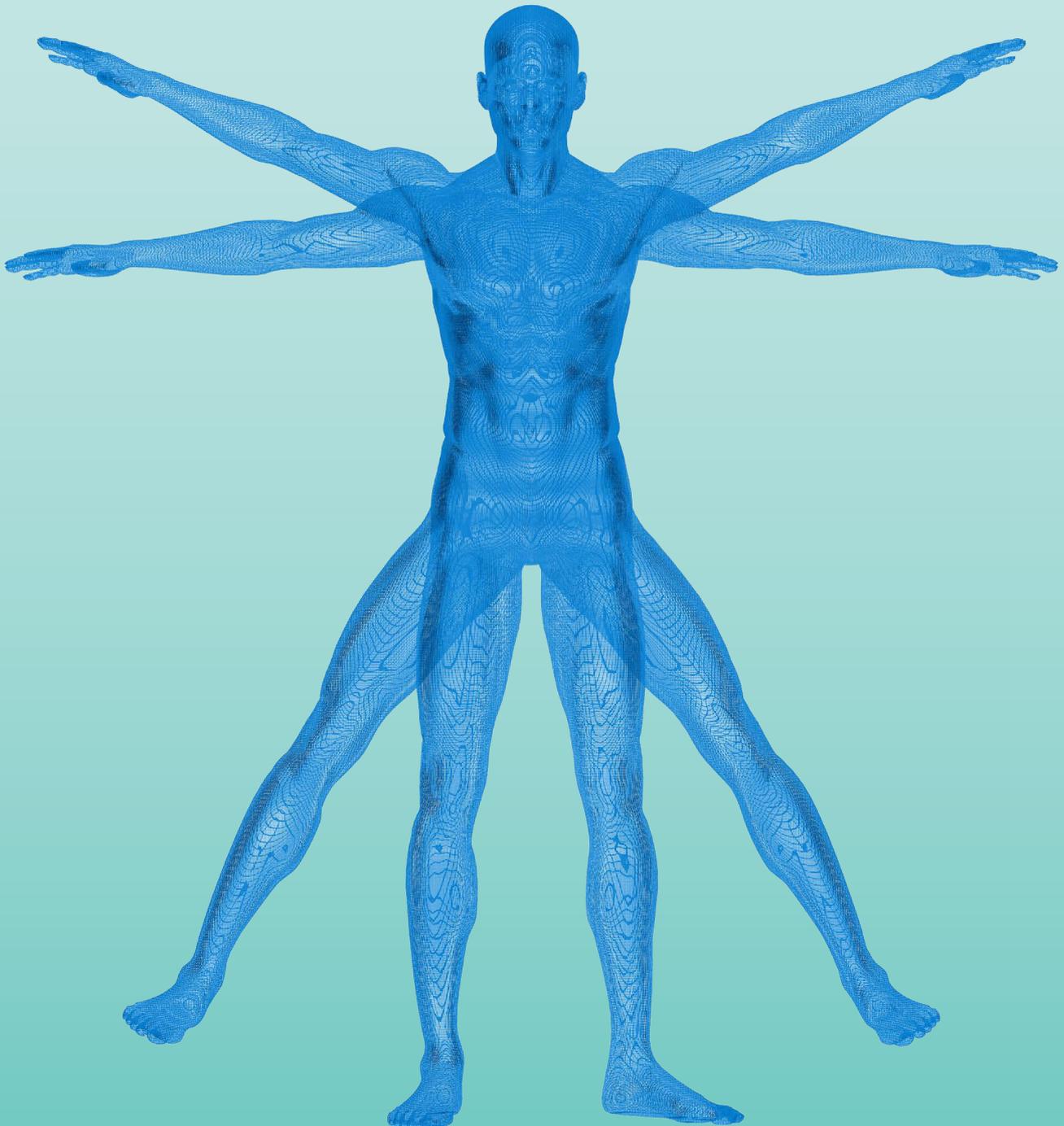




Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

# Maßnahmen zur Etablierung der Systemmedizin

Das Forschungs- und Förderkonzept e:Med



**FORSCHUNG**

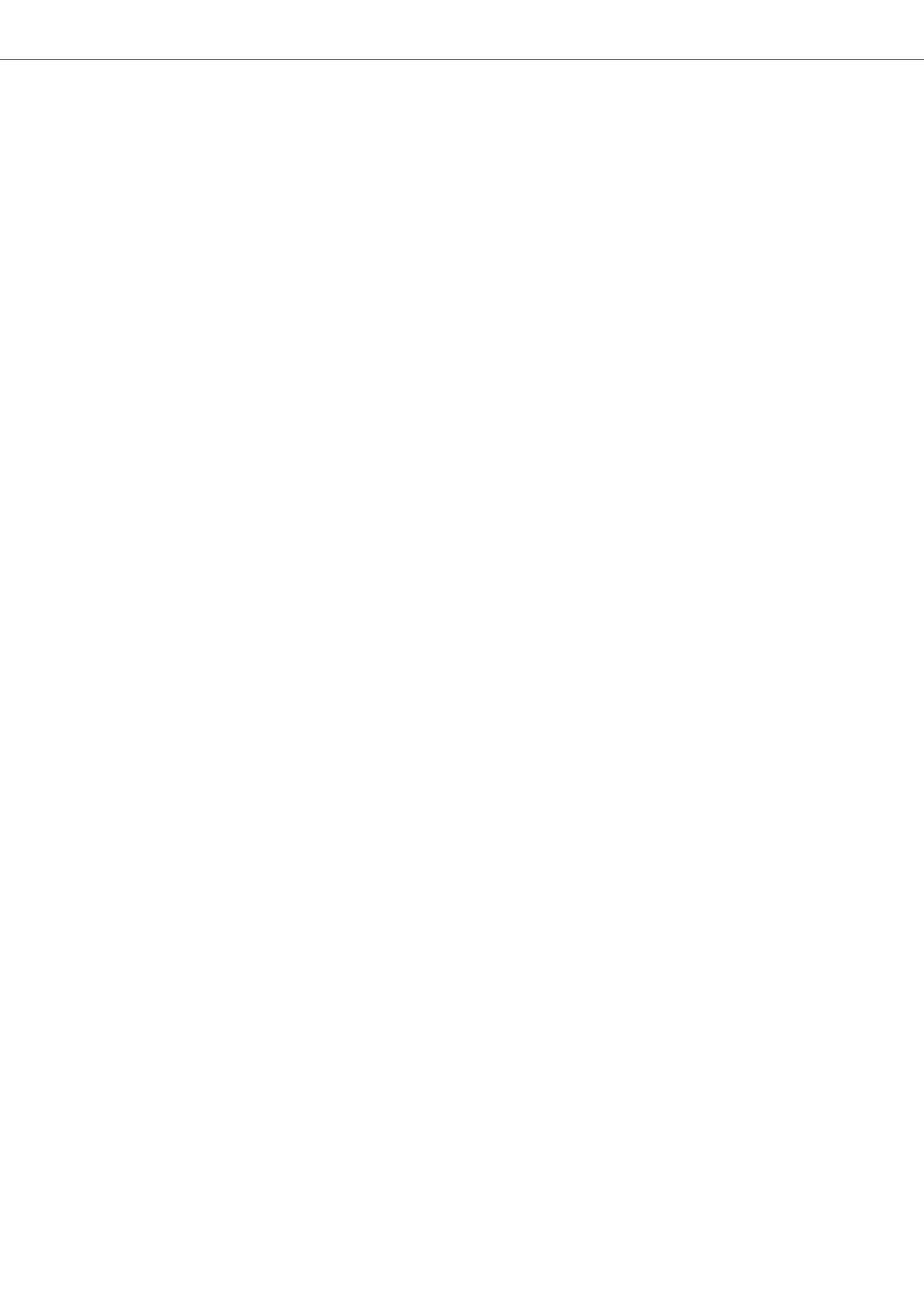




Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

# Maßnahmen zur Etablierung der Systemmedizin

Das Forschungs- und Förderkonzept e:Med



# Inhalt

<b>0</b>	<b>Executive Summary</b> .....	<b>3</b>
<b>1</b>	<b>Motivation und Zielsetzung</b> .....	<b>4</b>
1.1	Gesundheitspolitische Herausforderungen .....	4
1.1.1	Zunahme der Volkskrankheiten als Folge des demografischen Wandels .....	4
1.1.2	Unwirksame Medikamente und ineffektive Therapien .....	4
1.1.3	Einfluss von Umwelt und Lebensgewohnheiten auf die Gesundheit .....	4
1.2	Forschungspolitische Antwort .....	5
1.2.1	Komplexe Fragestellungen – Systemorientierte Antworten .....	5
1.2.2	Förderziele von e:Med .....	5
1.2.3	Verankerung von e:Med im Rahmenprogramm Gesundheitsforschung .....	6
<b>2</b>	<b>Strategien und Maßnahmen</b> .....	<b>7</b>
2.1	Strategien .....	7
2.1.1	Interdisziplinarität stärken, Ressourcen bündeln, auf förderpolitischen Erfolgen aufbauen .....	7
