



Ausarbeitung

Zu den Erfolgsfaktoren interdisziplinärer Medizinforschung

Zu den Erfolgsfaktoren interdisziplinärer Medizinforschung

Aktenzeichen: WD 8 - 3000 - 033/16
Abschluss der Arbeit: 27. Mai 2016
Fachbereich: WD 8: Umwelt, Naturschutz, Reaktorsicherheit, Bildung und
Forschung

Die Wissenschaftlichen Dienste des Deutschen Bundestages unterstützen die Mitglieder des Deutschen Bundestages bei ihrer mandatsbezogenen Tätigkeit. Ihre Arbeiten geben nicht die Auffassung des Deutschen Bundestages, eines seiner Organe oder der Bundestagsverwaltung wieder. Vielmehr liegen sie in der fachlichen Verantwortung der Verfasserinnen und Verfasser sowie der Fachbereichsleitung. Arbeiten der Wissenschaftlichen Dienste geben nur den zum Zeitpunkt der Erstellung des Textes aktuellen Stand wieder und stellen eine individuelle Auftragsarbeit für einen Abgeordneten des Bundestages dar. Die Arbeiten können der Geheimschutzordnung des Bundestages unterliegende, geschützte oder andere nicht zur Veröffentlichung geeignete Informationen enthalten. Eine beabsichtigte Weitergabe oder Veröffentlichung ist vorab dem jeweiligen Fachbereich anzuzeigen und nur mit Angabe der Quelle zulässig. Der Fachbereich berät über die dabei zu berücksichtigenden Fragen.

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	4
2.	Begriffliche Abgrenzung	4
2.1.	Best Practice	4
2.2.	Interdisziplinärer Charakter von medizinischer Forschung	5
2.3.	Innovationstransfer/Technologietransfer	5
2.4.	Messung von Erfolg und Effizienz	5
3.	Internationale Beispiele interdisziplinärer Medizinforschung	6
3.1.	Boston Region	6
3.2.	Cambridge UK	9
3.3.	Cluster Grenoble / Lyon High Tech Cluster	11
3.4.	Singapur	12
3.5.	Heidelberg	14
3.6.	Zentren der Gesundheitsforschung	16
4.	Zur Diskussion der Erfolgsmessung und Evaluation	16
4.1.	Shanghai Ranking/ Academic Ranking of World Universities	17
4.2.	Times Higher Education World University Ranking	17
4.3.	Reuters' Top 25 Global Innovators	17
4.4.	Kritik der Erfolgsmessung	18
4.5.	Bewertung von „Impact“ und „Qualität“	20
5.	Technologie-Transfer	22
6.	Fehlinvestitionen in der biomedizinischen Forschung	23
7.	Overheadkosten in den USA	24
8.	Perspektiven und Bewertungen in der (medizinischen) Forschung	26
9.	Literaturverzeichnis	29

1. Einleitung

In der vorliegenden Arbeit wird auf **Erfolgsfaktoren innerhalb der angewandten Forschung unter besonderer Berücksichtigung interdisziplinärer Medizinforschung** eingegangen. Gerade in diesem Bereich wird immer wieder die Forderung laut, dass ein effizienter Wissenstransfer und das verantwortungsvolle Einsetzen von Forschungsmitteln besonders wichtig seien, da die menschliche Gesundheit als Forschungsziel verfolgt werde. Dabei liegt es nahe, nach internationalen Beispielen zu fragen, die nach bestimmten zu definierenden „Kriterien“ besonders erfolgreich und effizient angewandte Forschung im Bereich der Gesundheit betreiben.

Zunächst werden einzelne Beispiele internationaler Standorte (zumeist Cluster) aufgeführt, die in der Gesundheitsforschung gemeinhin als „erfolgreich“ bezeichnet werden. Hieran schließt sich sogleich die Frage an, woran sich „Erfolg“ misst. Besonders innerhalb von Clustern, in denen Wirtschaftsunternehmen und non-profit Wissenschaftsbetriebe nebeneinander arbeiten, ist nicht von vorneherein klar definiert, wie sich „Erfolg“ quantifizieren lässt. Darum werden die Standorte zunächst beschrieben und ihre Struktur charakterisiert. Anschließend werden Methoden der Evaluation, Erfolgsmessung und des Rankings in der Wissenschaft vorgestellt und einzelne Publikationen angegeben, die Kritik an Aspekten der Erfolgsmessung üben. Weitere wichtige Punkte für die Bewertung erfolgreicher Gesundheitsforschung sind der effiziente Technologie- bzw. Wissenstransfer, die Diskussion zu Fehlinvestitionen in der biomedizinischen Forschung und ihre Rechtfertigung sowie die Frage nach der Höhe von Overheadkosten. Abschließend werden Perspektiven für die medizinische Forschung aus der Literatur vorgestellt. Insbesondere wird dabei auf die Ergebnisse des Gutachtens der Expertenkommission Forschung und Innovation 2014 (EFI2014) eingegangen, in dem ein Kernthema „Forschung und Innovation in der Hochschulmedizin“ war.

2. Begriffliche Abgrenzung

2.1. Best Practice

Der Begriff „best practice“ wird besonders in der Betriebswirtschaftslehre verwendet. Hiermit werden **beste realisierbare Lösungen** umschrieben. „Im betrieblichen Bereich stellen Benchmarks (Benchmarking) Orientierungs- oder Zielgrößen dar, die eine objektive Bewertung der eigenen Leistung im Vergleich zu anderen Unternehmen ermöglichen. [...] Im Kern beinhaltet Benchmarking damit das Streben, zum „Besten der Besten“ zu werden. Best-Practice Benchmarking bedeutet die Orientierung am „Klassenbesten“. Hierbei wird bewusst nach Unternehmen außerhalb der eigenen Branche gesucht, die bestimmte Prozesse oder Funktionen hervorragend beherrschen.“¹

Der Begriff wird inzwischen in anderen Bereichen angewandt, beispielsweise in politischen Zusammenhängen, und umschreibt gemeinhin eine „**bestmögliche Methode**“ (oder auch „beste Praxis“, „beste Vorgehensweise“ oder „bestes Verfahren“).

¹ Quelle: Gablers Wirtschaftslexikon, im Internet abrufbar unter: <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/best-practice.html#definition> [zuletzt abgerufen am 26. April 2016].

2.2. Interdisziplinärer Charakter von medizinischer Forschung

Zahlreiche Fachbereiche spielen für medizinische Forschung eine Rolle und umfassen Fachgebiete wie Biotechnologie, Biologie, „Life Sciences“ (Lebenswissenschaften), Medizin, aber auch einzelne Teilbereiche in anderen klassischen Naturwissenschaften wie der Physik, Chemie oder Informatik. Eine Definition des relativ weit gefassten Begriffs „Life Sciences“ ist schwierig und resultiert zumeist in langen Listen von Unterdisziplinen.

Die vorliegende Arbeit geht darum von der Zielsetzung aus und konzentriert sich dabei besonders auf wissenschaftliches Arbeiten in verschiedenen Fachbereichen, die als **Ziel „menschliche Gesundheit“** verfolgen (Gesundheitsforschung).

2.3. Innovationstransfer/Technologietransfer

Innovationstransfer und Technologietransfer werden häufig synonym verwendet. Der Begriff Technologietransfer entstammt wiederum der Wirtschaftslehre und bezeichnet **die Verwertung technologischen Wissens (zur Problemlösung)**, das durch eine Gruppe oder Einzelne entwickelt wurde.²

Gerade in der Gesundheitsversorgung wird immer wieder bemängelt, dass die Schnelligkeit des Innovationstransfers ein zentrales Problem darstelle.³ In der vorliegenden Arbeit werden einzelne Arbeiten, die sich mit den Erfolgsfaktoren eines effektiven Technologietransfers beschäftigen, vorgestellt.

2.4. Messung von Erfolg und Effizienz

Die Messung von wissenschaftlichem Erfolg und Effizienz ist ein kontrovers diskutiertes Problem. Im Gegensatz zur Wirtschaft ist eine Quantifizierung wirtschaftlichen Erfolgs in Form von Umsatzmessung im Bereich der „non-profit-Forschung“ nicht möglich. Es gibt zahlreiche Ansätze, die darauf abzielen, einzelne quantifizierbare Indikatoren abzuleiten, die in einem Ranking von Einzelpersonen (beispielsweise durch „Impact-Faktoren“ oder „Hirsch-Faktoren“⁴) oder ganzer Institutionen resultieren, etwa durch Zusammenfassung von quantifizierbaren Messgrößen, die das Arbeiten verschiedener wissenschaftlicher und nichtwissenschaftlicher (Administration, Handwerklicher Bereich, technischer Support) Teilbereiche abbilden. Sämtliche Ansätze führen zu heftigen Diskussionen und gelten als sehr umstritten. Da die Darstellung von Rankings und

2 Quelle: <http://www.businessdictionary.com/definition/innovation-transfer.html> [zuletzt abgerufen am 26. April 2016].

3 Siehe beispielsweise Antrag der Fraktionen der CDU/CSU und SPD Transfer von Forschungsergebnissen und Innovationen in die Gesundheitsversorgung beschleunigen; Drucksache 18/7044 vom 15. Dezember 2015; <http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/18/070/1807044.pdf>

4 Zur Definition von Impact Faktoren und Hirsch Faktoren (h-index) siehe: <http://nihlibrary.campusguides.com/c.php?g=38330&p=244518> sowie <http://researchguides.uic.edu/c.php?g=252299&p=1683205> [Stand: 20. Mai 2016].

quantifizierbaren Größen zum Vergleich zwischen Institutionen oder Fachbereichen aber dennoch sehr hilfreich und bequem ist, werden sie weltweit in umfangreichem Ausmaß angewandt und auf ihrer Basis Fördermittel vergeben. Auch die Bewertung und Ableitung von „Best Practice-Beispielen“ erfolgt zumeist auf Basis eines Rankings. Verschiedene Probleme und Diskussionen zur Erfolgsmessung wissenschaftlichen Arbeitens werden in der vorliegenden Arbeit dargestellt.

3. Internationale Beispiele interdisziplinärer Medizinforschung

In einem Kommentar in der renommierten Fachzeitschrift Nature aus dem Jahr 2013 greift Paul Boyle⁵ einige Probleme auf, die seiner Meinung nach die bislang **herausragende Stellung der US-amerikanischen Forschung weltweit** und insbesondere im Vergleich zu Europa begünstigten. So sei ganz zentral, dass im Gegensatz zu Europa in den USA die Staaten **eine gemeinsame Sprache** hätten, **konsistente Arbeitsmarktbedingungen** und ein **einziges nationales Fördersystem existierten**. Europäische Wissenschaftler hätten, wenn man Publikationen zugrunde lege, zudem **weniger außereuropäische Kollaborationen** (23% gemeinsame Publikationen) als US-amerikanische Kollaborationen außerhalb der USA (30%). Wissenschaftler würden innerhalb europäischer Länder **weniger den Arbeitsplatz wechseln** als zwischen US-amerikanischen Bundesstaaten. An diesen Punkten könne „Europa“ zu seiner eigenen Stärkung ansetzen. Dies sind nur einzelne Faktoren, die herangezogen werden, um die Vormachtstellung amerikanischer Forschungsinstitutionen zu begründen. Im Folgenden werden exemplarisch einzelne Cluster aus der ganzen Welt vorgestellt und ihre Besonderheiten beschrieben.

3.1. Boston Region

Nicht nur im Bereich der Gesundheitsforschung und Life Sciences, auch in den Sektoren Informations- und Kommunikationstechnik (IKT), Saubere Technologien (Clean Tech), Rüstung und Sicherheitsforschung wird die Region um die US-amerikanische Stadt Boston immer wieder als Vorbild für Innovation und technologischen Erfolg genannt. Die „**ausgereifte Integration von Industrie, Universitäten und Politik**“⁶ werden hervorgehoben. Tatsächlich ist der internationale Erfolg dieser Region sicherlich nicht auf einige wenige Faktoren zurückzuführen, sondern ist in der Tat sehr komplex. Im Folgenden werden ausgewählte Faktoren zusammengetragen:

In der Region sind **mehrere der renommiertesten Universitäten und Forschungseinrichtungen** weltweit angesiedelt. Die Region verfügt über 74 Universitäten und Colleges in Boston (im Großraum Boston sind es rund 100). Hierzu zählen das Massachusetts Institute of Technology (MIT), die Harvard University, die Boston University, Boston College, Cambridge College, Massachusetts General Hospital, Harvard University Medical School, Whitehead Institute for Medical Biomedical Research und das Dana-Faber Cancer Institute.

5 Präsident von Science Europe sowie Direktor des UK Economic and Social Research Councils.

6 Vgl. <http://www.kooperation-international.de/innovationsportal/clusterportal/cluster-boston.html> [zuletzt abgerufen am 12. Mai 2016].

