

Whitepaper

Technikphilosophie im Maschinen- und Anlagenbau

Widmung: Dieses Whitepaper widme ich posthum zu ihrer Erinnerung meinen beiden geschätzten, ehemaligen Kollegen und damaligen Geschäftsführern – Herrn Rudolf Distl von der Aichelin GmbH in Korntal und Gründungsgeschäftsführer der Noxmat GmbH in Oederan – sowie Herrn Manfred Hiller, Geschäftsführer der Aichelin Service GmbH in Ludwigsburg der Aichelin Ges.m.b.H in Mödling. Beide habe ich sehr geschätzt und ihnen viel zu verdanken.

Hinweise: In diesem Beitrag werden zitierte Philosophen bei ihrer erstmaligen Nennung mit Vornamen und Nachnamen sowie mit ihrem Geburts- und Sterbejahr aufgeführt. Bei weiteren Nennungen wird ausschließlich des Nachnamens verwendet.

Abstrakt

Dieses Whitepaper plädiert für die Berücksichtigung der Technikphilosophie in der Entwicklung von Maschinen und Anlagen.

Die Technikphilosophie hinterfragt nicht nur technische Systeme, sondern auch deren Einfluss auf Menschen, Gesellschaft und Ethik. Sie dient nicht der pauschalen Kritik, sondern bietet eine Grundlage, um Maschinen und Prozesse bewusster und sozialverträglicher zu gestalten. Als ergänzender Ansatz hilft sie, technische Entwicklungen gezielter in einen größeren gesellschaftlichen Kontext einzubetten.

Im theoretischen Grundlagenteil erfolgt eine kurze Einführung in die zentralen Themen der Technikphilosophie. Es werden grundlegende Fragen zur Rolle der Technik in der Gesellschaft behandelt. Themen wie die Grenze zwischen Natur und Technik, unterschiedliche technikphilosophische Perspektiven sowie die Wechselwirkungen zwischen Technik, Kultur und Wirtschaft werden erörtert. Diese Einführung soll es dem Leser ermöglichen, sich auf die oft ungewohnten Fragestellungen der Technikphilosophie einzulassen und deren Relevanz für technologische Entwicklungen zu erkennen.

Daran anschließend werden die Analysemethoden der Technikphilosophie sowie grundlegende technologische Strömungen beschrieben und erläutert. Drei zentrale technikphilosophische Perspektiven – Instrumentalismus, Technikdeterminismus und Technik als soziotechnisches Gefüge – werden dabei analysiert. Es wird diskutiert, inwiefern Technik als neutrales Werkzeug, als eigenständige Kraft mit gesellschaftlicher Wirkung oder als Teil eines komplexen Wechselspiels technischer, wirtschaftlicher und regulatorischer Rahmenbedingungen verstanden werden kann.

Das darauffolgende Kapitel konzentriert sich auf das Vorgehen bei einer technikphilosophischen Analyse mit praktischen Beispielen dieser technikphilosophischen Konzepte auf Maschinen und Anlagen im Allgemeinen sowie auf Thermoprozessanlagen im Besonderen. Besondere Aufmerksamkeit gilt dabei aktuellen Entwicklungen wie der Energiewende in der Thermoprozesstechnik, der Digitalisierung und der Automatisierung. Zudem werden nachhaltige Produktionsprozesse und der Einsatz von Künstlicher Intelligenz zur Optimierung von Anlagen betrachtet. All diese Aspekte werden aus einer technikphilosophischen Perspektive reflektiert.

Das Whitepaper zeigt, dass technischer Fortschritt stets mit ethischer Verantwortung einhergeht – sowohl in globalen Fragen wie der Nachhaltigkeit als auch im Arbeitsalltag, etwa im Umgang mit Regulierungen und technischen Standards. Abschließend wird betont, dass die Technikphilosophie nicht nur kritische Fragen stellt, sondern auch dazu beitragen kann, technologische Innovationen bewusst und verantwortungsvoll zu gestalten.

Dieses für ein technisches Whitepaper eher untypische Essay beleuchtet die aktuellen Entwicklungen im Maschinen- und Anlagenbau, besonders die Thermoprozesstechnik aus technikphilosophischer Perspektive. Dabei geht es nicht nur um die Analyse technischer Systeme, sondern auch um deren Einfluss auf Menschen und Gesellschaft. Technikphilosophie ist mehr als eine Reflexion über Maschinen, Algorithmen und Prozesse – sie untersucht die Wechselwirkungen zwischen technologischem Fortschritt und kulturellem Wandel. Im Mittelpunkt stehen zentrale Fragen: Wie prägt Technik unser Denken?

Welche ethischen Herausforderungen entstehen? Wer ist von neuen Technologien betroffen? Welche Verantwortung tragen Ingenieure und Entwickler? Und schließlich: Wie kann Technikphilosophie helfen, diese Entwicklungen bewusster und gezielter zu gestalten?

Solche Überlegungen führen zu grundlegenden Fragestellungen, die über das eigentliche technische Fachgebiet hinausreichen. Die Vermutung, eine philosophische Betrachtung der Technik im Allgemeinen und der Thermoprozesstechnik im Besonderen ziele in erster Linie auf eine kritische Auseinandersetzung oder gar eine Abrechnung mit ihr ab, wäre jedoch falsch. Eine solche Perspektive wäre zu einseitig. Vielmehr geht es darum, Technikphilosophie als eine zusätzliche gestalterische Möglichkeit bei der Entwicklung von Maschinen, Anlagen, Verfahren und Prozessen zu verstehen und sie in technische Entwicklungen zu integrieren.

Die Rolle der Technikphilosophie

Technikphilosophie bietet Unternehmen Orientierung, indem sie technologische Entwicklungen gesellschaftlich, ethisch und strategisch einordnet. Sie unterstützt nachhaltige Innovationen und hilft, wirtschaftliche Effizienz mit sozialen und ökologischen Aspekten zu verbinden.

Die klassische Technikphilosophie untersucht das Wesen der Technik und ihr Verhältnis zu Menschen und Umwelt. Traditionell gilt Technik als neutrales Mittel zur Effizienzsteigerung, Problemlösung oder Verbesserung der Lebensbedingungen. Alternativ wird sie als eigenständige Dynamik betrachtet, die sich der bewussten Steuerung entziehen kann. Eine dritte Sichtweise sieht Technik als grundlegenden Bestandteil menschlicher Existenz. Damit bewegt sich die klassische Technikphilosophie zwischen optimistischem Fortschrittsglauben und kritischer Reflexion über Risiken und unkontrollierbare Folgen. Moderne Ansätze in Technikethik¹ und Technikfolgenabschätzung greifen diese Grundpositionen auf und erweitern sie um aktuelle Fragestellungen.

Die moderne Technikphilosophie hinterfragt traditionelle Ansätze, indem sie Technik nicht nur als Mittel oder autonome Kraft betrachtet, sondern ihre soziale, kulturelle und epistemische Einbettung betont. Sie löst sich von einer rein instrumentellen oder ontologischen Perspektive und versteht Technik als etwas, das erst in Wechselwirkung mit gesellschaftlichen Strukturen und menschlichem Handeln entsteht. Ein zentraler Aspekt ist die Ko-Konstruktion von Technik und Gesellschaft, die zeigt, dass Technik nicht neutral ist, sondern Handlungsweisen, Ethik und Wissen beeinflusst.

Auch die Technikethik wird neu betrachtet. Während klassische Ansätze oft zwischen „guter“ und „schlechter“ Technik unterscheiden, rücken moderne Technikethiker Fragen der Datenethik, algorithmischen Fairness und digitalen Autonomie in den Fokus. Die nichtklassische Technikphilosophie geht damit über eine bloße Bewertung technischer Entwicklungen hinaus. Sie versteht Technik als dynamischen, mit der Gesellschaft verflochtenen Prozess, der nicht nur gesteuert, sondern auch reflektiert werden muss.

Während die klassische Perspektive technische Systeme und ihre direkte Nutzung betrachtet, analysiert die nichtklassische die oft unsichtbaren Einflüsse der Technik auf Denken, Handeln und gesellschaftliche Strukturen.

Technikphilosophie für KMU

Die Technikphilosophie bietet der Industrie wertvolle Orientierung, indem sie technologische Entwicklungen aus gesellschaftlicher, ethischer und langfristiger Perspektive betrachtet. Sie unterstützt Unternehmen dabei, Innovationen verantwortungsbewusst zu gestalten und nachhaltige Technologieentwicklung mit wirtschaftlicher Effizienz sowie sozialen und ökologischen Aspekten zu

¹ Die Technikethik konzentriert sich auf moralische Fragen im Umgang mit Technik. Sie bewertet die ethischen Konsequenzen technischer Entwicklungen und Anwendungen, etwa in der Künstlichen Intelligenz, der Gentechnik oder der Robotik. Ziel ist es, Leitlinien für einen verantwortungsvollen Einsatz von Technik zu entwickeln. Kurz gesagt: Die Technikphilosophie fragt nach dem „Was“ und „Warum“ der Technik, während die Technikethik sich mit dem „Sollte“ und den moralischen Implikationen technischer Entwicklungen beschäftigt.

verbinden. Gleichzeitig fördert sie Innovationsprozesse durch interdisziplinäres Denken und alternative technologische Entwicklungsansätze.

Mit der Digitalisierung und Industrie 4.0 gewinnt die Technikphilosophie an Relevanz. Sie liefert Denkanstöße für nachhaltige Produktionsweisen, ressourcenschonende Technologien und digitale Geschäftsmodelle. Zudem hilft sie Unternehmen, Umwelt- und Klimaschutzanforderungen zu erfüllen und langfristige technologische Entwicklungen strategisch auszurichten.

Neben Großkonzernen profitieren auch kleine und mittlere Unternehmen (KMU) von technikphilosophischer Reflexion. Während große Firmen über eigene Forschungsabteilungen verfügen, müssen KMU technologische Trends gezielt und effizient integrieren. Ihre Flexibilität erfordert eine bewusste Auseinandersetzung mit Automatisierung, Digitalisierung und Nachhaltigkeit. Die Technikphilosophie hilft, diese Entwicklungen im größeren Kontext zu betrachten und strategische Entscheidungen fundiert zu treffen. So können KMU effizientere, umweltfreundlichere Produkte und Produktionsmethoden entwickeln oder innovative Geschäftsmodelle gestalten, die ihre Wettbewerbsfähigkeit stärken.

Letztlich ermöglicht die Technikphilosophie Unternehmen jeder Größe, wirtschaftlichen Erfolg mit sozialer Verantwortung und nachhaltiger Innovation zu verbinden.

Exkurs: Philosophie in der Thermoprozesstechnik

Die Philosophie in der Thermoprozesstechnik und Metallverarbeitung ist eigentlich uralte, wie dieser kleine Exkurs verdeutlicht. Von Anfang an war ihre Entwicklung eng mit philosophischen Überlegungen zu Natur, Materie und Technik verknüpft. Bereits in der Antike legten Naturphilosophen wie Empedokles (ca. 495–435 v. Chr.) mit der Vier-Elemente-Lehre oder Heraklit (ca. 520–460 v. Chr.) mit seinem Konzept des Feuers als universellem Prinzip des Wandels theoretische Grundlagen, die lange Zeit die Metallurgie prägten. Demokrits Atomtheorie² eröffnete zudem erste materialwissenschaftliche Perspektiven.

Aristoteles (384 – 322 v. Chr.), siehe **Porträtfoto in Bild 1**, betrachtete Metalle als Kombination der Elemente Erde und Wasser, die durch Hitze transformiert werden können, während Platon (427 – 347 v. Chr.) geometrische Strukturen als Basis metallischer Eigenschaften beschrieb. [Platon, um 360 v. Chr.].

