

# **BEOBACHTUNGEN ZUR ZEIT**

No 23

## **Das Gemeinsame Haus der Menschheit**

von Hans Joachim Schellnhuber

## 1. LAUDATO SI'

Im Frühsommer 2015 wurde ich mit einer Aufgabe betraut, die für einen Naturwissenschaftler ebenso ungewöhnlich wie ehrenvoll war: Ich sollte nämlich in Rom die „grüne Enzyklika“ von Papst Franziskus der Weltöffentlichkeit vorstellen – gemeinsam mit zwei hohen Würdenträgern der katholischen (Kardinal Peter Turkson) bzw. der griechisch-orthodoxen Kirche (Metropolit Ioannis Zizioulas).

Bevor ich erkläre, wie das Ganze geschah, bedarf es zunächst einer Würdigung dieses Rundschreibens an die katholische Glaubensgemeinschaft, welches den Kurztitel *Laudato si'* trägt. Damit erinnert es an den berühmten Sonnengesang des Franziskus von Assisi, der gleichermaßen die Liebe zu unseren Mitmenschen und zu der uns umgebenden Natur beschwört. Es ist kein Zufall, dass der jetzige Papst den Namen des legendären umbrischen Heiligen annahm – erstaunlicherweise als erster Pontifex in der 1600 Jahre alten Geschichte des Papsttums.

Franziskus trug sich schon bald nach seiner Wahl im Jahre 2013 mit dem Gedanken, eine Umweltenzyklika zu verfassen. Er beobachtete seit langem mit großer Sorge die geringen Fortschritte, die bei den internationalen Verhandlungen zur Begrenzung der menschengemachten Erderwärmung erzielt wurden. Mit der gescheiterten Klimakonferenz von Kopenhagen (COP15) war der entsprechende multilaterale Prozess 2009 sogar komplett ins Stocken geraten. In den Folgejahren versuchten die Klimadiplomaten verzweifelt, den Schutz der Erdatmosphäre als Menschheitsprojekt neu zu organisieren.

Hierbei spielte, was wenig bekannt ist, die französische Regierung unter dem notorisch unterschätzten Präsidenten François Hollande eine bedeutsame Rolle. Frankreich entwickelte sogar den Ehrgeiz, mit der Vertragsstaatenkonferenz von Paris im Dezember 2015 (COP21) das Ruder herumzureißen und den Klimaschutz mit einer völkerrechtlichen Vereinbarung von großer Tragweite entscheidend zu stärken. Das gelang tatsächlich – wie das Pariser Abkommen zustande kam und was es genau bedeutet, wäre einen eigenen Aufsatz wert, aber mit diesem Essay will ich vor allem einen besonders wirksamen Weg zur Umsetzung des Abkommens aufzeigen.

Der Papst war sich der historischen Bedeutung des Pariser Klimagipfels bewusst und wollte im Vorfeld mit *Laudato si'* in den weltweiten Klimadiskurs eingreifen. Dabei setzte er auf drei Hauptelemente, nämlich erstens die Anerkennung der wissenschaftlichen Evidenz, zweitens die Pflicht der Christen zur *Bewahrung von Gottes Schöpfung* und drittens die Vorteile einer genügsamen Lebensführung für das Gemeinwohl. Das Rundschreiben, datiert auf den 24. Mai 2015 und in acht Sprachen veröffentlicht am 18. Juni 2015, trägt den Langtitel *Über die Sorge für das gemeinsame Haus* (Francis, 2015). Auf eine durch diese Begrifflichkeit hervorgehobene Botschaft werde ich weiter unten zu sprechen kommen. Die Enzyklika setzt sich schwerpunktmäßig mit ökologischen Themen auseinander, adressiert aber auch die Ressourcenproblematik und die wachsenden sozialen Disparitäten der modernen Industriegesellschaft.

Was die wissenschaftliche Evidenz angeht, kann ich bestätigen, dass Franziskus sich intensiv mit dem Stand der Forschung vertraut gemacht und dabei insbesondere von der Päpstlichen Akademie der Wissenschaften (PAS) beraten lassen hat. Diese gehört zu den ältesten Gelehrtenvereinigungen der Welt. Sie wählt Kandidaten und Kandidatinnen für ihre 80 Mitglieder auf Lebenszeit unabhängig von religiösen Bekenntnissen unter den international führenden Experten aus, legt diese Vorschläge dem Papst zur Bestätigung vor und residiert in der Casina Pio IV, einem wunderschönen Renaissancepalast in den Vatikanischen Gärten.

Ich war in den Jahren vor 2015 mehrfach aktiv an PAS-Konferenzen zum Thema Klimawandel beteiligt, stand irgendwann auf der Kandidatenliste und unterstützte nicht zuletzt die Ausarbeitung von *Laudato si'*. Drei Wochen vor dem 18. Juni erhielt ich dann den Anruf aus dem Vatikan, worin ich gebeten wurde, die gesamte Umweltwissenschaft bei der globalen Premiere von *Laudato si'* zu repräsentieren. Während meiner Reise nach Rom am Vortag des Ereignisses gab dann der Papst meine Ernennung zum Mitglied der Päpstlichen Akademie bekannt – ganz offensichtlich ein „Statement“ zur Würdigung der Klimaforschung. Der nächste Tag war turbulent, anstrengend und bewegend. Nach der Vorstellung und Erläuterung der Enzyklika vor rund 400 Personen in der Neuen Synodenaula des Vatikans mit Live-Übertragung rund um den Globus bat uns Franziskus zu einem längeren Gespräch in seine private Zweizimmer-Wohnung im Domus Sanctae Marthae.

Was mich zum Element Genügsamkeit bringt: Nach seiner Wahl zum Papst zog Franziskus 2013 in jenes meist nur „Domus“ genannte Gästehaus des Vatikans, weil die großzügige offizielle Wohnung im Apostolischen Palast noch für ihn hergerichtet werden musste. Als alles bereit war, entschied sich der neue Papst jedoch dafür, im Gästehaus zu verbleiben – weil es ihm gefalle, „inmitten der anderen Mitglieder der Geistlichkeit“ zu wohnen. Im Domus lädt er fast täglich Gäste zur Morgenandacht und zum gemeinsamen Frühstück ein, bevor er zu Fuß in den Palast geht. Insofern können wir PAS-Mitglieder, die einen Anspruch auf Unterbringung im vatikanischen Gästehaus haben, in der Mensa des Domus erstaunliche Begegnungen mit einem Pontifex haben, der gerade sein Frühstückstablett zum Tisch trägt. Diese extrem bescheidene Lebensführung des Oberhauptes einer Religionsgemeinschaft mit ca. 1,2 Milliarden Mitgliedern (also 16 % der Weltbevölkerung im Jahr 2021) setzt auf wahrhaftige Weise die Reformlehre des Franziskus von Assisi um.

Letzterer predigte schon im frühen 13. Jahrhundert, lange bevor die industrielle Ausbeutung der Erdkruste und der Ökosphäre über ihr begann, die Achtung vor der Natur. Wir müssen hier nicht darüber diskutieren, ob Letztere das Ergebnis einer planvollen Schöpfung durch ein höheres Wesen oder das Resultat außerordentlich komplexer und langwieriger evolutionärer Prozesse ist – ich selbst

neige verständlicherweise zur zweiten Deutung. Aber unabhängig von der Genese ist die planetare Natur Heimat und Lebensgrundlage der Menschheit und darf deshalb nicht rücksichtslos unterworfen, sondern muss geschützt bzw. einfühlbar gestaltet werden.

Entsprechend argumentiert *Laudato si'*, faktenreich und analytisch im ersten Kapitel, das sich mit der großen Umweltkrise der Moderne auseinandersetzt, visionär und ethisch in den anderen fünf Kapiteln, die den Katholiken – und „allen Menschen guten Willens“ – den rechten Weg weisen wollen. Die Integration von Vernunft und Glauben in einer päpstlichen Stellungnahme macht diese Enzyklika zu einem Meilenstein in der Kirchengeschichte.

Wie von Franziskus erhofft, spielte *Laudato si'* nach der Veröffentlichung im Juni 2015 eine bedeutsame Rolle im Vorfeld der Pariser Klimakonferenz und wird gelegentlich sogar als „Game Changer“ beim Kampf gegen die anthropogene Erderwärmung bezeichnet. Wenige wissen jedoch, dass der Papst über Jahrzehnte einen ganz persönlichen Weg zur Umweltproblematik gegangen ist, der das Klimathema zunächst allenfalls streifte: Er wurde 1936 in der argentinischen Hauptstadt Buenos Aires als Sohn italienischer Auswanderer geboren und trug den bürgerlichen Namen Jorge Mario Bergoglio. Nach einer Ausbildung zum Chemietechniker, was die Affinität des Papstes zu den Naturwissenschaften erklärt, trat er 1958 in den Jesuitenorden ein. 1998 wurde er Erzbischof seiner Heimatstadt und förderte in den Folgejahren mit großem Engagement die seelsorgerische und soziale Arbeit der katholischen Kirche in den Armenvierteln von Buenos Aires. Laut übereinstimmender Berichte von Zeitzeugen erschien der Erzbischof häufig unangemeldet in den wuchernden Slums der Metropole. Besonders setzte er sich für die Betreuung von Drogensüchtigen ein, die oft von Dealer-Banden bedroht und misshandelt wurden. Insgesamt erwarb er sich in dieser Zeit den höchsten Respekt der Slumbewohner.

