120	57	29	2
35-39	63	124	80	47	16
40-44	62	112	124	67	4
45-49	53	78	142	98	45
50-54	91	99	149	149	38
55-59	139	110	140	186	138
60-64	210	176	184	215	198
65-69	264	251	229	234	302
70-74	357	348	309	320	366
75-79	387	416	439	402	452
80 und mehr	500	597	655	650	644

Eine eher unerwartete *dritte Folge* der veränderten Lebensbedingungen soll noch erwähnt werden. Merkwürdigerweise wirkt sie sich besonders auf dem Heiratsmarkt aus. Wie schon lange bekannt, werden mehr Knaben geboren als Mädchen. Das ursprüngliche Geschlechtsverhältnis wird gewöhnlich als etwa 106:100 angegeben. Männliche Kinder sind aber delikater als weibliche, und so kehrte sich in früheren Zeiten das Zahlenverhältnis während der ersten zwanzig Lebensjahre fast vollständig um. Nun aber, da die Frühsterblichkeit auf ein Minimum reduziert worden ist, gibt es im heiratsfähigen Alter mehr Männer als Mädchen, und die Frauen kommen erst am Ende der fruchtbaren Lebensperiode in die Überzahl. Die Verschiebung ist noch sichtbar in den 1963 publizierten Tabellen des Schweizerischen Statistischen Amtes (Tab. 1), obschon diese nur bis aufs Jahr 1920 zurückgreifen. Als eine natürliche Konsequenz wird das Heiratsalter der weiblichen Bevölkerung fortlaufend niedriger. Das führt mit sich eine Tendenz, die Zahl der Kinder je Frau zu erhöhen.

Offensichtlich handelt es sich bei der menschlichen Spezies gegenwärtig nicht darum, eine gegebene Erhaltungszahl konstant zu halten, sondern den Bevölkerungszuwachs zu kontrollieren und in ein sinnvolles Verhältnis zu den Veränderungen des materiellen Milieus und zu den Erfordernissen kultureller Entwicklung zu bringen.

Tabelle 2

Zahl der Keimzellen in geschlechtlich undifferenzierten menschlichen Embryonen und weiblichen Föten bis zur Geburt (nach Witschi, 1948, 1962)

Standard ¹ Stadium	Grösse mm	Alter	Somiten Geschlecht	Keimzellen Histologischer Typus	Zahl
16	3,0	26 d	16 So	Primordiale Gonien	109
18	3,8	29 d	26 So	Primordiale Gonien	586
20	4,2	31 d	32 So	Primordiale Gonien	1 366
33	24	8 w	F	Ovogenien	100 000
35a	60	11 w	F	Ovogenien + Oozyten	1 Mio
35b	115	15 w	F	Oozyten	5-6 Mio
36	320	Geburt	F	Oozyten + Primärfollikel	5-6 Mio

d = Tage; w = Wochen; So = Somiten; F = weiblich; Mio = Millionen

¹ Vgl. Biological Handbooks, ed. P. L. Altman and D. S. Dittmer. Federation of American Societies for Experimental Biology, Washington, D.C., pp. 273 f. (1962).