Im Römischen Reich spielten praktische Anwendungen eine größere Rolle. Vitruvius dokumentierte technische Verfahren zur Metallverarbeitung [Vitruvius P., 1. Jhr. v.Chr.], und Plinius der Ältere beschrieb Schmelz- und Legierungsprozesse [Plinius der Ältere, ca. 50]. Im Mittelalter wurden diese Ansätze durch die Alchemie weiterentwickelt, insbesondere Albertus Magnus (1200 – 1280), der Legierungen erforschte. Roger Bacon (1220 – 1292), siehe **Porträtfoto in Bild 1**, betonte zudem die Bedeutung der experimentellen Methode [Bacon, R., ca. 1267], was einen frühen Übergang zur wissenschaftlichen Betrachtung technischer Prozesse markierte.

Mit der Renaissance und der frühen Neuzeit kam es zu einem verstärkten wissenschaftlichen Interesse an metallurgischen Verfahren. Leonardo da Vinci skizzierte verbesserte Schmelzöfen, während Agricola mit *De re metallica* [Agricola, G., 1556] ein Standardwerk zur Metallurgie verfasste. Im Barock trennte René Descartes (1596 – 1650) Geist und Materie philosophisch, was eine rein wissenschaftliche Betrachtung chemischer Prozesse begünstigte. Robert Boyle (1626 – 1691), irischer Physiker und Chemiker, legte mit seinen Gasgesetzen zudem eine wichtige Grundlage für Hochtemperaturprozesse in der Thermoprozesstechnik [Boyle, R., 1662].

In der Aufklärung entwickelte Sadi Carnot (1796 – 1832) begründete einen neuen Zweig der Wissenschaft, die Thermodynamik, die Theorie der Wärmekraftmaschinen [Carnot, S., 1824].

Im 19. Jahrhundert führte die Industrialisierung zur systematischen Erforschung thermischer Prozesse. James Prescott Joule (1818 – 1889) bewies den Zusammenhang zwischen Wärme und mechanischer Arbeit. Gleichzeitig reflektierte Karl Marx (1818 – 1883) den gesellschaftlichen Einfluss der Technik, indem er sie als treibende Kraft der industriellen Entwicklung betrachtete. [Marx, 1867].

² Atomismus ist eine Bezeichnung für naturphilosophische Positionen in der Antike, die von den Grundannahmen ausgehen, dass die Materie aus Atomen zusammengesetzt sei und das Naturgeschehen aus den Eigenschaften der Atome erklärbar sei.

Das 20. Jahrhundert brachte mit Automatisierung und Kybernetik weitere Fortschritte. Norbert Wiener (1894 – 1964), US-amerikanischer Mathematiker und Philosoph, prägte die Kybernetik, die eine Schlüsselrolle in der computergesteuerten Regelung von Thermoprozessen spielt. Martin Heidegger (1889 – 1976), siehe **Porträtfoto in Bild 1**, betrachtete Technik kritisch als eine „Entbergung³“ der Natur [Heidegger, 1954], was sich auch in der Entwicklung computergesteuerter Industrieprozesse widerspiegelte.

In der Gegenwart werden durch Industrie 4.0 und künstliche Intelligenz digitale Technologien genutzt, um Produktionsprozesse zu optimieren und die Energieeffizienz zu verbessern. Gleichzeitig werfen diese Entwicklungen ethische Fragen auf. Hans Jonas (1903 – 1993) betonte die Verantwortung der Technikentwicklung für die Zukunft, insbesondere im Hinblick auf Nachhaltigkeit. [Jonas, 1979]. Don Ihde (1934 – 2024), siehe **Porträtfoto in Bild 1**, ein US-amerikanischer Vertreter der postphänomenologischen Technikphilosophie, analysierte den Einfluss digitaler Technik auf Wahrnehmung und Handeln. [Ihde, 1990].

Zusammenfassend zeigt sich, dass die Thermoprozesstechnik seit der Antike durch philosophische Überlegungen beeinflusst wurde – von vorsokratischen Naturphilosophen über alchemistische Spekulationen bis zur modernen Technikphilosophie. Heute stehen Fragen der Nachhaltigkeit und des ethischen Umgangs mit künstlicher Intelligenz im Mittelpunkt, womit sich die enge Verbindung zwischen Philosophie und Technik fortsetzt.

Grundlagen der Technikphilosophie

Der deutsche Philosoph Ernst Kapp (1808–1896) – **Porträt in Abbildung 1** – begründete die Technikphilosophie als eigenständigen Bereich mit seinem Werk Grundlinien einer Philosophie der Technik [Kapp, 1877]. Er löste die Technikfrage aus der Anthropologie und erweiterte sie auf ihre kulturelle Relevanz. Kapps Ansatz basiert auf seiner Theorie der „Organprojektion“, nach der technische Geräte und komplexe Systeme unbewusste Erweiterungen menschlicher Organe sind. Werkzeuge und Maschinen sind demnach nicht nur äußere Hilfsmittel, sondern funktionale Erweiterungen des Körpers. So kann etwa das Beil als Verlängerung der Hand, das Fernrohr als Erweiterung des Auges und das Telefon als Projektion des Gehörs verstanden werden. Diese Sichtweise prägte spätere Theorien zur Mensch-Technik-Interaktion. Kapp trug dazu bei, Technik nicht nur als praktisches Instrument, sondern auch als philosophische und anthropologische Frage zu begreifen. Er erkannte früh die gesellschaftlichen und kulturellen Implikationen technischer Entwicklungen und legte so den Grundstein für eine kritische Auseinandersetzung mit Technik als Teil der menschlichen Selbstverwirklichung.

Die moderne Technikphilosophie betrachtet nicht nur technische Produkte, sondern auch deren Auswirkungen auf Natur, Gesellschaft, Kommunikation, Verantwortung und Erkenntnis. Zwar mag dies für mittelständische Unternehmen und ihre Produkte zu abstrakt erscheinen, doch auch kleine technische Entwicklungen können erhebliche Auswirkungen haben. Entscheidend ist weniger die Frage des „Ob“, sondern der erforderliche Aufwand. Eine genauere Betrachtung des Aufwands erfolgt im Kapitel zu den Analysemethoden der Technikphilosophie.

³ Mit Entbergung meint Heidegger, dass die Technik darüber bestimmt, wie wir die Welt sehen. Während ältere Techniken die Natur respektvoll nutzten, zwingt moderne Technik sie in eine Rolle als bloße Ressource. Dadurch verändert sich unser Verhältnis zur Welt und zum Leben grundlegend.



Abbildung 1: Im Artikel zitierte Philosophen (Bilder aus Wikipedia)

Technik und Natur

Die Frage nach der Grenze zwischen Natur und Technik ist zentral für die Technikphilosophie und führt in die Geschichte des Menschen und seiner Schöpfungen. Ist Technik ein künstliches Produkt oder eine Fortsetzung der Natur mit anderen Mitteln? Die Antwort hängt von der Perspektive ab.

Klassisch betrachtet erscheint Technik als Antithese zur Natur. Aristoteles unterscheidet zwischen dem, was von selbst existiert, und dem, was der Mensch erschafft – der Technik [Aristoteles, um 347 v. Chr.]. Dieser Gegensatz wird jedoch infrage gestellt. Der niederländische Philosoph Baruch de Spinoza (1632–1677), siehe **Porträtfoto in Bild 1**, betont, dass der Mensch Teil der Natur ist und somit auch seine Technik [Spinoza, 1677]. Heidegger sieht Technik als ein „Herausfordern“ der Natur, dass diese zu einem bloßen „Bestand“ macht und zur Ressource degradiert [Heidegger, 1954]. Arnold Gehlen (1904–1976), siehe **Porträtfoto in Bild 1**, argumentiert, dass Technik eine „zweite Natur“ sei, die der Mensch zur Kompensation seiner biologischen Mängel erschafft [Gehlen, 1940]. Bruno Latour (1947–2022) lehnt die Trennung von Natur und Technik als soziale Konstruktion ab und sieht beide als Teil einer hybriden Welt [Latour, 1991].

Die klassische Trennung zwischen Natur und Technik verliert an Bedeutung. Technik greift in natürliche Abläufe ein und schafft Neues, gleichzeitig ist der Mensch als Produkt der Natur auch seine Technik. Wenn man den Maßstab der Autonomie anlegt, könnte man sagen, Natur existiert ohne menschliches Zutun, Technik entsteht durch menschliche Gestaltung. Doch auch diese Grenze verwischt durch Entwicklungen wie gezüchtete Pflanzen und künstliche Intelligenz.

Die heutige Definition von Natur als Umwelt ist besonders relevant, da sie den Zusammenhang zwischen natürlichen Lebensräumen und menschlicher Aktivität beleuchtet. Natur wird zunehmend nicht mehr nur als unberührter Raum verstanden, sondern als eine dynamische, durch den Menschen mitgestaltete Umwelt, die durch technologische Eingriffe geprägt wird. Friedrich Nietzsche (1844–1900), siehe **Porträtfoto in Bild 1**, sagte: „Die Natur ist nicht, sie wird“ [Nietzsche, 1882].

Technik, Gesellschaft und Kultur

Technik als treibende Kraft der Zivilisation hat das soziale Zusammenleben und die kulturelle Entwicklung der Menschheit stets geprägt und radikal verändert. Sie ist mehr als ein Werkzeug – ihre Dynamik beeinflusst das gesellschaftliche Gefüge tiefgreifend. Die großen Umbrüche der Geschichte, von der Beherrschung des Feuers bis zur Digitalisierung, zeigen, dass technische Innovationen nicht nur materielle, sondern auch soziale und kulturelle Revolutionen auslösen. Die zentrale Frage ist: Kann der Mensch den Einfluss der Technik bewusst steuern, oder ist er – wie Heidegger sagte – bereits „in das Gestell der Technik gestellt“? Die Technikphilosophie muss sich dieser Frage stellen, um neben den Errungenschaften auch die Schattenseiten technischer Entwicklungen zu reflektieren.

Technik transformiert die Produktionsweise und damit die soziale Ordnung einer Gesellschaft. Jede Kultur ist von den technischen Möglichkeiten ihrer Zeit geprägt. Heute führt die digitale Technologie zu einer Entgrenzung von Realität und Virtualität. Digitale Medien, KI, Virtual Reality (VR) und Augmented Reality (AR) erschaffen eine Welt, in der Original und Kopie kaum unterscheidbar sind. Algorithmen beeinflussen unsere Wahrnehmung, personalisierte Feeds bestimmen Inhalte, und Deepfakes stellen die Authentizität von Bildern infrage.

Technik verändert auch unsere Erwartungshaltung, etwa in der Visualisierung von Prozessen. Eine rote Meldeleuchte zur Anzeige eines Fehlers gilt als rückständig, wenn nicht gleichzeitig die Ursachen dargestellt werden. Auch im Arbeitsalltag zeigen sich die Einflüsse neuer Technologien. Vor einer Generation war es kaum vorstellbar, dass mechanische Konstrukteure ihre Entwürfe dreidimensional auf einem Bildschirm betrachten oder sich virtuell durch einen Ofen bewegen können. Ebenso überraschend ist die Möglichkeit, SPS-Programme in einer Simulation oder einem digitalen Zwilling zu testen, bevor die Hardware gefertigt wird.

Technik, Kommunikation und soziale Nähe

Wer heute früh noch im Bett eine E-Mail schrieb oder in Unterhose und Jackett an einer Online-Videokonferenz teilnahm, ist längst keine Ausnahme mehr. Die Art der Kommunikation war schon immer von der Technik geprägt. Doch mit jeder neuen Technologie stellt sich die Frage: Fördert sie Nähe oder entfremdet sie? Der kanadische Philosoph Herbert Marshall McLuhan (1911 – 1980), siehe **Porträtfoto in Bild 1**, begreift Technik als „Erweiterung des Menschen“. Er betont, dass jedes Medium nicht nur Informationen überträgt, sondern auch das Denken und die sozialen Beziehungen strukturiert [McLuhan, 1964]. Das Internet ermöglicht globalen Austausch, hat jedoch auch neue Formen der Isolation geschaffen: Menschen sind miteinander verbunden, doch oft in virtuellen Räumen gefangen, die mehr Distanz als Nähe schaffen.

