



Die Grundlage der Deeptech-Innovation

Was ist Deeptech-Innovation
und warum sollte sie uns
interessieren?

Prof. Francis de Véricourt, PhD

Akademischer Direktor des Institute for
Deep Tech Innovation (DEEP) und Inhaber
des Joachim Faber Lehrstuhls in Business
and Technology

Die Industrielle Revolution gilt als das entscheidendste Ereignis in der Geschichte der Menschheit seit dem Aufkommen der Landwirtschaft. Zahlreiche technologische Durchbrüche gingen dieser transformativen Phase voraus, aber keine von ihnen konnte das beispiellose Wachstum auslösen, das seit dem 19. Jahrhundert eingetreten ist: die Einführung von Erfindungen wie der Dampfmaschine und von Impfstoffen, die das Wirtschaftswachstum und die Lebenserwartung schlagartig in die Höhe trieben, eine Entwicklung, die bis zum heutigen Tag anhält. Das weltweite Pro-Kopf-BIP hatte zwischen dem 9. und 18. Jahrhundert eine durchschnittliche Wachstumsrate von etwa zehn Prozent pro Jahrhundert, erlebte aber im 19. Jahrhundert eine Expansion von 250 Prozent, gefolgt von einem beeindruckenden Wachstum von 850 Prozent im 20. Jahrhundert. Ebenso erlebte die Lebenserwartung in Europa einen bemerkenswerten Aufschwung: Sie stieg von einem vorindustriellen Durchschnitt von 35 Jahren auf 43 Jahre im Jahr 1900 und erreichte am Ende des 20. Jahrhunderts 70 Jahre.

Doch warum lösten die technischen Erfindungen der vorindustriellen Zeit kein ähnlich exponentielles Wachstum aus? Wodurch unterschied sich der technische Fortschritt des 19. Jahrhunderts von früheren Innovationen? Zweifellos steigerten Erfindungen wie das Wasserrad, das Schießpulver und die Mechanisierung des Buchdrucks, die alle vor der Industriellen Revolution entstanden, die Produktivität erheblich und hatten tiefgreifende soziale Auswirkungen.

"Im Kern ist das DeepTech-Unternehmertum eine prometheische Leistung. So wie Prometheus mit dem Feuer vom Olymp herabstieg, um das Leben der Menschheit zu verbessern, bemühen sich auch diese Start-ups, wissenschaftliche Durchbrüche aus den Grenzen der Forschungslabors in die Praxis zu bringen."



Der entscheidende Unterschied besteht darin, dass die Technologien des 19. Jahrhunderts fest in der Wissenschaft verankert waren. Zum ersten Mal in der Geschichte beschäftigte sich die Menschheit mit dem, was wir heute als "DeepTech-Innovation" bezeichnen, und markierte damit einen transformativen Wandel in der Art und Weise, wie technologische Fortschritte angegangen wurden.



DeepTech: Innovation neu definieren

In einem kürzlich durchgeführten Experiment wiesen Forschende die bemerkenswerte Fähigkeit von Einzelpersonen nach, das Design eines Rades zu optimieren – ein grundlegender technischer Fortschritt in der Geschichte der Menschheit. Die Teilnehmerteams hatten die Aufgabe, die Leistung eines einfachen Rades zu verbessern, das eine Rampe hinunterfuhr, indem sie die Platzierung der Gewichte an den Speichen anpassten. Im Laufe der Zeit wurde das Design des Rades kontinuierlich verbessert, bis es schließlich ein bemerkenswertes Leistungsniveau von über 70 Prozent seines maximalen Potenzials erreichte. Trotz ihrer Erfolge fiel es den Teilnehmenden jedoch schwer, die wesentlichen Gründe für den Erfolg ihres Entwurfs zu benennen. Ihre Erfolge beruhten ausschließlich auf einem Prozess von Versuch und Irrtum, der sich an den Ergebnissen ihrer vorherigen Versuche orientierte.

Dieser kumulative Verbesserungsprozess ermöglichte Einblicke in die Entwicklung vorindustrieller Technologien und erklärte, wie selbst vorschriftliche Gesellschaften hochentwickelte Werkzeuge herstellen konnten. Bei diesem Ansatz, der von Innovationsforschenden manchmal als „lokale Suche“ bezeichnet wird, wurden verschiedene Aspekte einer Technologie verändert oder bestehende Technologien kombiniert, bis das gewünschte Ergebnis erreicht war. Infolgedessen besaßen die Innovatorinnen und Innovatoren zwar das Wissen, um ihre Technologie funktionsfähig zu machen, doch fehlte ihnen ein tiefes Verständnis dafür, warum sie funktionierte. Die Lösungen waren zwar effektiv, aber wenig technologisch, da sie auf begrenzten grundlegenden Erkenntnissen basierten.

Das Aufkommen des wissenschaftlichen Denkens, ausgelöst durch Newtons wissenschaftliche Revolution, führte jedoch zur Entstehung eines neuen Paradigmas. Sie lieferte den Erfinderinnen und Erfindern wissenschaftliche Darstellungen der Funktionsweise der Welt, die als unschätzbare mentale Landkarten für die Erkundung unbekannter Gebiete neuer Technologien dienten. Diese wissenschaftlichen Darstellungen leiteten das Denken der Erfinderinnen und Erfindern und ermöglichten es ihnen, Gedankenexperimente durchzuführen und die Grenzen ihrer Vorstellungskraft zu erweitern.



Die Deeptech-Innovation wird geboren.

Bei der Deeptech-Innovation werden die neuesten wissenschaftlichen Erkenntnisse genutzt, um Technologien zu entwickeln, die zuvor unvorstellbar waren. Dieser wissenschaftlich fundierte Innovationsansatz hat zwei bemerkenswerte Vorteile. Erstens reduziert er den Suchraum, in dem er sich auf die Technologien konzentriert, die am wahrscheinlichsten funktionieren, wodurch die Notwendigkeit von Versuchen und Fehlern begrenzt wird. Zweitens fördert er die Entwicklung von Technologien, die noch nie zuvor erforscht wurden, und ermöglicht so einen weitreichenderen Suchprozess im Vergleich zur lokalen Suche nach Lowtech-Innovationen.