2.1.2	Anwendungsorientierte Grundlagenforschung stärken .....	7
2.1.3	Wissenschaftlichen Nachwuchs fördern .....	7
2.1.4	Projektförderung mit institutioneller Förderung abgleichen .....	7
2.1.5	Internationalisierung vorantreiben .....	7
2.2	Maßnahmen .....	8
2.2.1	Modul I: Forschungskonsortien zur Systemmedizin .....	8
2.2.2	Modul II: Demonstratoren zur Individualisierten Medizin .....	8
2.2.3	Modul III: Nachwuchs .....	9
2.2.4	Modul IV: Zukunfts- und Querschnittsthemen .....	10
2.2.5	Modul V: Internationalisierung .....	10



## 0 Executive Summary

**e:Med ist ein Forschungs- und Förderkonzept**, das die systemorientierte Erforschung von Krankheiten und Präventionsmaßnahmen forciert, indem es die Lebens- und Informationswissenschaften verbindet. Als Teil des Rahmenprogramms Gesundheitsforschung bedient e:Med insbesondere die Aktionsfelder „Gebündelte Erforschung von Volkskrankheiten“, „Individualisierte Medizin“, „Prävention und Ernährung“ sowie „Gesundheitsforschung in internationaler Kooperation“. Vorrangiges Ziel ist es, die Systemmedizin<sup>1</sup> in Deutschland zu etablieren.

