

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: 142 (1962)

Rubrik: Eröffnungsrede des Jahrespräsidenten der SNG und Hauptvorträge

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: 16.01.2026

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

Anläßlich der Jahresversammlung
der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft
in Scuol-Tarasp-Vulpera 1962

wurden die Hauptvorträge
unter dem allgemeinen Thema

**Möglichkeiten, Grenzen und Verantwortung
in der wissenschaftlichen Forschung**

gehalten.

1. Dr. M. GSCHWIND (Fetan):

Eröffnungsvortrag

2. Prof. Dr. med. H. FISCHER (Zürich):

*Möglichkeiten, Grenzen und Verantwortung in der wissenschaftlichen
Forschung*

3. Prof. Dr. M. E. FIERZ (Zürich):

Die Verantwortung des Physikers

4. Prof. Dr. G. TÖNDURY (Zürich):

Die Embryologie im Dienste der Krankheitsforschung

Möglichkeiten, Grenzen und Verantwortung in der embryologischen
Forschung

5. Prof. Dr. JEAN-G. BAER (Neuchâtel):

Un demi-siècle d'activité scientifique dans le Parc national

Leere Seite
Blank page
Page vide

Eröffnungsansprache des Jahrespräsidenten der SNG

in Ftan,
anlässlich der 142. Jahresversammlung in Scuol-Tarasp-Vulpera,
7. bis 9. September 1962

Von Dr. M. GSCHWIND (Ftan)

Meine verehrten Damen und Herren!

Im Namen des Jahresvorstandes heiße ich Sie bei uns herzlich willkommen. Es freut und ehrt uns, daß Sie die Tagung ins Unterengadin verlegt und der Einladung so zahlreiche Folge geleistet haben.

Die Wahl des Tagungsortes prägt bis zu einem gewissen Grad den Charakter einer Tagung. Hier steht die Landschaft mit ihrer Eigenart im Vordergrund. Schon im Jahre 1916, als die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft ihre Jahresversammlung erstmals in Schuls abhielt, galt das Hauptinteresse der Landschaft, dem damals neu gegründeten Nationalpark.

Heute kann die wissenschaftliche Nationalparkkommission ihr 50jähriges Bestehen feiern; dabei wird ihre Tätigkeit von berufener Seite gewürdigt. Die Kommission hat anschließend an die Tagung auch Exkursionen ins Parkgebiet organisiert.

Zudem haben Sie soeben das Blatt Scuol-Tarasp des Geologischen Atlases gesehen. Wir dürfen es als besonders schönes Zusammenreffen betrachten und würdigen, daß es gerade zu diesem Zeitpunkt im Probedruck erscheinen konnte. Sie stehen also auf geologisch bekanntem Boden und können sich «sicher» fühlen!

Das Engadiner Fenster auf der Titelseite des Programms hat einen doppelten Sinn: es zeigt uns nicht nur ein Beispiel dekorativer Volkskunst unserer Gegend, sondern soll auch den Geologen an das Unterengadiner Fenster erinnern, wovon in diesen Tagen in Fachsitzungen und auf Exkursionen verschiedentlich die Rede sein wird.

Es scheint mir angezeigt, heute eines Forschers zu gedenken, der sich vor hundert Jahren mit dieser Landschaft und vor allem mit der geologischen Beschaffenheit des Kantons auseinandergesetzt hat. Es ist

Gottfried Ludwig Theobald

Leben und Werk Theobalds zeigen uns, wie ein Forscher damals seine Aufgabe, die Grenzen und Möglichkeiten der wissenschaftlichen Forschung gesehen hat.

Gottfried Ludwig Theobald wurde am 1. Dezember 1810 in Allendorf bei Hanau geboren. Dort verbrachte er im elterlichen Pfarrhause seine Jugendjahre und schloß die Schulzeit 1827 mit dem Reifezeugnis ab. Schon als Knabe ging er mit offenen Augen durch Feld und Wald, sammelte Käfer, Steine und Pflanzen, ordnete sie und stellte sie vergleichend nebeneinander. Die Freude am Sammeln gab ihm stets neue Impulse. Immer wieder stand er staunend vor den Erscheinungsformen der Natur und erforschte sie gründlich, mit nie erlahmendem Eifer.

Er wählte zwar das Studium der Theologie, doch seine Leidenschaft gehörte der Naturwissenschaft. Sogar seine Predigten waren oft naturwissenschaftliche Abhandlungen. Wenn er den Bibeltext wählt: «Der Gerechte erbarmt sich seines Viehs», so entsteht daraus ein Ratschlag für den Anbau besserer Futterpflanzen! – Er erforschte zunächst seine nähere Heimat, die Wetterau. Nachdem er dort alles durchstreift hatte, war er froh, daß er von einigen protestantischen Familien als Lehrer nach Montpellier berufen wurde. Auch dort benützte er seine freie Zeit, um auf vielen Exkursionen die Geologie und Morphologie Südfrankreichs zu erforschen.

Nach Hanau zurückgekehrt, wurde er Lehrer für naturwissenschaftliche Fächer an der Realschule. Hier bearbeitete er die geologische Karte der Sektion Hanau sowie die Flora der Wetterau. Er war ein Verfechter des Liberalismus und wurde als solcher 1848 als Abgeordneter in den Kurhessischen Landtag gewählt. Dort kämpfte er gegen die Schmälerung der Volksrechte. Als nachher eine reaktionäre Bewegung Fuß faßte, floh er nach Genf ins Asyl, wo Freunde dem politischen Flüchtling eine Lehrstelle in Rödigers Institut verschafften. Für kurze Zeit übernahm er eine Stelle als Prediger, doch erregte sein liberales Christentum im calvinistischen Genf oft Anstoß. Theobald sagte einmal selbst, was übrigens typisch für seine Zeit ist: «Naturwissenschaft und Theologie gehen halt immer auseinander.»

An der Kantonsschule in Chur wurde eine Stelle für Naturwissenschaften frei. Roeder, ein ehemaliger Lehrer der Kantonsschule, empfahl Theobald mit den Worten: «Meine Herren, wenn für Theobald an der Kantonsschule keine Stelle vorhanden sein sollte, so müßtet Ihr eine neue Stelle für ihn schaffen, denn Theobald ist der Mann, welchen der Kanton Graubünden nötig hat.» Theobald wurde am 17. März 1854 nach Chur gewählt und wirkte dort bis zu seinem Tode im Jahre 1869.

An der Kantonsschule hatte er ein volles Pensum. In seiner Freizeit aber durchstreifte er unermüdlich die Gegend und bestieg die einzelnen Gebirge, im Dienste der Wissenschaft beobachtend und forschend. Er besaß alle jene Eigenschaften, die für das erfolgreiche Forschen Voraussetzung sind. Große Schaffensfreude überfiel ihn, als das noch wenig bearbeitete Alpenland Bünden vor ihm lag. Er freute sich an der Mannigfaltigkeit der Erscheinungsformen in der Natur. Ein unermüdlicher Drang trieb ihn hinaus, um Beobachtungen und Betrachtungen anzustellen. Stets suchte sich sein Geist neue Objekte. Wenn man bedenkt,

wie schlecht die damaligen Verkehrsverhältnisse waren, kann man die körperliche und geistige Leistung Theobalds erst abschätzen. Kein Berg war ihm zu hoch, kein Weg zu mühselig. Seine Forscherfreude überwand jede Schwierigkeit. (Als er z.B. zur Erholung eine Badekur in Bormio machen mußte, bestieg er auf dem Rückweg noch den Piz Linard!)

Mit in- und ausländischen Berufskollegen stand er in engem Kontakt. Daß er von der wissenschaftlichen Welt anerkannt wurde, zeigen die Ehrungen, die er erfahren hat. So war er korrespondierendes und Ehrenmitglied vieler wissenschaftlicher Vereine und Gesellschaften. Die Gemeinde S-chanf schenkte ihm das Ortsbürgerrecht, und der Große Rat des Kantons Graubünden verlieh ihm, in Anerkennung seiner Verdienste um die wissenschaftliche Erforschung der Wahlheimat, das Bürgerrecht des Kantons.

In den 15 Jahren in Chur hat sich Theobald um die Erforschung Graubündens einen bedeutenden Namen gemacht. So hielt er in verschiedenen Gesellschaften und Vereinigungen über 200 Vorträge, und zwar vor allem in der Naturforschenden Gesellschaft in Chur und in der Sektion Rätia des Schweizer Alpenclubs. Es entstanden mehr als 100 Publikationen.

Auf vielen Gebieten hat er Pionierarbeit geleistet. Von ihm stammen die ersten Angaben über Flechten im Unterengadin und im heutigen Nationalpark. Eine neue Moosart, *Didymodon Theobaldii*, weist in ihrem Zunamen auf Theobald, den Entdecker, hin. Sie bekam vom Bryologen Dr. Pfeffer diesen Namen und wurde 1855 von Theobald am Rheinwaldgletscher gefunden. Er hat den Namen Casannaschiefer geprägt.

Theobald war vor allem Geologe und hat sich um die Erforschung der Bündner Alpen große Verdienste erworben. Im Auftrage der Geologischen Kommission führte er systematische Kartierungen in Graubünden durch, die später für die geologische Karte im Maßstab 1:100 000 benützt und publiziert wurden. Als erstes Blatt erschien 1864 das Blatt XV (Davos–Martinsbruck).

Wohl bestanden vor der Zeit Theobalds einzelne Untersuchungen. Der uralte Bergbau verlangte schon früh in bestimmten Gebieten eine Auseinandersetzung mit den geologischen und petrographischen Verhältnissen. Aber all diese Arbeiten waren nur auf den Bergbau ausgerichtet und entbehrten planmäßiger Auswertung. Placidus a Spescha und Ulysses von Salis-Marschlins untersuchten erstmals einige Teile des Kantons genauer. Zu Beginn des 19. Jahrhunderts leistete Leopold von Buch in den beiden Arbeiten «Profile über den Bernina und Splügen» einen Beitrag zur Geologie Bündens. Bernhard Studer und Arnold Escher von der Linth bearbeiteten die Gebiete ebenfalls geologisch. Ihre Beobachtungen sind im I. und III. Band der Neuen Denkschriften der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft veröffentlicht.

Als Theobald an die Erforschung der Bündner Alpen ging, stand ihm als genaue Unterlage die Dufourkarte zur Verfügung. Während das

Gebiet der Ostalpen von österreichischer Seite geologisch schon gut bearbeitet war, bestand für die Bündner Alpen noch keine zusammenhängende Untersuchung. Theobald veröffentlichte Übersichtsdarstellungen und Karten von den Rhätischen Alpen, dem nördlichen, östlichen und südöstlichen Gebirge von Graubünden mit dem angrenzenden Veltlin, Ober-, Unterengadin, Prättigau und vom Bündner Oberland. Er hat diese Gebiete mit großem Eifer und unter vielen Schwierigkeiten ausgezeichnet kartiert. Es entstanden auch viele Spezialuntersuchungen über einzelne Gebiete wie: Calanda – Ragaz-Pfäfers – Sulzfluh – Kistenpaß – Brigelserstock – Aroser Weißhorn – Medels und Lukmanier – Oberhalbstein – Albula – Septimer – Albigna-Disgrazia – Bernina – Poschiavo – Cima da Flix und Piz d'Err – Münstertal – Piz Minchun – Tarasp – Samnaun u.a. Dazu kommen mehrere eingehende Schilderungen von Heilquellen, z.B. von St. Moritz, Alvaneu, Rothenbrunnen, Passugg und Bormio.

Die meisten Arbeiten sind in verschiedenen Zeitschriften veröffentlicht, namentlich in den Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft und in den Jahrbüchern des Schweizer Alpenclubs. Seine Beobachtungen im Gelände faßte er in geologischen Kartenblättern zusammen, von denen jedoch viele unveröffentlicht geblieben sind. Wir haben einige davon in einer kleinen Gedenkausstellung im Museum in Scuol aufgelegt. Sie geben dem Fachmann einen wertvollen Einblick in die Arbeitsweise Theobalds. Seine Abhandlungen zeugen nicht nur von Fleiß und Ausdauer, sondern von wissenschaftlicher Begabung und Umsicht. Weil er sich bei den Beobachtungen wenig von theoretischen Überlegungen ablenken ließ, waren viele seiner geologischen Aufnahmen und Profile über seine Zeit hinaus brauchbar und fanden Anerkennung. Albert Heim hatte in der Folge das Erbe Theobalds und seiner Zeitgenossen weitergeführt und wies immer wieder auf deren bedeutende Arbeiten hin.

Was beim Gesamtwerke Theobalds besonders auffällt, ist die Vielseitigkeit in der Stoffwahl. Es interessierte Theobald neben dem geologischen Aufbau einer Gegend ebenso sehr die Landschaft als Ganzes, die Pflanzen- und Tierwelt, Witterungseinflüsse und Klima. Er wollte das Zusammenspiel aller Kräfte und Erscheinungsformen in einem bestimmten Gebiet beobachten. So verfaßte er auch 4 botanische, 2 zoologische und 8 topographische Abhandlungen; zudem finden wir 7 über Wetterkunde. Er schrieb einen Leitfaden der Naturgeschichte und eine Abhandlung über naturwissenschaftlichen Unterricht. Besonders aufschlußreich sind Arbeiten, in denen er sich zu allgemeinen Problemen seiner Zeit äußert, wie «Einige Gedanken über Styl und Weise der Naturbeschreibung», «Die zerstörenden Kräfte in der Natur und ihr Verhältnis zum Naturganzen und zum Menschen» sowie «Altes und Neues», worin er seine Gedanken über den Wandel der Bestrebungen und Ideen im Laufe der Zeit niederlegte. Auch in diesen Schriften erkennen wir neben einem unermüdlichen Fleiß die streng wissenschaftli-

che Denkweise, das umfassende Wissen und die hervorragende Beobachtungsgabe des Forschers.

Aber gerade in der Vielfalt der zu bearbeitenden Gebiete waren seinem Forschen Grenzen gesetzt. Die Voraussetzungen zu den heutigen Forschungsmethoden fehlten damals. Ihm und seinen Zeitgenossen blieb aus Mangel an modernen wissenschaftlichen und technischen Hilfsmitteln vor allem die beschreibende Methode. Diese beherrschte er gründlich und gut. Seine Beobachtungsgabe war ausgezeichnet. Weil er die Dinge nur in ihren den menschlichen Sinnesorganen unmittelbar sichtbaren Erscheinungsformen erfaßte, konnte er noch nicht den Einzelheiten auf den Grund gehen, in die Tiefe forschen, Spezialforschung treiben, wie es die heutige Wissenschaft vermag. Dafür hatte er die Möglichkeit, auf einem großen, zum Teil noch wenig erforschten Gebiet die Mannigfaltigkeit der Erscheinungsformen in seine Untersuchungen einzubeziehen. Er arbeitete auf breiter Basis und berücksichtigte geologische, morphologische, klimatologische, botanische und zoologische Beobachtungen.

Theobald war sich selbst der Grenzen seiner Forschung bewußt und entschuldigte sich immer wieder für die Unvollständigkeit seiner Ausführungen. Viele Gebiete blieben ihm unzugänglich, und die Tektonik stellte ihm schwierige Probleme. Er machte auf die Lücken und Unklarheiten in seinen Werken aufmerksam, um künftige Forscher zu Ergänzungen und Einzeluntersuchungen aufzumuntern und ihnen die Arbeit durch eine vorläufige Darstellung seiner Beobachtungen zu erleichtern.

Vom Naturforscher verlangte er eine klare, vollständige Aufzählung der Tatsachen. Seine Aufzeichnungen sind so genau, daß er sie fast ohne Korrekturen in Druck geben konnte. Die Handstücke bezeichnete er mit solcher Sorgfalt, daß es jedem, der sich dafür interessiert, leichtfällt, die Fundstelle nach seinen Angaben zu finden. In seinem «Leitfaden zur Naturgeschichte» gab er Anleitung zum Sammeln und Aufbewahren von Pflanzen. Bis in alle Einzelheiten arbeitete er mit Plan und bewußter, zielgerichteter Überlegung.

Theobald wandte sich in seinen Publikationen nicht nur an den Fachmann. Wir finden von ihm auch populäre Schriften, die er besonders im Jahrbuch des Schweizer Alpenclubs und im Bündner Monatsblatt veröffentlicht hat. Dort sprach er zum begeisterten Wanderer und Naturfreund.

Als erster gab er einen Reiseführer der Bündner Alpen heraus und leistete damit einen entscheidenden Beitrag zur Erschließung des Bündnerlandes für den Fremdenverkehr. Während zu jener Zeit die westlichen und zentralen Alpengebiete schon regelmäßig von in- und ausländischen Gästen besucht wurden, waren die Bündner Alpen noch wenig erschlossen und lagen abseits vom Durchgangsverkehr. Theobald versuchte, in seinem Führer dem Leser die Augen für die Schönheit der Landschaft zu öffnen, ihn aber auch für die Vielfalt der Erscheinungsformen zu interessieren und seine Beobachtungsgabe auszubilden. Dabei

begnügte er sich nicht mit einem oberflächlichen Skizzieren der Landschaft, sondern gab dem Leser in der Beschreibung ein Stück ernster, wissenschaftlicher Arbeit. In der 2. Auflage der «Naturbilder der Rhätischen Alpen» konnte er sich nicht entschließen, dem Wunsche vieler nachzukommen, die wissenschaftlichen Angaben zu beseitigen; denn er wollte die Ganzheit seines Werkes nicht zerstören. Die Menschen von Vorurteilen abzubringen, alle Kreise des Volkes zu belehren, Wissen zu verbreiten, war ihm und seinen Zeitgenossen ein ernsthaftes Anliegen. Deshalb war er auch ein leidenschaftlicher Kämpfer für die Vermittlung naturwissenschaftlicher Kenntnisse in der Schule. Zu diesem Zwecke gab er eigens Lehrbücher der Naturwissenschaft und didaktische Anweisungen für Lehrer heraus.

Was seine Werke neben der wissenschaftlichen Denkweise auszeichnet, ist der meisterhafte sprachliche Ausdruck. Fast alle seine Arbeiten beginnen mit einem Versuch, dem Fachmann wie dem Laien die Schönheit der Alpenwelt zu beschreiben, die Landschaft in ihrer äußeren Erscheinungsform nachzumalen. Theobald selber war jedesmal neu von dem Wunder der Natur berührt und begeistert, und diese Begeisterung liegt auch in all seinen Äußerungen. Forschen war für ihn nicht nur die Arbeit des Verstandes, nicht irgendeine Beschäftigung neben andern; es war für ihn eine Leidenschaft, der er ganz verfallen war. Nur was der Mensch mit ganzer Hingabe schafft, mit all seinen Kräften angeht und verarbeitet, kann zu wertvoller Erkenntnis führen. Mit aller Schärfe wandte er sich gegen Halbheit. So leidenschaftlich er für eine gute Sache einstand, so erbarmungslos bekämpfte er alles, was ihm schlecht schien.

In einem Aufsatz über «Styl und Weise der Naturbeschreibung» legt er klar auseinander, was der Naturforscher erkennen, beschreiben und also weitergeben soll. Wie wichtig die Wahl des Wortes ist, betonte Theobald immer wieder. Er gibt nun in der Folge seiner Schrift genaue Anleitung in Landschafts- und Reisebeschreibung. Er stellt Beispiele von gutem Stil neben unwahre Beschreibungen, die Schwulst und Bombast wiedergeben. Immer ist das, was er schreibt, wissenschaftlich klar ausgedrückt. Es ist lebendiges Wissen, das uns der Forscher in guter, gekonnter Form vermittelt.

In seinen didaktischen Schriften äußerte er sich über das, was Arbeit, Aufgabe und Zweck der Naturwissenschaft und Forschung ist. In der Schrift «Die zerstörenden Kräfte in der Natur und ihr Verhältnis zum Naturganzen und zum Menschen» stellt Theobald als oberstes Gesetz in der Naturforschung das Suchen nach Wahrheit auf. Es gibt nun nach ihm zwei Wege, zur Wahrheit zu gelangen: 1. «Die Kenntnis des Einzelnen bis in alle kleinsten Teile». 2. «Die allgemeine Anschauung, welche diese Einzelheiten zum Ganzen verbindet und aus ihnen mit philosophischem Geiste Schlüsse zieht.» Theobald stellt fest: «Beide Tätigkeiten des Geistes, Erkenntnis des Einzelnen und darausfolgende Einsicht in das Ganze, müssen zusammen gehen, wenn etwas Tüchtiges geleistet werden soll.»

Was von Theobald als Gesamtschau gefordert wird, ist in der heutigen, spezialisierten Wissenschaft schwieriger zu erreichen. In der Spezialisierung liegt die Gefahr, daß man die Zusammenhänge nicht mehr so leicht überblicken kann. Je spezialisierter die Forschung ist, um so mehr öffnet sie den Blick in die Tiefe, um so mehr verschließt sie zuweilen die weite Sicht über andere Gebiete. Die Spezialisierung und Technisierung der Zeit erfordern auch viel mehr Leute, die sich der wissenschaftlichen Arbeit zuwenden. Das äußert sich allein schon im gewaltigen Ansteigen der wissenschaftlichen Fachzeitschriften und Publikationen der letzten 50 Jahre. Größer sind auch die Kosten der Forschung geworden. Theobald soll der Geologischen Kommission sogar einen Teil seines ihm zugewiesenen Taggeldes zurückgegeben haben, da er es angeblich nicht brauchte! Nach seinen geringen Unkostenberechnungen wunderte man sich, daß er in kurzer Zeit so große Gebiete kartieren konnte. Ein einzelner Forscher kann heute mit seinen beschränkten Mitteln nicht immer das gewünschte Ziel erreichen. Die Forschung verlangt vielfach komplizierte Apparaturen. Sie braucht große finanzielle Mittel und wird deshalb, sowie wegen ihrer Spezialisierung, immer mehr zu kollektiver, staatlicher, ja sogar internationaler Zusammenarbeit übergehen.

Wenn Theobald die Frage nach dem Zweck und Nutzen der Naturforschung stellt, so findet er eine Antwort aus dem Geiste der Zeit, dem Fortschrittsglauben des 19. Jahrhunderts. Er formuliert: «Es ist eine der großen Aufgaben der Naturforschung, für das Wohl der Menschheit zu arbeiten... Denn je tiefer die Kenntnis der Natur, je umfassender die Einsicht in die Kräfte wird, die in ihr walten und schaffen, desto mehr wird es dem menschlichen Geist gelingen, von ihnen gleichsam getragen, sich neue Gebiete zu erobern und sich nutzbar zu machen. So sind wir auch durch bessere Einsicht und bessere Benutzung der uns zu Gebote stehenden Mittel freier geworden von schädlichen Natureinflüssen. Sie haben die zauberische, dämonische Kraft auf das Gemüt der Menschen verloren, womit dunkle Zeiten sich geheimnisvoll umhüllten. Menschengeist und Menschenkraft stehen ihnen als ebenbürtige Gegner im Kampfe gegenüber, und die Natur selbst liefert uns die Mittel, sie entweder zu bewältigen oder sie wenigstens unschädlich zu machen und zu vermeiden.» Theobald erkannte wohl, daß durch das Eingreifen des Menschen die Ordnung und das Gleichgewicht der Natur gestört werden können, aber er glaubte, daß der Mensch ohne weiteres mit seinem Verstande die geeigneten Mittel finden werde, die gestörte Ordnung wiederherzustellen.

