

Wie klinisch forschende Ärzte von der Hinwendung der Ingenieur- und Naturwissenschaften zur Biomedizin profitieren können

## Konvergenz in der Medizinischen Forschung

Untersucht werden Möglichkeiten, die multidisziplinäre Zusammenarbeit bei den Schnittstellen von Medizin und Ingenieurwissenschaften zu optimieren. Dies wäre zu beiderseitigem Vorteil. Gefördert werden könnte eine Kooperation bereits frühzeitig bei der Aus- und Weiterbildung, ebenso durch geeignete Infrastrukturen und Forschungsstrategien.

Frank A. Zoller<sup>a</sup>,  
Roman Boutellier<sup>b</sup>

a MSc, Doktorand am Lehrstuhl für Technologie- und Innovationsmanagement, ETH Zürich

b Prof. Dr., Professor für Technologie- und Innovationsmanagement und Vizepräsident für Personal und Ressourcen, ETH Zürich

Die Autoren danken B. Thalmann und D. Mukhopadhyay für die Hilfe bei der Datensammlung.

Korrespondenz:  
ETH Zürich  
Prof. Dr. Roman Boutellier  
Technologie- und Innovationsmanagement  
HG F 45  
Rämistrasse 101  
CH-8092 Zürich  
Tel. 044 632 05 91  
Fax 044 632 11 60

roman.boutellier[at]sl.ethz.ch

Nobelpreisträger Phil Sharp nennt es die dritte Revolution in der Biomedizin [1] – die Konvergenz von klinischer Forschung, Mikrobiologie, Physik und Ingenieurwissenschaften. In naher Zukunft wird die Medizin deutlich personalisierter, dies bei einem mindestens gleichbleibenden Druck bezüglich Kosteneffizienz. Für den wissenschaftlich-medizinischen Fortschritt müssen die wichtigen klinischen Fragestellungen in die Spitzenlabors getragen werden, und die neuesten Erkenntnisse und Technologien aus der technischen Grundlagenforschung schnell den Weg in die Universitätskliniken finden. Es ist der zunehmende Einsatz von Technologie, der im klinischen Alltag eine stärkere Personalisierung erlauben wird. Die Entwicklung neuer Technologien und ihre Adaption für den täglichen Gebrauch erfordern intensive, fächerübergreifende Forschungszusammenarbeiten. *Tissue Engineering* ist eines der Felder, in dem Mediziner, Materialwissenschaftler und Mikrobiologen Hand in Hand arbeiten. In der Rehabilitation nach Hirnschlägen ist die Integration von Sensorik, Diagnostik und Robotik bereits heute Tatsache. Der Einbezug von Elektrotechnikern, Informatikern, Physikern und Maschineningenieuren ist damit ein Muss.

### Konvergenz in der Medizinischen Forschung

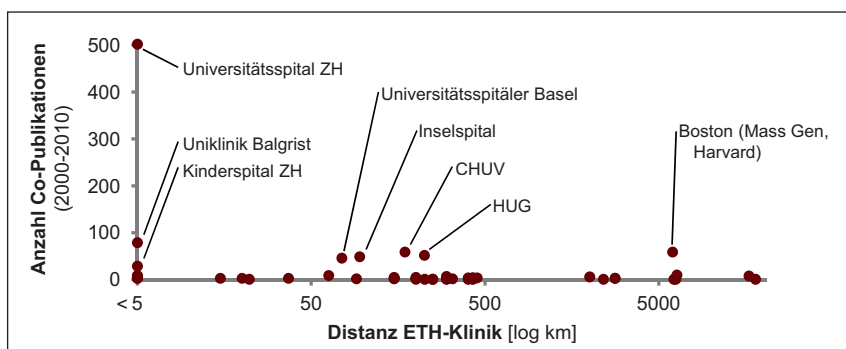
La recherche clinique converge de plus en plus avec les sciences naturelles et l'ingénierie. Cette conversion crée de nouvelles formes de collaboration interdisciplinaire. La majorité des collaborations efficaces devraient se concentrer sur les villes universitaires. En ce qui concerne les collaborations interinstitutionnelles, il y a encore des obstacles qui doivent être éliminés. Au niveau des institutions, nous avons identifié le besoin d'agir dans le domaine de l'éducation, l'infrastructure, l'orientation stratégique de la recherche et l'allocation des ressources.

Die Schweiz verfügt über hervorragende Kliniken und Universitäten, die weitgehend unabhängig voneinander arbeiten und auch verschiedene Finanzquellen haben. Die engere inter-institutionelle Zusammenarbeit birgt allerdings ein grosses, noch nicht ausgeschöpftes Potential. Andere Länder sind hier zum Teil weiter [2]. Dieser Beitrag untersucht Möglichkeiten, die sich unseren Institutionen eröffnen, um multidisziplinäre Kollaborationen zu fördern. Er beruht auf einer Benchmark-Analyse an den Standorten Basel, Lausanne und Zürich und ergänzenden Beobachtungen aus Boston/Cambridge MA.