*Die Systemmedizin nutzt systemorientierte Herangehensweisen in der Forschung und in der klinischen Versorgung, um komplexe physiologische und pathologische Prozesse besser zu verstehen und damit Grundlagen für die Entwicklung innovativer Heilverfahren und Präventionsmaßnahmen zu schaffen.*

Der holistische Ansatz der Systemmedizin führt bei der Erforschung von Krankheiten und Präventionsmaßnahmen zu umfassenderen Erkenntnissen als die Betrachtung einzelner Aspekte. Die Systemmedizin braucht dazu nicht nur vielfältiges, sondern vor allem auch anwendungsgerecht aufbereitetes Datenmaterial – von Erbgutinformationen bis zum Blut- oder Röntgenbild. Inzwischen ist die Generierung umfassender genetischer, zellbiologischer, physiologischer und visueller Datensätze gut etabliert und mit sinkendem Kostenaufwand durchführbar. Wichtig ist nun ihre **elektronische Prozessierung** (e:Med), also die computergestützte Archivierung, Analyse und Integration der Daten. Hierbei spielen Mathematik und Informationswissenschaften eine tragende Rolle.

Das **Forschungs- und Förderkonzept e:Med** unterstützt vor allem folgende Fragestellungen:

Wie funktionieren molekulare Netzwerke im menschlichen Körper? Durch welche Umweltfaktoren werden sie beeinflusst? Wie lassen sich die systemorientierten Herangehensweisen der biomedizinischen Forschung übertragen? Hier geht es vor allem um die Übersetzung von Methoden und Ergebnissen der Grundlagenforschung in die klinische Forschung, einschließlich früher Überprüfungsphasen an wenigen Patienten.

Um diese Ziele zu erreichen, sollen Forschungskonsortien zur Systemmedizin etabliert und Pilotstudien zur Individualisierten Medizin durchgeführt werden. Besondere Akzente liegen auch auf der wissenschaftlichen Nachwuchsförderung und der Internationalisierung durch aktive Beteiligung an forschungsstrategischen Initiativen und Großforschungsvorhaben.

---

1 Der Begriff „Systemmedizin“ wird von der EU-Kommission relativ eng als „Übertragung von Methoden der Systembiologie in die Medizin“ definiert (s. CSA Systems Medicine). Schwerpunkt ist hier die mathematische Modellierung komplexer Lebensprozesse. Im Kontext des e:Med-Konzeptes wird der Begriff in einem erweiterten Verständnis verwendet: Es geht hier nicht nur um die Übertragung „systembiologischer Methoden“, sondern generell um die Übertragung systemorientierter Ansätze in die Medizin, welche die Betrachtung komplexer Zusammenhänge in ihrer Gesamtheit ermöglichen.

# 1 Motivation und Zielsetzung

Seit der Jahrtausendwende haben systemorientierte Forschungsansätze die biomedizinische Forschung revolutioniert. In Deutschland hat das BMBF die Förderschwerpunkte Genomforschung und Systembiologie frühzeitig aufgegriffen und damit maßgeblich zur strukturellen und inhaltlichen Etablierung dieser Forschungsfelder beigetragen. Heute, nach einer Dekade der intensiven Weiterentwicklung, ist die Zeit reif, um diese Konzepte und Techniken gezielt für die großen Herausforderungen der Gesundheitsforschung einzusetzen.

Dieser Prozess wird vor allem durch den rasanten Technologiefortschritt in den verschiedenen analytischen Techniken vorangetrieben, dazu zählen die Genomik, die Proteomik und die bildgebenden Verfahren. Weiter fallende Preise für die Datengenerierung und -verarbeitung werden dafür sorgen, dass die Anwendung dieser Techniken für die Vorhersage, die Diagnose und die Therapie von Erkrankungen zur klinischen Routine werden wird. Experten schätzen, dass Tumorgenomanalysen oder multiparametrische Proteomik in den nächsten fünf bis zehn Jahren zum medizinischen Standardrepertoire gehören werden.

Um diese neuen technischen und methodischen Ansätze zu integrieren und zum Wohle der Patienten in die klinische Anwendung zu überführen, legt das BMBF ein Konzept zur Etablierung der Systemmedizin in Deutschland vor. Durch systemmedizinische Forschung, die auf der gezielten Verknüpfung von Mathematik und Informatik mit klinischen Disziplinen und Lebenswissenschaften beruht, sollen Erkenntnisse mit Relevanz für die medizinische Versorgung gewonnen und Voraussetzungen für deren Überführung in die klinische Praxis geschaffen werden. Diesen Zielen dient das Forschungs- und Förderkonzept e:Med.

## 1.1 Gesundheitspolitische Herausforderungen

Die medizinischen Fortschritte der Vergangenheit haben die Gesundheit der Bevölkerung deutlich verbessert: Die Lebenserwartung steigt und viele Krank-

heiten haben ihren Schrecken verloren. Diese positive Entwicklung muss weitergehen. Drei der wichtigsten Herausforderungen in den industrialisierten Ländern sind im Folgenden benannt:

### 1.1.1 Zunahme der Volkskrankheiten als Folge des demografischen Wandels

Weil die Menschen immer älter werden und sich die Lebens- und Ernährungsumstände gravierend verändert haben, häufen sich Volkskrankheiten wie Herz-Kreislauf-, Krebs- sowie neuronale und metabolische Erkrankungen. Gemeinsam ist ihnen eine hohe sozioökonomische Relevanz und eine große Komplexität in Entstehung und Verlauf. Weil ihre Entstehungsfaktoren vielfältig sind, greifen Therapien, die einzelne Ursachen oder Symptome zu bekämpfen suchen, hier oft zu kurz.