Diese pastorale Erfahrung in der Tradition des Franziskus von Assisi prägte den späteren Pontifex für sein ganzes Leben. Das wird deutlich, wenn man die Enzyklika sorgfältig liest, wo man in den Paragraphen 44 (Francis, 2015: 39f) und 45 (Ibid: 40) des 1. Kapitels folgende Aussagen findet:

*„Heute beobachten wir zum Beispiel das maßlose und ungeordnete Wachsen vieler Städte, die für das Leben ungesund geworden sind, nicht nur aufgrund der Verschmutzung durch toxische Emissionen, sondern auch aufgrund des städtischen Chaos, der Verkehrsprobleme und der visuellen und akustischen Belästigung. Viele Städte sind große unwirtschaftliche Gefüge, die übermäßig viel Energie und Wasser verbrauchen. Es gibt Stadtviertel, die, obwohl sie erst vor Kurzem erbaut wurden, verstopft und ungeordnet sind, ohne ausreichende Grünflächen. Es entspricht nicht dem Wesen der Bewohner dieses Planeten, immer mehr von Zement, Asphalt, Glas und Metall erdrückt und dem physischen Kontakt mit der Natur entzogen zu leben.“*

*In einigen ländlichen und städtischen Zonen hat die Privatisierung von Geländen dazu geführt, dass der Zugang der Bürger zu Gebieten von besonderer Schönheit schwierig wird. Unter anderem werden „ökologische“ Wohnanlagen geschaffen, die nur einigen wenigen dienen, wo man zu vermeiden sucht, dass andere eintreten und die künstliche Ruhe stören. Eine schöne Stadt voller gut gepflegter Grünflächen findet man gewöhnlich in einigen „sicheren“ Gebieten, jedoch kaum in weniger sichtbaren Zonen, wo die von der Gesellschaft Ausgeschlossenen leben.“*

Damit umreißt Franziskus in wenigen Sätzen ein Kardinalproblem der Moderne, das schon für sich alleine betrachtet größte gesellschaftliche Aufmerksamkeit und politische Anstrengung verdient. Der heutige Zustand der gebauten Umwelt weltweit und der fatale Entwicklungspfad, auf dem sich dieser essentielle Bereich unserer zivilisatorischen Wirklichkeit bewegt, sind jedoch zugleich entscheidende Faktoren in der Klimagleichung. Dies werde ich weiter unten erläutern, und dies wird mich auch zu den wichtigsten Botschaften meines Essays führen. Zunächst jedoch müssen wir uns mit der Klimakrise selbst befassen, deren Dimensionen trotz aller seit 1990 veröffentlichten Berichte des Weltklimarates (IPCC) und aller seit 2018 stattfindenden Fridays for Future-Demonstrationen von weiten Teilen der Öffentlichkeit weiterhin unterschätzt werden.

## 2. VOR UNS DIE HEISSZEIT?

Dass disruptive Geschehnisse – insbesondere wenn sie wie der von Putin im Februar 2022 entfesselte Angriffskrieg gegen das „Bruderland“ Ukraine mit größtem menschlichen Leid verknüpft sind – langfristige Herausforderungen für eine Weile aus dem Bewusstsein verdrängen, ist nahezu unvermeidlich. Eine diskurs- und entscheidungsfähige Gesellschaft wird sich allerdings rasch auf die strategischen Probleme rückbesinnen, wenn die jeweilige aktuelle Krise ausgedungen ist bzw. angemessen adressiert wurde.

Die menschengemachte Erderwärmung wurde in den letzten Jahrzehnten immer wieder aus den Schlagzeilen vertrieben und von der politischen Agenda gestrichen. Das geschah etwa nach der 2007 manifest werdenden internationalen Finanzkrise (siehe die oben erwähnte desaströse Klimakonferenz von Kopenhagen) und wiederum im Gefolge der im Frühjahr 2020 einsetzenden Corona-Pandemie. Dass der russische Überfall der Ukraine aktuell von der planetaren Umweltkrise ablenkt, kann keinesfalls überraschen, obwohl es einen direkten Nexus zwischen dem Vertrieb klimaschädlicher Ressourcen (wie Kohle, Öl und Gas) und der Existenzmöglichkeit diverser autokratischer und übergriffiger Regime rund um den Globus gibt. Auf der Grundlage von Solarwirtschaft ließen sich jedenfalls schwerlich geopolitische Erpressungspotentiale etablieren.

Aber das Monstrum Klimawandel wird sich selbst immer wieder in unseren Bewusstseinsvordergrund zurückdrängen, denn je mehr sich unsere Welt von den stabilen Lebensverhältnissen des 12 Jahrtausende herrschenden Holozäns entfernt, desto spektakulärer und verstörender fallen die Zeichen an der Wand aus. Der Paukenschlag von Lytton, einem Dorf in der kanadischen Provinz British Columbia, ist im Sommer 2021 auf der ganzen Welt vernommen worden: Ende Juni stiegen dort die Temperaturen auf annähernd 50°C, also auf Werte, die noch niemals seit Beginn der instrumentellen Aufzeichnungen in Kanada oder überhaupt nördlich des 50. Breitengrades unseres Planeten registriert wurden. Am Abend des 30. Juni brach dann nahe der Ortschaft ein Waldbrand aus, der Lytton innerhalb von Stunden zerstörte. Makaber kann

der Zusammenhang zwischen Klimawandel, Extremereignis und Tragödie wohl kaum illustriert werden. Und hierzulande haben die schrecklichen Überschwemmungen in Rheinland-Pfalz und Nordrhein-Westfalen im Juli desselben Jahres die Menschen endgültig aus dem süßen Schlaf der Klimaignoranz gerissen.

Alles deutet inzwischen darauf hin, dass sich unsere Zivilisation durch den ungehemmten Konsum fossiler Brennstoffe in eine globale Notlage manövriert hat: Trotz zahlreicher Unwägbarkeiten kommt die Wissenschaft heute zu dem festen Schluss, dass sich die planetare Umwelt bei 1,5°C „Erdfieber“ krank zu fühlen beginnt, und dass die natürlichen Lebensgrundlagen der Menschheit bedroht sind, wenn dieses Fieber längerfristig über die 2°C-Marke steigt. Eine um 4 oder 5°C erhitzte Welt mag sich schon niemand mehr vorstellen, obwohl die globale Gesellschaft in durchaus realistischen Szenarien auf eben diese Welt zu taumelt (IPCC, 2018). Es besteht sogar die nicht zu vernachlässigende Gefahr, dass der anthropogene Klimawandel durch mächtige Rückkopplungsprozesse (wie das sich selbst verstärkende Aufschließen von Kohlenstoffreservoirs in der Arktis und den Tropen) eine fatale Eigendynamik entwickeln könnte (Steffen et al., 2018). Dann würde unser Planet in eine neue Heißzeit eintreten, mit Umweltbedingungen, die ein verträgliches Zusammenleben von 5, 7 oder 9 Milliarden Menschen nicht zuließen. Die Wissenschaft kann das entsprechende Risiko allerdings noch nicht brauchbar quantifizieren, auch weil es lange Zeit fast tabu war, zu dieser existentiellen Bedrohung überhaupt zu forschen.

Tatsächlich lag die mittlere Temperatur der Erdoberfläche im Jahr 2020 bereits um 1,25°C über dem vorindustriellen Niveau (World Meteorological Organization, 2021). Wir bewegen uns somit nahezu ungebremst auf die Leitplanken zu, die das Pariser Klimaabkommen 2015 gesetzt hat, und wir werden sie in wenigen Jahrzehnten durchbrechen. Das schwache planetare Fieber, das die Industrielle Revolution inzwischen hervorgerufen hat, fügt den einzelnen Kreaturen der Erde bereits großes Leid in immer rascher aufeinanderfolgenden Episoden zu: Bei den australischen Buschbränden der Feuersaison 2019/2020 wurden mehr als 20 Prozent der bewaldeten Flächen des Kontinents zerstört und etwa eine Milliarde (!) höherer Tiere getötet (*In the line of fire*, 2020).

Am 20. September 2017 durchraste der Hurrikan Maria den Inselstaat Puerto Rico mit einer Windgeschwindigkeit von etwa 250 km/h. Knapp 3000 Menschen fielen dem Extremereignis und seinen Auswirkungen zum Opfer; nach Schätzungen von Ökonomen wurde die Region um 20 Jahre in ihrer wirtschaftlichen Entwicklung zurückgeworfen.

2020 wurde im Atlantik die Rekordzahl von 29 tropischen Wirbelstürmen registriert, was zweifellos mit den außergewöhnlich hohen Temperaturen der Meeresoberfläche zusammenhängt. Wegen des rasant steigenden CO<sub>2</sub>-Gehalts der Atmosphäre ist die Energiebilanz des Erdsystems empfindlich gestört, so dass unser Planet über die Sonneneinstrahlung deutlich mehr Energie importiert als er wieder ins All abstrahlen kann. Der Überschuss wird in allen Systemkomponenten als Wärme gespeichert, vor allem in den Ozeanen (90 %) bis in Tiefen von 2000 m und mehr. Dieser fast unbemerkt heranwachsende Hitzeriese wird die Menschheit viele Jahrhunderte in die Zukunft begleiten.

Lediglich 2 % der Überschussenergie erwärmen derzeit die Lufthülle der Erde, während immerhin 4 % davon für das Schmelzen von Land- und Meereis verbraucht werden. Dies macht sich insbesondere in der Arktis bemerkbar: 2019 verlor beispielsweise der Grönländische Eisschild die schier unvorstellbare Masse von ca. 1 Million Tonnen pro Minute (Tedesco & Fettweis, 2020)! Und in zwei Jahrzehnten schon könnte der Arktische Ozean in Spätsommerwochen komplett eisfrei sein. „Na und?“ denkt da der Mitteleuropäer, aber er hat den Wirt ohne den Jetstream gemacht, also dem Starkwindband, das in 10 bis 12 km Höhe die kalte polarnähe Luft von der gemäßigt warmen unserer Breiten scheidet. Da sich nämlich die Arktis etwa dreimal so schnell erwärmt wie die meisten anderen Regionen der Erde und der Jetstream letztlich von der Temperaturdifferenz der regionalen Luftmassen angetrieben wird, schwächelt inzwischen das Westwindband und erfährt immer öfter gewaltige Ausbuchtungen („Rossby-Wellen“). Wenn dann zufällig diese Wellenbäuche ortsfest werden (weil sie z. B. an den Kontinentalrändern hängenbleiben), haben wir eine Extremwetterlage in Europa, Nordamerika oder Nordasien, die als biblische Hitzewelle oder auch als Sintflut daherkommen kann.