Technik und Verantwortung

Technik ist untrennbar mit ethischen Fragen verbunden. Hannah Arendt (1906–1975), siehe **Porträtfoto in Bild 1**, betont, dass der Mensch durch Technik nicht nur die Natur, sondern auch sich selbst formt [Arendt, 1958]. Günther Anders (1902–1992), siehe **Porträtfoto in Bild 1**, spricht von der „Prometheischen Scham“, der Erkenntnis, dass der Mensch von seiner eigenen Technik überholt wird [Anders, 1956]. Besonders die Künstliche Intelligenz stellt die Frage, ob der Mensch noch Herr seiner Schöpfungen ist oder ob Technik eine eigene Logik entwickelt, die sich seiner Kontrolle entzieht.

Hans Jonas (1903–1993), siehe **Porträtfoto in Bild 1**, fordert eine Ethik der Technik, die nicht nur nach dem technischen Möglichen, sondern auch nach dem Verantwortbaren fragt [Jonas, 1979]. Verantwortung beginnt im Alltag, etwa bei der Auslegung von Regulierungen oder dem bewussten Umgehen technischer Standards aus wirtschaftlichen Gründen. Was harmlos erscheint, kann schwerwiegende Folgen haben. Verantwortung bedeutet, nicht nur große ethische Fragen zu reflektieren, sondern auch im Kleinen integer zu handeln. Wer forscht und entwickelt, trägt Verantwortung für die Folgen seiner Innovationen – eine Erkenntnis, die auch Albert Einstein (1879–1955) bewegte: „Wenn ich das geahnt hätte, wäre ich Uhrmacher geworden.“

Technologische Entwicklungen bewegen sich im Spannungsfeld von Innovation, Verantwortung und Regulierung. In der Produktion von Thermoprozessanlagen etwa stehen Unternehmen zwischen Innovationsdruck, wirtschaftlichen Interessen und staatlichen Vorgaben. Europäische Exportbeschränkungen und Regularien zu Dual-Use-Gütern verdeutlichen das Dilemma zwischen wirtschaftlicher Freiheit und Sicherheit. Unternehmen reagieren oft mit Produktionsverlagerungen oder internationalen Partnerschaften.

Die Verantwortung für technische Entwicklungen ist komplex und wird durch wirtschaftliche, staatliche und gesellschaftliche Faktoren geprägt. Offen bleibt, ob klare staatliche Vorgaben, unternehmerische Ethik oder gesellschaftlicher Druck die Technologie sozialverträglich lenken.

Technik und Erkenntnis

Die Frage, ob Technik unser Weltbild und Denken verändert, ist zentral für Philosophie und Geisteswissenschaften. Sie betrifft das Wechselspiel zwischen Technik, Erkenntnis und den materiellen

sowie immateriellen Aspekten unserer Welt. Die digitale Revolution hat Wissen und Kommunikation grundlegend verändert: Informationen sind sofort zugänglich, beeinflussen unser Lernen und Interpretieren und werfen Fragen zur Kontrolle von Wissen auf.

Technologien wie Künstliche Intelligenz, Neuro- und Biotechnologie verwischen die Grenze zwischen Menschen und Maschine und stellen den freien Willen sowie das Wesen des Denkens infrage. Technik ist nicht nur Werkzeug, sondern ein Katalysator für neue Denkmuster und philosophische Fragestellungen. Sie erweitert unsere Wahrnehmung, fordert traditionelle Vorstellungen heraus und prägt Kultur und Philosophie im ständigen Wechselspiel mit wissenschaftlichem Fortschritt.

Wissenschaft und Technik beeinflussen sich wechselseitig: Wissenschaft bildet die Grundlage für technische Entwicklungen, während Technologien neue Fragestellungen aufwerfen und Erkenntnisse vorantreiben. So führte die Erfindung des Computers zur Informatik, moderne Robotik regt die Forschung zu maschineller Wahrnehmung und Ethik an.

Zusammenfassend stehen wissenschaftliche Erkenntnis und technologische Innovation in einem stetigen Dialog. Diese symbiotische Beziehung war stets Motor des Fortschritts und wird es bleiben.

Analysemethoden der Technikphilosophie

Nach der Einführung in die Technikphilosophie werden nun methodische Ansätze zur Analyse und Bewertung technischer Entwicklungen vorgestellt. Dabei kommen bewährte Methoden aus der Technik- und Wissenschaftsforschung zum Einsatz, die idealerweise in einem interdisziplinären Team unter fachkundiger Anleitung (**Abbildung 2**) angewendet werden. Ziel ist eine verantwortungsvolle Technikgestaltung. Die aufgeführten Methoden müssen weder in fester Reihenfolge noch Punkt für Punkt wie eine Checkliste abgearbeitet werden. In der Regel genügt der gesunde Menschenverstand, um zu erkennen, welche Methoden für eine spezifische Technik angemessen sind.



Abbildung 2: Experten diskutieren technikphilosophische Themen (Bild FREEPIK)

Carl Mitcham (*1941), siehe **Porträtfoto in Bild 1**, bietet in *Thinking Through Technology: The Path Between Engineering and Philosophy* eine umfassende Einführung in technikphilosophische Ansätze [Mitcham, 1994]. Er unterscheidet vier Perspektiven: Technik als Objekt (Maschinen, Werkzeuge), Wissen (technische Erkenntnisse), Tätigkeit (Herstellung, Nutzung, Entwurf) und Lebensform (gesellschaftliche Auswirkungen). Zudem hebt er die Zweiteilung der Technikphilosophie hervor: die ingenieurwissenschaftliche Perspektive als funktionales System und die humanistische als kulturelles, ethisches Phänomen. Er reflektiert die Ambivalenz der Technik zwischen Fortschritt und Risiko und betont den Unterschied zwischen Wissenschaft (Wissensgenerierung) und Technik (Problemlösung).

Hans Poser (1937–2022), siehe **Porträtfoto in Bild 1**, analysiert Technik ebenfalls als funktionales und kulturelles Phänomen [Poser, 2001]. Er unterscheidet Bewertungsmethoden nach ethischen, ökologischen, wirtschaftlichen und sozialen Kriterien und diskutiert, ob Innovationen stets Fortschritt bedeuten oder

kritisch hinterfragt werden müssen. Poser zeigt, dass Technikbewertung normativen⁴ Entscheidungen unterliegt, und betont die Verantwortung von Wissenschaftlern, Ingenieuren und Politikern. Sein Werk bietet eine systematische Analyse verschiedener Bewertungsmethoden sowie praxisnahe Reflexionen zum gesellschaftlichen Einfluss technischer Innovationen.

Hermeneutische Analyse

Die hermeneutische⁵ Methode interpretiert technische Artefakte, Systeme und Prozesse im kulturellen und gesellschaftlichen Kontext. Sie hinterfragt, wie Technik Bedeutungen erzeugt und wie Menschen sie verstehen und nutzen. Durch den hermeneutischen Zirkel⁶ wird die Wechselwirkung zwischen Technik und ihrem Bedeutungszusammenhang vertieft. Dies ermöglicht nicht nur die Analyse von Funktion und Nutzung, sondern auch der zugrunde liegenden Wertvorstellungen und gesellschaftlichen Strukturen. Besonders relevant ist die Methode zur Untersuchung technologischer Entwicklungen im historischen Kontext und ihres Einflusses auf Weltbilder und Denkweisen.

Phänomenologische Betrachtung

Ihde gibt eine phänomenologische⁷ Perspektive auf Technik und deren Einfluss auf Wahrnehmung und Handeln. [Ihde, 1990]. Technik ist nicht nur ein Objekt, das eingesetzt wird, sondern ein Medium, durch das die Welt erlebt wird. Dies führt zur Einsicht, dass Technik nicht einfach neutral ist, sondern unsere Handlungsweisen, unsere Ethik und unser Wissen beeinflusst. Ihde analysiert verschiedene Vermittlungsverhältnisse zwischen Menschen und Technik, etwa ob Technik als neutrales Werkzeug erscheint oder unsere Wahrnehmung aktiv formt. Besonders im Fokus steht, wie technische Artefakte unsere Erfahrung der Welt verändern, indem sie bestimmte Aspekte verstärken, abschwächen oder ganz neue Wahrnehmungsweisen ermöglichen. Ein Beispiel wäre die Veränderung der Arbeitswelt durch digitale Automatisierung oder die Wahrnehmungsverschiebung durch Virtual Reality.

Systemische und soziotechnische Analyse

Die Systemtheorie betrachtet Technik als Teil eines umfassenden Gefüges aus sozialen, wirtschaftlichen und ökologischen Faktoren. Latour und andere Akteure der Akteur-Netzwerk-Theorie (ANT) zeigen, dass Technik nicht isoliert betrachtet werden kann, sondern immer im Wechselspiel mit Menschen, Institutionen und anderen Technologien steht. [Latour, 1991]. ANT analysiert, wie technische Systeme durch Rückkopplungen und Abhängigkeiten innerhalb ihres Netzwerks stabilisiert oder verändert werden. Latour beschreibt Technik nicht als passives Werkzeug, sondern als aktiven Akteur in einem Netzwerk aus Menschen, Maschinen, Institutionen und Diskursen. Technik wird als etwas verstanden, das sich erst in Wechselwirkung mit gesellschaftlichen Strukturen und menschlichem Handeln konstituiert. Diese Methode ist essenziell für die Analyse moderner Industrieprozesse, etwa bei der Integration von Industrie 4.0 oder der Energiewende.

Akteur-Netzwerk-Theorie und Social Construction of Technology (SCOT)

Technik entsteht im gesellschaftlichen Kontext und kann bewusst gelenkt werden. Ansätze wie die Akteur-Netzwerk-Theorie von Latour und das SCOT-Konzept von Trevor Pinch (1952 – 2021) und Wiebe Bijker

⁴ Normativ bedeutet, dass etwas eine Vorschrift, Regel oder einen Maßstab vorgibt, an dem sich Verhalten, Urteile oder Systeme orientieren sollen.

⁵ Hermeneutik ist die Lehre vom Verstehen, Deuten und Auslegen, die sich vor allem von schriftlichen Äußerungen widmet.

⁶ Der hermeneutische Zirkel zeigt, dass Verstehen ein dynamischer Prozess ist, bei dem wir immer wieder zwischen Detail und Gesamtbild hin- und herwechseln. Dabei spielen unsere Vorannahmen und unser Kontext eine entscheidende Rolle.

⁷ Die Phänomenologie ist eine Denkströmung des 20. Jahrhunderts, die die Grundstrukturen unserer Erfahrung untersucht. Dafür werden die Sachverhalte, so wie sie dem Bewusstsein erscheinen, beschrieben. Sie sieht den Ursprung der Erkenntnisgewinnung in den Bewusstseinserscheinungen, d.h. in unmittelbar gegebenen Erscheinungen, also den Phänomenen. Im Kern handelt es sich bei der Phänomenologie um eine neue Form der Erkenntnistheorie, die danach fragt, was der Mensch von der Welt wissen kann.

(*1951) betonen, dass Technik nicht nur Gesellschaften beeinflusst, sondern auch durch soziale Gruppen interpretiert, verändert und reguliert wird [Wiebe E., Trevor J. Pinch, J., 1987].

SCOT beschreibt, dass technologische Entwicklungen nicht autonom verlaufen, sondern gesellschaftlich geformt werden. Relevante soziale Gruppen – etwa Ingenieure, Unternehmen oder politische Akteure – haben unterschiedliche Interessen und beeinflussen, welche technischen Lösungen sich durchsetzen. Ein weiteres Kernprinzip ist die Interpretationsflexibilität: Technische Artefakte werden je nach Gruppe unterschiedlich bewertet, etwa ein Auto als Fortbewegungsmittel, Statussymbol oder Umweltproblem.

Der Prozess der Schließung (Closure) und Stabilisierung tritt ein, wenn eine technische Lösung als Standard etabliert wird und andere verdrängt. Dies geschieht durch gesellschaftliche Debatten, wirtschaftliche Entscheidungen oder Regulierung. SCOT widerspricht damit dem Technikdeterminismus und zeigt, dass Technik aktiv durch soziale Akteure geformt wird.