### 1.1.2 Unwirksame Medikamente und ineffektive Therapien

Heute wirken auch die besten Medikamente – in Abhängigkeit von der Art der Erkrankung – nur bei etwa 30 bis 70 Prozent der Patienten. Bei gleichlautender Diagnose unterscheidet sich die Wirksamkeit einer Therapie oft erheblich von Patient zu Patient. Dies liegt daran, dass sich die Diagnose oft nur auf wenige Parameter stützt und entscheidende Unterschiede zwischen einzelnen Patienten unberücksichtigt bleiben.

Dies ist der Ausgangspunkt für die individualisierte Medizin. Durch eine umfassendere und genauere Diagnostik sollen die vorhandenen Therapeutika besser an die Voraussetzungen der einzelnen Patienten angepasst werden. Parallel dazu werden neue, zielgenauere und damit wirksamere Therapien entwickelt.

### 1.1.3 Einfluss von Umwelt und Lebensgewohnheiten auf die Gesundheit

Für den individuellen Gesundheitszustand spielen Erbanlagen, Umwelteinflüsse und Lebensgewohnheiten eine wesentliche Rolle. Inzwischen ist bekannt, dass gezielte Ernährung und ein gesundheitsbewusster Lebensstil das Erkrankungsrisiko deutlich senken können. Es liegt also eine große Chance in der Prävention. Zur Entwicklung präventiver oder

therapeutischer Maßnahmen gegen umwelt- und ernährungsbedingte Erkrankungen brauchen wir genaue Kenntnisse des Zusammenspiels pathophysiologischer Prozesse und äußerer Faktoren.

## 1.2 Forschungspolitische Antwort

Das Forschungs- und Förderkonzept e:Med zielt auf Projekte der anwendungsorientierten Grundlagenforschung ab, die sich dieser Herausforderungen annehmen. Von grundsätzlicher Bedeutung ist dabei die elektronische Prozessierung und Integration von Daten (e:Med) – sie ebnet der Systemmedizin den Weg.

### 1.2.1 Komplexe Fragestellungen – Systemorientierte Antworten

Deutlich wurde durch die bisherigen Forschungsanstrengungen vor allem eines: Durch isolierte Betrachtung einzelner Komponenten lässt sich die Entstehung vieler Krankheiten nur unvollständig aufklären. Gerade die großen Volkskrankheiten haben multifaktorielle Ursachen und eine individuelle Chronik. Zum einen spielen Ernährung, Bewegung und Umwelteinflüsse eine große Rolle. Zum anderen entscheiden die davon beeinflussten, individuellen genetischen und physiologischen Vorgänge im Menschen zwischen Gesundheit und Krankheit. Im Mittelpunkt zukünftiger Forschungs- und Förderaktivitäten steht die Ergründung dieses komplexen Zusammenspiels. Wie greifen die verschiedenen Ebenen im System ineinander? Welche Mechanismen wirken und wie lassen sie sich regulieren?

Weltweit herrscht die Einsicht, dass weitere Fortschritte in der Vermeidung, Erkennung und Behandlung der Volkskrankheiten nur dann erzielt werden können, wenn die systemorientierten Methoden und Technologien der modernen lebenswissenschaftlichen Grundlagenforschung auch in der Medizin angewandt werden. Es geht also um die Erweiterung der klassischen Medizin durch die Systemmedizin.

Systemmedizinische Forschungsansätze werden durch den dynamischen technologischen Fortschritt in den Lebenswissenschaften angetrieben. Vor allem die stark verbesserten Möglichkeiten zur Erfassung

und Verarbeitung umfangreicher genetischer, zellbiologischer, physiologischer und visueller Daten bei kontinuierlich fallenden Preisen tragen dazu bei.

Mithilfe der sogenannten „Omics“-Technologien („genomics“, „proteomics“, „metabolomics“) ist es heute möglich, die Gesamtheit aller Moleküle bestimmter Klassen, wie DNA, Proteine oder Stoffwechselprodukte gleichzeitig, also auf das gesamte System bezogen zu erfassen. Dadurch werden sehr große Mengen medizinisch relevanter Daten erhoben, deren Analyse, Integration und Anwendung nur mithilfe moderner Informationstechnologien möglich ist.

In der Systembiologie wird außerdem der Ansatz verfolgt, das Zusammenspiel der Faktoren in lebenden Systemen quantitativ und in zeitlicher Auflösung darzustellen, um ihr Verhalten vorherzusagen. Computersimulationen könnten so künftig Wahrscheinlichkeiten der Entstehung von Erkrankungen und des möglichen Erfolgs für ihre Heilung vorhersagen.

Diese Forschungsansätze bilden die Grundlage der Systemmedizin. Sie versprechen neue Antworten auf Fragen nach Ursachen von Erkrankungen und eröffnen Perspektiven zu ihrer Vermeidung und Heilung. Bedeutsam ist dies vor allem auch für die Individualisierung von Präventions- und Behandlungsstrategien.

### 1.2.2 Förderziele von e:Med

- e:Med will diesen Weg zur **Systemmedizin** in Deutschland ebnen. Dazu soll das Wissen um molekulare Netzwerke und ihre Funktionen im menschlichen Körper sowie ihre Beeinflussung durch Umweltfaktoren weiter ausgebaut werden. Ein besonderer Schwerpunkt liegt auf der Integration von unterschiedlichen Wissens Ebenen, also beispielsweise auf der Verknüpfung der Ergebnisse unterschiedlicher „Omics“-Analysen.
- Moderne Informationstechnologien und innovatives Datenmanagement sollen noch stärker Teil der krankheitsbezogenen Forschung werden. In der Systemmedizin werden gesundheitsbezogene Daten in vorher ungekanntem Maße erhoben,

analysiert und integriert. Ihrer **elektronischen Prozessierung** (e:Med) kommt eine entscheidende Bedeutung zu. Die Entwicklung internationaler Standards für die Datenerhebung soll unterstützt und ihre Einhaltung forciert werden. Die Daten aus Grundlagenforschung und Klinik sollen durch entsprechende Aufbereitung für Forscher und Ärzte nutz- und interpretierbar gemacht werden. Die Zusammenarbeit von Mathematikern und Informationswissenschaftlern mit Medizinern und Biologen soll deshalb in den systemmedizinischen Förderprojekten eine neue Qualität erhalten.