Dieser physikalische Mechanismus war auch mitverantwortlich für die große Dürre, die Deutschland (und ganz Mitteleuropa bis hoch hinauf nach Skandinavien) zwischen 2018 und 2020 heimsuchte. Auch wenn das vergangene Jahr wieder niederschlagsreicher war, wird die trockene Hitze mit tödlicher Sicherheit zurückkehren. Jetzt, während diese Zeilen geschrieben werden, plagen extreme Temperaturen bis zu 50° C weite Teile von Pakistan und Indien. Im letzteren Land war der März 2022 sogar der heißeste seit Beginn der Wetteraufzeichnungen vor 122 Jahren, zumindest was die mittlere Tageshöchsttemperatur angeht. Und die eigentlichen Hitzemonate (Mai, Juni) vor dem Einsetzen der Monsunregen stehen erst bevor.

All diese bestürzenden Vorgänge und Beobachtungen fügen sich zu einem Panorama, das auf SPIEGEL online am 30. April 2022 als „die andere Zeitenwende: Artensterben, Extremhitze, Wasserknappheit“ bezeichnet wird – mit Anspielung auf Putins Aggression und die dadurch ausgelösten Plattenverschiebungen im multilateralen politischen System (Kiel, 2020).

### 3. DER ELEFANT IM KLIMALADEN

Die für jedermann sichtbaren Auswirkungen des fortschreitenden Klimawandels auf Deutschland vollziehen sich vor allem in unseren Forsten. In den 1980er-Jahren sprach man zum ersten Mal vom „Waldsterben“, mit ausgelöst von schwefelsauren Niederschlägen, die dank moderner Filtertechnik in fossilen Kraftwerken und Raffinerien inzwischen kaum noch eine Rolle spielen. Das aktuelle, klimabedingte Waldsterben, wo Dürren, Brände, Stürme und Schädlinge fatal zusammenwirken, ist gravierender und kann eben nicht durch kurzfristige Maßnahmen gestoppt werden.

Auf den Infoseiten des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) wird traurige Bilanz gezogen: Eine Fläche von 285 000 Hektar steht zur Wiederbewaldung an (Stand 2021). Betroffen sind hauptsächlich Fichtenbestände, aber auch Laubbäume wie die Rotbuche weisen inzwischen gravierende bis tödliche Schädigungen auf. Der deutsche Wald, „aufgebaut so hoch da dro-

ben“ (Joseph von Eichendorff), muss von Grund auf umgestaltet werden, wenn er auch im Klimawandel gedeihen soll. Wie kann diese Transformation forstwirtschaftlich, also durchaus gewinnbringend, gelingen? Die Antwort liegt beim Bausektor in Europa und weltweit, der als „elephant in the climate room“ von der Umweltdebatte viele Jahre ignoriert oder zumindest bagatellisiert wurde.

Tatsächlich kommen aber knapp 40 % der heutzutage global ausgestoßenen Treibhausgase (vornehmlich CO<sub>2</sub>) beim Bauen, Betreiben und Demolieren von Gebäuden und Infrastrukturen zustande. In den westlichen Industrieländern entsteht mehr als die Hälfte der Abfallmasse bei Konstruktion und Abriss. Und in Deutschland werden täglich ca. 45 Hektar naturnaher Landschaft in Siedlungs- und Verkehrsflächen umgewandelt, mit entsprechenden Folgen für Flora und Fauna. Diese Fakten gehören erstaunlicherweise nicht zum gesellschaftlichen Basiswissen, obwohl der Anblick von Baukränen oder Zementlastern und der Lärm von Pressluftschlämmern oder Betonmischmaschinen längst den Alltag der Moderne prägen. Mit Bertold Brecht könnte man dies sinngemäß so erklären, dass eine Dummheit sich der Wahrnehmung entzieht, wenn sie erst einmal eine bestimmte Größe angenommen hat.

Klimadummheit können wir uns heute allerdings nicht mehr leisten. Deshalb muss die gebaute Umwelt ins Zentrum der gesellschaftlichen Nachhaltigkeitsstrategien rücken – und zwar keineswegs nur in Deutschland: Wenn in Asien, Afrika und Lateinamerika alle bereits geplanten Siedlungsprojekte mit konventionellen Verfahren und Materialien, also insbesondere unter Einsatz der „modernen“ Baustoffe Beton, Stahl, Aluminium, Glas und Plastik realisiert werden, dann verkommt das Pariser Abkommen zur multilateralen Propaganda. Denn die dabei freigesetzten Treibhausgase würden bereits ausreichen, das Emissionsbudget zu sprengen, das der Menschheit bei Beachtung der 1,5° C-Leitplanke insgesamt noch zur Verfügung steht (wie z. B. vom „Wissenschaftlichen Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen“ (WBGU) schon 2016 festgestellt). Die Zementproduktion alleine ist heute für knapp 8 % des weltweiten CO<sub>2</sub>-Ausstoßes (2,8 Mrd. Tonnen) verantwortlich – das ist mehr als der gesamte Flugverkehr und alle Rechenzentren der Welt zusammen emittieren.

Wann wurde das Siedlungswesen eigentlich zum ärgsten aller Klimasünder? Nun, der Systemwechsel zum „modernen Bauen und Wohnen“ vollzog sich – insbesondere im kommerziellen und privaten Geschößbau – um 1900 herum aus vielen unterschiedlichen Gründen, von denen aber mindestens drei entscheidend zusammenwirkten:

Erstens geriet mit dem Trend zur seriellen industriellen Fertigung von möglichst uniformen und homogenen Bauelementen (siehe etwa die berühmte DDR-Platte vom Typ WBS 70) das traditionelle Material Holz rasch ins Hintertreffen. Denn organische Stoffe spiegeln die evolutionäre Komplexität des Lebens selbst wider, d. h. sie sind tiefenstrukturiert, anisotrop und umweltdynamisch – um nur einige charakteristische Eigenschaften zu nennen. Diese „Wettbewerbsnachteile“ lassen sich jedoch in einem hochintelligenten Bauwesen, dessen Konturen heute bereits sichtbar werden, in signifikante Vorteile verwandeln (s.u.).

Zweitens ermöglichte die Erschließung enormer fossiler Energieressourcen (insbesondere Erdöl aus dem Mittleren Osten) für den Weltmarkt ab etwa 1960 die vergleichsweise billige Produktion von Beton, Stahl, Aluminium, Glas, Plastik und anderer nicht-nachhaltiger Baustoffe. Damit verbundene „Externalitäten“ – wie die Destabilisierung des Weltklimas durch massiven Treibhausgasausstoß – gingen natürlich nicht in die individuellen Kosten-Nutzen-Rechnungen der entsprechenden Unternehmen ein.

Drittens forcierte dieselbe Energieschwemme den historisch beispiellosen Einsatz schwerer Maschinerie im Hoch- und Tiefbau. Als Heranwachsender musste ich oft meinem Vater (ein Glasermeister mit Hang zum Kreativen) nach der Schule auf Baustellen zur Hand gehen und erlebte wie individuelle Körperkraft und Geschicklichkeit zusehends von dieselstinkendem Gerät mit grober Peilung verdrängt wurden.

Und so ist das Bauwesen in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts zur Schlacht mit eher plumpen, aber überall verfügbaren und stets willfährigen Materialien geworden. Die fachgerechte oder gar künstlerische Gestaltung hat

sich fast ausschließlich in spektakuläre Nischenprojekte für Luxus und Prestige zurückgezogen. Fairerweise muss man einräumen, dass dadurch bezahlbarer und hygienischer Wohnraum für die Massen (zumindest in den Volkswirtschaften des Westens) entstand, aber sollte das wirklich das Ende aller Architekturgeschichte sein? Braucht der Mensch – von der Bewahrung der natürlichen Lebensgrundlagen einmal ganz abgesehen – nicht auch gebaute Kultur um sich herum, also ein Milieu, das die Seele auch im Alltag tröstet? Weiter unten werde ich auch auf diese tiefe philosophische Frage eingehen, aber bleiben wir zunächst bei der technischen Analyse:

Dabei stößt man auf verblüffende Fakten wie der Tatsache, dass allein in China zwischen 2008 und 2010 so viel Beton verbaut wurde, wie im gesamten 20. Jahrhundert in den USA (Tabarrock & Rajagopalan, 2015)! Die Metropole Shanghai ist zum Sinnbild einer atemlosen Stadtentwicklung geworden, die sämtliche Nachhaltigkeitsmaßstäbe sprengt. Generell verwandeln sich derzeit weite Teile von Südostasien in Baustellen, wo die umweltvergessenen westlichen Praktiken umgesetzt werden, nur eben viel größer, höher, schneller und bedenkenloser als hierzulande. Eines der wahnwitzigsten Projekte dieser Art ist die Trockenlegung der berühmten Feuchtgebiete am Rande der kambodschanischen Hauptstadt Phnom Penh, mit dem einzigen Zweck 1500 Hektar Bauland für Luxusimmobilien, Apartmentblöcke und Shopping Malls zu schaffen (Stöhr, 2022). Zwischen dem Steinzeitkommunismus der Roten Khmer und dem Kasinokapitalismus der heutigen kambodschanischen Oligarchenmafia liegt offenbar nur ein kurzer Weg – was man ähnlich, auf noch größerer Skala, in Russland besichtigen kann. Die Zukunft soll nach Ansicht der Machthaber hinter den Mauern der bewachten Villen und den spiegelverglasteten Hochhäusern der Oberschichten stattfinden.

Seit 2004 werden die für den Bauboom hinderlichen Gewässer nach und nach mit Sand aus den Flüssen Mekong und Bassac aufgefüllt. Dadurch wird die Zerstörung kostbarer Ökosysteme und Naturressourcen vorangetrieben, aber auch ein gefährlicher globaler Trend widergespiegelt. Denn die wirtschaftliche Verwertung (Extraktion, Transport, Deponie, Verarbeitung) von Sand ist in den letzten Jahrzehnten hinsichtlich Dynamik und Dimension zu einem

gigantischen Nachhaltigkeitsproblem herangewachsen. Das hat nicht zuletzt mit der für viele überraschenden Tatsache zu tun, dass guter Bau-Sand eher knapp ist, denn der feingeschliffene Wüstensand eignet sich beispielsweise nicht für die Produktion von Qualitätsbeton. Deshalb werden immer mehr Quellen von Sand mit passender Körnung (legal oder auch illegal) erschlossen, die sich oft in Naturschutzgebieten oder anderen Landschaften mit hoher ökologischer Leistung befinden. Mit der rasanten Urbanisierung des Globalen Südens nehmen auch die entsprechenden Verwertungsvolumina rapide zu: Beispielsweise wurden in Kambodscha im Jahr 2019 6 Millionen Kubikmeter aus den Flüssen Mekong und Bassac abgebagert, 2020 bereits 11,7 Millionen.

