

IMPLIKATIONEN VON QUERSCHNITTS- TECHNOLOGIEN

Von der Dampfmaschine zur Nanotechnologie

Text: Ingrid Ott

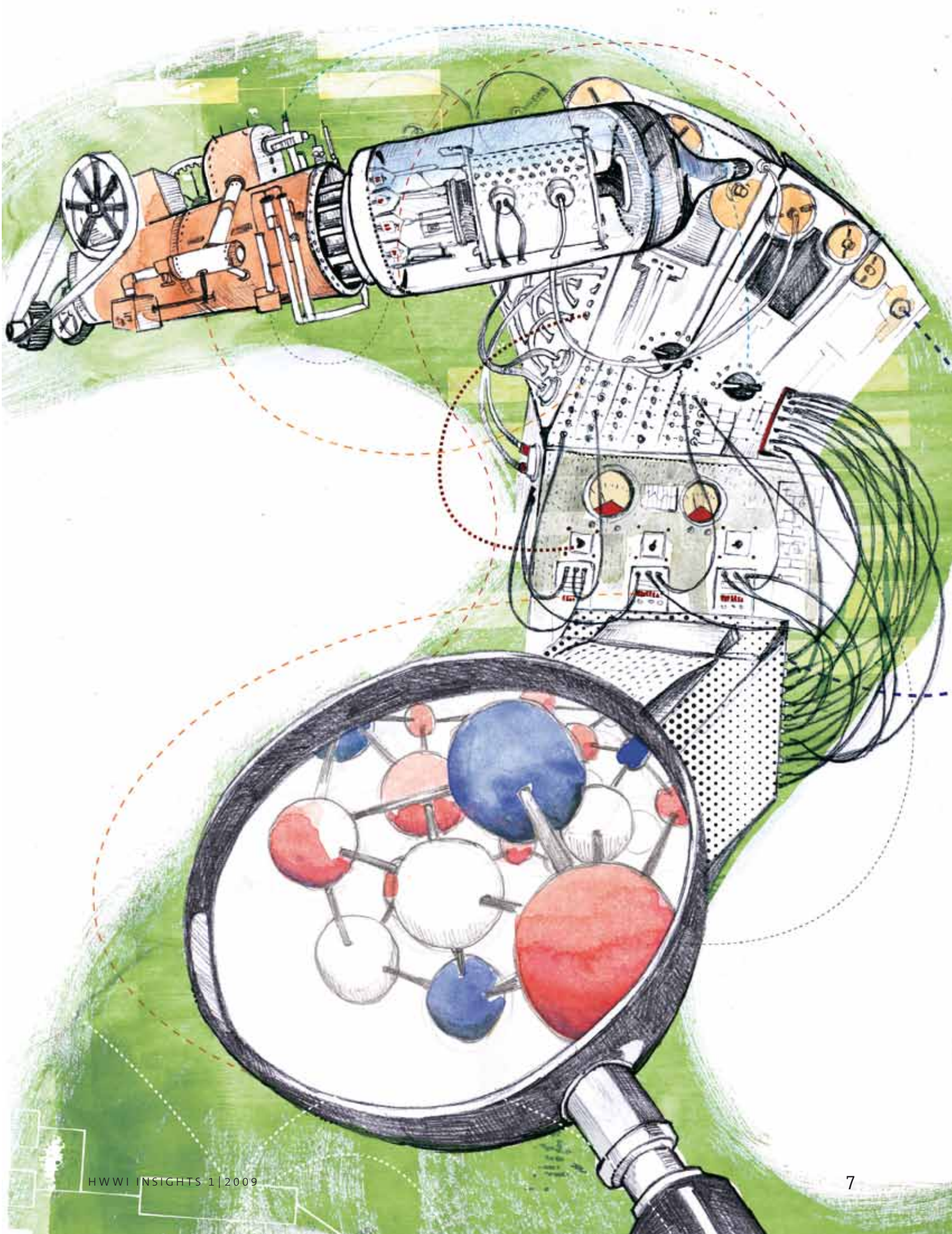
Technisch betrachtet sind Dampfmaschine und Nanotechnologie sehr verschieden – hinsichtlich ihrer ökonomischen und gesellschaftlichen Dimensionen hingegen sind beide Erfindungen durchaus vergleichbar. Sie liefern die Basis für andauernden technischen Fortschritt und somit für eine zentrale Wachstumsdeterminante in industrialisierten Volkswirtschaften. Allerdings ist die Wirkungskette von der bloßen Erfindung hin zu empirisch messbaren Effekten in Form von gesteigerter Produktivität sehr komplex. Nicht jede Erfindung ist gleichermaßen bedeutsam – weder was ihre ökonomischen noch ihre gesellschaftlichen Implikationen anlangt. Und gerade für grundlegende Innovationen gilt, dass ihre Potenziale erst in der langen Frist umfassend eingeschätzt und bewertet werden können.