- Methoden und Ergebnisse der biomedizinischen Grundlagenforschung sollen **in die Klinik** übertragen werden. Mit systemorientierten Ansätzen, wie der Sequenzierung ganzer Genome, können Diagnosen genauer gestellt und Therapien zielgerichteter eingesetzt werden. Das Programm e:Med fördert den Ausbau entsprechender Expertise in der klinischen Forschung, einschließlich erster Validierungsschritte mit wenigen Patienten.

### e:Med: Auf dem Weg zur Systemmedizin

Die Systemmedizin nutzt systemorientierte Herangehensweisen in der Forschung und in der klinischen Versorgung, um komplexe physiologische und pathologische Prozesse besser zu verstehen und damit Grundlagen für die Entwicklung innovativer Heilverfahren und Präventionsmaßnahmen zu schaffen.

Im Folgenden werden Beispiele für zu erwartende kurzfristige sowie mittel- bis langfristige Erfolge zusammengestellt:

#### Kurzfristige Erfolge (1-5 Jahre)

- Praxistaugliche Formate zur Integration von Daten und Modellen unterschiedlicher molekularer oder zellulärer Ebenen,
- Anwendungen zur routinemäßigen Nutzung individueller genetischer Daten und weiterer „Omics“-Daten, um Strategien für die individualisierte Medizin abzuleiten,
- Rationale Modelle zur Vorhersage von synergistisch wirkenden Medikamentenkombinationen,
- Verbesserung des Designs klinischer Studien durch Modellierung von Nebenwirkungen und Berücksichtigung genetischer Parameter.

#### Langfristige Erfolge (6-10 Jahre)

- Prototypen von Patientendatenbanken mit integrierten und funktionell verknüpften Daten,
- Entwicklung von virtuellen Krankheitssimulatoren, die komplexe biologische Phänotypen abbilden,
- Validierung von Modellvorhersagen im Tiermodell bzw. im Patienten,
- Entwicklung von Software für individualisierte Diagnose und Therapie.

### 1.2.3 Verankerung von e:Med im Rahmenprogramm Gesundheitsforschung

Das Forschungs- und Förderkonzept e:Med ist Teil des Rahmenprogramms Gesundheitsforschung der Bundesregierung. Primäres Ziel des Rahmenprogramms ist es, durch eine gezielte Stärkung der translationalen Forschung die Qualität und Sicherheit der Gesundheitsversorgung zu verbessern. Die Umsetzung des Rahmenprogramms Gesundheitsforschung erfolgt in sechs Aktionsfeldern, deren Addressierung die bessere Bewältigung unterschiedlicher forschungspolitischer Herausforderungen verspricht. Die Maßnahmen des Forschungs- und Förderkonzeptes e:Med gestalten das Rahmenprogramm Gesundheitsforschung der Bundesregierung im Bereich der anwendungsorientierten lebenswissenschaftlichen Grundlagenforschung aus und bedienen dessen Aktionsfelder im Querschnitt.

Systemorientierte medizinische Forschung wird in verschiedenen Bereichen zu neuen Erkenntnissen führen:

- in der Erforschung von multifaktoriell bedingten **Volkskrankheiten**,
- beim komplexen Zusammenspiel pathophysiologischer Prozesse mit äußeren Faktoren in der **Präventions- und Ernährungsforschung**,
- durch umfassendere Diagnostik und individuell angepasste Therapieschemata in der **individualisierten Medizin**.

Dies wird zu einer **verbesserten Versorgung** beitragen sowie die Innovationsbasis für die **Gesundheitswirtschaft** schaffen. Die **Internationalisierung** der deutschen Forschung durch Beteiligung an internationalen Großforschungsvorhaben oder europaweiten Strategieprozessen ist ein weiterer wichtiger strategischer Pfeiler.

## 2 Strategien und Maßnahmen

### 2.1 Strategien

Zur Etablierung der Systemmedizin verfolgt das Forschungs- und Förderkonzept e:Med folgende Strategien:

#### 2.1.1 Interdisziplinarität stärken, Ressourcen bündeln, auf förderpolitischen Erfolgen aufbauen

Für die Erhebung, Verarbeitung und Nutzung lebenswissenschaftlicher Daten ist das synergistische Zusammenwirken von Experten aus der medizinischen Grundlagenwissenschaft, aus der Klinik und aus den Informationswissenschaften unabdingbar. Durch Interdisziplinarität und horizontalen Wissenstransfer wird der Einzug von Ergebnissen, Technologien und Methoden aus der medizinischen Grundlagenforschung in die Klinik erheblich erleichtert.