Vor wenigen Jahren ist zu diesem kritischen Thema ein bemerkenswerter Bericht des Umweltprogramms der Vereinten Nationen erschienen (UNEP 2019: Sand and Sustainability). Dort wird daran erinnert, dass Sand und Kies gewissermaßen das materielle Fundament der Weltwirtschaft darstellen und die Ausbeutung geeigneter Sandressourcen (vor allem in Flussgebieten und Küstenzonen) scheinbar unaufhaltsam zunimmt. Dies hat mit veränderten Konsumgewohnheiten, fortschreitender Urbanisierung, Infrastrukturentwicklung und anderen Megatrends der späten – und kaum zukunftsfähigen – Moderne zu tun. Der entsprechende Bedarf an Sand und Kies hat sich in den letzten beiden Jahrzehnten verdreifacht; heute werden etwa 50 Mrd. Tonnen pro Jahr kommerziell verwertet, das sind 18 kg pro Erdenbewohner pro Tag!

Die nachholende „Stadtentwicklung“ in Asien, Afrika und Lateinamerika, die doch weitgehend ein Imitieren des verschwenderischen und umweltschädigenden Lebensstils der etablierten Industrieländer ist, die zudem erheblich von dieser Nachahmung profitieren, wird solche Exzesse weiter verschärfen. Ein anderes bestürzendes Beispiel für desaströse Siedlungspolitik ist das Vorhaben der indonesischen Regierung, Jakarta als Hauptstadt aufzugeben und durch einen Regierungskomplex aus der Retorte zu ersetzen, der auf Borneo entstehen soll. Nach einem Bericht der NZZ vom 12. Februar 2022 sollen noch in diesem Jahr die entsprechenden Bauarbeiten in der Provinz Kalimantan Timur beginnen, um in zwei Jahren neben der Infrastruktur den Präsidentenpalast sowie die Gebäude für das Außen-, Innen- und Verteidigungsministerium zu



errichten (Müller, 2022). Der Zeitplan sieht vor, dass 2045 die neue Hauptstadt Nusantara – der Name bedeutet Archipel – auf einer 256 000 Hektar großen Fläche fertiggestellt ist. Die Kosten des Projekts sollen sich auf 35 Milliarden Dollar belaufen, aber solche Projektionen sind bei Vorhaben dieser Art reinste Spekulation. Ähnliches gilt für die Regierungsversprechungen hinsichtlich der klimafreundlichen Realisierung des gigantischen Umsiedlungsplanes. Jakarta jedenfalls wird als Kapitale aufgegeben und dem Chaos überlassen, nicht zuletzt, weil das 10 Millionen-Konglomerat im wahrsten Sinne des Wortes untergeht – aufgrund des sinkenden Grundwasser- und des steigenden Meeresspiegels!

Zusammenfassend kann man feststellen, dass erstens die Klimazukunft unseres Planeten maßgeblich von der Entwicklung des Bauwesens in den nächsten drei Dekaden abhängen wird und dass zweitens entscheidend sein dürfte, wie sich jene Entwicklung im Globalen Süden vollzieht. Mit anderen Worten, der Krieg gegen die zivilisationsbedrohende Erderwärmung wird außerhalb Europas gewonnen - oder eben verloren. Allerdings kann insbesondere die EU aufgrund ihrer technologischen, finanziellen, institutionellen und nicht zuletzt kulturellen Kapazitäten die dringend erforderliche Bauwende wohl am schnellsten vollziehen und damit den globalen Weg zur Kreislaufwirtschaft in einem kritischen Sektor weisen. Was gleichzeitig nur mit entsprechender Demut gelingen kann, denn die besten Ansätze aller traditionellen und kontemporären Baustile der Welt müssen für die Transformation nutzbar gemacht werden. Dazu mehr in den nächsten Abschnitten.

## 4. STÄDTE ZU KOHLENSTOFFSENKEN!

Wie ich in meinem 2015 erschienenen Buch „Selbstverbrennung“ (Schellnhuber, 2015) dargestellt habe, ist die Klimageschichte der Erde in erster Linie Kohlenstoffgeschichte. Deshalb hängt die Lösung des menschengemachten Klimaproblems weitgehend davon ab, ob und wie wir „Gottes Element“ mit dem chemischen Symbol C in den Griff bekommen. Bildlich gesprochen müssen wir den mächtigsten aller Flaschengeister in der planetaren Umwelt wieder in ein sicheres Gefäß zurücklocken.

Dafür lohnt sich ein Blick in die Erdvergangenheit. Im späten Proterozoikum, genauer in der Periode zwischen 750 und 580 Mio. Jahre vor heute, kam es vermutlich zu vier großräumigen bzw. totalen Vereisungen unseres Planeten („Snowball Earth“). Die tektonischen Ursachen dafür brauchen uns hier nicht zu interessieren, sehr wohl aber der Mechanismus, mit dem die Erde sich wieder aus dem Eispanzer befreien konnte: Unzählige Vulkane, vor allem an den Rändern der Kontinentalplatten, stießen unbeirrt CO<sub>2</sub> aus, das sich stetig in der Atmosphäre anreicherte – zumal durch die Schnee- und Eisbedeckung der Erdoberfläche die CO<sub>2</sub>-Extraktion durch Verwitterungsprozesse deutlich reduziert war. Damit wurde der Treibhauseffekt kontinuierlich verstärkt, die Luft erhitze sich und das große Schmelzen setzte schließlich ein.

Im anschließenden Paläozoikum (ungefähr 540 bis 250 Mio. Jahre vor heute) folgten dann unterschiedlich warme Klimaphasen. Die für die Entwicklung unserer technischen Zivilisation bedeutsamste war das Karbon (ungefähr 360 bis 300 Mio. Jahre vor heute). Denn bei etwa doppelt so hoher atmosphärischer CO<sub>2</sub>-Konzentration wie gegenwärtig (also ca. 800 ppm) und vergleichbarer Mitteltemperatur der Erdoberfläche (also ca. 14 bis 15°C) entwickelten sich riesige Wald- und Sumpflandschaften. Die Flora wurde dominiert von diversen Farngewächsen, insbesondere 20 bis 40 Meter hohen Schachtelhalmen, Schuppen- und Siegelbäumen. Diese gewaltige Biomasse verrottete, teilweise unter Sauerstoffabschluss, in den Feuchtgebieten und bildete die Grundsubstanz für mächtige Kohleflöze, die sich auf biogeochemische Weise im Verlauf von Jahrtausenden bildeten. Auf diese Weise wurde der Brennstoff für die im späten 18. Jahrhundert in Nordwestengland beginnende Industrielle Revolution bereitgestellt.

Das Umweltgeschehen im Karbon zeigt nun aber ironischerweise einen Königsweg aus dieser Notlage auf, der nicht nur zur Klimastabilisierung, sondern sogar zur partiellen Klimarestaurierung führen könnte. Denn die damalige üppige Pflanzenwelt entzog der Atmosphäre per Photosynthese immer mehr CO<sub>2</sub>, welches wegen der nassen Verrottung aber nicht mehr vollständig an die Luft zurückgegeben wurde, sondern sich in fossilen Lagerstätten akkumulierte (siehe oben). Zudem lockerten die Tiefwurzler die Böden auf, wodurch zusätzliche Verwitterungsoberflächen entstanden, über die ebenfalls atmosphä-

risches Kohlendioxid extrahiert wurde. Dadurch sank schließlich die CO<sub>2</sub>-Konzentration der Lufthülle bis auf nahezu 100 ppm, was beinahe zu einer erneuten Großvereisung geführt hätte. Diese Erkenntnisse der Paläoforschung machen deutlich, wie massiv die Biosphäre auf das Klimasystem einwirken kann.

Heute ist es unsere Zivilisation, die dieses System aus dem Gleichgewicht stößt – und zwar innerhalb eines geologisch unvorstellbar kurzen Zeitabschnitts von wenigen Hundert Jahren. Bis vor kurzem war die Weltwirtschaft auf festem Kurs, nahezu die gesamten fossilen Energieressourcen (Kohle, Öl, Gas), die sich über Hunderte Millionen Jahre natürlich gebildet haben, bis spätestens 2200 industriell zu verbrennen. Mit diesem künstlichen, erdgeschichtlich beispiellosen Oxidationsereignis würde der atmosphärische CO<sub>2</sub>-Gehalt verdoppelt oder gar vervierfacht, je nachdem wie die einzelnen Organe und Prozesse im Erdsystem reagierten.

Wie in Abschnitt 2 dargelegt, muss dieser ungewollte, aber fatale Eingriff in den planetaren Organismus unbedingt beendet werden – und zwar so rasch wie möglich. Dafür sind zwei historisch einzigartige Transformationsanstrengungen der gesamten Menschheit erforderlich: Zum einen müssen die weltweiten Treibhausgasemissionen bis spätestens 2050 auf nahezu Null sinken; in hochentwickelten Industrieländern wie Deutschland sollte dies schon deutlich früher (2035?) geschehen. Das entsprechende politökonomische Narrativ existiert inzwischen in verschiedenen Varianten, wobei der kürzlich erschienene 6. Sachstandsbericht des IPCC die bei weitem wichtigste und detaillierteste Referenz darstellt (IPCC, 2022).