Kritische Theorie der Technik

Die kritische Theorie⁸ hinterfragt, ob Technik dem Gemeinwohl dient oder primär wirtschaftlichen und politischen Interessen folgt. Sie betrachtet Technik als sozial geformt und betont, dass ihre Gestaltung bewusst beeinflusst werden kann, um emanzipatorisches Potenzial zu entfalten statt Ungleichheiten zu verstärken.

Andrew Feenberg (*1943) untersucht, wie technologische Entwicklungen Machtstrukturen beeinflussen und gesellschaftlichen Wandel ermöglichen. In *Critical Theory of Technology* [Feenberg, 1991] argumentiert er, dass Technik nicht neutral ist, sondern bestehende Machtverhältnisse widerspiegelt und stabilisiert. Gleichzeitig sieht er in der Demokratisierung des Technikdesigns eine Chance für sozialen Wandel. Er fordert, dass verschiedene gesellschaftliche Gruppen aktiv in die Technikgestaltung eingebunden werden, um sie inklusiver und gerechter zu machen. In *Questioning Technology* [Feenberg, 1999] vertieft er diese Analyse, kritisiert die technokratische Rationalität und plädiert für eine partizipative Technikgestaltung, die menschliche Bedürfnisse und Werte priorisiert.

Diese Methode ist besonders wertvoll für die Analyse des Arbeitsmarkts oder digitaler Überwachung durch KI.

Ethische Analyse und Technikfolgenabschätzung (TA)

Die Technikethik untersucht normative Fragen technischer Entwicklungen: Welche Verantwortung tragen Entwickler und Ingenieure? Welche Risiken entstehen durch neue Technologien? Die Technikfolgenabschätzung (TA) ist eine interdisziplinäre Methode, um gesellschaftliche, ökologische und wirtschaftliche Auswirkungen neuer Technologien frühzeitig zu identifizieren und Maßnahmen zu entwickeln. Sie hinterfragt, ob technologische Innovationen mit Werten wie Gerechtigkeit, Autonomie und Nachhaltigkeit vereinbar sind. Dabei geht es um die Abwägung zwischen technologischem Fortschritt und Langzeitfolgen, etwa bei nachhaltigen Beheizungsverfahren oder alternativen Energieträgern wie Wasserstoff in der Thermoprozesstechnik. Grunwald gibt dazu einen Überblick über Methoden der Technikethik und Technikfolgenabschätzung [Grunwald, 2016].

Moderne Technikethiker wie Luciano Floridi (*1964) betonen in seiner *Information Ethics* [Floridi, 2013], dass Technik in digitale Ökosysteme eingebettet ist und neue moralische Herausforderungen mit sich bringt, etwa Datenethik, algorithmische Fairness und digitale Autonomie. Floridi argumentiert, dass traditionelle, anthropozentrische Ethiken für die digitale Welt nicht ausreichen. Stattdessen betrachtet er auch nicht-biologische Informationsobjekte als moralisch relevante Akteure. Zentrales Konzept ist die Infosphäre – die Gesamtheit aller Informationsprozesse und -systeme. Digitale Technologien prägen nicht nur menschliche Interaktionen, sondern auch, wie Wissen generiert und genutzt wird. Floridi fordert daher eine Ethik, die Verantwortung für die Informationsumgebung anerkennt. Sein Prinzip der Entropievermeidung zielt darauf ab, die Integrität der Infosphäre zu schützen, indem Desinformation, Datenmissbrauch und Manipulation vermieden werden. Menschen sollten als Stewards der Infosphäre

⁸ Der Begriff der Kritischen Theorie geht auf Horkheimers Schrift *Traditionelle und kritische Theorie* (1937) zurück, die, wie auch die Dialektik der Aufklärung, die Wissenschaft und ihre Ideale und Vorgehensweisen kritisiert.

agieren und zur nachhaltigen Entwicklung der digitalen Gesellschaft beitragen. Floridis Ansatz markiert einen Paradigmenwechsel, der ethische Überlegungen an das digitale Zeitalter anpasst und neue normative Grundlagen schafft.

Zukunftsszenarien und technologische Prognosen

Die Zukunftsforschung nutzt Methoden wie das Delphi-Verfahren⁹ und Szenarioanalysen, um technologische Trends vorherzusagen und strategische Entscheidungen vorzubereiten. Dabei werden Unsicherheiten und alternative Entwicklungen systematisch berücksichtigt, um resiliente Strategien zu entwickeln. Besonders in der Automatisierungstechnik und Materialwissenschaft sind solche Prognosen entscheidend, um langfristige Entwicklungen zu steuern.

Riel Miller (*1957) gibt einen Überblick über Methoden der Technikprognose [Miller, 2018]. Er zeigt, wie die bewusste Nutzung von Zukunftsperspektiven Nachhaltigkeit, Inklusion und Wohlstand fördern kann. Mit dem Konzept der Futures Literacy beschreibt er die Fähigkeit, verschiedene Zukunftsszenarien gezielt zu antizipieren. Er kritisiert, dass die Menschheit oft „futures illiterate“ sei, also kaum systematisch über künftige Entwicklungen nachdenke. Durch eine bewusste Entwicklung dieser Kompetenz könnten Menschen besser mit Komplexität umgehen und fundierte Entscheidungen treffen. Millers Buch präsentiert Erkenntnisse aus über 30 Futures Literacy Laboratories und 14 Fallstudien, die diese Methode in unterschiedlichen Kontexten anwenden. Er plädiert für eine innovative Herangehensweise an Entscheidungsprozesse, um die Herausforderungen des 21. Jahrhunderts zu meistern.

Partizipative Technikgestaltung (Responsible Innovation)

Neuere Ansätze wie Responsible Research and Innovation (RRI) oder ethisches Technikdesign schlagen vor, Stakeholder frühzeitig in die Entwicklung neuer Technologien einzubeziehen. [Popkova, 2022]. Diese Ansätze fördern einen dialogischen Prozess, bei dem unterschiedliche Perspektiven und Werte berücksichtigt werden, um die Technologieentwicklung in eine sozial verantwortliche Richtung zu lenken. Ziel ist es, potenzielle negative Auswirkungen frühzeitig zu identifizieren und durch kollaborative Entscheidungsfindung zu minimieren. Diese Methoden fördern eine reflektierte Technikgestaltung, die gesellschaftliche Werte und Bedürfnisse berücksichtigt. In der Industrie könnte dies bedeuten, dass Unternehmen Nachhaltigkeitskriterien in ihre Innovationsstrategien einbinden oder digitale Geschäftsmodelle sozialverträglich gestalten.

Zusammenarbeit zwischen philosophischen Instituten und der Industrie

Die Zusammenarbeit zwischen philosophischen Instituten und der Industrie zeigt, dass Technikphilosophie nicht nur eine akademische Disziplin ist, sondern einen direkten Einfluss auf die technologische Entwicklung und deren gesellschaftliche Einbettung hat. Besonders in den Bereichen Künstliche Intelligenz, Nachhaltigkeit, Industrie 4.0 und Automatisierung wird philosophisches Wissen genutzt, um technologische Innovationen kritisch zu reflektieren, ethisch zu fundieren und langfristig verantwortungsvoll zu gestalten.

⁹ Das Delphi-Verfahren ist eine systematische Methode zur Sammlung und Bewertung von Expertenmeinungen, die insbesondere zur Zukunftsforschung, Technikfolgenabschätzung und Entscheidungsfindung in unsicheren oder komplexen Bereichen eingesetzt wird. Es basiert auf mehreren Befragungsrunden, in denen Experten anonym ihre Einschätzungen zu einem bestimmten Thema abgeben.



Abbildung 3: Visionen und Ethik (Bild Webseite KIT)

Die Forschung zur Nutzung von Wasserstoff zeigt, wie philosophische Reflexion strategische Entscheidungen beeinflusst. Ein bekanntes Beispiel ist das Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) am Karlsruher Institut für Technologie (KIT), das mit Unternehmen der Automobil- und Energiebranche nachhaltige Produktionsprozesse und die Dekarbonisierung untersucht und dabei versucht – wie in **Abbildung 3** dargestellt – technische Visionen und Ethik zu vereinen.

Auch an der TU München spielt die Technikphilosophie eine bedeutende Rolle. Hier stehen ethische Fragen zur Künstlichen Intelligenz und zur Automatisierung in der Produktion im Mittelpunkt. Ein Beispiel ist das Projekt „Responsible Robotics“, das untersucht, wie Industrieroboter so gestaltet werden können, dass sie sowohl sicher als auch ethisch vertretbar in den Fertigungsprozess integriert werden.

Ein weiteres Zentrum der Technikphilosophie ist die Universität Stuttgart, die eng mit Fraunhofer-Instituten und Unternehmen aus dem Maschinenbau zusammenarbeitet. Hier werden Fragen zur Automatisierung, zur digitalen Transformation und zu den gesellschaftlichen Auswirkungen neuer Produktionstechnologien untersucht. Besonders relevant für die Industrie ist die Entwicklung ethischer Leitlinien für den Einsatz von Künstlicher Intelligenz in der Fertigung¹⁰.

Auch an der ETH Zürich gibt es enge Kooperationen mit der Industrie. Namhafte Elektrokonzerne arbeiten mit dem dortigen Institut für Technikphilosophie zusammen, um Mensch-Maschine-Interaktionen ethisch zu bewerten und nachhaltige Lösungen für die Energieversorgung zu entwickeln. Besonders in der Automatisierungstechnik werden hier Fragestellungen zu Verantwortung und Entscheidungsfindung in KI-gestützten Prozessen untersucht.

Neben diesen Universitäten sind auch Forschungsorganisationen wie das Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI) aktiv in der Zusammenarbeit mit der Industrie. Hier werden langfristige Technologietrends analysiert und ethische Leitlinien für die Einführung neuer Technologien entwickelt. Besonders Industrie 4.0 und die Digitalisierung der Arbeitswelt stehen im Fokus, um die Auswirkungen von Automatisierung und KI auf den Maschinen- und Anlagenbau zu bewerten.

Diese Beispiele zeigen, dass die Technikphilosophie nicht nur eine kritische Reflexion über Technik bietet, sondern auch aktiv an der Gestaltung neuer Technologien mitwirkt. Besonders für die Thermoprozesstechnik könnte eine ähnliche Zusammenarbeit von Bedeutung sein – etwa durch eine Reflexion über nachhaltige Beheizungsmethoden, Automatisierungsethik und Technikfolgenabschätzung für Hochtemperaturprozesse. Indem philosophische Perspektiven in Innovationsstrategien integriert werden, können technologische Entwicklungen nicht nur effizienter, sondern auch gesellschaftlich verantwortungsvoller gestaltet werden.

¹⁰ Das Interesse des Autors an der engen Verbindung zwischen Technik und Philosophie geht auf sein Gasthörerstudium an der Universität Stuttgart zurück.

Kategorisierung: Technologische Strömungen und ihre Entwicklung

Eine systematische Kategorisierung technologischer Entwicklungen, wie in **Abbildung 4** dargestellt, kann helfen, deren Dynamik präziser vorherzusagen – unabhängig davon, ob sie als Fortschritt oder Herausforderung betrachtet werden. Techniken innerhalb einer Kategorie weisen oft ähnliche Entwicklungsverläufe auf, deren Kenntnis Unternehmen strategische Vorteile verschaffen kann, wenn sie genutzte oder selbst entwickelte Technologien gezielt analysieren, weiterentwickeln und ihre Kontrolle über technologische Prozesse stärken.

Daraus ergeben sich wiederum zentrale Fragen: Welche Techniken sind im Wettbewerb unverzichtbar und müssen zwangsläufig implementiert werden? Welche entfalten eine Eigendynamik, treiben den Wettbewerb voran und bieten strategische Vorteile? Und welche sind Teil eines soziotechnischen Gefüges, das sowohl Risiken als auch Differenzierungsmöglichkeiten bietet? Zudem ist zu klären, ob und wie sich eine einmal getroffene technologische Einordnung im Laufe der Zeit verschiebt. Die frühzeitige Antizipation solcher Veränderungen ermöglicht es Unternehmen, rechtzeitig strategische Weichen zu stellen und Entwicklungsprojekte gezielt voranzutreiben.

