

# Max Born-Vorlesung von Hartmut Graßl

Berlin, am 29. April 2022

Für die große Ehre die Max-Born-Medaille bekommen zu haben, möchte ich mich sehr herzlich bei der Jury bedanken. Ich nehme die Medaille mit großem Respekt entgegen, weil ich weiß, dass der Nobelpreisträger Max-Born nicht nur ein Großer in der Physik war, sondern auch die Verantwortung eines Wissenschaftlers sehr ernst nahm und als anderen Menschen Helfender herausragte.

Ich habe als Thema meiner Vorlesung gewählt:

## Die Entwicklung der globalen Energiewende

### Einleitung

Die Menschen haben Energie für ihr Überleben und ihre Aktivitäten in mehr als 99 Prozent ihrer Existenz als *homo sapiens* direkt oder indirekt von der Sonne bezogen, und sie haben es dabei bis zur Windmühle, zur Mühle am Bach, dem Zugpferd oder dem Lastenkamel gebracht. In nur weniger als dreihundert Jahren haben sie dann die in der Erdkruste über viele Jahrmillionen gestapelten Reste des Lebens, also Kohle, Erdöl und Erdgas mit millionenfacher Geschwindigkeit gegenüber der Bildungsrate überwiegend zur Energiegewinnung verbrannt, so dass seit etwa 50 Jahren in der Wissenschaft das Ende dieses Raubbaus diskutiert wird, wir aber im Jahre 2022 immer noch sehr stark von den fossilen Energieträgern abhängen.

Ich möchte im Folgenden den zähen Weg der vergangenen 50 Jahre zurück zur Nutzung der von der Sonne direkt oder indirekt abgeleiteten erneuerbaren Energieträger schildern, mit einem Fokus auf Deutschland, auch weil die Zivilgesellschaft in unserem Land, meist früher als in anderen Ländern, den Umbau des Energieversorgungssystems vorangetrieben hat sowie die Politiker wenigstens Teile der Argumente der Pioniere aus der Zivilgesellschaft übernommen haben. Ich werde dabei auch schildern, wie ich persönlich dabei betroffen oder auch gelegentlich Akteur war. Anders als 1972 vom Bericht an den Club of Rome vorhergesagt, sind nicht die Übernutzung der Ressourcen und der daraus vielleicht rasch entstehende Mangel sondern die Folgen des gasförmigen Abfalls der Antrieb für die Zivilgesellschaft für ein neues Energieversorgungssystem gewesen: Erst waren es die Luftverschmutzung und der Angriff von Abbauprodukten der Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe (FCKW) auf die stratosphärische Ozonschutzschicht, und dann erst die Klimaänderungen durch den erhöhten Treibhauseffekt, letzterer überwiegend vom Kohlendioxid als dem Endprodukt aller Verbrennungen verursacht.

### Mein persönliches und das globale Umfeld

Die ersten etwas mehr als fünf Jahre meines Lebens verbrachte ich in der idyllischen Landschaft am Obersalzberg am Rande eines Naturschutzgebietes, aber auch nahe zur Sperrzone um das Haus des Diktators Hitler. Ich wuchs also noch in den letzten Jahren einer der schlimmsten Diktaturen der Menschheitsgeschichte auf. Ab deren Ende, das zeitlich sehr eng mit dem Flächenbombardement des Obersalzberges Ende April 1945 zusammenfiel, lebte ich bis 1949, als die Bundesrepublik Deutschland auf nur knapp der Hälfte des früheren Deutschen Reiches entstand, als Evakuierter in der amerikanischen Besatzungszone. Aber hätte sich bei der Aufteilung Deutschlands durch die Siegermächte der britische Premierminister Churchill mit seinem Wunsch Deutschland möglichst klein zu halten, durchgesetzt, so wäre ich in der Berchtesgadener Ramsau, Land Salzburg in Österreich, zur Schule gegangen und wäre jetzt Österreicher. Ich sage das nahe zum Anfang meines Vortrages, um zu zeigen, dass der Wunsch seinen Einflussbereich zu vergrößern für den Homo Sapiens ein

Grundbedürfnis ist, und dass dabei militärische Konflikte oft nicht gescheut werden. Es war quasi die Norm in der Zeit bis zur Aufklärung, damals fast ohne jedes Völkerrecht, dass der Nachbar überfallen wurde, wenn man sich dazu als stark genug empfand. Nach dem Überfall wurde das eroberte Territorium dem eigenen Bereich zugeschlagen, wie es jetzt 2022 die Russische Föderation mit der Ukraine versucht.