Um die Pariser Zielvorgabe – also die Erderwärmung im Temperaturkorridor zwischen 1,5 und 2°C zum Stehen zu bringen – nicht ganz aus den Augen zu verlieren, müssen zum anderen Prozesse in Gang gebracht werden, die der Atmosphäre aktiv CO<sub>2</sub> entziehen. Dazu gibt es inzwischen allerlei Vorschläge, die aber fast ausnahmslos analytische oder konzeptionelle Mängel aufweisen, kaum bezahlbar wären oder mit gefährlichen Nebenwirkungen für die planetare Umwelt behaftet sein dürften (Stichwort „Geoengineering“). Statt hier eine ausführliche Kritik dieser Ansätze durchzuführen, möchte ich einen

expliziten Lösungsvorschlag skizzieren, der praktisch nur Vorteile bietet und vor allem die Natur selbst zu unserem Verbündeten machen würde: Dafür müssen wir die Vorstellung wagen, die gebaute Umwelt vom schlimmsten Klimasünder in den führenden Klimaretter zu konvertieren. Denn wenn künftig weitestgehend organische Materialien als Baustoffe für Gebäude und Infrastrukturen verwendet würden, könnte man nicht nur enorme Mengen an Treibhausgasemissionen vermeiden, die bei der Produktion von Beton, Stahl usw. anfallen. Darüber hinaus würde man den über die Photosynthese beim Pflanzenwachstum gebundenen Kohlenstoff sicher in langfristigen Konstrukten und Produkten einlagern. Der einzigartige Vorteil gegenüber anderen Ansätzen für „negative Emissionen“ wäre die Tatsache, dass man Klimaschutz quasi als zwanglosen Nebeneffekt einer sinnvollen und attraktiven Wertschöpfung bekäme. Im Englischen spricht man in solchen Fällen von „Win-Win Options“.

Die erste systematische Prüfung und quantitative Abschätzung dieses Konzeptes wurde durch eine von mir ins Leben gerufene internationale Forschergruppe vor zwei Jahren in einem angesehenen Wissenschaftsjournal veröffentlicht (Churkina et al., 2020). Die kühne, aber plausible Vision dahinter orientiert sich an der oben skizzierten Reise des Kohlenstoffs durch die Erdzeitalter:

Eine klimastrategische Menge des Stoffes, aus dem nicht zuletzt das Leben auf unserem Planeten gemacht ist, würde nach vielen durchlaufenen Stationen (Vulkane, Paläoatmosphäre, Biosphäre des Karbonzeitalters, fossile Lagerstätten, rezente Atmosphäre) für Jahrhunderte in „gebauten Wäldern“ und ähnlichen zivilisatorischen Konstrukten zur Ruhe gebettet. Damit könnte man den Abkühlungseffekt der natürlichen Kohlenstoffextraktion vor rund 300 Mio. Jahren gewissermaßen als kulturelles Großprojekt im Zeitraffer nachspielen. In Abb. 1 auf der kommenden Seite werden die zentralen Einsichten dieses Abschnitts in Form eines planetaren Cartoons zusammengefasst.

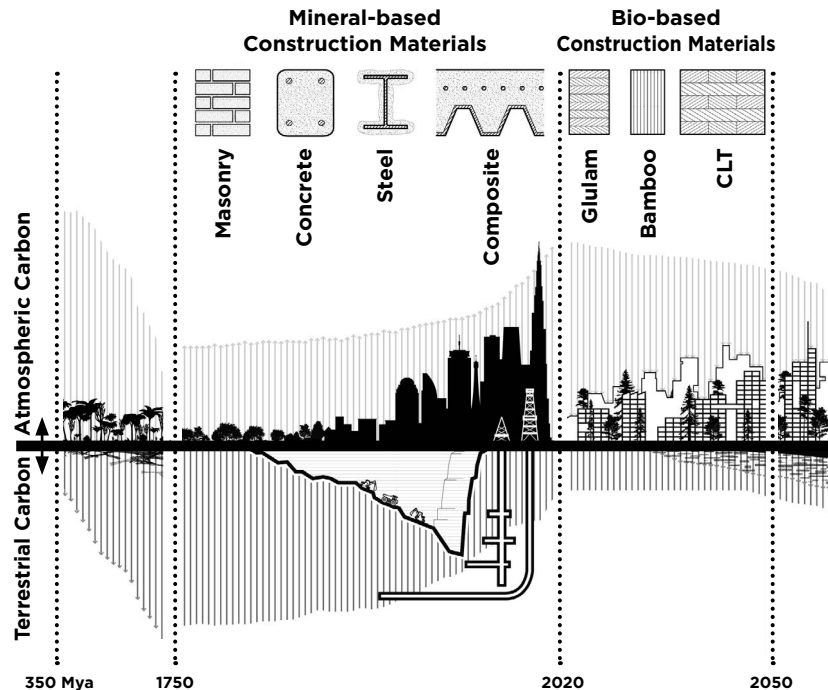


Abb. 1: Links: Im Laufe der Jahrmmillionen bildete sich der Kohlenstoffpool an Land. Aufgrund dieses Prozesses und anderer Mechanismen (wie der Verwitterung von Gestein) nahm der CO<sub>2</sub>-Gehalt der Atmosphäre langsam ab. Mitte: Das durch die industrielle Revolution ausgelöste städtische und industrielle Wachstum hat die Kohlenstoffvorräte an Land allmählich erschöpft und die CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre wieder erhöht. Die hochragenden und tragfähigen städtischen Gebäude aus Beton und Stahl, die mit Roh- und Brennstoffen aus immer tieferen Schichten der Erdkruste hergestellt werden, verbrauchen viel Energie und verursachen hohe Treibhausgasemissionen. Rechts: Siedlungen, die aus biobasierten Materialien wie Holzwerkstoffen und Bambus gebaut werden, können als artifizielle Kohlenstoffsenken dienen. Die Speicherung und Erhaltung von Kohlenstoff in der gebauten Umwelt werden dazu beitragen, den terrestrischen C-Speicher wieder aufzufüllen und so die derzeitige CO<sub>2</sub>-Konzentration der Atmosphäre zu senken bzw. künftige Emissionen auszugleichen. (Churkina et al., 2020: Fig. 1)

Dadurch könnte „zunächst“ das Klima in den Bereich des Holozän – das vor ca. 11.000 Jahren begann und aufgrund seiner stabilen Umweltbedingungen die explosionsartige Entwicklung der menschlichen Kultur ermöglichte („Neolithische Revolution“) – zurückgeführt werden. Dies würde vermutlich eine jahrhundertelange Kriechbewegung bedeuten, mit Zehntelgradschritten aus dem Risikobereich heraus. Jenseits der Klimaproblematik bietet die Abkehr vom mineralisch-fossilen Bauen aber auch die großartige Chance, die Moderne in einem ihrer Kernbereiche gänzlich neu zu denken.

## 5. BAUWENDE + FORSTWENDE

Ganz nahe bei Potsdam, im idyllischen Caputh am Schwielowsee, steht Albert Einsteins Sommerhaus, das der Architekt Wachsmann 1929 auf ausdrücklichen Wunsch des Jahrhundertphysikers aus Holz errichtete. Als Material wurde im wesentlichen kalifornisches Redwood und galizisches Tannenholz verwendet; für die Wärmedämmung der Wände sorgen Torfplatten. Dieser Ort hat eine magische Ausstrahlung und illustriert einmal mehr Einsteins Hellsichtigkeit auch außerhalb der Naturwissenschaften: Knapp 100 Jahre vor Greta Thunbergs Klimastreik wählte er den Baustoff, mit dem wir die Erderwärmung einhegen können.

Konrad Ludwig Wachsmann, der Erbauer des Einstein-Hauses, war ab 1926 Chefarchitekt einer auf Holzbauten spezialisierten Firma in der Oberlausitz. Wegen seiner jüdischen Herkunft emigrierte er 1941 in die USA, wo er einen gewissen Gropius kennenlernte. Die beiden entwickelten zusammen ein Fertighausystem in Holzbauweise („General Panel System“), das angeblich fünf ungelerten Arbeitern erlaubte, ein Haus in knapp neun Stunden komplett aufzustellen. Die breitere Spur in der Architekturgeschichte hinterließ allerdings Walter Gropius, 1883 in Berlin geboren. Er gründete bekanntlich 1919 in Weimar das „Staatliche Bauhaus“ als eine Kunstschule, die durch Konzept, Anspruch und Wirkung die Bauwelt des 20. Jahrhunderts revolutionierte (siehe auch Abschnitt 6).

Heute wird der Name „Bauhaus“ meist mit brutalistischen Stahlbetonkonstrukten der Nachkriegszeit identifiziert, oder gar mit einer Billigbaumarktkette, die sich seit 1960 in den europäischen Gewerbegebieten breitmacht. Wachsmanns meisterhafter Umgang mit organischen Materialien ist nahezu vergessen, der Holzbau selbst weitgehend aus dem modernen Stadtbild verschwunden. Aber wie oben erläutert lässt sich die Erderwärmung nur einhegen, wenn wir uns auf die klimafreundlichen Baumaterialien rückbesinnen, die uns die Natur direkt offeriert und die jahrtausendlang das Siedlungswesen auf allen Kontinenten prägten. Und dafür müssen wiederum abgestandene Mythen über die organische Architektur im Allgemeinen und den Holzbau im Besonderen mit den Hammerschlägen wissenschaftlicher Evidenz und technischer Praxis zertrümmert werden.

Zu den gängigsten Vorurteilen gegenüber dem Holzbau zählen die vermeintlich große Gefährdung durch Feuer, Erdbeben, Stürme und Insekten; die angebliche Unmöglichkeit großer Konstruktionen von hinreichender Tragfähigkeit und Formstabilität; die stets ins Feld geführte Unlösbarkeit der Schallschutzproblematik. Und ohnehin wäre das Ganze viel zu teuer; außerdem würde Bauholz in Zukunft überall auf Welt knapp. Selbst viele brillante und hochangesehene Architekten entwerfen heute noch lieber futuristische Wolkenkratzer aus Beton, Stahl und Glas für die globale Oberschicht als Quartiere aus organischen Baustoffen, die Menschen verschiedener Schichten der regionalen Gesellschaft auf vielfältige Weise dienen.

Glücklicherweise ist die Architekturwelt jetzt mächtig in Bewegung gekommen. Durch ein sich gegenseitig beschleunigendes Wechselspiel aus praktischer Erfahrung und forschungsgeleiteter Innovation können die oben aufgelisteten Mythen heute weitgehend als eben solche entlarvt werden. Dies ist nicht der Ort, um die entsprechenden Analysen und Daten zu referieren – ich verweise hierzu auf meinen Aufsatz „Bauhaus für die Erde“, der im Juli 2022 erscheint (in: Klaus Wiegandt (Hrsg.), „3 Grad mehr“, oekom Verlag). Dort gehe ich auch auf die wirtschaftliche Konkurrenzfähigkeit des organischen Bauens ein und biete eine umfangreiche Liste von Literaturhinweisen an.

