

# Die moderne Welt kann ohne die folgenden vier Zutaten nicht existieren! Und alle vier erfordern fossile Treibstoffe!

geschrieben von Chris Frey | 16. Mai 2022

[Vaclav Smil](#)

Moderne Gesellschaften wären ohne die Massenproduktion vieler vom Menschen hergestellter Materialien unmöglich. Wir könnten eine Wohlstandszivilisation haben, die reichlich Nahrung, materiellen Komfort und Zugang zu guter Bildung und Gesundheitsfürsorge bietet, ohne dass es Mikrochips oder Personalcomputer gäbe: Bis in die 1970er Jahre hatten wir einen solchen, und bis in die 1990er Jahre gelang es uns, die Wirtschaft auszubauen, die erforderlichen Infrastrukturen zu errichten und die Welt mit Düsenflugzeugen zu verbinden, ohne dass es Smartphones und soziale Medien gab. Aber wir könnten unsere Lebensqualität nicht genießen ohne die Bereitstellung vieler Materialien, die für die unzähligen Erfindungen notwendig sind.

Vier Materialien stehen auf der Skala der Notwendigkeit ganz oben und bilden die vier Säulen der modernen Zivilisation: Zement, Stahl, Kunststoffe und Ammoniak werden in größeren Mengen benötigt als andere wichtige Rohstoffe. Die Welt produziert heute jährlich etwa 4,5 Milliarden Tonnen Zement, 1,8 Milliarden Tonnen Stahl, fast 400 Millionen Tonnen Kunststoffe und 180 Millionen Tonnen Ammoniak. Ammoniak steht jedoch an erster Stelle als unser wichtigster Stoff: Seine Synthese ist die Grundlage aller Stickstoffdünger, und ohne ihre Anwendung wäre es unmöglich, auf dem derzeitigen Niveau fast die Hälfte der heute fast 8 Milliarden Menschen zu ernähren.

Im bevölkerungsreichsten Land der Erde ist die Abhängigkeit sogar noch größer: Die Ernährung von drei von fünf Chinesen hängt von der Synthese dieser Verbindung ab. Diese Abhängigkeit rechtfertigt ohne weiteres, die Ammoniaksynthese als den bedeutendsten technischen Fortschritt der Geschichte zu bezeichnen: Andere Erfindungen sorgen für unseren Komfort, unsere Bequemlichkeit, unseren Wohlstand oder verlängern unser Leben – aber ohne die Ammoniaksynthese könnten wir das Überleben von Milliarden von Menschen, die heute leben und noch geboren werden, nicht sichern.

Kunststoffe sind eine große Gruppe synthetischer organischer Materialien, deren gemeinsame Eigenschaft darin besteht, dass sie in die gewünschte Form gebracht werden können – und sie sind jetzt überall zu finden. Während ich dies tippe, sind die Tasten meines Dell-Laptops und

die drahtlose Maus unter meiner rechten Handfläche aus Acrylnitril-Butadien-Styrol, ich sitze auf einem Drehstuhl, der mit einem Polyestergewebe gepolstert ist, und seine Nylonräder ruhen auf einer Teppichschutzmatte aus Polycarbonat, die einen Polyesterteppich bedeckt. Aber Kunststoffe sind heute im Gesundheitswesen im Allgemeinen und in Krankenhäusern im Besonderen unverzichtbar. Das Leben beginnt (auf Entbindungsstationen) und endet (auf Intensivstationen) inmitten von Kunststoffartikeln, die vor allem aus verschiedenen PVC-Arten hergestellt werden: flexible Schläuche (für die Ernährung von Patienten, die Sauerstoffzufuhr und die Blutdrucküberwachung), Katheter, Intravenenbehälter, Blutbeutel, sterile Verpackungen, Tabletts und Waschbecken, Bettpfannen und Bettgitter, Wärmedecken.

Die Stärke, Haltbarkeit und Vielseitigkeit von Stahl bestimmt das Aussehen der modernen Zivilisation und ermöglicht ihre grundlegendsten Funktionen. Es ist das am häufigsten verwendete Metall und bildet zahllose sichtbare und unsichtbare wichtige Bestandteile der modernen Zivilisation, von Wolkenkratzern bis zu Skalpellen. Darüber hinaus wurden fast alle anderen metallischen und nichtmetallischen Produkte, die wir verwenden, mit Werkzeugen und Maschinen aus Stahl gewonnen, verarbeitet, geformt, veredelt und vertrieben, und kein heutiges Massenverkehrsmittel könnte ohne Stahl funktionieren. Ein durchschnittliches Auto enthält etwa 900 Kilogramm Stahl, und bevor Covid-19 zuschlug, wurden weltweit fast 100 Millionen Fahrzeuge pro Jahr hergestellt.