Die Errungenschaften der Gebrüder Wright sind ein gutes Beispiel für den Kontrast zwischen diesen Lowtech- und Deeptech-Ansätzen. Im Jahr 1903 gelang den Brüdern am Strand von Kitty Hawk, North Carolina, der Flug des ersten motorgetriebenen Flugzeugs der Welt. Während sich die Konkurrenz eifrig mit Versuch und Irrtum beschäftigte und Prototypen von Rampen und sogar mit Katapulten startete, machten die Gebrüder Wright die Aerodynamik zu ihrem Leitprinzip.

Sie nutzten diese neue Wissenschaft, um einen revolutionären Propeller zu entwickeln, der im Gegensatz zu den für inkompressibles Wasser konzipierten Bootspropellern speziell für komprimierbare Luft ausgelegt war. Die Wissenschaft half ihnen dabei, die vielversprechendsten Entwürfe zu identifizieren, so dass sie nicht mehr unzählige und minderwertige Alternativen testen mussten. Dieser technologische Ansatz führte die Menschheit innerhalb von nur 60 Jahren vom ersten Flug der Gebrüder Wright zum Apollo-Programm. Allein durch Versuch und Irrtum hätte man in so kurzer Zeit niemals solch erstaunliche Erfolge erzielen können.

"Bei der Deeptech-Innovation werden die neuesten wissenschaftlichen Erkenntnisse genutzt, um Technologien zu entwickeln, die zuvor unvorstellbar waren. "

Die Abgrenzung zwischen Lowtech und Deeptech verändert sich jedoch ständig. Da neue wissenschaftliche Entdeckungen Möglichkeiten für neue Deeptech-Innovationen eröffnen, wird die einst bahnbrechende Wissenschaft, die den Erfindungen von gestern zugrunde lag, allmählich standardisiert. Dies begünstigt Lowtech-Innovationen, die etablierte wissenschaftliche Erkenntnisse nutzen und bestehende Technologien kombinieren.



Risikoprofile

Dennoch haben die meisten technologischen Fortschritte bis heute ihren Ursprung im Lowtech-Bereich. Sogar das iPhone, das Steve Jobs einst als „Breitbild-iPod mit Touch-Bedienung“ bezeichnete, entstand aus der Neukombination bereits bestehender Technologien. Der Touchscreen beispielsweise wurde 1969 von einem britischen Ingenieur patentiert, und das erste von Menschen gesteuerte Multi-Touch-Gerät wurde 1982 an der Universität von Toronto entwickelt. Die Kombination etablierter Technologien birgt ein geringeres Risiko als der Versuch, sich an bahnbrechende wissenschaftliche Entdeckungen einzulassen.

Studien deuten darauf hin, dass weniger als zehn Prozent der gescheiterten Start-ups ihren Misserfolg auf produktbezogene Probleme zurückführen, während etwa 75 Prozent Marktversagen oder fehlerhafte Geschäftsmodelle anführen. Jobs' Genialität bestand nicht darin, technologische Durchbrüche zu schaffen, sondern darin, unerfüllte Marktbedürfnisse zu identifizieren und wirksame Strategien zu deren Befriedigung zu formulieren, wie das Ökosystem des App Store für das iPhone zeigt. Grundsätzlich stehen Lowtech-Innovationen Marktunsicherheiten gegenüber und nicht unüberwindbaren technischen Problemen..

Das Risikoprofil von Deeptech-Unternehmen könnte nicht gegensätzlicher sein. Zwar ist die Markttauglichkeit auch für diese Unternehmen von entscheidender Bedeutung, doch ist sie mit weniger Unsicherheit verbunden als bei Lowtech-Unternehmen. So scheitern beispielsweise nur fünf Prozent der neu zugelassenen Medikamente an fehlenden Marktbedürfnissen oder einem schlechten strategischen Management. Dies liegt in der Natur der Deeptech-Innovation begründet, die darauf abzielt, wissenschaftliche Durchbrüche zu nutzen. Je grundlegender der Durchbruch ist, desto mehr Durchschlagskraft hat die daraus resultierende Technologie, die ein viel größeres Potenzial bietet, ungelöste und äußerst wirkungsvolle Probleme anzugehen. Die möglichen Anwendungen des Quantencomputings umfassen beispielsweise Bereiche wie Cybersicherheit, Arzneimittelforschung und fortgeschrittene künstliche Intelligenz.

Da diese wissenschaftlichen Erkenntnisse jedoch an der Grenze zwischen Bekanntem und Unbekanntem liegen, sind die Deeptech-Technologien auch mit massiven technologischen Risiken verbunden. Der Weg zu einer ausgereiften Quantencomputing-Technologie ist nach wie vor höchst ungewiss und wird voraussichtlich mehr als ein Jahrzehnt in Anspruch nehmen. Außerdem scheitern mehr als 90 Prozent der neuen Medikamente an den für die Zulassung erforderlichen klinischen Studien – und dieser Prozentsatz steigt noch erheblich, wenn man die Medikamente berücksichtigt, die noch nicht einmal in Erprobung gehen.

Diese technologischen Risiken werden noch dadurch verstärkt, dass die wissenschaftliche Forschung erhebliche Investitionen in hochspezialisierte Infrastrukturen, teure Rohstoffe und qualifizierte Arbeitskräfte erfordert.

Dieser Unterschied in den Risikoprofilen lässt sich tatsächlich anhand von Patenten messen, einem rechtlichen geistigen Eigentum, das die Innovationen von Erfinderinnen und Erfindern schützt. Jüngste Untersuchungen zeigen, dass Patente, die direkt auf wissenschaftlichen Veröffentlichungen beruhen, auf dem Markt wesentlich wertvoller sind als Patente in der gleichen Technologie, die weniger mit der Wissenschaft verbunden sind. Dies hat auch wirtschaftliche Gründe: Sobald das technische Risiko überwunden ist – und wenn die Marktnachfrage nachgewiesen ist – können sich Deeptech-Start-ups dank der technologischen Barrieren besser von der Konkurrenz abheben. Die Studie zeigt aber auch, dass wissenschaftsbasierte Patente riskanter sind und mit sehr viel höherer Wahrscheinlichkeit einen geringen oder gar keinen Wert für ihre Inhaber haben.

Da sie sich auf wissenschaftliche Erkenntnisse stützt und mit erheblichen technischen Risiken verbunden ist, erfordert die Deeptech-Innovation im Bereich der Spitzentechnologie eine Reihe spezieller Strategien und Managementkonzepte. Die Bewältigung von Deeptech-Problemen mit einer Lowtech-Mentalität kann wirtschaftlich und sozial sehr schädlich sein. Die Geschichte des Start-ups Theranos, das medizinische Tests durchführt, ist ein tragisches Beispiel hierfür.