Nur zur Illustration möchte ich hier vermerken, dass die historische Angst vor städtischen Feuersbrünsten, die sich mit dem „Großen Brand von London“ (1666) zu einem europäischen Trauma auswuchs, heute gegenstandslos ist: Mit angemessener Klugheit und Sorgfalt kann man biobasierte Materialien inzwischen völlig feuersicher verbauen. Dagegen bereitet die Schallschutzfrage den Holzbauern noch ein wenig Kopfzerbrechen, aber auch da zeichnen sich inzwischen gute Lösungen ab.

Unbedingt zu betonen ist die Tatsache, dass man mit organischen Baustoffen heutzutage Gebäude von nahezu jeder Dimension und Struktur schaffen kann – wenn gewünscht auch hundertgeschossige Hochhäuser, wie in Tokio geplant. Die beiden Schlüsselinnovationen dafür heißen Neuartige Holzwerkstoffe und Digitalisierung. Die Grundidee beim Holzwerkstoff ist einfach, aber bestechend: Statt wie früher nach dem optimal gewachsenen Baum zu suchen, der, passend zurechtgesägt, direkt verbaut werden kann, ist man heute zur Komposition von geeigneten Holzelementen übergegangen. Wachsende Bedeutung kommt dabei den Vollholzwerkstoffen zu, deren Strukturelemente durch Leime, Dübel, Nägel usw. zusammengefügt und fixiert werden.

Alles begann recht profan Mitte des 19. Jahrhunderts in Thüringen mit der seriellen Produktion von Sperrholz (englisch: plywood) aus Holzfurnierplatten, die belemt und kreuzweise zur Faserrichtung aufeinandergepresst wurden. Dadurch konnte man die Werkstoffdynamik durch Quellen und Schwinden unter Umwelteinfluss (Temperatur, Feuchtigkeit usw.) weitgehend „sperrern“ und eine hohe Formstabilität erzielen. Das Verfahren war simpel, und die entsprechenden Erzeugnisse galten im Vergleich zu Objekten aus gewachsenem Massivholz als funktional, aber unterklassig. Seither hat der Ansatz dramatisch an Bedeutung und Ansehen gewonnen, insbesondere durch die Einführung und Vervollkommnung des Brettsperrholzes (englisch: cross-laminated timber) seit den 1990er-Jahren in Deutschland und Österreich.

Dass biobasierte Architektur in großem Stil nicht nur technisch und operativ möglich ist, sondern das Bauen im 21. Jahrhundert durchaus dominieren könnte, habe ich hiermit begründet. Allerdings müssen wir uns nun einem Einwand stellen, der bei jeder einschlägigen Diskussion unmittelbar nach der

angeblich unbeherrschbaren Brandproblematik vorgebracht wird: Es gäbe gar nicht genügend organischen Baustoff für die angestrebte Transformation. Beziehungsweise, die notwendigen Mengen ließen sich nur über ein industrielles Plantagensystem beschaffen. Letzteres würde nicht nur den Klimaschutz selbst konterkarieren, sondern auch andere eminente Nachhaltigkeitsziele wie die Bewahrung der biologischen Vielfalt mit Füßen treten.

Eine angemessene Auseinandersetzung mit dieser Kritik würde wiederum eine detaillierte Erläuterung der Sachlage unter Berücksichtigung aller wesentlichen Systemfaktoren erfordern und damit den Rahmen dieses Essays sprengen. Deshalb begnüge ich mich hier mit den wichtigsten Hinweisen unter Berücksichtigung relevanter Studien. Denn inzwischen gibt es endlich eine leidenschaftliche wissenschaftliche Debatte über die nachhaltigen Potentiale an nachwachsenden Rohstoffen in den verschiedenen Regionen der Erde. Dabei spielen – wenig überraschend – die Begriffe Entwaldung und Aufforstung die wichtigsten Rollen.

Aber selbstverständlich hängt die Größe des skizzierten Klimaschutzeffekts von Ausmaß und Beschaffenheit der entsprechend nutzbaren Forstfläche ab. Nachdem viele Jahre die Herausforderung einer transformativen globalen Landnutzungsstrategie oft zur wohlfeilen Aufforderung an Individualakteure („Lasst uns einen Baum pflanzen!“) banalisiert wurde, hat inzwischen eine ernsthafte Debatte über Entwaldung und Aufforstung eingesetzt. Einen vielbeachteten Beitrag dazu leistete 2019 die Forschergruppe um Jean-Francois Bastin von der ETH Zürich mit ihrer Abschätzung der „Baumtragfähigkeit der Erde“ – obgleich (oder gerade, weil) – die Veröffentlichung massive Kritik von Fachkollegen auf sich zog. Die Wissenschaftler entwickelten auf der Basis umfangreicher empirischer Datensätze und unter Zuhilfenahme maschineller Algorithmen ein Modell, das mit relativer hoher Auflösung (30 Bogensekunden) die potentiellen geographischen Bewaldungszellen weltweit identifiziert. Dabei wird sogar der jeweilige prozentuale Flächenanteil der Baumkronen berechnet, der von 0 % in trockenen Wüsten bis auf 100 % in dichten Äquatorialwäldern steigt. (Bastin et al., 2019)

Ergebnis der Studie: Unter heutigen Klimabedingungen könnten 4,4 Milliarden Hektar der festen Erdoberfläche von Bäumen bestanden sein. Zieht man davon die

bereits existierende Kronenfläche ab (2,8 Milliarden Hektar), ebenso wie das heutige von Landwirtschaft und Siedlungswesen beanspruchte Land, dann verbleiben schätzungsweise 0,9 Milliarden Hektar. Auf dieser weltweit verstreuten Fläche könnte im Prinzip Aufforstung bzw. Wiederbewaldung im Sinne einer globalen Reparaturmaßnahme erfolgen. Über die Hälfte des Potentials konzentriert sich auf lediglich sechs Staaten (Russland, USA, Kanada, Australien, Brasilien und China).

Wenn man dieses Potential voll ausschöpfte, würden laut Studie die zusätzlichen Wälder im ausgewachsenen Stadium weitere 205 Gigatonnen Kohlenstoff speichern. Bei bloßem Fortbestand dieser Vegetation (also ohne die oben beschriebene Biomasseauskopplung) könnte man auf diese Weise allein über zwei Drittel des CO<sub>2</sub>-Budgets kompensieren, das unserer Zivilisation bei Beachtung der 2°C-Leitplanke noch zur Verfügung stünde. Würden die neugeschaffenen Wälder überwiegend für die regenerative Produktion von Rohstoffen für das organische Bauwesen genutzt (wie oben vorgeschlagen), dann ließe sich die entsprechende Nachfrage tatsächlich weitgehend decken.

Als Joker im großen Wiederaufforstungsspiel könnten sich desertifizierte Gebiete erweisen, insbesondere trockene subtropische Flächen, die einstmals mehr oder weniger dicht bewaldet waren. Der australische Agrarwissenschaftler Tony Rinaudo erhielt 2018 den „Alternativen Nobelpreis“ für seine konzeptionellen und praktischen Beiträge zur Wiederbelebung von Wüsten (vor allem in Westafrika). Rinaudos Wirken ist getrieben von zwei kritischen Einsichten. Da ist zum einen seine Wiederentdeckung des „unterirdischen Waldes“ während der schrecklichen Saheldürre in den 1970er-Jahren: Bei einer Exkursion in Niger fielen ihm die verstreuten niedrigen Büsche auf, die aus dem scheinbar sterilen Wüstenboden sprossen. Bei genauerer Inspektion erwiesen diese sich als Äste von lebendem Baumwurzelwerk, das vom Sand verborgen war. Mit einem einfachen Messer kann man diese Wurzeln so beschneiden, dass aus ihnen wieder junge Bäume austreiben. Und tatsächlich gibt es Abermillionen verborgener Baumstämme in der Sahelzone, aber auch in Indien, Brasilien, Australien usw.

Da ist zum anderen Rinaudos Überzeugung, dass die Wiederaufforstung geeigneter Areale durch und für die heimischen Bauern realisiert werden sollte

(FMNR – Farmer Managed Natural Regeneration). Oft scheitern die großen staatlichen bzw. internationalen Wiederbewaldungskampagnen im Globalen Süden, weil man mit gewaltigem Aufwand an Menschen und Material importierte Baumschulgewächse in die trockene Erde einbringt und erstbewässert. Hinter der weiter wandernden Pflanzfront stirbt in der Regel ein hoher Prozentsatz der Jungbäume ab. Rinaudos doppelt-lokaler Ansatz ist hingegen von großem Erfolg gekrönt. In einer Reihe afrikanischer Länder hat FMNR bereits über 20 Millionen Hektar Waldfläche zurückgewonnen. Übrigens hat Volker Schlöndorff, der 1980 mit der Verfilmung der „Blechtrommel“ einen Regie-Oscar gewann, vor kurzem einen Dokumentarfilm über Tony Rinaudo und sein Wirken im Globalen Süden gedreht. „Der Waldmacher“, so der Titel des Films, läuft seit April 2022 mit großem Erfolg in den deutschen Kinos. Der Regisseur – immerhin schon stolze 83 Jahre alt – hat für dieses besondere Projekt Rinaudo in einige der unwirtlichsten Gegenden der Erde begleitet. Entstanden ist ein einzigartig authentischer Blick auf afrikanische Natur und Kultur, selbstverständlich auch eine Hommage an den Menschen, „der ganze Wälder wachsen lässt, ohne einen einzigen Baum zu pflanzen“.

Allerdings sollte man gerade die Forstrechnung nicht ohne den Klimawirt machen: Die Gruppe um Bastin (s. o.) zumindest schätzt, dass im pessimistischsten der gebräuchlichen Emissionsszenarien (mit der technischen Bezeichnung RCP 8.5) die Baumtragfähigkeit der Erde um über 200 Millionen Hektar gegenüber heute schrumpfen dürfte. Dabei würden großen klimawandelbedingten Zuwächsen der borealen Wälder (z. B. in Sibirien) noch größere Baumkronenverluste der tropischen Regenwälder (z. B. im Amazonasgebiet) gegenüberstehen. Die Autoren betonen jedoch selbst, dass die entsprechenden Modellrechnungen mit enormen Unsicherheiten belastet sind und eine ganze Reihe von Prozessen, Störungen und Rückkopplungen nicht zufriedenstellend abbilden. Dennoch scheint aufgrund dieser Analyse keine grundsätzliche Knappheit an Forstentwicklungsoptionen zu bestehen.

