

## **Perspektiven der Forschung**

### **Das Beispiel der Biowissenschaften**

von Prof. Ernst-Ludwig Winnacker, Bonn und München

Jahrestag der Universität Bielefeld

14. Mai 2004

Wenn die beiden Schweizer Städte Basel und Zürich etwas gemeinsam unternehmen, dann gilt es aufzuhorchen. Denn traditionell will man eher weniger als mehr miteinander zu tun haben. So ist für einen echten Züricher das Schönste in Basel immer noch der Schnellzug nach Zürich, und umgekehrt. Die Meldung in der Neuer Zürcher Zeitung am 20. März, dass Zürich und Basel ein gemeinsames Institut für Systembiologie gründen wollen, musste daher Aufmerksamkeit erregen, aus vielerlei Gründen. Hier ging es nicht nur um die Überwindung alter Antipathien oder um dann den Spartrick zweier Universitäten, der ETH Zürich und der Universität Basel, die sich auf diese Weise finanzielle Synergien erhoffen, das vielleicht auch, aber hier geht und ging es vor allem um eine neues Fach, die Systembiologie. Wie das, mag man sich fragen? Geht es um eine bloße Mode oder um eine echte Wende? Was ist eigentlich Systembiologie?

Es ist der Versuch, einen Weg von einzelnen Genen über ihre Produkte, die Proteine, hin zur einzelnen Zelle und dann zu immer höheren Organismen bis hin zu Gruppen von Organismen, Stichwort Ameisenhaufen, zu gehen. Es ist der Versuch, nach 150 Jahren Reduktionismus' in der Biologie wieder den Blick auf das Ganze, auf das Leben selbst zu richten.

Am Anfang stand gewissermaßen das Gen. Gene sind Träger von Information, nicht, wie bei einem Videotape für Bilder, sondern für Proteine. Lebende Organismen bestehen aus praktisch nichts anderem als Proteinen. Alles was sie

an sich sehen, ist Eiweiß, von den Haaren über der Fingernägel bis hin zur Hautoberfläche. Weil das so ist, hat sich ein bestimmter Zweig der Biologie, letztlich seit den Zeiten Gregor Mendels, mit Fragen nach ihrer Entstehung befasst, also mit den für ihre Bildung verantwortlichen Trägern, den Genen. Die Angelegenheit ist weit gediehen. Vor genau 60 Jahren wurde die chemische Natur der Gene als eine Substanz entschlüsselt, die sich im Zellkern lebender Zellen befindet. Sie ist de facto nichts weiter als ein langer Faden, entlang dem die Gene aufgereiht sind wie Perlen auf einer Perlenkette. Seit Anfang der 70er Jahre sind Verfahren entwickelt worden, die genetische Schrift zu lesen. Die zunehmende Automatisierung dieses Leseverfahrens hat es ermöglicht ein Projekt anzugehen, das als der Mount Everest der Biologie bezeichnet wurde, nämlich der Entzifferung des Informationsgehalts des gesamten menschlichen Genoms. Dazu waren insgesamt 3 Milliarden Bausteine zu lesen. Am 14. April 2003 konnte das Projekt abgeschlossen werden. Dabei ist es aber nicht geblieben. Inzwischen – bis zum heutigen Tage – finden sich an die Texte der Genome von 130 verschiedenen Organismen im Internet, darunter viele bakterielle Krankheitserreger wie etwa *Bacillus anthracis*, der Anthraxerreger, aber auch die Genome des Mais', von Reis, der Kartoffel, sowie Teilsequenzen des Kängurus und des Schimpansen.

Gerade das Beispiel des Erbgutes, zeigt, was man nun mit der Fülle dieser Informationen anfangen kann. Der Schimpanse ist unser nächster Verwandter. Man kann daher die Frage stellen, ob sich die Unterschiede zwischen uns und dem Schimpansen, vor allem also das Sprachvermögen, in das Erbgut zurückverfolgen lassen, um damit vielleicht Aufschluss darüber zu geben, was im einzelnen diese Unterschiede verursacht. Eine solche Analyse, bislang gerade erst begonnen, verlangt Detailanalysen ungeahnten Ausmaßes, denn die Unterschiede sind gering; sie betragen kaum mehr als die zwischen indischem und afrikanischem Elefanten. Dabei ist ein Gen mit Namen FoxP2 ins Rampenlicht geraten, weil dieser vergleichsweise kurze Abschnitt unseres Genoms bei