Jetzt leben wir aber auch in einer Zeit mit einem globalen, seit 2016 völkerrechtlich bindenden Paris-Abkommen - einem Protokoll der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen von 1992 - das ich gerne ein erstes Stück Weltinnenpolitik nenne. Es hat als Ziel, die maximal erlaubte mittlere Erwärmung an der Erdoberfläche unter 2°C zu halten. Dieses Ziel ist nach Aussage der Klimaforscher äquivalent zu einer bis 2050 zu erreichenden globalen Energiewende, also einer Welt, die ausschließlich erneuerbare Energieträger nützt. Bei den jährlichen Vertragsstaatenkonferenzen der Rahmenkonvention und damit auch des Paris-Abkommens wird die globale Energiewende bisher jedoch nicht ausreichend schnell, also nur sehr zäh in kleinen Schritten vorangebracht.

Ähnlich stark forderndes Völkerrecht zur Minderung der Bedrohung aller Lebewesen durch Zerstörung ihres Lebensraums und nicht nur durch zu rasche Klimaänderungen ist noch keineswegs vorhanden, denn das erfordert einen Paradigmenwechsel in der Landwirtschaft.

### **Wie einer der Göttinger 18 meinen Berufsweg beeinflusste**

Dass ich Wissenschaftler wurde hat sehr früh – also lange vor meiner Mitgliedschaft in der Vereinigung Deutscher Wissenschaftler (VDW e.V.) – mit dieser zu tun.

Es war nämlich Professor Fritz Bopp, einer der Göttinger 18 von 1957, der als Professor für Theoretische Physik an der Ludwig-Maximilians-Universität in München mich im Frühjahr 1962 zum Physikstudenten „machte“. Mein Respekt vor der Physik war zu hoch um dieses Fach von Anfang an zu studieren. Ich wählte das Fach Meteorologie, nicht wissend, dass dies bis zum Vordiplom überwiegend Mathematik und Physik bedeutete. Als ich ein aus meiner Sicht sehr gutes Vordiplom in Meteorologie im Februar 1962 geschafft hatte, ging ich zum Vorsitzenden des Prüfungsausschusses Physik, Fritz Bopp, um die Bedingungen für das Weiterstudium der Physik zu erfahren. Das Resultat: Prof. Bopp wandelte innerhalb einer halben Stunde mein Vordiplom in Meteorologie in eines für Physik um, indem er mir erstens die Prüfung in Chemie angesichts einer sehr guten Praktikumsnote erließ, mich zweitens spontan in theoretischer Mechanik prüfte und drittens aus dem Vordiplom in Meteorologie eines in Physik machte. Sehr lange blieb mir unbekannt, dass er zu den Göttinger 18 gehörte.

### **Die Versuche ein neues Energieversorgungssystem aufzubauen**

Zunächst muss über die wissenschaftlichen Erkenntnisse zum Zusammenhang von Treibhausgaskonzentration und Temperatur der Luft in Erdbodennähe als der Begründung für die Abkehr von den fossilen Brennstoffen diskutiert werden. Sie ist lange wegen der wenig genau gemessenen Kohlendioxidkonzentration in der Luft umstritten gewesen, so dass z.B. der Brite Guy Stewart Callendar, der 1938 die volle Theorie des anthropogenen Treibhauseffektes veröffentlicht hat, kaum Resonanz fand. Aber in den 1950er Jahren wurden die Arbeiten mit immer ausführlicheren Strahlungstransportmodellen in der Atmosphäre häufiger und auch einer meiner Münchner Hochschullehrer war dabei wesentlich.