Ihm und seinen Zeitgenossen waren tiefe Zweifel an einer möglichen negativen Auswertung wissenschaftlicher Forschungsergebnisse noch nicht so geläufig, wie sie uns heute sind. Gegenüber der Zeit Theobalds sind in der Naturwissenschaft und Technik viel größere Möglichkeiten geboten, die einerseits wieder größere Auswirkungen nach sich ziehen und auch größere Gefahren in sich bergen, auf die heute immer wieder aufmerksam gemacht wird. Diese ungezählten Möglichkeiten mit

Verantwortungsgefühl zu meistern ist ein entscheidendes Problem unserer Zeit.

In seinem Werk «Naturwissenschaft und Erziehung» weist Theobald der Naturanschauung eine versöhnende und ausgleichende Kraft zu; denn Harmonie und Ordnung, welche man in der Natur bemerkt, erwecken im Menschen den Sinn für das Schöne in Wissenschaft und Kunst. Deshalb betrachtete Theobald die Naturwissenschaft als wichtiges Bildungsmittel für Jugendliche und Erwachsene. Der Bildungswert liegt darin, daß man sehen lernt, wobei das Sehen stets mit dem Denken verbunden sein muß. Das Studium der Natur gewöhnt den Geist an ordnende Tätigkeit. Er lernt aus dem vielen Kleinen das Große zusammenfügen.

Die Verantwortung des Naturforschers lag für Theobald darin, möglichst vielen Menschen die Erkenntnis der Ordnung, Gesetzmäßigkeit und Schönheit in der Natur zu vermitteln, damit sie bestrebt seien, dieselbe in ihr sittliches Handeln einzubeziehen, und daß sie sich der Verantwortung gegenüber der Natur und den Menschen bewußt würden.

So hat ein Naturforscher vor 100 Jahren Aufgabe, Zweck und Verantwortung der wissenschaftlichen Forschung gesehen. Wie sie uns heute erscheinen, werden unsere Hauptreferenten darlegen.

Damit erkläre ich die 142. Jahresversammlung als eröffnet und erteile Herrn Prof. Dr. H. Fischer das Wort zum Hauptthema unserer Tagung: «Möglichkeiten, Grenzen und Verantwortung in der wissenschaftlichen Forschung.»

Möglichkeiten, Grenzen und Verantwortung in der wissenschaftlichen Forschung

Prof. Dr. med. HANS FISCHER,
Pharmakologisches Institut der Universität Zürich

Die Wissenschaft bildet einen mehr oder weniger getreuen Spiegel vom Denken einer Zeit. Deshalb wird sie, besonders in einer wissenschaftlich so aktiven Zeit wie der unsrigen, uns selbst und vielleicht noch deutlicher kommenden Generationen eine Vorstellung geben vom Welt- und Menschenbild, das sich Menschen unserer Zeit gemacht haben. Dabei wird als hervorstechendes Merkmal seine Wandlungsfähigkeit hervortreten, jedenfalls auf naturwissenschaftlichem Boden, und diese Wandlungsfähigkeit bildet schließlich nur einen Ausdruck für das ungeheuer rasche Fortschreiten der naturwissenschaftlichen Erkenntnis und ihrer technischen Anwendung. Wenn wir einen Vergleich ziehen mit früheren Jahrhunderten, die als besonders lebensvoll und entwicklungsbereit galten, wie das 16. Jahrhundert der Renaissance oder das 17. Jahrhundert des beginnenden Barocks, so können wir etwa erinnern an die Erforschung der Fallgesetze Galileis, die er vom Schiefen Turm von Pisa unternahm, und in einem weiteren Sinn an die von ihm begründete Mechanik. Oder wir denken an die Entdeckung der Gesetze des Planetenumlaufs durch Kepler, die denn freilich eine Revolution bedeuteten, weil sie die Erde aus dem Mittelpunkt der Welt entthronten und der Sonne ihr angestammtes Recht verliehen, Mittelpunkt und Herrscherin über die Planetenwelt, mit Einschluß der Erde, zu sein. Aber selbst diese umwälzende Entdeckung bot noch keinen Anlaß, die Naturwissenschaften so weit zu entwickeln, daß man von einem naturwissenschaftlichen Zeitalter hätte sprechen können. Vielleicht war das in der Zeit Newtons eher der Fall, noch mehr im 18. Jahrhundert, wo die gedankliche oder sagen wir die wissenschaftliche Bewältigung des Daseins im Sinne der Aufklärung jene Bande, welche den Menschen an den christlichen Schöpfungsglauben knüpften, in viel tiefgreifenderem Maße löste, als das in früheren Zeiten der Fall war.

Denn das muß doch als ein Zeichen und allgemeines Merkmal unserer Zeit betrachtet werden, daß durch die gewaltige Entwicklung der Naturwissenschaften und ihrer Anwendungen in der Technik der Glaube an die eigenständige, von allen religiösen Überlieferungen und Abhängigkeiten gelöste autochthone Wirksamkeit des Menschen gewachsen ist. Der einzelne Naturforscher wird heute je nach seiner Einstellung zum Problem Gott und Mensch der völligen Ablösung von allem

Religiösen – nicht nur im Hinblick auf seine Wissenschaft, wo diese Ablösung seit einem Jahrhundert ganz selbstverständlich geworden ist – zustimmen oder sie aus persönlicher Überzeugung ablehnen. Schöpfungsglaube der Genesis und Darwinsche Evolutionslehre sind auch heute noch in ein und demselben Menschen als Glaube und als Wissenschaft möglich.

Heute können wir von einer Gefahr der Übersteigerung der naturwissenschaftlichen Einsichten im Bewußtsein des Menschen insofern sprechen, als der Mensch als Schöpfer dieser Erkenntnisse sich völlig emanzipiert glaubt und der Beziehung zum Göttlichen keinen Raum mehr läßt. Doch habe ich nicht die Absicht, von diesen allerdings grundlegenden Verhältnissen der Orientierung des Menschen in der Welt zu sprechen, sondern zunächst von den Möglichkeiten wissenschaftlicher Forschung, wie sie uns heute gegeben sind.

Möglichkeiten der wissenschaftlichen Forschung

Wenn ich von den Möglichkeiten der wissenschaftlichen Forschung zu Ihnen sprechen darf, so kann ich nur bestätigen, was große Forscher unserer Tage schon wiederholt ausgesprochen haben: Die Möglichkeiten der wissenschaftlichen Forschung sind unendlich. Über den unendlichen Fortgang der Wissenschaft zu sprechen, wäre aber sinnlos. Auch werden wir von den Grenzen der Forschung noch zu sprechen haben. Es kann sich im folgenden zunächst nur um den Versuch handeln, gewisse besondere und für unsere Zeit charakteristische *Möglichkeiten wissenschaftlicher Forschung* und ihrer praktischen Resultate an einigen Beispielen aufzuzeigen, wobei ich die weitere Einschränkung machen muß, daß ich im wesentlichen nur über Möglichkeiten medizinisch-biologischer Forschung sprechen werde, jedenfalls über wissenschaftliche Erfahrungen und Entdeckungen, an welchen Medizin und Biologie irgendwie beteiligt sind.

Für den Menschen unserer Tage bildet wohl die *Ausdehnung der räumlichen Möglichkeiten*, welche moderne Naturwissenschaft, Medizin und Technik dem Menschen verschafft haben, die Eroberung des Welt- raumes, das eindrucklichste Phänomen der Zeit. Die Umfahrung der Erde in etwas mehr als einer Stunde durch den im schwerelosen Zustand mit rasender Geschwindigkeit transportierten Menschen bedeutet die Bewältigung eines physikalisch-technisch-medizinischen Problems, an dessen mögliche Verwirklichung vor 20 Jahren noch kaum jemand nur gedacht hätte. Eine geologische Exkursion nach dem Mond oder ein botanischer Ausflug nach dem Mars erscheint in absehbarer Zeit – jede Jules-Vernesche Phantasie überbietend – im Bereich realistischer Möglichkeiten zu liegen. – Die Eroberung des Raumes ging aber auch auf der Erde vor sich: Der Mensch ist in die tiefste Meerestiefe vorgedrungen – dies nicht zuletzt dank den wagemutigen Forschungen unseres Lands-

mannes Auguste Piccard und seines Sohnes mit dem «Bathyscaphe» benannten Tauchboot –, in Meerestiefen, die der Höhe des Mount Everest entsprechen, von dem auch erst der Mensch unserer Tage Besitz ergriffen hat. Mit der physiologischen Erforschung der Bedingungen, unter denen ein Mensch, der in geschlossenem Raum durch den Weltraum fliegt, der im Bathyskaph gegen den ungeheuren Wasserdruck der Meerestiefe geschützt werden muß, für den Aufstieg in Mount-Everest-Höhe, hat die Tiefen- und Höhenphysiologie zusammen mit der Kreislauf- und Ernährungsphysiologie die für das Überleben des Menschen unter so abnormen Bedingungen entscheidenden Voraussetzungen geschaffen. Nur das eine sei hervorgehoben: ohne Sauerstoffgerät gäbe es keinen glanzvollen Aufstieg zum Everest-Gipfel.

Wo sich der Mensch noch am wenigsten weit in den Raum vorgewagt hat, ist trotz großartiger Bergwerks- und Tunnelbauten der Gang in die Erdtiefe, dessen Realisierung wiederum große physiologische Probleme mit sich bringen würde.

Und nun stellen wir dem Makrokosmos der irdischen, lunaren und planetarischen Welt den Mikrokosmos der Atomwelt gegenüber. Die Erweiterung des Raumbildes nach der mikrophysikalischen Seite ist nicht minder großartig als die Eroberung des Weltraumes. Dank intensivster physikalischer Erforschung der Atomwelt und der durch Max Planck, Niels Bohr, Walter Heisenberg und andere geniale Physiker erkannten Gesetzmäßigkeiten der Atombewegungen ist uns das Verständnis für diese Erde und Weltall und alle belebten Wesen mit Einschluß des Menschen zusammensetzende, mit großen Energien begabte mikrophysikalische Welt erschlossen worden. Und nicht nur dies: Der Mensch ist in den Besitz der ungeheuren Kernkräfte gelangt und verwendet sie nach dem Maß seiner Verantwortung: zum Bösen in der Atombombe, zum Guten in nützlicher Energiegewinnung.

Noch eine andere Mikrowelt hat sich uns in den letzten 20 Jahren eröffnet: die Welt, die uns das Elektronenmikroskop erschlossen hat, was uns ermöglicht, bei 200 000facher Vergrößerung Dinge zu sehen, welche in Biologie und Medizin eine neue Dimension bedeuten und im Bereich des Lebendigen größte Bedeutung erlangt haben. Das Elektronenmikroskop hat unser Verständnis für biologische Grundstrukturen und -vorgänge und die Einsicht in die überraschende Gleichartigkeit der strukturellen Zusammensetzung alles Lebendigen bei Pflanze und bei Tier ungeahnt erweitert. Auch dies bedeutet Raumgewinn für das Auge, bedeutet Vergrößerung des Abbildungsmaßstabes der sichtbaren Welt um das Hunderttausendfache.

Damit sind nur einige besonders eindruckliche Beispiele einer Erweiterung der räumlichen Möglichkeiten der menschlichen Existenz gegeben.

Die Beispiele könnten durch den enormen Geschwindigkeitszuwachs vermehrt werden, der heute durch Einführung von Auto und Flugzeug fast jedem Menschen zuteil geworden ist. Und nicht zu ver-

gessen – was uns in die Sphäre der weltweiten räumlichen Verbreitung wissenschaftlicher Mitteilung hineinführt – Radio und Fernsehen. Alles das sind naturwissenschaftlich-technische Schöpfungen unseres 20. Jahrhunderts, die wir unter dem Begriff der Eroberung des Raumes zusammenfassen können.

Wenden wir uns für einen Augenblick der Heilkunde zu, so liegt die offensichtlichste Erweiterung therapeutischer Möglichkeiten in der Entdeckung von Stoffen, mit deren Hilfe ansteckende Infektionskrankheiten in einem früher ganz unbekannten Ausmaß zur Heilung gebracht werden können, mit Einschluß der als Volksseuche auch bei uns stark verbreitet gewesenen Tuberkulose. Sulfonamide und Antibiotika haben hiezu Hervorragendes geleistet. Nicht so glücklich waren bisher die Versuche, auf chemisch-pharmakologischem Weg den Krebs und schwere Blutkrankheiten, speziell aus dem Kreise der sogenannten Leukämien, zur Heilung zu bringen, wenn auch gewisse Erfolge auf diesem Gebiet und demjenigen der Strahlentherapie erreicht worden sind.

Und nicht weniger segensreich erwiesen sich in jüngster Zeit die Erfolge der Immunotherapie, wovon das glänzendste Beispiel die prophylaktische Immunbehandlung der Kinderlähmung darstellt.

Die Chirurgie, kräftig unterstützt durch die Entwicklung der Anästhesiologie, vermochte die Möglichkeiten ihrer Interventionen gewaltig zu steigern, angefangen mit der in unserem Land besonders geförderten Lungenchirurgie und Gehirnochirurgie. Inzwischen wurde die Herzchirurgie zu einem brennenden therapeutischen Problem, vor allem zur Korrektur angeborener Herzfehler, die, unbehandelt, in vielen Fällen schwerste körperliche Behinderung und frühen Tod verhiessen. Vielen kann heute dank zielbewußter und intensiver experimenteller Vorarbeit, zu der Eingriffe am Tier unbedingt notwendig waren und sind, geholfen werden, so daß Lebenstätigkeit und Lebenserwartung dieser schwer Herzgeschädigten in vielen Fällen weitgehend normalisiert werden können.

Wir haben damit das Bild einiger neuer therapeutischer Möglichkeiten in Erinnerung gerufen, die in der Medizin im Verlaufe weniger Jahrzehnte verwirklicht wurden und uns als Resultate bedeutender und für das Leben des Menschen glücklicher Forschung entgegengetreten sind.

Was ist nun das eigentliche Fazit dieser weitreichenden Forschung auf chemischem, pharmakologischem und klinischem Gebiet? Da scheint mir folgendes den Sinn dieser umfassenden wissenschaftlichen Bemühungen zu bilden:

An die Seite der Eroberung des Raumes tritt die *Eroberung der Zeit, der menschlichen Lebenszeit*, die als mittlere Lebensaussicht kürzlich für den Amerikaner der Vereinigten Staaten auf 70 Jahre berechnet wurde. Das Geschenk der Medizin an den heutigen Menschen bildet die in der ganzen Periode menschlichen Lebens auf der Erde wohl noch nie erreichte *Steigerung der Lebensdauer*. Ist es ein Geschenk? Ist es ein Danaergeschenk? Die zukünftige Entwicklung der Menschheit, ihrer

Gesundheit und Kraft wird darüber entscheiden, ob diese erstaunliche Lebensverlängerung einen Sinn hat. Darüber wird die vielleicht schon sehr nahe Zukunft entscheiden: denn es kommt alles darauf an, was der Mensch mit seinem verlängerten Leben macht.

Wir dürfen nicht verschweigen, daß mit solchen Lebenserwartungen noch längst nicht überall in allen Kontinenten gerechnet werden kann.

Viel eindrücklicher noch in den Folgen ist der Einfluß der modernen Chemotherapie auf das Überleben des Kindes: Durch die antibiotische und chemotherapeutische Therapie, die Ausrottung von Seuchenquellen, wie der Malaria, und die Verbesserung der Ernährungsbedingungen ist die allgemeine Kindersterblichkeit gewaltig zurückgegangen, so daß wir auf der ganzen Erde mit einer viel größeren Überlebensrate des Neugeborenen und Kleinkindes rechnen müssen als bisher.

Damit taucht aber ein neues Menschheitsproblem auf: die bange Frage drohender Übervölkerung der Erde. Und wieder tritt die Wissenschaft auf den Plan, um dem im Verhältnis zur Erde als begrenztem Lebensort zu raschen Anwachsen des Menschenstromes Einhalt zu gebieten. Wir stehen damit einem Problem gegenüber, das heute schon viele Wissenschaftler ernstlich beschäftigt: Wie kann der Bevölkerungszuwachs auf der Erde, der in voraussehbarer Zeit, vielleicht noch in diesem oder im nächsten Jahrhundert, zur Übervölkerung der Erde führt, auf menschenwürdige und unschädliche Weise in tragbare Bahnen gelenkt werden?

Daß es sich um ein dringendes Problem handelt, ergibt sich aus wenigen Zahlen: 1920 wurde die zweite Milliarde menschlicher Erdbewohner erreicht. Für 1975 sind 4 Milliarden zu erwarten. Für eine Verdoppelung der Menschenzahl genügen jetzt schon 35 Jahre, so daß im Jahr 2010 die Erde 8 Millionen Menschen zu ernähren hätte.

Wem verdanken wir diese bedrohliche Perspektive? Doch in erster Linie Medizin, Hygiene und Naturwissenschaften, welchen es gelungen ist, die meisten Seuchen und – noch nicht überall – den Hunger auszurotten. Bleibt von den früheren drei wichtigsten Regulatoren der Populationsgröße der Erde nur der Krieg. An diese Perspektive als Bevölkerungsregulator im Atomzeitalter zu denken, verbietet uns die sichere Aussicht auf eine Erdkatastrophe unwahrscheinlichen Ausmaßes.

Was haben wir daraus für Schlußfolgerungen zu ziehen? Ist es nun so, daß die räumliche und zeitliche Erweiterung der Lebensverhältnisse des Menschen, die er auf Grund wissenschaftlicher Forschung in erstaunlich kurzer Zeit erreicht hat, nicht ungestraft erfolgt? Ist der Mensch so sehr aus seinen angestammten, erdnahen Lebensbezügen, aus seinem irdischen Gleichgewicht herausgetreten, daß er als scheinbar autochthoner Herrscher und Beherrscher von Raum und Zeit, als der tief in die Natur und ihre Gesetzmäßigkeiten sich versenkende Mensch von ihr als unerwünschter Eindringling in seine Schranken zurückgewiesen wird? Was geschieht bei dieser unwahrscheinlichen Vermehrungsfähigkeit des Menschen, wenn ihn Tier und Pflanze nicht mehr

in genügendem Maß zu ernähren vermögen? Eine Frage, auf die wir vorläufig keine Antwort zu geben wissen.

Die Menschheit steht vor der Aufgabe, durch nüchterne Überlegung und unter strenger wissenschaftlicher Führung ihre eigene Evolution und Geburtenkontrolle zu steuern.

Besteht hier eine Möglichkeit, oder sind den gangbaren Möglichkeiten wissenschaftlicher Lösung des Problems der Übervölkerung der Erde Grenzen gesetzt, die, weil sie menschliche Freiheit berühren, nicht überschritten werden dürfen? Gibt uns vielleicht die moderne Genetik eine Antwort darauf?

Von den Grenzen der wissenschaftlichen Forschung

Die Genetik, die Vererbungswissenschaft, hat uns in diesem Jahrhundert in Biologie und Medizin eine fundamentale Erweiterung unseres Naturverständnisses gebracht. Es ist insbesondere die zelluläre, chromosomale Genetik, die, auf ursprünglich Mendelschen Vererbungsgesetzen aufbauend, seit 1900 erst allmählich und dann in fast explosiver Entwicklung uns die Geheimnisse der Vererbung eröffnet hat. Die sich daraus ergebenden Erkenntnisse sind faszinierend, noch mehr die Art, wie man zu ihrer Lösung gekommen ist, wozu ein riesiger Aufwand an disziplinierter, experimenteller und gleichzeitig mathematisch orientierter Forschung notwendig war. Standen im Anfang die morphologisch-strukturellen Probleme seit den grundlegenden Forschungen Theodor Boveris und die topische Chromosomen- und Genforschung im Vordergrund, so hat sich das Bild in den letzten 10 bis 15 Jahren insofern gewandelt und erweitert, als es – und nicht zuletzt in Zürich – zu einem raffinierten biochemischen Problem entwickelt worden ist, dessen Ausbaumöglichkeiten der stürmischen Entwicklung der Biochemie und Biophysik und ihren Methoden in erster Linie zu verdanken sind.

In welcher Weise diese Probleme in jüngster Zeit vorangetrieben wurden, geht auf die fundamentale Erkenntnis zurück, daß bestimmte hochmolekulare Nukleinsäuren den wesentlichsten Bestand der Chromosomen ausmachen und daß diesen Molekülen die Direktive überlassen wird in der Entscheidung, welche genetisch gesteuerten Erbmerkmale auf die nächste Generation übertragen werden sollen. Dies möchte ich Ihnen kurz zu erläutern versuchen.

Das Mendelsche Gen ist ein in seiner Eiweißstruktur genau festgelegtes Molekül aus *Desoxyribonukleinsäure*, welche in Form zweier ineinanderlaufender Spiralen räumlich gekennzeichnet ist.

Die Desoxyribonukleinsäure bildet nun bei Pflanze und Tier als wichtigster chromosomaler Träger der Gene wahrscheinlich das Vehikel der genetischen Information, das heißt einer Orientierung, welche dafür sorgt, daß die Erbmerkmale von der einen auf die nächste Generation exakt übertragen werden. Diese genetische Information liegt nach der

jüngsten Forschung in der Reihenfolge der Purin- und Pyrimidinbasen des genetisch aktiven Desoxyribonukleinsäuremoleküls. Diese Basen stellen, wie die Buchstaben des Alphabets einer Sprache oder wie die Chiffren eines Code, eine variable Reihe dar, welche unendlich viele verschiedene genetische Informationen enthalten kann. Die Reihenfolge dieser Purin- und Pyrimidinbasen wird in den Tochtermolekülen der genetisch aktiven Desoxyribonukleinsäure, die zuerst Halbmoleküle sind und zu Ganzmolekülen «auswachsen», aufs genaueste eingehalten, so daß, wenn eine genetische Information in der Reihenfolge der vier Basen, die wir mit den Anfangsbuchstaben ihrer Namen (Adenin, Cytosin, Guanin und Thymin), mit A, C, G, T bezeichnen, enthalten war, sie unverändert in das neugebildete Tochtermolekül übertragen wird.

