

BENJAMIN STEININGER

KATALYSATOR

DIE MOBILMACHUNG DES MATERIELLEN

Seit den 1980er Jahren versöhnt ein verkehrstechnisches Wunderding das Unvereinbare, den Glauben an ungebremste Mobilität und das wachsende Bewusstsein ihrer schädlichen Folgen. Mit Platin oder Rhodium bedampfte Keramikkörper, so genannte Katalysatoren, sorgen im Abgastrakt von ottomotorbetriebenen Automobilen für die geregelte Nachverbrennung von schädlichen Stickoxiden, Kohlenmonoxiden und Resten von Kohlenwasserstoffen. In dieser Wortbedeutung war und ist der Katalysator in den Verkehrsdebatten der letzten Jahrzehnte präsent: als Filter, als technologisches Korrektiv für die negativen Folgen verkehrstechnischer Dynamik.

Tatsächlich ist die industrielle Dynamik des 20. Jahrhunderts selbst, nicht nur deren Korrektur, ohne das Prinzip des Katalysators nicht denkbar. Weitaus wichtiger als das Anwendungsgebiet als ökologisch korrekter Abgasreiniger ist die Bedeutung der Katalyse an der Basis eines technologischen Systems der Beschleunigung, an der Basis der chemischen Industrie.

EIN DROMOLOGISCHES PRINZIP

Katalysatoren sind selbst chemische Beschleuniger. In der Industrie-, aber auch in der Biochemie sind Katalysatoren ganz allgemein Stoffe, mit denen sich die Geschwindigkeit und die Richtung chemischer Reaktionen steuern lässt. Ohne dass diese Stoffe im Rahmen der von ihnen beeinflussten Reaktion aufgezehrt werden, und im Prinzip ohne zusätzlichen Energieaufwand, lassen sich chemi-

sche Verbindungen mit Katalysatoren rasch und effizient lösen und schließen. Es ist ein fast magisches Prinzip, das ab 1900 randständige Farbenfabriken in selbsttragende Pfeiler der modernen Ökonomie und Technowissenschaft umwandelt. Und die Bedeutung dieser durchgängig ebenso industriell wie natürlich konnotierten Technologie nimmt bis in die Gegenwart zu. Mittlerweile werden mehr als 85 Prozent aller chemisch-industriellen Produkte unseres Alltags mit Hilfe von Katalysatoren erzeugt. Gerade auch die Hoffnungen einer grünen Technologie hängen an diesen hocheffizienten chemischen Prozessen.¹

Historisch entsteht nichts weniger als der spezifische Materialbestand der Moderne, ein Großteil von dem, was stofflich das 20. vom 19. Jahrhundert scheidet, mit Hilfe dieser chemischen Beschleuniger. Alle erdenklichen Kunststoffe, Lösungsmittel und Pharmaka, aber insbesondere die Betriebsmittel der Mobilität. Kaum ein Transportvorgang in der globalisierten Gegenwart ist denkbar, der nicht auf irgendeine Weise von katalytischen Erzeugnissen abhängt. Kraftstoffe aller Art, Benzin, Diesel und Kerosin, aber auch Schmiermittel, ohne die keine Elektrolok und kein Solarmobil vom Fleck kommen, sind die Produkte eines seit den 1930er Jahren katalytisch fundierten Raffineriewesens. Und selbst Nahrungsmittel, die Treibstoffe also für Tier und Mensch, werden seit Beginn des 20. Jahrhunderts von einer mehr und mehr industrialisierten Landwirtschaft produziert, mit Hilfe von katalytisch erzeugtem Kunstdünger. Es sind Marksteine der Globalgeschichte, Erster und Zweiter Weltkrieg, die

selbst nicht ohne katalytische Produkte, ohne Kunstdünger und Munition, ohne Flugbenzin aus Hydrierwerken und katalytischen Raffinerien denkbar sind, die aber auch umgekehrt der chemischen Industrie entscheidende Impulse geliefert haben.

Dem dromologisch aufmerksamen Betrachter bietet das Prinzip der Katalyse Einblick in ein ganzes Universum aus technischen, wissenschaftlichen bis allgemeinhistorischen, aus mikrochemischen bis makrokulturellen Dynamiken. Die sichtbare Beschleunigung des Maschinen- und Motorenwesens, von Transport und Verkehr baut auf die Produkte eines industriellen Systems, das unsichtbar schon auf ein Prinzip der Beschleunigung gegründet ist, eben der Katalyse. Unterschiedliche Typen von Dynamik stecken sich hier aneinander an: Aus dem thermodynamischen Wissen des 19. Jahrhunderts erwächst ein verzeitlichter Katalysebegriff, aus diesem entsteht ein industrielles System fast planetarischer Beschleunigung. Nicht weniger als eine Welt geht ein in dieses chemische Konzept, und verändert geht eine ganze Welt daraus hervor.

Von besonderem dromologischen Interesse ist allein schon der Kernakt des katalytischen Geschehens. Denn was ist katalytische Beschleunigung eigentlich? Wie lässt sich der chemische Umsatz von Stoffen pro Zeiteinheit überhaupt schneller bewerkstelligen? Grundlegend ist dafür das Verständnis chemischer Geschwindigkeit überhaupt. Chemische Reaktionen sind auf der Mikroebene diskrete Vorgänge, sie setzen sich aus einzelnen Elementarakt zusammen. Diese Elementarakte laufen in unvorstellbar kurzen, kaum weiter veränderbaren Zeiträumen ab: mit einer absoluten Grenzgeschwindigkeit von ca. 10^{13} Sekunden. Ob eine Reaktion dann aber auf der beobachtbaren Makroebene schnell oder langsam abläuft, hängt daran, wie viele dieser unveränderlich kurzen Elementarakte in einem gegebenen Zeitraum tatsächlich stattfinden. Die Steigerung der Reaktionstemperatur liefert genau das: die Steigerung der molekularen Stoßrate, damit eine Häufung chemischer Elementarakte und damit die Steigerung der Geschwindigkeit einer Reaktion.