Nachdem in den 1980er Jahre die Region besonders durch die Entwicklung des Minicomputers geprägt wurde, verlor dieser zunehmend an Bedeutung. **Der Region gelang es allerdings im Gegensatz zu anderen Beispielen, sich auf andere Gebiete zu spezialisieren und Clusterinitiativen in den Sektoren IKT und Lebenswissenschaften zu initiieren.** Der besondere Erfolg der Region wiederum wird als Grund genannt, dass überdurchschnittlich viel **Risikokapital** im Großraum Boston investiert wird.⁷ Zwar liegen die absoluten Investitionen hinter denen in Kalifornien, doch gemessen an der absoluten Anzahl der im Hightech-Sektor tätigen Unternehmen hat der Bundesstaat Massachusetts eine 35% höhere Quote als Kalifornien.⁸ Die Finanzkrise 2009 führte allerdings zu einem signifikanten Einbruch der Risikokapitalinvestitionen. Ein deutscher Risikokapitalgeber, der sich auf Life Sciences in Boston spezialisiert hat, ist TVM Capital aus München.

„In einer Studie des Milken-Institut aus dem Jahre 2009 belegt das **Life Sciences Cluster in Boston weiterhin den ersten Platz.** Die Studie verweist bei der Bewertung auf die immensen Kapazitäten Bostons im Bereich der Forschung und Entwicklung. In der Studie "Neurotech Clusters 2010" der Neurotechnology Industry Organization (NIO) belegt Boston den zweiten Rang. Der Abstand zum wettbewerbsfähigsten Cluster "Großraum San Francisco" ist allerdings sehr gering. Die Studie begründet die Top-Platzierung Bostons vor allem mit der einzigartigen Infrastruktur für die Neurotechnologie im Clustergebiet.“⁹

Ein weiterer wesentlicher Faktor wird in der **verkehrstechnischen Anbindung** gesehen:

- **Internationaler Flughafen:** Der Logan International Airport liegt nur ca. fünf Kilometer von Bostons Innenstadt entfernt. Sechs weitere Regionalf Flughäfen im Großraum Boston decken den nationalen Flug- und Frachtverkehr ab.
- **Hafen:** Der „Port of Boston“ ist der größte Hafen Neuenglands. 2008 wurden hier 15,5 Millionen Tonnen Fracht umgesetzt.
- **Straßenbau:** Die Entwicklung der Region führte zwangsläufig zu Verkehrsproblemen. Zur Lösung der Problematik wurde in den 1980er Jahren das als „Big Dig“ bekannte größte Straßenbauprojekt in den USA initiiert; es wurde nach einer Reihe Rückschlägen erst 2007 fertiggestellt.

Eine weitere Stärke der Boston Region liegt in der Tatsache, dass sie sich **nicht nur auf einen Sektor thematisch fixiert** hat (siehe oben: Lebenswissenschaften, IKT, Rüstung und Saubere Technologien). Im Bereich der Lebenswissenschaften sind folgende Faktoren als förderlich für den Standort zu bewerten: In **unmittelbarer Nachbarschaft zum MIT** sind über 150 Unternehmen mit lebenswissenschaftlichem Schwerpunkt angesiedelt. In einem größeren Umkreis von wenigen Meilen existieren über 600 sogenannte Life-Sciences-Firmen, wovon sich rund 475 auf Medizintechnik und über 75 auf Pharmazie spezialisiert haben. In der Region werden **dreimal mehr**

7 Vgl. <http://www.kooperation-international.de/innovationsportal/clusterportal/cluster-boston.html> [zuletzt abgerufen am 12. Mai 2016].

8 Vgl. <http://www.kooperation-international.de/innovationsportal/clusterportal/cluster-boston.html> [zuletzt abgerufen am 12. Mai 2016].

9 Vgl. <http://www.kooperation-international.de/innovationsportal/clusterportal/cluster-boston.html> [zuletzt abgerufen am 12. Mai 2016].

Patente pro Kopf angemeldet als im US-Durchschnitt. Bekannte Unternehmen wie Wyeth, Schering-Plough, Merck, Pfizer, Abbott Laboratories, Amgen, Astra-Zeneca, Bristol-Myers Squibb und Novartis unterhalten eigene **Zentren für Forschung und Entwicklung** im Großraum Boston. Ein besonderer thematischer Schwerpunkt liegt im Bereich der **Neurotechnologie**. „Das Massachusetts Institute of Technology (MIT) und die Harvard University sind auf dem Gebiet der neurotechnologischen Forschung weltweit führend. Sie nehmen die ersten Plätze für Publikationen und Zitationen in der Neurotechnologie ein. Die gewonnenen Forschungsergebnisse werden von den bedeutenden neurologischen Krankenhäusern im Großraum Boston in klinischen Studien verwertet. Auf diese optimalen Voraussetzungen greift auch die Pharmaindustrie zurück.“¹⁰

„Ein weiteres Stärkefeld im Großraum Boston wird als "**Boston Health 2.0 Cluster**" bezeichnet. In Boston entstehen monatlich neue Firmen, die Web 2.0 basierte Gesundheitsdienstleistungen anbieten. Das schnelle Wachstum und die innovativen Ideen sind auch größeren Konzernen nicht entgangen. So kauften sich bereits große Konzerne wie Microsoft, Google und American Well bei Start-ups im Clustergebiet ein. Der "Boston Health 2.0 Cluster" ist ein Beispiel für erfolgreiche Crossinnovation, da in ihm diverse Stärken der Region verschmelzen (u.a. IT, Medizintechnik).“¹¹

Edward B. Roberts und Charles Eesley, beide Angehörige der MIT Sloan School of Management, haben für die Kauffmann Foundation¹² 2009 eine Studie durchgeführt, die das unternehmerische Potenzial des MIT analysiert.¹³ Hierin wird festgestellt, dass, wenn derzeit aktive, von MIT-Absolventen gegründete Firmen einen unabhängigen Staat gründen würden, dieser aktuell mindestens unter den elf stärksten Wirtschaftsnationen weltweit liege.¹⁴ Diese Ergebnisse werden weltweit beachtet und unterstützen die Reputation des MIT. Das Ergebnis wurde auch in der Darstellung des Clusters „Boston“ der Informationsseiten des BMBF zitiert.¹⁵

Tatsächlich beginnt eine überdurchschnittliche Ausbildung im Großraum Boston offensichtlich bereits in der **Schule**. Der Bundesstaat Massachusetts belegt in den Trends in Mathematics and

10 Vgl. <http://www.kooperation-international.de/innovationsportal/clusterportal/cluster-boston.html> [zuletzt abgerufen am 12. Mai 2016].

11 Vgl. <http://www.kooperation-international.de/innovationsportal/clusterportal/cluster-boston.html> [zuletzt abgerufen am 12. Mai 2016].

12 1966 gegründete Non-Profit-Organisation mit Sitz in Kansas; weitere Informationen im Internet verfügbar unter: <http://www.kauffman.org/what-we-do/research/2009/08/entrepreneurial-impact-the-role-of-mit> [zuletzt abgerufen am 12. Mai 2016].

13 Vgl. http://www.kauffman.org/~media/kauffman_org/research%20reports%20and%20covers/2009/02/mit_impact_brief_021709.pdf [zuletzt abgerufen am 12. Mai 2016].

14 Vgl. <http://www.kauffman.org/what-we-do/research/2009/08/entrepreneurial-impact-the-role-of-mit> [zuletzt abgerufen am 12. Mai 2016].

15 Vgl. <http://www.kooperation-international.de/innovationsportal/clusterportal/cluster-boston.html> [zuletzt abgerufen am 12. Mai 2016].

Science Studies (TIMMS)¹⁶ immer wieder in verschiedenen Bereichen im US-amerikanischen Vergleich vorderste Ränge.¹⁷

Wie weltweit an vielen Orten, steht man auch in der Region um Boston vor **Strukturwandelproblemen**: Die in der Region entwickelten Produkte lassen sich inzwischen an anderen Standorten wesentlich kostengünstiger herstellen. Insbesondere im niedrigen und mittleren Lohnsegment führt dies zu Anstellungsproblemen. Auch wenn sich dies kurzfristig durch hoch bezahlte Arbeitsplätze im F&E-Bereich statistisch oftmals nicht niederschlägt, ist das Beschäftigungsniveau auf die Dauer nicht zu halten, zumal auch im höher bezahlten Arbeitsplatzsektor mittlerweile die Beschäftigungszahlen rückläufig sind. Auch im Life-Sciences-Sektor macht sich diese Entwicklung bemerkbar. Das Programm „**Global Massachusetts 2015**“ analysiert Gründe für diese Entwicklung und erarbeitet Lösungsvorschläge. Im Rahmen der Studie „**Life Sciences in Massachusetts: Forgoing Connections to Lead in a Changing World**“ werden zukünftige Herausforderungen für die Lebenswissenschaften in Boston untersucht (z.B. Globalisierung, Preisdruck, Konsolidierung im Sektor) und Strategien zur Stärkung des Standortes erarbeitet.

3.2. Cambridge UK

Die Region um Cambridge (ca. 85 km nordöstlich von London) ist weltweit bekannt für seine **biotechnologische Schwerpunktsetzung**. In Cambridge selbst liegt die traditionsreiche Universität von Cambridge, die sich in internationalen Rankings meist unter den ersten Plätzen befindet. Zudem hat die Anglia Ruskin University einen ihrer Standorte¹⁸ in Cambridge.¹⁹ Hinzu kommen mehrere Wissenschafts- und Forschungsparks, z.B. der Cambridge Science Park²⁰, das St. John's Innovation Centre²¹, der Babraham Research Campus²² und der Granta Park²³.

„Die Clusterstruktur von Cambridge wird hauptsächlich durch **kleine und mittlere Unternehmen (KMUs)** geprägt, die sich am Standort verstärkt bereits ab 1970 niedergelassen haben. Die Entfaltung von der ehemals nur gering entwickelten Region zu einem, laut Europäischer Kommission,

16 TIMSS - Trends in International Mathematics and Science Study ist eine weltweite Schulleistungsuntersuchung, die seit 1995 im vierjährigen Turnus von der International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA) durchgeführt wird. Dabei werden Mathematik- und Naturwissenschaftsleistungen in der Grundschule, in der Sekundarstufe I und II untersucht.

17 Siehe beispielsweise: http://timssandpirls.bc.edu/timss2011/downloads/T11_IR_S_Chapter2.pdf und <http://www.edweek.org/ew/articles/2012/12/11/15timss.h32.html> [zuletzt abgerufen am 12. Mai 2016].

18 Weitere in Chelmsford, London und Peterborough.

19 Sie wurde 1858 als Kunstschule in Cambridge und 1904 als College in Chelmsford gegründet. Erst 1991 wurde hieraus eine Art polytechnische Hochschule, die ein Jahr später zur Universität wurde.

20 Vgl. <http://www.cambridgesciencepark.co.uk/> [zuletzt abgerufen am 12. Mai 2016].

21 Vgl. <http://stjohns.co.uk/> [zuletzt abgerufen am 12. Mai 2016].

22 Vgl. <http://www.babraham.ac.uk/> [zuletzt abgerufen am 12. Mai 2016].

23 Vgl. <http://www.mepc.com/home.aspx> [zuletzt abgerufen am 12. Mai 2016].

exzellenten Standort für **Start-ups** wird häufig auch als "Cambridge Phänomenon" bezeichnet. Neben der ursprünglichen Konzentration auf die Biotechnologie sind gegenwärtig die Informations- und Nanotechnologie zusätzlich als thematische Stärken der Region identifizierbar.²⁴

Während in den letzten beiden Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts jährlich durchschnittlich drei neue **Biotechnologiefirmen** in der Cambridge-Region gegründet wurden, sind mittlerweile eine Vielzahl **Nano- und IT-technologische Firmen** hinzugekommen. **Neurotechnologie** ist ein weiterer Themenschwerpunkt der Region. Die Industrie Organisation NIO (Neurotechnology Industry Organization) hat 2009 eine Studie veröffentlicht (Neurotech Cluster 2010), in der weltweit neurotechnologische Cluster analysiert und bewertet wurden. Während die Region um Boston den zweiten Platz (hinter San Francisco) einnimmt, belegt London-Cambridge den vierten Platz. Unter den ersten 15 Plätzen findet sich keine deutsche Region; lediglich München wird als „region to watch“ eingestuft.²⁵

Weltweit bekannte Firmen haben in der Region Cambridge Forschungszentren und Spin-Offs gegründet, beispielsweise Microsoft und Toshiba. Als weiterer Faktor für Spitzenleistung in der angewandten Forschung könnte sich ein attraktives Klima für **Start-up Unternehmen** erweisen: „Ferner bietet der Cluster auf dem Gebiet der Finanzierung attraktive Voraussetzungen als Unternehmensstandort. Im ersten Halbjahr 2007 konnten Unternehmen 18% des gesamten Venture Capital in Großbritannien für sich akquirieren und auf europäischer Ebene durfte sich Cambridge zu den vier besten europäischen Standorten für Start-up-Finanzierungen zählen. Im Jahr 2004 stellte die ebenfalls in Cambridge ansässige Wirtschaftsberatung Library House (im Dezember 2008 von Dow Jones aufgekauft) sogar das Prädikat "most invested sub-region in Europe" für den High-Tech Cluster aus. 13 Prozent des gesamten europäischen Venture Capital zur Frühphasenfinanzierung (Early-Stage VC) von Unternehmen wurden in die Region investiert.“²⁶

Der Standort ist gut erreichbar: **zwei internationale Flughäfen** – Stansted und Luton sowie eine gute **Pendelmöglichkeit** nach London garantieren eine gute nationale und internationale Anbindung. **Negativ** wirken sich allerdings die vergleichsweise **sehr hohen Lebenshaltungskosten** und **Immobilienkosten** aus.