Das nächste Glied im Schema genetischer Information bildet ein Polypeptid, ein aus etwa 20 Aminosäuren zusammengesetzter Eiweißstoff. Der Weg vom Gen zum Merkmal der Tochtergeneration geht also über eine *Polypeptidkette*, welche wiederum dem steuernden Einfluß der Desoxyribonukleinsäure untersteht.

Bei der Synthese dieser Polypeptidkette oder dieses Eiweißstoffes wird jede aktivierte Aminosäure an eine niedrigmolekulare spezifische Ribonukleinsäure angehängt. Diese mit Aminosäuren beladenen Ribonukleinsäuren werden dann auf die Oberfläche submikroskopisch kleiner Plasmapartikel, sogenannter Mikrosomen, übertragen. Die Mikrosomenoberfläche wirkt dann als Matrize, indem sie in bestimmter Reihenfolge die verschiedenen Ribonukleinsäuren und die daran hängenden Aminosäuren in bestimmter Weise zu Polypeptidketten ordnet. Es ist nun noch festzustellen, wie die Übertragung der genetischen Information von der Desoxyribonukleinsäure auf die Oberfläche der Mikrosomen erfolgt. Überträger der Erbinformation bildet eine weitere Ribonukleinsäure mit hohem Molekulargewicht, die von ihrem Bildungsort auf die Mikrosomenoberfläche übergeht. Sie ist für die Ordnung der kleinen Ribonukleinsäuren mit ihren Aminosäureresten nach der von der Desoxyribonukleinsäure erhaltenen genetischen Information verantwortlich. Sie wird als Messenger-RNA, als Boten-Ribonukleinsäure, bezeichnet, welche die von der Desoxyribonukleinsäure ausgegebene Botschaft oder Instruktion an die Mikrosomen weitergibt. Es ergibt sich also die Informationsreihe:

DNS → Messenger-RNA → Mikrosomenoberfläche

Polypeptidkette → Merkmal

wobei die dem Körper der neuen Generation aufbauenden Proteine, die Polypeptidketten, ebenfalls unter dem dirigierenden Einfluß der Desoxyribonukleinsäure stehen und zu Trägern der in der Tochtergeneration sich bildenden Merkmale werden.

Dieser vielfach noch hypothetische Einblick in das innerste Geschehen der biochemischen und biophysikalischen Vorgänge, die sich bei der genetischen Reproduktion von Lebewesen abspielen, ist ebenso überraschend wie verblüffend in der scheinbaren Einfachheit des Einzel-

vorganges. Die Entdeckung eines biogenetischen Alphabetes oder Codes der am Aufbau der genetisch aktiven Desoxyribonukleinsäuren beteiligten Pyrimidin- und Purinbasen stellt eine hervorragende, um nicht zu sagen geniale Leistung moderner Naturwissenschaft dar.

Wir stehen damit unübersehbaren neuen Möglichkeiten genetischer Forschung und Mutationsbildung gegenüber. Ihr Erkenntniswert ist gewaltig; Erkenntnismöglichkeiten subtilster Art sind weit in ein Neuland vorgeschoben, das als Forschungsgebiet praktisch grenzenlos zu sein scheint und doch irgendwie begrenzt ist, weil Leben nur raum-zeitlich begrenzt möglich ist.

Und nun, wo wir scheinbar alle Teile in der Hand halten und die Bedingungen zur Übertragung von Erbmerkmalen von einer Generation auf die andere grundsätzlich zu kennen glauben, bleibt uns das *Wie* des ganzen wunderbaren Geschehens trotzdem nicht weniger rätselhaft als vorher, indem wir trotz dieser neuen Erkenntnisse – um es möglichst scharf zu formulieren – nicht den geringsten Anhaltspunkt einer Erklärung dafür finden, wie durch ein gesetzmäßiges, irgendwie exakt faßbares Zusammenwirken von Nukleinsäuren, Aminosäuren und Eiweißstoffen etwas *zum genetischen Merkmal*, zu einer körperlichen oder psychischen Eigenschaft des lebendigen, eben erst entstandenen neuen Organismus wird.

Denn es wird kaum jemand in der Lage sein, jemals die Frage zu beantworten, warum die genetisch aktive Desoxyribonukleinsäure sich anders verhält als eine Desoxyribonukleinsäure sozusagen gewöhnlicher Art. Da bleibt ein Rätsel zurück, da bleibt *das Lebensrätsel* unvermindert bestehen.

Wir könnten, um aus diesem Grunddilemma herauszukommen, uns vielleicht fragen, was für der Desoxyribonukleinsäure übergeordnete Kräfte und Funktionen eingreifen müßten, damit aus einer gewöhnlichen Desoxyribonukleinsäure eine genetisch aktive Desoxyribonukleinsäure wird. Das können wohl nur Kräfte und Funktionen sein, die irgendwie mit dem Organismus als Ganzem zu tun haben, die wir aber mindestens vorläufig nicht kennen.

Da scheint also eine Transzendenz vorzuliegen, die offenbar nicht überschritten werden kann, zwischen der feststellbaren Informationsgebung der Desoxyribonukleinsäure und einer übergeordneten, dem lebendigen Organismus und *nur* diesem zur Verfügung stehenden Instanz, welche der genetisch aktiven Desoxyribonukleinsäure ermöglicht, bestimmte Informationen von einer Generation an die nächste weiterzugeben.

Wie gelangen wir hier weiter?

Durch den von NIELS BOHR geschaffenen Begriff der Komplementarität und seine Anwendung auf den Lebensvorgang ist zwar eine Lösung des Problems nicht gegeben, aber wenigstens ein Bezugssystem zwischen

Physik (Chemie) und Leben eingeführt, das sich in der Physik als (gedanklich) fruchtbar erwiesen hat. BOHR nimmt an, daß materiell-physikalische Vorgänge und Lebensvorgänge zueinander komplementär sind, ähnlich wie in der Quantenmechanik Ort und Geschwindigkeit. Das bedeutet aber, daß auch die genaueste Kenntnis und Festlegung materieller (physikalischer oder chemischer) Vorgänge und die Einsicht in Lebensvorgänge mit Einbezug der psychischen sich gegenseitig ausschließen. Daraus würde hervorgehen, daß die Irrationalität, *die grundsätzliche Nichteinsehbarkeit in dem Verhältnis zwischen Physik (Chemie) und Leben bestehen* bliebe, auch wenn es uns gelänge, die physikalisch-chemische Erkenntnis des Einzelvorganges bis in die nächste Nähe dessen, was wir Leben nennen, heranzutragen, wie das im Falle der biochemischen Genanalyse zuzutreffen scheint.

Mit dem Begriff der Komplementarität ist etwas Bedeutendes und irgendwie Gesetzmäßiges, Konstitutives in den Beziehungen zwischen Physik und Leben ausgedrückt, gleichzeitig aber auf die scheinbar oder wirklich unübersteigbare Grenze hingewiesen, die zwischen Physik und Leben liegt.

Hier befinden wir uns an einer grundsätzlichen Grenze wissenschaftlicher Einsehbarkeit, die dem Menschen zu überschreiten auf Grund seiner spezifischen psychophysischen Konstitution nicht möglich oder vielleicht nicht erlaubt ist.

Sind wir mit diesen Problemen bis an die äußersten Grenzen der Möglichkeiten wissenschaftlicher Einsehbarkeit gelangt, so wollen wir zum Abschluß noch ein Wort davon sagen, was wir unter der Verantwortung der Wissenschaft verstehen.

Über die Verantwortung der wissenschaftlichen Forschung

Wir haben eingangs festgestellt: Wissenschaftliche Forschung ist unendlich. Und doch gibt es, wie wir eben sahen, Grenzen der Forschung, die wahrscheinlich nicht überschritten werden können. Es gibt aber Begrenzungen der wissenschaftlichen Forschung noch ganz anderer Art: Grenzen der Wissenschaft, die nicht überschritten werden dürfen, weil wir sonst mit der Ethik in Konflikt kommen. Das ist am deutlichsten erkennbar dort, wo wir es mit dem Menschen (und dem Tier) als Forschungsobjekt zu tun haben: in den medizinischen Wissenschaften.

In der Medizin bildet für den ärztlich Tätigen der hippokratische Eid die Grenze seines ärztlichen Tuns durch die Verpflichtung, dem ihm anvertrauten Kranken keinesfalls zu schaden oder ihn gar zu töten.

Wir denken vielleicht zunächst: Eine humanere Medizin als die heutige gibt es nicht. Verfügte je eine Zeit über so zahlreiche und verschiedenartig wirkende Schmerz- und Schlafmittel wie wir? In sonderbarem Kontrast dazu stehen die Erfahrungen unserer Tage über den Mißbrauch von Schmerz-, Beruhigungs- und Schlafmitteln, an dem

weder die industrielle Propaganda noch manchmal der Arzt schuldlos sind, steht die furchtbare Thalidomid-Katastrophe mit den durch ein Schlafmittel ausgelösten pränatalen Verstümmelungen, wenn die Mutter in einer frühen Phase der Schwangerschaft dieses Mittel eingenommen hatte: embryonale Schädigungen schwerster Art.

Ich möchte auf Gefahren anderer Art hinweisen, auf Gefahren, die vor allem in der medizinischen Diagnostik eine nicht ganz kleine Rolle spielen, wo man sich manchmal fragen muß, ob die Anwendung gewisser diagnostischer Hilfsmittel mit dem hippokratischen Eid noch vereinbar ist. Ich meine die Gefahren einer zu weit getriebenen technisierten Medizin.

Man darf bei aller Anerkennung der notwendigerweise methodisch-technisch ausgebauten Medizin wohl sagen: Je technischer die Medizin ist, um so inhumaner ist ihr Aspekt. Der Mensch wird in früher unvorstellbarer Weise in den apparativen Mechanismus der medizinischen Wissenschaft einbezogen. Das Apparative dringt in den Menschen ein, nicht mehr nur als die in so vieler Hinsicht segensreichen Röntgenstrahlen, als Tiefenstrahlung des Betatrons, als Kobalt- oder Zäsiumstrahlung, als Radium und radioaktive Isotopen. Oder, um ein Beispiel aus der Pharmakologie zu liefern: als Intubationsnarkose unter Curarisierung, wodurch die ganze muskuläre Tätigkeit der Bewegungsmuskulatur mit Einschluß der Atmung stillgelegt wird, so daß die zum Leben notwendige Sauerstoffzufuhr nur künstlich aufrechterhalten werden kann.

Ich denke auch an den Herzkatheterismus und an die direkte Herzpunktion, die glücklicherweise vielerorts als zu gefährlich wieder aufgegeben wurde. Der Herzkatheterismus hat zweifellos berechtigte diagnostische Indikationen, vor allem für die exakte funktionelle Diagnose von angeborenen Herzfehlern vor Herzoperationen. Es ist aber zu weit gegangen, wenn man diese Untersuchungsmethode als harmlos bezeichnet und sie als diagnostische Methode auch dort anwendet, wo sie nicht unbedingt notwendig ist. Ferner: man macht einen künstlichen Kreislauf bei Herzoperationen, man verwendet eine künstliche Niere bei akutem Nierenversagen, man macht – wieder pharmakologische Methoden – eine künstliche Unterkühlung (Hibernation mit Largactil u. a.), man macht präoperativ eine dosierte Blutdrucksenkung. Man macht sogenannte Biopsien, d. h., man holt kleine Organstücke aus dem Menschen heraus, auch von Organen, wie der Niere, die solche Eingriffe nicht besonders gut ertragen.

Man mißverstehe mich nicht: Alle diese Dinge, wie zum Beispiel auch die eiserne Lunge, sind im Einzelfall notwendig und nicht selten lebenserhaltend und liegen darum vollständig auf der Linie ärztlicher Hilfe. Aber dies alles hat nicht selten den Aspekt des »zu weit«, hat das Gesicht des Inhumanen. Es braucht nicht inhuman zu sein, besonders wenn dadurch Menschenleben gerettet werden können.

Aber irgendwie haben solche diagnostisch oder therapeutisch notwendige oder für notwendig gehaltene Verfahren gefühlsmäßig etwas

Erschreckendes, weil der Respekt vor dem Menschen berührt oder in Mitleidenschaft gezogen wird, weil Gefahr besteht, daß unter dem Eindruck so weitgehender Ausschaltung von lebenswichtigen Funktionen der Arzt zu der Auffassung gelangen könnte, der Mensch bestehe nur aus einem Bündel von Funktionen.

Wer die Integrität des menschlichen Individuums mißachtet, wer die Ehrfurcht vor dem Menschen verloren hat und ihn nur als einen Gegenstand angewandter Biologie betrachtet, wird die Menschheit ins Unglück führen, weil das wirklich Menschliche zu kurz kommt.

Daß der Mensch im tiefsten Sinn Mensch sein soll, muß dem hippokratisch denkenden Arzt immer bewußt bleiben. Hüten wir uns, dem Menschenversuch in der Klinik Einlaß zu gewähren, selbst wenn er mit aller gebotenen Vorsicht durchgeführt wird. Dieses nur noch Objektsein des Menschen für den Arzt führt zur Menschenentwertung, der Arzt gewöhnt sich daran und findet es schließlich selbstverständlich.

Jede Wissenschaft, die mit dem Menschen zu tun hat, ob geistes- oder naturwissenschaftlich orientiert, ruft ethischen Problemen. Das «*primum nihil nocere*» ist je und je ein oberstes Gebot ärztlichen Wirkens, auch dort beispielsweise, wo neue Stoffe, die als heilbringend betrachtet werden, eingeführt werden sollen. Hinter der Gabe jedes neuen Medikaments und jedes neuen operativen Eingriffs steht die Verantwortung des Arztes im Sinne des hippokratischen Eides. In Konflikt mit den Grundsätzen der ärztlichen Ethik kann auch derjenige Arzt gelangen, der dort, wo es nicht notwendig ist, dem Kranken Stoffe verabreicht, die wir heute gemeinhin als Psychopharmaka bezeichnen und von denen wir wissen, daß sie den affektiven Zustand des Kranken ändern. Das mag in der Hand des erfahrenen Psychiaters eine Wohltat bedeuten, es mag eine Beihilfe des vielbeschäftigten Arztes sein, vor allem, weil es bequemer ist, eine Tablette zu verabreichen, als sich mit dem psychophysischen Zustand des Patienten auseinanderzusetzen.

Die Verabreichung eines solchen Mittels, etwa eines sogenannten Tranquilizers, wird dann nur die bequeme Maßnahme eines vielbeschäftigten Arztes sein, der den lästigen, des psychischen und physischen Rates bedürftigen, Heilung suchenden Kranken möglichst rasch los sein möchte, um den nächsten Patienten «verarzten» zu können. Kräftig unterstützt wird der so handelnde Arzt durch die in letzter Zeit geradezu unanständige und unwürdige Art der Reklame von Großfirmen, welche solche Mittel herstellen und vertreiben. Bei dieser Massenerstellung von Arzneimitteln wird ja nicht mehr nach dem Bedürfnis gefragt, sondern es werden *unnötige und schädliche Bedürfnisse geschaffen*, die beim Verbraucher zur Sucht und zu anderen Schädigungen führen können.

Wenn wir diesen Gedanken verallgemeinern, können wir auch sagen: Die Verbesserung der äußeren Stellung des Menschen durch Anwendung wissenschaftlicher Erkenntnis, zum Beispiel in der Konzeption des Wohlfahrtsstaates, «Fortschritt» komme schon allein durch

Verbreitung und Anwendung wissenschaftlicher Methoden, ohne feste Begründung und Verpflichtung der menschlichen Gesellschaft auf ethische Grundsätze, bildet eine gefährliche Täuschung, die heute in hellen und dunklen Kontinenten verbreitet ist und zurzeit bei den entwicklungsfähigen Völkern besonders deutlich in Erscheinung tritt, im Grunde aber nur die Nachahmung europäischer Vorbilder bedeutet.

Wenn dann durch politischen Druck eine Konformität über bestimmte wissenschaftliche Theorien erzwungen wird, wie das im Reich Hitlers der Fall war und heute andernorts noch der Fall ist, ist es Pflicht des verantwortungsbewußten Wissenschafters, solchem erzwungenen Konformismus entgegenzutreten, nicht nur weil die Grundsätze der Wissenschaft mißachtet werden, sondern weil er ein ehrlicher Mensch ist.

Daß es in unserer Zeit der gewaltigen Entwicklung naturwissenschaftlicher Erkenntnis auch zu politisch gefärbten Entwicklungen in der Wissenschaft kam, mag zum Teil durch die unerhörte politische Unruhe und Gewalttätigkeit unseres Jahrhunderts begründet sein. Deshalb kommt in unserem hastigen, oft übersteigerten Wissenschaftsbetrieb etwas in der Regel zu kurz:

das Nachdenken.

Man kommt nicht mehr zur Ruhe und begnügt sich mit der Interpretation seiner Versuchsprotokolle, weil sich der zu verarbeitende Stoff, das Zahlenmaterial, die Kurven ins Ungemessene häufen. Man verwendet – sicher mit Recht – Rechenmaschinen und läßt sich die Resultate in fertigen Kurven durch Apparate aufschreiben. Das sind alles sehr nützliche und notwendige Hilfsmittel der Forschung.

Aber wie steht es mit der geistigen Verarbeitung, mit dem Bemühen um eine Synthese, was ich denn schon als Philosophie im naturwissenschaftlichen Sinn bezeichnen möchte.

Der Zürcher Physiologe und Nobelpreisträger W.R. HESS hat ein gutes Beispiel einer synthetischen Forschung durch seine zusammenfassenden Darstellungen bestimmter Funktionen des Zentralnervensystems gegeben und damit auch den modernen Weg gezeigt, wie man dem Mangel an Philosophie in der naturwissenschaftlichen Forschung entgegenkommt. Wobei ich unter Philosophie nicht eine bestimmte Philosophie, etwa eine idealistische oder eine pragmatische, verstehe, sondern einfach die Fähigkeit, ein größeres Gebiet naturwissenschaftlicher Forschung zu überblicken und vor allem, es in seiner integrativen Bedeutung und Mannigfaltigkeit zu erkennen und in Worten deutlich zu machen.

Und nicht nur dies: So sehr Wissenschaft aus kleinen, begrenzten Anfängen herauswächst und manchmal zum stolzen Gebäude wird, wenn jemandem das hohe Glück beschert wurde, durch vollen Einsatz neue fruchtbare Wege zur wissenschaftlichen Erkenntnis zu finden, so sehr ist es auch für denjenigen, welcher in seinem kleinen Kreis der

eigenen Forschung verharret, notwendig, von Zeit zu Zeit den Blick auf die fernen Berge und den Himmel zu erheben, damit er erkennt, wo Sinn, Umfang und Maß wissenschaftlicher Erforschung liegen.

Was vielen heute fehlt, ist die Zeit und die Fähigkeit und Disziplin zum Nachdenken, nicht nur über die eigenen, kleinen, sondern über die großen Probleme, die in Vergangenheit und Gegenwart die wahren Pfeiler menschlicher Erkenntniserweiterung, das heißt eben der Wissenschaft, bilden.

Zur Entschuldigung kann gesagt werden, daß es für den angehenden und den jungen Forscher heute bei der im Bereich der Naturwissenschaften und Medizin so außerordentlich weit spezialisierten Forschung nicht leicht ist, sich in dem unübersehbaren Angebot von wissenschaftlichen Detailarbeiten, das selbst für den auf einem Spezialgebiet Tätigen nicht mehr überblickbar ist, zurechtzufinden.

Die Gefahren, welche vor allem den jungen biologisch-medizinischen Forscher bedrohen, liegen in der Unendlichkeit der wissenschaftlichen Fragestellungen und ihrer für eine Zeit möglichen oder unmöglichen Lösungen, liegen in der Vieldeutigkeit experimenteller (speziell tierexperimenteller) Antworten und Reaktionen, liegen in der Unvollkommenheit jeder Versuchsanlage und in der durch sie bedingten Simplifizierung der vitalen biologischen Verhältnisse, in den zum biologischen Objekt inadäquaten Fragestellungen und inadäquaten Versuchen, liegen in der oft notwendigen Schematisierung und in der Gefahr zu weit gehender Schlußfolgerungen.

Der junge Forscher braucht Führung. Diese darf nicht nur spezialistisch sein, sondern sie muß dem jungen Forscher diejenige Horizont-erweiterung vermitteln, deren er bedarf, um den Sinn der wissenschaftlichen Arbeit auf kleinem Umfang als einen Beitrag zu verstehen, der seinen Platz im größeren Kreis einnehmen darf. Das Beste, was wir als verantwortliche Forscher für die Jungen tun können, ist, sie mit Stipendien in die Welt hinauszuschicken, damit sie ihren Horizont beizeiten erweitern können.

Aber dies unter einer Voraussetzung: daß die Jungen zum Forschen das Zeug haben, daß sie über logisches und kritisches Denken, über Kombinationsgabe, Phantasie, Begeisterung und vor allem Ausdauer verfügen, und daß ihr Wahrheitswille in Beobachtung, Überlegung, Schlußfolgerung unbestechlich ist. Sie müssen beizeiten zu der Erkenntnis gelangen, daß die ideellen Ziele wissenschaftlicher Forschung sich mit den Möglichkeiten tatsächlicher Forschung wegen der in der Natur des Forschers und der Forschungsobjekte liegenden Grenzen der Einsehbarkeit nie völlig decken können, und trotzdem die Begeisterung und den Mut haben, der harten Forderung des Tages zu genügen.

Für den akademischen Lehrer aber gehört die Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses zu den dringendsten und schönsten Aufgaben der Wissenschaftsförderung innerhalb der Möglichkeiten, Grenzen und der Verantwortung der Wissenschaft.

Die Verantwortung des Physikers

Von Prof. Dr. M. E. FIERZ, Zürich

Im vergangenen Winter wurde in Zürich das Theaterstück «Die Physiker» von Dürrenmatt in einer trefflichen Aufführung zum ersten Male gespielt. Der Erfolg war unglaublich: Jung und alt strömte zu den Kassen, die dem Ansturm meist nicht mehr gewachsen waren. Fast täglich wurde gespielt, und das Haus war immer ausverkauft.

Die Physiker sind, wie mir Dürrenmatt richtig sagte, so wie zu Molières Zeit die Ärzte, «bühnenreif» geworden.

Aber er hat nicht wie Molière eine Komödie, sondern eine Grotesktragödie geschrieben, und das Lachen des Publikums war sardonisch.

Man kann Dürrenmatt vorwerfen, sein Stück entwerfe ein höchst verzerrtes Bild der Wirklichkeit. Aber sein Erfolg beweist, daß das, was er zeigt, der lebendigen Phantasie der Leute entspricht. Die Phantasiephysiker beschäftigen die Menschen, und der Dichter hat der Phantasie Gestalt gegeben.

Darum ist sein Stück symptomatisch und ein geeigneter Ausgangspunkt für unsere Betrachtungen.