Einen Vorgang katalytisch zu beschleunigen bedeutet ebenfalls, die Häufigkeit von Elementarakt zu steigern. Nicht schnellere, aber zusätzliche Reaktionen sind es, die ein Katalysator in eine chemische Reaktion einschaltet,

um so ein träges Geschehen zu mobilisieren. Ähnlich, wie eine Umleitung an einem Stau vorbeiführt, eröffnet der Katalysator einen zusätzlichen Reaktionsweg. Am Katalysator selbst, etwa an festem Platin, bildet sich ein instabiles, chemisches Zwischenprodukt, welches kurz darauf mit dem zweiten Reaktionspartner so reagiert, dass der Katalysator wieder aus der Verbindung entlassen wird. Die neue Verbindung zwischen den Reaktionspartnern ist geknüpft, und scheinbar unverbraucht kann der Katalysator eine neue, flüchtige Zwischenverbindung eingehen. Ein weiterer katalytischer Zyklus beginnt. Dieses rasche „Repetierenkönnen“,² das zyklische Eingehen flüchtiger Zwischenverbindungen, eine Art chemisches Flimmern, bildet den Kern des katalytischen Prozedierens. Es ist ein geradezu logistischer Begriff der Beschleunigung, der hier vorliegt: ähnlich, wie durch das Einschalten zusätzlicher Transportkapazitäten eine Menge Güter schneller transportiert wird, obwohl alle Lastkraftwagen mit abgeregelten 80 km/h über die Autobahn fahren.

Erst die hochtechnologischen Experimentalsysteme der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts werden mit dem Datenmaterial aus Elektronenmikroskopen und Femtosekundenlasern die Vorgänge bis auf die atomare Ebene hinab beleuchten. Nicht an möglichst stabilen, sondern an möglichst labilen Verbindungen ist der Wissenschaft von der Katalyse schon um 1900 gelegen. Nur weil im Kern innerhalb von Bruchteilen von Sekunden ein wiederholtes, zyklisches Sich-Binden und Sich-Lösen stattfindet, wird linear die Reaktionsgeschwindigkeit heraufgesetzt. Zyklische und lineare Zeit fallen hier in eins. Einerseits ist die chemisch-katalytische Reaktion das Musterbeispiel eines gerichteten, nicht umkehrbaren Vorgangs im Sinne des Zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik. Im Kern besteht das Geschehen aber aus einem zyklischen, also gerade nicht einsinnigen, in gewissem Sinn wiederholbaren „partiellen Kreisprozess“.³ Die Zeitlichkeit des katalytischen Prozesses ist die Zeitlichkeit einer pulsierenden, schwingenden Vorwärtsbewegung.

Der Einbau einer derart bewegten, flirrenden Mikrollogik in die Makroproduktion kulturtechnisch zentraler Stoffe verändert den Faktor Material als solchen. Materie ist hier nichts vortechnisches, ungeformtes mehr, sondern Effekt und Träger von Beschleunigung. Insbesondere die Bedeutung der katalytischen Technik für das Kraftstoff-

wesen legt nahe, was auf dem Feld der Rohstoffe meist übersehen wird: Es sind gerade keine Rohstoffe, die als Kraftstoffe die Maschinerien des Transports antreiben. Es sind gerade keine Naturdinge, die chemische Energie an Motoren liefern. Es sind mit technischen Mitteln auf eben diese Motoren hin optimierte, technische Dinge, es sind Kunstprodukte, die die Energie des automobilen Zeitalters bereitstellen. Zwar ist es im Kern eine Naturkraft, geohistorisch akkumulierte Sonnenstrahlung, die Wagenräder, Schiffsschrauben und Strahldüsen vorwärtstreibt, zur Maschinennahrung wird diese fossile Naturkraft aber erst durch Verfahren der Veredelung dieser Energieträger. Was in Maschinen eingespeist wird, ist nicht nur passiv abgeschöpftes Produkt einer natürlichen „Bindung von Kraft an Stoff“.⁴ Es ist zunehmend auch das Ergebnis einer industriell-energetischen Investition in diese Stoffe. Tatsächlich sind es Vorgänge der katalytischen Umstellung von Molekülen, der Lösung, insbesondere aber auch der Synthese von Kohlenwasserstoffen, die das Motorenwesen tragen. Es sind damit nicht nur äußere Szenarien der Mobilität, mit denen wichtige Energieträger über den Globus verschoben werden, vielmehr ist schon ihre Produktion durch chemische Beschleuniger als Akt stofflicher Mobilmachung zu begreifen. Die „totale Mobilmachung“, die Ernst Jünger in der Kriegswirtschaft des Ersten Weltkriegs ausmacht,⁵ erfasst hier nicht nur die Industriebetriebe und ihre Organisation, sondern selbst die Materialien der Industrie. Bis tief hinein in die stoffliche Basis des 20. Jahrhundert lässt sich hier eine am dromologischen Prinzip ausgerichtete Verkehrswissenschaft betreiben, ebenso eine an physischen Instanzen des Regels und Schaltens interessierte Medienwissenschaft.

