

5. Zusammenfassung

Das Unternehmen, welches ich im Rahmen meiner Forschung zur kommerziellen Naturstoffchemie untersuchte, bietet Nischenprodukte für Abnehmer in mehreren Branchen an, vor allem für Pharma-, Lebensmittel- und Kosmetikfirmen. Sein Alleinstellungsmerkmal liegt in einer dreifachen Abgrenzung: Erstens hat es sich auf die Arbeit mit Naturstoffen spezialisiert, also auf chemische Substanzen, die durch ihre Herkunft aus Biomaterialien gekennzeichnet sind: Naturstoffe waren ehemals Bestandteile bzw. Stoffwechselprodukte von Lebewesen; im Unterschied zu synthetischen Verbindungen, die der Pharmaforschung ebenfalls als Ausgangsmaterialien dienen. Zweitens gewinnt das Unternehmen aus Pflanzen und Mikroorganismen reine Inhaltsstoffe, nicht etwa Extrakte, die aus Sicht der Chemie Gemische diverser Verbindungen darstellen. Drittens isoliert es Reinsubstanzen, *ohne* vorab Extrakte auf ihre Aktivitäten zu testen; im Gegensatz zur seit dem 19. Jahrhundert etablierten Vorgehensweise der Naturstoffforschung: Ansonsten war und ist es meist üblich, zunächst zu untersuchen, welche Extrakte überhaupt erwünschte Wirkungen zeigten. Demgegenüber vertraut das Unternehmen darauf, in Serie Zufallsfunde erschließen zu können. Anfangs wird somit *weniger* Wissen generiert als in der althergebrachten Naturstoffforschung, dafür aber mit einem vergleichsweise hohen Durchsatz, der undenkbar wäre, wenn zunächst Extrakte getestet würden. Zudem beziehen sich alle erhobenen Daten auf die Ebene, welche für die Pharmaindustrie maßgeblich ist: Auf den molekularen Aufbau von Reinsubstanzen. Ein molekularer Reduktionismus bildet mithin die zentrale handlungsleitende Grundannahme des Geschäftsmodells und schlägt sich in operationaler Hinsicht in rekurrenten Trennungsvorfahren nieder. Das Ziel ist, Biomaterialien rasch in reine Inhaltsstoffe aufzutrennen, deren Molekülstrukturen zu klären und alle unerwünschten Bestandteile abzusondern. Um ein Motto aufzugreifen, mit dem das Unternehmen Werbung macht: Das Heu zu verbrennen, um die Nadel zu finden. Naturstoffe werden sozusagen blind isoliert: Abgesehen von einigen wenigen ausgeschlossenen Substanzklassen genügt es, dass sie bislang nicht in der Sammlung vorhanden sind. Für eigene Forschungsprojekte – neben dem Substanzverkauf und Auftragsarbeiten eines der Geschäftsfelder – testet das Unternehmen nach und nach alle vorhandenen Naturstoffe; doch für die Isolierung spielt ihre Bioaktivität keine Rolle: Nicht um-

sonst wird erst *nach* der Trennung getestet. Welche Extrakte aufgetrennt werden, hängt ausschließlich damit zusammen, ob sie der Vorabanalyse zufolge genügend nicht-redundante Verbindungen enthalten.