Das Konzept e:Med unterstützt vor allem die fächerübergreifende Zusammenarbeit, ohne die systemmedizinische Ansätze nicht realisierbar sind. Das BMBF wird im Rahmen der Forschungsförderung die enge Zusammenarbeit relevanter Akteure aus Klinik, medizinischer Grundlagenforschung und Informationswissenschaften katalysieren. Während der Phase der Etablierung eines neuen Forschungsfeldes braucht es erfahrungsgemäß förderpolitische Unterstützung. Das erprobte Instrument der Förderung schlagkräftiger, fokussierter Verbände, in denen alle zur Umsetzung einer gemeinsamen Zielsetzung notwendigen Expertisen und Ressourcen gebündelt werden, soll auch hier zum Einsatz kommen.

Die Förderaktivitäten des Forschungs- und Förderkonzepts e:Med sollen gezielt das hohe Innovationspotenzial bisheriger Förderschwerpunkte im Bereich der medizinischen Genomforschung und der Systembiologie aufgreifen und diese konsequent weiterentwickeln.

#### 2.1.2 Anwendungsorientierte Grundlagenforschung stärken

Große Pharmaunternehmen ziehen sich aus Teilen der krankheitsbezogenen Grundlagenforschung zurück. Eine erfolgreiche Grundlagenforschung ist jedoch die Basis für die Innovationen in der Medizin von

morgen. Deshalb beabsichtigt das Forschungs- und Förderkonzept e:Med, durch attraktive Forschungsziele und „Show Cases“ (siehe auch Ziffer 2.2.2) die anwendungsorientierte medizinische Grundlagenforschung gezielt zu stärken und die Beteiligung von Biotech-Unternehmen an Forschungsprojekten zu erreichen. Von Beginn an sollen Anforderungen an und wissenschaftliche Rahmenbedingungen für die Umsetzung von Forschungsergebnissen in Klinik und Wirtschaft in den Forschungsprojekten berücksichtigt werden.

#### 2.1.3 Wissenschaftlichen Nachwuchsförderung

Für die Etablierung des Forschungsfeldes der Systemmedizin ist eine geeignete Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses unabdingbar. Nur so kann die notwendige interdisziplinäre Vernetzung von theoretischer und praktischer biomedizinischer Grundlagenforschung und klinischer Forschung nachhaltig ermöglicht werden. Dafür sollen spezifische und rasch wirksame Instrumente der Nachwuchsförderung eingesetzt werden, beispielsweise die Förderung von Nachwuchstandems oder Juniorverbänden (siehe auch Ziffer 2.2.3).

#### 2.1.4 Projektförderung mit institutioneller Förderung abgleichen

Der Forschungsansatz von e:Med verbindet moderne Hochdurchsatz- und Informationstechnologien mit einem indikationsübergreifenden, systemorientierten Ansatz. Damit agiert das Forschungs- und Förderkonzept komplementär zu den **Deutschen Zentren der Gesundheitsforschung**. Sie können die Ergebnisse der Grundlagenforschung für ihre auf einzelne Krankheitsbilder fokussierte Forschung nutzen und Kooperationen mit im Rahmen von e:med geförderten Forschergruppen eingehen.

#### 2.1.5 Internationalisierung vorantreiben

Die Dimension der systemmedizinischen Forschung erfordert die internationale Zusammenarbeit, um Ressourcen zu bündeln und kritische Massen an Forschungskapazität und Personal zu generieren. Darüber hinaus ist die Etablierung international verbindlicher Standards für die Erhebung, Archivierung und

Analyse medizinischer Daten entscheidend. Durch e:Med wird eine starke, nationale Basis an Wissen und Ressourcen geschaffen und die Beteiligung deutscher Forschergruppen an weltweit einschlägigen, internationalen Forschungsinitiativen ermöglicht. So kann die deutsche Forschungslandschaft eine **internationale Spitzenposition** erreichen. Das Forschungs- und Förderprogramm e:Med leistet damit einen substantziellen Beitrag zum Aktionsfeld des Rahmenprogramms Gesundheitsforschung „Gesundheitsforschung in internationaler Kooperation“.

## 2.2 Maßnahmen

Die Maßnahmen zur Etablierung der Systemmedizin werden in fünf Modulen umgesetzt. Zu jedem Modul werden entsprechende Bekanntmachungen veröffentlicht.

### 2.2.1 Modul I: Forschungskonsortien zur Systemmedizin

Modul I ist die zentrale Maßnahme des Zukunftskonzeptes e:Med. Ziel dieses Fördermoduls ist die **Etablierung der Systemmedizin**. Der Gegenstand der Förderung sind interdisziplinäre Forschungsverbände, in denen vorwiegend krankheitsübergreifende Forschungsansätze erprobt, effektives Datenmanagement insbesondere die Integration von unterschiedlichen Wissensebenen forciert und die stärkere Vernetzung von Versorgung und Forschung gefördert werden sollen.

Es sollen Forschungsverbände unterstützt werden, an denen sich Forscherinnen und Forscher verschiedener theoretischer (Physik, Mathematik und Informatik) und praktischer Disziplinen (Lebenswissenschaften und unterschiedliche klinische Disziplinen) beteiligen und eine neue Kultur der Zusammenarbeit entwickeln. Die Forschungsfragestellung muss einen klaren Krankheitsbezug aufweisen. Indikationsübergreifende Forschungsansätze sind ausdrücklich erwünscht, jedoch nicht obligat. Bestimmend ist die überzeugende Konzeption einer gemeinsamen, alle beteiligten Gruppen integrierenden Thematik.