Um die erfolgreiche Strukturentwicklung der Region zu garantieren, muss eine ständige Anpassung erfolgen. „Zurzeit ist die East of England Development Agency (EEDA) für die Standortpolitik in den wirtschaftlichen Ballungszentren im Osten Englands verantwortlich. Ihre Aufgabe besteht unter anderem in der Verteilung von Fördergeldern an die regionalen Organisationen (regional Development agencies / RDAs). Greater Cambridge / Greater Peterborough Partnership und East of England IDB Ltd sind die für den Clusterstandort Cambridge zuständigen Einrichtungen. Für eine zukünftige Förderung und Entwicklung der Region wünschen sich alle Clusterakteure

24 Vgl. <http://www.kooperation-international.de/innovationsportal/clusterportal/cluster-cambridge.html> [zuletzt abgerufen am 12. Mai 2016].

25 Vgl. http://www.kooperation-international.de/fileadmin/cluster/Boston/Neurotech_Clusters_2010_Report.pdf [zuletzt abgerufen am 12. Mai 2016]

26 Vgl. <http://www.kooperation-international.de/innovationsportal/clusterportal/cluster-cambridge.html> [zuletzt abgerufen am 12. Mai 2016].

mehr Kompetenzen auf lokaler Ebene. Laut Technopole ist dafür zunächst eine Homogenisierung der vielfältigen Interessenvertretungen von öffentlichen und privaten Sektoren nötig, um eine zukunftsweisende Standortpolitik realisieren zu können.“²⁷

Rund 15 km südlich von Cambridge liegt der **Wellcome Genome Campus**. Hier finden sich das Wellcome Trust Sanger Institute und das European Molecular Biology Laboratory's European Bioinformatics Institute (EMBL-EBI). Letzteres ist Teil des European Molecular Biology Laboratory (EMBL) und ein wichtiges Zentrum für Bioinformatik-Forschung. Das EMBL, dessen Hauptsitz in Heidelberg liegt²⁸, zählt zu den bekanntesten biologischen Forschungseinrichtungen weltweit. Es betreibt Grundlagenforschung und wird über öffentliche Forschungsgelder der Mitgliedstaaten finanziert²⁹.

3.3. Cluster Grenoble / Lyon High Tech Cluster

„International betrachtet gilt der Cluster [Cluster Grenoble / Lyon High Tech Cluster] als gelungenes Beispiel eines **europäischen Hochtechnologieclusters**, der mit großem Engagement öffentlicher und privater Akteure entstanden ist. Von besonderer Bedeutung ist die Vielzahl national und international agierender Wettbewerbspole (Pôles de Compétitivité), die Stärken in den Bereichen **Mikro- und Nanotechnologie, Biotechnologie, Lebenswissenschaften**, Informations- und Kommunikationstechnologie und dem Energiesektor aufweisen und zu wichtigen und treibenden Akteuren des Clusters gehören. Nach Paris ist Grenoble/Lyon der wichtigste Standort sowohl privater als auch öffentlicher Forschung in Frankreich. Wirtschaftlich betrachtet ist die Region Rhône-Alpes die zweitwichtigste Region Frankreichs und zählt zu den bedeutendsten europäischen Wirtschaftsregionen.“³⁰

Zudem zählen gut erreichbare Flughäfen mit **guten internationalen Verbindungen** sowie die Anbindung an Hochgeschwindigkeitszuglinien (TGV) und ein gut ausgebautes Straßennetz und der Nahverkehr zu den Erfolgsgaranten. „Der Cluster besitzt eine hohe Innovationskraft: Im Innovation Cities Top 100 Index 2011 platziert sich Lyon global auf Platz 8, im europäischen Vergleich als zweitbeste französische Stadt auf dem fünften Platz. [...] Für private Forschungseinrichtungen bzw. Unternehmensausgaben in F&E gibt die französische Regierung einen Anreiz durch eine Steuergutschrift auf Forschungsausgaben („Crédit d'impôt recherche“, CIR): Für F&E-Ausgaben bis zu einer Höhe von 100 Millionen Euro kann eine Steuergutschrift von 30 Prozent geltend gemacht werden, bei höheren Ausgaben fünf Prozent. Für kleinere und mittlere Unternehmen

27 Vgl. <http://www.kooperation-international.de/innovationsportal/clusterportal/cluster-cambridge.html> [zuletzt abgerufen am 12. Mai 2016].

28 Weitere Standorte liegen in Hamburg, Grenoble und Monterotondo.

29 Vollmitglieder sind: Österreich, Dänemark, Frankreich, Deutschland, Israel, Italien, Niederlande, Schweden, Schweiz, vereinigtes Königreich, Finnland, Griechenland, Norwegen, Spanien, Belgien, Portugal, Irland, Island, Kroatien, Luxemburg, Tschechische Republik und Malta; http://www.embl.fr/aboutus/general_information/organisation/member_states/index.html?ga=1.96775577.762988400.1462280283 [zuletzt abgerufen am 3. Mai 2016].

30 Vgl. <http://www.kooperation-international.de/innovationsportal/clusterportal/cluster-grenoble-lyon-high-tech-cluster.html> [zuletzt abgerufen am 12. Mai 2016]. Fettung durch den Verfasser.

(KMUs) wurde der Betrag ab 2013 auch auf Innovationsausgaben ausgeweitet; bis zu dem Höchstbetrag von 400.000 Euro kann eine Steuergutschrift von 20 Prozent geltend gemacht werden.“³¹

„Die Bereiche Life Science und Biotechnologie sind im Cluster interdisziplinär ausgerichtet und zeichnen sich durch Kooperationen mit Akteuren aus Medizin, IKT, Nanotechnologie und Physik aus. In der Region Rhône-Alpes konzentrieren sich **17 Prozent der nationalen Gesundheitsindustrie**, fast 90 Prozent (rund 30.000 Arbeitsplätze) davon im Cluster. [...] In der Pharmabranche sind vier der größten Unternehmen Frankreichs im Cluster ansässig: Sanofi Pasteur, Merial, bioMérieux und Genzyme. Mit Merial, Vetoquinol und Pfizer sind drei der größten Global Player der Branche vertreten. Zu weiteren wichtigen Akteuren zählen außerdem Roche, Merck, Becton and Dickinson und Bayer CropScience.“³²

3.4. Singapur

„Singapur liegt weltweit auf dem ersten Platz im **Geschäftstätigkeitsindex** des World Bank Report Doing Business (2013). Durch enorme Fördermaßnahmen in allen gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Bereichen hat Singapurs Regierung erreicht, das frühere Entwicklungsland innerhalb einer Generation zur international wettbewerbsfähigen Industrienation zu gestalten. Die weitgehend auf den Export ausgerichteten wichtigsten Wirtschaftssektoren stellen die **Elektroindustrie**, die **chemische Industrie** sowie die Wirtschaftszweige **Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT)**, **Biotechnologie/Life Sciences/Pharmazie** dar. Das Gesamthandelsvolumen von Singapur betrug 2012 etwa 600 Milliarden Euro. Haupthandelspartner sind Malaysia, die EU, China, Indonesien, die USA, Hongkong und Südkorea. Deutschland rangiert mit einem Handelsvolumen von ca. 12,9 Milliarden Euro (2012) an vierzehnter Stelle [...] Singapur hat nach Shanghai den **zweitgrößten Hafen** der Welt. Das Gebiet wird inoffiziell auch als **Singapore's Technology Corridor** bezeichnet. Die größten Science Parks mit Forschungsschwerpunkten in den Hoch- und Spitzentechnologien wie Informations- und Kommunikationstechnologien und Biotechnologie sind der Singapore Science Park, der Kent Ridge Campus, Tuas Biomedical Park (TBP) sowie Biopolis, Fusionopolis und Mediapolis im one-north-Komplex.“³³

Positive Faktoren für einen erfolgreichen biotechnologischen Standort sind:

„Die **biotechnologische Forschungsstadt Biopolis** auf dem one-north-Komplex liegt bspw. **in strategischer Nähe zum Singapore Science Park**, dem **National University Hospital** und dem **Kent Ridge Campus** mit der **National University of Singapore Yong Loo Lin School of Medicine** und dem **Cancer Science Institute Singapore**.

Im Jahr 2000 startete die **Singapore's Biomedical Sciences (BMS) Initiative** zur Etablierung des Innovationsfeldes Biotechnologie als eine von Singapurs Schwerpunkindustrien. Die beiden Schlüsselinfrastrukturen zur Förderung von Biotechnologie am Standort sind heute Biopolis und der Tuas Biomedical Park (TBP). In den staatlich geförderten Institutionen arbeiten Forscher des

31 Ebd.

32 Ebd. Fettung durch den Verfasser.

33 Fettung durch den Verfasser; Quelle: <http://www.kooperation-international.de/innovationsportal/clusterportal/cluster-singapur.html> [zuletzt abgerufen am 12. Mai 2016].

öffentlichen und privaten Sektors zusammen. Die Forschungsstadt Biopolis kann seit Abschluss der dritten Bauphase Ende 2009 über 260.000 m² Fläche für biotechnologische F&E-Aktivitäten aufweisen. Zudem hat die **singapurische Regierung mit dem Tuas Biomedical Park ein über 360 Hektar großes Gelände bereitgestellt**, das mit entsprechender Infrastruktur beste Voraussetzungen für Produktionsanlagen von pharmazeutischen und biomedizinischen Produkten bietet.

Unternehmen wie Abbott, Alcon, CIBA Vison, Genetech, GlaxoSmithKline Biologicals, Lonza, Merck Sharp & Dohme, Novartis, Pfizer and Wyeth sind nur **einige international führende Unternehmen**, die diese Angebote nutzen. **Start-ups** bzw. Unternehmen in der Seed- und Early-stage-Phase erhalten Zugang zu Risikodarlehen u.a. durch die Venture-Capital-Unternehmen Bio*One Capital, SPRING Singapore sowie Exploit Technologies der Agency for Science, Technology and Research.

In den hafennahen Forschungsparks ist zudem das Feld Informations- und Kommunikationstechnologien stark vertreten. Der Singapore Science Park und Fusionopolis stellen exklusiv zur Förderung von Unternehmen und Start-ups in diesem **Segment eigene Büro- und Laborkomplexe zur Verfügung**. Führenden Software und IT-Service-Unternehmen haben eine regionale Dependence im Cluster etabliert, darunter IBM, Hewlett Packard, Oracle und Siemens. Für viele dieser Akteure hat sich der Standort Singapur zu ihrem asiatisch-pazifischen Hauptsitz entwickelt. Die vor Ort tätigen Unternehmen sind insbesondere mit der Forschung & Entwicklung von innovativen Technologien beschäftigt (siehe Kapitel "Thematische Stärkefelder").

Schnelle Verbindungen zwischen den einzelnen Institutionen werden durch die modern ausgebaute Infrastruktur ermöglicht. Seit 2008 baut die Regierung im Rahmen des Land Transport Masterplans Singapurs **Schienenetz** aus. Die Kapazität der North-South/East-West Line (NSEWL) ist seitdem deutlich erweitert worden. Singapurs Hauptbahnhof liegt im südlichen Teil der Insel und bildet den Mittelpunkt des Schienenverkehrs. U-Bahnen (MRT) und Busse ergänzen das als gut erschlossen, **hochgetaktet und preiswert geltende ÖPNV-System**. Der **Flughafen Changi Airport** gehört zu den wichtigsten in ganz Asien und verbindet Singapur mit den wichtigsten Städten der Welt. Singapur ist für **sehr niedrige Zölle** bekannt, etwa 96 % aller Importe sind zollfrei (Ausnahmen: Zigaretten, Alkohol, Autos, Benzin). [...] Die **singapurische Regierung** ist sehr daran interessiert, den Bereich biomedizinische Forschung auszubauen, etablierte Forscher auf diesem Gebiet anzuwerben sowie gemeinsame Forschungs- und Entwicklungsprojekte zu fördern. Die Regierung hat in den letzten Jahren **Finanzierungen im Milliardenbereich** für F&E im Sektor Lebenswissenschaften zugestimmt. Darüber hinaus hat im Oktober 2013 die National Research Foundation verkündet, dass sie für die kommenden fünf Jahre 200 Millionen Dollar für die vier Cluster Diagnostik, Sprech- und Sprachtechnologie, Membranen und additive Fertigung zur Verfügung stellen wird.³⁴

Ausländischen Wissenschaftlern wird es durch konkurrenzfähige Arbeitsplatzangebote sowie „International Researchers Clubs“ und Bildungs-, Kultur und Freizeitprogrammen erleichtert, in Singapur Fuß zu fassen. Eine weitere Initiative zur **Orientierung und Erleichterung, das alltägli-**

34 Vgl. <http://www.kooperation-international.de/innovationsportal/clusterportal/cluster-singapur.html> [zuletzt abgerufen am 12. Mai 2016]. Fettung durch den Verfasser.

che Leben in Singapur möglichst schnell zu meistern, ist „Contact Singapore“. Allerdings existiert seit 2013 auch ein „Returning Singaporean Scientists Scheme“, mit dem vermehrt singapurische Wissenschaftler wieder aus dem Ausland zurückgewonnen werden sollen.

