

IM TEUFELSKREIS: WIE KÜHLUNG DAS KLIMA ANHEIZT

EIN BERICHT VON WERNER KIEFER

IMMER MEHR MENSCHEN MÜSSEN SICH VOR HITZE SCHÜTZEN. DOCH DER EINSATZ VON KLIMAANLAGEN TRÄGT ZUR ERDERWÄRMUNG BEI. WIE KOMMEN WIR RAUS DEM DILEMMA?

Bereits heute lebt ein zunehmender Teil der Menschheit in feuchtheißen Regionen, in denen das Wetter lebensgefährlich schwül werden kann. Laut einer neueren Studie der Pennsylvania State University geraten selbst junge, fitte Menschen in extremem Feuchtklima schon ab einer sogenannten Kühlgrenztemperatur von rund 31 Grad Celsius an ihre Belastungsgrenze. Ab dieser Schwelle versagt der körpereigene Kühlmechanismus komplett – denn sobald die Luft bereits maximal mit Feuchtigkeit gesättigt ist, verdunstet der Schweiß nicht mehr auf der Haut.

Abhilfe durch Kühlung ist in solchen Regionen lebensnotwendig; gleichzeitig wachsen die Städte dort im Rekordtempo. Dass Metropolen wie Singapur, Bangkok oder São Paulo überhaupt in ihrer heutigen Form existieren und expandieren können, verdanken sie einer oft übersehenen Schlüsseltechnik: der Klimaanlage. Durch sie werden moderne Glasbauten und Innenräume unter extremen Bedingungen erst dauerhaft nutzbar – um den Preis eines gigantischen Energieeinsatzes. Weltweit laufen derzeit etwa 2,4 Milliarden Klimaanlagen. Sie verschlingen dabei rund 2.000 Terawattstunden Strom pro Jahr – das entspricht der Hälfte des gesamten Stromverbrauchs der USA. Und bis zum Jahr 2050 könnte sich der Bestand laut Internationaler Energieagentur (IEA) auf schätzungsweise 5,6 Milliarden Geräte mehr als verdoppeln.

Klimaanlagen sind zugleich Anpassungstechnologie und Emissionstreiber: Sie schützen vor Hitze, doch durch den Betrieb mit fossilem Strom sowie durch leckende oder falsch entsorgte klimaschädliche Kühlmittel verstärken sie fatalerweise genau jene Erwärmung, die ihren Einsatz immer notwendiger macht. Wie eine Analyse im Fachjournal «Joule» von 2022 belegt, ist die künstliche Kühlung für knapp vier Prozent der globalen Treibhausgasemissionen verantwortlich. Ihre ambivalente Doppelwirkung macht Kühlung zu einer Schlüsselfrage der Klimapolitik, denn wer Zugang zu ihr hat, kann sich vor Hitze schützen. Doch je mehr wir kühlen, desto mehr heizen wir den Planeten zusätzlich auf.

Schutz durch Bauweise und Gepflogenheiten

Schon immer wussten die Menschen, sich vor Hitze zu schützen – vor allem über die Bauweise ihrer Häuser und Städte. Dicke Wände, kleine Fenster, schattige Innenhöfe und enge Gassen hielten die Sonne fern. Man nutzte natürliche Luftströme, ausgeklügelte Windtürme und gut platzierte Wasserflächen zur Kühlung und passte den Alltag an: Frühe oder späte Arbeitszeiten sowie leichte, luftige Stoffe, Vorhänge und Jalousien halfen, die Hitze auszuhalten. Bis ins frühe 20. Jahrhundert hinein war Kühlung eng an Klima und Architektur gebunden – eine Frage des Ortes, der Zeit und der Gewohnheit, nicht der Technologie.

Doch während der Industrialisierung veränderte sich der Bedarf und die Nachfrage nach Kühlung grundlegend. Mit den Maschinen und Fabriken entstand auch die Vorstellung einer kontrollierten Innenwelt, die sich vom Außenklima abkoppeln lässt. Kühlung wurde mit der Erfindung der Klimaanlage 1902 erstmals technisch gezielt, zuverlässig und steuerbar möglich – allerdings war sie eher ein Zufallsprodukt: Der junge New Yorker Ingenieur Willis Carrier hatte weder vor, den Menschen Abkühlung zu verschaffen, noch den Sommer aus den Räumen zu verbannen. Er sollte die Luftfeuchtigkeit in einer großen Druckerei in Brooklyn bändigen, um zu verhindern, dass sich die Seiten der gedruckten Magazine wellen und die Farbe verläuft.