Der Titel meines Vortrages lautet «Die Verantwortung des Physikers». Das ist ein Schlagwort, das kein bestimmtes Problem bezeichnet. Hinter ihm verbergen sich viele, ganz verschiedene Probleme, die teilweise sehr affektbetont sind und die darum zu ganz unsachlichen Ängsten und Diskussionen führen können. Und doch haben die Leute etwas ganz Konkretes vor Augen, wenn sie sich fürchten und als Urheber ihrer Ängste die Physiker bezichtigen:

Man fürchtet sich vor dem Atomkrieg, und die Physiker haben ja die Atombombe erfunden. So entsteht ein phantastisches Bild vom Tun und Treiben der Physiker, die, jeder Verantwortung bar, das Schreckliche ersinnen.

Als Physiker habe ich nun freilich eine andere Vorstellung von unserer Arbeit. Aber der Dichter hat mich belehrt, wie uns die Leute sehen. Was ist die Handlung seines Theaterstückes? Kurz gesagt, geschieht folgendes:

In einer Irrenanstalt, die eine alte Ärztin leitet, lebt der theoretische Physiker Möbius. Er hat sich in dieses Asyl zurückgezogen, vorgebend, er sei wahnsinnig. Damit hofft er, sich und die Welt vor seinen Entdeckungen zu schützen. Denn wenn die bekannt würden, könnten sie weltumstürzend wirken.

Erste, vorläufige Ergebnisse hat er aber dennoch publiziert; denn er kannte damals auch selber ihre Folgen nicht. Auf ihrer Grundlage haben sowohl der amerikanische wie der russische Geheimdienst herausgefunden, daß das Wissen dieses Mannes zur Weltbeherrschung führen muß. Sein Aufenthalt ist ausfindig gemacht worden, und je ein Spion, beides ehemals angesehene Gelehrte, lassen sich als Irre in die Anstalt aufnehmen, um hinter die Geheimnisse Möbius' zu kommen.

Den Physikern gelingt es vorerst, sich gegenseitig zu täuschen: Möbius hält die Spione, diese halten sich gegenseitig für verrückt. Die Irrenärztin aber durchschaut alle drei. Sie verführt darum alle drei zum Mord an je einer Pflegerin und setzt sich überdies in Besitz der Aufzeichnungen des Möbius. Schließlich fallen die Masken. Die Physiker, von edlen Regungen überwältigt, beschließen, alle Dokumente zu vernichten und die Welt vor der Gefahr zu retten. Da erfahren sie zu ihrem Entsetzen, daß sie Gefangene der Irrenärztin sind, die alle Macht in Händen hält. Eine schreckliche Geschichte: denn die Ärztin, von Macht-rausch besessen, ist selber wahnsinnig, weshalb man das Schlimmste fürchten muß.

Eine Lehre wird aus dieser Fabel schon auf dem Theater gezogen: es ist unmöglich, eine wissenschaftliche Entdeckung ungeschehen zu machen. Und die Gutgesinnten können nicht verhindern, daß die Bösen schließlich solche Entdeckungen sich zunutze machen. Eine tragische Situation!

Nun ist allerdings Möbius so edel nicht, wie er uns glauben machen will. Denn im Stück tritt auch seine Frau auf, die er offensichtlich ruiniert und aufgeopfert hat – sie ist zu einem sentimentalischen Wrack geworden. Mit dem Gefühlsleben des Möbius war es also von je schlecht bestellt. Und da die Frau den Mann im Leben verwurzelt, möchten wir auch stark an seinem Sinne für Realität zweifeln. So ist es denn ganz folgerichtig, daß dieser angeblich so kluge Mann von einer dämonischen alten Frau, einer wahrhaft schrecklichen Mutter, überlistet wird.

Wir müssen ferner beachten: dies alles spielt im Irrenhaus. Die ganze Geschichte ist eben nicht nur tragisch, sie ist auch Wahnsinn. Vor allem ist es eine Wahnidee, wenn einer meint, er hätte eine Theorie gefunden, die alle physikalischen Probleme endgültig löst. Ein solcher gehört ins Irrenhaus. Und wenn ältere, erfahrene Gelehrte, die über seine Theorie zwar nur mangelhaft informiert sind, die aber dennoch zur Kritik fähig wären, diese Meinung teilen, so gehören sie auch dahin, wo Möbius schon ist.

Wenn wir nun das so gezeichnete Bild für verzerrt, ja für verrückt halten müssen, so ist es doch bedenklich genug, wenn derartige Phantasien über die Physiker im Umlauf sind. Und die Physiker sind wohl nicht ganz unschuldig, daß ihnen das passiert.

Dürrenmatts Darstellung zielt aber nicht auf die Physik allein – selber hat er das betont –, sondern auf die Wissenschaft überhaupt, die Geisteswissenschaft inbegriffen. Da unsere Kultur in entscheidendem

Maße durch die Wissenschaft bestimmt ist, so wird durch dieses Stück eine Grundlage des heutigen Geisteslebens in Frage gestellt. Ist es aber richtig und vernünftig, an Vernunft und Wissenschaft zu verzweifeln? Das glauben wir nicht; aber wie kommt es, daß solche Zweifel all-orten laut werden? Das ist eine schwierige Frage, zeigt aber auf jeden Fall, daß die Stellung der Wissenschaft heute eine ganz andere ist als noch vor dreißig Jahren. Auch damals zwar gab es Furcht vor wissenschaftlichen [Zerstörungsmitteln, die aber, wie etwa die sogenannten «Todesstrahlen», keine vernünftige Grundlage hatten. So hätte denn ein Stück wie dasjenige Dürrenmatts, in meiner Studentenzeit nicht geschrieben werden können.

Damals war die Physik in viel höherem Maß als heute reine Wissenschaft, das heißt eine im wesentlichen akademische Tätigkeit. Natürlich gab es auch eine physikalische Technik. Diese beruhte aber in erster Linie auf den Erkenntnissen des 19. Jahrhunderts – man denke nur an die Elektrizitätslehre. Sie stützte sich überdies auf langbewährte, praktische Erfahrung, die sich die Ingenieure unabhängig von den Physikern erworben hatten. Auch für den Physiker war die klassische Physik die Grundlage, von der aus er aber in neue Gebiete vorstieß. Man studierte die Atome, den atomaren Aufbau der Kristalle, die Physik der Atomkerne, die Quantentheorie der Elektrodynamik und manches andere. Ob diese Forschungen zu irgendwelchen technischen Zwecken brauchbar seien, darum kümmerten sich die wenigsten. Die Techniker zeigten auch kaum Interesse für die Forschungen der Physiker. Man hielt ihr Treiben gern für abstrakt und weltfern; sie galten für eine Art Naturphilosophen, und viele fühlten sich als solche. Die Äußerungen, mit denen Einstein, Schrödinger und Heisenberg sich an ein breiteres Publikum wendeten, hatten auch in der Tat oft ausgesprochen philosophischen Charakter.

Wer damals zum Beispiel theoretische Physik studierte, der mußte damit rechnen, später als Lehrer an einer höheren Schule sein Brot zu verdienen. Wenn dies mißlang, so blieb ihm oft nichts anderes übrig, denn als Versicherungsmathematiker seine mathematische Ausbildung auszunützen. Darum war auch die Zahl der Physiker klein. Dafür fühlte man sich als Mitglied einer weltumspannenden Familie, wo sich jedermann gegenseitig kennt.

Der akademischen Forschung standen nur beschränkte Mittel zur Verfügung. Nur wer wirklich gute Ideen hatte, dem konnte es gelingen, auch in der Beschränkung den Meister zu zeigen.

Dann kam der Krieg. Während seiner Dauer wurden die Radartechnik, die Raketen und die Atombombe entwickelt, und nun änderte sich das physikalische Leben grundlegend.

Die durch den Krieg erzwungene und mit gewaltigen staatlichen Mitteln vorangetriebene Entwicklung eröffnete ungeahnte technische Möglichkeiten. Man lernte, neueste Erkenntnisse, oft rein mathematisch-theoretischer Art, direkt in der Praxis auszuwerten. Zudem erwuchs zwischen den Großstaaten ein eigentlicher technischer Wettstreit, der

kaum ökonomische Gründe hat. Den Gipfel dieses Strebens, den anderen zu übertreffen, sehen wir im Wettrennen auf den Mond: man nennt das die Eroberung des Raumes – in dem wir freilich von je leben und uns bewegen. Auch schwebt unsere alte Erde um die Sonne, und so dürfen wir sie füglich als großes, bequemes Raumschiff ansehen.

Für die Raumfahrt also wird ein unvorstellbarer Aufwand an Menschen, Menschengestalt und Material getrieben. Das ist unvermeidlich, soll die Reise auf den Mond Wirklichkeit werden. Die Astronauten, die freilich bisher dem Bannkreis irdischer Schwere noch nicht entfliehen konnten, sind die Nationalhelden des Tages. Niemand kann sich der propagandistischen Wirkung dieser Abenteuer entziehen, für die die Staaten Milliarden opfern, um nationales Prestige zu gewinnen. Überdies geht das Wetttrüben weiter, und Raketen, die genau gesteuert werden können, sind furchtbare Waffen.

Diese und andere höchst kühne Unternehmungen – man denke an die Fusion der Atomkerne – stellen sehr schwierige und neuartige Probleme. Man hofft, die Physiker könnten sie lösen; ja man erwartet, daß sie schließlich jedes Problem lösen würden. Phantastische Hoffnungen werden da genährt; so gibt es Leute, die nicht daran zweifeln, man werde in Zukunft zum Beispiel auch die Schwerkraft aufheben können. Denn was ist nicht alles möglich geworden? Darum erfährt auch reine Forschung eine bisher nie gesehene finanzielle Unterstützung. Selbst abwegige akademische Studien könnten ja zu unerwarteten technischen Zielen führen.

Die Zahl der Physiker hat sich deshalb um Größenordnungen vermehrt. Auf allen Gebieten werden die verschiedensten Wege mit Eifer abgetastet. Und wenn sich dann wirklich irgendwo eine neue Bahn öffnet, folgt die Menge freudig dem glücklichen Pfadfinder.

So ist die Physik aus einer kleinen eine große Welt geworden. Hier findet jeder, der Begabung und Fleiß mitbringt, ihm gemäße Arbeitsmöglichkeiten und hat die Aussicht, eine auch wirtschaftlich entwicklungsfähige Stelle zu finden. Dabei ist er viel weniger als früher auf sich selber und seine eigenen Ideen angewiesen, denn er findet leicht Gleichgesinnte. So steht er weniger in Gefahr, ein absonderlicher Eigenbrötler zu werden, wie das einst das Schicksal so mancher Gelehrter war.

Dieses lebendige, ich möchte sagen jugendliche Leben hat aber seine Schattenseiten. Am bedenklichsten scheint mir, daß der kritische Sinn und der Mut zu eigenem Urteil im allgemeinen Betrieb leidet. Die Gründe hiefür sind mannigfach. Man scheut sich, andere zu kritisieren, weil dies ein Zeichen mangelnder Solidarität oder Kollegialität wäre. Man wagt es vielleicht nicht offen zu sagen, daß gelegentlich ein großer Aufwand schmachvoll vertan wurde. Man ist höchst vorsichtig, weil es ja sein könnte, daß aus der kritisierten Unternehmung vielleicht doch etwas Interessantes oder Nützliches erwachsen könnte: dann wäre doch der Kritikerblamiert. Nicht zuletzt aber stehen die meisten Forscher unter einem ungeheuren Druck; denn Forschung ist heute sportlicher Wettbewerb.

Wer am raschesten sein Ziel erreicht, erntet Ruhm – so hofft er wenigstens. Darum fürchtet er, ein anderer – und es gibt ja so viele andere – könnte zuvorkommen. So haben viele keine Zeit mehr zu kritischer Besinnung. Die alterfahrenen Forscher aber leiten oft große Forschungszentren und sind voll mit organisatorischer Arbeit beschäftigt. Sie können den jüngern kein Vorbild sein, an dem zu lernen wäre, wie man sich, vorsichtig abwägend und schließlich mutig entscheidend, ein Urteil bildet. Denn auch ein wissenschaftliches Urteil braucht Mut. Niemand kann nämlich alle Arbeiten, die eine Frage betreffen, studiert haben, und er muß darum seinem Gefühl vertrauen, das ihm sagt, er habe keine wichtigen, bekannten Tatsachen oder Gesichtspunkte übersehen. Und selbst wenn einer alles wüßte, was bekannt geworden ist, so gibt es in der Erfahrungswissenschaft auch dann keine Gewißheit, sondern nur Wahrscheinlichkeiten, die schließlich subjektiv sein müssen.

Nun gibt es natürlich auch heute saubere, geistreiche und dennoch kühne Arbeiten. Aber gewissenhaft und kritisch arbeiten ist nicht nur mühsam, sondern geht meistens auch langsam vonstatten. Das aber schreckt viele ab in einer Welt, wo geniales Spekulieren und vorschnelles Publizieren gerne als Kühnheit bewundert wird.

Und damit kommen wir zu unserem eigentlichen Thema. Die Physiker gelten heute vielen als gefährliche Leute, die mit dem Feuer verantwortungslos spielen. Man fürchtet, dieses Treiben werde in eine allgemeine Katastrophe führen. Diese Vorwürfe sind ungerecht und unsinnig. Wir könnten sie entrüstet ablehnen, wenn in unserem Hause alles zum besten bestellt wäre. Sie werden aber gemerkt haben, daß ich davon nicht ganz überzeugt bin.

Die Physiker sind sich nämlich leider nicht immer hinreichend bewußt, daß sie die Erben einer großen Überlieferung sind, daß sie diese Erbschaft angetreten haben und daß dies Folgen hat. Wir haben, und das wird noch am ehesten empfunden, von großen Gelehrten, die vor uns lebten, eine Fülle gültiger Erkenntnisse geerbt, ohne die wir gar nicht arbeiten könnten. Der Ruf, den die Physik als erste und vorbildliche exakte Naturwissenschaft besitzt, beruht zum großen Teil auf dem Werke Newtons, Faradays und Maxwells, Clausius' und Boltzmanns und wie die berühmten Namen alle heißen. Ein Teil des Glanzes, das vom Werk dieser Klassiker ausgeht, strahlt auch auf unsere größeren und kleineren Entdeckungen. Daß der Physiker derjenige sei, der die Grundgesetze des Weltbaus enträtselt und der so neue Perspektiven eröffnet, ist ein Prestige, das wir nicht selber erworben, sondern geerbt haben.

Wir haben aber auch ein gefährliches Erbe angetreten. Schon Galilei, der erste Physiker modernen Stils, glaubte, daß die Physik Schöpfungsgedanken Gottes enthülle. Er meinte, im Buche der Offenbarung – der Bibel – lernten wir zwar das Walten Gottes kennen. Aber die Bibel sei in menschlicher Sprache für Menschen geschrieben. Das Buch der Natur aber sei, ohne Rücksicht auf den Menschen, in göttlicher Sprache geschrieben. Darum lernen wir in ihm die göttlichen Gedanken

kennen, so wie Gott sie für sich selber denkt. Der Schlüssel zu diesem Buch ist die Mathematik; denn Gott ist der große Geometer. Seine Auslegung ist die mathematische Physik Galileis. Galilei hat diese erstaunliche Deutung physikalischen Denkens in allem Ernste vorgetragen und betont, daß er keineswegs überkühne Behauptungen aufstelle. Und diese seine Ausführungen sind ihm auch nie zum Vorwurf gemacht worden, als er mit der kirchlichen Zensur in Konflikt geriet. Uns aber zeigen sie, welch verwegenes Unterfangen die Physik von jeher war. Erneut wurde ein Weg der Erkenntnis beschritten, der den Menschen gleich wie Gott machen sollte. Wenn es uns dabei bange wird, dann mit Recht!

Die Folgen der mathematischen Naturwissenschaften für unser Leben sind nun in der Tat gewaltig, und die Wissenschaft bestimmt die heutige Kultur. Größte Hoffnungen wurden von allem Anfang an auf die kommende Entwicklung gesetzt, und viele gingen sogar in Erfüllung. So entstand ein eigentlicher Glaube an die Wissenschaft. Man glaubte, mit ihrer Hilfe Gesundheit und Wohlstand, Menschenliebe und Gerechtigkeit verwirklichen zu können. Vielleicht nicht sogleich, aber doch in einer nicht allzu fernen Zukunft. Diese bessere Zukunft war kein Jenseits, sondern ein Paradies auf Erden. Auf diesem Glauben beruht der Glaube an den sogenannten Fortschritt, der nichts anderes ist als eine säkularisierte Religion.

Gewiß müssen wir es unterstützen, wenn sich Menschen ehrlich bemühen, irdisches Glück und irdische Gerechtigkeit zu verwirklichen. Es braucht Mut dazu und Vertrauen in die guten Kräfte in uns und in anderen. Die Natur- und Geisteswissenschaften sind ein Licht, das uns auf diesem schweren Weg begleiten muß. Aber es ist eine Illusion, zu glauben, es sei dies ideale Ziel wissenschaftlich-planmäßig erreichbar. Wer das glaubt, unterschätzt die destruktiven Kräfte, die in uns wohnen; ihm mangelt kritische Besinnung, ohne die keine Wissenschaft sein kann, und es mangelt ihm an Gottesfurcht. Offenbar ist nun eben dieser Glaube an die Wissenschaft weit verbreitet. Scheinbar hat erst die Atombombe die Leute aus ihrem illusionären Träumen aufgeweckt. So sehen sie mit neuer Furcht und neuem Schrecken, daß jene alte Meinung, der Teufel sei der Fürst dieser Welt, auch ihre Wahrheit in sich birgt.

Aber die heutigen Physiker sind nicht schuld am Fortschrittsglauben und am Schrecken der Atombombe. Beide sind erwachsen aus einer Entwicklung, an der Generationen gearbeitet haben. Die Atombombe wurde zudem verwirklicht unter dem Druck eines schrecklichen Völkerringens, das dem Niederwerfen eines dämonischen Feindes galt.

Dagegen sind die Physiker dafür verantwortlich, daß die Menschen Kraft und Begrenzung wissenschaftlichen Forschens und Denkens einsehen lernen. Das wissenschaftliche Weltbild ist keine Religion, sondern ein künstlich-geistiges Gleichnis, das sich der Mensch in einem mühsamen Spiel, unter Anstrengung aller seiner Kräfte, erzeugt und in dem er die Welt und sich selber spiegelt. Die Wissenschaft ist der Versuch des von irrationalen Kräften getragenen Menschen, eine irrationale Welt

geistig-rational zu erfassen. Dieser kühne Versuch kann nur stückweise gelingen. Wer da glaubt, er habe ganz erkannt, wer das Gleichnis für die Welt selber nimmt und sich einbildet, es gehe in ihr vernünftig zu, weil es in seinem Kopfe zuzeiten vernünftig zugeht, wird leicht ein Verführer für sich und für andere. Wissenschaftliche Erkenntnis ist gefährlich. Denn das helle Licht, in dem das Erkannte erstrahlt, taucht das große Feld des Unerkannten in desto tieferes Dunkel und macht uns blind für die Gefahren, die uns von dorthen drohen.

Sollte man darum sich nicht entschließen, auf all das Forschen zu verzichten? Man könnte ja versuchen, wieder einfach und naiv zu werden. Adam und Eva hätten diesen Versuch auch machen können, nachdem sie den fatalen Apfel gegessen hatten – doch leider war ihnen der Weg zurück versperrt. Es gibt also keinen Weg zurück ins Paradies, sowenig es einen Weg vorwärts in ein Paradies auf Erden gibt.

So wie der Mensch geschaffen ist, wird er seine Neugierde nie bezähmen können. Er wird seinen Geist betätigen und wird immer wieder mit dem Feuer in mühsamem Spiele spielen. Das Geschehene kann nicht rückgängig gemacht werden, auch wenn man bis auf Adams Zeiten zurückgehen könnte. Daß wir in Gefahren stehen, ist unvermeidlich, und weder die Physiker noch die Politiker noch andere Sündenböcke sind dafür verantwortlich. Die Gefahr liegt in der Natur des Menschen selber, der großen Unruhestifterin auf Erden. Wer sich nicht zum Weltverbesserer berufen fühlt, muß sich mit der Menschennatur, die er nicht geschaffen hat, abfinden.

Daraus folgt aber keineswegs, daß wir für gar nichts verantwortlich wären. Die Erbschaft, die wir angetreten haben, weil wir sie ja nicht ausschlagen können, müssen wir würdig und verantwortungsvoll verwalten.

Wir dürfen den naiven Fortschrittsglauben der Menge und das Vertrauen der Regierungen in die Wissenschaft nicht leichtfertig dazu ausnützen, finanzielle und moralische Unterstützung zu erlangen. Es ist töricht, wenn sich Gelehrte Politikern gegenüber aufs hohe Roß setzen, weil diese nicht nach wissenschaftlichen Maximen handeln, ja weil sie oft gar nicht wissenschaftlich denken können. Denn das wissenschaftliche Denken erkaufte sich ja seine Folgerichtigkeit gerade dadurch, daß methodisch von gar vielen irrationalen Kräften abstrahiert wird. Zudem wird im Gelehrten gar leicht «die angeborene Farbe der Entschliebung durch des Gedankens Blässe angekränkt». In wissenschaftlich geleiteter Politik und wissenschaftlich geleiteter Wirtschaft ein Allheilmittel zu sehen, bedeutet Vergötzung der Wissenschaft, an der schließlich alle drei zugrunde gehen. Dennoch muß der Physiker auch als Staatsbürger verantwortlich handeln, genau wie jeder andere. Er kann dazu aufgerufen werden, dem Staate seine Kenntnisse und Fähigkeiten zur Verfügung zu stellen, ja es kann sein, daß sogar politische Entscheidungen von seinem Urteil abhängig werden. Dann muß er wissen, daß er zwar die wissenschaftliche Frage besser zu beurteilen weiß als andere, daß er aber dem politischen Problem wohl ebenso hilflos gegenübersteht wie viele andere

Leute. Und wenn sein wissenschaftliches Urteil gültig sein soll, muß es auf wirklicher Einsicht beruhen. Diese läßt sich nicht erzwingen. Sie zu erwerben ist langwierig und mühsam, und jeder muß sie allein erwerben. Es ist zwar hilfreich, wenn der Forscher verständnisvolle und gelehrte Kollegen um sich sieht, mit denen er arbeiten und mit denen er über seine Wissenschaft sprechen kann. Aber jeder muß sich schließlich sein Urteil selber bilden und sollte sich hüten, die Ansichten anderer, trügen sie auch noch so berühmte Namen, als Orakel zu betrachten.