Insofern es Inhaltsstoffe von Biomaterialien unabhängig von ihren Aktivitäten isoliert, findet sich das Unternehmen in einer hoch spezialisierten Nische innerhalb der ohnehin randständigen Naturstoffchemie. Um Risiken zu streuen und die Abhängigkeit von Kunden aus der Pharmabranche zu reduzieren, bemüht es sich daher – soweit die Fokussierung auf eine bestimmte Bandbreite an Methoden und Verfahren dies zulässt – um eine Diversifizierung über mehrere Produktkategorien und Geschäftsfelder hinweg. Letztlich ist das Ziel, alle möglichen Dienstleistungen und Waren anzubieten, für die Naturstoffe zu gebrauchen sind – für mehrere Industriezweige und vom Substanzverkauf über Forschungsprojekte bis zur Herstellung von Derivaten. Aktuell gewinnen so Projekte mit Lebensmittelfirmen an Bedeutung, obgleich der Kundenstamm nach wie vor von Pharmaunternehmen dominiert wird. Die Diversifizierung des Angebotsspektrums folgt nicht nur einer strategischen Entscheidung; sie spiegelt zugleich wider, dass Naturstoffe und darauf basierende Erkenntnisse eine Vielzahl möglicher Pfade eröffnen können, die sich hinsichtlich der damit einhergehenden Risiken und Chancen klar unterscheiden. Dass die angebotenen Produkte direkt oder indirekt auf Lebewesen zurückgehen, determiniert weder ihre spätere Verwendung noch ihren kommerziellen Wert. Mitunter wird gar ein und derselbe Naturstoff als pharmazeutischer Wirkstoff wie auch als mögliche Zutat von Nahrungsergänzungsmitteln oder Geschmacksmodifikator erforscht, also in Industriezweigen, die mindestens so viel trennt wie sie verbindet.

Die Rede von *biovalue* – von besonderen Werten, die im biologischen Ursprung von Ressourcen begründet liegen – erscheint angesichts dessen zu ungenau und lässt sich kaum auf mein Fallbeispiel beziehen. In anderen Beiträgen zur Theoriebildung, die unter Stichworten wie *biocapital* auf veränderte kapitalistische Verwertungslogiken abstellen, wird die Neuheit der bio-basierten Ökonomie tendenziell ebenso überschätzt oder über Gebühr verallgemeinert. Denn häufig werden in der sozialwissenschaftlichen Literatur aus neuartigen, nicht immer kommerziell tragfähigen biotechnologischen Geschäftsmodellen Schlüsse gezogen, die beinahe unhinterfragt auf sämtliche Ansätze übertragen werden, welche sich mit dem Präfix „Bio-“ adressieren lassen. Mein Fallbeispiel zeigt demgegenüber, in welchem Maße Kontinuitäten zu Mustern, welche die chemische und pharmazeutische Industrie seit Jahrzehnten prägen, zum Teil weiterhin die Bedingungen umreißen, unter denen Wissen und Waren, die auf Biomaterialien

zurückgehen, zu verwerten sind. Salopp gesagt: An der Bioökonomie ist weder alles neu noch alles „bio-“. Es lohnt sich, genauer hinzusehen.

Gleichwohl impliziert dies nicht, dass die biologische Herkunft der Produkte des Unternehmens irrelevant wäre. Die Produktivität von Lebensvorgängen fungiert jedoch allenfalls indirekt als Grundlage ökonomischer Wertschöpfung: Bestandteile von Lebewesen bieten die Chance auf *Entdeckungen*, die auf anderem Wege nicht zugänglich sind. Die chemische Diversität, welche über Naturstoffe zu erschließen ist, muss man finden; ohne natürliche Vorbilder lässt sich eine vergleichbare Vielfalt an Molekülstrukturen schlichtweg nicht generieren. Dass Naturstoffe einst in lebenden Organismen enthalten waren, ist hierfür nicht direkt von Belang, ganz im Gegenteil: Im Zuge ihrer Isolierung werden Substanzen möglichst rasch und weitgehend standardisiert, damit sie in der weiteren Forschung – im Idealfall – wie Chemikalien synthetischer Herkunft zu nutzen sind. Die Variabilität, Vergänglichkeit und Komplexität des Lebens bzw. der Zusammensetzung von Lebewesen gilt es zu überwinden. Diversität ist nur auf molekularer Ebene ein gefragtes Gut; in jeglicher anderen Hinsicht sind Varianten und Schwankungen für das Hochdurchsatz-Screening, welches in der Industrie vorherrscht, hinderlich. Das Unternehmen stellt die Bestandteile von Biomaterialien daher in standardisierten Formaten bereit, die mit automatisierten Testsystemen kompatibel ist. Eine ganze Sammlung reiner Naturstoffe mit geklärter Molekülstruktur ist insofern ein neuartiges Angebot, so antiquiert die Isolierung pflanzlicher oder mikrobieller Inhaltsstoffe auf den ersten Blick auch wirken mag. Der Leiter der Forschungsabteilung brachte diese Zielsetzung wie folgt auf den Punkt: „Naturstoffe müssen kein Nachteil sein“ (siehe Abschnitt 3.2).