Misframing deep tech

Elizabeth Holmes gründete Theranos im Jahr 2003, als sie 19 Jahre alt war, mit dem Versprechen, die Diagnostikbranche zu revolutionieren. Ihre Vision war es, eine bahnbrechende Technologie einzuführen, die schnelle und genaue Tests mit einem einzigen Tropfen Blut zu einem Bruchteil der Kosten herkömmlicher Methoden ermöglicht. Im Laufe eines Jahrzehnts zog das Unternehmen hochkarätige Investorinnen und Investoren wie Rupert Murdoch und Henry Kissinger an und erreichte einen Marktwert von über neun Milliarden Dollar. Im November 2022 wurde Holmes jedoch wegen Betrugs zu elf Jahren Gefängnisstrafe verurteilt. Wie sich herausstellte, war die Technologie von Theranos äußerst ungenau, was zu Fehldiagnosen bei Tausenden von Patientinnen und Patienten führte.

Und doch hatte sich Elizabeth Holmes haargenau an den Leitfaden erfolgreicher Tech-Start-ups aus dem Silicon Valley gehalten. Sie trat in die Fußstapfen von Steve Jobs, Bill Gates und Mark Zuckerberg und brach ihr Studium ab, um ihr eigenes Unternehmen zu gründen. Sie machte sich Jobs' Führungsstil zu eigen, einschließlich seiner Fixierung auf Geheimhaltung.

Sie stellte sich ihr Blutanalysegerät als den „iPod des Gesundheitswesens“ vor und wurde nach einem Besuch in einem Apple Store dazu inspiriert, mit Einzelhandelsketten wie Walgreens und Safeway zusammenzuarbeiten, um es der Öffentlichkeit zugänglich zu machen.

Am wichtigsten ist vielleicht, dass Holmes eine Strategie anwandte, die sich für mehrere Tech-Giganten, darunter Microsoft und Oracle, als sehr effektiv erwiesen hatte: die Werbung für ein unvollständiges Produkt, manchmal mit übermäßigem Hype, um Finanzmittel und Feedback für Verbesserungen zu sichern. Jobs selbst hat bei der Markteinführung des iPhones im Jahr 2007 die Funktionalität des Geräts vorgetäuscht, das scheinbar einwandfrei funktionierte, obwohl es von Fehlern geplagt war, die häufige Abstürze und Speicherprobleme verursachten. In ähnlicher Weise fälschte Holmes Demonstrationen der Theranos-Technologie und verließ sich stattdessen auf Geräte von Drittanbietern, um viele seiner Tests durchzuführen.

Ein unvollkommenes Produkt frühzeitig auf den Markt zu bringen, um fortgeschrittene Informationen vom Markt zu sammeln und gleichzeitig das Potenzial einer Technologie zu demonstrieren, ist ein sehr effizienter Innovationsansatz. Diese Methode wurde inzwischen durch die Lean-Start-up-Bewegung formalisiert, die sich dafür einsetzt, ein „Minimum Viable Product“ so früh wie möglich der echten Kundschaft vorzustellen, um verschiedene Versionen des Produkts zu testen und zu iterieren, bis es für den Markt geeignet ist.

Diese Strategie ist eine gut formulierte Umsetzung des Versuch-und-Irrtum-Ansatzes von Lowtech zur Risikominderung eines Markts.

Die Hauptursache für die Unsicherheit, mit der Holmes konfrontiert war, war jedoch nicht der Markt. Es war die Technologie selbst. Holmes ging davon aus, dass ihr Bluttestgerät früher oder später ordnungsgemäß funktionieren würde, und verfolgte daher bei der Entwicklung ein schnelles, schlankes Start-up-Konzept. Eine solche Lowtech-Strategie war jedoch nie dazu gedacht, das Risiko einer wissenschaftlich fundierten Technologie, die noch nicht existierte, zu verringern. Dennoch ließ Holmes die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die sie gewarnt hatten, außen vor und übertrug die Leitung von Theranos stattdessen einer ehemaligen Führungskraft eines Softwareunternehmens, die keine Ausbildung in Biowissenschaften hatte. Letztendlich verfügte niemand in der Führung von Theranos eine angemessene wissenschaftliche Ausbildung.

Letztlich lag Holmes' grundlegender Fehler darin, dass sie Technologie-Start-ups mit Deeptech-Unternehmertum verwechselte. Die beiden Ziele erfordern grundlegend unterschiedliche Denkweisen, und ihr Versäumnis, diesen entscheidenden Unterschied zu begreifen, wurde ihr letztlich zum Verhängnis.

"Die Bewältigung von Deeptech-Problemen mit einer Lowtech-Mentalität kann wirtschaftlich und sozial sehr schädlich sein."



Entkopplung

Die Umsetzung wissenschaftlicher Durchbrüche aus den Forschungs-labors in praktische Anwendungen hat unvorhersehbare und mitunter katastrophale Folgen. Dies liegt in der Natur der wissenschaftlichen Forschung begründet, die sich an der Grenze zwischen dem Bekannten und dem Unbekannten bewegt. Ein eindrucksvolles Beispiel hierfür findet sich in den 1890er Jahren, als Marie und Pierre Curie das Neuland der Radioaktivität erforschten, ohne sich der damit verbundenen Gefahren bewusst zu sein. Ihre Forschungsaufzeichnungen aus dieser Zeit enthalten so hohe Radioaktivitätswerte, dass Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die sie heute untersuchen wollen, eine Risikoverzichtserklärung unterzeichnen müssen.

Aus diesem Grund können Deep-tech-Unternehmen nicht einfach eine ungetestete Technologie direkt auf den Markt bringen, um frühe Erkenntnisse von echten Nutzerinnen und Nutzern zu sammeln, wie es Theranos tat. Stattdessen müssen Deep-tech-Unternehmen den Markteinführungs- und Entwicklungsprozess entkoppeln, indem sie ihre Technologien zunächst bis zu einem deutlichen Reifegrad weiterentwickeln, bevor sie sie in der realen Welt einsetzen.

Diese Entkopplung prägt den Gründungsprozess eines Deep-tech-Start-ups grundlegend.