Zement ist natürlich der Hauptbestandteil von Beton: Zusammen mit Sand, Kies und Wasser bildet er das am häufigsten eingesetzte Material. Moderne Städte bestehen aus Beton, ebenso wie Brücken, Tunnel, Straßen, Dämme, Landebahnen und Häfen. China produziert heute mehr als die Hälfte des weltweiten Zements und hat in den letzten Jahren in nur zwei Jahren so viel davon hergestellt wie die Vereinigten Staaten im gesamten 20. Jahrhundert. Eine weitere erstaunliche Statistik ist, dass die Welt heute in einem Jahr mehr Zement verbraucht als in der gesamten ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts.

Und diese vier in ihren Eigenschaften und Qualitäten so unterschiedlichen Stoffe haben drei gemeinsame Merkmale: Sie sind nicht ohne weiteres durch andere Stoffe ersetzbar (jedenfalls nicht in naher Zukunft oder in globalem Maßstab); wir werden in Zukunft sehr viel mehr von ihnen benötigen; und ihre massenhafte Herstellung hängt in hohem Maße von der Verbrennung fossiler Treibstoffe ab, was sie zu wichtigen Quellen von Treibhausgas-Emissionen macht. Organische Düngemittel können synthetisches Ammoniak nicht ersetzen: Ihr geringer Stickstoffgehalt und ihre weltweite Masse reichen nicht aus, selbst wenn alle Gülle und Ernterückstände recycelt würden. Kein anderes Material bietet solche Vorteile für viele leichte und dennoch dauerhafte Anwendungen wie Kunststoff. Kein anderes Metall ist so erschwinglich stark wie Stahl. Kein anderer Massenwerkstoff eignet sich so gut für den Bau stabiler Infrastrukturen wie Beton (oft mit Stahl verstärkt).

Was den künftigen Bedarf anbelangt, so könnten die Länder mit hohem Einkommen ihren Düngemiteleinsatz reduzieren (weniger Fleisch essen, weniger verschwenden), und China und Indien, die beiden Großverbraucher, könnten ebenfalls ihren übermäßigen Düngemiteleinsatz verringern, aber Afrika, der Kontinent mit dem schnellsten Bevölkerungswachstum, bleibt ohne Düngemittel, obwohl es bereits ein erheblicher Nahrungsmittelimporteur ist. Jegliche Hoffnung auf eine größere Selbstversorgung mit Nahrungsmitteln beruht auf dem verstärkten Einsatz von Stickstoff: Immerhin betrug der Ammoniakverbrauch des Kontinents in letzter Zeit weniger als ein Drittel des europäischen Durchschnitts. Mehr Kunststoffe werden für die zunehmende Verwendung in der Medizin (alternde Bevölkerung) und in der Infrastruktur (Rohre) sowie im Verkehrswesen (siehe das Innere von Flugzeugen und Hochgeschwindigkeitszügen) benötigt. Wie bei Ammoniak muss auch der Stahlverbrauch in allen Ländern mit niedrigem Einkommen und unterentwickelter Infrastruktur und Verkehrsanbindung steigen. Und es wird viel mehr Zement benötigt, um Beton herzustellen: in wohlhabenden Ländern, um verfallende Infrastrukturen zu reparieren (in den USA erhalten alle Sektoren, in denen Beton dominiert, einschließlich Staudämme, Straßen und Luftfahrt, eine D-Note in landesweiten Ingenieurbewertungen), in einkommensschwachen Ländern, um Städte, Kanalisation und Verkehr auszubauen.

Darüber hinaus wird der sich vollziehende Übergang zu erneuerbaren Energien riesige Mengen an Stahl, Beton und Kunststoffen erfordern. Kein Bauwerk ist ein offensichtlicheres Symbol für „grüne“ Stromerzeugung als große Windturbinen – aber ihre Fundamente bestehen aus Stahlbeton, ihre Türme, Gondeln und Rotoren aus Stahl, ihre massiven Flügel aus energieintensiven – und schwer zu recycelnden – Kunststoffen, und alle diese riesigen Teile müssen mit überdimensionalen Lastwagen (oder Schiffen) zu den Aufstellungsorten gebracht und von großen Stahlkränen aufgestellt werden, und die Getriebe der Turbinen müssen wiederholt mit Öl geschmiert werden. Diese Turbinen würden nur dann wirklich grünen Strom erzeugen, wenn all diese Materialien ohne fossile Treibstoffe hergestellt würden.

Fossile Treibstoffe sind für die Herstellung all dieser Stoffe nach wie vor unverzichtbar.

Bei der Ammoniaksynthese wird Erdgas sowohl als Wasserstoffquelle als auch als Energiequelle für die hohen Temperaturen und den Druck verwendet. Etwa 85 % aller Kunststoffe basieren auf einfachen Molekülen, die aus Erdgas und Erdöl gewonnen werden, und auch Kohlenwasserstoffe liefern Energie für die Synthesen. Die Herstellung von Primärstahl beginnt mit der Verhüttung von Eisenerz im Hochofen in Gegenwart von Koks aus Kohle und unter Zugabe von Erdgas, und das dabei entstehende Gusseisen wird in großen Sauerstofföfen zu Stahl verarbeitet. Zement wird durch Erhitzen von gemahlenem Kalkstein, Ton und Schiefer in großen Öfen, langen, geneigten Metallzylindern, hergestellt, die mit fossilen Treibstoffen minderer Qualität wie Kohlenstaub, Petrolkoks und schwerem

Heizöl beheizt werden.