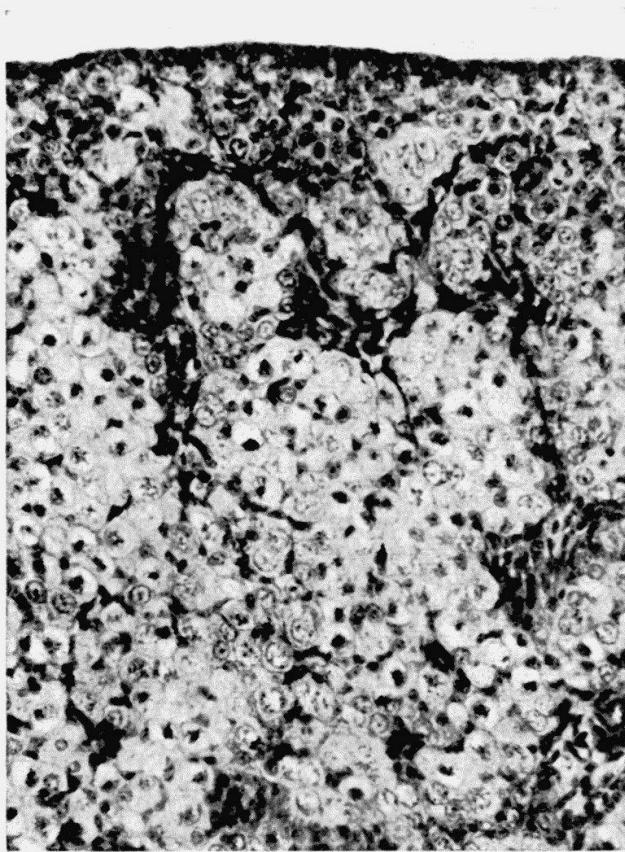
III. Natürliche Kontrolle der Fruchtbarkeit des Menschen

Von der Trillion Spermien eines normalen Mannes haben nur die wenigen, welche mit einem reifen Ei in Kontakt kommen und es besamen können, eine Möglichkeit, zu überleben und das Erbgut weiterzugeben. Ungeheuer verschwenderisch erreicht die Natur die notwendige Adaptation an die Lebenslage durch Zerstörung ungezählter, potentiell unsterblicher Keimzellen.

Auch bei der Reduktion der Fruchtbarkeit im weiblichen Geschlecht wird das Hauptwerk von der Natur selber geleistet. Die Tabelle 2 enthält einige Daten, welche zeigen, wie während der frühen embryonalen und fötalen Entwicklung die Zahl der Keimzellen stetig bis etwa auf fünf oder sechs Millionen anwächst (Tafelfig. oben links). Nach Ende des vierten Monats wird der weiteren Vermehrung dadurch ein Ende gesetzt, dass sich alle Ovogenien in Oozyten umwandeln (Fig. 3). Das sind Keimzellen, die sich zur Reifung bereitstellen und damit die Fähigkeit zu weiterer mitotischer Teilung verlieren. Zur Zeit der Geburt wurden in einem Falle immer noch fünf bis sechs Millionen Oozyten gezählt (Witschi, 1962). Es muss allerdings angenommen werden, dass auf allen Stadien bedeutende individuelle Schwankungen vorkommen und besonders, dass in der zweiten Hälfte der Fötalentwicklung oft schon Keimzelldegeneration beginnen kann.

Unsere noch im Gang befindlichen Untersuchungen an Ovarien geschlechtsreifer Frauen³ zeigen, dass schon vor der Pubertät die Mehrzahl der Keimzellen verschwinden (vgl. Potter, 1962).

³ Dr. M. Eduard Davis, University of Chicago, sei die Sammlung dieses Materials bestens verdankt.



Figur 3

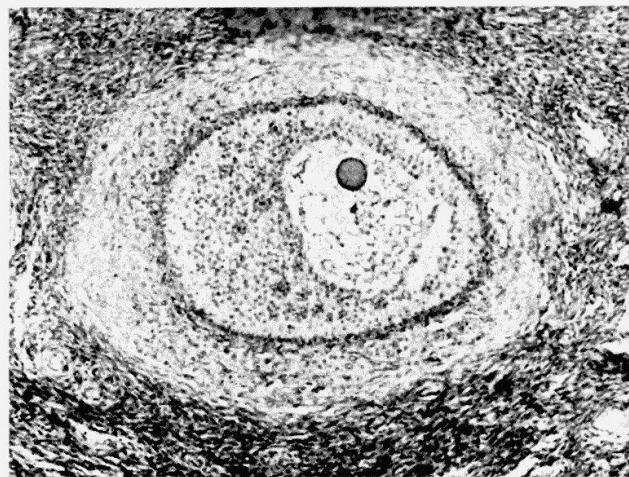
Stück eines Schnittes durch das Ovar eines Fötus von 18 Wochen, 140 mm Scheitel-Steiss-Länge; 200 ×