Kraftstoffe erscheinen am Leitfaden der Katalyse, am Leitfaden also ihrer industriellen Produzierbarkeit, als zusammengesetzte, komplexe Systeme von Stoffen. Längst nicht nur die bekannten Energieträger Kohle und Erdöl sind strategisch relevante Güter. Als eine Art Kraftstoffe höherer Ordnung erscheinen auch all die Stoffe, die das chemische Produktionssystem mittragen. Insbesondere gilt das für katalytische Stoffe, die an ganz entscheidender Stelle aktiv in den Produktionsprozess von chemischen Energieträgern eingreifen, „ohne selbst energetisch Arbeit zu leisten“.⁶ Gerade auf diese Stoffe höherer Ordnung fokussiert sich das wissenschaftlich-technische Interesse in

den Jahrzehnten zwischen 1890 und 1940. Und die Reihe lässt sich fortsetzen. Katalysatoren sind nämlich ihrerseits keineswegs homogene Gebilde. Ihr Funktionieren ist selbst oft von weiteren Stoffen abhängig: von „Aktivatoren“, ebenso wie von „Prohibitoren“. Fremdstoffe können die Leistung von Katalysatoren beflügeln, aber auch – mit einem aufschlussreichen quasiorganischen Fachbegriff – „vergiften“. Je nach technikhistorischem Fokus kommt in der Fluchtlinie der Katalyse eine ganze Kaskade an Kraftstoffen erster bis n-ter Ordnung in den Blick.

Im Folgenden werden einige Schlaglichter in diese katalytisch-strategische Landschaft hineingeworfen. Nach Bemerkungen zur frühen Wissens- und Industriegeschichte der Katalyse wird übergeblendet auf eine der historisch dichtesten Phasen katalytischer Technik. Um 1940, am Vorabend von Atombombe, Kybernetik und molekularer Genetik, ist die reale, aber auch die imaginäre Bedeutung der katalytischen Technologie auf einem Höhepunkt.⁷ In den Flugzeug- und Raketenkraftstoffen des Zweiten Weltkrieg wird ersichtlich, auf welcher komplexen Weise Maschinenkräfte mit den Mitteln der Katalyse zu steuern sind. Und noch der Schnitt- und Fluchtpunkt fossiler und nuklearer Energie, die Energieproduktion der Sonne selbst, wird um 1940 in gewissem Sinn katalytisch gedeutet. In einem Epilog wird dann der Transfer des chemischen Prinzips hinein in die Sphäre der Spekulation verfolgt. Ebenfalls um 1940 entsteht die Katalysephilosophie des BASF-Laborleiters Alwin Mittasch. Am Leitfaden des Katalysators unternimmt er den Versuch einer allgemeinen, Natur- wie Kulturphänomene umfassenden Steuerungslehre.

EIN WORT WIRD STOFF

Faktisch sind katalytische Phänomene fast so alt wie das Universum. Anorganische, besonders aber organische Prozesse, die Entstehung des Lebens selbst, alle Stoffwechsel-, Wachstums- und Vererbungsprozesse in Lebewesen werden von einer Unzahl von Biokatalysatoren getragen, von abertausenden von Enzymen, Hormonen und anderen Wirkstoffen, die katalytisch Geschwindigkeit und Richtung von hochspezifischen, gleichzeitigen Reaktionen in den Zellen steuern. Und auch technisch

werden katalytische Prozesse schon seit Urzeiten genutzt, mit mehr oder weniger Bewusstsein vom chemischen Geschehen. Ohne Ferment gärt kein Wein, Bier oder Sauer Teig. Schon in der biblischen Sprache ist das Ferment in seiner eigenartig ambivalenten Potenz präsent. Selbst Flammen brennen faktisch nicht ohne katalytisch aktive Spurenelemente. Als Begriff ist „Katalyse“ aber ein Produkt der neuzeitlichen Chemie. Was über Jahrtausende in Kulturtechniken der Gärung und Färberei Anwendung fand, was als *fermentatio* einer speziellen Lebenskraft zugeschrieben wurde, gerät am Beginn des 19. Jahrhunderts in den Fokus technisch messender Chemiker. Nicht reguläre chemische Verwandtschaft, nicht die um 1800 entdeckten, stöchiometrischen Reaktionsgesetze mit ihren kleinen ganzen Zahlen scheinen zu gelten, wenn der Goethe-Freund Johann Wolfgang Döbereiner mit einem Stück porösen Platins – übrigens ein herzogliches Geschenk aus Kolumbien bzw. dem Ural – ein Wasserstoff-Sauerstoff-Gemisch ein ums andere Mal entzündet, oder, wenn ganz analog, ein Ferment Reaktionen im Organismus einleitet. Unter dem gelehrten Kunstwort „Katalyse“ (griech. „Auflösung“, schon in der Vokabel gefasst als Sonderform der „Analyse“) fasst der schwedische Chemiker Jöns Jakob Berzelius in Jahr 1835 derart rätselhafte Reaktionen zusammen: chemische Wirkung durch bloße Gegenwart, durch „Contact“. Mit anorganischen Labormitteln scheint die Welt der organischen Prozesse greifbar, so die Hoffnung hinter der neu benannten „katalytischen Kraft.“ Tatsächlich gehen seit diesem Gründungsakt Naturforschung und technische Chemie bald ineinander über. Kaum weniger als ein neuer Typus des Technischen ist hier am Entstehen.

Zum industriestiftenden Faktor werden Katalysatoren Ende des 19. Jahrhunderts, als einer der Gründerväter der neuen Physiko-Chemie, der Leipziger Professor und Laborleiter Wilhelm Ostwald (1853–1932), die magische „Wirkung durch Gegenwart“ neu fasst. Vor dem Hintergrund einer thermodynamisch informierten Chemie wird der Katalysator zu einem messbaren Beschleuniger. Ein Katalysator ist nach Ostwalds klassischer Definition von 1894 ein Stoff, der die Geschwindigkeit einer Reaktion beeinflusst, ohne selbst im Produkt dieser Reaktion vorzukommen. Es ist eine explizit nicht mehr an statischen Stoffen, sondern an dynamischen Prozessen interessierte