Diese Fragen werden im Folgenden zunächst allgemein betrachtet und anschließend anhand konkreter Beispiele aus der Thermoprozesstechnik vertieft.



Abbildung 4: Kategorisierung technologischer Strömungen und Ihre Entwicklung

Instrumentalismus

Der klassische Instrumentalismus betrachtet Technik als bloßes Mittel zum Zweck – ein Werkzeug ohne eigene Richtung oder inneren Wert, das unter menschlicher Kontrolle bleibt. Ihre Entwicklung und Anwendung sind Ausdruck bewusster Entscheidungen. Francis Bacon (1561–1626), Wegbereiter des Empirismus, formulierte dies mit „Wissen ist Macht“: Technischer Fortschritt ermögliche dem Menschen Herrschaft über die Natur [Bacon, 1620]. Ähnlich sah Karl Jaspers (1883–1969), siehe **Porträtfoto in Bild 1**, Technik als „nur Mittel und Instrument“, dessen Nutzen allein vom Menschen abhängt [Jaspers, 1931]. Damit liegt die ethische Verantwortung ausschließlich bei den Nutzenden.

Ein Beispiel sind soziale Medien. Sie ermöglichen globale Vernetzung, dienen aber ebenso der Verbreitung von Desinformation und Manipulation. Entscheidend ist nicht die Technik selbst, sondern ihr Gebrauch.

Diese Perspektive verdeutlicht, dass Technik keine eigene Teleologie besitzt, sondern stets ein Werkzeug bleibt. Ob sie Befreiung oder Kontrolle, Nachhaltigkeit oder Ausbeutung dient, hängt von den zugeschriebenen Werten ab. Der Instrumentalismus geht oft mit hoher Regelungsdichte einher: Digitale Infrastrukturen sind stark reguliert, weil die ethische Verantwortung beim Menschen liegt. Dies erfordert normative Leitplanken, um Missbrauch zu verhindern und Technik gezielt zu lenken. Innovationen entstehen entweder innerhalb bestehender Regelwerke oder an deren Grenzen, wo technologische Fortschritte Anpassungen erfordern.

Instrumentalismus kann als Entwicklungsstufe der Technik betrachtet werden, geprägt durch äußere Steuerung. Differenzierung erfolgt entweder durch Optimierung innerhalb bestehender Regulierungen oder durch technologische Sprünge, die neue rechtliche und gesellschaftliche Rahmenbedingungen erfordern. Eine weniger regulierte, möglicherweise deterministische Dynamik entsteht, wenn Technik eigene Pfadabhängigkeiten und Eigengesetzlichkeiten entwickelt, die sich der bewussten Steuerung entziehen.

Daraus ergibt sich die Frage: Ist jede Technologie anfangs rein instrumentell und entwickelt erst mit wachsender Komplexität eine eigene Dynamik? Oder gibt es Technologien, die von Beginn an eine inhärente Richtung besitzen und sich der reinen Zweckbindung entziehen? Ein Beispiel hierfür wäre, ob die anfängliche rein funktionale Gasbeheizung die sich, wie in **Abbildung 5** dargestellt, geradezu

zwingend in Richtung eine CO₂ neutralen Elektroheizung entwickelt. Diese Überlegungen führen zur Debatte über Technikdeterminismus und die Wechselwirkung zwischen gesellschaftlicher Steuerung und technischer Evolution.



Abbildung 5: Kammerofenanlage mit CO₂ neutraler Elektroheizung (Bild AICHELIN)

Technikdeterminismus

Der Technikdeterminismus widerspricht dem Instrumentalismus, indem er Technik eine Eigendynamik zuschreibt, die sich dem menschlichen Zugriff teilweise entzieht. Heidegger betont, Technik sei mehr als bloße Zweckmäßigkeit; sie präge ein Weltverhältnis, in dem das Seiende nur noch als nutzbarer Rohstoff erscheine: „Das Wesen der Technik ist keineswegs etwas Technisches“ [Heidegger, 1954]. Sie sei nicht bloß Mittel, sondern verändere Denken und Wahrnehmung selbst.

Noch radikaler argumentiert Jacques Ellul (1912–1994), der Technik als autonom betrachtet. Einmal in Gang gesetzt, folge sie eigenen Gesetzmäßigkeiten: „Technische Entwicklung vollzieht sich nach einem eigenen Gesetz. Sie folgt nicht dem Willen des Menschen, sondern bestimmt ihn“ [Ellul, 1954]. Technik sei nicht nur Produkt wissenschaftlicher Erkenntnis, sondern Ausdruck einer quasireligiösen Entwicklung, wodurch der Mensch seine Rolle als souveräner Gestalter verliere.

Tatsächlich entfalten manche Technologien, einmal angestoßen, eine Eigendynamik. Henry Fords Fließband veränderte nicht nur die Produktion, sondern zwang Arbeiter in einen maschinellen Rhythmus – wer sich nicht anpasste, wurde überflüssig. Ähnlich verdrängen Künstliche Intelligenz und Robotersysteme Arbeitsplätze, nicht durch bewusste Steuerung, sondern durch die inhärente Logik der Effizienzsteigerung. Die Dampfmaschine löste im 18. Jahrhundert tiefgreifende gesellschaftliche Umbrüche aus, unabhängig vom Willen Einzelner.

Die zentrale Frage bleibt: Bleibt Technik ein Diener menschlicher Ziele, oder entwickelt sie eine eigene Logik, die neue Abhängigkeiten schafft? Entscheidend ist nicht nur die Entwicklung neuer Technologien, sondern ihre kritische Reflexion.

Regulierung spielt dabei eine Schlüsselrolle: Ermöglicht geringe Regeldichte ungehinderte technische Entfaltung, oder befördert Regulierung durch Innovationsdruck bestimmte Entwicklungen? Während etwa die digitale Wirtschaft und Künstliche Intelligenz weitgehend autonom wachsen, kann Regulierung auch lenkend wirken, indem sie Entwicklungspfade fördert oder verhindert.

Technikdeterminismus besagt, dass Technik sich nach inhärenten Funktionslogiken entfaltet. Automatisierung folgt nicht nur einem Optimierungstrend, sondern etabliert Effizienzsteigerung als leitendes Prinzip. Entscheidend ist, ob technologische Entwicklung einer offenen, pluralen Dynamik folgt oder unumkehrbaren Prinzipien unterliegt. Letzteres würde Technik zu einer treibenden Kraft machen, die durch wirtschaftlichen Druck, gesellschaftlichen Wandel oder veränderte Denkstrukturen neue Abhängigkeiten schafft. Die Herausforderung liegt dann nicht nur in der Entwicklung neuer Technologien, sondern in der Reflexion ihrer langfristigen Auswirkungen – und der Frage, ob der Mensch noch als souveräner Gestalter fungieren kann.

Technik als ein soziotechnisches Gefüge

Technik als soziotechnisches Gefüge bewegt sich zwischen Funktionalismus und Determinismus, da sich menschliche Absichten und technische Strukturen wechselseitig beeinflussen. Während der

Funktionalismus Technik als einem Effizienzprinzip folgend betrachtet, sieht der Determinismus sie als selbstverstärkende Kraft. Das soziotechnische Konzept geht darüber hinaus und betrachtet Technik als Teil eines dynamischen Beziehungsgeflechts aus Gesellschaft und Wirtschaft, in dem Faktoren wie Produktionsstandort, Regulierung und Kostenstrukturen oft entscheidender sind als rein technische Vorteile.

Latour betont, Technik sei untrennbar mit gesellschaftlichen, kulturellen und historischen Kontexten verwoben: „Die Trennung zwischen Technik und Gesellschaft ist eine Illusion. Technik ist kein bloßes Objekt, sondern eine hybride Praxis“ [Latour, 1991]. Ihde ergänzt: „Technik ermöglicht unser Wahrnehmen und Handeln, lenkt es aber zugleich“ [Ihde, 1990]. Sie bestimmt den Menschen nicht absolut, formt jedoch unmerklich Denken, Handeln und Wahrnehmung.

Die Elektromobilität zeigt, dass technischer Fortschritt allein nicht ausreicht. Trotz verbesserter Batterietechnologie hängen Verbreitung und Erfolg von politischen Entscheidungen, wirtschaftlichen Interessen und gesellschaftlicher Akzeptanz ab. Ohne Subventionen, Ladeinfrastruktur und Umweltbewusstsein blieben E-Autos Prototypen. Unternehmen bevorzugen daher planbare politische Rahmenbedingungen in diesem hochriskanten Markt.

Ähnliches gilt für das Internet und KI: Sie sind weder neutrale Plattformen noch unaufhaltsame Kräfte, sondern entstehen im Zusammenspiel von technischer Entwicklung, wirtschaftlichen Interessen, Regulierung und gesellschaftlichen Bedürfnissen. Technik ist dabei nicht nur Werkzeug, sondern verändert soziale Strukturen und Entscheidungsprozesse. Der Mensch ist nicht mehr alleiniger Akteur, sondern Teil eines dynamischen Dialogs mit seinen eigenen Technologien.

Auch die in **Abbildung 6** dargestellte Robotik verdeutlicht diesen Wandel: KI-gesteuerte Maschinen optimieren nicht nur Prozesse, sondern strukturieren Arbeit neu. Verantwortlichkeiten verlagern sich, der Mensch wird zum Mitgestalter eines Systems aus Technik und Organisation. Diese Entwicklungen zeigen, dass Technik weder neutral noch bloßes Mittel ist, sondern Gesellschaft ebenso beeinflusst, wie sie von ihr geprägt wird.



Abbildung 6: Roboter zum Fixturhärten von Automobilteilen (Bild AICHELIN)

Letztlich existiert Technik nie isoliert, sondern immer als soziotechnisches Gefüge. Selbst funktionalistische Innovationen werden in der Anwendung von sozialen, politischen und wirtschaftlichen Faktoren geformt. Gleichzeitig besitzt Technik eine gestaltende Kraft, die Wahrnehmung, Handlungsmöglichkeiten und Strukturen verändert. Sie ist stets Teil eines gesellschaftlichen Dialogs, der ihre Entwicklung lenkt und zugleich durch sie geprägt wird.

Diese Beispiele zeigen, dass Technik weder rein instrumentell noch vollständig autonom ist. Sie bewegt sich im Spannungsfeld zwischen menschlichem Willen, inhärenten technischen Entwicklungen und gesellschaftlichen Strukturen. Welche dieser Perspektiven die Realität am besten beschreibt, bleibt eine zentrale Frage der Technikphilosophie.

Exkurs: Autonome Maschinen

Autonome technische Systeme treffen ohne direkte menschliche Steuerung eigenständig Entscheidungen und führen Handlungen aus. Dazu zählen autonome Fahrzeuge, Drohnen, Industrieroboter, Pflegeroboter, intelligente Assistenzsysteme und autonome Waffensysteme. Sie nutzen künstliche Intelligenz, Sensorik und Algorithmen, um ihre Umgebung wahrzunehmen und entsprechend zu agieren.

Die Technikethik betrachtet solche Systeme als Herausforderung in Bezug auf Verantwortung, Entscheidungsfindung und gesellschaftliche Folgen. Zentral ist die Haftungsfrage: Wer trägt die Verantwortung – Entwickler, Nutzer oder das System selbst? Technikfolgenabschätzung und Risikobewertung sollen unbeabsichtigte Konsequenzen verhindern. Empfohlen werden Transparenz, klare Verantwortungszuweisung, Begrenzung autonomer Entscheidungen in kritischen Bereichen und gesellschaftliche Partizipation bei der Regulierung. Ziel ist eine reflektierte Gestaltung, die den Nutzen maximiert und ethische Risiken minimiert.