Es ist möglich, für jede Epoche seit Beginn der Industrialisierung eine dominierende Technologie zu identifizieren, die in einer bestimmten Phase erstmals auftritt, sodann auf vielfältigste Weise zum Einsatz kommt, weit reichende Innovationen in anderen Bereichen der Wirtschaft induziert und aufgrund von Rückkopplungseffekten selbst beständig verbessert wird. Diese sogenannten drastischen Innovationen liefern die Grundlage für eine Vielzahl kleinerer, darauf aufbauender Erfindungen. Wann immer eine neue Klasse einer solchen Technologie in Erscheinung tritt, beginnen Überlegungen und Analysen, inwiefern sie Produktionsabläufe von Unternehmen, individuelle Konsummuster und schließlich auch sozio-ökonomische Beziehungen beeinflusst. Sind

all diese Effekte besonders ausgeprägt und haben sie weit reichende Wirkungen auf Wirtschaft und Gesellschaft, spricht man von einer Querschnittstechnologie. Nach Abschluss sämtlicher Anpassungsprozesse, die im Zuge der neu auftretenden Technologie anfallen, steigt schließlich auch die gesamtwirtschaftliche Produktivität.

Experten erwarten, dass Nanotechnologie die bedeutendste Querschnittstechnologie des 21. Jahrhunderts sein wird.

Klassische Beispiele für dominierende Querschnittstechnologien sind die Dampfmaschine im 18. Jahrhundert, Elektrizität zu Beginn des 19. Jahrhunderts sowie Informations- und Kommunikationstechnologien in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts. Experten aus Wissenschaft, Wirtschaft und Politik erwarten, dass Nanotechnologie die bedeutendste Querschnittstechnologie des 21. Jahrhunderts sein wird. Die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten von Querschnittstechnologien resultieren daraus, dass eine typische Funktion in weiten Bereichen Anwendung findet: beispielsweise legte die Entdeckung der binären Logik das Fundament für Informations- und Kommunikationstechnologien, welche nicht nur zu einer erneuten Restrukturierung von Produktionsabläufen führte. Mittlerweile sind diese Technologien fester Bestandteil im Alltag. ►



Für den Erfolg einer Querschnittstechnologie ist es erforderlich, dass sowohl die Technologie selbst als auch die aus ihr resultierenden Innovationen in nachgelagerten Bereichen der Wertschöpfungskette ein bestimmtes Maß an Effizienz erreicht haben. Nur dann findet eine Technologieadoption tatsächlich statt und Produktivitätsgewinne können realisiert werden. Aufgrund des Querschnittscharakters ist es denkbar, dass bislang wirtschaftlich voneinander unabhängige Sektoren erstmalig Überschneidungspunkte aufweisen: Die Glühbirne brennt in der Fabrik ebenso wie in einem Wirtschaftsforschungsinstitut, einem Supermarkt oder im Kino. Gleiches gilt für die Verfügbarkeit von Computern. Technologische Dynamik bewirkt, dass die Qualität der Querschnittstechnologie im Zeitablauf nicht konstant ist. Die Bereitstellung einer verbesserten Qualität ist allerdings für Unternehmen der Querschnittstechnologie erst dann lohnenswert, wenn hierfür hinlänglich Nachfrage seitens der nachgelagerten Sektoren besteht. Diese wiederum hängt von der Qualität der Querschnittstechnologie ab. Bei einer unkoordinierten Nachfrage hat jeder einzelne Nachfrager einen Anreiz, auf Qualitätsverbesserungen der Querschnittstechnologie, die aus der Nachfrage von anderen Akteuren resultiert, zu warten und sodann von dem gesunkenen Preis zu profitieren. Eine Koordination der Einzelnachfragen hingegen könnte dazu beitragen, dass Qualitätsverbesserungen und Preissenkungen schneller realisiert werden. Von dieser Art der Koordination profitieren somit Unternehmen im Bereich der Querschnittstechnologie und in den nachgelagerten Sektoren gleichermaßen.