Die globale Produktion dieser vier unverzichtbaren Materialien beansprucht etwa 17 Prozent der jährlichen Gesamtenergieversorgung der Welt und verursacht etwa 25 Prozent aller CO<sub>2</sub>-Emissionen, die bei der Verbrennung fossiler Treibstoffe entstehen. Das Ausmaß dieser Abhängigkeit und ihr Umfang machen die Dekarbonisierung der vier materiellen Säulen der modernen Zivilisation zu einer ungewöhnlichen Herausforderung: Fossile Treibstoffe bei ihrer Herstellung zu ersetzen, wird weitaus schwieriger und kostspieliger sein als die Erzeugung von mehr Strom aus erneuerbaren Energien (hauptsächlich Wind und Sonne). Letztendlich werden neue Verfahren den Platz einnehmen – aber derzeit gibt es keine Alternativen, die sofort eingesetzt werden könnten, um große Teile der bestehenden globalen Kapazitäten zu ersetzen: ihre Entwicklung wird Zeit brauchen.

Sowohl die Ammoniaksynthese als auch die Stahlverhüttung könnten auf Wasserstoff statt auf Erdgas und Koks basieren. Wir wissen, wie das geht, aber es wird noch einige Zeit dauern, bis wir Hunderte von Millionen Tonnen grünen Wasserstoffs aus der Elektrolyse von Wasser mit Hilfe von Wind- oder Solarstrom herstellen können (heute wird praktisch der gesamte Wasserstoff aus Erdgas und Kohle gewonnen). Die beste Prognose besagt, dass grüner Wasserstoff bis 2030 2% des Weltenergieverbrauchs decken würde, was weit unter den Hunderten von Millionen Tonnen liegt, die für die Dekarbonisierung der Ammoniak- und Stahlproduktion benötigt werden. Im Gegensatz dazu kann die Dekarbonisierung der Zementproduktion nur so weit gehen, dass Abfallstoffe und Biomasse verwendet werden, und es müssen neue Verfahren entwickelt und kommerzialisiert werden, um Zement CO<sub>2</sub>-frei zu machen. Ebenso gibt es keinen einfachen Weg zur Dekarbonisierung der Kunststoffproduktion, und die Maßnahmen werden von pflanzlichen Rohstoffen über mehr Recycling bis hin zur Substitution durch andere Materialien reichen.

Und jenseits dieser vier stofflichen Säulen entstehen neue, sehr energieintensive stoffliche Abhängigkeiten, deren bestes Beispiel Elektroautos sind. Eine typische Lithium-Autobatterie mit einem Gewicht von etwa 450 Kilogramm enthält etwa 11 Kilogramm Lithium, fast 14 Kilogramm Kobalt, 27 Kilogramm Nickel, mehr als 40 Kilogramm Kupfer und 50 Kilogramm Graphit – sowie etwa 181 Kilogramm Stahl, Aluminium und Kunststoffe. Die Bereitstellung dieser Materialien für ein einziges Fahrzeug erfordert die Verarbeitung von etwa 40 Tonnen Erzen, und angesichts der geringen Konzentration vieler Elemente in ihren Erzen müssen etwa 225 Tonnen Rohstoffe gewonnen und verarbeitet werden. Und eine aggressive Elektrifizierung des Straßenverkehrs würde bald eine Vervielfachung dieses Bedarfs um mehrere zehn Millionen Einheiten pro Jahr erfordern!

Moderne Volkswirtschaften werden immer von massiven Materialströmen abhängig sein, sei es von ammoniakbasierten Düngemitteln zur Ernährung

der immer noch wachsenden Weltbevölkerung, von Kunststoffen, Stahl und Zement, die für neue Werkzeuge, Maschinen, Strukturen und Infrastrukturen benötigt werden, oder von neuen Materialien, die zur Herstellung von Solarzellen, Windturbinen, Elektroautos und Akkus benötigt werden. Und solange nicht alle Energien, die zur Gewinnung und Verarbeitung dieser Materialien verwendet werden, aus erneuerbaren Quellen stammen, wird die moderne Zivilisation grundlegend von den fossilen Treibstoffen abhängig bleiben, die für die Produktion dieser unverzichtbaren Materialien verwendet werden. Keine künstliche Intelligenz, keine Apps, keine Behauptungen über eine kommende „Dematerialisierung“ werden daran etwas ändern.

*Adapted from [HOW THE WORLD REALLY WORKS](#) by Vaclav Smil, published by Viking, an imprint of Penguin Publishing Group, a division of Penguin Random House, LLC. Copyright © 2022 by Vaclav Smil.*

*Smil is Distinguished Professor Emeritus at the University of Manitoba. He is the author of over forty books on topics including energy, environmental and population change, food production and nutrition, technical innovation, risk assessment, and public policy. His new book is [How the World Really Works](#)*

Link: <https://time.com/6175734/reliance-on-fossil-fuels/>

Übersetzt von [Christian Freuer](#) für das EIKE