Im Bildungssektor erweist sich Singapur immer wieder als führend: **„Bildung und Ausbildung sind prioritär für die singapurische Regierung**. Bildung rangiert an zweiter Stelle des Staatshaushalts mit ca. **15 Prozent des Gesamtetats**. Die jahrzehntelangen nicht nur finanziellen Investitionen in das Bildungssystem haben zu einem im internationalen Vergleich hohen Standard geführt: Singapur erzielt regelmäßig Spitzenplätze in der „OECD PISA Studie“. Im Rahmen der „SkillsFuture“ Initiative soll durch die weitere Erhöhung der staatlichen Ausgaben für Weiterbildung das lebenslange Lernen noch stärker gefördert werden.“³⁵

3.5. Heidelberg

Um Heidelberg haben sich in den vergangenen Jahren verschiedene Konzerne niedergelassen, darüber hinaus wurde die biotechnologische Wissenschaft auch durch gezielte Förderung gestärkt. Heidelberg wird oftmals als eines der wichtigsten Innovationscluster in Deutschland genannt. Weltweit bekannte Firmen, z.B. Heidelberger Druckmaschinen, HeidelbergCement, BASF, ABB, MLP, SAP, ABBOTT, Siemens Medical Solutions und SAS Institute haben in Heidelberg einen Standort.

Der **„Biotech-Cluster Rhein-Neckar“ (BioRN)** und das **„Forum Organic Electronics“** sind zwei Beispiele für Spitzencluster, die durch die Bundesregierung gefördert werden. Der BioRN Cluster ist auf personalisierte Medizin und Krebsforschung in Europa spezialisiert: Es werden Arzneimittel, Technologieplattformen und Diagnostika entwickelt und umgesetzt. Die entsprechenden Unternehmen liegen unmittelbar benachbart (Radius von rund 30 km). Im Cluster sind ca. 12.000 Mitarbeiter in Forschungseinrichtungen und über 20.000 in der Biotech-Industrie beschäftigt.

Im Bereich der medizinischen und naturwissenschaftlichen Forschung und Wissenschaft finden sich in Heidelberg weltweit bekannte Institutionen wie das EMBL und das Deutsche Krebsforschungszentrum (DKFZ). Baden-Württemberg fördert Medizintechnik in besonderem Maß. Hierbei ist die Stadt Mannheim von besonderer Bedeutung: „Die Stadt Mannheim und die Region bilden einen Hotspot der Medizintechnik und der Biotechnologie in Europa. Mit Blick auf die gesamte Wertschöpfungskette - von der Entwicklung und Veredelung von Wirkstoffen bis zum Fachhandel - verfügt die Branche Medizintechnik in Mannheim bereits jetzt über rund 7.000 Beschäftigte und zusammen mit der Pharmaindustrie über rund 14.000 Beschäftigte. Damit ist sie insgesamt eine der größten Branchen in Mannheim. Somit zeichnet sich der Cluster durch ein einzigartiges wirtschaftliches und klinisches Forschungs- sowie Arbeitskräfteangebot für expandierende Medizintechnik-Unternehmen aus.“³⁶ Wichtige Unternehmen sind: Roche Diagnostics, Dentsply Friadent, VRmagic, Dfine Europe, DeVilbiss Healthcare, Siemens Healthcare, Vita-

35 Quelle: http://www.auswaertiges-amt.de/DE/Aussenpolitik/Laender/Laenderinfos/Singapur/Kultur-UndBildungspolitik_node.html (Stand Februar 2016), [zuletzt abgerufen am 12. Mai 2016]. Fettung durch den Verfasser.

36 Quelle: <http://www.clusterportal-bw.de/clusterdaten/clusterdatenbank/clusterdb/Cluster/show/cluster/cluster-medizintechnik-2> [zuletzt abgerufen am 26. April 2016].

phone. Relevante Einrichtungen für Forschung und Wissenschaft sind: Institut für Medizintechnologie; Fraunhofer Institut (PG Automatisierung in der Medizin und Biotechnologie); Hochschule Mannheim, Studiengang Medizintechnik; DHBW Mannheim, Studiengang Elektro-/ Medizintechnik; Universität Mannheim, Medizinische Fakultät Mannheim der Univ. Heidelberg; Universitätsmedizin Mannheim; Hochschule der Wirtschaft für Management; Graduate School / BiORN Academy; Max-Planck-Institut für med. Forschung.

Die Universität Heidelberg schneidet in weltweiten Rankings oftmals als **beste deutsche Universität** ab. Im internationalen Vergleich bedeutet dies, dass sie zuletzt im Best Global Universities Ranking den Rang 37 (von 1.000 Universitäten) belegt hat. Hierzu gibt die Universität Heidelberg bekannt: „In einer neuen Rangliste der besten Hochschulen weltweit, dem Best Global Universities Ranking, verbessert sich die Universität Heidelberg gegenüber dem Vorjahr um 22 Plätze und rückt international auf Rang 37 vor. Im deutschlandweiten Vergleich nimmt sie nunmehr die Spitzenposition ein – nach Platz zwei in der Rangliste von 2014. In Europa positioniert sie sich auf Platz sechs [...] In den Neuro- und Verhaltenswissenschaften (weltweit Rang 28), der Astronomie (33) und der Medizin (34) sowie der Mikrobiologie (41) steht die Universität Heidelberg auf Platz eins der deutschen Hochschulen. Darüber hinaus haben auch die Molekularbiologie/Genetik (35), die Physik (40), die Pharmakologie/Toxikologie (47) und die Biologie/Biochemie (54) – allesamt Platz zwei – im nationalen Vergleich sehr gut abgeschnitten. Zudem ist die Ruperto Carola auch mit den Psychiatrie/Psychologie und den Geisteswissenschaften unter den Top-100-Fachbereichen weltweit vertreten.“³⁷ Im Shanghai-Ranking landete die Universität zuletzt auf Platz 46, im Times Higher Education World University Ranking 2015/2016 auf Platz 37.³⁸ Laut aktuellem Förderatlas der DFG zählt die Universität Heidelberg nach der LMU München und vor der RWTH Aachen zu den bewilligungsstärksten (Drittmittel) Hochschulen in Deutschland.³⁹ Zudem zeigt der Förderatlas „auf der Basis von über 28.000 Adressen von Instituten an Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen, welche Regionen durch eine besonders dichte Ansiedlung von Forschungseinrichtungen geprägt sind. Über eine solche verfügen insbesondere die Regionen Berlin, München und Hamburg, ebenso das Rhein-Ruhr-Gebiet (inklusive auch der Regionen Köln und Bonn) sowie die Regionen Stuttgart, Neckar-Alb, Unterer Neckar (mit Heidelberg und Mannheim) und Oberes Elbtal/Osterzgebirge (rund um Dresden).“⁴⁰ Zur Clusterregion Heidelberg zählen zudem auch die Hochschule Mannheim und das Centrum für Biomedizin und Medizintechnik Mannheim (CBTM).

Am Rande sei auch das geisteswissenschaftliche Exzellenzcluster „Asien und Europa im globalen Kontext: Die Dynamik der Transkulturalität“ der Universität Heidelberg als Teil der Exzellenzini-

37 Quelle: http://www.uni-heidelberg.de/presse/meldungen/2015/m20151008_erneut-hervorragende-platzierung-im-best-global-universities-ranking.html [zuletzt abgerufen am 26. April 2016].

38 Quelle: <https://www.uni-heidelberg.de/universitaet/rankings/> [zuletzt abgerufen am 26. April 2016].

39 Quelle: http://dfg.de/service/presse/pressemitteilungen/2015/pressemitteilung_nr_43/ [zuletzt abgerufen am 26. April 2016].

40 Quelle: http://dfg.de/service/presse/pressemitteilungen/2015/pressemitteilung_nr_43/ [zuletzt abgerufen am 26. April 2016].

tiative des Bundes und der Länder in Zusammenarbeit mit der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) und dem Wissenschaftsrat genannt. Medizinische Berührungspunkte gibt es etwa im Rahmen des Forschungsbereichs „Wissenssysteme“, in dem sich Forscher z.B. mit der Analyse medizinischer Systeme beschäftigen.⁴¹

Allerdings liegt kein Flughafen in unmittelbarer Nähe. Der Flughafen Frankfurt ist rund 80 km entfernt⁴², der Flughafen Frankfurt Hahn ist per Bus⁴³ erreichbar.

3.6. Zentren der Gesundheitsforschung

Insgesamt 41 Standorte mit mehr als hundert beteiligten Hochschulen, Universitätsklinika und außeruniversitären Forschungseinrichtungen bilden die vier Deutschen Zentren der Gesundheitsforschung in den Bereichen Infektionskrankheiten, Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Lungenkrankheiten und Krebs. Die Deutschen Zentren für Neurodegenerative Erkrankungen (DZNE) und für Diabetesforschung (DZD) mit insgesamt 14 Standorten und 20 Mitgliedseinrichtungen wurden bereits im Jahr 2009 gegründet.⁴⁴ Ihre Einrichtung war mit kontroversen Debatten verbunden; auch jetzt ist Kritik insbesondere an der Priorisierung bestimmter Krankheiten und der Effizienz im Innovationstransfer nicht vollkommen beendet.⁴⁵

4. Zur Diskussion der Erfolgsmessung und Evaluation

Rankings werden immer wieder herangezogen, um die Stärken oder auch Schwächen verschiedener Innovationsstandorte zu beziffern. Weltweit landen amerikanische Universitäten immer auf den vordersten Plätzen, seit Jahren insbesondere die Harvard University. Im Shanghai Ranking, dem Academic Ranking of World Universities der Jiao-Tong-Universität finden sich unter den 20 besten Universitäten weltweit 17 US-amerikanische; die Harvard University belegt den ersten Platz. Es wird angezweifelt, dass die traditionelle Erklärung, die US-amerikanischen Investitionen in die Forschung seien so umfangreich, alleine ausreicht diese Stellung zu erklären.⁴⁶ Nach politischen Auseinandersetzungen war es der Harvard University im 19. Jahrhundert gelungen, die Aufsicht aller universitären Aktivitäten in das „Board of Overseers“ zu verlagern.⁴⁷ „Angeregt

41 Quelle: <http://www.asia-europe.uni-heidelberg.de/de/forschung/c-wissenssysteme/c14-medizinische-systeme.html> [zuletzt abgerufen am 26. April 2016].

42 Mit Umstieg mit der Deutschen Bahn in rund einer Stunde erreichbar; mit dem Fernbus ca. 1-2 Stunden.

43 Allerdings mit einer Fahrzeit von rund 2 Stunden.

44 Quelle: <https://www.bmbf.de/de/deutsche-zentren-der-gesundheitsforschung-394.html> [zuletzt abgerufen am 26. April 2016].

45 Vgl. hierzu Wortprotokoll der 60. Sitzung Ausschuss für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung; Protokoll-Nr. 18/60: Öffentliches Fachgespräch zum Thema „Stärkung und Beschleunigung des Transfers von Forschungsergebnissen und Innovationen in die Gesundheitsversorgung“.

46 Die Welt: „Warum US-Universitäten so erfolgreich sind“, Die Welt vom 28. September 2012

47 Dieses besteht nur aus Ehemaligen.

durch den Erfolg von Harvard, leiteten andere Universitäten – angefangen bei der Yale University und dem College of William and Mary – ähnliche Maßnahmen in die Wege.

Diese "originär amerikanische Methode", wie Charles William Eliot, der dienstälteste Präsident der Harvard University, es nannte, wurde nicht nur für private Universitäten zur Regel, sondern auch für öffentliche Hochschulen, wie etwa die University of Michigan und Purdue University, und sogar für religiöse Institutionen wie die University of Notre Dame und Duke University. Gegenwärtig werden 19 der führenden 20 US-amerikanischen Universitäten in den vielbeachteten Rankings des Nachrichtenmagazins US News & World Report von Ehemaligen geleitet (d.h. diese sind mit 50% oder mehr im Board of Trustees vertreten).⁴⁸

4.1. Shanghai Ranking/ Academic Ranking of World Universities

Im sogenannten ARWU - FIELD Ranking (Academic Ranking of World Universities für einzelne Bereiche, u.a. Life Sciences und Medizinische Wissenschaften) des seit 2003 bestehenden „Academic Ranking of World Universities“ gehen alle Institutionen ein, die einen Nobelpreisträger, Fields Medaillen Träger bzw. sogenannten „Highly-Cited Researchers“⁴⁹ haben.⁵⁰ Das Ranking wird vielfach kritisiert, insbesondere wird ihm vorgeworfen, zu sehr bereits bestehende Faktoren (Preise und Publikationsfaktoren) zu berücksichtigen. In Europa wird bemängelt, dass angelsächsische Institutionen bevorteilt sind.⁵¹

4.2. Times Higher Education World University Ranking

Das Magazin Times Higher Education (THE) ist vor allem für „The Times Higher World University Rankings“ bekannt, die jährlich erscheinen. Von 2010–2014 wurde das Ranking in Kooperation mit Thomson Reuters durchgeführt, seit 2015 mit Elsevier. Im Index finden 13 Kriterien Eingang. Die Daten basieren auf Befragungen von Akademikern, allgemeinen Statistiken der Universitäten sowie Zitierwerten von Artikeln in Fachzeitschriften. In den Bereichen „clinical, pre-clinical and health“ und „Life Sciences“ nehmen die University of Oxford, die Harvard University und die University of Cambridge die Spitzenplätze ein; Heidelberg belegt die Plätze 28 bzw. 25. Kritikpunkte sind ähnlich wie im Shanghai-Ranking: es wird Zitationswerten eine große Bedeutung zugemessen, was zur Bevorteilung von angelsächsischen Institutionen beiträgt.