Vom Nebeneffekt zur Schlüsseltechnologie

Carrier tüftelte deshalb an einem System, das die Luft entfeuchtete: Er leitete sie über kalte Rohre, an deren Oberfläche die Feuchtigkeit kondensierte. Dass dies zu einer spürbaren Abkühlung führte, war ein ungeplanter Nebeneffekt. Aus Carriers «Apparat zur Behandlung von Luft» entstand so das Grundprinzip der modernen Klimaanlage: Der Raumluft wird Wärme entzogen; sie wird entfeuchtet und die Abwärme nach außen abgeführt.

In den Folgejahren erkannte Carrier, welche Bedeutung sein Zufallsfund hatte. 1915 gründete er gemeinsam mit sechs weiteren Ingenieuren die «Carrier Corporation», die sich aus einer kleinen Spezialwerkstatt für Industriekühlung zu einem globalen Branchenführer entwickelte. Die neue Klimatisierungstechnik verbreitete sich zuerst im legendär sommerschwülen New York und eroberte bald darauf den Süden der USA – von Los Angeles bis Miami.

**»DAS WACHSTUM DER BEVÖLKERUNG FLORIDAS WÄRE OHNE KLIMATISIERUNG
UNDENKBAR GEWESEN.«**

PROF. GARY MORMINO, HISTORIKER AN DER UNIVERSITY OF SOUTH FLORIDA IN EINEM
INTERVIEW 2010

Heute zählt die «Carrier Global Corporation» zu den weltweit führenden Anbietern von Klima- und Kältetechnik. Aus einer spezialisierten Industrielösung wurde ein seriell gefertigtes Massenprodukt, das Tausende von Räumen kühlte – erst in Fabriken, dann in Kinos, Kaufhäusern, Büros und schließlich auch in Wohnungen. So entstand aus einem Apparat, der ursprünglich dazu gedacht war, Papier trocken zu halten, eine der wichtigsten Komfort- und Stadtbautechniken der Moderne.

Zwei Drittel aller Klimaanlage weltweit laufen in drei Ländern: China führt die globale Statistik mit 569 Millionen installierten Geräten an, gefolgt von den USA mit 374 und Japan mit 148 Millionen. Gleichzeitig decken diese Wirtschaftsmächte ihren Strombedarf derzeit nur zu 23 bis 34 Prozent aus Erneuerbaren Energien. Wenn in heißen Sommermonaten Millionen von Kälteaggregaten gleichzeitig anspringen, müssen im Hintergrund reihenweise Kohle- und Gaskraftwerke hochgefahren werden, um die Stabilität der Netze zu sichern und einen Blackout zu verhindern.

Weltweit steigt der Bedarf

Auch in Indien, weiten Teilen Südasiens, den Golfstaaten und Lateinamerika, wo der Bestand an Klimaanlage ebenfalls stark zunimmt, werden die Stromnetze überwiegend aus fossilen Energiequellen gespeist, während der Beitrag von Solar, Wind und anderen Erneuerbaren trotz des starken Ausbaus erst langsam ansteigt. Klimaanlage wirken in diesen Regionen damit faktisch als großer zusätzlicher Verbraucher fossiler Energie – und der Strombedarf wächst mit jeder neuen Anlage weiter.

**»BEI DEM DER VERSUCH, UNS GEGEN EXTREME HITZE ZU SCHÜTZEN, LAUFEN WIR
GEFAHR, DIE ERDERWÄRMUNG ZU VERSCHLIMMERN.«**

PROF. YULI SHAN, KLIMAÖKONOM AN DER UNIVERSITY OF BIRMINGHAM

Wie drastisch sich dieser rasante Zuwachs auf das Erdklima auswirkt, hat ein internationales Forschungsteam um die Klimaökonomin Yuli Shan von der University of Birmingham und Hongzhi Zhang vom Beijing Institute of Technology berechnet. Für ihre im Februar 2026 in der Fachzeitschrift «Nature» veröffentlichte Studie «Rising Air-Conditioning Use Intensifies Global Warming» verknüpften sie modernste Klimamodelle mit einer tiefgehenden Analyse globaler Ungleichheit. Sie verbanden Klimawissenschaft, Energiemodellierung und Kaufkraftprognosen, um verschiedene Zukunftsszenarien des Weltklimarats zu simulieren – von einer schnellen, nachhaltigen Energiewende über eine mittlere Entwicklung bis hin zu einem fossilen «Weiter-so».