Figur 4

Hälften eines sagittal durchschnittenen Ovars einer 19jährigen Frau. Sechster Tag des Menstrualzyklus; 2 ×

Im Ovar einer 19jährigen Frau finde ich immerhin noch etwa eine halbe Million (genauere Auszählung noch ausstehend). Am 6. Tage des Menstruationszyklus drängen sich eine Anzahl stark vergrößerter Follikel gegen die Oberfläche (Fig. 4). Jede Kapsel enthält ein Ei, in einem Gewebshügel an der inneren Wand haftend. In Schnitten sieht man zahlreiche Primärfollikel, die in einer dicken Schicht unter der faserigen Oberfläche gelagert sind (Tafelfig. oben rechts). Vergrößerte Follikel (Tafelfig. Mitte links) zeigen allerhand Unregelmäßigkeiten, besonders in der Granulosa, Vakuolen und Zellkondensationen (Call-Exner-Körperchen), von denen es oft schwer zu sagen ist, ob sie normal oder Anzeichen folgender Degeneration sind. Es ist ja zu bedenken, dass in jedem Menstruationszyklus immer *nur ein Follikel* sich bis zur Ovulation entwickelt. Als sichere Zeichen des Zerfalls können dagegen Vakuolenbildung in der Granulosa (Tafelfig. Mitte rechts) sowie Unregelmäßigkeiten in Plasma und Kern des Eies (Fig. 5) gelten.



Figur 5

Ziemlich fortgeschrittene Degeneration eines Follikels im Ovar der 19jährigen Frau;
80 ×

Wenn mit den beschriebenen Schnitten solche durch das Ovar einer 42jährigen Frau verglichen werden, fällt sofort die Armut an Primärfollikeln auf. Nur selten findet sich einer, tief in das fibröse Gewebe versenkt (Tafelfig. unten links). Dagegen sind noch Reste degenerierender Follikel vorhanden (Tafelfig. unten rechts). Im ganzen Zeitraum zwischen fünfzehn und etwa fünfundvierzig Jahren finden sich ständig mannigfaltige Stadien der Atresie (Follikeldegeneration ohne Ovulation). Zur Zeit der Menopause sind keine Primärfollikel mehr zu finden. In einer noch nicht verstandenen Weise scheinen die wechselnden hormonalen Zustände

während des Menstrualzyklus mit der Zerstörung zahlreicher Follikel gekoppelt zu sein. Dieselben Hormone, die wir schon beim Vogelovar in Tätigkeit fanden, spielen auch hier ihre Rolle. Gewöhnlich wird es nur einem einzigen Follikel je Menstruationsperiode ermöglicht, voll auszureifen und zu ovulieren. Dadurch beschränkt die Natur die Zahl der Eier, welche das Ovar verlassen, auf höchstens etwa 400. Vorkommende Schwangerschaften schränken diese Zahl noch weiter ein.

Diese *erblich festgelegte Reduktion der Fruchtbarkeit der Frau* mit komplizierten Mechanismen der internen Zerstörung mehrerer Millionen von Eiern, aber sorgfältiger Schonung der Zahl, welche in früheren Jahrtausenden gerade das Fortbestehen der Art gewährleistete, ist zweifellos durch Selektion zustande gekommen. Die Natur lässt Spermien und Eier mit grösster Verschwendungen umkommen, nimmt aber dabei genaue Rücksicht auf die milieubedingten Notwendigkeiten der Arterhaltung.

IV. Geplante Fruchtbarkeitskontrolle

Die geschilderten natürlichen Fruchtbarkeitsverhältnisse der Frau waren aber auf steinzeitliche und mittelalterliche Verhältnisse eingerichtet. In Gesellschaften, in denen nur 30 % das Alter von zwanzig Jahren erreichten und weniger als 10 % der Frauen die Fortpflanzungsperiode überlebten, wie im Westeuropa des 16. Jahrhunderts (Dorn, 1964), konnte das Potential von etwa dreissig Kindern je Frau kaum mehr als gerade zur Arterhaltung dienen.