4.3. Reuters' Top 25 Global Innovators

Kürzlich erschien ein Innovations-Ranking von Reuters: „Reuters' Top 25 Global Innovators – Government“, in dem öffentlich geförderte Institutionen, die „advance science and technology“

48 Quelle: <http://www.welt.de/debatte/die-welt-in-worten/article109522696/Warum-US-Universitaeten-so-erfolgreich-sind.html> [zuletzt abgerufen am 12. Mai 2016].

49 indexed in Science Citation Index-Expanded (SCIE) and Social Science Citation Index (SSCI)

50 Eine Beschreibung der Methode ist in folgender Quelle zu finden: <http://www.shanghairanking.com/ARWU-FIELD-Methodology-2015.html> [zuletzt abgerufen am 26. April 2016].

51 Quelle: <https://euobserver.com/education/29189> [zuletzt abgerufen am 26. April 2016].

durchführen, analysiert wurden.⁵² Hierbei nimmt die französische CEA (Alternative Energies and Atomic Energy Commission (CEA)) die Spitzenposition ein. Auf den Plätzen zwei und drei folgen die deutsche Fraunhofer Gesellschaft und die japanische Science and Technology Agency. In die Erstellung des Rankings finden Faktoren wie Patentierung, Patentierungserfolg, Zitationen, Impact-Faktoren, Industrie-Artikel und Kollaborationen mit der Industrie Eingang.⁵³

4.4. Kritik der Erfolgsmessung

Die Diskussion um den vierten Platz im Times Higher Education World University Ranking der Alexandria University in Ägypten in einer Unterkategorie, die den Einfluss universitärer Forschung misst, illustriert eine Problematik der Rankings: **Robustheit**. Phil Baty⁵⁴ stellt fest, dass der Spitzenplatz tatsächlich auf dem herausragenden „output“ eines einzelnen Studenten in einem Journal zurückzuführen war.⁵⁵

Ein Grundproblem jeglicher vergleichender Erfolgsmessung ist die **Wahl der Zielgrößen**, anhand derer „Erfolg“ gemessen und verglichen wird. In einer Stellungnahme zweier Wissenschaftler zum Stellenwert von Metriken in der Beurteilung von wissenschaftlichen Leistungen, wird die Meinung vertreten, dass Forschungsleistung sich nicht in Metriken abbilden lasse.⁵⁶ Tatsächlich ließe sich „Impact“ nur zum Teil messen, weil nicht gleichzeitig Qualität gemessen werde. Man müsse sich im Klaren darüber sein, was man genau messe. Zumeist orientiert sich „Impact“ an Zitationen, diese wiederum kommen auf mannigfache Weise zustande: Bekanntheit des Autors, Zitat, weil eine Quelle korrekt oder gar unkorrekt war, die Publikation war kostenlos herunterladbar etc. Dies sind Faktoren, die nicht notwendigerweise mit Qualität verbunden sind. Zudem wird nicht zwischen **positivem und negativem Impact** unterschieden. Tatsächlich bleibt lediglich die Evaluation durch Experten, auch wenn dies kostspielig und zeitintensiv ist, zudem in Hinblick auf Anonymität auch organisatorisch gut gestaltet werden muss.

Ellen Hazelkorn⁵⁷ arbeitet seit Langem im Bereich der Strategieentwicklung, Wissenschaftsevaluation und Peer-Review-Assessment und war u.a. im Zusammenhang mit der deutschen Exzel-

52 David Ewalt: The World's Most Innovative Research Institutions, Reuters, erschienen online am 8. März 2016: <http://www.reuters.com/article/us-innovation-rankings-idUSKCN0WA2A5> [zuletzt abgerufen am 20. Mai 2016].

53 Quelle: <http://www.reuters.com/global-innovators-government/methodology> [zuletzt abgerufen am 20. Mai 2016].

54 Stellvertretender Editor der „Times Higher Education“.

55 Mohamed El Naschie, ein ägyptischer Akademiker, der mehr als 320 Artikel in einem wissenschaftlichen Journal publiziert hatte, in dem er selbst Editor war. Siehe hierzu DD Guttenplan: „Questionable Science Behind Academic Rankings“ The New York Times vom 14. November 2010. Im Internet abrufbar unter: <http://www.nytimes.com/2010/11/15/education/15iht-eduLede15.html> [zuletzt abgerufen am 26. Mai 2016].

56 Meera Sabaratnam, Paul Kirby: Why Metrics Cannot Measure Research Quality. <https://thedisorder-ofthings.com/2014/06/16/why-metrics-cannot-measure-research-quality-a-response-to-the-hefce-consultation/> [zuletzt abgerufen am 12. Mai 2016].

57 Dean der Graduate Research School am Dublin Institute of technology.

lenzinitiative 2012 beratend tätig. Zusammen mit Andrew Gibson hat sie aktuell in der Zeitschrift *International Higher Education* in einem Artikel mit dem Titel „Another Year, Another Methodology: Are Rankings Telling Us Anything New?“⁵⁸ veröffentlicht, in der das „Business“ um bestehende und ständig neu entwickelte Rankings kritisiert wird. Die ständige Neuanpassung und Korrektur einzelner Ranking-Kategorien oder Nebenaspekte führe zu einer Vielfalt von unterschiedlich gewichteten Faktoren, jeder neu eingeführte bringe zwar eine geringfügige Korrektur hinsichtlich einer zuvor bestandenen **Ungleichbehandlung**, führe dabei aber zu neuen Problemen. Zudem scheine es recht offensichtlich, dass Institutionen hinsichtlich der Faktoren **ihre Daten zu beeinflussen versuchten**. Trotz allem sei es absolut unklar, ob dieser Aufwand uns irgendwelche neuen Erkenntnisse bringe, die wir noch nicht vorher hatten. Es sei bemerkenswert, wie konsistent jegliches Ranking dieselben Institutionen zeige, wenn auch in leicht abgeänderter Reihenfolge. Dies liege daran, dass im Großen und Ganzen das Gleiche und nach Meinung der Autoren das Falsche gemessen werde. Bereits vor einigen Jahren wurde Hazelkorn in einem Artikel der *New York Times* (14. November 2010) zitiert, es gebe **keine objektiven Rankings**. Auf der anderen Seite, trotz dieses Wissens, würden sie immer wieder herangezogen, nicht nur in der Wissenschaft. Hazelkorn führt das Beispiel eines niederländischen Immigrationsgesetzes an, das explizit Ausländer mit Abschlüssen der Top 150 Universitäten eines Shanghai- oder Times Higher Education Rankings bevorzuge.⁵⁹

Bereits 2011 hatten John Swahil und David Williamson in einem Artikel in *McKinsey Quarterly* darauf hingewiesen, dass jegliche quantifizierte Erfolgsmessung (von non Profit Institutionen) sich im Grunde von Organisation zu Organisation unterscheidet.⁶⁰ So sei die Messung der Besucherzahlen in einem Museum für die finanzielle Lage nicht unwichtig, sage aber nichts aus über den vermittelten Kenntniserwerb und die Interpretationsfähigkeit der Exponate. Sie leiten ein Modell ab, bei dem auf verschiedenen Ebenen Messwerte abgeleitet werden können (Impact basierend auf der „Mission“ einer Institution, Aktivität basierend auf den erreichten Zielen sowie Kapazitätsmessungen).

Die Forderung, auch Forschung einer **sozialen und ökonomischen Impact-Messung** zu unterwerfen, wird besonders seit dem Einsetzen der ökonomischen Krise immer wieder laut. Tatsächlich geht es darum, so Andrew Plume in seinem 2014 erschienenen Artikel „Impact of science: the need to measure“, den Aufwand für die Abschätzung von Forschungs-Impact möglichst minimal zu halten, aber gleichzeitig so aussagekräftige Datenmengen zu erhalten, dass damit der Tatsache

58 Ellen Hazelkorn, Andrew Gibson: Another Year, Another Methodology: Are Rankings Telling Us Anything New? *International Higher Education*, Number 84: Winter 2016, erschienen am 3. Januar 2016.

59 D.D. Guttenplan: Questionable Science Behind Academic Rankings, *The New York Times* vom 14. November 2010.

60 John Swahil und David Williamson: Measuring what matters in nonprofits, *McKinsey Quarterly* - May 2001, <http://www.mckinsey.com/industries/social-sector/our-insights/measuring-what-matters-in-nonprofits> [zuletzt abgerufen am 12. Mai 2016].

Rechnung getragen w, dass verschiedene Forschungsausrichtungen einen „Impact“ haben können.⁶¹

Diana Hicks und Paul Wouters kommentieren in ihrem Artikel „The Leiden Manifesto for research metrics“ die zunehmende Ausrichtung von Forschung auf Impact-Faktoren und leiten **zehn Kernthesen zur Forschungsevaluation** ab.⁶² Auch sie kritisieren, dass Universitäten mittlerweile davon besessen seien, in angesehenen Rankings (z.B. Shanghai Ranking und Times Higher Education's list) möglichst Spitzenpositionen einzunehmen. In Skandinavien und China beispielsweise würden Forschungsgelder und Boni auf der Basis von verschiedenen Publikationsfaktoren vergeben. Ihre zehn Forderungen lauten wie folgt: (1) eine quantitative Evaluation sollte sich in qualitativen, von Experten-gestützten Beurteilungen spiegeln lassen. (2) die Ableitung der Leistungsfähigkeit sollte sich an den Forschungszielen der Institution, der Gruppe oder des Wissenschaftlers orientieren, (3) der Problematik, dass die Mehrheit der Zeitschriften englischsprachig sind und dadurch insbesondere in sozial- und geisteswissenschaftlichen Fächern ein Nachteil für Wissenschaftsstandorte in nicht-englischsprachigen Ländern entsteht, muss Rechnung getragen werden, (4) die Datensammlung sowie ihre Auswertung muss offen und transparent gestaltet sein, (5) alle Betroffenen sollen die Möglichkeit haben, ihre Daten auf ihre Richtigkeit hin überprüfen zu können, (6) Besonderheiten einzelner Fachgebiete, insbesondere interdisziplinäre, sollten beachtet werden, (7) jeder Forscher sollte individuell qualitativ beurteilt werden, damit datenbankspezifische oder altersbedingte Unterschiede weitgehend vermieden werden, (8) um eine höhere Robustheit zu erzielen, muss genau geprüft werden, an welchen Stellen welcher Grad an Präzision tatsächlich notwendig ist, (9) da sich Indikatoren systemändernd auswirken, sollte dem durch verschiedene Maßnahmen (z.B. gleichzeitige Verwendung mehrerer Indikatoren) entgegen gewirkt werden, (10) Indikatoren sollten ständig überprüft und aktualisiert werden.

4.5. Bewertung von „Impact“ und „Qualität“

Metriken werden von zahlreichen Ländern, in unterschiedlichen Organisationen und für verschiedene Zwecke angewandt. In der Wirtschaft sind Metriken zur Erfolgs- und Leistungsmessung weit verbreitet. Es ist aber offensichtlich, dass sich die Zielsetzungen im öffentlichen Sektor von denen im privaten deutlich unterscheiden und nicht ohne weiteres übertragbar sind. Universitäten wenden Metriken zumeist an, um Budgets zu rechtfertigen. Weniger verbreitet und schwieriger ist die Anwendung auf Infrastrukturen und Forschungs-„Outcome“ über einen längeren Zeitraum hinweg. In einem 2014 erschienenen Buch mit dem Titel „Furthering America's Research Enterprise“ widmet sich ein Kapitel (Measuring Research Impacts and Quality) der Problematik, Impact und Qualität von Forschungsleistungen festzustellen.⁶³ Die Autoren konstatieren,

61 Andrew Plume: Impact of Science: the need to measure, Artikel vom 11. September 2014, online erschienen auf www.Elsevier.com.

62 Diana Hicks und Paul Wouters: The Leiden Manifesto for research metrics, Nature, Vol. 520 vom 23. April 2015.

63 Siehe Kapitel 5: Measuring Research Impacts and Quality in: Richard F. Celeste, Ann Griswold, and Miron L. Straf, Editors: Furthering America's Research Enterprise. Committee on Assessing the Value of Research in Advancing National Goals. National Research Council of the National Academies. National Academies Press (US) vom 28. Oktober 2014. Im Internet verfügbar unter: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK253890/> [zuletzt abgerufen am 12. Mai 2016].

es existiere kein einziger Prädiktor für aussichtsreiche Forschung. Das Grundproblem eines universalen Evaluationssystems liege darin, dass verschiedene Funding-Quellen Einfluss auf jegliche Art der Bewertung nähme, dass sich Forschungsergebnisse erst mit einer Zeitverzögerung (und dies können sehr unterschiedliche Zeitspannen sein) feststellen ließen und dass nur ein Bruchteil der Forschung sich als erfolgreich erweise. Zudem müsse man bei der Impact-Messung zwischen positivem und negativem Impact unterscheiden; dies wiederum hänge von der Betrachtungsweise ab. Tatsächlich würde in einigen Wissenschaftsfeldern hochrangige Forschung nicht in Zeitschriften publiziert, sondern auf Konferenzen vorgetragen. Auf der anderen Seite sei nicht jede Studie, die in hochrangigen Zeitschriften erscheine, ein Beispiel hoher Qualität und Forschung mit hohem Impact. Insbesondere wird die Verwendung von **Impact-Faktoren** kritisiert. Tatsächlich seien die Daten zumindest in eine Richtung tendenziös, die Diversität der Zeitschriften-Landschaft werde langfristig eingeschränkt und die Kollaborationsintensität mit nichtakademischen Institutionen deutlich verringert.