wenigen Personen Druckfehler, Mutation, aufweist, die dadurch Schwierigkeiten in ihrer sprachlichen Ausdrucksweise aufweisen. Sie können beispielweise keine Vergangenheitsform mehr bilden. Aus Arbeiten am MPI für evolutionäre Anthropologie in Leipzig, insbesondere von Svante Paäbo, stellt sich nun heraus, dass sich die natürliche Form dieses Gens zwischen Schimpanse und Mensch unterscheidet, und zwar an zwei Positionen, die mit dem mutierten Positionen bei den sprachgeschädigten Personen übereinstimmen. So scheint es also, dass Sprachfähigkeit einen evolutionären Vorteil darstellt, der sich auf die Ebene einzelner Gene zurückführen lässt.

Genaktivitätsvergleiche werden derzeit nicht nur zwischen verschiedenen Organismen durchgeführt, sondern zwischen verschiedenen Zuständen ein und desselben Organismus. Hier werden dann nicht Gene mit Genen, die sich ja nicht unterscheiden würden, miteinander verglichen, sondern ihre Produkte, die sich zell- oder zustandsspezifisch in den Zellen ansammeln. Damit dies schnell geht, lassen sich heute Genchips einsetzen, die auf einem ca. 1 x 1 cm Deckgläschen alle Gene eines Organismus einzeln an einer bestimmten Stelle tragen. So vergleicht man gesunde und kranke Organismen, junge und alte, Organe in Gegenwart oder Abwesenheit bestimmter Pharmaka. Auf diese Weise ist schon viel erreicht worden. aber nicht wirklich viel. Wenn dieser Raum hier das Innere einer Zelle darstellte, er wäre voller Eiweißkügelchen, klein und groß, durch die man sich kaum hindurch bewegen könnte. Jedes befindet sich an einer ganz bestimmten Stelle. Sie bilden temporäre Netzwerke aus, entlang derer sie Signale übertragen. Dazu müssen sie sich zumindest zeitweise berühren. Zur Übertragung eines Signals von der Zellhülle ins Innere bis zum Zellkern bräuchte es Tage, wenn dies durch bloße Diffusion geschähe. Stattdessen funktioniert es in Bruchteilen von Sekunden, indem sich die richtigen Kügelchen berühren und auf diese Weise kurz ein bestimmtes Signal weiter reichen.

Wie findet man in diesem Gewirr von Zehntausenden von Kügelchen diejenigen heraus, die für eine bestimmte Aufgabe, beispielsweise die Übertragung eines Wachstumssignals, zusammengehören? Die Größe der Aufgaben lässt sich vielleicht dadurch am Besten beschreiben, wenn man sich die 250.000 Teile, aus denen ein Airbus 340 besteht, auf einem großen Feld ausgebreitet vorstellt. Da liegen sie nun. Man weiß nicht einmal, dass es sich um ein Flugzeug handelt und soll das Ganze zusammenbauen. Gewisse Teile des Puzzles scheinen zusammen zu passen, hier ahnt man ein Leitwerk, hier gibt sich ein Kassettenspieler zu erkennen, dort ein Messgerät. In der Biologie stellt sich die Situation derzeit ähnlich komplex und schwierig dar. Viele Gene, noch mehr Proteine! Wie entsteht daraus ein Herz? Warum sieht eigentlich ein Herz aus wie ein Herz, warum eine Maus wie eine Maus?

Natürlich sind wir nicht völlig ratlos. Denken wir einmal an gestaltbildende Prozesse kurz nach der Befruchtung. Hier das formlose Ei, dort ein Organismus mit vorne und hinten, oben und unten. Irgendwo und irgendwann müsse diese Koordinaten festgelegt werden. Was tatsächlich passiert, ist, dass im Innern der Eizelle bestimmte Vormuster ausgebildet werden, die die grundlegende Koordinaten für das spätere Tier in der Eizelle festlegen. Dies geschieht durch den Aufbau von Konzentrationsgradienten eines sog. Morphogens, eines Proteins, das bei höheren Konzentrationen anderer Gene anzuschalten vermag, als am anderen Ende des Eis, wo es nur noch in niedrigeren Konzentrationen vorkommt. In frühen Fliegenembryos bilden sich mehrere solcher Gradienten aus, so dass schnell eine Unterteilung des Eis in verschiedene Zonen erfolgen kann, aus denen dann später Kopf, Beine oder Flügel entstehen können. Frau Prof. Christiane Nüsslein-Volhard aus Tübingen hat für diese grundlegenden Einsichten 1996 den Nobelpreis für Medizin erhalten.