Wie stellt sich nun nach diesen Ausführungen das gegenwärtige Problem der vernünftigen Anpassung der Fortpflanzungsraten an die scharf verminderte Mortalitätsrate dar? Die *natürliche Fruchtbarkeit der Frau* ist heute sicher nicht geringer als im Mittelalter. Wenn sie voll ausgenutzt wäre, sollte also die durchschnittliche Kinderzahl je Familie gewiss nicht geringer als zehn sein⁴. Warum ist sie aber nur nahe drei in Europa und in Nordamerika? Offensichtlich wird eben dem Fruchtbarkeitspotential der Frau schon längst nicht mehr volle Realisierung gewährt. Die Bevölkerungszunahme müsste noch viel schneller forschreiten, wenn nicht weitgehend Geburtenkontrolle ausgeübt würde.

* Nach Tietze (1962) sollte die natürliche Fruchtbarkeit einer Frau ohne Anwendung irgendwelcher Antikonzeption zu zwölf Lebendgeburten führen. Das entspricht einer jährlichen *Geburtenrate* von 400 je 1000 Frauen im Fortpflanzungsalter. Wenn er aber in Betracht nimmt, dass manche Paare unfruchtbar sind, auch späte Heirat, frühe Verwitwung und ähnliche Faktoren einrechnet, so kommt er auf ein Mittel von 7,2 Lebendgeburten je Frau und eine Geburtenrate von 50,7 je 1000 *nicht kontrazeptierender* Bevölkerung. Demgegenüber ist die tatsächliche Rate in der Schweiz (1962) nur 18,7 je 1000 Einwohner. Immerhin war 1961 die Geburtenrate 425 je 1000 *Ehefrauen der Altersklasse 24 Jahre und jünger* noch höher als die oben errechnete «natürliche» Fruchtbarkeitsquote (Schw. Stat. Jbch. 1963).

Die *Methoden der Geburtenverhinderung* ändern sich von Land zu Land, wobei Tradition und Religion bedeutenden Einfluss haben. In der Schweiz hat neuerdings die jährliche Zahl der *Lebendgeburten* 100 000 überschritten (Statistisches Jahrbuch 1963). Die Zahlen der gesetzlich erlaubten *Schwangerschaftsunterbrechungen* werden nur vom Kanton Bern bekanntgegeben, können aber von dieser Basis ausgehend auf etwa 10 000 im Jahr geschätzt werden (Roth und Hofer, 1963). Die Zahl der ungesetzlichen Fruchtabtreibungen wird von kompetenter Stelle auf 50 000 veranschlagt. Bei konservativer Schätzung kommt man also zu einem Verhältnis von zwei Unterbrechungen zu drei Lebendgeburten. Die Empfängnis der weiteren etwa zwei bis fünf potentiell zu erwartenden Kinder wird durch Anwendung verschiedenster *Antikonzeptionsmethoden* verhindert.

In Russland hat die offizielle Stellung zur Frage der Schwangerschaftsunterbrechung mehrmals gewechselt, ist aber seit 1955 rechtlich geregelt. Die Frau erhielt die Möglichkeit, die Frage der Mutterschaft selber zu entscheiden, und besonders soll der Schaden beschränkt werden, den Abtreibungen ausserhalb Spitäler für die Gesundheit der Frauen mit sich bringen. In Russland und den andern Ostländern (besonders Ungarn) ist die Geburtenrate seit 1955 fast ständig gesunken: in Russland von 25,7 auf 22,5 je 1000 Population, während sie in der Schweiz in der gleichen Zeit von 17,1 auf 18,7 stieg (Tietze, 1964). Es ist leicht einzusehen, dass in beiden Ländern die Bevölkerungen ohne diese Unterbrechungen lawinenhaft anschwellen müssten, da sie ja auch so noch ständig zunehmen.