Chemie, die hier die Basis legt für neue chemische, damit industrielle und in der weiteren Fluchtlinie historische Prozesse. Mit Ostwalds Arbeit am Begriff, mit der geballten Forschungsleistung seines Leipziger Katalyseinstituts rückt eine „vis occulta“, eine dunkle Kraft, von den Rändern der chemischen Wissenschaft in ihr Zentrum. Aus einem Spektakelphänomen wird das wichtigste technische Instrument der industriellen Chemie überhaupt. Reaktionen, die mitunter Jahre dauern würden, Lösungen und Synthesen, lassen sich jetzt auf wenige Augenblicke konzentrieren. Und – kaum weniger fabelhaft – die katalytische Beschleunigung von Prozessen verbraucht keine zusätzliche Energie. „Überlegt man, daß die Beschleunigung der Reaktionen durch katalytische Mittel ohne Aufwand an Energie, also in solchem Sinne *gratis* vor sich geht“, verkündet Wilhelm Ostwald in seinem berühmten Katalyse-Vortrag aus dem Jahr 1901, „und daß in aller Technik, also auch in der chemischen, Zeit Geld ist, so sehen Sie, daß die systematische Benutzung katalytischer Hilfsmittel die tiefgehendsten Umwandlungen erwarten läßt.“⁸ Und selbst diese hohen Erwartungen werden bald übertroffen. Nicht zuletzt wegen der gewaltigen industriellen Erfolge erhält Ostwald schon 1909 für seine Leistungen zur Katalyse den Nobelpreis für Chemie. Wie mit einer Zeitmaschine lässt sich jetzt in den chemischen Fabriken die Uhr vorandrehen. Mit katalytisch gesteigerten Produktionsraten beginnt eine neue Epoche in der Chemieindustrie. Nicht zuletzt hier wird aus der pessimistischen Energetik des Fin de Siècle das Tempo der Moderne.

Den ersten Schritt zur katalytischen Großindustrie bedeutet die Produktion von Schwefelsäure nach dem neuen „Contact-Verfahren“. In rauen Mengen steht jetzt einer der Schlüsselstoffe der Farbenindustrie bereit. Aufbauend auf diesen Erfahrungen gelingt bei der BASF aber schon vor dem Ersten Weltkrieg ein weiterer Durchbruch: die katalytische Hochdrucksynthese von Ammoniak und dessen Weiterverarbeitung zu Salpeter: die so genannte „Bindung des Luftstickstoffs“. Die katalytische Industrie hat damit zwei strategisch zentrale Felder erreicht: die Erzeugung von Munition und Düngemitteln; beide auf Basis von Nitraten. Als natürlicher Rohstoff stammen diese um 1900 vom anderen Ende des Planeten, aus der chilenischen Küstenwüste Atacama. In einer

der größten technowissenschaftlichen Kraftanstrengungen des frühen 20. Jahrhunderts gelingt es, Ammoniak im industriellen Maßstab aus Wasserstoff und Luftstickstoff zu synthetisieren, Chilesalpeter durch künstliche Nitrate aus Ludwigshafen etc. zu ersetzen. Mehrere zehntausend Katalysatorexperimente hat der Chefkatalytiker der BASF, Alwin Mittasch, in den Jahren 1909 bis 1912 durchgeführt, um die für eine Industrieproduktion zu teuren bzw. zu seltenen Katalysatormetalle Uran oder Osmium durch Mischkatalysatoren aus Eisen-Alkali-Tonerde zu ersetzen. Es sind Mehrstoffkatalysatoren, also mit Aktivatoren verstärktes Eisen, und damit Kraftstoffe zweiter bis dritter Ordnung, die den Ersten Weltkrieg nahrungsmittel- und munitionstechnisch möglich machen. Als im Sommer 1914 mit einem Schlag kein chinesisches Salpeter mehr deutsche Häfen erreicht, kann trotz grotesker Fehlplanungen und chemischer Unkenntnisse der deutschen Militärs eine Industrieproduktion für Salpeter aufgebaut werden. Der Weltkrieg – der ansonsten im Herbst 1914 für die Mittelmächte schon verloren gewesen wäre – kann stattfinden.

Für das Deutsche Reich geht der Krieg letztlich verloren, doch die katalytische Industrie gewinnt neue Territorien. Noch während des Ersten Weltkriegs wird im Süden der Zauberversstadt Merseburg die größte Chemiefabrik der Welt aus dem Boden gestampft, das Leuna-Werk mit seinen gigantischen Ammoniak-Anlagen. Und unter der Leitung von Alwin Mittasch entsteht in Oppau bei Ludwigshafen das Ammoniak-Laboratorium, bis 1945 das bedeutendste chemische Industrielabor Europas. Nach der Chemie der Nitrate werden bald auch Kohlenwasserstoffe zum Gegenstand der katalytischen Synthese. Die Basis der Hochdrucktechnologie bleibt gleich, es ändern sich die Rohstoffe und das Einsatzgebiet der Produkte. Und es ändert sich noch einmal die Rolle der Katalysatoren. Was aus der Chemie der Enzyme schon bekannt war, wird jetzt zum Wachstumsprinzip neuer Industriezweige: Katalysatoren ändern nicht nur die Geschwindigkeit, sondern oft auch die Richtung von chemischen Reaktionen. Auf derselben Materialbasis, etwa aus Kohlenoxyd und Wasserstoff, kann Benzin, Isobutylalkohol, Methanol und vieles mehr entstehen, je nachdem, welcher Katalysator eingesetzt wird. Katalyse wird zum chemischen Schaltelement, die Welt der Kohlenwasserstoffe wird zum Bau-