Oder ein anderes Thema, die Krebsentstehung. ES ist ein drängendes Thema gerade in einer alternden Gesellschaft, denn Krebs ist ein Altersrisiko, das es

einzu­schränken gilt. Die meisten unserer Zellen teilen sich in der Regel nicht, allenfalls die Zellen der Hautoberfläche oder der Darminnenwand, der roten Blutkörperchen, das Haarepithel, alles Zelltypen, die starkem Verschleiß ausgesetzt sind. Wenn sich Zellen teilen wollen, weil etwa ihre Nachbarn zu Tode gekommen sind, dann geschieht dies nur auf ein bestimmtes Wachstumssignal hin. Sobald der leere Raum gefüllt ist, wird das weitere Wachstum durch bestimmte Eiweißfaktoren gehemmt. Krebszellen reagieren auf solche Kontrollmechanismen ihres Wachstums nicht, sie können sich nicht einordnen, sie wachsen und teilen sich unaufhörlich, ja wandern sogar in anderes, fremdes Gewebe ein. Ursachen hierfür sind Mutationen in ganz bestimmten Genen, sogenannten Krebs- oder Tumorgenen. Über deren Natur wissen wir heute eine ganze Menge. In der Regel reicht eine Mutation in einem Gen nicht aus, um unbegrenztes Wachstum hervorzurufen. Vielmehr erfolgt die Tumorentstehung in mehreren Stufen. Um eine einzige Zelle der Darminnenwand in eine Krebszelle umzuwandeln, sind Veränderungen in drei verschiedenen Genen notwendig. Weitere drei Genveränderungen sind nötig, um daraus eine metastasierende Dickdarmkrebszelle zu machen. Eine Anhäufung von sechs Veränderungen in einer Zelle braucht Zeit, weswegen Krebsraten erst mit dem Alter stetig ansteigen. Diese Frequenzen können durch familiäre Dispositionen erhöht werden, wenn zwei Veränderungen bereits in den Keimzellen vorliegen, dann braucht es im Laufe eines Lebens nur noch vier Veränderungen, um eine richtige Krebszelle entstehen zu lassen. All das und vieles mehr wissen wir heute über Entwicklungsvorgänge, über Stoffwechselwege und über pathophysiologische Vorgänge aller Art, bis hinzu den Genen, die für Morbus Parkinson oder Morbus Alzheimer veranlassen. Dieses Wissen nimmt ständig zu, da mit jeder neuen Komponente auch deren Nachbarn zugänglich werden und mit neuen Kettengliedern am Ende eine um die andere Signalkette. Allerdings, um im Bild der vor uns liegenden Flugzeugteile zu bleiben: Die allermeisten Teile sind noch nicht zugeordnet und von einem Flugzeug ist derzeit schon gar nichts zu sehen.

Eine der denkbaren Lösungsmöglichkeiten ist ein interdisziplinärer oder systemischer Ansatz, wie ihn Ingenieure im Umgang mit komplexen technischen Systemen einsetzen. In der Tat besitzen biologische Systeme Eigenschaften, wie wir sie auch von technischen Systemen kennen, beispielsweise Robustheit, Rückkopplungsmechanismen mit der Umwelt, Modularität oder Redundanz. Nehmen wir das Beispiel Redundanz. Wenn sie in einem Airbus ein x-beliebige Kabel durchschneiden, wird in der Regel nichts passieren. Das System ist drei- oder vierfach redundant angelegt, so dass der Ausfall eines einzigen Systems nichts anderes bewirkt, als ein zweites, redundantes zu aktivieren. Ähnlich in lebenden Organismen. Wir Biologen hatten zunächst anderes vermutet. Als das Mausgenomprojekt abgeschlossen war, hat man zunächst geglaubt, man könne nun einfach ein Gen nach dem anderen ausschalten, nach dem Phänotyp der Mäuse schauen und damit Rückschlüsse auf die Funktion und Arbeitsweise des jeweiligen Gens schließen. Leider funktioniert das so nicht. Über 80 % der sogenannten Knock-out Mäuse haben keinen Phänotyp. Offensichtlich gibt es in all diesen Fällen redundante Reaktionswege, die die fehlende Funktion ersetzen, nicht anders als im Flugzeug, das auf den Ausfall wichtiger Teile durch Ausweichen auf eine redundante Funktion reagiert.