Wenn die Produkteinführung nach Abschluss des Entwicklungsprozesses verschoben wird, verlängert sich die für den Markteintritt erforderliche Zeit erheblich. Die Markteinführung eines neuen Medikaments beispielsweise dauert im Durchschnitt zehn Jahre, während Quantencomputing trotz jahrelanger Entwicklung immer noch nach der Marktreife strebt. Infolgedessen müssen sich Deep-tech-Unternehmen darauf gefasst machen, über einen längeren Zeitraum keine Einnahmen zu erzielen. Tatsächlich raten Deep-tech-Investorinnen und -Investoren Unternehmen häufig davon ab, nach alternativen Einnahmequellen zu suchen, und betonen, dass sie sich ausschließlich auf die Technologieentwicklung konzentrieren sollten.

Aufgrund dieser langen Verzögerung müssen Deep-tech-Start-ups im Gegensatz zu Lowtech-Unternehmen den Großteil ihrer Mittel vor der Markteinführung ihres Produkts sichern. Diese Verzögerung bedeutet auch, dass sie sich nicht auf frühe Einnahmequellen als Konzeptnachweis verlassen können, um die Finanzierung ihrer Ideen zu sichern. Stattdessen müssen sie kontrollierte Experimente durchführen und wissenschaftliche Daten generieren, um Investorinnen und Investoren zu überzeugen. Dies setzt außerdem voraus, dass diese über ein solides Verständnis der der Technologie zugrunde liegenden Wissenschaft verfügen, um ihr Potenzial richtig einschätzen zu können.

"Stattdessen müssen Deep-tech-Unternehmen den Markteinführungs- und Entwicklungsprozess entkoppeln, indem sie ihre Technologien zunächst bis zu einem deutlichen Reifegrad weiterentwickeln, bevor sie sie in der realen Welt einsetzen."

Das inhärente Risiko, das mit dem Einsatz einer neuartigen Technologie verbunden ist, wirkt sich auch auf das Geschäftsumfeld aus, in dem Deep-tech-Unternehmen tätig sind. Insbesondere unterliegen neuartige Technologien oft strengen Vorschriften und erfordern kostspielige Versuche, um die Regulierungsbehörden von ihrer Sicherheit und Wirksamkeit zu überzeugen. Dies gilt insbesondere für die Gesundheitsbranche, in der die Kosten für Versuche zur Zulassung eines neuen Medikaments etwa 50 Millionen Dollar und manchmal mehr als 100 Millionen Dollar betragen. Aufgrund der Neuartigkeit dieser Technologien müssen die Aufsichtsbehörden selbst gelegentlich ihre Zulassungsanforderungen erneuern. Besonders deutlich wird dies bei KI-Systemen, deren Leistung je nach den spezifischen Bedingungen ihrer Anwendungen variieren kann.

Die mit der Deep-tech-Innovation verbundenen Risiken erhöhen die Entwicklungszeit, die finanziellen Unwägbarkeiten und den Bedarf an staatlicher Aufsicht erheblich. In den letzten zwei Jahrzehnten hat jedoch eine stille Revolution den Fortschritt bei der Weiterentwicklung wissenschaftlich fundierter Technologien verändert, die verspricht, genau diese Risiken erheblich zu verringern.



Die Deep-tech-Revolution

Bei der traditionellen Arzneimittelentwicklung geht es in erster Linie um die Identifizierung von Verbindungen, die eine ähnliche Molekularstruktur wie wirksame Substanzen aufweisen. Dieser Ansatz stößt jedoch bei Antibiotika an seine Grenzen. Die meisten Substanzen mit ähnlicher Zusammensetzung wurden bereits erforscht, und neue Antibiotika haben oft Strukturen, die den vorhandenen so ähnlich sind, dass Bakterien schnell Resistenzen entwickeln. Diese alarmierende Situation könnte nach Angaben der Weltgesundheitsorganisation (WHO) dazu führen, dass jährlich zehn Millionen Menschen an Infektionen sterben, die mit den derzeitigen Antibiotika nicht behandelt werden können.

Anfang 2020 wählte ein Team am Massachusetts Institute of Technology (MIT) einen anderen Ansatz, um dieses drängende Problem anzugehen. Es betrachtete die Herausforderung, neue Antibiotika zu entdecken, nicht als biologisches, sondern als informationstechnisches Problem. Seine Lösung bestand darin, einen Algorithmus auf über 2.300 Verbindungen mit antimikrobiellen Eigenschaften zu trainieren, um potenzielle Hemmstoffe für E. coli, einem schädlichen Bakterium, zu identifizieren.

Anschließend nutzten die Forschenden das Modell zur Auswertung von über hundert Millionen Molekülen aus verschiedenen Datenbanken und fanden schließlich einen herausragenden Kandidaten namens „Halicin“, benannt nach HAL, dem abtrünnigen Computer aus dem Film „2001: Odyssee im Weltraum“.

Diese Entdeckung verdeutlicht die tiefgreifende Revolution, die die Deeptech-Innovation neuformt. Im Kern geht es hierbei um wissenschaftliche Darstellungen der Funktionsweise der Welt. Diese Modelle und Theorien beschränken die Vorstellungskraft der Innovatorinnen und Innovatoren darauf, sich auf die Lösungen zu konzentrieren, die am ehesten Erfolg versprechen. Im Wesentlichen befähigt die Wissenschaft die Innovatorinnen und Innovatoren, aufschlussreiche Gedankenexperimente durchzuführen und hypothetische Szenarien zu erforschen, in denen verschiedene Elemente der Realität verändert werden.

Das MIT-Team verließ sich auf die Wissenschaft, um das Problem zu formulieren, die Moleküle für das Training des Algorithmus und die Datenbanken mit potenziellen antimikrobiellen Kandidaten auszuwählen. Im Gegensatz zu den Gebrüdern Wright und Marie Curie, die sich auf ihren Verstand und ihre Experimente verließen, vertraute das Team bei der Durchführung der Suche jedoch auf den Computer.

Dieser computergestützte Ansatz beschleunigt den Entdeckungsprozess erheblich und erweitert das Spektrum möglicher Lösungsansätze.

Ferner werden die Kosten für die Erprobung weiter reduziert, da Simulationen und Tests digital und nicht direkt in der realen Welt durchgeführt werden. Dadurch werden die enormen technologischen und finanziellen Risiken, die mit Deeptech-Innovationen verbunden sind, erheblich gemildert.

