

## **Die Evolution von Ökosystemen für konvergierende Technologien - Treiber und Barrieren der Technologieexploration und –nutzung [unten im englischen Original]**

Daniel Laufs<sup>1</sup>, Ferran Giones<sup>2</sup>, Carsten Schultz<sup>1</sup>, Jan-Philip Riebenstein<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (CAU), Technologiemanagement; <sup>2</sup>Universität Süddänemark, Mads Clausen Institut

Konvergente Technologien, wie die Biotechnologie, beruhen auf dem Beitrag mehrerer wissenschaftlicher Disziplinen und werden auf entfernte Bedürfnisse und Märkte angewandt. Die Entwicklung von Technologien und verwandten Anwendungsfeldern erfordert daher die Entwicklung von Ökosystemen, die multidisziplinäre, bisher unverbundene Akteure in kollaborative Explorations- und Nutzungsprozesse einbeziehen. Wir wissen wenig darüber, wie sich diese Prozesse insbesondere in den frühen Phasen der Ökosystementwicklung entwickeln.

Frühere Untersuchungen deuten darauf hin, dass Human- und Sozialkapital, Patente und VC-Finanzierung oder Marktorientierung unter anderem die Entwicklung von Biotechnologieunternehmen beeinflussen. In den frühen Phasen ist jedoch weniger bekannt, wie Anwendungsfelder aus der Laborforschung entstehen und wie sie die Möglichkeiten der Technologievermarktung gestalten. Wir beheben diese Lücke, indem wir die Vorgeschichte und die Folgen des losen Zusammenhangs zwischen Forschung und Anwendung in einer sich entwickelnden Biotechnologie untersuchen.

Der Artikel zielt darauf ab, die Art der Koevolution der konvergierenden Technologie und die Anforderungen an die Ökosysteme zu bestimmen, einschließlich der Analyse der wichtigsten Akteure und ihrer Wechselwirkungen im Laufe der Zeit. Dies hilft uns, das Muster der Technologiekonvergenz sowie die Treiber und Barrieren, die den Innovationsprozess beeinflussen, zu verstehen. Um einen ganzheitlichen Rahmen für das Zusammenspiel von Technologieexploration und -nutzung und dem jeweiligen Ökosystem zu entwickeln, führen wir eine explorative Studie mit einem Fall aus der marinen Biotechnologie durch.

Am Beispiel von Fucoidan, einem Braunalgenextrakt, analysieren wir, wie die Herkunft der Biotechnologie und ihre Eigenschaften die Vermarktung beeinflussen. Fucoidan hat sich in der Forschung als vielversprechend erwiesen, hatte aber nur begrenzte Auswirkungen auf den Markt, insbesondere im medizinischen Bereich mit hoher Wertschöpfung. Wir folgen einem Mixed-Methode-Forschungsdesign, erstens einer Patentinhalts- und Netzwerkanalyse, zweitens einer induktiven Feldarbeit. Wir nutzen die Patentanalyse von PATSTAT-Daten, um die bestehenden Zusammenhänge und Lücken in der Fucoidan-Biotechnologie zu identifizieren, und die induktive Feldarbeit mit einer großen multidisziplinären Gruppe von Fucoidan-Forschern, um die Schlüsselthemen zu verstehen, die sich auf die Forschungs- und Kommerzialisierungsdynamik der Biotechnologie

auswirken. Wir triangulieren Patentdaten mit Archivdaten und Interviews mit relevanten Netzwerkakteuren.

Die Ergebnisse zeigen Innovationsblockaden in Bezug auf Lücken zwischen verschiedenen Disziplinen, Lücken zwischen Forschung, Anwendung und Kommerzialisierung und Upscaling-Herausforderungen in Prozessen mit hoher Wertschöpfung.

Wir identifizierten eine Trennung zwischen dem Patentnetzwerk zur Extraktion, Charakterisierung und Anwendung von Fucoïdan und der therapieorientierten medizinischen Forschung. Ein Vergleich mit den Forschungspublikationen zeigt das Ungleichgewicht zwischen aktiven Fucoïdan-bezogenen medizinischen Publikationen und Patentaktivitäten. Obwohl ein solches Ungleichgewicht auch mit der Patentierung der Trichotomie zusammenhängen könnte, zeigten die Daten aus den Interviews vor Ort vier Hauptthemen auf:

- 1) Die Entfernung zwischen biomarinen und medizinischen Forschungsgebieten - insbesondere unterschiedliche Fachterminologien, die in jeder Disziplin verwendet werden - erschweren eine korrekte Kommunikation.
- 2) Vielfalt der Kapazitäten und individuelle Motivationen für Forschungspublikationen und Patentaktivitäten im medizinischen Bereich.
- 3) Das Fehlen von Vermittlern im regionalen Ökosystem zur Überbrückung von Forschungs- und Anwendungspartnern; weder das Netzwerk noch die Patentanalyse zeigen große bestehende Kooperationsnetzwerke als Co-Autorenschaft und systematische Kooperationsprojekte werden selten beobachtet.
- 4) Die Upscaling-Herausforderungen bei der Entwicklung hin zu Anwendungen mit hoher Wertschöpfung, aber auch die Vergrößerung des Produktionsvolumens, wenn der Ursprung der Biotechnologie eine geschützte natürliche Ressource ist.