Diese Nähe zu komplexen technischen Systemen ruft nach einer Zusammenarbeit mit denen, die den Umgang mit hochorganisierten Strukturen gewohnt sind, den Ingenieuren. In der Tat wird derzeit versucht, aus den zahllosen verfügbaren Daten über biologischen Reaktionswege solche, die zusammen zu passen scheinen, zu Netzwerken zusammen zu fassen. Solche am Computer, *in-silico*, wie man sagt, simulierte Reaktionswege lassen sich dann an der lebenden Zelle selbst überprüfen, verbessern, anpassen und zwar solange, bis die beobachteten Phänomene erklärt sind. In einem alternativen Zyklus von *in-silico* Modellen einerseits und deren Überprüfung am lebenden Objekt andererseits sind inzwischen erste Versuche zum Verständnis des Stoffwechsels von Bakterien erfolgreich abgeschlossen worden. Bakterienzellen sind genetisch weniger

komplex aufgebaut als Zellen höherer Organismen. Dennoch sind sie adaptionsfähig. Je nach Verfügbarkeit von Nährstoffen in einer Rosenblüte, einer Wasserpflanze oder einem Hefeteig müssen sie flexibel von einem Nährstoff auf den anderen umwechseln können. Wie sie dabei unterschiedliche Reaktionsmöglichkeiten in ihrem Zellinneren wahrnehmen können und müssen, dies ist heute dank der beschriebenen Modellbildungen bekannt.

Die Schritte zu einer höheren Organisationsebene sind vorgegeben. Man spricht inzwischen in der Biologie von einer umgekehrten, auf den Kopf gestellten Komplexitätspyramide. Unten, an ihrer Spitze, liegen die Gene, darüber die Proteine, dann kommt die Zelle mit ihren Eiweißnetzwerken, gefolgt von Zellansammlungen, also Organen, ganzen Organismen, bis hin zu Schulen von Organismen. Die Schritte, die jeweils gegangen werden müssen, sind groß. Man denke nur an das menschliche Gehirn und das bislang noch sehr geringe Auflösungsvermögen der bildgebenden Verfahren. Sie können zwar erkennen, dass wann und bestimmte Bereiche des Gehirns aktiv sind. In diesen Bereichen befinden sich jedoch jeweils noch Milliarden von Nervenzellen. Von einer irgendwie gearteten Kenntnis der genauen Aufstellung der Nervenzellverbindungen in der Großhirnrinde, anders als auf einer unteren Organisationsebene – bei den Wechselwirkungen von Eiweißbestandteilen innerhalb einer Bakterienzelle – sind wir also noch weit entfernt. Die Systemanalyse des Gehirns steckt noch voll in den Kinderschuhen.

Welche Konsequenzen diese unsere Unkenntnis haben kann, erkennt man an der Diskussion um das therapeutische Klonen. Seine Protagonisten sehen darin bereits heute einen neuen, zielführenden Ansatz in der Therapie degenerativer Erkrankungen, wie Morbus Parkinson oder Alzheimer. Die Tatsachen sprechen aber eine ganz andere Sprache. Es geht um eine neue Technologie, die Übertragung von Zellkernen aus erwachsenen Körperzellen in Eizellen, denen ihr eigener Zellkern entfernt wurde. Der bei dieser Prozedur entstandene Embryo