Erfinder können sich nicht alle Erträge aus ihren Erfindungen aneignen, müssen jedoch die Kosten vollständig selbst tragen.

Problematisch hierbei ist, dass die einzelwirtschaftlichen Anreize nicht ausreichen, um den gesamten Innovationsprozess effizient zu gestalten. Erfinder können sich nicht alle Erträge aus ihren Erfindungen aneignen, müssen jedoch die Kosten vollständig selbst tragen. Dies

gilt gleichermaßen für Aktivitäten im Bereich der Querschnittstechnologie als auch in nachgelagerten Sektoren. Im Ergebnis finden weniger Innovationen statt als gesamtwirtschaftlich wünschenswert wären und diese darüber hinaus auch noch zu spät. Diese Problematik tritt bereits bei wenig komplexen Innovationen auf und ist im Bereich von Querschnittstechnologien aufgrund der vielfältigen Interaktionen entlang der Wertschöpfungskette verstärkt.

Welche Implikationen haben all diese Überlegungen nun für die Nanotechnologien? Unter dem Begriff der Nanotechnologie vereinen sich Forschung und Konstruktion, die in sehr kleinen Strukturen ablaufen, wobei üblicherweise die Grenze in Bereichen unterhalb 100 nm (Nanometer) gezogen wird. Wie winzig dies ist, verdeutlicht der folgende Vergleich: Ein Nanometer entspricht einem milliardstel Meter, oder anders formuliert, das Verhältnis eines Nanometers zu einem Meter entspricht der Relation des Durchmessers einer Ein-Cent-Münze zum Durchmesser der Erde. Allein aus der Kleinteiligkeit entstehen häufig neue Funktionalitäten herkömmlicher Stoffe, welche darauf zurückzuführen sind, dass diese Größenordnung einen Grenzbereich betrachtet, bei dem die Oberflächeneigenschaften der Materialien gegenüber ihren Volumeneigenschaften eine zunehmende Rolle spielen. In diesen Größenordnungen gelten dann auch nicht mehr die gängigen – und weitgehend gut erforschten – Gesetze der Festkörperphysik, sondern es müssen zunehmend quantenphysikalische Effekte berücksichtigt werden. Gemessen an den traditionellen Produktionsprozessen befindet sich das technologische Wissen in diesen Bereichen noch in den Kinderschuhen. Der Querschnittscharakter der Nanotechnologie äußert sich unter anderem darin, dass sie Gebiete sowohl aus der belebten als auch der unbelebten Natur umfasst. Immer mehr Anwendungen entstehen in der Energietechnik (beispielsweise Brennstoff- und Solarzellen), in der Umwelttechnik (Materialkreisläufe und Entsorgung), in der Informationstechnik (neue Speicher und Prozessoren) und im Gesundheitsbereich. Die Winzigkeit bietet die Chance, aus bestehenden Stoffen völlig neuartige Produkte, Funktionalitäten und Produktionstechnologien zu erzeugen. Nanomaterialien finden schon heute

Die Winzigkeit bietet die Chance, aus bestehenden Stoffen völlig neuartige Produkte, Funktionalitäten und Produktionstechnologien zu erzeugen.

vielfältige Anwendungen: Sie dienen beispielsweise einer höheren Stabilität oder einem niedrigeren Gewicht von Sportgeräten, der Herstellung sich selbst reinigender Oberflächen (Lotuseffekt), einer erhöhten Fließfähigkeit bei Lebensmitteln oder UV-Schutz bei Sonnencremes (Verzicht auf Konservierungsstoffe).