Der Schwerpunkt der Forschung soll künftig nicht mehr auf der bloßen Generierung von Datensätzen

liegen, sondern vielmehr auf ihrer funktionellen Annotation und **Integration** im Sinne einer Systemmedizin. Entscheidend ist hierbei ihre weitere Analyse und Modellierung durch informationswissenschaftliche und mathematische Methoden. Mithilfe systemmedizinischer Forschungsansätze soll ein besseres Verständnis des komplexen Aufbaus molekularer Netzwerke, ihrer Regulierung und ihrer Rolle in pathophysiologischen Prozessen erreicht und neue Ansatzpunkte für präzisere und damit wirksamere Therapien geschaffen werden.

In diesen Forschungskonsortien soll auch die **Implementierung** systemorientierter Techniken wie die der Genomsequenzierung oder der Proteomanalyse in der klinischen Forschung weiter ausgebaut werden. Die Erprobung neu entwickelter Ansatzpunkte für therapeutische Interventionsmöglichkeiten in Form von ersten Tests an kleinen Patientengruppen ist im Rahmen dieser Forschungskonsortien möglich. So gewonnene Erkenntnisse liefern die Basis für eine genauere, weil umfassendere Diagnostik und den gezielteren Einsatz von Therapien, also für eine Individualisierung der Medizin. Barrieren für die Verwertung dieser Daten für ärztliches Handeln sollen gesenkt werden.

### 2.2.2 Modul II: Demonstratoren zur Individualisierten Medizin

Hier sollen Pilotprojekte den direkten Nutzen von Datensätzen aus der Hochdurchsatzforschung für die individualisierte Prävention, Diagnose und Therapie demonstrieren. Moderne Hochdurchsatzverfahren und die Weiterentwicklung der Bioinformatik ermöglichen die systematische Erfassung und Analyse immer größerer medizinisch relevanter Datenmengen zu vertretbaren Kosten. Diese Datensätze haben einen enormen Informationsgehalt, dessen prognostischer, diagnostischer und therapeutischer Wert für die individualisierte Medizin bislang nur wenig erforscht ist. Um die klinische Translation dieser Informationen zu forcieren, ist ein verstärkter Einsatz der Informationswissenschaften notwendig. Gefördert wird deshalb die Entwicklung innovativer Methoden oder (bioinformatischer) Werkzeuge, die den unmittelbaren Nutzen und die Anwendbarkeit von systemorientierten Ansätzen basierend auf Daten

aus der Hochdurchsatzforschung für die individualisierte Medizin belegen. Dafür sollen sogenannte „Omics“-Datensätze, wie Genom-, Transkriptom-, Epigenom- oder Metabolomdaten und gegebenenfalls korrelierende Datensätze – beispielsweise solche zu klinischen Phänotypen und Umweltfaktoren – verwendet werden. Die Schwerpunkte liegen auf dem Verfügbarmachen von Daten, ihrer Integration und Analyse und/oder dem Einsatz von mathematischen Modellen. Eine klinische Anwendungsperspektive muss gegeben sein. Die Durchführung von klinischen Erprobungen an kleinen Patientenkollektiven ist bei Vorliegen der erforderlichen medizinischen und ethischen Voraussetzungen möglich. Nicht unterstützt werden klinische Studien zur weiteren Validierung in größeren Patientenkollektiven. Modul II eignet sich zur Unterstützung von Forschungs Kooperationen mit Unternehmen aus der Biotechnologiebranche.

### 2.2.3 Modul III: Nachwuchs

Dieses Modul ermöglicht die planmäßige Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses in der Systemmedizin. Ziele der Nachwuchsförderung sind:

- herausragende Mediziner, Informatiker, Mathematiker und Biologen für das Feld zu gewinnen,
- die Zusammenarbeit von Medizinern, Informatikern, Mathematikern und Biologen durch horizontalen Wissenstransfer zu stärken,
- Informatik und Mathematik in der Klinischen Ausbildung und Forschung besser zu integrieren.

Jüngere Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler müssen die Möglichkeit erhalten, unabhängig eigene Forschungsvorhaben umzusetzen, wissenschaftliche Expertise aufzubauen und sich in der systemorientierten medizinischen Forschung zu etablieren. Dazu müssen bestehende Barrieren überwunden werden, um eine neue Kultur der fächerübergreifenden Zusammenarbeit nachhaltig aufzubauen. Mit dem Modul III werden über das Angebot verschiedener Instrumente frühe Karrierestufen adressiert.

Gefördert werden im Rahmen von e:Med im Modul III sowohl kompetitiv ausgestattete Nachwuchsgruppen (A) als auch kompetitiv ausgestattete Juniorverbände (B) sowie (C) hochkarätig besetzte Summer Schools als Weiterbildungsmodul.

#### A) Nachwuchsgruppen

Das Modul III A richtet sich an deutsche oder ausländische Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler mit Promotion oder Habilitation. Die Beantragung eines Projektes erfolgt ausschließlich durch die jeweilige Hochschule oder Forschungseinrichtung, an der die Nachwuchsgruppe etabliert werden soll. Junge Wissenschaftler, die sich um eine Nachwuchsgruppe bewerben, müssen daher im Vorfeld Einvernehmen mit einer aufnehmenden Hochschule oder Forschungseinrichtung erzielen. Ausgestattet sind die Nachwuchsgruppen mit einer Gruppenleiterstelle, einer Postdoktoranden- und bis zu zwei Doktorandenstellen sowie Sach- und Investitionsmitteln und Reisekostenzuschüssen in üblichem Umfang.