Die angebotenen Reinsubstanzen helfen, typische Schwierigkeiten der Arbeit mit notorisch fluktuierenden Extrakten zu umgehen; dafür sind ihre Aktivitäten im Gegensatz zu bereits getesteten Extrakten gänzlich unbekannt und sind sie teurer als synthetische Verbindungen. Dass sie dennoch nachgefragt werden, ist erklärungsbedürftig. Der Hauptgrund hängt mit der zentralen Herausforderung der Wirkstoffentdeckung zusammen; in Akteursbegriffen gesprochen: Den in einer Substanzbibliothek verfügbaren chemischen Raum mit dem biologischen Raum, auf den sich das Forschungsinteresse richtet, zusammenzuführen. Der beinahe unvorstellbar großen Zahl an möglichen Verbindungen mit für Wirkstoffe plausiblen physikochemischen Eigenschaften und geeigneter Größe – Schätzungen gehen von etwa 10^{60} Optionen aus – stehen einige Hundert bekannte Targets, d. h. krankheitsrelevante körperliche Zielstrukturen gegenüber. Durch quantitatives Wachstum von Bibliotheken ist der chemische Raum

somit nicht annähernd auszureizen. Ein Mangel an Verbindungen ist ohnehin nicht das Problem; die Sammlungen größerer Firmen umfassen durchweg mehr als eine Million Substanzen. Die Frage ist vielmehr, ob diese einen biologisch relevanten chemischen Raum abdecken und sich untereinander nicht allzu ähnlich sind. Unerwünschte Verbindungen auszusondern bzw. gar nicht erst zu erwerben oder herzustellen, ist daher für Pharmakonzerne ebenso wichtig, wie neue Substanzen zu kaufen; schließlich kosten mehr Verbindungen wertvolle Zeit in Test-Kampagnen, erfordern Lager- sowie Rechenkapazitäten und bedeuten zusätzlichen Aufwand, wenn es gilt, unter den vielen Treffern im *Screening* auszusieben. In dieser Hinsicht weisen Naturstoffe einen klaren Vorzug auf: Sie bilden eine besondere, vergleichsweise kleine Teilmenge aller chemischen Verbindungen. Aufgrund ihrer Biosynthese im Inneren von Lebewesen sind sie *per definitionem* in der Lage, zumindest mit *irgendwelchen* Biomolekülen zu interagieren, im Gegensatz zu synthetischen Substanzen, deren Bindungsfähigkeit von vornherein niemals feststeht. Ihre strukturelle Komplexität und Diversität werden ebenso auf ihre Herkunft aus Organismen zurückgeführt. Diese Eigenschaften sind aber nur dann von Nutzen, wenn Naturstoffe ebenso leicht verfügbar sind wie andere Substanzen. In Anbetracht des Überangebots an chemischen Verbindungen und des Drucks, permanent auszusieben, sind Ressourcen, die mit erhöhten Risiken oder übermäßigem Aufwand einhergehen, in der Frühphase der Forschung nämlich denkbar unattraktiv – sei es, weil sie nicht mit Testsystemen kompatibel sind, sei es, weil sie nicht ohne Weiteres nachgeliefert werden können.