Nicht zuletzt muß der Physiker sich stets bemühen, in seiner eigenen Forschungstätigkeit sich seiner Väter würdig zu erweisen. Wir müssen darüber ins klare kommen, welche Fragen überhaupt sinnvoll bearbeitet werden können. Die großen Fragen, die jedem am nächsten liegen, sind gewöhnlich zu groß und zu schwierig: sie übersteigen die Kraft unserer wissenschaftlichen Mittel. Darum wird man sich bescheiden, ein Teilproblem, das zudem meist sehr schematisiert und idealisiert werden muß, zu lösen. So hat Galilei nicht die Bewegung überhaupt, sondern nur die gleichförmig-beschleunigte Bewegung studiert, obwohl dieser Vorgang in der Natur nur annähernd je vorkommt.

Große Gelehrsamkeit darf nur dort zur Geltung kommen, wo sie unvermeidlich ist. Man darf zum Beispiel keinen tiefsinnigen und schwierigen mathematischen Apparat dazu mißbrauchen, recht primitiven und qualitativen Ansätzen einen geheimnisvollen Hintergrund zu geben. Man darf aber auch nicht subtile Fragen erledigen durch genialische Überlegungen, die einer ernsten Kritik nicht standhalten können. Man soll immer erneut bedenken, daß die Mathematik kein Zaubermittel ist. Mit ihrer Hilfe wird an den Tag gebracht, was in Voraussetzungen implicite angenommen wurde. Es kann da freilich Überraschungen geben, was dann zeigt, wieviel man oft, mit nur scheinbar wenigen Annahmen, schon zugestanden hat. Desto sorgfältiger ist dann zu erwägen, ob für diese Annahme auch wirklich zwingende Gründe vorliegen.

Wenn es so gelingt, eine Frage zu beantworten, dann ist meistens nur ein kleines Problem gelöst. Doch die kleinen Schritte dürfen wir nicht verachten; denn eine kleine Einsicht ist immer besser als eine große Illusion. Die zerstreuten Einblicke, die solche Ergebnisse vermitteln, müssen sodann im Zusammenhang gesehen werden. Nur dann ist ein Urteil über ihre Zuverlässigkeit und Tragweite möglich. Dazu braucht es Phantasie, die stark genug sein muß, auch dem kritischen Zweifel standzuhalten. Überschwängliche Spekulationen sind zwar auch Zeichen von Phantasie, die aber ungesund und unwissenschaftlich ist.

Die Physiker sind dafür verantwortlich, daß die Physik im geschilderten Sinne eine exakte, kritische und dennoch phantasievolle Wissenschaft bleibt. Wer so danach trachtet, wirklicher Erbe einer großen Überlieferung zu sein, darf hoffen, auch im heutigen großen Betrieb weder den Kopf noch den Boden unter den Füßen zu verlieren. Er wird nicht hemmungslos im allgemeinen Strome mitgerissen, noch wird er als phantasieloser Nörgeler beiseite stehen und vergangenen Zeiten nachtrauern.

Wenn wir so dafür sorgen, daß im eigenen Hause Ordnung herrscht, werden wir auch als Staatsbürger, ja als Privatmann den Mut zur Entscheidung finden können.

Ich habe versucht, Ihnen ein Bild zu entwerfen, das das Leben der Physik widerspiegelt; ein Leben, aus dem Gefahr und Verantwortung erwächst. Dieses Bild ist persönlich gefärbt, so wie auch Verantwortung immer die Verantwortung eines einzelnen, konkreten Menschen bei einer bestimmten Entscheidung ist. Verantwortung im allgemeinen gibt es für mich nicht; so konnte ich auch nicht darüber reden.

Die Embryologie im Dienste der Krankheitsforschung¹

Möglichkeiten, Grenzen und Verantwortung in der embryologischen Forschung

Von
G. TÖNDURY

Jeder Arzt hat unter seinen Patienten Kinder zu behandeln, die mit Geburtsschäden oder Mißbildungen behaftet sind; er soll ihnen nach bestem Wissen und Gewissen helfen und auch den Eltern ein zuverlässiger Berater sein. Heute stellt sich dieses Problem der Behandlung solcher Unglücklicher häufiger und schwerer als noch vor wenigen Jahren. Es wird vom Arzt größter Einsatz und psychologisches Verständnis erwartet; keiner kann diesem Verlangen ausweichen.

Andere Krankheiten haben ihre Gefährlichkeit eingebüßt. Die Mortalität und Morbidität durch Infektionskrankheiten und Ernährungsstörungen bei Säuglingen haben stark abgenommen; diese Krankheiten haben damit an Bedeutung verloren. Dies hat, wie mir verschiedene amerikanische Kinderärzte versicherten, vieles in ihrer kinderärztlichen Tätigkeit geändert. Das Krankengut von Kinderkliniken in den USA weist eine erhebliche Zunahme von Kindern auf, die wegen Mißbildungen hospitalisiert werden.

Dank den außerordentlichen Fortschritten in der Medizin und der damit verbesserten Hygiene leben heute mißgebildete Kinder länger. Noch vor wenigen Jahren sind sie meist einer interkurrenten Krankheit rasch zum Opfer gefallen, heute überleben sie. Jeder neue Schritt, der erfolgreich ist, verlängert das Leben, führt aber auch zu neuen großen ärztlichen und sozialen Problemen.

Die Chirurgie kann große Fortschritte in der erfolgreichen Beseitigung von Mißbildungen registrieren. Dies gilt aber nur für relativ wenige Formen, wie zum Beispiel für plastische Operationen mit dem Ziel der Beseitigung einer Hasenscharte oder Gaumenspalte. Besser wäre es, man könnte diese verhüten; vorläufig können wir aber froh sein über ihre erfolgreiche und glückliche Beseitigung. Mit der Operation ist aber noch lange nicht alles getan; weitere Behandlung ist nötig, in deren Verlauf sich viele psychologische Probleme stellen. Ein anderes Beispiel für die enormen Fortschritte der korrigierenden Chirurgie ist die operative Behandlung von kongenitalen Herz- und Gefäßmißbildungen. Diese wurde erst

¹ Herrn Prof. Dr. A. v. Muralt zum 60. Geburtstag

dadurch ermöglicht, daß man gelernt hat, das Leben unter künstlichen Bedingungen zu erhalten; ich nenne die sogenannte Herz-Lungen-Maschine, die eine zeitweise Ausschaltung des Herzens aus dem Kreislauf gestattet, was eine Vorbedingung für operative Eingriffe am eröffneten Herzen ist. Der Ausbau der Diagnostik mit der Einführung des Herzkatheterismus gestattet genaue Erkennung und Beurteilung des Leidens. Vielen Kindern haben solche Eingriffe das Leben gerettet und ihnen die Aussicht auf ein einigermaßen normales Dasein eröffnet; trotzdem wird erst nach Jahren ein endgültiges Urteil über Erfolg oder Mißerfolg möglich sein.

Ich könnte noch weitere Eingriffe nennen, die zu eklatanten Erfolgen geführt haben, so zum Beispiel die operative Behebung einer Tracheobronchialfistel, die noch vor wenigen Jahren als eine mit dem Leben unvereinbare Mißbildung anzusehen war. In anderen Fällen kann das Kind durch einen operativen Eingriff wohl vor dem sicheren Tode gerettet werden, es behält aber zeit seines Lebens einen schweren Schaden.

Groß ist auch die Zahl derjenigen Kinder, die mit mehr oder weniger schweren Hirnschäden geboren werden. Von rund 4,2 Millionen Kindern, die in den USA jährlich geboren werden, erreichen 3 % nie die Intelligenz eines 12jährigen, 0,3 % verharren auf der Stufe unter einem 7jährigen, und 0,1 % verbringen ihr Leben als vollkommen hilflose Imbezille.

Diese Hinweise mögen genügen, um zu zeigen, vor welcher schweren Probleme der Arzt gestellt wird, welche große Verantwortung auf ihm lastet. Sie zeigen, wie wichtig die Beschäftigung mit Problemen der pränatalen Entwicklung und ihrer Störungsmöglichkeiten auch für den Arzt ist, der sich darüber im klaren sein muß, daß das Leben nicht erst mit der Geburt beginnt. Das, was sich im Verlaufe der ersten Wochen der Schwangerschaft in der Geborgenheit des Mutterleibes abspielt, bleibt entscheidend für das ganze Leben.

Es ist die Aufgabe des Embryologen, sich mit Problemen des werdenden Lebens zu befassen und dabei viel mehr, als dies bis heute der Fall war, auch das Problem der Schädigungsmöglichkeiten während der Schwangerschaft in seine Forschungen einzubeziehen. Im Juli 1960 fand in London der erste internationale Kongreß über kongenitale Mißbildungen statt. In seinem Verlaufe wurde jedem Teilnehmer vor Augen geführt, daß es noch großen Anstrengungen bedarf, um hier weiterzukommen. Tierexperimente sind unentbehrlich; ihre Resultate dürfen aber unter keinen Umständen vorbehaltlos auf menschliche Verhältnisse übertragen werden. In den USA werden riesige Mittel eingesetzt, um auf breiter Grundlage heute noch Unbekanntes zu erforschen.

Die überaus große Bedeutung der Kenntnis der embryonalen Entwicklung und der sie beherrschenden Gesetze wurde in den vergangenen Wochen und Monaten besonders aktuell, als es sich darum handelte, das sogenannte Thalidomidsyndrom aufzuklären. Die tragische Situation

ist wohl den meisten von Ihnen aus Pressemeldungen und -artikeln bekannt. Ich will nur kurz rekapitulieren, worum es geht.

Der Kieler Professor für Kinderheilkunde machte im Herbst 1961 auf die erschreckende, fast epidemische und deshalb alarmierende Zunahme von Gliedmaßenmißbildungen in Westdeutschland aufmerksam. Neben Kindern, denen die Gliedmaßen überhaupt fehlten (*Amelie*), beobachtete er Kinder mit robbenartig deformierten Gliedern (*Phokomelie*) und Kinder mit leichteren Abnormitäten, wie Fehlen der Daumen und Defekte der Speichen und der Schienbeine. Diese Mißbildungen der Extremitäten waren häufig begleitet von solchen der Ohren und innerer Organe.

Viele derart mißgebildete Kinder waren nicht lebensfähig und starben kurz vor, bei oder besonders nach der Geburt, andere schwer geschädigte Säuglinge blieben am Leben. In Westdeutschland wird mit 2500 bis 3000 solcher überlebender, verkrüppelter Kinder gerechnet. Jeder einzelne Fall bedeutet für eine davon betroffene Familie eine furchtbare Tragödie.

Wie ist man auf das Thalidomid als mögliche Ursache der Mißbildungen gekommen? Als Ergebnis möglichst genauer und wiederholter Befragung von Müttern phokomeler Kinder konnten zunächst unzureichende Ernährung, Krankheiten in der Frühschwangerschaft oder Strahlenbelastungen als mögliche teratogene Faktoren ausgeschaltet werden. Befragt nach Verwendung von Medikamenten, Schlaf- oder Beruhigungsmitteln, tauchte immer wieder das thalidomidhaltige Contergan (Softenon) auf. Es ließ sich auch der Zeitpunkt der Thalidomideinnahme genauer ermitteln. Viele Frauen, die ein phokomeles Kind geboren hatten, hatten das Thalidomid während des 2. Monats der Schwangerschaft genommen; mehrere Frauen hatten nur kleine Dosen, andere große verwendet. Die Mißbildungen der Kinder waren aber immer von der gleichen Art; es wird heute angenommen, daß beim Menschen 100 mg Thalidomid zur Erzeugung einer Mißbildung genügen, wenn die Einnahme im Verlaufe des 2. Monats erfolgt. Man hat auch festzustellen versucht, ob jede Frau, die in der empfindlichen Phase, das heißt im Verlaufe des 2. Monats, die als Mindestmenge erkannte Thalidomiddosis eingenommen hat, zwangsläufig ein phokomeles Kind bekommen muß. Das war durchaus nicht der Fall. Viele Kinder kamen trotzdem normal zur Welt. Es scheint eine unterschiedliche Empfindlichkeit der Keimlinge zu bestehen, wobei aber das Verhältnis von empfindlichen zu nichtempfindlichen Keimlingen noch nicht bekannt ist. Es darf aber nicht verschwiegen werden, daß auch Kinder mit Gliedmaßenmißbildungen geboren wurden, deren Mütter *sicher* kein Thalidomid genommen haben.

Dieser Bericht führt uns mitten in die Problematik hinein, indem er zeigt, daß die im Schutze des mütterlichen Körpers heranwachsende Frucht durch eine chemische Substanz schwer geschädigt werden kann, wenn dieselbe in einer bestimmten Phase der Entwicklung eingenom-

men wird. Bereits Schwalbe, der Begründer des «Handbuches der Mißbildungen des Menschen und der Tiere», hat 1906 den Begriff «*teratogenetische Terminationsperiode*» geprägt. Er versteht darunter die Zeitspanne, innerhalb welcher erb- und umweltbedingte Faktoren ihre Wirksamkeit entfalten müssen, um Mißbildungen zu erzeugen. Stockard hat einige auch heute noch geltende Gesetzmäßigkeiten gefunden: Die primäre Folge der Wirksamkeit chemischer oder anderer Faktoren auf den Entwicklungsvorgang ist eine Entwicklungshemmung; der Mißbildungstyp, der entsteht, hängt nicht von einem Lokaleffekt ab, sondern vom Differenzierungsgrad des Keimes im Moment der einsetzenden Schädigung. Es liegt also eine *Phasenspezifität* der Wirkung vor. Auf Grund solcher Überlegungen nahm man eine Zeitlang allgemein an, daß der Zeitfaktor, nicht aber die Art des teratogenen Agens, für die Entstehung einer Abnormität entscheidend sei. Heute wissen wir, daß diese Ansicht nur für eine beschränkte Zahl von Mißbildungen gilt, wie zum Beispiel für Septumdefekte des Herzens oder für die Transposition (Vertauschung) der großen Gefäße. Viele Noxen können charakteristische Abnormitäten innerhalb einer größeren Zeitspanne erzeugen. Der Phasenablauf der Entwicklung ist aber nicht nur entscheidend für die Entstehung eines bestimmten Mißbildungstypus, sondern bestimmt ganz allgemein die Reaktionsweise eines Keimlings gegenüber schädigenden Faktoren.

Dies soll zuerst anhand eines übersichtlichen Beispielen demonstriert werden. Schon länger kennt man die schädigende Wirkung von Röntgenstrahlen auf intensiv wachsende Gewebe; darauf beruht zum Beispiel ihre Anwendung bei der Krebsbekämpfung. Embryonale Gewebe sind ganz besonders empfindlich. Für experimentelles Arbeiten in der Embryologie eignen sich Röntgenstrahlen besonders gut, da eine genaue Dosierung möglich ist. L.B. und W.L. Russell haben systematische Versuche durchgeführt, indem sie trächtige Mäuse in Abständen von 24 Stunden, begonnen einen halben Tag nach der Befruchtung, mit Röntgenstrahlen behandelten.

Die intrauterine Entwicklung der Maus dauert etwa 20 Tage und kann in drei verschieden reagierende Phasen unterteilt werden. Die erste Phase beginnt mit der Befruchtung und dauert etwa 6 Tage. Sie spielt sich während des Eitransportes aus dem Eileiter in die Gebärmutter ab. In ihrem Verlaufe bildet sich die sogenannte Blastozyste, ein von Flüssigkeit gefülltes Bläschen, das aus dem sogenannten Nährblatt und dem Keimknoten besteht. Eine einmalige Dosis von 200 r tötet die Großzahl der in Furchung begriffenen Keime; eine kleine Zahl nur (20 %) entwickelt sich weiter, und es werden normale lebensfähige Tiere geboren. In der zweiten Phase wird die Verbindung zur mütterlichen Schleimhaut hergestellt, die Nährquellen werden erschlossen. Nach ihrem Verhalten gegenüber Röntgenstrahlen müssen zwei verschieden reagierende Abschnitte unterschieden werden, nämlich die Embryogenese und die fetale Phase. Die Embryogenese dauert vom 7. bis

12.Tag. Bestrahlungen in dieser Phase haben schwerste Folgen. Die Zahl der pränatalen Keimtode nimmt zwar rapid ab, alle geborenen Tiere sind aber stark mißgebildet, die Mißbildungen häufig multipel und letal. Dies äußert sich in der Zunahme der Geburtstode, die nach Bestrahlungen am 10.Tag über 60 % beträgt. Die Mißbildungskurve erreicht am 8.Tag ihr Maximum, behält es bis zum 12.Tag bei und fällt dann ebenso steil auf den Nullpunkt ab. Keimlinge, die nach dem 12.Tag bestrahlt werden, zeigen bei der Geburt nur noch geringgradige Organschädigungen, welche die Lebensfähigkeit im allgemeinen nicht beeinträchtigen.

Wie erklärt sich die große Mißbildungszahl nach Bestrahlungen zwischen dem 8. und 12.Tag der embryonalen Entwicklung? Darauf gibt die histologische Untersuchung normaler Embryonen dieses Alters Antwort: In der Zeit vom 6. bis 8.Tag bildet sich die dreischichtige Keimscheibe aus, und anschließend folgt die Heraussonderung der wichtigsten embryonalen Organe, wie Nervenrohr, Chorda, Somiten, Vorniere und Herzanlage. Die Röntgenstrahlen treffen also vom 8.Tage an in Entwicklung begriffene Organe und bewirken Abnormitäten, deren Lokalisation und Phänotypus von der Phase abhängen, in welcher die Bestrahlung vorgenommen wurde.

Es zeigte sich, daß *das Grundmuster der durch Bestrahlung erzeugten Mißbildungen von der Zeit der Bestrahlung, die Schwere der Störung aber von der gegebenen Dosis abhängig ist*. Bis gegen Ende der ersten Woche blieb jeder Bestrahlungseffekt aus, erst am 9.Tag wurden Teile des Keimlings strahlenempfindlich. Zu den empfindlichsten Organen gehört das Nervenrohr; es war selbstverständlich nicht das einzige geschädigte Organsystem. Auch andere Gewebe und Zellen durchlaufen strahlenempfindliche Phasen. Schädigungen des Extremitätenskelettes zum Beispiel wurden nach Bestrahlung am 12.Tag, solche des Rumpfskelettes am 11. und 12.Tag beobachtet.

Wie steht es aber mit den zeitlichen Zusammenhängen und der Reaktionsweise des menschlichen Keimlings? Können Beobachtungen an der Maus ohne weiteres auf menschliche Verhältnisse übertragen werden? Die intrauterine Entwicklung des Menschen dauert 40, diejenige der Maus nur 3 Wochen. Ein Vergleich ist also nur auf Grund der Entwicklungsphasen gestattet. Die sogenannte Embryogenese, in welcher sich das Schicksal der Einzelorgane des Keimlings entscheidet, dauert bei der Maus vom 9. bis zum 13.Tag, beim Menschen nimmt sie die Zeitspanne vom 18. bis zum 42.Tag ein. Aus allen Untersuchungen ergibt sich, daß dieses Entwicklungsstadium äußerst empfindlich ist und auch beim menschlichen Keimling als die empfindlichste Phase der Entwicklung anzusehen ist. Darüber orientiert die Mißbildungskurve beim Menschen: Sie erreicht ihren Höhepunkt am 21.Tag, behält diesen bis zum 38.Tag bei und fällt dann ebenso steil ab. Die Störungen, die zum Beispiel durch Röntgenstrahlen nach dem 42.Tag verursacht werden,

sind unbedeutender und müssen die Lebensfähigkeit nicht beeinträchtigen.

Jede Organanlage durchläuft während ihrer Entwicklung kritische Momente, wo sie auf Schädigungen verschiedenster Art empfindlich reagiert. Schädigende Faktoren sind in frühen Differenzierungsphasen besonders wirksam. Kleinere Dosen genügen, eine größere Variabilität der Defekte wird beobachtet. Die Defekte sind außerdem immer schwererer Natur. Mit fortschreitender Differenzierung nimmt die Empfindlichkeit ab, so daß es im Verlaufe der fetalen Entwicklung höchstens noch zu Wachstumsstörungen oder degenerativen Prozessen kommt.

Wie reihen sich die beobachteten Thalidomidschäden hier ein? Die Gliedmaßenmißbildungen lassen ein Grundprinzip erkennen. Im leichtesten Fall ist nur der erste Mittelhandknochen betroffen, unterentwickelt oder fehlend. Diese Fälle führen über eine Mangelentwicklung zum Fehlen des Daumens, zu einem Defekt der Speiche bis zu einem solchen des distalen Endes des Oberarmbeines und schließlich zu einer totalen Amelie. An den Beinen ist der Schienbeinstrahl betroffen, wobei der Fuß auch bei hochgradigen Defekten von Schien- und Oberschenkelbein relativ unversehrt bleibt. Wir können also von einer eigentlichen Mißbildungsreihe sprechen, deren Zustandekommen eine kurze Betrachtung der normalen Entwicklung beleuchtet.

Normale Entwicklung der Extremitäten. Die Gliedmaßen bilden sich im Bereiche der seitlichen Leibeswand als leistenförmige Auswüchse. Bei Keimlingen von 4 mm springen die Anlagen der oberen Gliedmaßen als bogenförmige Leisten vor, die Anlagen des Beines sind etwas prominenter, aber schmaler als die Armknospen (Abb. 1). An der Oberfläche sind Arm- und Beinknospen von einem Epithel überzogen, das an der Spitze zur sogenannten apikalen Epithelleiste verdickt ist (Abb. 2). Im Inneren findet man ein zellreiches Blastem. Arm- und Beinknospe differenzieren sich in ähnlicher Weise weiter, gewinnen mehr und mehr die Form einer Platte, deren Wurzel aber wesentlich dicker ist als die Randzone. Bei Embryonen von 5,5 mm lassen sich ein proximaler und ein distaler Abschnitt unterscheiden (Abb. 3). Der distale Abschnitt schnürt die Handplatte gegen den proximalen Abschnitt ab (E. 6,5 mm) (Abb. 4). Die Fußplatte wird erst in einem etwas späteren Stadium sichtbar. Bei Embryonen von 11,5 mm können die Fingerstrahlen als verdickte Stränge innerhalb der Handplatte erkannt werden (Abb. 5), Oberarmbein, Elle und Speiche sind vorknorpelig angelegt. Die Weiterentwicklung interessiert uns nicht mehr, da die Differenzierung im Stadium 11,5 mm bereits so weit fortgeschritten ist, daß Mißbildungen im Sinne von Phokomelien nicht mehr erwartet werden können. Hingegen sollen die *zeitlichen Verhältnisse* nochmals besonders hervorgehoben werden: Die Gliedmaßenknospen sind bei Keimlingen von 3–4 mm eben sichtbar; dies entspricht einem Entwicklungsalter von etwa 26–27 Tagen. 5,5 mm lange Embryonen sind 27–29, 11,5 mm lange 34–36 Tage alt, das heißt eine Amelie, das vollständige Fehlen der freien Gliedmaßen, ist nur zu

erwarten, wenn die Mutter das Thalidomid vor dem 26. Tag eingenommen hat, während Phokomelien bei Einnahme vor dem 28. Tag zu erwarten sind. Bei späterer Einnahme sind nur noch leichtere distale Schäden möglich. Was weiß man vom Zeitpunkt der Thalidomideinnahme bei Frauen, die ein phokomeles Kind geboren haben? Nach Angaben von W. Lenz und K. Knapp ergab die Befragung der Mütter, daß schwere Mißbildungen nur vorkamen, wenn das Mittel zwischen dem 37. und 50. Tag nach dem ersten Tag der letzten Menstruation eingenommen worden war, was einem Entwicklungsalter von 23–36 Tagen entspricht. Dabei zeigte es sich, wie zu erwarten war, daß die Mißbildungen bei früher Einnahme schwerer waren als bei später.