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass derzeit fehlende Vermittler notwendig sein könnten, um die Kommunikationsherausforderungen zu verbessern. Die Ergebnisse liefern praktische Implikationen, die den Aufbau und das Management von Ökosystemen unterstützen. Sie stehen im Einklang mit der laufenden Diskussion über den Wert politischer Interventionen, die die Schaffung von Vermittlern für die Kommerzialisierung von Technologien unterstützen, insbesondere wenn die Marktanreize nicht stark genug sind, um die Überbrückungsmechanismen zwischen entfernten Forschungsfeldern zu aktivieren. Vorschläge für die aktive Gestaltung eines gemeinsamen Ökosystems werden ebenfalls unterbreitet. Die Intermediäre müssen sich mit den identifizierten Schmerzpunkten im Kooperationsprozess befassen, um multidisziplinäre Expertengruppen entlang der Innovationswertschöpfungskette zu vernetzen. Daher müssen sie eine Kommunikationsplattform für ein gemeinsames Verständnis sicherstellen und den Vorteil der

gemeinsamen Wertschöpfung der Gruppe visualisieren, indem sie interdisziplinäre Innovationskonzepte zur Vermarktung eines Endproduktes aufstellen.

## **The Evolution of Ecosystems for Converging Technologies – Drivers and Barriers of Technology Exploration and Exploitation**

Daniel Laufs<sup>1</sup>, Ferran Giones<sup>2</sup>, Carsten Schultz<sup>1</sup>, Jan-Philip Riebenstein<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (CAU), Technology Management; <sup>2</sup>University of Southern Denmark (SDU), Mads Clausen Institute

Convergent technologies, like biotechnology, rely on the contribution of multiple scientific disciplines and are applied to distant needs and markets. As such, the development of technologies and related applications fields require the evolution of ecosystems that involve multidisciplinary, previously unrelated, actors in collaborative exploration and exploitation processes. We know little on how these processes unfold, in particular in the early stages of the ecosystem development.

Previous research suggests that human and social capital, patents and VC funding, or market orientation among other factors, influence the development of biotechnology firms. But less is known on the earlier stages how application fields emerge from laboratory research and how they shape technology commercialization opportunities. We address this gap exploring the antecedents and consequences of the loose connection between research and applications fields in an emerging biotechnology.

The article aims to determine the nature of the co-evolution of the converging technology and the ecosystems requirements, including the analysis of key actors and their interactions over time. This helps us to generate an understanding of the pattern of technology convergence as well as of the drivers and barriers that affect the innovation process. In order to develop a holistic framework of the interplay between technology exploration and exploitation and the relevant ecosystem, we perform an explorative study using a case from marine biotechnology.

We use the case of fucoidan, a brown-algae extract, to analyze how the origin of the biotechnology and its characteristics influence on the commercialization activities. Fucoidan has shown consistent promise in research but has had a limited market impact, in particular in the high value-added medical field. We follow a mixed-method research design, first, a patent content and network analysis, second, an inductive field-work. We use the patent analysis of PATSTAT data to identify the existing connections and gaps in the fucoidan biotechnology trajectory, and the inductive field-work with a large multi-disciplinary group of

fucoidan researchers, to make sense of the key themes that impact on the research and commercialization dynamics of the biotechnology. We triangulate patents data with archival data and interviews with relevant network actors.

The results show innovation blockades related to gaps between different disciplines, gaps between research, application and commercialization, and upscaling challenges in high value-adding processes.

We identified a disconnection between the patent network on extraction, characterization, and applications of fucoidan, and the therapy-oriented medical research. A comparison with the research publication activities shows the imbalance between active fucoidan-related medical publications and patenting activity. Although such imbalance could also be related to the patenting trichotomy, data from the field-work interviews pointed out four main emerging themes: 1) The distance between bio-marine and medical research fields – especially different technical terminologies used in each discipline impede a proper communication. 2) Diversity of capacities and individual motivations for research publication and patenting activities in the medical field. 3) The absence of intermediaries in the regional ecosystem to bridge research and application partners; neither the network nor the patent analysis reveals large existing cooperation networks as co-authorship and systematic cooperation projects are rarely observed. 4) The upscaling challenges in moving towards high-value added applications, and also scaling-up in production volume when the origin of the biotechnology is a protected natural resource.

The results suggest that currently missing intermediaries might be necessary to improve communication challenges. The findings provide practical implications that support the set-up and management of ecosystems. They are aligned with the ongoing discussion on the value of policy interventions that support the creation of intermediaries for technology commercialization, in particular when the market incentives might not be strong enough to activate the bridging mechanisms between distant research fields. Suggestions for the active creation of a joint ecosystem are also suggested. Intermediaries must address identified pain points in the cooperation process to link multidisciplinary expert groups along the innovation value chain. Therefore, they have to assure a communication platform for a common understanding and visualize the advantage of the value co-creation of the group, setting up interdisciplinary innovation concepts aiming to commercialize a final product.