Die Erfahrung eines Jahrhunderts hat auch gelehrt, dass die in fast der ganzen Welt erschreckend hohen Raten von Fruchtabtreibungen weder durch Gesetze noch Moralisieren entscheidend herabgesetzt werden können. Das einzige Mittel, das dahin führen mag, ist in der Entwicklung und Zugänglichmachung einfacher, sicherer und unschädlicher Konzeptionsverhütungsmethoden zu sehen. Da wir dem grausamen Spiel natürlicher Selektion nicht mehr trauen, haben Wissenschaft und Medizin angefangen, sich dieser Aufgabe anzunehmen.

Gewiss sind heute noch die mechanischen Methoden am weitesten verbreitet, welche das Zusammentreffen von Ei und Spermien verhindern. Dieser Kategorie schliessen sich auch operative Sterilisation und die sogenannten Rhythmusmethoden an.

Auf der Beobachtung, dass während der Schwangerschaft keine Ovulationen vorkommen, ist die Entwicklung der jetzt im Handel befindlichen Geburtenkontrollpills aufgebaut (Pincus, 1963; Rock, 1963). Allerdings genügt die Wahl von nur zwei der fünf Schwangerschaftshormone oder Hormontypen, um die Ovulation zu unterdrücken. Die natürlichen Hormone (ein Estrogen und ein Gestagen) werden in der Praxis durch höher wirksame chemische Analoge ersetzt (e.g. Norethindrel und Mestranol). Sie erniedrigen die Hypophysentätigkeit und verhindern damit die volle Ausbildung und Ovulation der Follikel. Außerdem tragen sie auch zum Aufbau des Uterusendometriums bei, das dann während der Menstruation grossenteils abgestossen wird. Menstruation folgt, wenn

nach 20tägiger Einnahme die Pillen während acht Tagen entzogen werden.

Diese erste *auf Hormonphysiologie aufgebaute Methode der willkürlichen Geburtenbeschränkung* erfreut sich grosser Akzeptabilität und rasch wachsender Beliebtheit. Allein in Nordamerika sollen, nach Verkaufsberichten zu schliessen, schon vier Millionen Frauen sie regelmässig benützen. Es ist zu erwarten, dass mit der Zeit noch andere und verbesserte Hormonkombinationen in Gebrauch kommen werden.

Aber auch ganz *neue Wege* werden gesucht, um auf biologischen Prinzipien basierend antikonzeptionelle Methoden zu entwickeln. Einige *Arzneimittel* (e.g. Myleran, Furacin) unterdrücken temporär die spermogene Tätigkeit des Hodens, jedoch ohne permanente Sterilität herbeizuführen. Sie üben auch keinen Einfluss auf die Leidigschen Zwischenzellen aus. Hormonproduktion und Geschlechtstrieb bleiben daher intakt (Jackson, 1964; Nelson, 1963). Diese Untersuchungen sind aber noch eher von theoretischem denn praktischem Interesse. Das gleiche kann vorläufig auch von Versuchen, *immunologisch* die Befruchtung zu verhindern, gesagt werden (Behrman, 1962; Katsh, 1962). Versprechend sind die Arbeiten über *Verhinderung der Implantation der Blastozysten* im Uterusepithel. Am weitesten fortgeschritten sind wohl die von Shelesnyak (1963), der mit Ergocornin den Histaminmetabolismus des Endometriums stört, aber gleichzeitig auch die normalen Estrogen- und Progesteronverhältnisse so modifiziert, dass der Blastozyst, ohne sich implantieren zu können, im Uterus verlorengehen muss. Da der Begriff Konzeption doch das Einpflanzen in den Uterus mit einbegreift, so schiene es unangebracht, in solchen Fällen von «frühem Abortus» zu sprechen. Übrigens sind auch diese Arbeiten noch im Stadium des Tierversuches.