Das Unternehmen muss diesen Anforderungen gerecht werden und für seine Kunden möglichst alle Mühen übernehmen, die mit der Beschaffung von Biomaterialien und der Isolierung und Bereitstellung von Naturstoffen verbunden sind. Die angebotenen Produkte werden dabei aus ihren Herkunftskontexten gelöst und in andere Zusammenhänge eingebunden. Werden Substanzen aus pflanzlichen oder mikrobiellen Extrakten herausgetrennt und in *ready-to-screen*-Formate überführt, ist dies wortwörtlich der Fall; ebenso maßgeblich ist es, dass sie von sozioökonomischen und rechtlich-administrativen Risiken und Unannehmlichkeiten befreit sind, die mit ihrer Herkunft aus spezifischen Biomaterialien zusammenhängen. Für Kunden besteht keine Notwendigkeit mehr, sich mit Zollformalitäten oder Sammelgenehmigungen herumzuschlagen. Darüber hinaus sind aus ihrer Sicht die Beziehungen zu Lieferanten und Ursprungsländern weitgehend gekappt; deren etwaige Ansprüche auf einen Vorteilsausgleich im Sinne der CBD können einer reibungslosen Verwertung von Naturstoffen, Derivaten oder Wirkstoffen kaum noch in die Quere kommen. Die Ver-

antwortung für die Erfüllung der Richtlinien der CBD wird so verwässert und an nachgelagerte Akteure delegiert, ohne dass die weitere Nutzung verkaufter Produkte nachvollziehbar wäre – trotz der guten Absichten des Unternehmens, das sich in eigenen Projekten ernsthaft um ein *Benefit-sharing* mit Partnern bemüht. Naturstoffe werden als Waren konstituiert, denen weniger Verbindlichkeiten anhaften als Pflanzen oder Bodenproben, die vor Ort gesammelt werden, und zwar in mehrfacher Hinsicht, u. a. chemisch, rechtlich und logistisch.

Es überrascht nicht, dass das Unternehmen ebenfalls versucht, Risiken zu umgehen, welche auf die Herkunft von Biomaterialien zurückgehen können. Im Normalfall vermeidet es z. B. seltene Pflanzen und bevorzugt vergleichsweise günstige, leicht lieferbare Materialien. Bedenkt man eine weitere Prämisse, ist es folgerichtig, bei der Beschaffung nicht allzu selektiv vorzugehen: Das Unternehmen geht davon aus, dass es noch überall neue Naturstoffe zu entdecken gibt, sogar in einheimischen, keineswegs exotischen Spezies – nicht zuletzt deshalb, weil die chemischen Profile von Biomaterialien oft fluktuieren, je nach Charge, Population, Sammlungszeitpunkt und Trennungungsverfahren. Zum einen ist dies schlicht ein Erfahrungswert: Chemische Diversität gibt es auch unterhalb der Speziesebene; nicht umsonst ist knapp die Hälfte aller isolierten Substanzen neu, d. h. bislang nicht in der Literatur beschrieben oder in der Sammlung vorhanden. Zum anderen spiegelt diese Prämisse eine grundlegende methodologische und verfahrensbezogene Weichenstellung wider: Das Unternehmen denkt Naturstoffe stets im Plural. Die Sammlung zu erweitern und zu diversifizieren, sieht es als Ziel an sich wie auch als Weg, um interessante Wirkstoffe zu finden. Für spezifische Substanzen oder Biomaterialien einen übermäßigen Aufwand zu betreiben, wäre daher widersinnig. Für die gezielte Suche nach Neuem – im Grunde ein paradoxes Unterfangen – vertraut das Unternehmen stattdessen auf Zufallsmomente: Die ausgewählten Pflanzen sind nichts als ein Mittel zum Zweck, um die Wahrscheinlichkeit neuer Funde zu erhöhen und den Zufall zu lenken. Den Garanten für die Entdeckung von Neuheit bildet weniger die biologische Taxonomie als die teils zufallsbasierte Streuung der jeweils isolierten Verbindungen. Solange genügend neue Naturstoffe anfallen, ist es zweitrangig, um welche es sich genau handelt – eine Schwerpunktsetzung, die an Ökonomien und Praktiken von Sammlungen erinnert, nicht so sehr an experimentalwissenschaftliche Ansätze.