Im Weiteren untersuchen die Autoren auch Metriken, die als Zielgröße **ökonomische Rendite medizinischer Forschung** verwenden. Dabei verweisen sie insbesondere auf eine Studie aus dem Jahr 2000.⁶⁴ Hier wurde der ökonomische Wert medizinischer Forschung gemessen, indem der finanzielle Wert von verbesserter Gesundheit und einer Verlängerung der Lebenszeit berechnet wurde. In der Darstellung wird festgehalten, dass die Gewinne mit einem Fördereinsatz von staatlicher Seite von lediglich 0,19 US-Dollar pro Person pro Tag erreicht wurden. Demgegenüber steht die Feststellung, dass sich nicht nur der Erfolg medizinischer Forschung erst viele Jahre nach Auslaufen der Förderung zeige, sondern sich Erfolg mit den zur Verfügung stehenden Messgrößen nicht vorhersagen lasse und sich ein Großteil der Projekte als nicht erfolgreich oder reproduzierbar erwiesen habe. In einer Abschätzungsstudie der wirtschaftlichen Auswirkungen der Reproduzierbarkeit von präklinischen Studien konstatieren Freedman et al.: „Although differing perspectives on the irreproducibility rate in preclinical research may persist, one fact remains clear: the challenge of increasing reproducibility and addressing the costs associated with the lack of reproducibility in life science research is simply too important and costly to ignore. Life-saving therapies are being delayed, research budgets face increasing pressure, and drug development and treatment costs are rising. Improving reproducibility remains a critical cornerstone to solving each of these challenges. There are no easy answers to this problem. Real solutions, such as addressing errors in study design and using high quality biological reagents and reference materials, will require time, resources, and collaboration between diverse stakeholders that will be a key precursor to change. Millions of patients are waiting for therapies and cures that must first survive preclinical challenges. Although any effort to improve reproducibility levels will require a measured investment in capital and time, the long-term benefits to society that are derived from increased scientific fidelity will greatly exceed the upfront costs.“⁶⁵

64 Passell P. Exceptional Returns: The Economic Value of America's Investment in Medical Research. New York: Lasker Charitable Trust/Funding First; 2000. [April 2014]. <http://www.laskerfoundation.org/media/pdf/exceptional.pdf> [zuletzt abgerufen am 12. Mai 2016].

65 Leonard P. Freedman, Iain M. Cockburn, Timothy S. Simcoe: The Economics of Reproducibility in Preclinical Research, Plos Biology 13(6): e1002165 vom 9. Juni 2015.

5. Technologie-Transfer

Regelmäßig wird angemahnt, dass der **Transfer von Forschungsergebnissen** (insbesondere in der Medizin) nicht nur verbessert, sondern auch beschleunigt werden müsse. Dies war beispielweise zentrales Thema im öffentlichen Fachgespräch „Stärkung und Beschleunigung des Transfers von Forschungsergebnissen und Innovationen in der Gesundheitsforschung“ im Ausschuss für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung des Deutschen Bundestages am 16. März 2016.⁶⁶

Deutschland ist weltweit ein **wichtiger Wirtschaftsstandort**, der auch für innovative Technologien im internationalen Vergleich bedeutsam ist. Vor diesem Hintergrund erscheine es unabdingbar, dass zum effizienten Transfer von Technologieentwicklungen von der Forschung in die Anwendung spezifische Stellen (**Technology Transfer Offices, TTO**) notwendig seien. Deren Rolle, so eine Studie aus dem Jahr 2013⁶⁷ ist aber weithin unklar, und sowohl Firmen als auch Forschungsinstitutionen bewerteten die Arbeit von TTOs weitgehend negativ. In der Studie wird analysiert, welche Erfolgsfaktoren für TTOs besonders wichtig sind. Die Autoren halten eine ausgeprägte **Arbeitsteilung** bzw. eine **Neuorientierung der Arbeitsschwerpunkte** innerhalb der TTOs für notwendig, die diese davon befreit, ein Teil der universitätsinternen Bürokratie zu sein und sich vielmehr als eine proaktive Einheit des Technologietransfer Prozesses zu verstehen. Außerdem stellen die Autoren fest, dass eine **stärkere Industrie-Orientierung** TTOs stärke. Es sollten auch keine homogenen regionalen Cluster gestärkt, sondern vielmehr auf **Komplementarität** zwischen verschiedenen Industriezweigen Wert gelegt werden.

In einer bereits 2008 erschienenen Publikation wird auf die Unterschiede im non-Profit- und Wirtschaftssektor bei der Messung der Effizienz von Technologie-Transfer eingegangen.⁶⁸ Diese Sektoren sind nicht ohne weiteres unter Verwendung derselben Zielgrößen vergleichbar. Während im Wirtschaftssektor eine marktorientierte Messung möglich ist, die die Investitionen gegenrechnet, sollte bei akademischem Technologie-Transfer vielmehr Wert gelegt werden auf die umfassende Erschließung und Bereitstellung neuen Wissens.

Im vergangenen Jahr wurde die **Effizienz von Technologie Transfer an niederländischen Universitäten** untersucht.⁶⁹ Während niederländische Universitäten in Hinblick auf Forschungsleistungen vergleichsweise gut abschnitten, könne man nur selten Hinweise auf die kommerzielle Verwertung der forschungsbasierten Innovationen finden. In der Studie fokussieren die Autoren auf die Faktoren Patentierung, Lizensierung und Spin-off-Bildung als Indikatoren für Technologie-

66 Quelle: <https://www.bundestag.de/presse/hib/201603/-/415382> [zuletzt abgerufen am 12. Mai 2016].

67 Marcel Hülsbeck, Erik E. Lehmann und Alexander Stranecker: Performance of technology transfer offices in Germany, J. Technol Transfer (2013) 38: 199-215.

68 Jill Ann Tarzian, Donald A. Chambers: Evaluating academic technology transfer performance by how well access to knowledge is facilitated—defining an access metric, The Journal of Technology Transfer, Oktober 2008, Volume 33, Issue 5, S. 534-547.

69 Tsvi Vinig, David Lips: Measuring the performance of university technology transfer using meta data approach: the case of Dutch universities; The Journal of Technology Transfer, Dezember 2015, Volume 40, Issue 6, S. 1034-1049.

Transfer und leiten daraus eine Maßzahl ab. Diese Analyse beinhaltet allerdings keine multivariaten Analysen oder Studien zur Feststellung weiterer, möglicherweise mit Technology-Transfer-Effizienz korrelierten Zielgrößen. Sie stellen fest, dass niederländische Forschungsuniversitäten insgesamt relativ schlecht abschnitten, während technische Universitäten und akademische Medizin-Zentren einen besseren Transfer zeigten.

Nicht nur im Bereich der Wirtschaft, sondern ganz besonders auch in der Wissenschaft sind die Beziehungen zu China für Deutschland von besonderer Bedeutung. Die wissenschaftlichen Kooperationsstrukturen, deren Ausbau und Optimierung sind zentrale Themen der China-Strategie des BMBF 2015-2020.⁷⁰ In einer Analyse zu Implikationen des chinesischen Technologie-Transfer-Sektors⁷¹ weisen die Autoren darauf hin, dass **China in Zukunft weltweit der wichtigste Konsument von Technologie-Transfer-Produkten** werden wird. Auf der anderen Seite zeichne sich aber nicht ab, dass eine globale Vorreiterrolle in der Entwicklung oder in der Lizenzierung mittelfristig bevorstehe. Vielmehr stiegen Firmen - insbesondere US-amerikanische oder solche mit starken Beziehungen hierzu - in diesen Sektor ein. Der Autor resümiert, dass infolge des ausgeprägten US-amerikanischen Universitäts-Netzwerkes, in Verbindung mit dem gut etablierten IP (Internet Protocol) Technologie-Transfer Industriesektoren der USA eine Vorreiterrolle einnehmen könnten.

6. Fehlinvestitionen in der biomedizinischen Forschung

Im Jahr 2009 wurde in der renommierten medizinischen Fachzeitschrift The Lancet ein Artikel mit dem Titel „Avoidable Waste in the Production and Reporting of Research Evidence“⁷² publiziert, der zum Schluss kam, dass 85 Prozent der Forschungsinvestitionen Verschwendung seien. Dies löste in den folgenden Jahren eine kontroverse Debatte zur effizienten Finanzierung biomedizinischer Forschung aus, in der der sehr hohe Anteil der Fehlinvestitionen zwar häufig infrage gestellt wurde, sich insgesamt aber ein Konsens abzeichnet, dass verschiedene Mängel in der Forschungsfinanzierung vorliegen. Im Januar 2014 erschien in The Lancet⁷³ eine Publikationsreihe zum Thema: „Increasing Value, Reducing Waste“⁷⁴. Im vergangenen Jahr fand eine internationale Konferenz zu diesem Thema in Edinburgh statt.⁷⁵ Am 27. September 2015 erschien ein Artikel in

70 Quelle: https://www.bmbf.de/pub/China_Strategie_Langfassung.pdf [zuletzt abgerufen am 12. Mai 2016].

71 Clifford M. Gross: The growth of China's technology transfer industry over the next decade: implications for global markets; J. Technol. Transf (2013) 38: 716-747.

72 Chalmers I, Glasziou P. Avoidable waste in the production and reporting of research evidence. Lancet 2009; 374: 86-89.

73 Angesehene Medizinische Fachzeitschrift, Impact-Faktor (abgerufen am 8. September 2015): 45,217, 5-Jahres Impact-Faktor: 42,724.

74 Die Artikel sind im Internet unter Anmeldung abrufbar unter: <http://www.thelancet.com/series/research> [zuletzt abgerufen am 9. September 2015].

75 Informationen im Internet verfügbar unter: <http://researchwaste.net/research-wasteequator-conference/> [zuletzt abgerufen am 18. April 2016].

The Lancet, der die aktuelle Entwicklung seit 2009 nachzeichnet.⁷⁶ Hierin wird die Einschätzung des Direktors von Cochrane (Deutschland)⁷⁷ wiedergegeben, der bemängelt, dass deutsche Forscher und Organisationen trotz medialer Beachtung der Kritik⁷⁸ sich kaum der Frage der Fehlinvestitionen angenommen haben. Zudem würden zentrale Themen, die für vermeidbare Fehlinvestitionen verantwortlich sind, beschrieben: Über 50 Prozent der Studien seien ohne Referenz zu systematischen Reviews bereits existierender Evidenz angelegt. Zudem zeigten Versuchsaufbau, Durchführung und Analyse qualitative Mängel. Die Forschung sei überreguliert, Daten würden zu wenig wiederverwertet und evaluative Forschung werde zu wenig propagiert. Außerdem wird bemängelt, dass Berichte nicht vollständig frei verfügbar, nicht alle Daten vollständig einsehbar seien und nicht alle (insbesondere negativen) Ergebnisse veröffentlicht würden. Im vergangenen Jahr wurde in einer Studie untersucht, in welcher finanziellen Größenordnung sich die Nicht-Reproduzierbarkeit präklinischer Forschung beziffern lässt.⁷⁹ Die Autoren beziffern dabei den Verlust (d.h. Forschungsausgaben für nicht-reproduzierbare präklinische Forschung) in den USA auf 28 Mrd. US Dollar jährlich. Auch wenn diese Werte mit Vorsicht zu betrachten sind, worauf beispielsweise ein Epidemiologe an der Stanford University in Kalifornien hinweist⁸⁰, sind die Ergebnisse dennoch alarmierend und Ausgangspunkt für weiterführende Debatten. Die Wissenschaftler der Studie analysieren den Einfluss von vier Faktoren: Studiendesign, Laborprotokolle, biologische Reagenzien und Referenzmaterial sowie Datenanalyse und Bericht. Das größte Problem stellt demnach schlechtes Material dar, gefolgt von Studiendesign und Datenanalyse. Sie schätzen, dass 54% der Studien nicht reproduzierbar seien, wobei die wahren Werte zwischen 18 und 89% liegen könnten; dies entspricht ökonomischen Kosten von 10 bis 50 Mrd. US-Dollar. Das US-amerikanische National Institutes of Health hat wissenschaftliche Zeitschriften dazu angehalten, ihre Leitlinien in Hinblick auf Reproduzierbarkeit zu überarbeiten.