Terrapower beispielsweise, ein 2006 gegründetes Start-up, hat sich zum Ziel gesetzt, eine revolutionäre Technologie zu entwickeln, bei der abgebrannte Brennelemente aus bestehenden Kernreaktoren als Input verwendet werden. Diese Technologie könnte den Strombedarf der Welt für Jahrhunderte decken, ohne CO₂ auszustoßen. Die Bedenken hinsichtlich des Katastrophenrisikos stellten jedoch eine große Herausforderung dar.

Die Erprobung dieser innovativen Technologie erforderte den Bau eines ganzen Kernkraftwerks, der Milliarden von Dollar kosten und Jahre dauern würde, was nicht zu finanzieren war. Mit dem Aufkommen von Supercomputern konnten die Ingenieure und Ingenieurinnen von Terrapower jedoch das Innere eines Kernreaktors simulieren, die Durchführbarkeit ihrer Technologie bewerten und kosteneffiziente Iterationen durchführen, um Sicherheit zu gewinnen, bevor ein physisches Kernkraftwerk gebaut wird. Dieser Durchbruch ermöglichte es Investorinnen und Investoren in der Frühphase, darunter Bill Gates, das Potenzial des Unternehmens zu erkennen und es finanziell zu unterstützen.

Der Aufstieg von Computern und künstlicher Intelligenz veranlasst Innovatorinnen und Innovatoren dazu, ihre Herangehensweise an Deeptech-Innovationen zu überdenken. Die Einbindung von Maschinen in diesen Prozess erfordert häufig, dass Probleme als kombinatorische Suche auf der Grundlage spezifischer Daten konzipiert werden. Innovatorinnen und Innovatoren fragen nicht mehr nur, wie ein Problem gelöst werden könnte, sondern wie das Problem so dargestellt werden kann, dass Computer eine Lösung finden können.

Diese Revolution wirkt sich nicht nur auf den Prozess der Deeptech-Innovation aus, sondern beschleunigt vor allem einen entscheidenden Wandel in der wissenschaftlichen Forschung. Dieser Wandel hat sich in den letzten Jahrzehnten vollzogen und das wirtschaftliche Umfeld von Deeptech nachhaltig sowie tiefgreifend beeinflusst.

"Innovatorinnen und Innovatoren fragen nicht mehr nur, wie ein Problem gelöst werden könnte, sondern wie das Problem so dargestellt werden kann, dass Computer eine Lösung finden können."



Zusammenarbeit

Seit dem 19. Jahrhundert hat sich die Wissenschaft in vielerlei Hinsicht enorm weiterentwickelt und eine äußerst vielfältige Wissenschaftslandschaft geschaffen. Diese Fragmentierung der wissenschaftlichen Disziplinen führte zu längeren Ausbildungszeiten und einer zunehmenden Wissensbelastung. Infolgedessen hat sich das traditionelle Modell eines einzelnen Wissenschaftlers, der innerhalb einer bestimmten Disziplin als Hauptforscher fungiert, weiterentwickelt. Jüngste Untersuchungen, bei denen mehr als 21 Millionen seit 1945 weltweit veröffentlichte Arbeiten analysiert wurden, zeigen die wachsende Bedeutung von Teams bei der Durchführung hochwirksamer Forschung. Diese Teams werden nicht nur immer größer, sondern arbeiten auch über Fachgrenzen und institutionelle Zugehörigkeiten hinweg.

Deeptech-Unternehmen haben sich diesem Trend angepasst. Vorbei sind die Zeiten, in denen Erfinderinnen und Erfinder ohne formale wissenschaftliche Ausbildung, wie die Gebrüder Wright, bahnbrechende Technologien entwickeln konnten. Um erfolgreich zu sein, müssen sich Deeptech-Start-ups heute hochspezialisiertes wissenschaftliches Fachwissen aus einer Vielzahl von Bereichen zunutze machen.

Ein Beispiel hierfür ist das französische Quantencomputing-Start-up Quandela, das fortschrittliche Optik, Halbleiter-Nanotechnologien und Algorithmik integriert. Die Gründer haben Dokortitel in Quantenoptik und Nanotechnologie – ein deutlicher Gegensatz zur Studienabbrecherin Elizabeth Holmes. Eine solide wissenschaftliche Ausbildung allein ist jedoch nicht ausreichend. Heutzutage kann kein Start-up mehr über alle erforderlichen Kenntnisse und Ressourcen verfügen, um neue Technologien eigenständig zu entwickeln. Dafür brauchen Deeptech-Unternehmen ein Ökosystem.

Ökosysteme sind wirtschaftliche Organisationen, die es Unternehmen ermöglichen, über ihre traditionellen Grenzen hinaus zu expandieren. Durch Zusammenarbeit tauschen Unternehmen und Institutionen verschiedene Ressourcen wie Wissen, Daten, Talente, Infrastruktur, Netzwerke, Finanzierung und Marktzugang zum gegenseitigen Vorteil aus. Diese Ökosysteme bringen verschiedene Teilnehmende an einem gemeinsamen geografischen Standort zusammen und fördern so Synergien und Zusammenarbeit.

Ein bemerkenswertes Beispiel ist das Biotech-Ökosystem im Raum Boston, das renommierte akademische Einrichtungen wie die Harvard University und das MIT, erfolgreiche Biotech-Unternehmen wie Genzyme, bekannte Krankenhäuser und Risikokapitalfirmen wie Flagship Pioneering und Third Rock Ventures umfasst.

Letztendlich sind Deeptech-Ökosysteme der Ort, an dem Wissenschaft und Wirtschaft aufeinandertreffen. Studien zeigen, dass Unternehmenspatente in erheblichem Maße auf akademische Veröffentlichungen aus diesen Ökosystemen beruhen, etwa fünfmal mehr als auf anderen wissenschaftlichen Quellen. Und akademische Veröffentlichungen aus Ökosystemen haben in der Regel einen um 30 Prozent höheren Anwendungsbezug als ihre Pendanten ohne Ökosystem. Darüber hinaus ermöglichen Ökosysteme die anpassungsfähige Zuweisung wissenschaftlicher und finanzieller Ressourcen, um die inhärenten Unwägbarkeiten von Deeptech-Innovationen zu bewältigen.

In diesem Sinne ist die Entwicklung neuer Technologien eher als ein Ergebnis des Ökosystems zu verstehen und nicht als die alleinige Leistung eines einzelnen Deeptech-Unternehmens. Daher werden Regionen auf der ganzen Welt, die Deeptech-Ökosysteme wirksam fördern, diejenigen sein, die die bahnbrechendsten wissenschaftsbasierten Technologien hervorbringen und den größten Nutzen aus dem sich daraus ergebenden Wirtschaftswachstum ziehen.



