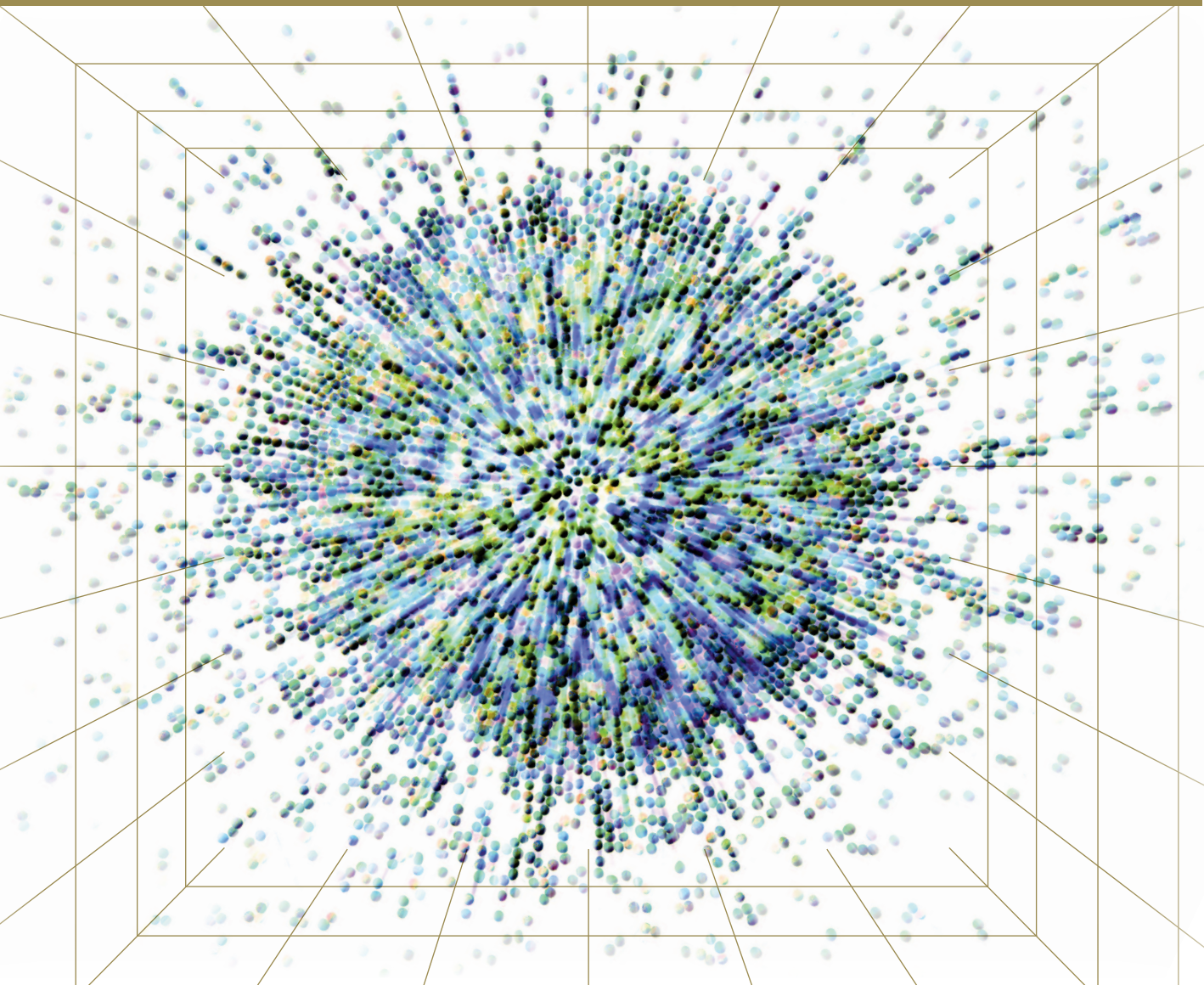




**Leopoldina**  
Nationale Akademie  
der Wissenschaften

# Zukunftsreport Wissenschaft



## Lebenswissenschaften im Umbruch

Herausforderungen der Omics-Technologien für  
Deutschlands Infrastrukturen in Forschung und Lehre

**Zusammenfassung und Empfehlungen**

## Empfehlungen

**Empfehlung 1:** Nur durch den strategischen Aufbau einer nationalen Omics- und IT-Infrastruktur kann die lebenswissenschaftliche Forschung in Deutschland international wettbewerbsfähig bleiben. Dazu sollte möglichst ein Netzwerk aus bundesweit verteilten Zentren gebildet werden, welches Forschung, Ausbildung und die rasche Translation neuer Erkenntnisse auf der Basis aktueller Spitzentechnologien ermöglicht. Das Netzwerk sollte von einem interinstitutionell besetzten Koordinationsgremium gelenkt werden.