Ähnlich wie die IEA prognostiziert die Untersuchung für das Jahr 2050 einen weltweiten Bestand von rund 5,5 Milliarden Klimaanlage. Nach den Berechnungen des Teams könnte der globale Strombedarf für Raumkühlung in einem mittleren Zukunftsszenario die Marke von etwa 4.500 Terawattstunden erreichen – in emissionsstarken Szenarien deutlich mehr. Im schlimmsten Fall würden die jährlichen Emissionen aus der Klimaanlageennutzung auf astronomische 8,5 Gigatonnen CO₂-Äquivalente in die Höhe schnellen. Das entspräche dem 1,5-Fachen der gesamten Treibhausgasemissionen der USA im Jahr 2024.

Demnach wird allein der Betrieb von Klimaanlage die Erdatmosphäre bis zur Jahrhundertmitte um zusätzliche 0,03 bis 0,07 Grad Celsius erwärmen – je nachdem, welchen Klimapfad die Menschheit einschlägt. Um die Dimension dieses Effekts greifbar zu machen, lieferten die Forschenden einen ebenso anschaulichen wie alarmierenden Vergleich: Diese zusätzliche Erwärmung entspricht der Klimawirkung von 74 bis 183 Milliarden Flügen eines Linienjets über den Atlantik und zurück.

Treibhausgas aus Kältemitteln

Für die Berechnung der Klimabilanz berücksichtigten die Forschenden jedoch nicht nur den Stromverbrauch und die damit verbundenen Emissionen der Kraftwerke. Eine ebenso entscheidende Rolle spielen die Chemikalien im Inneren der Geräte: die Kältemittel. Diese Stoffe zirkulieren normalerweise in einem geschlossenen Kreislauf, um die Raumwärme nach draußen zu transportieren. Das Problem beginnt, wenn die Anlagen undicht werden, bei der Wartung Fehler passieren oder Altgeräte am Ende ihrer Lebensdauer illegal und unsachgemäß entsorgt werden. Gelangen die Gase in die Atmosphäre, entfalten sie eine verheerende Klimawirkung.

Früher setzten Hersteller vor allem auf Fluorchlorkohlenwasserstoffe, kurz FCKW. Als in den 1980er-Jahren jedoch nachgewiesen wurde, dass diese Stoffe die Ozonschicht zerstören, reagierte die Weltgemeinschaft: Auf Basis des Montreal-Protokolls – dem 1987 beschlossenen, völkerrechtlich verbindlichen Umweltvertrag zum Schutz der stratosphärischen Ozonschicht – wurden FCKW schrittweise weltweit verboten. Als Ersatz folgten zunächst teilhalogenierte (H-FCKW) und schließlich chlorfreie, teilfluorierte Kohlenwasserstoffe, bekannt als HFKW. Diese Kältemittel greifen zwar nicht mehr die Ozonschicht an, haben aber ein extrem hohes Treibhauspotenzial, das die Wirkung von CO₂ je nach eingesetztem Gas um das Zwei- bis Fünftausendfache übersteigt.

Politische Gegenmaßnahmen

Als Reaktion auf diese Gefahr wurde das Montreal-Protokoll 2016 in Ruandas Hauptstadt Kigali um ein völkerrechtlich bindendes Abkommen ergänzt. Dieses sieht vor, den weltweiten Einsatz von HFKW schrittweise zu reduzieren. Die EU geht mit ihrer 2024 novellierten «F-Gas-Verordnung» noch einen Schritt weiter: Sie verknappt die verfügbaren Mengen fluorierter Kältemittel, verschärft die Vorgaben für neue Anlagen und verbannt besonders klimaschädliche Geräte aus dem Handel.