Die Trennung von Biomaterialien folgt einer ähnlichen Stoßrichtung: Sie ist als fließbandartiger Prozess organisiert – seriell, arbeitsteilig und standardisiert. Produziert werden neue Entdeckungen; eine kleine Menge

jeder einzelnen Verbindung wird mit einem fixen Set an Daten angereichert und zum Verkauf angeboten. Kompromisse zwischen Genauigkeit und Geschwindigkeit sowie eine gewisse Fehlerquote sind dabei unvermeidbar. Um das Stichwort eines Gesprächspartners aufzugreifen: Mit Wissenschaft lässt sich nur Geld verdienen, wenn Forschung anders organisiert wird als an Universitäten. Bezüglich jeder einzelnen Entdeckung wird viel weniger Detailwissen generiert als in der akademischen Forschung; dafür ist der Durchsatz ungleich höher und sind alle Substanzen in standardisierter Qualität lieferbar.

Die etwaige Neuheit von Naturstoffen ist dabei weniger maßgeblich als ihre Verfügbarkeit für Tests. Insofern das Unternehmen über seinen Katalog seltene chemische Verbindungen feilbietet, für die sich eine Patentierung angesichts ihrer unbekannten Aktivitäten nicht lohnen würde, ist es darauf angewiesen, deren Quellen geheim zu halten; nur so vermag es seine Stellung als Anbieter exklusiver Materialien aufrechtzuerhalten. Im Fall von Forschungsprojekten bietet es hingegen in erster Linie Information zu präklinisch entwickelten Wirkstoffen an, d. h. ein anders beschaffenes Produkt. Zur Absicherung dienen in solchen Verhandlungen Geheimhaltungsvereinbarungen oder Patente, die bei einem Verkauf oder einer Auslizenzierung an Kunden weitergegeben werden.

Was für mein Fallbeispiel spezifisch ist, zeigt sich, dies möchte ich abschließend betonen, weder beim Blick auf einzelne Produkte bzw. Forschungsgegenstände noch an besonderen chemischen Verfahren oder kommerziellen Strategien. Spezifisch und zugleich teils auf andere bio-basierte Geschäftsmodelle übertragbar ist vielmehr, auf welche Art und Weise ökonomische Wertschöpfung und Wissensproduktion einander inhärent sind. Vor allem drei Aspekte verdienen diesbezüglich Beachtung: Erstens handelt es sich bei den angebotenen Leistungen um Vermittlungsarbeit in einem umfassenden Sinne. Ebenso unabdingbar wie Wissensarbeit, die – auf der Ebene des Unternehmens, nicht für jede einzelne Person – u. a. chemische Kompetenzen, botanisches Hintergrundwissen und pharmakologische Kenntnisse erfordert, ist ein ganzes Spektrum weiterer Fertigkeiten und Tätigkeiten. Vermittelt wird ein eng gebündeltes Potpourri an marktorientierten Leistungen im Umgang mit Naturstoffen, von prosaischen, mühsamen Aufgaben, die Kunden abgenommen werden – zuverlässige Lieferanten zu suchen, mit diesen Kontakt aufzunehmen, Zugangsbedingungen auszuhandeln und Biomaterialien zu beschaffen – hin zu hoch spezialisierter Forschung. Die Schritte, welche außerhalb des Labors stattfinden, bilden keine Voraussetzung der eigentlichen Arbeit, sondern miteinander verknüpfte Dimensionen *derselben* Vermittlungsleistung. Die

Vermittlung zwischen Biologie und Chemie gelingt nur, wenn u. a. auch die zwischen Lieferanten und Pharmakonzernen, zwischen Sammlungslogistik und Datenbankmanagement und zwischen Substanzen und Eigentumsrechten bzw. exklusiven Zugriffsmöglichkeiten gelingt.