**Empfehlung 2:** An dem Netzwerk teilnehmende Universitäten und außeruniversitäre Einrichtungen sollten mittels dieser Infrastruktur stärker miteinander verknüpft werden, um den Zugang zu den neuen Technologien für Forscherinnen und Forscher sowie Studierende zu erleichtern, Technologiezentren stärker in Ausbildung und Lehre zu integrieren und Fachkompetenzen für interdisziplinäre Forschungsprojekte zu bündeln. Eine effiziente Nutzung von personellen und technischen Ressourcen muss dabei im Vordergrund stehen, das bedeutet die Vermeidung von Know-how-Verlust und eine angemessene Auslastung vorhandener Geräte.

**Empfehlung 3:** Für die adäquate Speicherung, Auswertung und den Transfer der Omics-Daten ist ein massiver Ausbau der IT- und bioinformatischen Infrastruktur sowohl an außeruniversitären Zentren wie auch an den Universitäten in Deutschland dringend notwendig. Im Rahmen der Infrastruktur sollten gemeinsam verbindliche Standards für die Datenerhebung, -verarbeitung, -qualitätskontrolle und -speicherung entwickelt werden. Die Standards sollten möglichst auch auf europäischer und internationaler Ebene etabliert werden.

**Empfehlung 4:** Die Finanzierung der Organisation, die mit der langfristigen Aufgabe betraut wird, die Omics- und IT-Infrastrukturen in Deutschland zu koordinieren und weiterzuentwickeln, muss nachhaltig durch Bundesmittel gesichert werden.

**Empfehlung 5:** Die Ausbildung in den Lebenswissenschaften sollte Schwerpunkte auf Omics-Technologien bereits in einer frühen Phase des Studiums setzen. Die Technologien sollten in den Curricula stärker Berücksichtigung finden. Über die Infrastruktur mit ihrer technischen Exzellenz könnte die Ausbildung institutionen- und länderübergreifend effizienter gestaltet und neue Ausbildungsmodelle entwickelt werden.

**Empfehlung 6:** Um den Personalbedarf für die Omics-Forschung und die zugehörige Bioinformatik zu decken, ist es notwendig, die Karrierewege transparenter und vielfältiger zu gestalten. Zudem sind neue Anreize für IT-Infrastrukturentwicklung nötig.

## Der Zukunftsreport *Wissenschaft* im Überblick

### Informationen zur Publikationsreihe

Eine der Hauptaufgaben der Nationalen Akademie der Wissenschaften Leopoldina besteht in der wissenschaftsbasierten Beratung von Politik und Öffentlichkeit. Dies schließt thematisch systemische Potenziale und Herausforderungen der Wissenschaftsentwicklung in Deutschland ein. In der neuen Publikationsreihe *Zukunftsreport Wissenschaft* werden Fragen der Wissenschaftsentwicklung in Deutschland behandelt, die mittel- und langfristig für das Verhältnis von Wissenschaft, Politik und Gesellschaft besonders relevant sind. Dies betrifft z. B. Forschungsinfrastrukturen, die Ausbildung von Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftlern oder den Wissenstransfer.

### Technologisch bedingter Paradigmenwechsel in den Lebenswissenschaften

Der erste *Zukunftsreport Wissenschaft* der Leopoldina ist den *Lebenswissenschaften im Umbruch* gewidmet. Wie auch andere Wissenschaftsbereiche verändern sich derzeit die Lebenswissenschaften – dazu gehören z. B. Biologie, Biochemie, Gentechnologie, Ernährungswissenschaften, Medizin und Pharmazie – dramatisch durch den Einsatz neuer Technologien. Mithilfe bioanalytischer Hochdurchsatzverfahren, sogenannter Omics-Technologien wie z. B. Genomics, Transcriptomics, Proteomics oder Metabolomics, können in kurzer Zeit riesige Datenmengen über Lebensprozesse gewonnen werden. Daraus erhofft man sich u. a. weitreichende Erkenntnisse über Ursachen von Erkrankungen und darauf aufbauend die Entwicklung zielgerichteter Therapien, neue Einsichten zur gesunden Ernährung oder Innovationen in der Biotechnologie und Bioökonomie. Diese Technologien bieten auch ein großes Wertschöpfungspotenzial, z. B. durch den Ausbau wissensintensiver Dienstleistungen und innovativer forschungsbasierter Industriezweige.