kosten der chemischen Ingenieure. Der erste große Erfolg ist Methanol, ein in der Welt der Lacke und Kunststoffe omnipräsentes Lösungsmittel, einer der Grundstoffe aber auch für Plexiglas und Hochleistungsmunition des nächsten Weltkriegs. Doch bald kommen auch aus Kohle synthetisierte Motorenkraftstoffe in den Blick der Produktstrategen. Horrende Entwicklungskosten scheinen gerechtfertigt, sagen doch Prognosen ein Ende der globalen Mineralölförderung für das Jahr 1940 voraus. Einer der wichtigsten Berater der IG Farben in Kraftstofffragen zu dieser Zeit: Wilhelm Ostwalds zweiter Sohn Walter (1886–1958). Der Kraftstoffchemiker ist zeitlebens eine der interessantesten Brückenfiguren zwischen Katalyse- und Automobilwesen, zwischen chemischer und mechanischer Verkehrswissenschaft. Noch heute ist er auf deutschen Straßen unbekanntermaßen gegenwärtig, durch sein in den 1920ern für den B.V.-Benzolverband erfundenes Superbenzin „ARAL“, zeitgenössisch eine Mischung aus Aromatischen und Aliphatischen Kohlenwasserstoffen. Und selbst unser „Drei-Wege-Kat“ lässt sich beiläufig auf eine Idee des Tüftlers zurückführen: Aus seiner Jugend- und Bastlerschrift „Autler-Chemie“ von 1910 stammt ein allererster Vorschlag zur katalytischen Nachverbrennung von Autoabgasen, Jahrzehnte vor einschlägigen Patentanmeldungen.

KATALYSATOREN UM 1940, KRAFTSTOFFE HÖHERER ORDNUNG

Wenn sich aus einzelnen Tropfen Rohöl ganze Erdzeitalter ausbuchstabieren lassen, so liegt im Hochleistungsbenzin der Luftwaffen des Zweiten Weltkriegs die Industriegeschichte eines halben Jahrhunderts vor. Alle bisherigen technologischen Entwicklungsstufen der Katalyse gehen in diese Motorenkraftstoffe ein. Molekulare, mit den Mitteln der Katalyse erzeugte Kraftspeicher markieren um 1940 das Maximum dessen, was an Energiebeträgen in die Schlacht geworfen werden kann. Und Motorenkraftstoffe sind integrale Bestandteile der wichtigsten Waffensysteme, in Heinz Guderians Panzerstrategie, wie schon in Giulio Douhets Luftkriegsdoktrin. Aus Kohle synthetisiertes Benzin trägt den Vormarsch der deutschen Luft- und Panzerverbände, aber auch aus den Treibstoffen der US Air Force sind kata-

lytische Verfahren zur Veredelung von Rohöl nicht mehr wegzudenken.

Es sind ganze Systeme aus Stoffen, die als energetische Grundlage für das militärische und damit weltpolitische Geschehen erkennbar werden. Der sichtbare Blitz- und Bewegungskrieg, die Zerstörung Europas hat eine Grundlage nicht zuletzt in den Dynamiken der katalytischen Chemie. Besonders die Umwandlung von Kohle in flüssige Motorenkraftstoffe und Schmiermittel ist eine Domäne hochspezifischer Mehrstoffkatalysatoren. Die Steuerung der Bindung von Wasserstoff an Kohlenstoff zur Erzeugung möglichst hochwertiger Kohlenwasserstoffketten operiert auf einem komplizierten Terrain. Der heterogene Rohstoff Kohle ist untrennbar mit Katalysatortoxinen, wie Schwefel, Arsen etc., durchsetzt. Gerade hier, in der Entwicklung hochspezifischer, „giftfester“ Mehrstoffkatalysatoren, im Management also von Kraftstoffen dritter Ordnung, liegt die strategische Kompetenz der IG-Farben- bzw. BASF-Chemiker seit der Jahrhundertwende. Und: diese Kompetenzen verbleiben nicht auf dem Gebiet der Kohlechemie. Über eine strategische Kooperation sind seit den 1920er Jahren die Entwicklungsabteilungen der deutschen IG Farben und der amerikanischen Standard Oil aneinander gekoppelt. Die Furcht also vor dem baldigen Ende des Erdöls und der Glaube an seine katalytische Ersetzung durch verflüssigte Kohle hat damit in Europa und den USA das moderne, von katalytischer Chemie durchdrungene Raffineriesystem geschaffen. In einer Art rückgekoppeltem Experimentalsystem sind um 1940 ganze Chemie- und Motorenwerke, „Prüfmotoren“ und „Eichbenzine“ miteinander verschaltet, um das Arsenal der neuen, allüberall katalytischen Produktionsverfahren – der Aromatisierung, Polymerisation, Fraktionierung, Synthese, des Crackens, der (De-)Hydrierung bestimmter Fraktionen dieser und jener Rohstoffe – optimal zu nutzen.

Zur Abstimmung der Treibstoffe auf die Motoren dienen aber nicht nur die Verfahren zur Erzeugung von Grundkraftstoffen. Steigern lässt sich die Oktanzahl, also der motorentechnische Wert, selbst minderwertiger Kraftstoffe durch Additive, durch so genannte „Antiklopfmittel“. Durch einen Akt „negativer Katalyse“ – so eine der zeitgenössischen Theorien für den Vorgang⁹ – lässt sich die Kraftstoffflamme im Motorraum kontrollie-

ren. Moleküle, die ansonsten chaotisch und ineffizient verbrennen, lassen sich chemisch gleichschalten. Das bekannteste Additiv zur Vermeidung von Fehlzündungen (= „Klopfen“) ist seit den 1920er Jahren Blei-Tetra-Äthyl (engl. TEL), das Blei im verbleiten Benzin.¹⁰ Besonders die deutsche Luftwaffe ist auf TEL als Kraftstoff höherer Ordnung angewiesen. Der Grund ist eine Versorgungslücke beim höchstwertigen Grundbenzin „Isooctan“ (= 100 Oktan-Standardkraftstoff). Was in amerikanischen Raffinerien aus Erdöl und mit IG-Farben-Know-how millionengalonenweise entsteht, ist zwar auch katalytisch aus Kohle produzierbar, aber nur über den mühsamen Umweg über Isobutylalkohol, und damit nicht in benötigter Menge.¹¹ Die für den Luftkampf erforderlichen Oktanzahlen lassen sich auf deutscher Seite also nur mit Blei-Tetra-Ethyl erreichen. Doch selbst diese, in der Logik höherer Kraftstoffe schon einigermaßen exponierten Additive sind in ihrer „kettenabbrechenden“ Wirkung wiederum von Additiven nochmals höherer Ordnung abhängig: von Halogenträgern, wie Trichloräthylen, Dibromäthylen, etc. Immer kleinere Einheiten von Stoffen werden zum strategischen Faktor für immer größere Auswirkungen, in der Industrie, wie in ihrer möglichen Zerschlagung. Wer den nach tausenden von Tonnen zählenden *output* der Hydrierwerke in Leuna, Pölnitz etc. effektiv hätte stoppen wollen, um damit den Krieg zu beenden, hätte auch an der sehr viel übersichtlicheren Produktion von 400 Monatstonnen Blei-Tetra-Ethyl, an zwei kleinen Produktionsstandorten in Gapel bzw. Frose ansetzen können, oder, noch effektiver, bei der einzigen Dibromäthylen-Fabrik in Tornesch bei Hamburg.