Ein zentrales Problem der Maschinenethik ist die Kodierung moralischer Normen in Algorithmen. Unterschiedliche ethische Theorien führen zu divergierenden Entscheidungen, insbesondere in moralischen Dilemma-Situationen wie dem Trolley-Problem¹¹. Dies hat weitreichende Konsequenzen für den Einsatz autonomer Systeme, etwa in selbstfahrenden Autos, Pflegerobotern oder autonomen Waffensystemen. Cathrin Misselhorn (*1970) analysiert, wer in solchen Fällen die Verantwortung trägt, und kommt zu dem Schluss, dass sie letztlich immer beim Menschen liegen muss. Sie plädiert für eine verantwortungsethische Perspektive, die sicherstellt, dass Maschinen moralisch vertretbare Entscheidungen treffen, ohne selbst Verantwortung zu übernehmen. Maschinen können zwar moralisch relevante Entscheidungen fällen, sind jedoch keine autonomen moralischen Akteure. Misselhorn betont die Notwendigkeit einer ethischen Regulierung künstlicher Intelligenz, um Missbrauch und unerwünschte Konsequenzen zu vermeiden [Misselhorn, 2018].

Die Technikethik zieht daraus mehrere Schlussfolgerungen. Erstens muss geklärt werden, wer für die Handlungen autonomer Systeme haftet – Hersteller, Programmierer oder Nutzer. Zweitens müssen diese Systeme so programmiert werden, dass sie ethische Normen einhalten, was durch die Vielfalt moralischer Theorien erschwert wird. Drittens ist Transparenz und Nachvollziehbarkeit von Entscheidungen essenziell, insbesondere bei lernenden Systemen, deren Entscheidungsprozesse oft schwer erklärbar sind. Viertens müssen gesellschaftliche Auswirkungen wie Arbeitsplatzverluste, Datenschutz oder der Einsatz in sicherheitskritischen Bereichen berücksichtigt werden.

Zusammenfassend fordert die Technikethik, dass autonome Systeme menschliche Werte respektieren, Risiken minimieren und klare Verantwortlichkeiten definieren. Besondere Bedeutung kommt der Kontrolle durch den Menschen zu, um sicherzustellen, dass technische Autonomie nicht zu moralischer Verantwortungslosigkeit führt.

Technikphilosophische Betrachtungen zur Thermoprozesstechnik

Nach den bisher eher allgemeinen Betrachtungen der Technikphilosophie stellt sich die Frage, wie sich ihre Methoden und Kategorisierungen auf die aktuellen Herausforderungen der Thermoprozesstechnik anwenden lassen und welchen Nutzen sie für Anwender haben könnten. Nach einer kurzen Einführung in das Vorgehen einer technikphilosophischen Analyse soll dies anhand von fünf Beispielen verdeutlicht werden, die in der Thermoprozesstechnik von besonderer Relevanz sind. Jede Maßnahme wird zunächst kurz beschrieben, gefolgt von einer ausführlicheren technikphilosophischen Beurteilung.

Vorgehen bei einer Technikphilosophischen Analyse

Eine technikphilosophische Beurteilung erfordert eine interdisziplinäre Herangehensweise, die verschiedene methodische Ansätze kombiniert. Die beschriebenen Analysemethoden – wie hermeneutische Analyse, Technikfolgenabschätzung oder systemische Betrachtung – zeigen, dass eine

¹¹ Das Trolley-Problem ist ein ethisches Dilemma: Ein außer Kontrolle geratener Zug droht fünf Menschen zu überfahren. Durch Umlegen einer Weiche könnte er auf ein anderes Gleis gelenkt werden, wo jedoch eine Person stirbt. Die Frage ist, ob es moralisch vertretbar ist, aktiv ein Leben zu opfern, um fünf zu retten.

einzelne Methode oft nicht ausreicht. Während die Technikfolgenabschätzung Risiken und Nutzen prognostiziert, untersucht die phänomenologische Analyse, wie Technik Wahrnehmung und Handeln beeinflusst. Ergänzend deckt die kritische Theorie verborgene Machtstrukturen und gesellschaftliche Abhängigkeiten auf.

Ein erster Schritt der Beurteilung ist die Kategorisierung der Technologie: Handelt es sich um eine funktionale Technik mit klar definierten Zielen (Instrumentalismus), eine Technologie, die eine eigene Dynamik entwickelt und gesellschaftliche Prozesse beeinflusst (Technikdeterminismus), oder ist sie Teil eines soziotechnischen Gefüges, in dem technische, wirtschaftliche und soziale Faktoren ineinandergreifen? Diese Einordnung bestimmt, welche Analysemethoden sinnvoll sind.

Handelt es sich um eine funktionale Technik, stehen Methoden im Vordergrund, die ihre Funktion, ethische Bewertung und mögliche Auswirkungen untersuchen. Die hermeneutische Analyse hilft, ihre Bedeutung in verschiedenen historischen und kulturellen Kontexten zu verstehen. Ergänzend kann eine ethische Analyse normative Fragen zu Nutzung und Konsequenzen stellen. Eine zentrale Rolle spielt auch die Technikfolgenabschätzung (TA), die die direkten und indirekten Auswirkungen einer Technik auf Gesellschaft und Umwelt untersucht.

Entwickelt eine Technologie eine eigene Dynamik und beeinflusst gesellschaftliche Prozesse (Technikdeterminismus), rücken Methoden in den Fokus, die diese Wechselwirkungen und ihren Einfluss auf den Menschen analysieren. Die phänomenologische Analyse betrachtet, wie Technik Wahrnehmung, Verhalten und Lebenswelt verändert. Die kritische Theorie der Technik untersucht, inwieweit Technik in Machtstrukturen und soziale Ungleichheiten eingebettet ist. Zudem sind Zukunftsszenarien wichtig, um mögliche langfristige Entwicklungen und deren gesellschaftliche Konsequenzen zu antizipieren.

Befindet sich die Technik in einem soziotechnischen Gefüge, eignen sich systemische und partizipative Ansätze. Die systemische Analyse betrachtet die Interaktion zwischen Technik, sozialen Strukturen und ökonomischen Rahmenbedingungen. Eine zentrale Rolle spielt auch die partizipative Technikgestaltung, die Akteure aus Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft in die Entwicklung und Regulierung einbezieht. Die Technikfolgenabschätzung bleibt ein relevantes Instrument, besonders wenn sie partizipativ ist und frühzeitig Einfluss auf den Entwicklungsprozess nimmt.

Die Wahl der Analysemethode hängt entscheidend davon ab, wie Technologie begriffen wird und welche Aspekte ihrer Entwicklung und Wirkung im Fokus stehen. In der Praxis ist die technikphilosophische Beurteilung meist Teamarbeit. Unternehmen, Forschungseinrichtungen und politische Akteure benötigen interdisziplinäre Expertise, um technologische Entwicklungen und ihre Folgen zu erfassen. Die Einführung von KI-gestützten Automatisierungssystemen erfordert neben technischer Analyse auch soziotechnische Bewertungen hinsichtlich Arbeitswelt, Ethik und Regulierung. Angesichts der zunehmenden Vernetzung von Technik und Gesellschaft müssen nicht nur funktionale und wirtschaftliche, sondern auch soziale, kulturelle und regulatorische Aspekte berücksichtigt werden. Eine fundierte Beurteilung gelingt nur, wenn technische, wirtschaftliche und gesellschaftliche Fragestellungen gemeinsam analysiert werden.

Beispiele praktischer Anwendung der Technikphilosophie

Nach den bisher allgemeinen Betrachtungen der Technikphilosophie in Bezug auf Maschinen und Anlagen stellt sich die Frage, wie ihre Methoden auf die Thermoprozesstechnik angewendet werden können. Dies wird im Folgenden anhand relevanter Beispiele verdeutlicht¹².

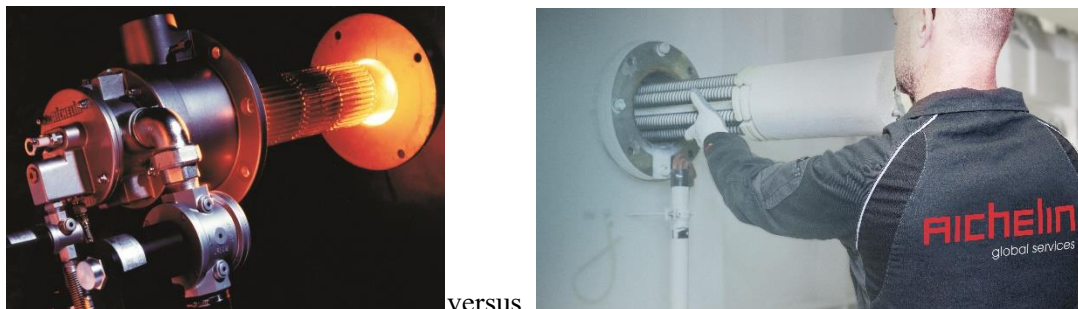
Umstellung der Beheizungssysteme auf klimafreundliche Brennstoffe

Die Energiewende zwingt die Thermoprozesstechnik zur Umstellung von Erdgas Gasbrennern (**Abbildung 7**) auf alternative Brennstoffe wie Wasserstoff oder Ammoniak oder – wie in **Abbildung 8** – dargestellt zur Elektrifizierung, was kostenintensive Anpassungen an Brennersystemen, Sicherheitskonzepten und Netzinfrastrukturen erfordert. Unternehmen, die nicht auf CO₂-sparende

¹² Der Leser könnte zu dem Schluss kommen, dass ähnliche Folgerungen auch ohne eine technikphilosophische Betrachtung gezogen werden können. Es ist jedoch anzumerken, dass bewusst Beispiele gewählt wurden, die einen einfachen Vergleich ermöglichen.

Alternativen setzen, riskieren steigende Energiekosten, zusätzliche Abgaben, regulatorische Einschränkungen, Wettbewerbsnachteile und ein negatives Nachhaltigkeitsimage, obwohl effizientere und wirtschaftlichere Lösungen verfügbar sind.

Diese Transformation ist technologisch anspruchsvoll und mit wirtschaftlichen sowie infrastrukturellen Hürden verbunden. Der Einsatz von Wasserstoff erfordert Anpassungen an Brennersystemen und Sicherheitskonzepten, während die Elektrifizierung leistungsfähigere Netzinfrastrukturen und alternative Heiztechnologien voraussetzt. Zudem müssen Materialien und Komponenten entwickelt werden, die den neuen chemischen und thermischen Belastungen standhalten, während Steuerungs- und Regelungssysteme auf die veränderten Energiequellen abgestimmt werden.



Links Abbildung 7: NOXMAT-Rekuperator-Gasbrenner im Strahlrohr

Rechts Abbildung 8: NOXMAT- Elektroheizung (einbaukompatibel zum NOXMAT-Gasbrenner)

Technikphilosophische Beurteilungen:

Aus einer instrumentalistischen Perspektive ist die Umstellung der Beheizungssysteme eine bewusste Entscheidung des Auftraggebers, die durch gezielte technische Maßnahmen umgesetzt wird. Technik dient hier als neutrales Werkzeug zur CO₂-Reduktion, gesteuert durch politische und wirtschaftliche Rahmenbedingungen. Auftraggeber und Auftragnehmer können diesen Aspekt als besonders fortschrittlich hervorheben, da er Innovationsbereitschaft und nachhaltiges Wirtschaften unterstreicht. Die praktische Herausforderung liegt in der Anpassung bestehender Brennersysteme, der Weiterentwicklung von Sicherheitskonzepten und dem Aufbau neuer Infrastrukturen. Eine Technikfolgenabschätzung (TA) kann helfen, Risiken und wirtschaftliche Auswirkungen zu analysieren.

Die techniddeterministische Perspektive betrachtet die Energiewende nicht nur als politisch oder wirtschaftlich motiviert, sondern als zwangsläufige Folge technologischer und regulatorischer Entwicklungen. Sobald klimafreundlichere Brennstoffe verfügbar und wirtschaftlich konkurrenzfähig sind, verdrängen sie fossile Energieträger. Regulierungen wie CO₂-Bepreisung und gesellschaftlicher Druck beschleunigen diesen Prozess. Eine systemische Analyse könnte zeigen, wie technische, wirtschaftliche und regulatorische Faktoren zusammenwirken.