Eine neue Weltordnung

Chinas Entwicklung im 18. Jahrhundert entsprach der Großbritanniens in Bezug auf Lebenserwartung, Alphabetisierung und Bruttoinlandsprodukt. Sogar in der Technologie war es schon früh führend und übertraf oft die Fortschritte des Westens. Erfindungen wie das Rad, das Schießpulver und der Kompass hatten ihren Ursprung in China und brauchten Jahrhunderte, um Europa zu erreichen.

Warum hat China die transformative Industrielle Revolution, die Europa im 19. Jahrhundert erlebte, verpasst? Der Hauptgrund liegt darin, dass China nicht in der Lage war, auch nur annähernd eine moderne Wissenschaft zu entwickeln. Im chinesischen Denken jener Zeit fehlte das für den wissenschaftlichen Fortschritt entscheidende Konzept eines vom menschlichen Gesetz getrennten Naturrechts. China verließ sich weiterhin auf einen Versuch-und-Irrtum-Ansatz für Innovationen, während Europa auf wissenschaftlich fundierte, tiefgreifende technische Innovationen setzte. Dies führte zu einem erheblichen Entwicklungsrückstand in China, der erst nach über einem Jahrhundert überwunden werden konnte.

Interessanterweise steht heute Europa vor der unmittelbaren Gefahr, die aktuelle Deeptech-Revolution zu verpassen. Mehr als die Hälfte der kürzlich gegründeten Deeptech-Unternehmen befinden sich in den USA, und im Jahr 2022 erreichten die europäischen Investitionen in Deeptech einen Höchststand von etwa 20 Milliarden Dollar – ein krasser Kontrast zu den beträchtlichen 51 Milliarden Dollar, die in die USA fließen. Bei den KI-Technologien ist der Unterschied noch deutlicher. In diesem Sektor investierten Risikofirmen unglaubliche 38 Milliarden Euro in US-amerikanische Start-ups, während die Finanzierung in Europa mit zehn Milliarden Euro bescheidener ausfiel. Auch China holt rasch auf und investiert deutlich mehr in bestimmte Technologien – wie autonome Mobilität, generative KI und Kernfusion – als die europäischen Länder.

Europas gegenwärtige missliche Lage hat ihren Ursprung vor zwei Jahrzehnten, als es aufgrund des falschen Glaubens, dass wissenschaftliche Errungenschaften unweigerlich zu Innovationen führen und das Wirtschaftswachstum fördern würden, bemerkenswert selbstgefällig wurde. Doch Wissenschaft allein reicht nicht aus, um tiefgreifende technologische Innovationen hervorzubringen.

Dies zeigte sich bereits bei der Entstehung der Industriellen Revolution, die in Großbritannien und nicht in Frankreich ihren Anfang nahm. Beide Länder wiesen eine ähnliche Gesamtentwicklung auf, doch der entscheidende Unterschied war der Einfluss der Newtonschen Wissenschaft auf die britische Gesellschaft.

Sie prägte das Denken der britischen Industriellen, Ingenieure, Unternehmer und sogar der Öffentlichkeit und lieferte praktische Problemlösungstechniken, insbesondere in der Mechanik. Im Gegensatz dazu blieb das französische wissenschaftliche Denken auf Abstraktionen beschränkt, wie etwa die Physik von Descartes, die zwar viele Erkenntnisse, aber nur begrenzte praktische Anwendungen bot. Frankreich verfügte zwar über eine wissenschaftliche Denkweise, aber es fehlte ihm die Fähigkeit, wissenschaftliche Entdeckungen in bahnbrechende Innovationen umzusetzen.

Ebenso ist der derzeitige Rückstand Europas bei der jüngsten Deeptech-Revolution nicht auf ein Defizit in der wissenschaftlichen Forschung zurückzuführen. Bei der Zahl der wissenschaftlichen Veröffentlichungen pro Kopf liegt Europa sogar gleichauf mit den USA und noch vor China. Allerdings wird die Deeptech-Innovation in Europa derzeit durch mehrere wirtschaftliche und politische Faktoren behindert.

Erstens fehlt es in Europa an leistungsstarken Ökosystemen, die moderne, hochtechnologische Unternehmungen fördern, was eine effektive Zusammenarbeit zwischen Wirtschaft und Wissenschaft behindert. Zweitens sind europäische Investorinnen und Investoren sowie Institutionen, die bedeutende Fonds verwalten, häufig risikoscheu.

So investiert beispielsweise der Pensionsfonds für Verbeamtete in Washington in den USA etwa 30 Prozent in Risikokapital, die Hauptquelle für Deeptech-Finanzierungen, während der Pensionsfonds für deutsche Verbeamtete keine derartigen Investitionen tätigt. Schließlich leidet Europa unter fragmentierten Vorschriften und nationalen Gegensätzen. Die großen und homogenen Heimatmärkte verschaffen den USA und China einen enormen Größenvorteil. So werden beispielsweise die USA und China bis 2030 über jeweils 30 Prozent der weltweiten Daten verfügen, was für die Entwicklung von KI-Technologien unerlässlich ist. Auch Europa verfügt über wertvolle Daten, hat allerdings Schwierigkeiten, sie effektiv zu bündeln.

Hinzu kommt die globale Mobilität von Kapital und wissenschaftlichem Fachwissen, da erfolgreiche europäische Unternehmen dazu neigen, sich in US-amerikanischen Ökosystemen niederzulassen. Das ist sinnvoll – Studien haben gezeigt, dass Unternehmen, die in diese Ökosysteme abwandern, erfolgreicher sind und mehr Mittel erhalten als ihre Kolleginnen und Kollegen, die in nicht-amerikanischen Zentren bleiben. Selbst bemerkenswerte Erfolgsgeschichten wie BionTech, das oft als deutsches Deeptech-Start-up gepriesen wird, führten ihre Börsengänge an der New Yorker Börse durch.

Und im Jahr 2023 verlagerte das Unternehmen seine Krebsforschung in das Londoner Ökosystem und begründete dies mit der vorbildlichen Zusammenarbeit zwischen dem National Health Service (NHS), der Wissenschaft, der Regulierungsbehörde und dem Privatsektor – alles Kennzeichen eines überlegenen Ökosystems, verglichen mit dem, was Deutschland bieten könnte.