»DIE WELT MUSS SCHNELL AUF SAUBERERE, EFFIZIENTERE KÜHLTECHNOLOGIEN UMSTEIGEN.«

PROF. YULI SHAN, KLIMAÖKONOM AN DER UNIVERSITY OF BIRMINGHAM

Doch während Europa als regulatorischer Vorreiter agiert, spielt es als Absatzmarkt für Klimaanlage eine eher untergeordnete Rolle. Der eigentliche Boom findet in den Tropen und Subtropen statt. Allein der asiatisch-pazifische Raum macht mittlerweile über 55 Prozent des gesamten globalen Klimaanlage-Marktes aus – und auch die wichtigsten Hersteller neben den traditionellen US-amerikanischen sitzen in China, Japan und Südkorea. Die Autor:innen der «Nature»-Studie gehen davon aus, dass der Stromsektor weltweit zwar schrittweise dekarbonisiert, der Wechsel bei den Kältemitteln aber deutlich länger dauern wird. Selbst im klimafreundlichsten Szenario kommen umweltschonendere Alternativen mit niedrigerem Treibhauspotenzial bis 2050 nur auf rund ein Viertel der eingesetzten Kältemittel. Damit bleiben die chemischen Gase im Inneren der Geräte auf Jahrzehnte hinaus ein zentraler Treiber des Klimawandels.

Ungleichheit beim Zugang

Ein weiterer gewichtiger Faktor ist das Wachstum selbst: Global wird der Bestand an Klimaanlage bis 2050 nicht nur deshalb massiv zulegen, weil die Temperaturen steigen, sondern regional auch das Einkommen, die Urbanisierung und die Kaufkraft. Gerade in heißen und schnell wachsenden Ballungszentren werden Klimaanlage damit vom Komfortmerkmal zur Alltagsnotwendigkeit.

Das Forschungsteam weist auf ein grundlegendes Entwicklungsdilemma hin: Ein geringes Einkommen begrenzt den Zugang zu Kühlung, doch mehr Gerechtigkeit bei der Versorgung würde die Emissionen weiter steigen lassen. «Wenn alle Regionen mit niedrigem Einkommen denselben Zugang zu Klimaanlage erhielten wie wohlhabende, würden die globalen Emissionen dramatisch ansteigen», wird Hongzhi Zhang in einer Pressemitteilung der University of Birmingham zitiert. Laut Studie könnte das selbst im klimafreundlichsten Szenario bis 2050 zu einer zusätzlichen Erwärmung von bis zu 0,05 Grad Celsius führen. Die Klimawirkung von 0,05 Grad entspricht den Gesamtemissionen eines Jahrhunderts globaler Schifffahrt.

Wer Zugang zu Kälte hat, kann sich zwar vor Hitze schützen, doch die Studie stellt unmissverständlich klar: Je mehr wir kühlen, desto stärker wird die Kühlung selbst zum Klimafaktor. In manchen Regionen machen Klimaanlage an sehr heißen Tagen bereits heute über die Hälfte der Spitzenlast im Stromsystem aus. Gleichzeitig zeigen die Forschenden deutliche Versorgungslücken: In vielen extrem heißen ärmeren Regionen ist der Kühlbedarf riesig und der Wunsch, ihn zu stillen, längst keine Frage von Komfort mehr, sondern eine der Gerechtigkeit.

Ein Testfall für unsere Anpassungsfähigkeit

Technische Kühlung ist aus unserer Lebenswelt nicht mehr wegzudenken. Was einst zufällig entdeckt wurde, ist heute ein weltweit verfügbares Massenprodukt und ein Testfall dafür, ob wir uns an steigende Temperaturen anpassen können, ohne das Klima dabei massiv zu belasten. Die Forderung der Studienautor:innen ist eindeutig: Nötig sei eine echte «low-carbon cooling transition» – eine Wende hin zu einer kohlenstoffarmen Kühlung durch systemische Veränderung, getrieben von zügig dekarbonisierten Stromnetzen, effizienteren Geräten, klimafreundlichen Kältemitteln und der Förderung weiterer Anpassungsmaßnahmen wie bessere Isolierung, natürliche Beschattung und grüne Stadtplanung.

Zugleich müsse sich das Nutzungsverhalten ändern: Klimaanlage sparsamer einsetzen, die Temperatur etwas höher einstellen und unnötige Kühlung vermeiden. Die eigentliche Aufgabe bestehe darin, auf eine bezahlbare, gerechte und klimaverträgliche Kühlung zu setzen – und eben nicht unreflektiert auf immer mehr Kälte.

Der Umwelt zuliebe wurde auf die Wiedergabe von Fotos in der Druckversion verzichtet. Nachdruck, Aufnahme in Online-Dienste sowie die Vervielfältigung auf Datenträgern nur nach Genehmigung des Herausgebers.