Eine alte Methode wurde neuerdings wieder eingeführt und hat auch schon praktische Anwendung gefunden, nämlich die der *intrauterinen Applikatoren* (IUCD, intra-uterine contraceptive devices). Alle möglichen Gegenstände sind schon zum Zweck der Empfängnisverhütung in die Uteri von Tieren und Frauen eingeführt worden. Nach der Entdeckung der Antibiotika sind Infektionen als störende Begleiterscheinungen fast belanglos geworden. In Spitalversuchsreihen (1733 Patienten) mit verschiedenen plastischen «Devices» (Spiralen und Schleifen) sind gute und teilweise sehr gute Erfahrungen gemacht worden (Hall, 1964). Allerdings berichten noch etwa 20% der Frauen über einige Beschwerden, besonders während der ersten zwei bis drei Monate. Die besonderen Vorteile dieser Methode sind aber geringe Materialkosten, leichte Anwendbarkeit, oft jahrelange Protektion ohne notwendige Erneuerung und volle Erhaltung der Fruchtbarkeit. In Japan und Taiwan, wo diese Applikatoren schon in weitem Gebrauch sind, werden sie von der Mehrzahl der Frauen allen andern Verhütungsmitteln vorgezogen. Statistiken aus Taiwan zeigen in den letzten zwei bis drei Jahren einen merklichen Rückgang in der sehr hohen Geburtenrate, der offenbar als ein Resultat der Verwendung dieser «Devices» gebucht werden kann. Über ihre mögliche Wirkungsweise war man noch ganz im unklaren, bis nun Mastroianni

(1964) in Versuchen mit Affen zeigen konnte, dass durch Anwesenheit von Spiralen im Uterus die Aktivität der Eileiter erhöht wird. Das verursacht eine vorzeitige Abführung der ovulierten Eier durch die Tuben in den Uterus, wo sie, derartig vorzeitig ankommend, sich nicht implantieren können, auch wenn sie befruchtet sein sollten.

Die Physiologie der Fortpflanzung des Menschen ist durch die neuen Aufgaben, die sich aus der Beschäftigung mit den Populationsproblemen ergeben, ungemein bereichert worden. Die Erforschung des Zusammenspiels der Faktoren, die am Generationsprozess beteiligt sind, eröffnet faszinierende Einblicke in Werden und Bestehen des Keimplasmas. Außerdem verschafft aber wissenschaftliche Analyse heute schon die Möglichkeit, die Fortpflanzung von Mensch, Tier und Pflanze weitgehend zu lenken. Hier wie in andern Zweigen der Lebenskunde verspricht die unmittelbare Zukunft weitere Fortschritte in der methodischen Beherrschung von biologischen Vorgängen, welche bisher nur dunklem Schicksal unterworfen waren. Trotz manchen traditionellen Widerständen wird zweifellos die menschliche Gesellschaft diese Kenntnisse zunehmend auswerten, um alte, unerwünschte und oft grausame Methoden der Geburtenkontrolle zu ersetzen und schliesslich volles Bestimmungsrecht zu erwerben in allen persönlichen und sozialen Fragen der Fruchtbarkeit und Fortpflanzung.

LITERATUR

- Behrman S.J. (1962). Antifertility effects of natural and immune antibodies. In «Proceedings of a conference on immuno-reproduction». The Population Council, N.Y., S. 97–106.*
- Chapman F.M. (1925). The European starling as an American citizen. Nat. Hist. 25, 480–485.*
- Desmond A. (1964). How many people have ever lived on earth? In «World Acad. of Sci.», vol. 2, ed. St. Mudd, S. 27–46. Junk, The Hague.*
- Dobzhansky T. (1962). Mankind evolving. Yale Univ. Press.*
- Dorn D.F. (1964). World Population Growth. In «World Acad. Sci.», vol. 2, ed. St. Mudd, S. 47–59. Junk, The Hague.*
- Dublin L.I., Lotka A.J., Spiegelman M. (1949). Length of Life. Ronald Press, N.Y.*
- Hall R.E. (1964). The comparative merits of three types of plastic IUCD. In «Program sec. int. conf. intra-uterine contraception». The Population Council, N.Y., S. 20.*
- Huxley J. (1963). The future of man—evolutionary aspects. In CIBA Foundation Volume, ed. by G. Wolstenholme, S. 1–22. Churchill, London.*
- Jackson H. (1964). The development of antifertility substances. Fortschritte der Arzneimittelforschung 7, 133–192. Birkhäuser, Basel.*
- Katsh S. (1962). Immunologically induced aspermatogenesis and other antifertility effects in males and females. In «Proceedings of a conference on immuno-reproduction». The Population Council, N.Y., S. 17–25.*
- Mastroianni L., Hongsonand C. (1964). Mechanism of action of the intra-uterine contraceptive device in the primate. In «Program sec. int. conf. intra-uterine contraception». The Population Council, N.Y., S. 34.*