Seit der Entdeckung der DNA als der Erbsubstanz sind die Lebenswissenschaften auf dem Weg zu einem neuen Verständnis von Lebensprozessen. Die Erfassung der Gesamtheit der vererbaren genetischen Information von Lebewesen mittels maschinengestützter Hochdurchsatzverfahren ist heute in der Regel schon Routine. Aufgrund sinkender Kosten der Genomsequenzierung wird erwartet, dass Genomanalysen von Patienten in der Medizin bald schon sehr breit eingesetzt werden, insbesondere für die maßgeschneiderte Diagnostik, Prädiktion und Prävention von Erkrankungen. Auch die Analyse der Genaktivität durch die Transcriptomics findet bereits Einzug in den klinischen Alltag, z. B. in der Tumordiagnostik. Mithilfe der Metabolomics wird u. a. versucht, nützliche Stoffwechselprodukte von Pflanzen zu identifizieren und die Interaktion von Nutzpflanzen mit ihrer Umwelt besser zu verstehen, um auf Grundlage dieser Erkenntnisse durch gezielte Maßnahmen landwirtschaftliche Erträge steigern zu können. In der Biotechnologie wird das vielseitige Synthesepotenzial von Mikroorganismen zur Produktion von nützlichen organischen Verbindungen genutzt. Dazu können mittels Omics-Technologien zelluläre Biosynthesevorgänge detailliert analysiert und durch gezielte Stammentwicklung Schritte des Biosynthesevorgangs optimiert werden. So produzieren biotechnologisch optimierte Bakterien- oder Hefestämme heute bereits in großen Mengen Nahrungsmittel- bzw. Futtermittelzusätze oder Medikamente.

## Herausforderungen der Omics-Technologien

Diese Entwicklungen haben die Lebenswissenschaften zu einer der Leitdisziplinen des 21. Jahrhunderts gemacht. Damit sich die in den Omics-Technologien liegenden Potenziale weiter entfalten können, sind in den kommenden Jahren noch zahlreiche Herausforderungen zu meistern. Von den durch die neuen Technologien erzeugten riesigen Datenmengen können derzeit nur Bruchteile ausgewertet werden. Man spricht hier vom sogenannten *Big-Data*-Problem, denn das Anschwellen der Datenmengen bedeutet nicht automatisch einen Erkenntnisgewinn. Zunächst müssen die für die jeweilige wissenschaftliche Fragestellung relevanten Informationen extrahiert und anschließend analysiert werden. Darüber hinaus müssen die Daten und aus ihnen abgeleitete Erkenntnisse über geeignete Netzwerke der wissenschaftlichen Gemeinschaft zur Verfügung gestellt werden. Dies erfordert auch eine enge interdisziplinäre Zusammenarbeit der Lebenswissenschaften mit anderen Fächern wie z. B. der Informatik, Mathematik, Physik und den Ingenieurwissenschaften. Es ergeben sich daher neue Anforderungen an die Ausbildung von Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftlern, an die technische bzw. informationstechnische Ausstattung und Vernetzung unserer Universitäten und außeruniversitären Forschungseinrichtungen sowie an eine nachhaltige Infrastrukturförderung.

## Strukturell bedingte Defizite in den Lebenswissenschaften

Dieser *Zukunftsreport Wissenschaft* stellt eine eindeutige Diagnose: Deutschland ist auf die rasanten Entwicklungen rund um die Omics-Technologien weder in technologischer noch informationstechnischer Hinsicht ausreichend vorbereitet. Haben visionäre Forschungsförderprogramme einst zum international sichtbaren und wettbewerbsfähigen Ausbau von Genomics, Bioinformatik und Systembiologie in Deutschland geführt, droht diesen zum Teil sehr kostenintensiven Forschungszweigen mangels langfristiger Finanzierungsstrategien oder nachhaltiger Integration in bestehende Strukturen der Kollaps. Damit kann der Anschluss an die sehr schnellen internationalen Entwicklungen in Forschung und Ausbildung bald verloren gehen, was wiederum negative Auswirkungen auf die Attraktivität des Wissenschaftsstandorts Deutschland hätte. Folgende strukturell bedingte Defizite in den Lebenswissenschaften werden konstatiert:

- Die Länder können die Kosten für den Erhalt und Ausbau universitärer Infrastrukturen zur adäquaten Anwendung der Omics-Technologien nicht allein tragen. Die Universitäten verlieren den Anschluss an die technischen Entwicklungen, denn sie können sich aufgrund mangelnder Grundfinanzierung nicht die Anschaffung, den kontinuierlichen Betrieb und die notwendige stetige Erneuerung kostenintensiver Großgeräte für Omics-Analysen leisten. Ohne eine Infrastruktur auf dem neuesten Stand der Technik können die Universitäten jedoch keine zeitgemäße Forschung und Lehre durchführen.
- Aufgrund grundgesetzlicher Bestimmungen können nur außeruniversitäre Einrichtungen dauerhaft vom Bund mitfinanziert werden und sich daher den Aufbau und Unterhalt von kostenintensiven Forschungsinfrastrukturen leisten. Diese sind für Universitäten jedoch fast nur auf der Basis von spezifischen Projektkooperationen zugänglich.
- Die heutigen und zukünftigen bioinformatischen Anforderungen der Lebenswissenschaften werden massiv unterschätzt. Daher fehlt es selbst in den großen außeruniversitären Forschungseinrichtungen an ausreichenden informationstechnischen Kapazitäten, um die Menge an gewonnenen Daten bewältigen zu können. Es werden nicht genügend Bioinformatikerinnen und Bioinformatiker bzw. Lebenswissenschaftlerinnen und Lebenswissenschaftler mit bioinformatischer Expertise ausgebildet. Für den entsprechenden wissen

- schaftlichen Nachwuchs sind zu wenig attraktive Karrierewege innerhalb der akademischen Forschung vorhanden. Durch die Befristung von Stellen für hochqualifizierte wissenschaftliche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter kommt es zum ständigen Verlust von wertvollem Know-how.
- Es fehlt in unserem Wissenschaftssystem an Übergängen zwischen Institutionen, Ausbildungs- und Karrierestufen, Universität und Wirtschaft. Die gebotene enge Verzahnung von Forschung, Ausbildung und Infrastrukturen zwischen universitären und außeruniversitären Einrichtungen ist zu selten gewährleistet.
- Es fehlt eine nationale übergeordnete Strategie für die nachhaltige Förderung und Entwicklung des Omics-getriebenen Forschungs- und Technologiesegments in Deutschland.

## Mögliche Zukunftsszenarien

Der *Zukunftsreport Wissenschaft* empfiehlt, jetzt zu handeln und die Weichen für strukturelle Innovationen zu stellen. Eine Schlüsselrolle kommt dabei der Entwicklung einer nationalen Omics- und IT-Infrastruktur zu. Es werden zwei organisatorische Szenarien skizziert, in denen diese Infrastruktur auf unterschiedlich profilierte Zentren verteilt und durch ein Koordinationsgremium gelenkt wird. Innerhalb dieser verteilten Infrastruktur müssten die teilnehmenden Zentren eigene wissenschaftlich-technologische Profile entwickeln. In einer Kombination aus Forschung und Service sollten sie technologiespezifisch ausgerichtet sein und Fokussierungen thematischer, fachlicher oder gegenstandsbezogener Art (z. B. Stoffklassen) aufweisen, welche den Einsatz und die Weiterentwicklung bestimmter Technologien rechtfertigen.

Im „DFG-Szenario“ würde die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) den Aufbau der verteilten nationalen Omics- und IT-Infrastruktur durch die Einrichtung eines DFG-Panels für Omics-Technologien, die Gründung von DFG-unterhaltenen Zentren als Hilfseinrichtungen der Forschung sowie durch die Gründung einer DFG-Senatskommission für Hochdurchsatztechnologien und Bioinformatik in den Lebenswissenschaften unterstützen. Diese interinstitutionell besetzte Senatskommission würde den Zugang zu diesen Zentren regeln und wäre geeignet, in Abstimmung mit den universitären und außeruniversitären Organisationen die Entwicklung und Koordination der vorgeschlagenen nationalen Omics- und IT-Infrastruktur mit Zentren in unterschiedlicher Trägerschaft zu übernehmen.