Dringend erforderlich ist jedoch eine „Forstwende“, die weltweit die Zerstörung von Primär- und Sekundärwälder für die Produktion von Sojabohnen, Palmöl oder Rindfleisch beendet, degradierte Flächen in großem Stil wieder-

aufforstet, aber auch die existierenden Wälder so „umbaut“, dass die trotz veränderter Umweltbedingungen produktiv, resilient und divers bleiben. Dann können insbesondere die für die „hölzernen Städte“ benötigten nachwachsenden Rohstoffe ohne grobe Verletzung anderer Nachhaltigkeitsziele bereitgestellt werden. In den tropischen und subtropischen Ländern wäre auch eine Renaissance der Bambusarchitektur unbedingt wünschenswert: Die Riesenvariante dieses „Grases“ wächst immerhin in 6 Jahren bis zu 40 Meter hoch und liefert einen hervorragenden Rohstoff für die verschiedensten Zwecke.

## 6. DIE NEUE BAUHAUS-BEWEGUNG

Die Transformation der gebauten Umwelt ist also entscheidende Voraussetzung für die Korrektur einer Klimaentwicklung, welche die Lebensgrundlagen der Menschheit ernsthaft gefährdet. Aber es gibt heute auch noch Tausend andere Gründe, das Siedlungswesen als Ganzes in den Blick zu nehmen und weitgehend neu zu denken.

Denn „was wäre, wenn CO<sub>2</sub> die planetare Strahlungsbilanz nicht beeinflussen würde – wie zahlreiche verwirrte Geister hartnäckig behaupten? Würden wir dann – befreit von Klimaängsten – die real existierende gebaute Umwelt als gesellschaftlich versöhnend und ästhetisch beglückend empfinden? Müssen wir tatsächlich von dysfunktionaler Hässlichkeit umgeben sein, welche die sozialen Unterschiede im wahrsten Sinne des Wortes zementiert?“

Strukturell ist die gebaute Moderne gescheitert in der konzentrischen Logik der Megastädte, die in täglichen, wöchentlichen und saisonalen Pendelbewegungen ungeheure Mengen an Lebewesen, Gütern, Energien und Informationen einsaugen, verdauen und wieder „ins Hinterland“ ausscheiden. Dieses Funktionsprinzip hat eine Vielzahl fataler Konsequenzen, von denen ich hier nur wenige herausgreifen will:

Da sind die wuchernden Streusiedlungen an der Peripherie der Metropolen, die keinerlei Identität jenseits des geometrischen Bezugs zum Zentrum besitzen. An Einfamilienbleiben auf geizigen Parzellen tobt sich dort der Landhauskitsch aus.

Viel weiter kann man die soziale Atomisierung nicht treiben, aber die giftige aktuelle „Eigenheimdebatte“ zeigt, wo auch noch viele Jahrzehnte nach den Weltkriegszerstörungen der Fluchtpunkt der Mittelschichtensehnsucht liegt.

Da ist die kulturelle Entleerung der sogenannten Provinz, wo in den Dörfern, Klein- und Mittelstädten die Plätze der Begegnung veröden, die traditionellen Stätten der Lebensfreude verfallen und selbst die elementarsten Versorgungseinrichtungen in Richtung Oberzentrum verschwinden. Wenn Jugendliche die einzige Bushaltestelle im Ort zur unwirtlichen Ersatzkneipe umfunktionieren müssen, dann braucht man sich nicht zu wundern, wenn bei der nächsten Wahl Gekränktheit und Neid auf die urbanen Eliten den Stift nach rechts lenkt.

Da sind die 1-2 Milliarden Erdenbürger (wie viele genau, weiß niemand), die in informellen Siedlungen hausen. Meist in Slums am Rande der Großstädte, aber auch unter Autobahnbrücken, in stillgelegten Hafenanlagen, ja sogar auf schwelenden Mülldeponien. Oft nur wenige Kilometer von den glamourösen Innenstädten entfernt, wo etwa das hippe Penthouse mit Blick auf den New Yorker Central Park oder das meist leerstehende Luxus-Appartement in einem der „Dark Towers of London“ Dutzende Millionen Dollar oder Pfund kostet.

Ich zitiere hier und weiter unten aus dem Originalmanuskript meines am 22. April 2021 in der FAZ erschienenen Essays mit dem Titel „Ein Bauhaus für die Erde“ (Schellnhuber, 2021). Dort habe ich argumentiert, dass Baukultur, Stadtentwicklung und Raumplanung seit langer Zeit im falschen Film unterwegs sind – auf jeden Fall nicht in einem, der im 21. Jahrhundert spielt. Im richtigen Film sind wir mitten in einer Zeitenwende, welche an die großen gesellschaftlichen Rupturen erinnert, die am Ende des Ersten Weltkriegs die überkommenen gesellschaftlichen Ordnungen zerfallen ließen. Aus den Trümmern wuchs rasch Neues auf, nicht zuletzt das „Staatliche Bauhaus“, das Walter Gropius 1919 in Weimar als eine Kunstschule gründete. Durch Konzept, Anspruch und Wirkung revolutionierte diese Schule die Bauwelt des 20. Jahrhunderts.

„Das Bauhaus“ war damals ausgesprochen *zeitgemäß*, denn es wählte einen ganzheitlichen Ansatz, der alle Gewerke vom Tischler bis zum Kunstmaler

zusammenbrachte. Es studierte und nutzte enthusiastisch die Möglichkeiten seiner technischen Epoche (wie das modulare Bauen) und empfand sich selbst als soziales Fortschrittsprojekt, das endlich menschenwürdigen Wohnraum für die Massen „unterhalb“ der Eliten schaffen wollte. Organische Materialien gehörten durchaus zum Stoffkanon der Schule, aber der eigentliche Nachhaltigkeitsgedanke war ihr verständlicherweise so fremd wie die dunkle Seite des Mondes.

Doch was wäre, wenn Gropius und seine Mitstreiter (vom Architekten Mies van der Rohe bis zum Grafiker Feininger) sich plötzlich in der Welt von heute wiederfänden und ihre programmatischen und kreativen Energien auf die dramatisch gewandelten Herausforderungen eben dieser Welt lenken würden? Mit Sicherheit würden sie die planetare ökologische Krise ins Zentrum ihres Schaffens rücken.

Da diese historischen Persönlichkeiten nicht wiedergeboren werden, müssen Personen der Gegenwart entsprechend tätig werden. Eine tragende Rolle in diesem Zusammenhang spielt hierzulande seit geraumer Zeit der Bund Deutscher Architekten (BDA), der insbesondere mit einem großartigen Manifest zur klimagerechten Siedlungsentwicklung Bewegung in die Zukunft brachte. Seit einigen Jahren bin ich selbst im Gedankenaustausch mit führenden BDA-Mitgliedern. Ich hatte mich jedoch unabhängig davon schon lange mit dem Gedanken getragen, angesichts der Klimanotlage den Grundansatz des Weimarer Bauhauses – Streben nach einer ganzheitlichen Baukultur im Bewusstsein gesellschaftlicher Verantwortung – wiederzubeleben. Dafür war das Jubiläumsjahr 2019, also genau 100 Jahre nach der Bauhaus-Gründung, ein geeigneter Zeitpunkt.

Im Dezember jenes Jahres gelang es mir dann, in Caputh bei Potsdam, also in der Nähe von Einsteins Sommerhaus, einen entsprechenden Initiativkreis von bemerkenswerten Persönlichkeiten ins Leben zu rufen. Dabei entstand u. a. die Erklärung von Caputh, welche die baldige Transformation der gebauten Umwelt innerhalb der planetaren Grenzen einfordert und sich bewusst am holistischen Ansatz des historischen Bauhauses orientiert. Zitat: „Damit die Zivilisation nicht nur überleben, sondern sich sogar divers und solidarisch weiterentwickeln kann, müssen wir also eine neue *Ganzheitsbetrachtung* der gebauten Umwelt vornehmen.“



Die Erklärung signalisiert jedoch auch deutlich, dass man den Bauhaus-Ansatz ins 21. Jahrhundert transportieren und ihm eine neue Zielrichtung geben muss, die den Erfordernissen und Möglichkeiten unserer Zeit entspricht: „Ein Hauptziel aller Baukultur muss das gute Leben der Menschen im Einklang mit der Natur sein. Der Leitbegriff der durch Architektur, Kunst, Design, Manufaktur, Infrastruktur, Stadtentwicklung, Landschaftsgestaltung und Raumplanung nun zu erschaffenden nachhaltigen Moderne könnte deshalb das Organische (bzw. das Natürliche) sein – so wie sich die untergehende industrielle Moderne am Maschinellen ausrichtete.“

Der letzte Satz ist alles entscheidend, wie ich im letzten Abschnitt nochmals unterstreichen werde. Hier ist zu berichten, dass unsere Initiative inzwischen weite Kreise zieht. An erster Stelle ist in diesem Zusammenhang das „New European Bauhaus“ (NEB) zu nennen, ein großes europäisches Projekt, das enormes transformatives Potential besitzt. Das NEB wurde von Ursula von der Leyen, der Präsidentin der Europäischen Kommission, in ihrer „State of the Union Speech“ vom 16. September 2020 ins Leben gerufen. „Das neue Europäische Bauhaus ist eine kreative interdisziplinäre Initiative, die einen Ort der Begegnung schaffen soll, wo an der Schnittstelle von Kunst, Kultur, sozialer Inklusion, Wissenschaft und Technologie künftige Lebensweisen gestaltet werden. Es bringt den Grünen Deal an unseren Lebensmittelpunkt und ist ein Aufruf, gemeinsam Vorstellungen von einer nachhaltigen, inklusiven, intellektuell und emotional ansprechenden Zukunft zu entwickeln und zu realisieren.“ So steht es auf der NEB Website (Europäische Kommission 2021).