Deeptech-Innovationen verfügen über ein immenses Potenzial, um langfristig ein erhebliches Wirtschaftswachstum zu erzielen. Regionen, die sich diese transformative Kraft nicht zunutze machen, laufen jedoch Gefahr, ins Hintertreffen zu geraten, insbesondere in der heutigen globalen Wirtschaft. Europa steht nun, wie zuvor China, an der Schwelle zur Konfrontation mit dieser harten Realität.



Das Paradoxon der Deeptech-Innovation

Im Laufe der Geschichte diente die Technologie der Menschheit als Medium zur Interaktion mit der Umwelt und ermöglichte es uns, physische Grenzen zu überwinden und die Welt um uns herum zu gestalten.

Von der Domestizierung des Feuers zur Wärmegewinnung bis zur Erfindung des Rades zur effizienten Fortbewegung haben wir immer wieder neue Werkzeuge entwickelt, um unser Leben zu verbessern.

Das Aufkommen wissenschaftlicher Technologien hat jedoch eine neue Ära eingeläutet und unsere Beziehung zur Natur grundlegend verändert. Wir interagieren nicht mehr nur mit ihr, sondern verändern das Gefüge der natürlichen Welt von Grund auf. Wir manipulieren Gene, um Krankheiten zu heilen, und spalten Atome, um Energie zu erzeugen. Diese Fähigkeit, die Natur aktiv zu verändern, hat bemerkenswerte Vorteile, aber auch gewaltige Herausforderungen mit sich gebracht.

Im Jahr 2015 haben die Vereinten Nationen 17 Ziele für nachhaltige Entwicklung (Sustainable Development Goals, SDG) festgelegt – kritische Themen, die die Menschheit angehen muss, „um sicherzustellen, dass unser Planet friedlich, wohlhabend und sicher für alle ist“. Bemerkenswerterweise sind diese Probleme alle vom Menschen verursacht; die Hälfte davon steht in direktem Zusammenhang mit den technologischen Errungenschaften der Industriellen Revolution. Zu diesen Herausforderungen gehören die globale Erwärmung, der dringende Bedarf an sauberem Wasser und die Erschöpfung der Meeresressourcen. Der Einfluss der Technologie auf die Natur verändert die Erde grundlegend und stellt eine Bedrohung für unsere Existenz dar.

Gleichzeitig ergab eine Umfrage unter 8.600 Deeptech-Unternehmen, dass mehr als die Hälfte von ihnen mindestens eines der 17 SDG der Vereinten Nationen anstreben. Viele dieser Herausforderungen erfordern die Entwicklung von Deeptech-Lösungen, die es derzeit noch nicht gibt. Um beispielsweise die CO₂-Emissionsneutralität bis 2050 zu erreichen, sind fortschrittliche Batterien, Wasserstoffelektrolyseure und Technologien zur direkten Abscheidung und Speicherung von Luft erforderlich, die erst noch entwickelt werden müssen.

Das ist das Paradoxon der Deeptech-Innovation. Deeptech-Fortschritte haben das Potenzial, unsere Welt zu verändern, was weitere Deeptech-Innovationen erforderlich macht, um diese Probleme zu beheben. Wenn die Wissenschaft die Grenzen des menschlichen Wissens erweitert, kommt es unweigerlich zu unvorhergesehenen und unbeabsichtigten Konsequenzen. Die Gebrüder Wright konnten nicht vorhersehen, dass die Luftfahrt eines Tages zur globalen Erwärmung beitragen würde, und Marie Curie konnte nicht ahnen, dass ihre Arbeit über Radioaktivität zu strahlenbedingten Krankheiten führen würde. Da aber wissenschaftsbasierte Technologien die materielle Welt auf einer grundlegenden Ebene beeinflussen, erfordert die Bewältigung dieser unbeabsichtigten Folgen die Entwicklung neuartiger, wissenschaftsbasierter Technologien.

Die Zukunft der Menschheit, ihr Überleben und ihr Evolutionspotenzial hängen von ihrer Fähigkeit ab, genau dieses Paradoxon zu lösen. Dies erfordert einen grundlegenden Wandel in der Art und Weise, wie wir die natürliche Welt wahrnehmen und unsere Bemühungen darauf ausrichten. Das Aufkommen der Wissenschaft, die die Existenz von Naturgesetzen unabhängig von der Menschheit nahelegt, hat unweigerlich zu einer Abkehr des menschlichen Bewusstseins von der Natur geführt. Anstatt die Natur als ein Objekt zu betrachten, das kontrolliert oder repariert werden muss, müssen wir eine technologieorientierte Denkweise fördern, die eine nachhaltige Welt kultiviert, in die die Menschheit gehört.

" Anstatt die Natur als ein Objekt zu betrachten, das kontrolliert oder repariert werden muss, müssen wir eine technologieorientierte Denkweise fördern, die eine nachhaltige Welt kultiviert, in die die Menschheit gehört.



Der griechischen Mythologie zufolge schenkte Prometheus den Menschen das Feuer, um sie mit Wissen auszustatten, das ihr Leben verbessern sollte. Sein Kult war im antiken Griechenland eng mit Athene und Hephaistos verbunden, den Gottheiten, die für kreative Fähigkeiten und Technologie stehen. Als solcher verkörperte Prometheus eine Brücke zwischen Ideen und Praxis.

Im Kern ist das Deeptech-Unternehmertum eine prometheische Leistung. So wie Prometheus mit dem Feuer vom Olymp herabstieg, um das Leben der Menschheit zu verbessern, bemühen sich auch diese Start-ups, wissenschaftliche Durchbrüche aus den Grenzen der Forschungslabors in die Praxis zu bringen. Und wie das Feuer haben auch diese Innovationen das Potenzial, das Leben zu verändern.

Prometheus' Gabe war jedoch auch ein Akt der Auflehnung gegen die Götter, die den Menschen das Feuer vorenthalten hatten, um sie in einem Zustand der Unwissenheit und Unterwerfung zu halten. In unserer Zeit sind es nicht göttliche Kräfte, die uns daran hindern, die Wissenschaft in transformative Technologien zu verwandeln, sondern unsere eigenen Entscheidungen und Handlungen – beziehungsweise deren Fehlen.