So strategisch bedeutsam die Kraftstoffe der Propellermaschinen am Beginn der 1940er Jahre auch sind, motorentechnisch ist das System bereits ausgereizt. Höhere Geschwindigkeiten werden schon jetzt mit Strahl- und Raketentriebwerken erzielt, mit den Triebwerkstypen also, die die Luft- und Raumfahrt der Nachkriegszeit dominieren werden. Statt der getakteten Verbrennung in Motorenkolben ist es hier ein einziger, kontinuierlicher Verbrennungsakt in der Strahldüse, der chemisch gespeicherte Energie in kinetische Energie übersetzt. Anstatt dem dieselartigen Kerosin oder dem als Motorenkraftstoff altbewährten Alkohol sind es zum Teil exotische Mixturen, die in den Walter-Triebwerken des ersten (Fast-)Überschall-

flugzeugs, der Messerschmitt Me 163, zum Einsatz kommen, und genau gleich in den Nebentriebwerken der Peenemünder Raketen. Doch auch hinter dieser technologischen Schwelle, jenseits der Welt der Kolbenmotoren, liegt noch katalytisches Land. Explizit, und sehr viel offensichtlicher als im Fall der Antiklopfmittel, sind in den Strahldüsen selbst Katalysatoren im Einsatz, um chemisch die Zündung einzuleiten und um die chemische Umsetzung der eigentlichen Treibstoffe – etwa Wasserstoffperoxyd, genannt „T-Stoff“, aber auch Methanol, genannt „M-Stoff“ – aufrechtzuerhalten. Hydrazinhydrat oder auch Kaliumpermanganat, genannt „Z-Stoff“, sind derart katalytische Substanzen im frühen Düsentriebwerks- und Raketenwesen. Unverbraucht sind sie als dunkle Spuren am Himmel zu sehen, wenn eine der fatalen Wunderwaffen – ihrerseits nicht mehr und nicht weniger als Katalysatoren für ganz andere Nachkriegsentwicklungen¹² – zu minutenkurzen Einsätzen aufgestiegen sind.

Das *mastermind* der medientheoretischen Analyse des NS-Raketenprojekts, Thomas Pynchon, hat in *Gravity's Rainbow* die energetisch-chemische Basis der Raketenaggregate kaum gestreift. Die vergleichsweise statische Strukturchemie des Kekulé'schen Benzolrings und der Phantasiestoff „Imipolox G“ war ihm wichtiger als die dynamisch katalysierte Welt der Kraftstoffe. Umgekehrt aber lässt sich aus *Gravity's Rainbow* durchaus ein Begriffspaar gewinnen, das die Leistung des katalytischen Prinzips in der Welt der Kraftstoffe auf den Punkt bringt.

Im Rahmen einer okkultistischen Séance lässt Thomas Pynchon den Geist des ermordeten Industrie- und Weltkrieg-1-Strategen Walther Rathenau auftreten. Nach dem eigentlichen Geheimnis der IG Farben gefragt, antwortet der Geist: „You must ask two questions. First, what is the real nature of synthesis? And then: what is the real nature of control?“¹³ Tatsächlich sind es „Synthese“ und „Kontrolle“, die mit katalytischen Mitteln auf dem Gebiet der Kraftstoffe möglich werden, der gezielte, präzise Einsatz molekular gespeicherter Kräfte. Im Motorraum, wenn mit Mehrstoffkatalysatoren synthetisierte, durch negativ-katalytische Antiklopfmittel kontrollierte Kraftstoffe Energie liefern, aber auch in der Strahldüse, wenn synthetisches Methanol von katalytischen Spurenelementen zersetzt wird, fallen beide Begriffe in eins.

AM SCHNITTPUNKT VON FOSSILEM UND NUKLEAREM ZEITALTER: DIE ENERGIE DER SONNE

Größentechnisch operiert die bis hierher geschilderte, katalytische Industrie auf der Ebene der Moleküle, es geht um das Umlagern fossil gespeicherter Energiebeträge. Mit der Nutzung atomar gebundener Kräfte verschieben sich die Maßstäbe. Die Kalküle des thermonuklearen Zeitalters gehorchen anderen Regeln, energietechnisch wie strategisch. Wissenschaftler und Militärs müssen angesichts der unfassbaren neuen Energien umdenken lernen. Bisherige Erfahrungen mit der Bindung und Entbindung molekular gespeicherter Kräfte sind im Zweifel nicht viel wert. „Wie viele thermonukleare Kriege haben Sie zuletzt geführt?“, pflegte Hermann Kahn, prominenter Stratege des Kalten Krieges, in den *Think Tanks* der RAND-Corporation zweifelnden US-Offizieren entgegenzuhalten. Fossile Energiespeicher insgesamt, und damit auch die katalytische Verfertigung von erdöl- oder kohlebasierten Kraftstoffen, rücken von ihrer Avantgardeposition ins Hauptfeld zurück. Ohne dass die Bedeutung des Prinzips in der Breite abnimmt, wird Katalyse, werden katalytisch erzeugte Kraftstoffe wieder ein Forschungsfeld unter vielen.