#### An einem Standort, Seite an Seite

Heute werden mehr als die Hälfte der gemeinsamen Publikationen der ETH Zürich mit klinischen Forschern innerhalb der Stadt Zürich erarbeitet (Abb. 1). Zukunftsweisend sind multidisziplinäre Zusammenarbeitsformen, die es erlauben Neuland zu betreten.

Abbildung 1  
Zusammenarbeit der ETH Zürich mit Kliniken in Abhängigkeit von der Distanz in km.



Die beteiligten Forscher müssen dazu eine gemeinsame Sprache und ein gemeinsames Verständnis des wissenschaftlichen Problems entwickeln. Hier sind persönliche Begegnungen von grosser Wichtigkeit. Das Wissen über Pathogenese und den klinischen Alltag muss mit naturwissenschaftlichem oder Ingenieur-Know-how kombiniert werden. Der Einsatz von Nano-Containern zur gezielteren Abgabe von Wirkstoffen oder die Entwicklung eines Mikrochips zur Diagnostik am Krankenbett sind Beispiele, die ohne multidisziplinäre Zusammenarbeit kaum zur praktischen Anwendung finden. Ingenieure haben kaum Routine im Umgang mit Patienten, und Ärzte kennen die modernen Technologien nicht im Detail. Weil der Austausch zwischen Spezialisten viel gegenseitiges Vertrauen braucht, werden sich die produktiven Kollaborationen eher stärker als bisher auf einzelne Hochschulstandorte konzentrieren.

### Handlungsfelder und Lösungsansätze

Was kann man aus institutioneller Sicht tun, um die Zusammenarbeit zu fördern? – Wir sehen vier Felder in denen es Potential zur Optimierung gibt.

*Aus- und Weiterbildung* ist der vielleicht wichtigste Punkt. Für Ärzte ist es wichtig, dass sie leicht ein Sabbatical innerhalb der Natur- und Ingenieur-

einem Übergangsjahr könnten sie ein Masterstudium in Medizin beginnen.

Interdisziplinäre Zentren scheinen dann besonders erfolgreich zu sein, wenn sie aus Einzelinitiativen *bottom-up* entstehen und dann frühzeitig *top-down* gefördert werden. Spitäler und technische Universitäten müssen bereit sein, multidisziplinäre Forschung mit zusätzlichen *Ressourcen* in Form von Geld, Stellenprozenten oder Raum zu unterstützen. Forschende Ärzte sollten zumindest temporär einen grossen Teil ihrer Arbeitszeit für Forschung aufwenden können, z. B. blockweise 30–50%. Dafür braucht es zwingend entsprechende Budgets. Es wäre wichtig, dass Assistenzärzte ihre Leistungen in der Forschung von der FMH adäquat honoriert bekämen. Damit stellt sich die Frage der stärkeren Trennung von Versorgungs- und Forschungsfunktion in den Spitälern, insbesondere bezüglich Finanzierung.

Zugang zu erstklassiger *Infrastruktur* ist für viele Bereiche der Spitzenforschung unabdingbar. Die Technologiegeschwindigkeit ist gross, und Gerätschaften veralten z. T. schnell. Investitionen in neuste Technologien innerhalb einer Institution garantieren noch lange nicht die optimale Nutzung. Gerade forschende Ärzte mit knappen Zeitbudgets haben oft Schwierigkeiten, Zugang zu erhalten. Technologie-

---

## «Ärzte nehmen mit ihrem Zugang zu Patienten eine Schlüsselposition ein, und Ingenieurwissenschaften und Physik können vermehrt von interessanten medizinischen Fragestellungen profitieren.»

---

wissenschaftlichen Abteilungen machen können und sie einen niederschweligen Zugang zum Seminarangebot bekommen. Spätestens zu Beginn der Master-Programme macht es Sinn, angehende Ingenieure auf Fragestellungen aus dem klinischen Alltag aufmerksam zu machen. Masterarbeiten, die an den Kliniken und unter Aufsicht von forschenden Ärzten geschrieben werden, können ein nächster Schritt sein. Studenten, vorab Doktoranden, die zwischen den Labors verschiedener Institutionen unterwegs sind, treten als Botschafter auf und sind wichtige Brückenbauer. Oft helfen sie längerfristige Zusammenarbeiten zu etablieren. Erfolgsversprechend sind daher Dual Mentorship Doktorate und MD-PhD Programme; d. h. die Studierenden haben Betreuer innerhalb der Klinik wie auch in der technischen Grundlagenforschung. Angedacht wurde im ETH-Bereich zudem der erleichterte Zugang zum Medizinstudium nach einem natur- oder ingenieurwissenschaftlichen Bachelor [3]. Studierende des neuen ETH Departementes *Health Sciences and Technology* erlernen die Grundlagen in den exakten Naturwissenschaften. Sie erhalten aber auch eine gründliche Einführung in Anatomie und Physiologie. Nach

plattformen können die Situation stark verbessern: Geräte gleichen Typs, aber auch Infrastruktur für Versuchstiere werden konzentriert, und Methodenkompetenz wird gebündelt [4]. Die Plattformen bieten ganz neue Möglichkeiten für Mediziner, die z. B. im Bereich der *Omic*s oder des *Imaging* mit grossen Anforderungen bezüglich Technologiekompetenz konfrontiert werden. Die Plattformen verfügen über eigenes Personal, das Forscher berät, Routineaufgaben übernimmt und Methoden weiterentwickelt. Auch für die Interpretation und Auswertung grosser Datenmengen haben sie sich bewährt.