Die Umsetzung der Wissenschaft zur Verbesserung unseres Lebens hängt von unserer Fähigkeit ab, wissenschaftsbasierte Innovationen richtig zu verstehen, Kooperationen zu fördern, die über organisatorische Grenzen und wissenschaftliche Bereiche hinausgehen, und die finanziellen Risiken zu bewältigen, die mit Deeptech-Unternehmertum verbunden sind. Gelingt es uns nicht, diese Herausforderungen zu meistern, wird dies zweifellos die Entwicklungsfähigkeit und das Überleben der Menschheit gefährden.





Über den Autor

Francis de Véricourt ist Professor für Management Science und founding Academic Director des Institute for Deep Tech Innovation (DEEP) an der ESMT Berlin, das translationale wissenschaftliche und technologische Innovationen fördert, darunter Biotechnologie, digitale Gesundheit und künstliche Intelligenz. Er hat außerdem den Joachim-Faber-Lehrstuhl für Wirtschaft und Technologie inne und ist Mitautor von Framers, einem Buch von Penguin Random House, das auf der Liste der besten Bücher der Financial Times steht.

Francis war der erste Associate Dean of Research an der ESMT Berlin und hatte Lehraufträge an der Duke University und am INSEAD inne. Außerdem war er als Post-Doktorand am Massachusetts Institute of Technology (MIT) tätig. Er ist Autor zahlreicher wissenschaftlicher Artikel in renommierten Management-, Analyse- und Wirtschaftszeitschriften wie Management Science, Operations Research und American Economics Review und wurde für seine Arbeit mit mehreren Forschungspreisen ausgezeichnet. Er verfügt über umfangreiche Erfahrung in der Weiterbildung von Führungskräften und in der Entwicklung von Lernlösungen für Unternehmen und tritt regelmäßig als Redner in akademischen und industriellen Foren auf.

Referenzen

- Aghion, P., Antonin, C., & Bunel, S. (2021). *The Power of Creative Destruction: Economic Upheaval and the Wealth of Nations*. Harvard University Press.
- Börner, K., Contractor, N., Falk-Krzesinski, H. J., Fiore, S. M., Hall, K. L., Keyton, J., Spring, B., Stokols, D., Trochim, W., & Uzzi, B. (2010). A Multi-Level Systems Perspective for the Science of Team Science. *Sci Transl Med*.
- Carreyrou, J. (2018). *Bad Blood*. Alfred A. Knopf.
- Cukier, K., Mayer-Schönberger, V., & de Véricourt, F. (2022). *Framers: Human Advantage in an Age of Technology and Turmoil*. Penguin.
- David McCullough (2015). *The Wright Brothers*. Simon & Schuster.
- Derex, M., Bonnefon, J. F., Boyd, R., & Mesoudi, A. (2019). Causal Understanding is not Necessary for the Improvement of Culturally Evolving Technology. *Nature Human Behaviour*.
- Dosi, G., & Nelson, R. R. (2010). Technical Change and Industrial Dynamics as Evolutionary Processes. *Handbook of the Economics of Innovation*.
- Dougherty, C. (2006). *Prometheus*. Taylor & Francis.
- Fleming, L. (2001). Recombinant Uncertainty in Technological Search. *Management Science*.
- Harrison, R. (2016). Phase II and Phase III Failures: 2013-2015. *Nat Rev Drug Discov*.
- Heaton, S., Siegel, D. S., & Teece, D. J. (2019). Universities and Innovation Ecosystems: A Dynamic Capabilities Perspective. *Industrial and Corporate Change*.
- Hodgson, L. (2023, March 28). Why Europe Struggles to Scale its Deep-Tech Startups. PitchBook. pitchbook.com/news/articles/europe-deep-tech-vc.
- Johnson-Laird. (2006). *How We Reason*. Oxford University Press
- Krieger, J. L., Schnitzer, M., & Watzinger, M. (2022). Standing on the Shoulders of Science. Harvard Business School Working Paper.

Lee, K. (2005). *Philosophy and Revolutions in Genetics - Deep Science and Deep Technology*. Palgrave Macmillan.

Lipsey, R., Carlaw, K., & Bekar, C. (2006). *Economic Transformations- General Purpose Technologies and Long-Term Economic Growth*. Oxford University Press.

Lo, A. W., & Chaudhuri, S. E. (2022). *Healthcare Finance: Modern Financial Analysis for Accelerating Biomedical Innovation*. Princeton University Press.

Portincaso, M., de la Tour, A., & Soussan, P. (2019). *The Dawn of the Deep Tech Ecosystem*. Boston Consulting Group.

Reis, E. (2011). *The Lean Startup*. Crown Business.

Redston. (2023, March). *How European Start-Ups Fund Pension Funds & Foundations in the U.S.* Presentation.

Sahlman, W. A., Nanda, R., Lassiter, J. B. III, & McQuade, J. *TerraPower, Case Study*. Harvard Business School.

Stokes, J. M., Yang, K., Swanson, K., Jin, W., Cubillos-Ruiz, A., Donghia, N. M., MacNair, C. R., French, S., Carfrae, L. A., Bloom-Ackermann, Z., & Tran, V. M. (2020). *A Deep Learning Approach to Antibiotic Discovery*. Cell.

Stern, S. (2005). *Economic Experiments: The Role of Entrepreneurship in Economic Prosperity*. In C. J. Schramm (Ed.), *Understanding Entrepreneurship: A Research and Policy Report*. Ewing Marion Kauffman Foundation.

Sun, D., Gao, W., Hu, H., & Zhou, S. (2022). *Why 90% of Clinical Drug Development Fails and How to Improve It?* Acta Pharm Sin B.

Sven Smit, S., Tyreman, M., Mischke, J., Ernst, P., Hazan, E., Novak, J., Hieronimus, S., & Dagorret, G. (2022). *Securing Europe's Competitiveness*. McKinsey Global Institute.

United Nations. (2023). *The 17 Goals*. Accessed on 6.9.2023. sdgs.un.org/goals.

Zijdeman, R., & Ribeiro da Silva, F. (2014). *Life Expectancy Since 1820*. In J. Luiten van Zanden, J. Baten, M. Mira d'Ercole, A. Rijpma, C. Smith, & M. Timmer (Eds.), *How Was Life? Global Well-being Since 1820*. OECD Publishing.

ESMT Berlin

European School of Management and Technology GmbH

Schlossplatz 1, 10178 Berlin, Germany

Phone: +49 30 212 31 0

info@esmt.org · www.esmt.berlin