7. Overheadkosten in den USA

Auch in den USA diskutiert man über geeignete Maßnahmen zur Forschungsförderung. Hierbei geht es besonders darum, die führende wissenschaftliche Position langfristig nicht einzubüßen. Im Januar 2015 erschien in der renommierten medizinischen Zeitschrift *The Journal of the American Medical Association* (JAMA) ein Artikel zur Zukunft biomedizinischer Forschung in den

76 David Moher, Paul Glasziou, Iain Chalmers, Mona Nasser, Patrick M M Bossuyt, Daniël A Korevaar, Ian D Graham, Philippe Ravaut, Isabelle Boutron: Increasing value and reducing waste in biomedical research: who's listening? Volume 387, No. 10027, p1573–1586, 9 April 2016, online Publikation vom 27. September 2015.

77 Cochrane ist ein weltweites Netz von Wissenschaftlern und Ärzten, das insbesondere dafür eintritt, Zugang zu erreichbarer, verlässlicher Gesundheitsinformation zu schaffen.

78 Der Spiegel vom 8. Januar 2014: Kuhrt N.: Systemkritik: Wissenschaftselite beklagt zu viel Forschungsmüll. <http://www.spiegel.de/wissenschaft/medizin/lancet-spezial-fuer-mehr-qualitaet-in-der-wissenschaft-a-942328.html> [zuletzt abgerufen am 18. April 2016].

79 Freedman LP, Cockburn IM, Simcoe TS (2015) The Economics of Reproducibility in Preclinical Research. *PLoS Biol* 13(6): e1002165. doi:10.1371/journal.pbio.1002165.

80 Monya Baker: Irreproducible biology research costs put at \$28 billion per year, *Nature Views* vom 9. Juni 2015 siehe: <http://www.nature.com/news/irreproducible-biology-research-costs-put-at-28-billion-per-year-1.17711> [zuletzt abgerufen am 12. Mai 2016].

USA. Es wurde die Entwicklung öffentlicher und privater Investitionen untersucht und Personalressourcen, Patente, Publikationen und die Entwicklung von Medikamenten sowie der ökonomische Output evaluiert.⁸¹ Hierbei konstatieren die Autoren, dass es einen **deutlichen Rückgang der US-amerikanischen Förderung** gab, während private Investitionen angestiegen seien. Mängel stellen sie auch in der Finanzierung von Service-Innovationen fest. Es wird insbesondere auf die gegenläufige Entwicklung in Asien (insbesondere China) hingewiesen. Um die historische führende Position zu behaupten, wird konkret vorgeschlagen, an der Kapitaleinwerbung, neuen Innovationsanleihen, administrativen Einsparungen, Patent-Pools und sog. public-private risk sharing collaborations zu arbeiten. In einem sich auf obigen Artikel beziehenden Editorial wird die Gefährdung der weltweit führenden Stellung der USA in biomedizinischer Forschung thematisiert.⁸² Hierin wird auch auf Maßnahmen wie steuerliche Anreize zur Forschungsförderung (Research and Experimentation Tax Credit) und strategische Partnerschaften zwischen Regierung, Universitäten und Industrie hervorgehoben. Allerdings werden, wie mehrfach bereits erwähnt zentrale Probleme in Redundanz und Duplikation von Forschung sowie dem Fehlen einer langfristigen Strategie zur Entwicklung und Weiterentwicklung von Forschungsinvestitionen (wie sie in Großbritannien, Japan, Singapur und Dänemark existierten) gesehen.

Ende 2014 ist in der Zeitschrift Nature ein Artikel erschienen, der, ausgehend von der Tatsache, dass für US-amerikanische biomedizinische Forschung jährlich allein die Stanford University rund 350 Millionen US-Dollar durch das NIH erhält, der Frage nachgeht, welche Empfänger den größten Anteil erhalten.⁸³ Dabei schlüsselt der Autor auf, dass für Stanford von jedem investierten Dollar 31 Cent indirekte Kosten sind, die sich wie folgt aufschlüsseln: 15 Cent fließen in Administration, 7 Cent in Einrichtung, 1 Cent in Ausstattung und 2 Cent in bibliothekarische Kosten. Vergleichbare Zahlen konnten für Deutschland nicht gefunden werden. Allerdings wird in einer Studie⁸⁴ zu EFI 2010 am Beispiel der Leibniz Universität Hannover konstatiert, dass dort seit dem 1. September 2009 in den Kalkulationen für Projekte, insbesondere im Bereich der Auftragsforschung und der Dienstleistungen, **indirekte Kosten in Höhe von 71 Prozent der Personalkosten** berücksichtigt würden.⁸⁵ Weiterhin heißt es: „Die Gesamtkosten, die US-amerikanische Universitäten für Forschungsaufträge geltend machen, setzen sich aus ca. zwei Dritteln direkte Kosten und einem Drittel indirekte Kosten zusammen.“ Die zu gering zu veranschlagten indirekten Kosten (Overheadkosten) werden auch in einem Diskussionspapier der Konrad Adenauer

81 Moses H, III, Matheson DM, Cairns-Smith S, George BP, Palisch C, Dorsey E. The Anatomy of Medical Research: US and International Comparisons. JAMA. 2015;313(2):174-189. <http://jama.jamanetwork.com/article.aspx?articleid=2089358> [zuletzt abgerufen am 12. Mai 2016].

82 Dzaou VJ, Fineberg HV. Restore the US Lead in Biomedical Research. JAMA. 2015;313(2):143-144. doi:10.1001/jama.2014.17660. <http://jama.jamanetwork.com/article.aspx?articleid=2089336> [zuletzt abgerufen am 12. Mai 2016].

83 Ledford(2014): Ledford H.: Indirect costs: keeping the lights on. Nature vom 20. November 2014: 515(7527):326-9. doi: 10.1038/515326a.

84 Petra Meurer und Nicole Schulze: Overheadkosten für Drittmittelprojekte in Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen, im Internet abrufbar unter: http://www.e-fi.de/fileadmin/Studien/Studien_2010/18_2010_Overheadkosten.pdf [zuletzt abgerufen am 12. Mai 2016].

85 Seite 22, ebd.

Stiftung aus dem Jahr 2013 thematisiert.⁸⁶ Hier wird gefordert, die **Pauschale für Overhead-Kosten bei Forschungsvorhaben** von derzeit 20 auf 40 Prozent anzuheben.⁸⁷ In den USA hingegen sind zwar gemeinhin indirekte Kosten relativ hoch zu veranschlagen (Durchschnitt Universitäten: 31 Prozent, Durchschnitt non Profit: 38%, Durchschnitt Krankenwesen: 38 Prozent), unterliegen aber eine sehr großen Standardabweichung (Zwischen 10 und 80%).⁸⁸

8. Perspektiven und Bewertungen in der (medizinischen) Forschung

Das **Gutachten der Expertenkommission Forschung und Innovation 2014 (EFI2014)**⁸⁹ geht auf die Bedeutung und die Bewertung der Medizinforschung in Deutschland als eines seiner Kernthemen ein. Dabei stützt es sich auf eine beauftragte Analyse zu medizinischer Forschung an Universitäten im internationalen Vergleich, die vom Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung angefertigt wurde. Hierin werden ausgewählte Institutionen in Deutschland, den Niederlanden, Kanada, Schweiz und den USA miteinander verglichen.⁹⁰ Im EFI-Gutachten 2014 wird festgehalten: „Der Vergleich der leistungsstärksten Standorte der Hochschulmedizin aus jeweils fünf forschungsstarken Ländern – Deutschland, Niederlande, Kanada, Schweiz und USA – zeigt, dass Deutschland zwar über konkurrenzfähige Standorte verfügt, aber keiner davon eine internationale Spitzenposition einnimmt. Über die mit Abstand leistungsstärksten Standorte der Hochschulmedizin – hier definiert als die jeweiligen Hochschulen zusammen mit den Hochschulklinika bzw. Lehrkrankenhäusern – verfügen die USA. Die US-amerikanischen Standorte weisen die höchsten Publikationsleistungen auf und generieren mehr Patente als die Forschungsstandorte in den Vergleichsländern.“⁹¹ In Hinblick auf die Publikationsanzahl und Intensität (Anzahl der Publikationen/Autoren) erweist sich Boston/Cambridge als mit Abstand führend, auch wenn man die sog. **Exzellenzrate** betrachtet (Anteil der Publikationen eines Standorts, die zu den Top 10% der zitierten Publikationen in der Medizinforschung zählen), sind die USA führend (Wiederum Boston/Cambridge an erster Stelle). Hierbei ist aber zu beachten, dass Eigenzitate sehr eingehend betrachtet werden müssen. Zudem ist- wie vielfach in Diskussionen kritisch erwähnt- zu bedenken, dass es eventuell für amerikanische Standorte einfacher ist, in den in der Mehrheit US-amerikanischen Fachzeitschriften zu publizieren. Der in der Exzellenzrate beste deutsche Standort (Heidelberg) erreicht Rang 14 von 22, der beste europäische ist Rotterdam (Rang 4). Auch in der Anzahl der Patentanmeldungen liegt Boston vorne. Im EFI-Gutachten wird kritisch

86 Konrad Adenauer Stiftung: Perspektiven des deutschen Wissenschaftssystems – Welche Schritte sind notwendig? Diskussionspapier, 2013. ISBN 978-3-944015-94-1. Im Internet abrufbar unter: http://www.kas.de/wf/doc/kas_35932-544-1-30.pdf?13110 [zuletzt abgerufen am 12. Mai 2016].

87 Seite 33, ebd.

88 Seite 327 in Ledford(2014)

89 Quelle: http://www.e-fi.de/fileadmin/Gutachten_2014/EFI_Gutachten_2014.pdf [zuletzt abgerufen am 12. Mai 2016].

90 Frietsch, R.; Neuhäusler, P.; Michels, C.; Dornbusch, F. (2014): Medical Research at Universities - An International Comparison, Studien zum deutschen Innovationssystem, Berlin: EFI. http://www.e-fi.de/fileadmin/Innovationsstudien_2014/StuDIS_8_2014.pdf [zuletzt abgerufen am 12. Mai 2016].

91 Ebd., Seite 56.

herausgearbeitet, dass die **Unternehmenskooperation** in den USA offensichtlich intensiver betrieben werde und die **Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT)** in der medizinischen Forschung stärker sei. Die IKT könne wichtige Instrumente bereitstellen, um die Vernetzung von Wissenschaftlern und die Bereitstellung von Informationen zu verfügbaren Forschungsressourcen zu fördern.⁹² Es werden Beispiele von Softwarelösungen und Initiativen vorgestellt, die nicht nur in Boston selbst Anwendung finden, sondern teilweise weltweit genutzt werden (und damit zur Verbreitung der Bekanntheit „Boston“ oder „Harvard“ beitragen): Harvard Catalyst Profiles, Eagle-i, Informatics for Integrating Biology and the Bedside (i2b2), Shared Health Research Information Network (SHRINE), Big Data to Knowledge (BD2K)-Initiative der NIH. Schlussendlich wird auch das im Vergleich zu Deutschland breiter angelegte MD (medical Doctor)/PhD Programm gelobt.

In einer Publikation in der renommierten Fachzeitschrift Nature aus dem Jahr 2011⁹³ konstatieren die Autoren, dass der effektivste Weg, menschliche Gesundheit voranzutreiben, im **grundlegenden Verständnis der Biologie** bestehe, d.h. der Genom-Biologie. Dies bilde die Grundlage jeglichen Verständnisses von Krankheiten. Tatsächlich biete Genomik die Möglichkeit, sogar Gesundheit voranzutreiben, ohne überhaupt die Grundlagen der jeweiligen Krankheit zu verstehen (beispielsweise, indem Genprofile mit Krankheitshäufigkeiten oder Therapieerfolgen in Verbindung gebracht werden). Eine besondere Bedeutung komme dabei den Gebieten Bioinformatik, Computational Biology, Bildung und Ausbildung sowie Genomik und Gesellschaft zu. Als Werkzeuge böten sich folgende Maßnahmen an: neue Technologien, Kollaborationen in großem Maßstab, multidisziplinäre und internationale Teams, umfassende Studien, Hochdurchsatzdatenproduktion und Analyse, hohe Rechenleistung, Datenqualität, schnelle Verfügbarkeit von Daten und die Beachtung sozialer Implikationen.

Dass Innovation im Bereich der Gesundheitsversorgung nicht nur dringend erforderlich ist, sondern auch effizient innerhalb akademischer Systeme propagiert und befördert werden muss, ist zentrales Thema in einer Publikation in Academic Medicine aus dem Jahr 2013.⁹⁴ Als zentrale Forderungen arbeiten die Autoren drei Themenfelder heraus: eine Verstärkung der Anstrengungen, Innovationsleistungen in der Lehre zu verankern, Innovationsbestrebungen und Projekte sowohl durch ein geeignetes Umfeld, durch ausreichend Zeit (neben der täglichen Patientenversorgung) als auch finanziell umfassend zu fördern, und im letzten Schritt die Innovation auch zu implementieren. Gerade dieser letzte Schritt sei wichtig. In vielen Fällen würden viele Evidenzbasierten Innovationen nicht Anwendung finden, da sie nachfolgend nicht getestet oder nicht vollständig implementiert würden.⁹⁵

92 Ebd., Seite 76.

93 Eric D. Green, Mark S. Gruyer & National Human Genome Research institute: Charting a course for genomic medicine from base pairs to bedside, Nature 470, 204–213 vom 10. Februar 2011.

94 Dzau VJ, Yoediono Z, Ellaissi WF, Cho AH: Fostering innovation in medicine and health care: what must academic health centers do? Acad Med. 2013 Oktober; 88(10):1424-9. doi: 10.1097/ACM.0b013e3182a32fc2.