Letztlich geht es um eine Zukunft des Bauens (und damit nach dem oben Gesagten um das Bauen der Zukunft!), wo Nachhaltigkeit, Teilhabe und Schönheit wichtigere Maßstäbe sind als Profit, Konkurrenz und Prestige. Das kann man als noblen, aber unrealistischen Anspruch abtun. Die Diskurse, die sich zum NEB bereits europaweit organisieren, deuten jedoch darauf hin, dass unsere Zivilisation endlich bereit ist, aus dem globalen Nachkriegsparadigma auszubrechen, um ernsthaft über bessere Narrative der Moderne zu sprechen und zu streiten.

## 7. ALLE WEGE FÜHREN NACH ROM

Im Juni 2022, also exakt sieben Jahre nach der Vorstellung der Enzyklika *Laudato si'*, schließt sich in Rom der Kreis, den ich in diesem Essay fast zu Ende gezeichnet habe: Dann wird in der Casino Pio IV eine Konferenz der Päpstlichen Akademie stattfinden, die den zeitgenössischen Diskurs über die gebaute Umwelt auf ein neues Niveau heben und vor allem zu einem globalen Gedankenaustausch machen soll. Der englische Titel *Reconstructing the Future for People and Planet* reflektiert zwei Grundgedanken der vorangehenden Abschnitte, nämlich erstens, dass wir willentlich vom bisher vorprogrammierten Zukunftspfad abweichen müssen, wenn wir Schöpfung und Zivilisation bewahren wollen. Und zweitens, dass dies nur durch eine Transformation der gebauten Umwelt gelingen kann.

Bei diesem Ereignis werden sich junge und alte, weibliche und männliche Architekten, Stadtplaner, Naturwissenschaftler, Forstexperten, Kybernetiker, Sozioökonom, Designer und Künstler aus der ganzen Welt begegnen und über den integrierten Umbau der Städte und Wälder diskutieren. Unter anderem nehmen zwei Träger (Shigeru Ban aus Japan und Francis Kéré aus Burkina Faso) des Pritzker-Preises teil, der in der Architektur dem Nobelpreis entspricht. In letzter Konsequenz geht es um die gemeinsame Kreation einer Vision, wie die technische Welt („Anthroposphäre“) und die natürliche Welt („Ökosphäre“) wieder versöhnt werden können. Dafür muss insbesondere die „funktionale Entflechtung“ der Flächen, wie sie etwa 1933 in der Charta von Athen propagiert wurde, überwunden werden. Dies soll nicht zuletzt mit einer die Konferenz beschließenden Charta von Rom (geplanter englischer Titel „The Great Re-Entanglement“) gelingen, welche entsprechende Debatten rund um den Globus auslösen soll.

Bei diesem Ereignis werden auch einige Protagonisten dieses Aufsatzes wieder zusammentreffen, etwa Papst Franziskus und Präsidentin Ursula von der Leyen. Und ich selbst werde als Initiator der Konferenz den neuen Kanzler der PAS wiedersehen, nämlich Kardinal Turkson, mit dem ich 2015 *Laudato si'* vorstellen durfte. Fast möchte man hier an Vorsehung glauben...



*Hinweis:*

*Einige Passagen des Essays sind dem oben bereits zitierten Artikel des Autors „Bauwende zur Nachhaltigkeit“ entnommen. Alle diese Textelemente sind jedoch aktualisiert und nun in einen neuen Kontext eingebettet.*

**Der Physiker Hans Joachim Schellnhuber** zählt zu den renommiertesten Klimaforschern der Welt und ist einer der Begründer und Vordenker der interdisziplinären Erdsystemanalyse. 1992 gründete er das Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK), dessen Direktor er bis 2018 war. Er ist Mitglied zahlreicher Akademien und wissenschaftlicher Gremien und berät u.a. EU-Kommissionspräsidentin Ursula von der Leyen.

Durch die unter seiner Leitung entwickelten Modellierungsmethoden lassen sich das Phänomen Klimawandel und dessen Auswirkungen auf die Ökosphäre, die Weltwirtschaft und die gesellschaftlichen Bedingungen deutlich besser verstehen. Mit seinen Arbeiten legte Schellnhuber die wissenschaftlichen Grundlagen für das Ziel der Europäischen Union, die Erderwärmung auf zwei Grad gegenüber vorindustriellem Niveau zu begrenzen. Mit dem Pariser Klimaabkommen von 2015 ist dieses Ziel nun völkerrechtlich verankert.

Sein neuestes Projekt ist das "Bauhaus der Erde" (BE). Angelehnt an das historische Weimarer Bauhaus von Walter Gropius und seinen Mitstreitern soll es eine "zweite Bauhaus-Bewegung mit bewusst ökologischem Anspruch" im 21. Jahrhundert anstoßen. Das BE wird in Berlin und Potsdam ansässig sein.

## Literaturverzeichnis:

Bastin, J. F., Finegold, Y., Garcia, C., Mollicone, D., Rezende, M., Routh, D., Zohner, C. M., & Crowther, T. W. (2019). The global tree restoration potential. *Science* (New York, N.Y.), 365(6448), 76–79. <https://doi.org/10.1126/science.aax0848>

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. (2021). Massvie Schäden - Einsatz für die Wälder. <https://www.bmel.de/DE/themen/wald/wald-in-deutschland/wald-trockenheit-klimawandel.html>

Churkina, G., Organschi, A., Reyer, C. P. O., Ruff, A., Vinke, K., Liu, Z., Reck, B. K., Graedel, T. E., & Schellnhuber, H. J. (2020). Buildings as a global carbon sink. *Nature Sustainability*, 3(4), 269–276. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0462-4>

Europäische Kommission. (2021). New European Bauhaus. [https://europa.eu/new-european-bauhaus/index\\_en](https://europa.eu/new-european-bauhaus/index_en)

Francis, P. (2015). *Laudato si*. Vatican City: Vatican Press, May, 24. [https://www.vatican.va/content/dam/francesco/pdf/encyclicals/documents/papa-francesco\\_20150524\\_enciclica-laudato-si\\_ge.pdf](https://www.vatican.va/content/dam/francesco/pdf/encyclicals/documents/papa-francesco_20150524_enciclica-laudato-si_ge.pdf)

IEA. (2019). *Global Status Report for Buildings and Construction 2019*. Paris. IEA. <https://www.iea.org/reports/global-status-report-for-buildings-and-construction-2019>

In the line of fire (2020). *Nature Climate Change*, 10(3), 169. <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0720-5>

IPCC. (2018). *Global warming of 1.5°: An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*. Geneva. IPCC.

IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, In Press. <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-ii/>

Kiel, V. (2022, April 30). Die andere Zeitwende. Artensterben, Extremhitze, Wasserknappheit. SPIEGEL Online. <https://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/klima-krise-artensterben-an-land-und-im-meer-bodenkrise-extremhitze-wasserknappheit-a-44191832-ca79-421a-8af7-1a5189co49f4>

Müller, M. (2022, February 12). Indonesiens neue Hauptstadt soll die Probleme von Jakarta lösen. *Neue Zürcher Zeitung*. <https://www.nzz.ch/international/indonesien-erhaelt-neue-hauptstadt-weil-jakarta-absaeuft-ld.1668832>

Schellnhuber, H. J. (2015). *Selbstverbrennung: Die fatale Dreiecksbeziehung zwischen Klima, Mensch und Kohlenstoff*. C. Bertelsmann.

Schellnhuber, H. J. (2021a). Bauhaus für die Erde. *FAZ - Frankfurter Allgemeine Zeitung*. <https://www.faz.net/aktuell/feuilleton/debatten/vorschlag-zur-rettung-der-welt-schellnhuber-ueber-holzbau-17305173.html>

Schellnhuber, H. J. (2022). *Bauhaus für die Erde: Nachhaltige Nutzung von Holz im Bausektor*. In K. Wiegandt (Ed.), *3 Grad mehr: Ein Blick in die drohende Heißzeit und wie uns die Natur helfen kann, sie zu verhindern*. oekom verlag.

Steffen, W., Rockström, J., Richardson, K., Lenton, T. M., Folke, C., Liverman, D., Summerhayes, C. P., Barnosky, A. D., Cornell, S. E., Crucifix, M., Donges, J. F., Fetzer, I., Lade, S. J., Scheffer, M., Winkelmann, R., & Schellnhuber, H. J. (2018). Trajectories of the Earth System in the Anthropocene. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 115(33), 8252–8259. <https://doi.org/10.1073/pnas.1810141115>

Stöhr, M. (2022, April 23). Der unstillbare Hunger nach Land. Bauboom in Kambodscha. SPIEGEL Online. <https://www.spiegel.de/ausland/bauboom-in-kambodscha-feuchtgebiet-soll-zu-bauland-werden-mit-riesiger-menge-sand-a-4a8f2114-977f-48bf-b4d9-17de14c5532a>

Tabarrok, A., & Rajagopalan, S. (2015, March 17). Designing private cities, open to all. *New York Times Opinion Pages*. [https://www.nytimes.com/2015/03/17/opinion/designing-private-cities-open-to-all.html?\\_r=0](https://www.nytimes.com/2015/03/17/opinion/designing-private-cities-open-to-all.html?_r=0)

Tedesco, M., & Fettweis, X. (2020). Unprecedented atmospheric conditions (1948–2019) drive the 2019 exceptional melting season over the Greenland ice sheet. *The Cryosphere*, 14(4), 1209–1223. <https://doi.org/10.5194/tc-14-1209-2020>

United Nations Environment Programme. (2019). *Sand and Sustainability: Finding New Solutions for Environmental Governance of Global Sand Resources*. <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/28163>

WBGU. (2016). *Der Umzug der Menschheit: Die transformative Kraft der Städte*. Berlin. WBGU - Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen.

Wiegandt, K. (Ed.). (2022). *3 Grad mehr: Ein Blick in die drohende Heißzeit und wie uns die Natur helfen kann, sie zu verhindern*. oekom verlag.

World Meteorological Organization. (2021). *State of the Global Climate 2020*.



**M.M. WARBURG & CO**  
**BANK**

[www.mmwarburg.de](http://www.mmwarburg.de)