kann entweder in eine Gebärmutter zurückverpflanzt werden, um dann in einen ganzen Organismus auszuwachsen, oder aber außerhalb des Organismus *in-vitro* zu sogenannten embryonalen Stammzellen angezüchtet werden, die jedenfalls im Prinzip, zelltherapeutischen Einsatz finden sollen. Die Sache, obwohl kürzlich in einer südkoreanischen Arbeitsgruppe erfolgreich im menschlichen System angewandt, hat einen Haken. Sie führt in Tieren nur in sehr geringen Ausbeuten zum Erfolg. Mit Ausnahme von Rindern, wo sie 50 % erreichen können, liegen sie bei allen anderen Spezies zwischen 1 % und 2 %, meist sogar darunter. Dazu kommen zahlreiche Fehlbildungen, Abnormalitäten der inneren Organe, Übergewicht bei der Geburt, Frühgeburten und vieles andere mehr. Im Falle „Dolly“ mussten 277 Embryonen eingesetzt werden, um am Ende ein einziges „gesundes“ Schaf zu erhalten. Und wirklich gesund war „Dolly“ nicht. Sie starb vorzeitig an Arthritis. Ursache für diese Fehlentwicklungen sind Unterschiede in der Genaktivität zwischen Eizellen und erwachsenen Körperzellen. In den Zelltypen unseres Körpers ist zwar immer ein kompletter Satz von Genen vorhanden. Die verschiedenen physiologischen Anforderungen sorgen aber dafür, dass immer nur eine Teilmenge der Gene aktiv ist, sonst würden in der Leber Haare wachsen. Das Erbgut im Zellkern einer erwachsenen Körperzelle muss, wenn dieser funktionsfähig wie ein Embryo werden will, um- oder reprogrammiert werden, was auch mit zahlreichen chemischen Veränderungen einhergeht. In den acht Jahren seit „Dolly“ ist es trotz intensiver Bemühungen nicht gelungen, diesen Reprogrammierungsprozess zu verstehen und damit in geordneten Bahnen ablaufen zu lassen. Solange es aber so dem Zufall überlassen bleibt, wie jetzt, wird das Verfahren am Menschen keinerlei Chancen auf einen therapeutischen Einsatz entwickeln können; es ist und bleibt ein Irrweg. Ich erwähne das therapeutische Klonen hier nur, um auf ein völlig unverstandenes komplexes Problem in der Biologie aufmerksam zu machen, dessen Lösung derzeit in den Sternen steht und offensichtlich auch völlig neuer Forschungsansätze bedarf, um einer solchen Lösung näher zu kommen.

Wie geht ein Forschungsförderer mit einer solch verworrenen Lage, um, die übrigens andere Forschungsfelder gleichermaßen betrifft, wie beispielsweise die Geowissenschaften, die Astrophysik oder die Materialforschung? Er muss sich fragen, ob seine Instrumente sich an die neue Art der Interdisziplinarität, die hier gefordert ist, anpassen lassen. Die klassische Art des Peer Review favorisiert die Disziplinarität, weswegen es nötig ist, für die Bewertung von Interdisziplinarität entsprechende Mechanismen oder gar Nischen zu schaffen. Das tut die DFG auf vielfältige Weise. In unseren Transferbereichen versuchen wir mehr und mehr auch die privatfinanzierte Forschung mit einzubeziehen. Unser neues Begutachtungsverfahren sieht eine abschließende Bewertung durch so genannte Fachkollegien und Experten aus benachbarten Fachgebieten vor. Schließlich erlauben unsere DFG-Forschungszentren eine fakultätsübergreifende Bearbeitung breit angelegter Wissenschaftsfelder.

Heute ist viel von Spitzenuniversitäten die Rede. Wann werden Universitäten zu Spitzenuniversitäten? Ob man es will oder nicht, sie werden es u.a. dann, wenn sie Spitzenleistungen in der Forschung vollbringen. Dazu müssen sie ihre Strukturen den neuen Anforderungen an die Forschung anpassen, d.h. Strukturen entwickeln, die nicht nur nach dem klassischen Fakultätskanon zugeschnitten sind, sondern eher horizontal, also fächerübergreifend. Davon sind wir im allgemeinen weit entfernt, obwohl mit der Einführung entsprechender Studiengänge wenigstens ein erster Einsteig vergleichsweise schnell möglich wäre. Solche forschungsbezogenen Studiengänge sind nicht „Berufsattrappen“, wie ich gelegentlich behauptet sehe, sondern ein Ausdruck der Notwendigkeit, die Wirklichkeit moderner Wissenschaft auch in die fortgeschrittene Lehre einzuführen. Die bayerische Staatsregierung hat kürzlich 300 Stellen und etwa 15 Millionen Euro zur Verfügung gestellt, um Elitestudiengänge zu gründen. Die ersten 15 wurden gerade eingerichtet. Natürlich ist es zu früh, deren Erfolg einzuschätzen. Die Signalwirkung auf die Besten unter den Studenten war jedenfalls beeindruckend und in diesen schwierigen Zeiten ein echter Lichtblick.