Ausgerechnet in der Denkfigur des Katalysators aber berühren sich um 1940 noch einmal das nukleare und das fossile Energieregime, dann nämlich, wenn die thermonukleare Grundlage des fossilen Zeitalters erforscht wird, die Energiegewinnung in der Sonne. Tatsächlich ist auch hier, in der atomtheoretisch informierten Sternenforschung um 1940, von Katalysatoren die Rede. Dass jenseits der molekular gedachten Chemie, und dann auch noch an derart zentraler Stelle aller planetarischen Energietechnik, das Prinzip der Katalyse eine Rolle spielen könnte, wird von der Kraftstoffchemie nicht ohne Staunen vermerkt.

„Die Sonne strahlt [...] in der Sekunde etwa 400 000 000 000 000 000 000 000 Kilowatt, also rund 5×10^{23} Pferdestärken aus, eine ungeheuerliche Energieabgabe, die irgendwie laufend gedeckt werden muß“, schreibt Walter Ostwald in dem von ihm selbst herausgegebenen Fachblatt *Kraftstoff*. „Die Beantwortung dieser bisher ungelösten Frage scheint nach Geheimrat Sommerfeld Hans Bethe (*Physical Review*, März 1939) dahin gelungen zu sein, daß der große Wasserstoffvorrat der Sonne sich allmählich zu

Helium verdichtet, wobei Kohlenstoff als Katalysator wirkt. Je 4 Wasserstoffkerne gehen dabei zu einem Heliumkern zusammen, – ein Vorgang, der als Kettenreaktion über Zwischenbauten führt, die mit Kohlenstoff und seinen Umwandlungsprodukten Stickstoff und Sauerstoff zu tun haben.“¹⁴ Unter dem Namen „Bethe-Weizsäcker-Zyklus“ ist diese nukleare Form der Katalyse seither in der Forschung etabliert. „Carbon and Nitrogen merely serve as a catalyst“, heißt es schon im ersten Absatz von Hans Bethes (1906–2005) grundlegender Schrift vom März 1939. Unabhängig voneinander hatten er und Carl Friedrich von Weizsäcker Ende der 1930er Jahre nukleare, quasikatalytisch angetriebene Reaktionszyklen in Sternen postuliert; zunächst in der Sonne, später sollte sich herausstellen, dass es eher noch massereichere Sterne sind, die nach diesem Prinzip Energie erzeugen. Bethe, zu Beginn der 1950er Jahre in Los Alamos einer der (unfreiwilligen) Väter der Wasserstoffbombe und insofern eine regelrechte Galionsfigur des thermonuklearen Zeitalters, hat für diese Theorie der solaren Energiegewinnung 1967 den Nobelpreis für Physik erhalten. Seinen ursprünglichen Aufsatz „Energy Production in Stars“, den Walter Ostwald in seinem „Kraftstoff“-Beitrag indirekt erwähnt, hatte der 1933 von der Universität Tübingen ausgeschlossene, seit 1935 in den USA tätige Sommerfeld-Schüler im Rahmen eines Preisausschreibens der New Yorker Akademie der Wissenschaften erstellt. Fünfhundert Dollar waren mit dem Gewinn verbunden, wovon die Hälfte für ein bitteres Transportgeschäft verwendet werden musste: für die Auslösung des Mobiliars seiner jüdischen Mutter aus Nazideutschland.

EPILOG: DER KATALYSATOR ALS TRANSPORTMITTEL IM DENKEN

Über Metaphern wird das Konkrete und Materielle, werden aktuelle wie längst vergangene Praktiken in die abstrakte Welt der Begriffe hineintransportiert. Nur wenige Metaphern zeigen die Spur des chemischen Wissens in der Sprache an. Eine dieser seltenen chemischen Metaphern ist der Katalysator, bis hinein in die Arbeiten der Metaphertheorie selbst. Als „katalysatorische Sphäre“, an deren unaufzehrbarem Bestand sich die Sprache immer wieder erneuert, hat Hans Blumenberg die Metapher

Ende der 1950er Jahre bezeichnet.¹⁵ Offenbar konnte nicht ausbleiben, dass eine materielle Dynamik, die im Anfang aus der Arbeit an einem Begriff, ja fast aus einem Zauberwort erwachsen war, die über ein halbes Jahrhundert die Grenzlinien des Technischen verschoben hat, so prominent in die Welt der Begriffe zurückschwingt.

Schon der Diskursgründer selbst, Wilhelm Ostwald, hat die katalytische Bildsprache gepflegt. Ein purer Gedanke, ein junger Forscher, und gern auch er selbst wurde dann als Katalysator gefasst. Eine regelrechte Philosophie des Katalytischen hat aber erst sein Schüler Alwin Mittasch entwickelt. Der Quereinsteiger, der sich bei Wilhelm Ostwald vom Volksschullehrer zum Katalyseexperten, dann zur rechten Hand Carl Boschs, dann zum Laborleiter und Vizedirektor eines Weltkonzerns hochgearbeitet hatte, wechselt am Ende seiner Laufbahn noch einmal die Register, ohne aber das Feld der Katalyse zu verlassen. Der Inhaber einiger Dutzend Patente wird zum Vielschreiber, der „Meister der Katalyse“ wird zum „Philosophen des Sauersteigs.“ Buch um Buch entsteht. Nach Arbeiten über die Rolle der Katalyse als epistemische Brücke zwischen Biologie und Chemie kommen um 1940 die großen Fragen in den Blick: „Determinismus und Katalyse“, „Nietzsche als Naturphilosoph“, „Entelechie“.¹⁶ Der Katalysator wird zur allgemeinen Denkfigur, zum Modell für unmaßstäbliches Schalten überhaupt, zum Modell für nicht weniger als den menschlichen Willen. Anorganisches und Organisches, die Welt der Natur wie der Kultur lässt sich zusammendenken, wenn man sie als Gewebe aus Kräften und Signalen, aus gespeicherten Energien und auslösenden Impulsen versteht, so die Vision des katalytisch angesteckten Chemikerphilosophen.