95 In diesem Zusammenhang wird eine Publikation in Science aus dem Jahre 2007 zitiert: Madon T, Hofman KJ, Kupfer L, Glass RI. Public health. Implementation science. Science. 2007; 318:1728–1729.

Ben Goldacre weist auf eine weitere Problematik in einem Kommentar hin: Die **selektive Publikation** nur einzelner Ergebnisse und eine nicht ausreichende Beschreibung der Studien verhindere die Möglichkeit der bestätigenden Replikation von Ergebnissen. Hinzu käme das wiederholte Benutzen von Daten mit Hilfe von nicht beschriebenen multivariaten statistischen Methoden. Hiermit werde nicht nur die Integrität der Daten infrage gestellt, sondern auch riskiert, dass übertriebene und falsch-positive Ergebnisse kursierten.⁹⁶

In den USA wurde im vergangenen Jahr bemängelt, dass die Investitionen im Bereich der medizinischen Forschung gesunken seien. In Asien hingegen stiegen Forschungsinvestitionen.⁹⁷

Prof. Reinhard Renneberg, seit Jahrzehnten an der „Hongkong University of Science and Technology (HKUST)“ tätig, die in internationalen Rankings vorderste Plätze, insbesondere in Technik und Naturwissenschaften, belegt führt den Erfolg der Universität mitunter auf die **Verwendung der englischen Sprache** zurück: „Wir sind durchweg internationaler besetzt und sprechen fast ausschließlich Englisch. Doch die Unterschiede werden abnehmen. Die Regierung der Volksrepublik möchte China zum größten englischsprachigen Land der Welt machen – natürlich bezogen auf die Zahl der Menschen, die Englisch zumindest als Zweitsprache sprechen.“⁹⁸

- Ende der Bearbeitung -

96 Goldacre B: Make journals report clinical trials properly, Nature vom 4. Februar 2016; 530(7588):7. doi: 10.1038/530007a.

97 Vgl. <https://www.sciencedaily.com/releases/2015/01/150113120915.htm> [zuletzt abgerufen am 12. Mai 2016].

98 Quelle: http://www.wissenschaft.de/kultur-gesellschaft/forschungspolitik/-/journal_content/56/12054/10861146/Bei-den-Chinesen-ist-Deutschland-am-beliebtsten/ [zuletzt abgerufen am 12. Mai 2016].

9. Literaturverzeichnis

Baker, Monya: Irreproducible biology research costs put at \$28 billion per year, Nature Views vom 9. Juni 2015 siehe: <http://www.nature.com/news/irreproducible-biology-research-costs-put-at-28-billion-per-year-1.17711> [zuletzt abgerufen am 12. Mai 2016].

Bundesministerium für Bildung und Forschung: China-Strategie des BMBF 2015-2020, Strategischer Rahmen für die Zusammenarbeit mit China in Forschung, Wissenschaft und Bildung. Oktober 2015, https://www.bmbf.de/pub/China_Strategie_Langfassung.pdf [zuletzt abgerufen am 12. Mai 2016].

Bundesministerium für Bildung und Forschung: Innovation/Cluster. Vorstellung und Beschreibung internationaler Cluster. Im Internet abrufbar unter: <http://www.kooperation-international.de/innovationsportal/clusterportal/> [zuletzt abgerufen am 12. Mai 2016].

Celeste, Richard F.; Griswold, Ann und Straf, Miron L. (Editors): Furthering America's Research Enterprise. Committee on Assessing the Value of Research in Advancing National Goals. National Research Council of the National Academies. National Academies Press (US) vom 28. Oktober 2014. Im Internet verfügbar unter: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK253890/> [zuletzt abgerufen am 12. Mai 2016].

Chalmers, I; Glasziou, P. Avoidable waste in the production and reporting of research evidence. Lancet 2009; 374: 86–89.

Deutsche Forschungsgemeinschaft: DFG stellt „Förderatlas 2015“ vor: Wo und wie Spitzenforschung und -förderung Früchte tragen, Pressemitteilung Nr. 43 vom 3. September 2015, http://dfg.de/service/presse/pressemitteilungen/2015/pressemitteilung_nr_43/ [zuletzt abgerufen am 26. April 2016].

Deutscher Bundestag: Forschungstransfer soll besser werden, Pressemitteilung vom 16. März 2016, <https://www.bundestag.de/presse/hib/201603/-/415382> [zuletzt abgerufen am 12. Mai 2016].

Deutscher Bundestag: Wortprotokoll der 60. Sitzung Ausschuss für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung; Protokoll-Nr. 18/60: Öffentliches Fachgespräch zum Thema „Stärkung und Beschleunigung des Transfers von Forschungsergebnissen und Innovationen in die Gesundheitsversorgung“.

Dzau, VJ; Fineberg, HV. Restore the US Lead in Biomedical Research. JAMA. 2015;313(2):143-144. doi:10.1001/jama.2014.17660. <http://jama.jamanetwork.com/article.aspx?articleid=2089336> [zuletzt abgerufen am 12. Mai 2016].

Dzau, VJ; Yoediono, Z; Ellaissi, WF; Cho, AH: Fostering innovation in medicine and health care: what must academic health centers do? Acad Med. 2013 Oktober; 88(10):1424-9. doi: 10.1097/ACM.0b013e3182a32fc2.

Ewalt, David: The World's Most Innovative Research Institutions, Reuters, erschienen online am 8. März 2016: <http://www.reuters.com/article/us-innovation-rankings-idUSKCN0WA2A5> [zuletzt abgerufen am 20. Mai 2016].

Expertenkommission Forschung und Innovation: Gutachten zu Forschung, Innovation und Technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands, 2014, ISBN 978-3-00-044660-3, http://www.efi.de/fileadmin/Gutachten_2014/EFI_Gutachten_2014.pdf [zuletzt abgerufen am 12. Mai 2016].

Fraktionen der CDU/CSU und SPD: Antrag: Transfer von Forschungsergebnissen und Innovationen in die Gesundheitsversorgung beschleunigen; Drucksache 18/7044 vom 15. Dezember 2015; <http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/18/070/1807044.pdf>

Freedman, Leonard P.; Cockburn, Iain M.; Simcoe, Timothy S.: The Economics of Reproducibility in Preclinical Research, Plos Biology 13(6): e1002165 vom 9. Juni 2015.

Freedman, LP; Cockburn, IM, Simcoe, TS (2015) The Economics of Reproducibility in Preclinical Research. PLoS Biol 13(6): e1002165. doi:10.1371/journal.pbio.1002165.

Frietsch, R.; Neuhäusler, P.; Michels, C.; Dornbusch, F. (2014): Medical Research at Universities - An International Comparison, Studien zum deutschen Innovationssystem,

Goldacre, B: Make journals report clinical trials properly, Nature vom 4. Februar 2016; 530(7588):7. doi: 10.1038/530007a.

Green, Eric D.; Gruyer, Mark S. & National Human Genome Research institute: Charting a course for genomic medicine from base pairs to bedside, Nature 470, 204–213 vom 10. Februar 2011.

Gross, Clifford M.: The growth of China's technology transfer industry over the next decade: implications for global markets; J. Technol. Transf (2013) 38: 716-747.

Guttenplan, DD: Questionable Science Behind Academic Rankings, The New York Times vom 14. November 2010.

Hazelkorn, Ellen; Gibson, Anrew: Another Year, Another Methodology: Arew Rankings Telling Us Anything New? International Higher Education, Number 84: Winter 2016, erschienen am 3. Januar 2016.

Hicks, Diana und Wouters, Paul: The Leiden Manifesto for research metrics, Nature, Vol. 520 vom 23. April 2015.

Hülsbeck, Marcel; Lehmann, Erik E. und Stranecker, Alexander: Performance of technology transfer offices in Germany, J. Technol Transfer (2013) 38: 199-215.

Konrad Adenauer Stiftung: Perspektiven des deutschen Wissenschaftssystems – Welche Schritte sind notwendig? Diskussionspapier, 2013. ISBN 978-3-944015-94-1. Im Internet abrufbar unter: http://www.kas.de/wf/doc/kas_35932-544-1-30.pdf?13110 [zuletzt abgerufen am 12. Mai 2016].

Kooperation International, Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF): Informationen zu Forschungsclustern weltweit (Internetressource), abrufbar im Internet unter: <http://www.kooperation-international.de/innovationsportal/clusterportal.html> [zuletzt abgerufen am 12. Mai 2016].

Kuhr, N.: Systemkritik: Wissenschaftselite beklagt zu viel Forschungsmüll. Spiegel vom 8. Januar 2014, <http://www.spiegel.de/wissenschaft/medizin/lancet-spezial-fuer-mehr-qualitaet-in-der-wissenschaft-a-942328.html> [zuletzt abgerufen am 18. April 2016].

Ledford, H.: Indirect costs: keeping the lights on. Nature vom 20. November 2014: 515(7527):326-9. doi: 10.1038/515326a.

Madon, T; Hofman, KJ; Kupfer, L; Glass, RI: Public health. Implementation science. Science. 2007; 318:1728–1729.

Meurer, Petra und Schulze, Nicole: Overheadkosten für Drittmittelprojekte in Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen, im Internet abrufbar unter: http://www.efi.de/fileadmin/Studien/Studien_2010/18_2010_Overheadkosten.pdf [zuletzt abgerufen am 12. Mai 2016].

Moher, David; Glasziou, Paul; Chalmers, Iain; Nasser, Mona; Bossuyt, Patrick M M; Korevaar, Daniël A; Graham, Ian D; Ravaut, Philippe; Boutron, Isabelle: Increasing value and reducing waste in biomedical research: who's listening? Volume 387, No. 10027, p1573–1586, 9 April 2016, online Publikation vom 27. September 2015.

Moses, H; Matheson, DM, Cairns-Smith, S, George, BP, Palisch, C, Dorsey, E. The Anatomy of Medical Research: US and International Comparisons. JAMA. 2015;313(2):174-189. <http://jama.jamanetwork.com/article.aspx?articleid=2089358> [zuletzt abgerufen am 12. Mai 2016].

Passell, P.: Exceptional Returns: The Economic Value of America's Investment in Medical Research. New York: Lasker Charitable Trust/Funding First; 2000. [April 2014]. <http://www.lasker-foundation.org/media/pdf/exceptional.pdf> [zuletzt abgerufen am 12. Mai 2016].

Plume, Andrew: Impact of Science: the need to measure, Artikel vom 11. September 2014, online erschienen auf www.Elsevier.com.

Roberts, Edward B. und Eesley, Charles: Entrepreneurial Impact: The Role of MIT; Februar 2009, Ewing Marion Kauffman Foundation, im Internet abrufbar unter: http://www.kauffman.org/~media/kauffman_org/research%20reports%20and%20covers/2009/02/mit_impact_brief_021709.pdf [zuletzt abgerufen am 12. Mai 2016].

Sabarathnam, Meera; Kirby, Paul: Why Metrics Cannot Measure Research Quality. <https://thedisorderofthings.com/2014/06/16/why-metrics-cannot-measure-research-quality-a-response-to-the-hefce-consultation/> [zuletzt abgerufen am 12. Mai 2016].

Science Daily: Rate of investment in medical research has declined in U.S., increased globally, Nachrichtenmitteilung vom 13. Januar 2014, <https://www.sciencedaily.com/releases/2015/01/150113120915.htm> [zuletzt abgerufen am 12. Mai 2016].

Swahil, John und Williamson, David: Measuring what matters in nonprofits, McKinsey Quarterly - May 2001, <http://www.mckinsey.com/industries/social-sector/our-insights/measuring-what-matters-in-nonprofits> [zuletzt abgerufen am 12. Mai 2016].

Tarzian, Jill Ann; Chambers, Donald A.: Evaluating academic technology transfer performance by how well access to knowledge is facilitated—defining an access metric, The Journal of Technology Transfer, Oktober 2008, Volume 33, Issue 5, S. 534-547.

The Lancet: Research: increasing value, reducing waste, Artikelserie vom Januar 2014, im Internet unter Anmeldung abrufbar unter: <http://www.thelancet.com/series/research> [zuletzt abgerufen am 9. September 2015].

TIMSS - Trends in International Mathematics and Science Study ist eine weltweite Schulleistungsuntersuchung, Internetressource: <http://timss.bc.edu/> [zuletzt abgerufen am 12. Mai 2016].

TIMSS and PIRLS 2011: Relationships Among Reading, Mathematics, and Science Achievement at the Fourth Grade—Implications for Early Learning; Library of Congress Catalog Card Number: 2013947584, ISBN: 978-1-889938-18-9, im Internet verfügbar unter:

Universität Heidelberg: Erneut hervorragende Platzierungen im Best Global Universities Ranking, Pressemitteilung vom 8. Oktober 2015, http://www.uni-heidelberg.de/presse/meldungen/2015/m20151008_erneut-hervorragende-platzierungen-im-best-global-universities-ranking.html [zuletzt abgerufen am 26. April 2016].

Vinig, Tsvi; Lips, David: Measuring the performance of university technology transfer using meta data approach: the case of Dutch universities; The Journal of Technology Transfer, Dezember 2015, Volume 40, Issue 6, S. 1034-1049.