Wie kommt eine Extremitätenmißbildung zustande? Die Gliedmaßenknospen wachsen durch Mitose ihrer eigenen Zellen. Aus der Umgebung wachsen Blutgefäße und etwas später Nerven ein. Der Amerikaner Saunders hat mittels Markierungen der Flügelknospen des Hühnchens mit Kohlepartikelchen zeigen können, daß die Zellen des Blastems einer jungen Knospe nur die basalen Teile des Flügels liefern, während die distalen Anlagebereiche an der äußersten Spitze durch Proliferation der Zellen gebildet und in proximodistaler Richtung abgelegt werden. Es liegt also ein ausgesprochenes Spitzenwachstum vor, das unter Kontrolle der apikalen Epithelleiste (Abb. 6) steht. Wird diese entfernt, dann sistiert jede weitere Proliferation, und es entwickeln sich nur die basalen Anteile der Extremität. Je älter die operierten Knospen sind, desto mehr distale Elemente kommen zur Ausbildung. Die einmal entfernte Epithelleiste wird nicht wieder regeneriert. Im übrigen besteht ein komplexes Wechselspiel zwischen dem zelligen Blastem der Knospe und ihrem epithelialen Überzug, in dessen Verlauf die Bildung der Epithelleiste induziert wird, die dann ihrerseits auf das Blastem zurückwirkt, indem sie dessen apikale Proliferation anregt und überhaupt ermöglicht.

Nach diesen Ergebnissen kann also eine Mißbildung der Extremität durch Störungen der frühzeitig bestehenden Wechselbeziehungen zwischen Blastem und Epithel der Knospe oder durch Zerstörung der apikalen Epithelleiste hervorgerufen werden. Nach unseren Erfahrungen dürfte dafür noch ein weiterer Modus in Frage kommen. In Versuchen, die an meinem Institut noch in vollem Gange sind, behandelten wir 48–72 Stunden alte Hühnerkeimlinge mit dem thalidomidhaltigen Contergan, das wir in verschiedenen Dosen direkt auf die Keimscheiben applizierten. Die genaue Dosierung war leider beträchtlich erschwert infolge der Unlöslichkeit des Thalidomids in Wasser. Die derart behandelten Keimlinge zeigten Zellnekrosen im Nervenrohr und in anderen Organanlagen, so auch in den Extremitätenknospen, deren zelliger Kern von zahlreichen abgestorbenen Zellen durchsetzt war, die gelegentlich im Zentrum einen kompakten Haufen bildeten (Abb. 7). Infolge der damit verbundenen beträchtlichen Reduktion der Zellzahl hätte sich sehr wahrscheinlich im Verlaufe der Weiterentwicklung eine mißgestaltete Extremität gebildet, deren Charakter vom Entwicklungsstand

der Knospen im Moment der Behandlung abhängig gewesen wäre. Die Keimlinge starben aber regelmäßig an den Folgen einer Kreislauf-
lähmung. Die Blutgefäße waren kurz vor dem Tode stark erweitert (Abb. 8) und prall gefüllt, so daß die Herztätigkeit schließlich aussetzte.

Mit diesen Versuchen konnte festgestellt werden, daß das Thalidomid, in hohen Dosen appliziert, eine schädigende Wirkung ausübt, und zwar nicht nur auf die Extremitätenanlagen, sondern auch auf andere Organe. Die Frage, ob das Thalidomid wirklich als auslösender Faktor bei der Entstehung der schweren Gliedmaßenmißbildungen in Frage kommt, bleibt aber unbeantwortet. Leider fand es zur Zeit, als das Thalidomid geprüft wurde, keine medizinische Instanz oder die Herstellerfirma selbst als notwendig, neue therapeutische Substanzen auf die möglichen teratogenen Auswirkungen hin zu prüfen. Tierexperimente unterblieben, da man glaubte, die experimentelle Embryologie, die in wissenschaftlichen Instituten betrieben wird, hätte keine Bedeutung für die Medizin. Man hat ganz übersehen, daß es biologische Grundgesetze von allgemeiner Bedeutung gibt! Mit dem Menschen dürfen wir nicht experimentieren. Das ist die unüberwindliche Schranke, vor welcher der medizinische Forscher immer wieder steht. Aus diesem Grunde bleibt das Tierexperiment ein unentbehrliches Hilfsmittel für die Erforschung der pränatalen Pathologie; niemals dürfen aber Ergebnisse des Tierversuchs ohne Einschränkung auf den Menschen übertragen werden.

Die Thalidomidtragödie läßt aber auch in anderer Hinsicht aufhorchen. Wird nicht eine Unzahl anderer Mittel verkauft und in großer Menge konsumiert, deren Wirksamkeit und eventuelle Schädlichkeit auf den sich entwickelnden Keimling nicht besser geprüft wurde als diejenige des Thalidomids? Professor Waser hat vor kurzem in der «NZZ» einen eindrücklichen Artikel über Ursachen und Folgen des Arzneimittelmißbrauches publiziert, in welchem er darauf hinweist, daß dieser in zunehmendem Maße ein soziales Problem erster Ordnung in der Schweiz geworden ist. «Wir werden heute in einer Zeit ökonomischen Wohlstandes und der vom Staate garantierten Fürsorge und Hygiene von schweren Epidemien und Seuchezügen verschont. Doch tauchen neue Gefahren auf, welche wohl zum Teil die indirekten Folgen gerade dieses Wohlstandes und der Hochkonjunktur sind.» Die persönlichen Folgen und besonders der familiär-gesellschaftliche Zusammenbruch sind genau so schwerwiegend wie beim Alkoholiker. Ärzten und Patientinnen muß viel größere Zurückhaltung bei Verschreibung und Verwendung von Medikamenten empfohlen werden, besonders auch im Hinblick auf eine gesunde Nachkommenschaft.

Was kann heute als für den Menschen wirklich bewiesen und was als Verdacht gelten? Anfangs haben wir von der Wirkung von Röntgenstrahlen auf den Mäusekeimling gesprochen; ihre teratogene Wirkung auf den menschlichen Keimling ist schon seit langem bekannt. Röntgenstrahlen wurden zu Beginn der Röntgenära und auch noch zu meiner

Studienzeit von unverantwortlichen Ärzten als Mittel verwendet, um eine unerwünschte Schwangerschaft zu beseitigen. Manchmal gelang das Vorhaben; in vielen Fällen dauerte aber die Schwangerschaft an, und es wurde ein schwer geschädigtes Kind geboren. Auf Grund der Literatur kann festgestellt werden, daß Mikrozephalie, verbunden mit Verstümmelungen der Extremitäten, typische Fehlbildungen röntgenbestrahlter menschlicher Embryonen sind. Es entstehen also beim Menschen gleiche Störungen wie nach Bestrahlung von Mäusekeimlingen am 10.–12.Tag der Embryonalentwicklung. Die empfindliche Phase dauert von der 2. bis 6.Woche; infolge der protrahierten Entwicklung der Großhirnhemisphären können diese noch nach der Geburt durch ionisierende Strahlen schwer geschädigt werden. Der *Differenzierungsgrad der Organe determiniert die Schwere der röntgenogenen Schädigungen*.

Bestrahlungsdosen von 200–400 r erzeugen bei der Maus in der äußerst empfindlichen Phase der Embryogenese schwere Mißbildungen, verursachen aber nur selten einen Abort. Bereits Dosen von 25 r haben in der kritischen Zeit, zum Beispiel am 9.Tage, einen deutlichen Effekt; sehr wahrscheinlich sind noch kleinere Dosen wirksam. Daraus ergibt sich für den Arzt die Verpflichtung, Bestrahlungen der Beckenregion, sei es auch nur zu diagnostischen Zwecken, außer in Notfällen nur in der Präovulationsphase vorzunehmen, also in den ersten 14 Tagen nach der zuletzt erfolgten Menstruation, bei Schwangeren sie ganz zu unterlassen. Bei Frühgraviden wird der Gebrauch *radioaktiver Isotope* als entsprechend gefährlich gelten müssen.

Röntgenstrahlen zerstören die *primitiven Neuroblasten* innerhalb des Nervenrohres und der Netzhaut des Auges innert weniger Stunden. Gleichartig ist ihre Wirkung auf die intensiv wachsenden Zellen der Extremitätenknospen. Die Zahl der zerstörten Zellen nimmt mit zunehmender Strahlendosis zu, das Störungsmuster bleibt aber unverändert. Diese selektiven histologischen Effekte können auch durch sogenannte *radiomimetische Substanzen*, wie Myleran, Aminopterin oder Triäthylenmelamin, nachgeahmt werden: Die primitiven Neuroblasten in der sogenannten Mantelzone des primitiven Neuralrohres, die sich nicht mehr teilen, gehen rasch zugrunde, während die intensiv sich teilenden Zellen der sogenannten Matrix jede weitere Teilungstätigkeit einstellen, schließlich aber auch zugrunde gehen. Es bleiben nur weit differenzierte Zellen am Leben. Daß durch diese Stoffe auch die intensiv wachsenden Extremitätenknospen schwer geschädigt werden können, versteht sich fast von selbst. Aus diesem Grunde muß vor einer Anwendung solcher Zellgifte, die für die Behandlung schwerer Blutkrankheiten benützt werden, in der Frühschwangerschaft sehr gewarnt werden. In den USA wurde Aminopterin vor Jahren als therapeutisches Abortivum empfohlen. In einer ganzen Reihe von Fällen kam es nicht zum Abort: multipel mißgebildete Kinder wurden geboren. Ich erwähne nur einen Fall, der 1959 mitgeteilt wurde: Nach 12 mg Aminopterin wurde ein

untermaßiges Kind geboren mit unterentwickelten Speichen, Klump-
händen, Ohrmißbildungen und anderen Fehlern.

Diese Gifte gehen also wie das Thalidomid von der Mutter auf die
junge Frucht über und schädigen sie in hohem Grade. Warnen muß man
auch vor einer unüberlegten Anwendung von *Androgenen*, gestagenen
Testosteronderivaten und *Östrogenen*. Im Tierversuch greift zum Bei-
spiel das Östradiol die sich lebhaft teilenden Zellen der Matrix im Nerven-
rohr an, während die primitiven Neuroblasten unberührt bleiben. Die
erste Wirkung ist eine deutliche Zunahme der Mitosen; diese können
aber nicht zu Ende geführt werden und gehen zugrunde. Gleichartig
ist die Wirkung auf die intensiv sich teilenden Zellen der Extremitäten-
knospen. Die überlebenden Keimlinge werden mikrozephal, haben ganz
kleine Augen und verstümmelte Gliedmaßen. Der Endeffekt ionisie-
render Strahlen, radiomimetischer Substanzen und weiblicher Sexual-
hormone ist also derselbe, obschon der Angriffspunkt verschieden ist.

Gleiche Zurückhaltung gilt für das *Cortison*, das im Tierversuch
Gaumenspalten verursacht, und für viele andere Medikamente mehr.

Viele im Tierexperiment als mißbildungsbewirkend erkannte Fak-
toren und Umstände spielen beim Zustandekommen von Mißbildungen
beim Menschen sicher nicht die gleiche Rolle wie beim Tier. Sie sollen
aber als Hinweis zur Vorsicht und Aufforderung zur Nachprüfung am
Menschen im Bereiche des Erlaubten und Möglichen genommen werden.
Der Arzt muß sich aber vor kritikloser Verallgemeinerung hüten.

Besonders unterstreichen müssen wir die notwendige, heute leider
erst sehr mangelhafte Zusammenarbeit zwischen Embryologen, Patho-
logen, Geburtshelfern und Pädiatern. Nur ein solches «Team» verspricht
Fortschritte in unseren Erkenntnissen, die in Zukunft Katastrophen,
wie wir sie in neuester Zeit mit dem Thalidomid erlebten, vermeiden
helfen. In einer Zeit zunehmender Spezialisierung kann der Einzelne
nicht mehr die ganze Forschung übersehen; nur in einer vertrauens-
vollen Zusammenarbeit können Schwierigkeiten überwunden und
schließlich Erfolge erwartet werden, die dem Kranken zugute kommen.