Klassische Philosophie- und Chemiegeschichte haben mit diesen protokybernetischen Schriften Alwin Mittaschs wenig anzufangen gewusst. Vermutlich sollten sie auch weniger als systematischer denn als symptomatischer Beitrag zur Deutung des 20. Jahrhunderts gelesen werden. Dann sind sie schon als pures Faktum spektakulär: Eine Schlüsselfigur der chemischen Industrie transformiert das Grundprinzip dieser Industrie selbst zum Mittel der Deutung einer durch diese Industrie materiell umgewälzten, „veränderten Welt“.¹⁷ So erscheint der katalytische Überschlag von der Sphäre der Natur hinein in die Sphäre der Geschichte gerade in seinem totalen An-

spruch plausibel. Denn tatsächlich: Menschen machen im 20. Jahrhundert faktisch nicht mit Menschenkräften Geschichte, sondern dann, wenn sie als Signalgeber für planetarische bis kosmische, als katalytische Auslöser für fossil bis nuklear gespeicherte Kräfte auftreten, ob als Panzertruppenführer oder Cabriofahrer. Daher ist es nur logisch, die historische Position des industrialisierten Menschen nicht (nur) an Menschen-, sondern (auch) an Industriebegriffen zu reflektieren. Der Effekt einer totalen Mobilmachung des Materiellen lässt sich ohnehin immer weniger einer menschlichen oder außermenschlichen, einer kulturellen oder natürlichen Sphäre zuordnen. Es ist durchgängig Kultur/Natur/Geschichte, die im Spektrum zwischen „Chilesalpeter“, Massenmotorisierung und *green technology* entsteht. Und das quasioorganische *tool* des Katalysators ist in dieser dynamisierten Geschichte einer der lebendigsten Mitspieler.

Anmerkungen

- 1 Vgl. DECHEMA (Hg.): *Katalyse. Eine Schlüsseltechnologie für nachhaltiges Wirtschaftswachstum*, Frankfurt/M. 2010.
- 2 Alwin Mittasch: „Über Begriff und Wesen der Katalyse“, in: Georg-Maria Schwab (Hg.): *Handbuch der Katalyse*, Erster Band: *Allgemeines und Gaskatalyse*, Wien 1941, S. 1–51, hier S. 19.
- 3 Georg Bredig, Fritz Haber: „Herrn F. Riedels Einwand gegen die Zwischenreaktionen“, in: *Zeitschrift für angewandte Chemie* (1903), Heft 24, S. 557–558, hier S. 557.
- 4 Walter Ostwald: „Bindung von Kraft an Stoff“, in: *Kraftstoff* 16 (1940), S. 38.
- 5 Ernst Jünger: „Die totale Mobilmachung“ in: ders.: *Krieg und Krieger*, Berlin 1930, S. 9–30.
- 6 Alwin Mittasch, in: Schwab, a.a.O., S. 30.
- 7 Dies gilt auch, selbst wenn wichtige Erkenntnisse auf dem Gebiet der engeren Katalysatorforschung erst sehr viel später erbracht werden.
- 8 Wilhelm Ostwald: „Über Katalyse“. Vortrag, gehalten 1901 in der Versammlung der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte zu Hamburg, in: ders.: *Abhandlungen und Vorträge allgemeinen Inhaltes (1887–1903)*. Leipzig 1904, S. 71–96, hier S. 96. Die Energie der Reaktion stammt aus den chemischen Rahmenbedingungen, aus der Lage des chemischen Gleichgewichts. Katalysatoren ändern nichts an der Lage des Gleichgewichts, wohl aber die Geschwindigkeit, mit der sich dieses Gleichgewicht einstellt.
- 9 Vgl. R. G. W. Norrish, E.J. Buckler: „Ignition Catalysis“, in: Schwab, a.a.O., S. 385–443, sowie: W. Jost, ebd., S. 444–480.
- 10 Erst in den 1980er Jahren wird TEL aus dem Verkehr gezogen werden, einerseits aus organischen Gesundheitsgründen, nicht weniger aber wegen der „Gift“-Wirkung der Bleirückstände auf den Platin-Abgaskatalysator.
- 11 Vgl. das Kapitel „Isooktan – ein deutsches Versäumnis“, in: Wolfgang Birkenfeld: *Der synthetische Treibstoff 1933–1945*, Göttingen, u.a.: 1964, S. 70–74.
- 12 Peter Berz: „Mach 1. Eine Mediengeschichte der Schallmauer im 20. Jahrhundert“ in: Peter Berz, Christoph Hoffmann: *Über Schall. Experiment und Medium in Ernst Machs und Peter Salchers Geschossphotographien*, Göttingen 2001, S. 381–451.
- 13 Thomas Pynchon: *Gravity's Rainbow*, New York 1973, S. 167.
- 14 Walter Ostwald: „Der Ursprung der Sonnenwärme“, in: *Kraftstoff*, 16, 1940, S. 274.
- 15 Hans Blumenberg: *Paradigmen zu einer Metaphorologie*, Frankfurt/M. 1998, S. 11.
- 16 Eine bis 1948 vollständige Bibliographie umfasst 99 Einträge, darunter ein Dutzend Monographien in: Alwin Mittasch: *Von der Chemie zur Philosophie*, Ulm 1948. Bis zu Mittaschs Tod im Jahr 1953 erschien noch einmal eine weitere Handvoll Bücher.
- 17 Edmund Schultz (Hg.): *Die veränderte Welt. Eine Bilderfibel unserer Zeit*. Mit einer Einleitung von Ernst Jünger, Breslau 1933.