Zweitens ist die chemische Diversität, die über in Biomaterialien entdeckte Verbindungen erschlossen wird, auf anderem Wege, d. h. ohne natürliche Vorbilder nicht zugänglich. Maßgeblich ist aber gerade die Vermittlungsleistung des Unternehmens; andernfalls bestünde ungeachtet der einzigartigen Diversität und biologischen Relevanz von Naturstoffen wenig Interesse seitens der Pharmaindustrie. Variabilität außerhalb standardisierter Formate und auf anderen Ebenen als auf derjenigen molekularer Strukturen gilt in der industriellen Forschung, die derzeit auf automatisierte Hochdurchsatz-Tests ausgerichtet ist, als hinderlich. Spezifisch ist mithin, auf welche Art und Weise die Naturstoffsammlung an die Bedürfnisse der Industrie angepasst ist.

Drittens vermittelt das Unternehmen Potenziale: Es bietet Produkte an, die in Zukunft zu Erlösen beitragen können, handelt also mit der Aussicht auf *künftige* Wertschöpfung und daraus resultierenden Erwartungen. Daraus folgt zweierlei: Zum einen ist es entscheidend, Substanzen und Biomaterialien so zu konservieren, dass sie langfristig verwertbar bleiben. Zum anderen ist zum Verkaufszeitpunkt nicht abzusehen, wie die Chancen stehen, das Potenzial eines Naturstoffs, Derivats oder Wirkstoffs eines Tages zu verwirklichen. Besser gesagt: Es ist völlig klar, dass die Erfolgswahrscheinlichkeit im Einzelfall gering ist. Wertschöpfung geschieht in der Pharmaindustrie – vermutlich mehr als in jeder anderen Branche – vor dem Hintergrund regelmäßigen und unvorhersehbaren Scheiterns: In der Entwicklung zu scheitern, ist der Normalzustand. Zurückgeführt wird dies auf die Komplexität des Lebens – ‚der Biologie‘, wie es im Jargon der Akteure heißt – und die diesbezüglichen abgrundtiefen Wissenslücken. Die Nachfrage nach Naturstoffen ohne bekannte Aktivitäten, d. h. teils zufallsbasierten Entdeckungen mit unklaren Anwendungsmöglichkeiten, ist nur vor diesem Hintergrund verständlich. Sie werden den riesigen Substanzbibliotheken von Kunden beigemischt, um zu deren Diversifizierung beizutragen und, so zumindest die Hoffnung, direkt oder indirekt die Chancen auf einzelne Glückstreffer zu erhöhen. In der Frühphase der Forschung, in welcher die Produkte des Unternehmens genutzt werden, sind Scheitern und Erfolg freilich kaum zu unterscheiden. Die Diversifizierung von Bibliotheken ist als solche eine gefragte Leistung; der Beitrag einzelner Substanzen lässt sich aber, wenn überhaupt, erst im Nachhinein beurteilen. Doch scheitert die Entwicklung von Arzneimitteln eben *nicht immer*: Die

5. Zusammenfassung

Erfolgswfälle mögen unabsehbar sein; an den mitunter exorbitant hohen Einkünften von Pharmafirmen mit einzelnen ihrer Produkte partizipiert indes ein weit gefächertes Netzwerk von Anbietern, zu denen auch das Unternehmen gehört. Um mit Naturstoffforschung Geld zu verdienen, ist dieses indirekt auf die finanziellen Überschüsse der Pharmaindustrie oder anderer Großkonzerne angewiesen. Die Spannung zwischen regelmäßigem Scheitern und seltenen Erfolgen bei nachgelagerten Akteuren umreißt die Bedingungen, unter denen es Potenziale künftiger Wertschöpfung vermittelt. Nimmt man den Begriff des Potenzials ernst, ist das Risiko des Scheiterns stets zu bedenken. Die Grenzen bio-basierter Wertschöpfung sind so bedeutsam wie die erweiterten und neuartigen Möglichkeitsspielräume, die in der Literatur meist im Vordergrund stehen.