Abb. 1

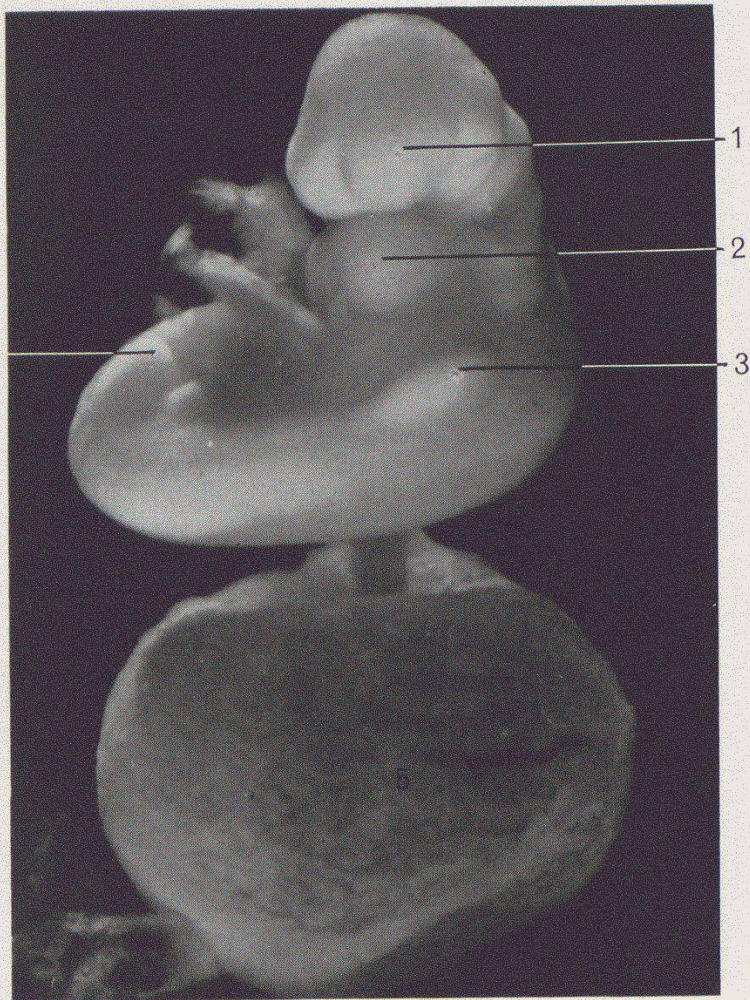


Abb. 2a



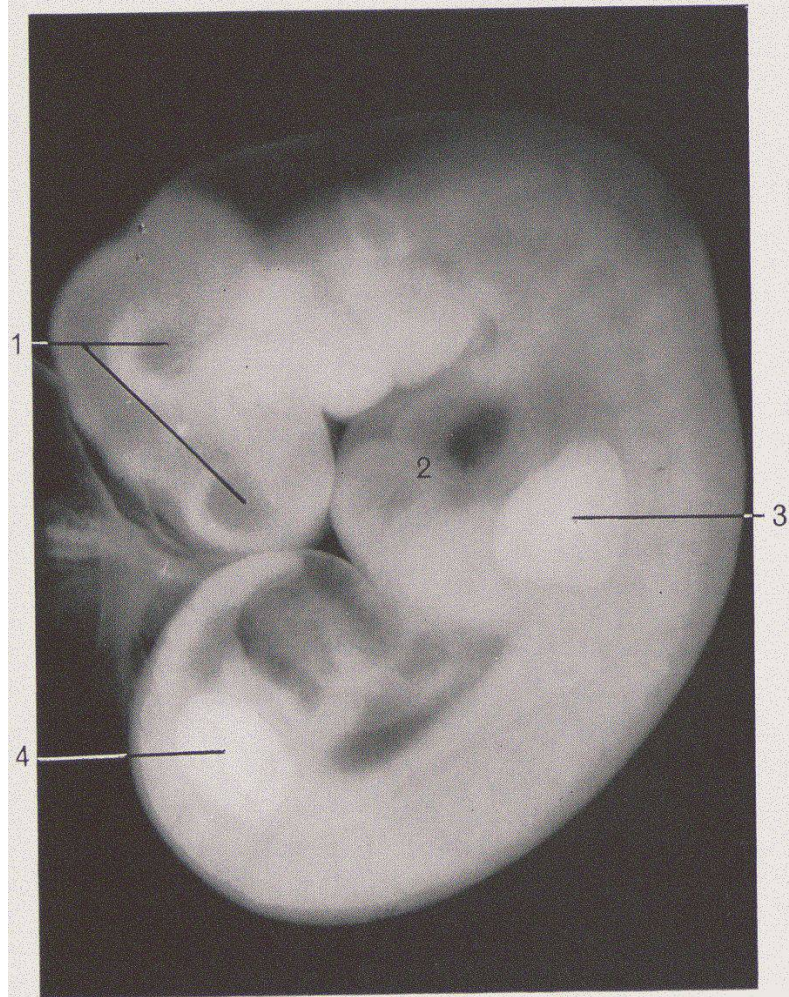


Abb. 3



Abb. 2b

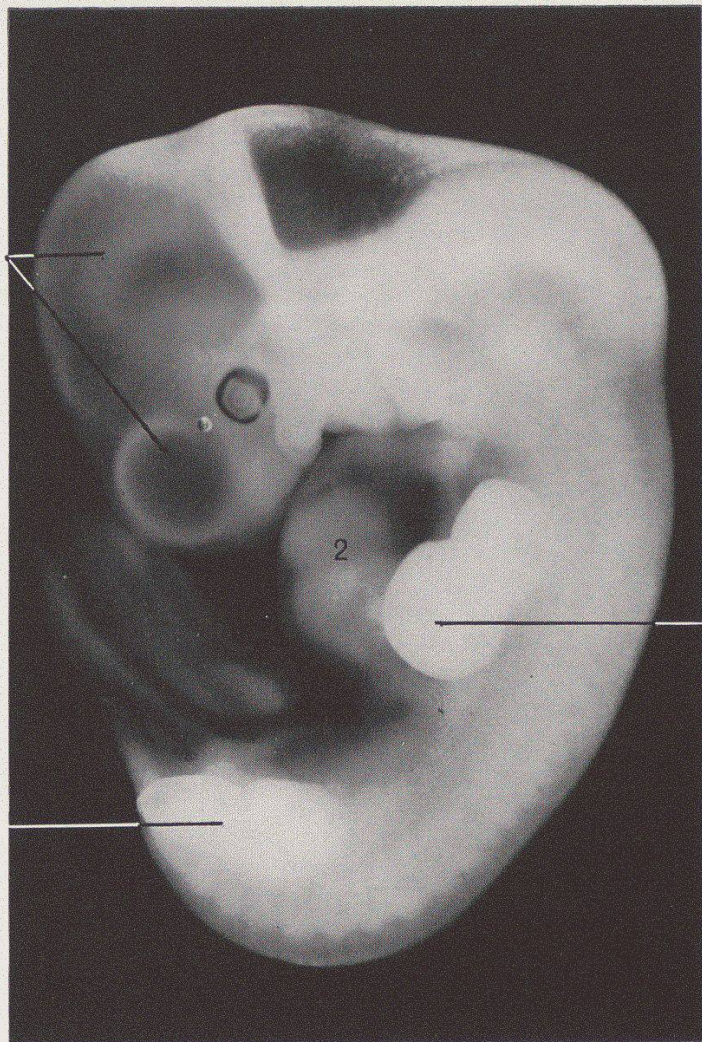


Abb. 4

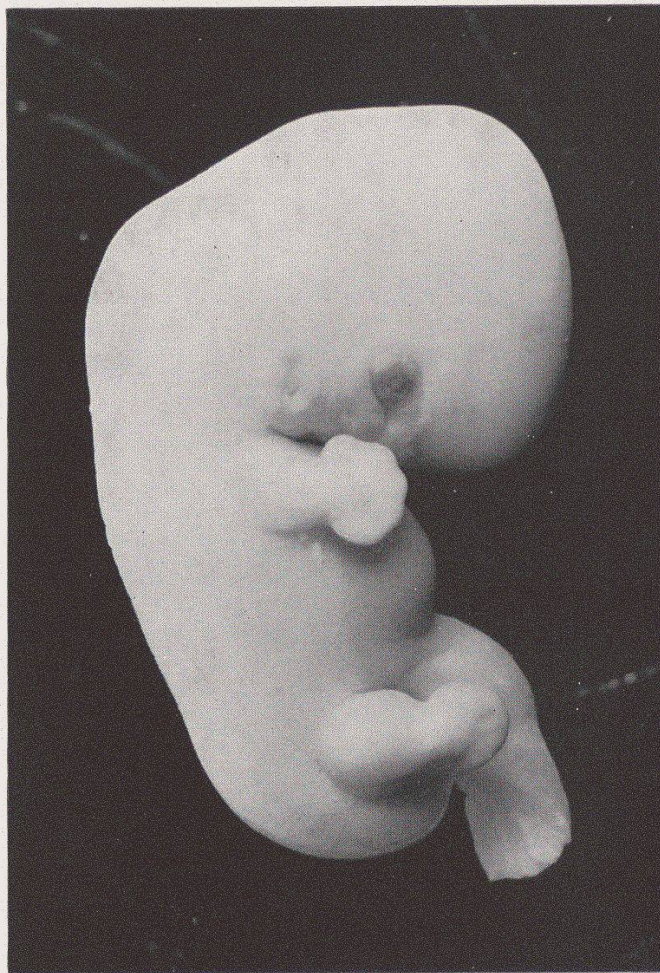


Abb. 5

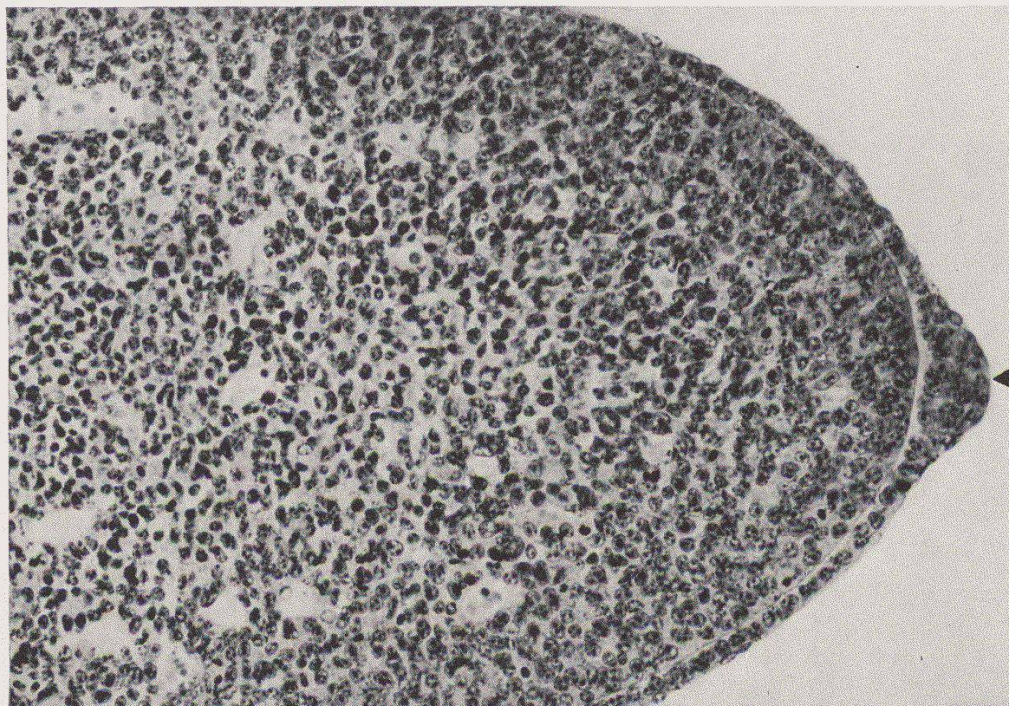


Abb. 6

Abb. 7



Abb. 8

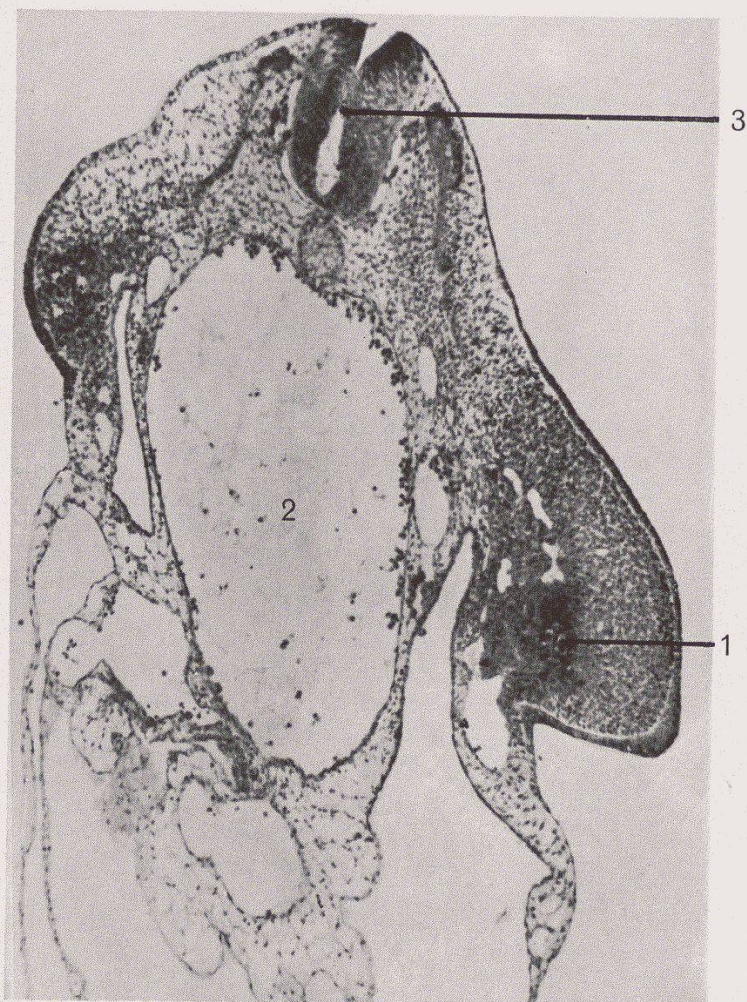


Abbildung 1

Menschlicher Embryo von etwa 3.5 mm. 1 Kopfanlage, 2 Herzwulst, 3 vordere, 4 hintere Extremitätenknospe

Abbildung 2a

Querschnitt durch die vordere Rumpffregion eines menschlichen Embryos von 4 mm. 1 Nervenrohr, 2 Extremitätenknospen, 3 primitive Leibeshöhle, 4 Aorta

Abbildung 2b

Extremitätenknospe bei stärkerer Vergrößerung. Beachte das zellreiche Blastem und den an der Spitze verdickten Epithelüberzug

Abbildung 3

Profilansicht eines menschlichen Embryos von 5,5 mm. 1 Kopfanlage mit darin eingeschlossenem Hirnrohr, 2 Herzanlage, 3 vordere, 4 hintere Extremitätenknospe. Weitere Erklärungen im Text

Abbildung 4

Profilansicht eines menschlichen Embryos von 9,5 mm. Bezeichnungen wie in Abbildung 3. Beachte die Ablieferung der Handplatte (5) und den Rückstand der Beinknospe

Abbildung 5

Profilansicht eines menschlichen Embryos von 17 mm. Die Gliederung der Arm- und Beinknospe in Oberarm- bzw. Oberschenkel-, Unterarm- bzw. Unterschenkel und Hand- bzw. Fußanlage ist sehr deutlich zu sehen

Abbildung 6

Querschnitt der Armknospe eines Embryos von 9 mm bei stärkerer Vergrößerung. Beachte die apikale Epithelleiste (Pfeil), das zellreiche, gut durchblutete Blastem und die zahlreichen Zellteilungsfiguren

Abbildung 7

Längsschnitt durch die Flügelknospe eines Hühnerembryos, der mit einer einmaligen Thalidomidosis behandelt worden war. Beachte die apikale Epithelleiste (Pfeil) und den Kern nekrotischer Zellen im Blastem (1)

Abbildung 8

Dasselbe bei schwächerer Vergrößerung. Beachte als Ausdruck einer Gefäßschädigung die mächtig erweiterte Aorta (2); Nekrosen im Nervenrohr (3). 1 Extremitätenknospe

Un demi-siècle d'activité scientifique dans le Parc national

Par le Prof. JEAN-G. BAER (Neuchâtel)

Historique

En 1906, la Société helvétique des sciences naturelles créait une *Commission* pour la protection de la nature composée de géologues, de botanistes, de zoologistes et d'archéologues, présidée par PAUL SARASIN de Bâle. En réunissant pour la première fois dans le monde, en vue de la protection de la nature, des hommes de science, notre Société fit ainsi œuvre de précurseur dont l'exemple fut suivi plus tard par d'autres pays alors que nous avions, nous-mêmes, aboli cette commission! Dès sa première séance, la Commission a estimé que, pour atteindre son but, la meilleure solution serait de créer une réserve totale et la région d'Il Fuorn fut proposée en vue d'établir le premier Parc national.

Dans le but de réunir les moyens financiers pour louer les territoires envisagés, FRITZ SARASIN proposa en 1909 la création d'une Ligue suisse pour la protection de la nature et, la même année encore, le Val Cluozza put être loué pour une durée de 25 ans à la commune de Zernez. L'année suivante, ce furent les Vals Tantermozza, Müschauns et Trupchum et la rive gauche du Val S-Charl qui firent l'objet de baux de même durée avec les communes de S-Chanf, Campovasto et Scuol. Mais, en dépit de l'enthousiasme suscité, les charges financières s'avérèrent trop lourdes et une requête fut adressée au Conseil fédéral visant à la prise en charge par la Confédération des frais de location. Le 3 avril 1914, les Chambres votèrent l'arrêté fédéral concernant la création d'un Parc national suisse dans la Basse-Engadine dans lequel l'ensemble des animaux et des plantes sera abandonné à son développement naturel et soustrait d'une manière absolue à toute influence humaine qui s'exercerait en dehors du but poursuivi par la création du Parc. Le Parc sera l'objet d'observations scientifiques. L'arrêté approuve en outre le contrat passé en 1913 avec la Société helvétique des sciences naturelles et la Ligue suisse pour la protection de la nature. Enfin, le 7 août 1916, l'assemblée générale de la Société helvétique des sciences naturelles réunie à Scuol acceptait d'établir, sous la présidence de Carl Schröter, une Commission chargée de l'exploration scientifique du Parc national.

Le cliché suivant montre les régions ajoutées successivement au territoire primitif de sorte que le Parc couvre aujourd'hui environ 17 000 ha.

Géographie

Le Parc national occupe une région élevée très montagneuse à vallées étroites et profondes, presque entièrement située au-dessus de 1700 m et dont le point le plus élevé, le Piz Quaternals, se trouve à 3164 m d'altitude. La limite de la forêt se situe considérablement plus haut qu'en d'autres endroits de Suisse puisqu'elle atteint, suivant les régions, des altitudes comprises entre 2300 m et 2400 m. Par conséquent, la zone alpine occupe quelque 10000 ha, soit plus de la moitié du territoire. Un inventaire récent de la forêt entrepris par A. Kurth et ses collaborateurs (1960) a montré que les arbres recouvrent plus de 5000 ha dont un peu moins de la moitié se compose de pins couchés tandis que l'essence dominante des autres régions est le pin de montagne. Cependant, l'analyse des résultats permet de prévoir, en raison des recrues, que le mélèze et l'arole augmenteront aux dépens du pin de montagne.

On oublie souvent qu'il n'y a guère plus d'un demi-siècle que la forêt du Parc national a été abandonnée à elle-même et soustraite à l'activité humaine. Le Pass dal Fuorn fut de tout temps la voie la plus courte reliant l'Engadine à la Valteline et les soldats l'ont empruntée jusqu'au milieu du XVII^e siècle. Dans la deuxième moitié du XV^e siècle, la commune de Zernez autorisait l'établissement d'un haut-fourneau et d'une fonderie près de La Drossa sur la rive droite de la rivière, le minerai de fer étant transporté depuis Bormio. Le haut-fourneau de Il Fuorn fut reconstruit en 1684 et l'on y traitait même le minerai de plomb argentifère de S-Charl (SCHLÄPFER, 1960). Ce furent encore les forêts des vallées du Spöl et du Fuorn qui fournirent jusqu'au XVIII^e siècle le bois pour les salines du Tyrol. Rien d'étonnant par conséquent que l'on reconnaisse en plusieurs régions les traces encore visibles de coupes rases repeuplées par la suite.

Bien qu'il n'existe aucune station météorologique à l'intérieur même du Parc, trois totalisateurs y ont été installés, dont deux à l'ouest à Cluozza (1885 m) et sur l'alpe Murter (2320 m) et un dans la région centrale à Margunet (2315 m). Par contre, les stations météorologiques situées en bordure du Parc à S-Charl (1810 m) et à Buffalora (1977 m) ainsi que les deux stations du réseau fédéral de Scuol (1253 m) et de Sta-Maria (1411 m) dans le Val Müstair permettent d'enregistrer les particularités météorologiques du climat. (Pour de plus amples détails, voir BRAUN, PALLMANN et BACH, 1954.)

La région du Parc a été qualifiée de Tibet de la Suisse par le botaniste CHRIST. Il y règne en effet un climat nettement continental et c'est une des régions les plus sèches des Alpes, ainsi qu'en témoigne la végétation.

La structure géologique du Parc et de ses abords immédiats est très compliquée et nous renvoyons aux travaux de SPITZ et DYRENFURTH (1914), de HEGWEIN (1934) et de BOESCH (1937) pour ne citer ici que la nature des roches superficielles dont la composition est importante pour

le biologiste. La plus grande partie du Parc consiste en terrains calcaires triasiques, souvent dolomitiques, qui le traversent du S.-W. au N.-E., flanqués au N.-W. par un important affleurement de roches siliceuses, formé de granits, de gneiss et de schistes cristallins. Au S.-E., on retrouve ces mêmes roches avec, en plus, aux environs de S-Charl et de Il Fuorn, des affleurements de grès bigarré triasique et de verrucano, ce dernier datant du permien.

Recherches

Dès 1917, CHAIX signalait dans le fond des Vals Sassa et dell'Acqua la présence de coulées de blocs analogues à ce qu'aux Etats-Unis on nomme rock-glaciers. Grâce à des levés topographiques, il a été possible de démontrer le mouvement de ces coulées, ce qui n'avait encore jamais été observé ailleurs. Reprenant ces recherches dans le Val Sassa avec les moyens techniques modernes, EUGSTER et ZELLER ont établi un réseau topographique qui permet les levés photogrammétriques par avion. Il est ainsi possible, en reportant les levés effectués tous les trois ans sur le plan au 1:1000, de mesurer des déplacements de moins de 50 cm. La coulée de blocs du Val Sassa est aujourd'hui la structure géologique de ce genre la mieux étudiée, et la technique ainsi mise au point dans le Parc peut être utilisée partout où il s'avère nécessaire de mesurer des déplacements de terrains.

Signalons encore la découverte récente sur une dalle de la rive droite du Val del Diavel d'empreintes d'un grand Reptile dont le pas mesure 2 m 30. Cette découverte faite par de jeunes géologues de l'EPF implique l'existence au secondaire d'une grande île ou d'un territoire exondé dont la présence n'était pas soupçonnée.

En créant un Parc national, les initiateurs cherchaient à réaliser le moyen d'étudier l'évolution de la nature vers un état d'équilibre que l'on pouvait supposer originel ainsi que les conditions biologiques responsables de la stabilité de ce climax. Cependant un tel but ne pouvait être envisagé sans avoir, au préalable, dressé l'inventaire de la flore et de la faune.

La construction à Il Fuorn en 1948 du laboratoire, où les chercheurs trouvent aussi la possibilité de se loger, a grandement facilité la recherche dans le Parc. Cependant une difficulté subsiste encore car elle a retardé l'exécution de nombreux programmes de recherches: la plupart de nos collaborateurs scientifiques étant attachés à des universités, à des musées ou à l'enseignement secondaire, ne peuvent exercer leur activité au Parc que durant les vacances d'été et, par conséquent, toujours à la même saison. Heureusement, depuis quelques années, des subsides du Fonds national ont permis à plusieurs chercheurs de séjourner dans le Parc en dehors des époques imposées par les exigences de l'enseignement, ou, mieux encore, d'y séjourner de façon permanente durant plusieurs années.

Grâce aux travaux des botanistes, on peut affirmer sans contredit que notre Réserve nationale est aujourd'hui une des régions d'Europe sinon du monde dont la végétation a été le mieux étudiée. Nous aurions garde d'oublier que c'est ici que le doyen de nos collaborateurs scientifiques, J. BRAUN-BLANQUET, a, dès 1918, établi les principes fondamentaux de la phytosociologie qui font le renom de l'école de Montpellier et qui forment la base de toute recherche écologique végétale ou animale. Mais, tandis que les associations animales sont susceptibles de varier constamment en raison de la mobilité de ses composants, l'association végétale, elle, se trouve immobilisée à l'endroit où elle a pris naissance et subit par conséquent, sans pouvoir en échapper, les effets du climat, de la composition du sol et ceux de la concurrence entre les plantes. Ces conditions sont donc particulièrement favorables pour étudier l'évolution de la végétation et pour identifier le rôle respectif de ces facteurs.

Une étude particulière de la flore des sommets (BRAUN-BLANQUET, 1958), c'est-à-dire de la zone comprise dans le Parc entre 2850 m et 3200 m montre que 78 espèces de plantes vasculaires se rencontrent encore au-dessus de 3000 m et quelque 172 espèces peuvent être observées en dessus de 2800 m. A cette altitude, la nature calcaire ou siliceuse du sol joue un rôle déterminant dans la répartition des plantes puisque l'acidification des sols calcaires si caractéristique des étages alpins et subalpins ne se produit pas ici. Dans la zone subalpine, la transformation des sols basiques en sols acides est due à l'action de la végétation, en particulier des mousses, et à l'accumulation d'aiguilles de pin qui forment une couche d'humus qui élimine les carbonates. Il s'ensuit que dans la zone subalpine l'association climaxe est identique sur roches calcaires ou sur roches siliceuses, à savoir le *Rhodoreto-Vaccinietum cembretosum*, association où prédominent le rhododendron et l'arole (BRAUN-BLANQUET, PALLMANN et BACH, 1954). Il existe une relation directe entre l'évolution de la couverture végétale et celle du sol que l'on observe dans la vallée d'Il Fuorn où les glaciers ont abandonné des terrasses successives. On constate qu'il a fallu quelque 2000 ans pour passer des alluvions et de la roche nue riche en carbonates au sol acide supportant l'association à prédominance rhododendron et arole.

PALLMANN et ses collaborateurs ont établi les profils pédologiques des principales régions du Parc, leurs résultats permettant d'étudier l'évolution des sols en vue d'établir les facteurs responsables des microclimats. Ces résultats sont également indispensables pour les zoologistes étudiant la microfaune composée entre autres d'acariens, de collemboles et de nématodes (SCHWEIZER, 1957, GISIN, 1958, ALTHERR, 1952, 1953, 1955), associations animales qui participent à la transformation du sol et qui sont ainsi susceptibles de jouer un rôle d'indicateurs de son évolution. Certains phénomènes naturels peuvent aussi fournir un champ d'études nouveau. Ainsi, durant l'hiver 1950/1951, une avalanche descendue du Piz dal Fuorn arracha une large bande de l'association bruyère-pin de montagne du God al Simi. Il s'y déclara par la suite un incendie qui pendant

plusieurs jours menaça les forêts d'alentour. Quoique l'incendie pût être maîtrisé, la zone détruite fut abandonnée à elle-même, sa reconstitution naturelle faisant l'objet d'une étude dirigée par feu W. VISCHER avec la collaboration d'un groupe de naturalistes. Sans entrer dans des détails techniques qui seront publiés plus tard, on constata, déjà la première année, que l'incendie avait passé trop rapidement pour affecter les bactéries, les algues et les champignons du sol mais que, par contre, la couche d'humus rendue friable a été éliminée par l'érosion laissant le sol carbonaté à découvert. L'érosion fut en outre accentuée par le passage fréquent des cerfs dont les sabots achevaient de dissocier les couches superficielles demeurées encore compactes. Des observations régulières durant les quatre premières années, encore poursuivies mais à des intervalles plus grands, ont montré l'invasion de la région détruite par des plantes nettement calcicoles où domine de façon particulièrement frappante la campanule fluette (*Campanula cochlearifolium*) qui paraît jouer un grand rôle dans la stabilisation du sol. Après huit ans, on ne peut pas encore parler d'une reforestation naturelle car, durant cette période, on n'a trouvé que 37 graines normales de pin de montagne dans les cadres spéciaux utilisés par les forestiers à cette fin. Il apparaît aussi que les mésanges en vidant les cônes encore sur les arbres soient en partie responsables du faible nombre de graines normales (TREPP *in litt.*).

Des recherches semblables ont été entreprises dans un couloir d'avalanche formé en 1917 sur le flanc W. du Munt la Schera. Un transect établi en 1939 permet d'observer le comportement des associations végétales après rupture de leur état d'équilibre (LÜDI, 1959).

La faune fongique des zones alpines et subalpines occupent une place à part. En 66 campagnes échelonnées sur 17 ans, JULES FAVRE (1955, 1960) a récolté et décrit 1200 espèces de champignons supérieurs, dont 69 nouvelles pour la Science. Les deux importantes publications avec planches en couleurs ont valu à leur auteur un des Grands Prix de l'Académie des Sciences de Paris ainsi que celui de la Ville de Genève. Dans le Parc, les champignons s'élèvent jusqu'à 2850 m d'altitude mais sont empêchés de monter plus haut en raison des conditions biologiques défavorables. Chose remarquable, dans la zone alpine, le 46 % des espèces possède un caractère sylvatique, ces champignons vivant dans la micro-sylve formée par les saules nains et les dryades; ils profitent ainsi des mycorhizes de cette forêt pygmée de haute altitude, toutefois cette association fongique conserve son caractère propre d'origine arctique.

En ce qui concerne les champignons parasites (BLUMER, 1946) dont le biotope est représenté par la plante hôte, toute cause influençant celle-ci aura des répercussions sur le parasite. Le nombre des champignons parasites rencontrés dans le Parc est plus faible qu'alentour à cause de la disparition ou l'absence de plantes accompagnant l'activité humaine ainsi qu'en raison de l'appauvrissement relatif en espèces-hôtes de la zone subalpine. Les conditions climatiques de la région centrale du Parc sont, en outre, défavorables au développement des parasites en empêchant que

se produise une synchronisation physiologique entre l'hôte et le champignon. Par exemple, l'armillaire mielleux si redoutable dans les forêts de conifères est tenu en échec et ne parvient pas à causer des ravages en raison de la sécheresse du climat. On observe aussi qu'il existe un équilibre naturel entre la rouille de l'arole et son hôte et que celui-ci, par conséquent, ne présente pas de lésions importantes.

Poursuivant ses recherches de façon ininterrompue, FREY (1952, 1959) a étudié la succession des espèces dans les associations de lichens au moyen de la photographie. Quelques-unes des surfaces, véritables quadrilatères permanents, furent ainsi photographiées 34 années de suite mais la moyenne générale s'établit à 17 ans.

D'une façon générale, la dolomie est trop perméable pour favoriser le développement des mousses et des hépatiques (MEYLAN, 1940). Par contre le sol siliceux, plus humide, favorise la formation de tapis de mousses. Ceci s'observe aussi à la surface d'un bloc erratique granitique en terrain calcaire. Il est également intéressant de constater que plusieurs espèces de mousses et d'hépatiques, qui ne fructifient pas ou très rarement dans les autres parties de la Suisse, se couvrent de fructifications dans la région du Parc. Ce problème mériterait d'être repris avec d'autres moyens d'investigation.

Des quadrilatères permanents pour l'étude des modifications que subissent les prairies en l'absence de bétail ont été délimités dès 1917 et, déjà 15 années plus tard, laissaient voir des transformations. Les unes montraient une recrue de l'arole ou du pin de montagne, les autres une extension des ombellifères et des composées. Ces recherches poursuivies sans interruption encore aujourd'hui devront être confrontées avec les résultats obtenus récemment grâce à l'analyse des crottes de mammifères. On peut en effet démontrer ainsi tant qualitativement que quantitativement les espèces végétales composant la nourriture (HEGG, 1961). Par exemple, le Cerf et les Chamois, en été, mangent surtout des graminées mais, en hiver, les premiers se contentent de conifères tandis que les seconds broutent des bruyères. Par contre, le Chevreuil mange surtout des conifères et des bruyères tout au long de l'année.