Keiner der Schweizer Hochschulstandorte ist gross genug, um alle modernen Forschungsbereiche abdecken zu können. Vergessen wir nicht: Die Schweiz publiziert nur etwa 1% der Publikationen weltweit [5]. Eine gewisse Fokussierung ist unabdingbar. Das Zusammenarbeiten wird vereinfacht, wenn die verschiedenen Institutionen vor Ort gemeinsam eine einheitliche *Forschungsstrategie* ausarbeiten. Die Institutionen können den Wettbewerb um Forschungsgelder entschärfen, indem sie Komplementarität in den finanziell herausforderndsten Gebieten fördern. Institutionenübergreifende Berufungs-

Tabelle 1

Herausforderungen multidisziplinärer klinischer Forschung.

	Hemmnisse	Massnahmen
<b>Mensch</b>	Klinischer Alltag und patientenorientierte Forschung ist Naturwissenschaftlern und Ingenieuren nicht geläufig.	Lehre und Praktika sollten Studierende für klinische Fragestellungen begeistern.
	Unterschiedliche Forschungskulturen	Intensive gemeinsame Treffen ermöglichen gegenseitige Einblicke in Fähigkeiten und Herausforderungen.
<b>Technik</b>	Zugang zu Forschungsinfrastruktur für Mediziner	Systematischer Einsatz von Technologieplattformen und Aufbau offener Labors
<b>Organisation</b>	Mangelnde zeitliche Ressourcen von Klinikern	Neue Arbeitszeit- und Karrieremodelle, die Raum für Forschung schaffen
	Keine gemeinsamen Visionen für hochspezialisierte Medizin und Forschung an einem Standort	Inter-institutionelles Analysieren und Fördern vorhandener Stärken und von <i>bottom-up</i> -Initiativen

kommissionen können die Zusammenarbeit in einem bestehenden Feld verstärken. Auch Doppelprofessuren sind ein erprobtes Mittel, um institutionelle Gräben zu überbrücken. Ohne Annäherung der Forschungskultur kann das vorhandene Potential kaum ausgeschöpft werden.

Sobald institutionelle Voraussetzungen (Tab. 1) geschaffen sind, sollen sich Forschende treffen und austauschen. Einfach zu organisieren und trotzdem fruchtbar sind gegenseitige Informations-Veranstaltungen. Gemeinsame Ausbildungs- und Fortbildungsprogramme mit gemeinsam genutzter Infrastruktur fördern direkte Begegnungen und verstärken das gegenseitige Vertrauen. Die Bedeutung geographischer Nähe darf nicht unterschätzt werden: Begegnungen nehmen mit zunehmender Distanz drastisch ab [6]. Die neuen Medien können dies nur teilweise kompensieren. Die *bench-* und *bedside* müssen sich physisch annähern.

### Konvergenz ist vorab Chance

Forschungsorientierte Ärzte, aber auch Naturwissenschaftler und Ingenieure könnten aus der bevorstehenden Konvergenz stark profitieren. Ärzte nehmen mit ihrem Zugang zu Patienten eine Schlüsselposition ein, und Ingenieurwissenschaften und Physik können vermehrt von interessanten medizinischen Fragestellungen profitieren. Neben der medizinischen Fachkompetenz bringen Ärzte auch viel eher

die Fähigkeit mit, mit Patienten und Probanden in deren Sprache zu kommunizieren. Die technische Expertensprache ist für Patienten kaum verständlich [7].

Wenn es allerdings nicht gelingt, an den Universitätsstandorten die grossen Hürden für die Zusammenarbeiten abzubauen, werden sich Grundlagenforscher nach Kooperationspartnern im Ausland umsehen. Solche Zusammenarbeiten über grosse Distanzen reduzieren aber die Effizienz stark, was zu Lasten der Attraktivität des gesamten Feldes und des Standortes Schweiz gehen dürfte.

### Literatur

- 1 Sharp PA, Langer R. Promoting convergence in biomedical science. *Science*. 2012;333:527.
- 2 Hockfield S. The next innovation revolution. *Science*. 2009;323:1147.
- 3 EPFL. Development plan 2012–2016. 2011. p. 23.
- 4 Tahar S, Zoller FA, Anderegg S, Boutellier R. Konkurrenzfähiger mit Plattformstrategien. *io management*. 2011;80:12–6.
- 5 BFI. Bibliometrische Untersuchung zur Forschung in der Schweiz. 2011. p. 13.
- 6 Allen TJ, Henn GW. *The Organization and Architecture of Innovation*. Oxford: Butterworth; 2007.
- 7 Boutellier R, Zoller FA. General practitioners are the future intermediaries. *J Eval Clin Pract*. 2011;17:405–9.