Dabei sind neue Fächerzuschnitte nicht nur aus den genannten inhaltlichen Gründen, sondern auch aus Gründen der internationalen Sichtbarkeit notwendig. Um internationale Spitzenkräfte sowohl bei den Studierenden wie auch bei den Professoren anzuziehen bedarf es Strukturen, die den einzelnen Wissenschaftler überhaupt erst sichtbar machen. Dazu reichen selbst Sonderforschungsbereiche kaum noch aus. Ich erinnere daher an die neu formierten, internationalen Graduiertenkollegs der DFG, oder aber an unsere DFG-Forschungszentren. Die EU hat sich dazu entschlossen, im 7. Rahmenprogramm ab 2007 erstmals auch der Förderung der Grundlagenforschung Priorität zu gewähren. Zu diesem Zweck soll ein so genanntes *European Research Council* gegründet werden, eine Art europäischer DFG, wenn Sie so wollen, die allerdings nur ein einziges Förderinstrument betreiben soll, nämlich die Förderung einzelner Forscherteams, wobei es sich ausschließlich um solche handeln wird, die international sichtbar sind, wie es heißt. Anders wird es wohl auch gar nicht gehen, um eine Übersubskription zu vermeiden.

Ob wir für einen solchen europäischen Wettbewerb an unseren Universitäten schon genügend gut aufgestellt sind? Schwer zu sagen. Die Bundesregierung möchte einen Wettbewerb um Spitzenuniversitäten veranstalten. Im Grundsatz habe ich dies begrüßt, denn die Universitäten sind einerseits die Quelle frischen Blutes, ohne das Innovationen nicht entstehen, und andererseits die Verlierer der Nation, wenn es um ihre Finanzierung geht. Nirgendwo klafft die Schere zwischen öffentlichen Hymnen und Festreden und tatsächlichem Geldfluss derzeit so sehr, wie im Umfeld von Bildung und Forschung. Allein um die gebetsmühlenartig wiederholte Forderung nach dem Anstieg der Ausgaben für Forschung und Entwicklung von jetzt 2,5 % auf 3 % des Bruttoinlandproduktes zu erreichen, bedürfte es jährlicher Steigerungsraten im öffentlichen wie im privaten Bereich von vier Milliarden Euro. Die Steuerschätzungen, von denen wir lesen, scheinen dies nicht herzugeben. Immerhin: Bund und Länder haben

sich inzwischen geeinigt, diesen Wettbewerb nicht auf Spitzenuniversitäten zu beschränken - denn mit dem Aufbau von nur wenigen „Treibhäusern“, wie Wolf Lepenies dies kürzlich ausdrückte, kann es nicht getan sein - sondern ihn auf die Betreuung von Doktoranden und die Bildung regionaler Forschungszentren auszudehnen, in denen universitäre, außeruniversitäre und privatfinanzierte Forschung zusammengefasst werden. Die DFG soll diesen Wettbewerb organisieren. Sie wird sich dem auch nicht verweigern. Das Ergebnis wird aber sicherlich nicht ganz das sein, was sich die Politik verspricht, sondern eher das, was wir uns als Wissenschaftler von den Forschungsleistungen der jeweiligen Einrichtungen versprechen. Auch kein Unglück!

Meine Damen und Herren, statt zu sagen, Chemie, Physik, Biologie, Sozialwissenschaften, reden wir heute über systemische Ansätze in der Forschung. Sind wir denn auf diesem Felde überhaupt noch wettbewerbsfähig, werden Sie sich vielleicht fragen? Ist nicht alles längst schon in Basel und Zürich, vielleicht sogar in Harvard vorentschieden, wo in der Tat ebenfalls, und schon im vergangenen Jahr, an der Medizinischen Fakultät ein Department für Systembiologie gegründet wurde? Die Antwort ist ein klares Ja auf die erste, ein klares Nein auf die zweite Frage. Die Bundesregierung hat ein Förderprogramm zu diesem Thema ausgeschrieben. An Max-Planck-Instituten in München und in Magdeburg, sowie an der Universität Stuttgart ist die Zusammenarbeit zwischen Ingenieuren, Informatikern und Biologen aufgenommen worden. Es gilt jetzt, die Kräfte zu bündeln, trotz schwierigster finanzieller Rahmenbedingungen. Die DFG kann entsprechende Förderinstrumente anbieten. Elena Bonner, die Witwe Sacharows, hat einmal ihren Mann mit dem Satz zitiert: „Die Zukunft kann wunderbar sein, aber sie kann auch gar nicht stattfinden. Das hängt ganz von uns ab“. In der Tat!