Le Parc national est probablement une des seules régions de Suisse où l'on peut observer dans un territoire restreint toutes les espèces de Ruminants sauvages qui existent encore aujourd'hui dans notre pays. Pour la plupart des visiteurs, cette grande faune représente une des attractions principales.

Vraisemblablement, les troupeaux de Chamois avaient atteint leur équilibre écologique déjà à l'époque de la création du Parc et il s'ensuit que le nombre des individus se maintient dans des limites assez étroites. Le Bouquetin, par contre, fut exterminé dans toute la Suisse déjà vers la fin du XVII^e siècle et les premières tentatives en vue de sa réintroduction dans le Parc remontent à l'année 1920. Aujourd'hui le fier animal héraldique des Grisons en peuple de nouveau les crêtes et les sommets au point même que leur nombre s'est tellement accru que leur capture et leur

installation ailleurs en Suisse est devenu une nécessité. Au Parc national quelque 260 individus assurent désormais l'avenir de l'espèce, localisés surtout dans la région ouest, dans les Vals Trupchum, Müschauns, Tantermozza et Cluozza.

C'est en 1850 que fut abattu à Zernez le dernier Cerf et durant trois quarts de siècle plus aucun Cerf ne fut signalé en Engadine. Toutefois l'espèce s'est réétablie spontanément à partir d'individus venus d'au-delà de la frontière. En 1919, on en signalait 16 dans l'ensemble du territoire du Parc tandis que l'année dernière (1961) on en dénombrait 1200. Toutefois, cet accroissement ne s'est pas seulement produit dans le Parc et alentour mais simultanément dans l'ensemble du canton. Le Cerf au Parc national abandonne la forêt en été pour se cantonner dans la zone alpine où l'on peut observer de nombreuses hardes. Cependant, il ne s'y trouve pas en équilibre écologique quoiqu'il ne semble pas concurrencer le Chamois ou le Chevreuil. En effet, dès les premières neiges d'automne, il abandonne les hauteurs pour se réfugier d'abord dans la forêt, puis ensuite dans les zones de basse altitude alentour de Zernez ou dans le Val Müstair et, par conséquent, il n'y a plus de Cerfs dans le Parc en hiver. Le très fort accroissement des Cerfs est en partie dû à l'absence de prédateurs naturels et à la protection totale dont a joui cette espèce pendant plusieurs décennies. Vers le milieu du siècle passé, l'Ours, le Loup et le Lynx se rencontraient encore en Engadine, notamment dans les régions du Parc et leur rôle dans le maintien de l'équilibre biologique devait être considérable. Lorsque les neiges d'automne trop précoces empêchent les Cerfs d'accumuler leurs réserves physiologiques, il s'ensuit en général une mortalité élevée durant l'hiver et, comme d'autre part la chasse prélève chaque saison un grand nombre d'individus alentour du Parc, il existe ainsi un mécanisme artificiel utile pour réduire l'accroissement excessif des hardes. Toutefois, si la surface du Parc peut supporter le nombre total des Cerfs sans que les dégâts dus au brouillage et à l'écorçage des jeunes arbres ne soient trop considérables, ce n'est plus le cas en hiver, car les animaux sont concentrés aux extrémités inférieures des vallées du Spöl et de Müstair où ils causent des dommages non négligeables aux forêts.

L'accroissement des hardes de Cerfs dans le Parc national est un des problèmes qui apparaît dans toutes les grandes réserves similaires chaque fois qu'une espèce s'épanouit en l'absence de ses prédateurs. Il est heureux que l'époque de la chasse coïncide avec la migration automnale des Cerfs hors du Parc et que les chasseurs exercent ainsi un frein à une multiplication par trop excessive à condition, toutefois, que parmi les individus tirés se trouvent également des femelles et des jeunes. Et si, par aventure, quelques-uns des Ours qui se rencontrent encore en Haute-Adige venaient à se réfugier dans le Parc, ils y exerceraient une action utile à condition que les automobilistes ne les nourrissent pas. Les recherches qui se poursuivent sans interruption sur les Cerfs permettront enfin de posséder des bases scientifiques solides pour établir les principes d'un aménagement

de la grande faune en d'autres régions de Suisse ainsi qu'une législation relative à la chasse et aux dégâts causés par le gibier.

En raison de la monotonie de la végétation, le nombre des espèces de Passereaux n'est pas considérable mais, par contre, les individus de chaque espèce sont abondants. L'Accenteur mouchet et la Fauvette babillarde nichent dans la zone subalpine parmi les pins couchés. Le Pouillot veloce est rare et les autres espèces de Pouillots et de Fauvettes manquent complètement. Les Mésanges, Sittelles, Pics épeiches et Casse-noix favorisent l'extension de la forêt en enfouissant les graines de conifères dans la terre ou entre les écorces. Le Pic tridactyle, rare en Suisse, niche dans le Parc. L'influence de la production de graines de la forêt sur les Oiseaux nicheurs-sédentaires, surtout les Mésanges, est marquée. A Stabelchod, sur une surface de 12 ha, on rencontre 13 à 15 espèces groupées en 30 à 35 couples tandis qu'à Grimmels où les aroles et les mélèzes sont abondants, on a observé sur 12 ha environ 57 couples. Nous ne voulons pas énumérer ici des listes d'Oiseaux, mais rappelons cependant qu'il y a trois aires d'Aigle dans le Parc dont une seule est occupée à la fois mais qui renferme souvent deux jeunes. L'aire du Grand Duc n'a pas encore été repérée.

Il est difficile de donner une vue d'ensemble des Invertébrés du Parc car plusieurs groupes sont encore insuffisamment connus ou n'ont pas été étudiés faute de spécialistes. Lorsque l'inventaire de cette faune sera terminé il deviendra possible d'aborder le problème si complexe des associations animales en rapport avec les sols, la végétation et le climat; de telles études écologiques permettront de saisir le mode d'évolution des espèces à l'intérieur des différents groupes ainsi que l'adaptation de ces derniers à des biotopes particuliers. L'origine de cette faune est particulièrement intéressante surtout en ce qui concerne les espèces spécialisées écologiquement et à déplacements lents, telles les Mollusques, les Diplopodes et les Vers de terre.

Si la sécheresse de la région centrale du Parc est défavorable pour l'expansion des Hélicidés, elle constitue également un obstacle à une éventuelle migration d'espèces méridionales par la vallée de l'Adige, qui ont été incapables, en outre, de franchir le Pass dal Fuorn (2149 m). Comme le nombre des genres et des espèces décroît très rapidement en remontant la vallée de l'Inn de Scuol (66 spp.) à S-Chanf (25 spp.), on doit en conclure que cette voie de migration n'est pas favorable aux espèces récentes et que la faune malacologique du Parc est essentiellement d'origine postglaciaire (BÜTIKOFER, 1919). Contrairement aux Mollusques, les Diplopodes ont pu envahir le Parc à partir du Tyrol et du Vorarlberg en passant par la Reschenscheidegg. On observe en outre une forte augmentation du nombre des individus jusqu'à la limite supérieure de la forêt. Le nombre diminue considérablement au-dessus de cette altitude pour s'accroître de nouveau entre 2300 et 2600 m mais dans une zone qui correspond à une couche de brouillard. On peut donc supposer que l'apport d'humidité dans cette zone alpine est en partie responsable

de la distribution verticale de ce groupe de Mille-pattes (BIGLER, 1929). Les Insectes sont souvent liés à certaines plantes dont se nourrissent les larves ou les adultes. Par exemple, l'éloignement du bétail du territoire du Parc a provoqué une forte régression et, par endroit même, la disparition de l'ortie. Comme les chenilles de la Petite tortue et du Paon-du-jour vivent sur cette plante, les Papillons qui peuvent se rencontrer de temps à autre dans le Parc sont des immigrants et non des autochtones. Les Papillons qui vivaient sur les plantes au bord de la route avant l'avènement de l'automobile sont aujourd'hui en forte régression par suite de la destruction de leur habitat par la circulation routière (PICTET, 1941). Pour les Lépidoptères, le couloir Zernez-Pass dal Fuorn-Müstair constitue la voie principale de contact entre la faune de l'Engadine et celle du Tyrol méridional. On constate par exemple, lorsque deux races génétiques différentes se trouvent de part et d'autre du col, que les individus sont concentrés dans la zone de contact en une densité supérieure à celle des stations d'origine et qu'ils y forment des populations hybrides stables.

Par contre, pour la plupart des Hyménoptères porte-aiguillon, ce couloir topographique ne joue pas le même rôle, car ils paraissent influencés bien plus par l'altitude que par la végétation. Sur les 380 espèces signalées par DE BEAUMONT (1958), le 55 % est limité à l'Engadine et au Val Müstair, ne dépassant pas l'altitude de 1700 m, par conséquent deux populations ne sauraient avoir de contact entre elles puisque le col est situé à 2149 m. Seul le 13 % des Hyménoptères porte-aiguillon est composé de formes alpines atteignant une altitude de 2200 m. Parmi les Insectes, il semblerait que ce soient les Hyménoptères porte-aiguillon qui jouent un rôle prépondérant dans la pollinisation des fleurs. On rencontre, en outre, dans le Parc, environ un tiers des espèces de Fourmis connues en Suisse et dont neuf seulement peuvent être qualifiées d'alpines. Aucune des espèces se trouvant dans le Parc ne présentent d'attaches avec des formes méridionales ou même insubriennes. Les pâturages abandonnés hébergent de nombreux nids d'une espèce de Fourmi caractéristique de cet habitat, mais le reboisement naturel qui s'est produit depuis cinquante ans a pour conséquence que cette espèce vit maintenant en forêt. L'étude du développement ultérieur de ces nids est actuellement en cours.

Parmi les organismes responsables de la transformation biologique du bois mort et autres détritux végétaux et animaux, il faut considérer en premier lieu les Insectes xylophages et les Acariens. Les premiers ont fait l'objet d'études générales préliminaires destinées à démontrer que l'accumulation d'arbres morts dans le Parc ne saurait constituer un danger pour les forêts communales environnantes puisque les Insectes xylophages ne s'attaquent pas au bois vivant (BARBEY, 1932). De nouvelles recherches orientées surtout vers la biologie et l'écologie de ces Insectes permettront d'établir les conditions dans lesquelles ils sont adaptés au climat subalpin et alpin. En comparant simultanément l'évo-

lution dans des troncs parasités laissés sur place et d'autres transportés au laboratoire du professeur BOVEY à Zurich, il sera possible d'établir entre autres le rôle du climat et obtenir ainsi des renseignements nouveaux sur la vitesse de destruction par les Insectes du bois mort des forêts de montagnes.

Les Acariens du sol participent activement à la transformation des couches supérieures du sol, celle que les pédologues nomment l'Horizon. A. SCHWEIZER (1949-1957) a dénombré 509 espèces dont il a fait en outre une étude détaillée y compris leur écologie. Il n'existe probablement nulle part ailleurs dans le monde une autre région de l'importance du Parc dont la faune acarologique soit si bien connue.

Conclusions

Les recherches botaniques déjà effectuées et qui seront complétées sous peu par une flore analytique rédigée par H. Zoller constituent un ensemble unique et une base solide pour toutes les recherches ultérieures, non seulement sur l'évolution de la végétation, mais aussi pour l'écologie animale. Ce dernier champ d'étude est vaste et il ne pourra pas être abordé avec profit sans mettre sur pied des équipes de chercheurs pouvant séjourner sur place durant plusieurs mois de l'année, à l'instar des travaux qu'effectuent nos collègues polonais dans la forêt de Bialowieża, également Parc national.

Les conditions de travail dans le Parc sont aujourd'hui bien meilleures qu'elles ne l'étaient autrefois lorsque les ressources financières étaient précaires et insuffisantes, mais nous voudrions cependant former le vœu que l'enthousiasme qui a poussé nos devanciers à accepter de travailler dans des conditions souvent difficiles, anime également les chercheurs de la génération de demain.

Un Parc national, quel qu'il soit, représente du point de vue national comme international non seulement un territoire protégé où la nature est abandonnée à elle-même, mais encore une conception philosophique à portée universelle, qui est celle de conserver intact à travers le monde des types d'habitats aussi variés que possible avec leurs flore et faune. Qu'on le veuille ou non, tous les pays, chacun selon son rythme, tendent vers une mécanisation et une industrialisation accrues au profit de l'agriculture et de l'agglomération humaine, ce qui implique la destruction irrévocable des habitats naturels, entraînant avec elle celle de la flore et de la faune. Elle contribuera ainsi à un appauvrissement de l'héritage scientifique, esthétique et culturel de l'humanité toute entière et chaque pays en porte aujourd'hui la responsabilité.

Grâce aux recherches effectuées dans les Parcs nationaux, on en arrive à formuler ce qui paraît être un paradoxe, que pour protéger la nature et assurer l'existence normale de la flore et de la faune, il est nécessaire de l'exploiter de façon rationnelle. Par conséquent, dans cette nouvelle conception de la conservation de la nature, les Parcs nationaux

sont appelés à jouer un rôle essentiel, celui du type de référence permettant de juger du succès ou de l'échec de l'opération. Sous ce rapport, le Parc national suisse, un des plus anciens dans le monde, est certainement situé parmi les premiers, grâce aux recherches qui y sont entreprises. Mais, plutôt que de nous reposer sur nos rhododendrons, disons-nous bien qu'il a fallu cinquante ans pour éclaircir un certain nombre de problèmes mais qu'il reste encore une tâche immense et passionnante qui attend les chercheurs de demain.

Bibliographie

1. BÜTIKOFER E.: 1920. Die Molluskenfauna des schweizerischen Nationalparks. Mit 1 Karte, 2 Tafeln und 2 Textbildern. Denkschrift der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft, Bd. LV, Abh. 1.
2. HOFMÄNNER B.: 1924. Die Hemipterenfauna des schweizerischen Nationalparks (Heteropteren und Cicaden). Mit 2 Tabellen, 2 Tafeln und 1 Textfigur. Ibid., Bd. LX, Abh. 1.
3. HANDSCHIN ED.: 1924. Die Collembolenfauna des schweizerischen Nationalparks. Mit 6 Tabellen und 7 Tafeln. Ibid., Bd. LX, Abh. 2.
4. BRAUN-BLANQUET J., unter Mitwirkung von JENNI H.: 1926. Vegetationsentwicklung und Bodenbildung in der alpinen Stufe der Zentralalpen. Mit besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse im schweizerischen Nationalpark. Mit 42 Figuren und 36 Tabellen. Ibid., Bd. LXIII, Abh. 2.
5. BIGLER W.: 1928. Die Diplopodenfauna des schweizerischen Nationalparks. Mit 3 Tabellen und 48 Textfiguren.
6. BARBEY AUG.: 1932. Les Insectes forestiers du Parc national suisse. Avec 24 planches et une carte.
7. MEYLAN CHARLES: 1940. Les Muscinées du Parc national suisse et des territoires qui l'entourent. 77 pages. Avec 2 cartes. Résultats des recherches scientifiques entreprises au Parc national suisse.
8. PICTET ARNOLD: 1942. Les Macrolépidoptères du Parc national suisse et des régions limitrophes. 176 pages. Avec 8 cartes, 6 figures et 8 photos. Ibid.
9. NADIG ADOLF: 1942. Hydrobiologische Untersuchungen in Quellen des schweizerischen Nationalparks im Engadin, unter besonderer Berücksichtigung der Insektenfauna. Mit 33 Figuren und 35 Tabellen. Ibid.
10. PALLMANN H., FREI E.: 1943. Beitrag zur Kenntnis der Lokalklimate einiger kennzeichnender Waldgesellschaften des schweizerischen Nationalparks (Fuorn). 26 Seiten und 12 Figuren. Ibid.
11. FAVRE JULES: 1945. Etudes mycologiques faites au Parc national suisse. 8 pages. Avec 2 planches en couleurs et 2 figures dans le texte. Ibid.
12. VISCHER WILHELM: 1945. Heterokonten aus alpinen Böden, speziell dem schweizerischen Nationalpark. 31 Seiten. Mit 5 Tafeln und 24 Textfiguren. Ibid.
13. HEINIS FRITZ: 1945. Mikrobiocenose der Sphagnumpolster auf God del Fuorn im Nationalpark. 21 Seiten. Ibid.
14. BLUMER S.: 1946. Parasitische Pilze aus dem schweizerischen Nationalpark. 102 Seiten und 1 Karte. Ibid.
15. FERRIÈRE CHARLES: 1947. Hyménoptères térébrants du Parc national suisse et des régions limitrophes. 56 pages et 1 carte. Ibid.
16. CARL J., DE BEAUMONT J.: 1947. Liste préliminaire des Hyménoptères aculéates du Parc national suisse et des régions limitrophes. 14 pages. Ibid.
17. GISIN HERMANN: 1947. Sur les Insectes aptérygotes du Parc national suisse. Espèces et groupements euédaphiques. 91 pages, 1 carte, 3 figures dans le texte. Ibid.
18. KEISER FRED: 1947. Die Fliegen des schweizerischen Nationalparks und seiner Umgebung. Pars I: Brachycera Orthorhapha. 179 Seiten. Ibid.

19. MÜLLER P.: 1948. Untersuchungen über endozoochore Samenverbreitung durch Weidetiere. 13 Seiten. Ibid.
20. SCHWEIZER J.: 1948. Landmilben aus der Umgebung des schweizerischen Nationalparks. 42 Seiten, 6 Abb. im Text. Ibid.
21. SCHWEIZER J.: 1949. Die Landmilben des schweizerischen Nationalparks. I. Teil: Parasitiformes. 99 Seiten, 54 Abb. und 1 Karte. Ibid.
22. ALTHERR EDM.: 1950. Les Nématodes du Parc national suisse (Nématodes libres du sol). 46 pages, 16 fig. et 1 table. Ibid.
23. SCHWEIZER J.: 1951. Die Landmilben des schweizerischen Nationalparks. II. Teil: Trombidiformes. 124 Seiten, 71 Abb. Ibid.
24. DOMARADZKI JOSEF: 1951. Blockströme im Kanton Graubünden. 64 Seiten, 34 Abb. Ibid.
25. HOFMÄNNER B.: 1952. Die Geradflügler des schweizerischen Nationalparks und der angrenzenden Gebiete. 76 Seiten, 10 Karten. Ibid.
26. ALTHERR EDM.: 1952. Les Nématodes du Parc national suisse (Nématodes libres du sol). 41 pages, 28 fig. Ibid.
27. FREY ED.: 1953. Die Flechtenflora und -vegetation des Nationalparks im Unterengadin. I. Teil: Die diskokarpen Blatt- und Strauchflechten. 156 Seiten, 4 Karten, 4 Figuren, 8 Abb. Ibid.
28. BRAUN-BLANQUET JOSIAS, PALLMANN HANS, BACH ROMAN: 1954. Pflanzensoziologische und bodenkundliche Untersuchungen im Nationalpark und seinen Nachbargebieten – Vegetation und Böden der Wald- und Zwergstrauchgesellschaften (Vaccinio-Piceetalia). 200 Seiten, 42 Abb., 21 Tabellen. Ibid.
29. FURRER G.: 1954. Solifluktförmungen im schweizerischen Nationalpark. 71 Seiten, 52 Abb., 9 Textfiguren. Ibid.
30. LÜDI WERNER: 1954. Die Neubildung des Waldes im Lavinar der Alp la Schera im schweizerischen Nationalpark (Unterengadin). 20 Seiten, 4 Abb. Ibid.
31. NOLD HANS, SCHMASSMANN HANSJÖRG: 1954. Chemische Untersuchungen in der Ova da Val Ftur im schweizerischen Nationalpark. 20 Seiten, 6 Abb. Ibid.
32. ALTHERR EDM.: 1955. Les Nématodes du Parc national suisse (Nématodes libres du sol). 10 pages. Ibid.
33. FAVRE JULES: 1955. Les Champignons supérieurs de la zone alpine du Parc national suisse. 212 pages, 145 figures dans le texte et 11 planches dont 8 en couleurs. Ibid.
34. SCHWEIZER J.: 1956. Die Landmilben des schweizerischen Nationalparks. III. Teil: Sarcotiformes. 165 Seiten, 215 Abb. Ibid.
35. THOMANN H.: 1956. Die Psychiden und Mikrolepidopteren des schweizerischen Nationalparks und der angrenzenden Gebiete. 68 Seiten. Ibid.
36. TJEDER BO.: 1957. A new European Hemerobius (Neuroptera). 8 Seiten. Ibid.
37. SCHWEIZER J.: 1957. Die Landmilben des schweizerischen Nationalparks. IV. Teil: Ihr Lebensraum, ihre Vergesellschaftung unter sich und ihre Lebensweise. 99 Seiten, 9 Figuren, 12 Tabellen als Beilage. Ibid.
38. GISIN H.: 1957. Collembolen einiger Waldböden des Fuorngebietes (schweizerischer Nationalpark). 6 Seiten, 3 Tabellen. Ibid.
39. BRAUN-BLANQUET J.: 1958. Über die obersten Grenzen pflanzlichen Lebens im Gipfelbereich des schweizerischen Nationalparks. 20 Seiten, 7 Abb. Ibid.
40. DE BEAUMONT J.: 1958. Les Hyménoptères aculéates du Parc national suisse et des régions limitrophes. 86 pages, 1 illustration et 1 carte. Ibid.
41. FREY ED.: 1959. Die Flechtenflora und -vegetation des Nationalparks im Unterengadin. II. Teil: Die Entwicklung der Flechtenvegetation auf photogrammetrisch kontrollierten Dauerflächen. 84 Seiten, 20 Figuren, 80 Abb. Ibid.
42. FAVRE JULES: 1960. Catalogue descriptif des champignons supérieurs de la zone subalpine du Parc national suisse. 290 pages, 104 figures dans le texte et 8 planches en couleurs. Ibid.
43. SCHLAEPFER DANIEL: 1960. Der Bergbau am Ofenpaß. 160 Seiten, 20 Figuren und 54 Abb. Ibid.

44. BENSON ROBERT B.: 1961. The Sawflies (Hymenoptera symphyta) of the Swiss National Parc and Surrounding area. 36 pages, 4 figures. Ibid.
45. SCHLOETH ROBERT: 1961. Markierung und erste Beobachtungen von markiertem Rotwild im schweizerischen Nationalpark und dessen Umgebung. 32 Seiten, 18 Abb., 3 Tabellen. Ibid.
46. HEGG OTTO: 1961. Analysen von Großwildkot aus dem schweizerischen Nationalpark zur Ermittlung der Nahrungszusammensetzung. Mit 1 Textabb. und 2 Tabellen. Revue suisse de Zoologie, tome 68, p. 156–165.
47. KURTH A., WEIDMANN A., THOMMEN F.: 1960. Beitrag zur Kenntnis der Waldverhältnisse im schweizerischen Nationalpark. 157 pages, 35 figures, 12 planches, 15 tableaux. Résultats des recherches scientifiques entreprises au Parc national suisse. Supplément.