Aus der Sicht von Technik als soziotechnischem Gefüge ist die Energiewende kein rein technisches Problem, sondern ein gesellschaftlicher Transformationsprozess. Die Umstellung auf Wasserstoff- oder Elektroheizungen erfordert neben technologischen Anpassungen auch Investitionen in Infrastruktur, gesellschaftliche Akzeptanz und neue Marktmechanismen. Langfristige Kooperationen zwischen Wissenschaft, Industrie und Politik sind notwendig, um wirtschaftliche und soziale Auswirkungen – etwa auf Arbeitsplätze oder Energiepreise – zu berücksichtigen. Eine hermeneutische Analyse könnte die gesellschaftliche Bedeutung dieser technischen Transformation verdeutlichen.

Industrie 4.0- Konzepte und Modernisierungen

In den Fertigungsfluss integrierte Thermoprozessanlagen – wie beispielhaft in **Abbildung 9** dargestellt, kürzere Produktzyklen, flexible Produktionsmengen und höhere Energieeffizienz sind zentrale Anforderungen der Industrie 4.0 und erfordern entsprechende Lösungen für neue sowie die Modernisierung bestehender Anlagen. Industrie 4.0-Konzepte benötigen flexible Transportsysteme, skalierbare Automatisierung, leistungsfähige und adaptive Regelungen sowie robuste Schnittstellen zur Echtzeitverarbeitung großer Datenmengen.



Abbildung 9: In den Fertigungsfluss integrierte AICHELIN-Nitrieranlage

Der Einsatz von Big Data, Künstlicher Intelligenz (KI) und Industrie-4.0-Konzepten [Steck-Winter, H.; Unger, G., 2018] ermöglicht eine flexiblere und präzisere Steuerung von Thermoprozessen, wodurch Energieverluste minimiert, Produktionskosten gesenkt und Losgrößen reduziert werden. Dafür sind hochentwickelte Automatisierungssysteme, leistungsfähige Sensorik, adaptive Regelungssysteme und robuste Schnittstellen erforderlich, die große Datenmengen in Echtzeit verarbeiten und verschiedene Automatisierungskomponenten nahtlos integrieren.

Technikphilosophische Beurteilungen:

Aus einer instrumentalistischen Sicht ist Automatisierung ein Mittel zur Effizienzsteigerung. Sie optimiert Produktionsprozesse, reduziert Energieverluste, senkt Kosten und übernimmt gefährliche oder monotone Aufgaben, wodurch die Arbeitssicherheit steigt. Technik bleibt hier ein neutrales Werkzeug, dessen Wert sich allein aus seiner Nutzung ergibt.

Die technikdeterministische Perspektive betont hingegen die Eigendynamik der Automatisierung. Industrie 4.0 und KI verändern nicht nur Abläufe, sondern prägen die gesamte Produktionslandschaft. Unternehmen müssen sich anpassen, da der technologische Fortschritt selbst zur treibenden Kraft wird und nicht vollständig steuerbar ist. Firmen, die nicht automatisieren, riskieren, wettbewerbsunfähig zu werden – ein Beispiel für die selbstverstärkende Dynamik technischer Entwicklungen, wie sie Ellul und Heidegger beschrieben haben.

Die umfassendste Betrachtung bietet die Perspektive der Technik als soziotechnisches Gefüge. Automatisierung ist kein rein technologischer Fortschritt, sondern ein Prozess, geprägt durch wirtschaftliche, regulatorische und gesellschaftliche Faktoren. Gleichzeitig verändert Automatisierung die Arbeitswelt: Neue Qualifikationen werden erforderlich, während traditionelle Tätigkeiten zurückgedrängt werden. In dieser Sichtweise ist Technik nicht nur Werkzeug oder unaufhaltsame Kraft, sondern Teil eines interaktiven Systems aus Menschen, Unternehmen, Gesetzen und Märkten.

Cybersicherheit

Mit der zunehmenden Vernetzung von Anlagen steigt auch das Risiko von Cyberangriffen. Cybersicherheit wird daher zu einem kritischen Faktor, um die Verfügbarkeit und Integrität von Thermoprosessanlagen zu gewährleisten [Steck-Winter, H., 2012]. Insbesondere in hochautomatisierten, datengetriebenen Produktionsumgebungen können Angriffe auf Steuerungssysteme oder Manipulationen von Prozessdaten erhebliche wirtschaftliche Schäden verursachen. Es müssen daher für alle Anlagen umfassende Maßnahmen zur Verbesserung der Cybersicherheit getroffen werden. Dies erfordert die Implementierung robuster Verschlüsselungstechnologien, redundanter Sicherheitssysteme, kontinuierlicher Bedrohungsanalysen sowie regelmäßiger Software- und Firmware-Updates, um Schwachstellen frühzeitig zu identifizieren und zu schließen.

Technikphilosophische Beurteilungen:

Aus instrumentalistischer Sicht ist Cybersicherheit eine rein technische Disziplin, die durch gezielte Schutzmaßnahmen gewährleistet wird. Technik gilt hier als neutrales Werkzeug unter menschlicher Kontrolle. Firewalls, Verschlüsselung und Zugriffsbeschränkungen dienen der Abwehr von Angriffen, ohne die Technik selbst zu verändern. Unternehmen und Ingenieure tragen die Verantwortung, durch präventive Maßnahmen die Systemintegrität zu sichern. Analysemethoden der Technikfolgenabschätzung (TA) könnten helfen, Risiken systematisch zu bewerten und Lösungen auf Basis bestehender Technologien zu entwickeln.

Der Technikdeterminismus betrachtet Cybersicherheit als zwangsläufige Folge von Automatisierung und Digitalisierung. Die zunehmende Vernetzung macht Sicherheitsmaßnahmen unumgänglich, da technologische Fortschritte stets neue Verwundbarkeiten schaffen, die raffiniertere Schutzmechanismen erfordern. Cybersicherheit wäre demnach weniger eine bewusste Entscheidung als eine unvermeidbare Entwicklung. Systemische Analysemethoden wie die Akteur-Netzwerk-Theorie (ANT) nach Latour könnten zeigen, wie Technologie, institutionelle Rahmenbedingungen und wirtschaftliche Interessen sich gegenseitig beeinflussen.

In einer soziotechnischen Betrachtung ergibt sich Cybersicherheit aus dem Zusammenspiel technologischer, wirtschaftlicher, politischer und sozialer Faktoren. Sicherheitslösungen entstehen nicht isoliert, sondern in Wechselwirkung mit staatlicher Regulierung, wirtschaftlichen Interessen und gesellschaftlichen Debatten über Datenschutz und digitale Souveränität. Besonders in der Industrie 4.0 gilt Cybersicherheit nicht mehr als reine IT-Aufgabe, sondern als integraler Bestandteil der Produktionsstrategie. Dies entspricht dem Konzept der Social Construction of Technology (SCOT), das betont, dass Technik nicht nur entwickelt, sondern auch durch soziale Gruppen interpretiert und verändert wird.

Digitale Instandhaltungsassistenten

Digitale Instandhaltungsassistenten eröffnen neue Möglichkeiten. Durch bereichsübergreifende, effiziente Datennutzung werden beispielsweise Wartung und Ersatzteilbeschaffung optimiert. Der digitale Instandhaltungsassistent fungiert dabei als Wissensspeicher und Berater für die Instandhaltung.

Technikphilosophische Beurteilungen:

Aus instrumentalistischer Sicht dienen digitale Geschäftsmodelle der Effizienzsteigerung und Wertschöpfung. Der gezielte Einsatz digitaler Plattformen und datengetriebener Dienstleistungen optimiert bestehende Prozesse, etwa durch eine schnellere Identifikation von Betriebsmitteln und eine integrierte, zügigere Ersatzteilbeschaffung.

Technikdeterministisch betrachtet treiben digitale Geschäftsmodelle die wirtschaftliche Transformation voran. Sie verändern nicht nur Prozesse, sondern schaffen neue Marktlogiken, etwa durch Plattformökonomie. Besonders in einer Industrie-4.0-Umgebung definieren datengetriebene Steuerung und KI die Instandhaltungsstrukturen grundlegend neu.

Aus soziotechnischer Perspektive stehen digitale Geschäftsmodelle in Wechselwirkung mit betrieblichen, regulatorischen und kulturellen Faktoren. Neben technologischer Innovation erfordern sie rechtliche Anpassungen (z. B. im Datenschutz), neue Marktmechanismen und gesellschaftliche Akzeptanz. Konsumverhalten und soziale Normen prägen ihre Entwicklung. Die Digitalisierung ist Teil eines umfassenden Wandels, dessen langfristige Auswirkungen auf Datensicherheit, Arbeitsmarkt und Nachhaltigkeit sorgfältig bewertet werden müssen. Besonders die Einbindung aller Stakeholder – etwa der betrieblichen und externer Instandhaltung as a Service – ist entscheidend für ihre Akzeptanz.

Condition Monitoring und Predictive Maintenance

Condition Monitoring – wie beispielhaft in der Ampelchart in **Abbildung 10** dargestellt - und Predictive Maintenance sind essenzielle Serviceinnovationen zur Kostensenkung und Minimierung ungeplanter Stillstände [Steck-Winter, H.; Unger, G., 2024].

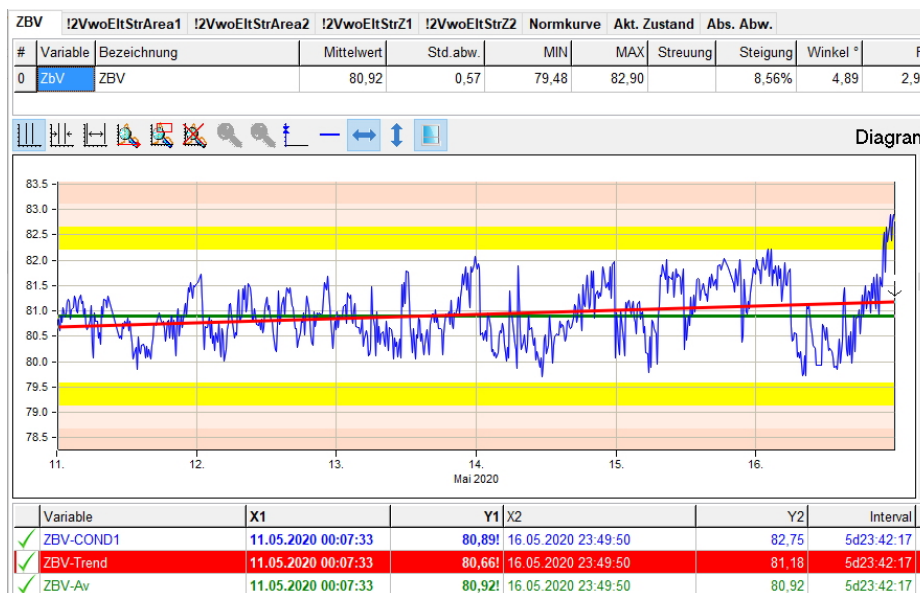


Abbildung 10: Ampechart für Condition Monitoring (Bild AICHELIN)

Während CM Abnutzungsgrenzen frühzeitig erkennt, ermöglicht PdM eine vorausschauende Wartungs- und Ersatzteilplanung. Voraussetzung sind leistungsfähige Echtzeit-Datenverarbeitung, sichere Cloud- und Edge-Computing-Lösungen sowie robuste Schnittstellen, etwa zu digitalen Instandhaltungsassistenten und Automatisierungssystemen. Algorithmen zur Anomalieerkennung müssen kontinuierlich weiterentwickelt und gegen Cyberangriffe abgesichert werden, um Zuverlässigkeit und Sicherheit der Prozesse zu gewährleisten.

Technikphilosophische Beurteilungen:

Aus instrumentalistischer Sicht ist Predictive Maintenance ein neutrales Werkzeug zur Effizienzsteigerung. Seine Implementierung dient der Verfügbarkeit industrieller Anlagen, ohne dass die Technik eigenständig Entwicklungen hervorbringt. In diesem Sinne stellt sie eine funktionale Erweiterung bestehender Instandhaltungskonzepte dar, die Rationalisierung und Kostenersparnis ermöglicht.