- Nelson W.O.* (1963). The inhibitory aspects on gonads of the male. In «Human fertility and population problems», ed. R.O. Greep, S. 204–211. Schenkman, Cambridge, Mass.
- Pincus G.* (1963). Frontiers in methods of fertility control. In «Human fertility and population problems», ed. R.O. Greep, S. 177–203. Schenkman, Cambridge, Mass.
- Potter E.L.* (1962). The ovary in infancy and childhood. In «The ovary», ed. H.G. Grady and D.E. Smith, S. 1–23. Williams & Wilkins, Baltimore.
- Rock J.* (1963). The time has come. Longmans; London.
- Roosen-Runge E.C.* (1964). The primordial germ cell and the spermatogonium. In «Congenital malformations», S. 32–35. Internat. Med. Congress, 120 Broadway, New York.
- Roth F., Hofer H.* (1963). Kritische Analyse der Schwangerschaftsunterbrechungen von 1946–1961. Thorapeut. Umsch. 20, 350–357.
- Shelesnyak M.C.* (1963). Interdisciplinary approaches to the endocrinology of reproduction. In «Tech. Endo. Res.», ed. P. Eckstein and F. Knowles, S. 231–243. Acad. Press. London and New York.
- Statistisches Jahrbuch der Schweiz (1963). Birkhäuser, Basel.
- Tietze C.* (1962). Pregnancy rates and birth rates. Population Studies. 16, 31–37.
- (1964). The demographic significance of the legal abortion in Eastern Europe. Demography 1, 119–125.
- Witschi E.* (1929). Development and sexual differentiation of the gonads of *Rana sylvatica*. J. Exp. Zool. 52, 235–265.
- (1948). Migration of germ cells of human embryos from the yolk sac to the primitive gonadal folds. Carnegie Inst., Contributions to Embryology 32, 67–80.
- (1956). Development of vertebrates. W.B. Saunders Co., Philadelphia and London.
- (1960). Sex reversal in animals and in man. Amer. Scientist 48, 399–414.
- (1962). Embryology of the ovary. In «Symposium on pathology of the ovary», ed. H.G. Grady and D.E. Smith. International Academy of Path., Monograph No. 3, chapter 1, S. 1–10. Williams & Wilkins Co., Baltimore.
- Wolstenholme G.* (1963). Man and his future. CIBA Foundation Volume. Churchill, London.

Erläuterungen zu den Figuren der Farbtafel

- Oben links* Querschnitt durch Ovar eines Fötus (Ej 754) von 24 mm Scheitel-Steiss-Länge, etwa acht Wochen alt, ausschliesslich Ovogenien (etwa 100 000) enthaltend; 180 ×
- Oben rechts* Teil eines Schnittes durch Ovar einer 19jährigen Frau (vgl. Text Fig. 4). Ein fibröses Lager nahe der Oberfläche enthält zahlreiche Primärfollikel; 100 ×
- Mitte links* Mässig vergrösserter Follikel vom selben Ovar, mit voll gewachsenem Ei, Antrum ($\frac{1}{4}$ mm) und mehreren Call-Exner-Körperchen in der Granulosa. Mögliches Frühstadium der Degeneration; 165 ×
- Mitte rechts* Mittelgrosser Follikel vom selben Ovar (4 mm Antrum) mit deutlichen Zeichen der Degeneration (Vakuolen in der Granulosa); 165 ×
- Unten links* Teil eines Schnittes durch Ovar einer 42jährigen Frau mit vereinzeltem Ovulärfollikel; 100 ×
- Unten rechts* Degenerierender Follikel vom selben (42jährigen) Ovar; 104 ×