#### B) Juniorverbände

In einem Juniorverbund arbeiten mindestens drei junge Wissenschaftler/innen, deren Promotion nicht länger als fünf Jahre zurückliegt, aus verschiedenen Disziplinen an einem gemeinsamen Projekt. Im Juniorverbund arbeiten mehrere Partner vertraglich geregelt projektbezogen zusammen. Es können Forschungsvorhaben zwischen Biologen, Klinikern unterschiedlicher fachlicher Ausrichtung und theoretischen Wissenschaftlern (Mathematiker, Informatiker, Physiker) eingereicht werden, wobei mindestens zwei dieser Richtungen vertreten sein müssen.

Von den Verbundprojekten wird erwartet, dass sie die notwendige interdisziplinäre Expertise bündeln, um die Forschungsziele zu erreichen. Die Anzahl der Partner je Juniorverbund wird durch die Themenstellung bestimmt (mindestens drei, höchstens fünf Partner). Das Verbundvorhaben wird durch einen Koordinator vertreten. Juniorverbundprojekte müssen von Beginn an interdisziplinär geplant sein und einen systemorientierten medizinischen Forschungsansatz verfolgen. Die Ausstattung umfasst eine Stelle für den Teilprojektleiter sowie Sach- und Investitionsmittel und Reisekostenzuschüsse in üblichem Umfang.

#### C) Summer Schools

In dreitägigen, mit hochkarätigen Wissenschaftlern besetzten Summer Schools soll jungen Mediziner,

Biologen und Mathematikern nach ihrer Promotion bzw. in ihrer Facharztausbildung die Möglichkeit zur konzentrierten, intensiven Weiterbildung im Bereich der Systemmedizin gegeben werden. Die Teilnahme ist über ein Auswahlverfahren beschränkt, für die Teilnehmer entstehen keine Kosten.

#### 2.2.4 Modul IV: Zukunfts- und Querschnittsthemen

In diesem Modul sollen systemmedizinische Fragestellungen aufgegriffen werden, die für wichtige Aspekte der Systemmedizin bzw. für die Entwicklung des Forschungsfeldes insgesamt von großer Bedeutung sind und dem raschen Erkenntnisfortschritt auf diesem Gebiet sowie dem Innovationsbedarf und dem Innovationsverhalten der einschlägigen Wirtschaftszweige Rechnung tragen.

Solchermaßen konzipierte Forschungs- und Fördermaßnahmen werden mit dem Fortschreiten des Feldes immer größere Bedeutung erlangen, da nur so in flexibler Weise auf das Entstehen neuer Forschungsthemen und den hochkompetitiven weltweiten Wettbewerb um Forschungsergebnisse und systemmedizinische Innovationen reagiert werden kann.

#### 2.2.5 Modul V: Internationalisierung

Im Rahmen des Aktionsfeldes „Gesundheitsforschung in internationaler Kooperation“ des Rahmenprogrammes für Gesundheitsforschung der Bundesregierung wird die fachbezogene Zusammenarbeit mit europäischen und außereuropäischen Forschungs- und Forschungsförderorganisationen angestrebt. Neben der Nutzung von Synergien im forschungspolitischen Bereich, wie der Harmonisierung strategischer Agenden und Vernetzung, ist eine gemeinsame Forschungsförderung ein wichtiges Element dieser Aktionslinien.

Die systemorientierte biomedizinische Forschung in Deutschland ist führend in Europa. Zusätzlicher Mehrwert wird durch eine enge Einbindung in die europäische und internationale Forschungslandschaft erreicht. In diesem Modul soll die internationale Vernetzung der deutschen Forschungsszene auf

breiter Ebene vorangebracht werden. Hierbei gilt es, der Vielgestaltigkeit internationaler Kooperationen von Förderern und Forschungsgruppen Rechnung zu tragen und parallel auf unterschiedlichen Ebenen zu agieren. Die wichtigsten Ebenen und Maßnahmen werden nachfolgend dargestellt:

- Substanzielle Beteiligung an **internationalen Großforschungsvorhaben**, wie dem Internationalen Krebsgenom Konsortium (ICGC), dem Internationalen humanem Epigenom Konsortium (IHEC).
- (Federführende) Beteiligung an unterschiedlichen europäischen forschungsstrategischen Initiativen wie den ERA-Netzen oder „Coordination and Support Actions“ (CSA Personalisierte Medizin, ERA-Net Synthetische Biologie) und an Maßnahmen zur Koordinierung und Entwicklung neuer Felder (europäische Coordination and Support Action zur Systemmedizin CASyM).
- Gemeinsame Konzepte und Bekanntmachungen mit europäischen und internationalen Forschungsförderern.

## **Impressum**

### **Herausgeber**

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)  
Lebenswissenschaftliche Grundlagenforschung  
11055 Berlin

### **Stand**

September 2012

### **Gestaltung**

W. Bertelsmann Verlag, Bielefeld, Christiane Zay, Potsdam

### **Bildnachweis**

Titel: Fotolia

### **Redaktion**

Projektträger im DLR, Gesundheitsforschung  
Projektträger Jülich, Molekulare Lebenswissenschaften

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit vom Bundesministerium für Bildung und Forschung unentgeltlich abgegeben. Sie ist nicht zum gewerblichen Vertrieb bestimmt. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerberinnen/Wahlwerbern oder Wahlhelferinnen/Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Bundestags-, Landtags- und Kommunalwahlen sowie für Wahlen zum Europäischen Parlament.

Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen und an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung.

Unabhängig davon, wann, auf welchem Weg und in welcher Anzahl diese Schrift der Empfängerin/dem Empfänger zugegangen ist, darf sie auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Bundesregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