Das „Schweizer Szenario“ ist an der föderativen Organisationsstruktur des Swiss Institute of Bioinformatics (SIB) orientiert. Hier würde der Aufbau der nationalen Omics- und IT-Infrastruktur in die Hand einer neu zu gründenden, rechtlich und finanziell eigenständigen Organisation gelegt werden, welche die Koordination und Entwicklung langfristig leistet.

Beide Szenarien sind in Teilaspekten miteinander kompatibel, sodass man auch über ihre Kombinierbarkeit zu einer effektiven Gesamtstruktur nachdenken sollte. In beiden Szenarien ist auch die bedarfsabhängige Einbindung bestehender bzw. der Aufbau großer, technologisch spezialisierter und thematisch fokussierter nationaler Forschungszentren als zusätzliche Option im Rahmen des Zentren-Netzwerks möglich. Unabhängig vom jeweiligen Szenario sind für die angestrebte Infrastruktur eine nachhaltige Finanzierung sowie ein flexibles Zugangskonzept unabdingbar. Ziel dieser nationalen Omics- und IT-Infrastruktur ist es, Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern in Forschung und Lehre unabhängig von ihrer institutionellen Zugehörigkeit die Nutzung von Spitzentechnologien und fachlicher Kompetenz in ihrer Region sowie deutschlandweit dauerhaft auf höchstem Niveau zu ermöglichen.

## An der Entwicklung des *Zukunftsreports Wissenschaft* beteiligte Personen

### **Mitglieder der Wissenschaftlichen Kommission:**

Prof. Dr. Rudolf Amann ML, Max-Planck-Institut für Marine Mikrobiologie, Bremen  
Prof. Dr. Roland Eils, Deutsches Krebsforschungszentrum und Universität Heidelberg  
Prof. Dr. Michael Hecker ML, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, Institut für Mikrobiologie  
Prof. Dr. Dr. h. c. Regine Kahmann ML, Max-Planck-Institut für terrestrische Mikrobiologie, Marburg (Sprecherin der Kommission)  
Prof. Dr. Alfred Pühler ML, Universität Bielefeld, Centrum für Biotechnologie  
Prof. Dr. Dierk Scheel ML, Leibniz-Institut für Pflanzenbiochemie, Halle (Saale)

### **Begleitung durch das Präsidium:**

Prof. Dr. Bärbel Friedrich ML, Vizepräsidentin der Leopoldina

### **Wissenschaftliche Referenten:**

PD Dr. Stefan Artmann, Präsidialbüro, Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina  
Dr. Constanze Breuer, Abt. Wissenschaft – Politik – Gesellschaft, Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina  
Dr. Johannes Fritsch, Präsidialbüro, Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina

ML = Mitglied der Leopoldina

### **Ansprechpartnerin:**

Dr. Constanze Breuer, Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina  
Abt. Wissenschaft – Politik – Gesellschaft  
politikberatung@leopoldina.org  
Tel.: (0345) 472 39-867  
Fax: (0345) 472 39-839

Die Leopoldina wurde 1652 gegründet und versammelt mit etwa 1500 Mitgliedern hervorragende Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus rund 30 Ländern. Sie ist der freien Wissenschaft zum Wohle der Menschen und der Gestaltung der Zukunft verpflichtet. Als Nationale Akademie Deutschlands vertritt die Leopoldina die deutsche Wissenschaft in internationalen Gremien und nimmt zu wissenschaftlichen Grundlagen politischer und gesellschaftlicher Fragen unabhängige Stellung. Hierzu erarbeitet sie unabhängige Expertisen von nationaler und internationaler Bedeutung. Die Leopoldina fördert die wissenschaftliche und öffentliche Diskussion, sie unterstützt wissenschaftlichen Nachwuchs, verleiht Auszeichnungen, führt Forschungsprojekte durch und setzt sich für die Wahrung der Menschenrechte verfolgter Wissenschaftler ein.

**Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina e.V.**  
– Nationale Akademie der Wissenschaften –

Jägerberg 1 | 06108 Halle (Saale)  
Tel.: (0345) 472 39-600  
Fax: (0345) 472 39-919  
E-Mail: leopoldina@leopoldina.org

**[www.leopoldina.org](http://www.leopoldina.org)**