Das dahinter liegende ökonomische Potenzial ist enorm, die gesellschaftlichen Implikationen weitreichend. Gemessen an der Zeitachse kann die Argumentation zweistufig geführt werden:

↳ Der sogenannte *top-down*-Ansatz verkörpert die zunehmende Miniaturisierung bereits bekannter Produkte und Produktionsprozesse. Bedeutsam in diesem Kontext ist der Computer, bei dessen Entwicklung herkömmliche Verfahren mittlerweile an technische Grenzen einer weiteren Miniaturisierung stoßen. An diesem Beispiel lassen sich auch die genannten komplementären Innovationsprozesse zwischen Querschnittstechnologie (hier Nanotechnologie) und nachgelagerten Sektoren (in diesem Fall Computerindustrie) verdeutlichen: leistungsfähigere Computer ermöglichen verbesserte Produktionsbedingungen im Bereich von Nanotechnologie. Nur durch Nanotechnologie wiederum gelingt die Überwindung der derzeitigen Leistungsgrenzen von Computern. Die Innovationsprozesse in vor- und nachgelagerten Sektoren sind interdependent.

↳ Der Logik des *bottom-up*-Ansatzes folgend sind die Potenziale von Nanotechnologien jedoch noch weitreichender: Dieser Ansatz nimmt die Metapher »*Shaping the world atom by atom*« sozusagen beim Wort. Mit Hilfe der Nanotechnologie ist es nämlich erstmalig möglich, Atome und Moleküle von Menschenhand einzeln anzuordnen. Wenngleich dieses Verfahren derzeit aus ökonomischer Sicht nicht effizient ist, zeigt doch allein die technische Machbarkeit eine Perspektive auf, welche zu

Produkten und Prozessen führen kann, die derzeit noch unvorstellbar, jedoch in mehreren Jahrzehnten so selbstverständlich sind, wie Computer oder Mobiltelefon heute.

Bis all diese Effekte zum Tragen kommen, wird einige Zeit vergehen. Zu Beginn des Auftretens der neuen Technologie finden vielerlei Aktivitäten parallel statt – zum Beispiel das Schreiben mit der traditionellen Schreibmaschine und am Computer. Lern- und Anpassungsprozesse im Zuge der Umstellung von einer Technologie auf eine andere fallen an. Kurzfristig kann dies sogar bewirken, dass die gesamtwirtschaftliche Produktivität sinkt. Dem gegenüber sind jedoch jene Produktivitätsgewinne zu setzen, die langfristig infolge eines höheren technologischen Niveaus realisiert werden können. Unternehmen und Politik benötigen einen langen Atem und das tiefere Verständnis dafür, dass das vom Nobelpreisträger für Ökonomie im Jahr 1987 hinsichtlich Informations- und Kommunikationstechnologie formulierte Produktivitätsparadox: »*You can see the computer age everywhere but in the productivity statistics*«. allenfalls die kurze bis die mittlere Frist der ökonomischen Effekte von Querschnittstechnologien beschreibt. Inzwischen lassen sich anfängliche Steigerungen der gesamtwirtschaftlichen Produktivität, die auf die Erfindung und Implementierung des Computers zurückzuführen sind, auch empirisch belegen.

Die geschilderten Argumente verdeutlichen, dass die ökonomischen Potenziale von Nanotechnologien erst in der langen Frist umfassend eingeschätzt und bewertet werden können. Die gesellschaftlichen Implikationen sind noch weitaus spekulativer. Stellt man jedoch Analogien zu Dampfmaschine, Elektrizität oder Informations- und Kommunikationstechnologien her, so lässt sich erahnen, dass die Welt in ein paar Jahrzehnten eine andere sein wird, als sie es heute ist, und ein Großteil der Änderungen werden sich auf Nanotechnologien zurückführen lassen können.

Im Rahmen des Projekts »Converging Institutions? How do Regional Institutions Stimulate the Innovation Process in Economy and Society – a German-French Comparison«, gefördert durch die VolkswagenStiftung, untersuchen das HWWI und die Leuphana Universität Lüneburg die Implikationen der Entwicklung von Nanotechnologien für die ökonomischen und gesellschaftlichen Strukturen und Netzwerke in den Metropolregionen Hamburg (Deutschland) und Grenoble (Frankreich).