Der Technikdeterminismus argumentiert hingegen, dass die Einführung von Condition Monitoring und Predictive Maintenance nicht allein wirtschaftlichen oder betrieblichen Erwägungen folgt, sondern eine zwangsläufige Konsequenz technologischer Fortschritte ist. Entwicklungen in Sensortechnik, Big Data und KI führen zu umfassenderen Analysemöglichkeiten, die den Menschen zunehmend in Entscheidungsprozessen ersetzen. Predictive Maintenance verändert dadurch nicht nur Arbeitsweisen, sondern zwingt Unternehmen zur Anpassung ihrer Betriebsstrategien – unabhängig von bewussten Entscheidungen.

Ein soziotechnischer Ansatz erkennt an, dass technische Innovationen nicht isoliert existieren, sondern von wirtschaftlichen, regulatorischen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen geprägt werden. Predictive Maintenance beeinflusst nicht nur Instandhaltungsstrategien, sondern auch die Rollenverteilung in Unternehmen, indem menschliche Expertise durch automatisierte Analysen ergänzt oder ersetzt wird. Ihre Implementierung erfordert interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Maschinenbau, Softwareentwicklung und Datenanalyse. Zudem sind rechtliche Rahmenbedingungen, insbesondere zur Datennutzung und Cybersicherheit, entscheidend für die Weiterentwicklung dieser Technologien.

Die hermeneutische Analyse untersucht, wie Predictive Maintenance die Rolle des Menschen im Wartungsprozess verändert, während eine phänomenologische Perspektive beleuchtet, wie sich dadurch die Wahrnehmung von Produktionsverantwortung wandelt. Die systemische Analyse zeigt, dass Predictive Maintenance Teil eines komplexen Netzwerks wirtschaftlicher, sozialer und technischer Faktoren ist.

Epilog

Die Technikphilosophie reflektiert Risiken, Abhängigkeiten und unbeabsichtigte Nebenwirkungen technologischer Entwicklungen. Der Fachartikel zeigt, dass technischer Fortschritt stets mit ethischer

Verantwortung einhergeht – sowohl in globalen Fragen wie der Nachhaltigkeit als auch im Arbeitsalltag, etwa im Umgang mit Regulierungen und technischen Standards. Es wird betont, dass die Technikphilosophie nicht nur kritische Fragen stellt, sondern auch dazu beitragen kann, technologische Innovationen bewusst und verantwortungsvoll zu gestalten.

Technik ist tief in gesellschaftliche, ethische und ökologische Zusammenhänge eingebettet und kann nicht immer als neutrales Werkzeug betrachtet werden. Philosophen wie Heidegger und Ellul betonen, dass Technik eigene Dynamiken entfaltet und gesellschaftliche Strukturen tiefgreifend verändert. Jonas' Prinzip der Verantwortung hebt die ethischen Folgen technologischer Entwicklungen hervor und hilft Unternehmen, langfristige Risiken zu berücksichtigen und nachhaltige Lösungen zu entwickeln.

Gleichzeitig kann Technikphilosophie Innovationen positiv beeinflussen. Ansätze der Ethik des Designs, wie sie Ihde oder Latour vertreten, zeigen Wege auf, Technik menschenfreundlicher und nachhaltiger zu gestalten. Besonders in der Thermoprozesstechnik, die für industrielle Prozesse essenziell ist, spielt sie eine wichtige Rolle. Angesichts steigender Umweltauflagen, Dekarbonisierung und energieeffizienterer Verfahren kann eine philosophische Auseinandersetzung mit Technik helfen, nachhaltige und wirtschaftlich tragfähige Lösungen zu entwickeln. Die zunehmende Digitalisierung, etwa durch KI-gestützte Prozessoptimierung oder vorausschauende Instandhaltung, wirft zudem Fragen nach Kontrolle, Verantwortung und Transparenz auf. Technikphilosophische Konzepte bieten hier ethisch fundierte Entscheidungsgrundlagen.

In der Industrie hilft Technikphilosophie, ethische Aspekte in den Innovationsprozess zu integrieren, Akzeptanz für neue Technologien zu schaffen und nachhaltige Innovationen zu fördern. Sie ist keine Technikfeindlichkeit, sondern eine Reflexion darüber, wie Technik verantwortungsvoll weiterentwickelt und sinnvoll genutzt werden kann – besonders dort, wo ethische, soziale und ökologische Aspekte relevant sind.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Technikphilosophie zwar oft kritisch hinterfragt, aber nicht technikfeindlich ist. Vielmehr trägt sie dazu bei, Technik verantwortungsvoll weiterzuentwickeln und ihre positiven Potenziale gezielt zu nutzen – insbesondere dort, wo ethische, soziale und ökologische Aspekte eine Rolle spielen. In der Thermoprozesstechnik kann sie Impulse für eine nachhaltige Transformation liefern und die Balance zwischen technologischer Machbarkeit und gesellschaftlicher Verantwortung unterstützen.

Literatur

- [Agricola, G., 1556]: De re metallica.
- [Anders, 1956]: Die Antiquiertheit des Menschen
- [Arendt, 1958]: Vita activa
- [Aristoteles, um 347 v.Chr.]: Physik II, 1, 192b.
- [Bacon, 1620]: Novum Organum
- [Bacon, R., ca. 1267]: Opus Majus, Buch VII
- [Baudrillard, 1981]: Simulacres et Simulation
- [Benjamin, 1936]: Das Kunstwerk im Zeitalter seiner technischen Reproduzierbarkeit
- [Bostrom, 2014]: Superintelligence
- [Boyle, R., 1662]: The Sceptical Chymist.
- [Carnot, S., 1824]: Reflections on the Motive Power of Fire.
- [Döring, 2010]: Einführung in die Technikbewertung
- [Ellul, 1954]: Die technologische Gesellschaft
- [Feenberg, 1991]: Critical Theory of Technology
- [Feenberg, 1999]: Questioning Technology
- [Floridi, 2013]: The Ethics of Information
- [Gehlen, 1940]: Der Mensch

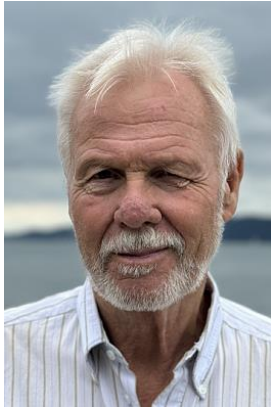
- [Grunwald, 2016]: Handbuch Technikethik
[Habermas, 2001]: Die Zukunft der menschlichen Natur
[Hegel, 1807]: Phänomenologie des Geistes
[Heidegger, 1954]: Die Frage nach der Technik
[Ihde, 1990]: Technology and the Lifeworld
[Jaspers, 1931]: Die geistige Situation der Zeit
[Jonas, 1979]: Das Prinzip Verantwortung
[Kapp, 1877]: Grundlinien einer Philosophie der Technik
[Latour, 1991]: Wir sind nie modern gewesen
[Marcuse, 1964]: Der eindimensionale Mensch
[Marx, 1867]: Das Kapital
[McLuhan, 1964]: Understanding Media
[Miller, 2018]: Transforming the Future: Anticipation in the 21st Century
[Misselhorn, 2018]: Grundfragen der Maschinenethik
[Mitcham, 1994]: Thinking through Technology: The Path Between Engineering and Philosophy
[Nietzsche, 1882]: Die fröhliche Wissenschaft
[Platon, um 360 v. Chr.]: Timaios
[Plinius der Ältere, ca. 50]: Naturalis Historia, Buch 34
[Popkova, 2022]: Socio-economic Systems: Paradigms of the Future
[Poser, 2001]: Technikphilosophie – Zur Einführung
[Spinoza, 1677]: Die Ethik
[Steck-Winter, H., 2012]: Sichere Thermoprozessanlagen 2.0. gwi - gaswärme international, Vulkan Verlag, vol. 61, no. 05, 2012, pp. 74-80.
[Steck-Winter, H.; Unger, G., 2018]: Eine Statusbestimmung für die Thermoprozesstechnik auf dem Weg in die Fabrik der Zukunft. atp edition, DIV Deutscher Industrieverlag
[Steck-Winter, H.; Unger, G., 2024]: Vorausschauende Instandhaltung von Thermoprozessanlagen. Handbuch Härtereipraxis, Vulkan Verlag GmbH. Herausgeber: Olaf Irretier, Marco Jost. 4. Ausgabe 2024, Modernisierung und Instandhaltung, pp. 228-255
[Vitruvius, P., 1. Jhr. v.Chr.]: Über die Architektur, Buch 10
[Wiebe E., Trevor J. Pinch, J., 1987]: The Social Construction of Facts and Artifacts: Or How the Sociology of Science and the Sociology of Technology Might Benefit of Each Other. In: Wiebe E. Bijker, Thomas P. Hughes, Trevor J. Pinch (Hrsg.): The Social Construction of Technological Systems. New Directions in the Sociology and History of Technology. MIT Press, Cambridge MA u. a.

Abbildungen

- Abbildung 1: Im Artikel zitierte Philosophen (Bilder aus Wikipedia)
Abbildung 2: Experten diskutieren technikphilosophische Themen (Bild FREEPIK)
Abbildung 3: Visionen und Ethik (Bild Webseite KIT)
Abbildung 4: Kategorisierung technologischer Strömungen und Ihre Entwicklung
Abbildung 5: Kammerofenanlage mit CO2 neutraler Elektroheizung (Bild AICHELIN)
Abbildung 6 Roboter zum Fixturhärten von Automobilteilen (Bild AICHELIN)
Abbildung 7 NOXMAT-Rekuperator-Gasbrenner im Strahlrohr
Abbildung 8 NOXMAT- Elektroheizung (einbaukompatibel zum NOXMAT-Gasbrenner)
Abbildung 9: In den Fertigungsfluss integrierte Nitrieranlage (Bild AICHELIN)
Abbildung 10: Ampelchart für Condition Monitoring (Bild AICHELIN)

Autor

Dr. Hartmut Steck-Winter, MBA



Bis 2013 technischer Leiter bei AICHELIN Service GmbH,
jetzt im Ruhestand.

Tel.: 0176-9787 3726

steck-winter@gmx.de

www.steck-winter.de

Anhang 1: Philosophen mit Bezug zur Technikphilosophie

Vorsokratiker

Heraklit (ca. 520 – 460 v. Chr.), griechischer Philosoph: *Panta rhei*

Empedokles (495 – um 435 v.Chr.), griechischer Philosoph.

Demokrit (ca. 460 – 370 v. Chr.), griechischer Philosoph: Atomismus

Griechische Klassik

Platon (427 – 347 v. Chr.), griechischer Philosoph, Idealist: Ethik, Politik, Metaphysik, Erkenntnistheorie und Ästhetik

Aristoteles (384 – 322 v.Chr.), griechischer Philosoph:

Scholastik

Albertus Magnus (1200 – 1280)

Roger Bacon (1220 – 1292)

Barock

Francis Bacon (1561 – 1626)

René Descartes (1596 – 1650)

19. Jahrhundert

Ernst Kapp (1808 – 1896), deutscher Philosoph: Begründer der Technikphilosophie

Karl Marx (1818 – 1883)

Friedrich Nietzsche (1844 – 1900)

20. Jahrhundert

Karl Jaspers (1883 – 1969)

Martin Heidegger (1889 – 1976)

Norbert Wiener (1894 – 1964), US-amerikanischer Mathematiker und Philosoph

Günther Anders (1902 – 1992)

Hans Jonas (1903 – 1993)

Arnold Gehlen (1904 – 1976)

Herbert Marshall McLuhan (1911 – 1980)

Jacques Ellul (1912 – 1994)

Gegenwart

Don Ihde (1934 – 2024)

Hans Poser (1937 – 2022), deutscher Philosoph: Wissenschafts- und Technikphilosophie

Carl Mitcham (*1941), US-amerikanischer Hochschullehrer: Ethik, Technikphilosophie

Andrew Feenberg (*1943)

Bruno Latour (1947 – 2022)

Riel Miller (*1957)

Luciano Floridi (*1964), italienischer Philosoph: Informationsethik, KI

Cathrin Misselhorn (*1970)