### **Die frühe Kunde vom zusätzlichen Treibhauseffekt**

Noch bevor Fritz Bopp mich an der LMU in München zum Physikstudenten machte, schon im Wintersemester 1960/61, meinem ersten Semester, wurde ich von Professor Fritz Möller über die aktuellste Klimaforschung informiert. Bei einem Sabbatical in Princeton im Jahre 1959, hatte er den amerikanischen Kollegen – unter anderen dem Nobelpreisträger für Physik von 2021, Syukuro Manabe

- geholfen, zum ersten Mal, verdoppelten Kohlendioxidgehalt in das damals einzige dreidimensionale allgemeine Zirkulationsmodell der Atmosphäre mit ozeanischer Deckschicht mit seiner Strahlungstransportexpertise, vor allem im langwelligen (thermischen) Strahlungsbereich, einzubauen. Das Ergebnis war eine Erwärmung an der Oberfläche von 3 bis 5°C. Für mich war deshalb schon als 20jährigen Studenten klar, dass Treibhausgasemissionen zu einer Erwärmung führen, die allerdings damals noch keineswegs von den natürlichen Temperaturschwankungen zweifelsfrei zu trennen waren.

Als ich 1971/72 als Post-Doc an der Universität Mainz ein Verfahren zur Messung der Oberflächentemperatur des Ozeans mit Erdsatelliten ableitete, „stolperte“ ich über eine kombinierte und daher ziemlich schwache Rotations-Schwingungsbande des Kohlendioxids, die im transparentesten Teil des langwelligen Fensters zum All diese Temperaturmessung erschwerte. Nimmt Kohlendioxid zu, dann nimmt im Fenster zum All die Absorption durch diese schwache Kohlendioxidbande noch fast linear mit der Konzentration zu. Später habe ich mit Mitarbeitern berechnet, dass über ein Drittel der Klimawirkung des zunehmenden Kohlendioxids von dieser schwachen Absorptionsbande herrührt, denn die Hauptabsorptionsbanden sind in den zentralen Teilen gesättigt, so dass eine Konzentrationszunahme dort nur noch viel schwächer zur Erwärmung an der Erdoberfläche beiträgt.

### **Der Warner vor anthropogenen Klimaänderungen?**

Warum bin ich in der Öffentlichkeit als Warner vor globalen Klimaänderungen durch die Industriegesellschaft bekannt geworden? Das verdanke ich der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG), für die ich 1986 zum Text eines geplanten Memorandums „Warnung vor drohenden weltweiten Klimaänderungen durch den Menschen“ wesentlich beitrug. Nach einem ersten fehlerhaften Memorandum der DPG schlug mich die protestierende Deutsche Meteorologische Gesellschaft (DMG) zusammen mit Professor Schönwiese aus Frankfurt (Mitglied der Gesellschaft für Verantwortung in der Wissenschaft (GVW)) für den Arbeitskreis Energie der DPG vor. Der Grund: Ich war zum Spezialisten für Strahlungsübertragung in der Erdatmosphäre geworden. Dass ich Physiker bin, half natürlich auch in der DPG, meine Formulierungen wurden so eher akzeptiert. Nach einem Versuch des Bundesministeriums für Forschung und Technologie im Januar 1987 die Veröffentlichung dieses ihr zugespielten Memorandums kurz vor der Bundestagswahl am 25. Januar 1987 zu verhindern, wurde es dann nach Verzögerung doch mit sehr geringen Änderungen am 5. März 1987 vom DPG-Präsidenten Professor Trümper (MPI für Extraterrestrische Physik) bei der Frühjahrstagung der DPG veröffentlicht. Danach leiteten die Präsidenten der DPG und der DMG Interview- und Gesprächswünsche von Journalisten und Politikern oft an mich weiter, so dass ich lernte in Mikrofone und Kameras zu Umweltthemen zu sprechen. Der Arbeitskreis Energie der DPG war - als ich in ihm mitarbeitete - dominiert von den Kernenergiebefürwortern, die das aber in der Öffentlichkeit nicht klar sagten. Auch die Reaktion des bayerischen Ministerpräsidenten Strauß auf das Memorandum, der im November 1987 über den Bundesrat die Einrichtung eines Wissenschaftlichen Klimabeirates der Deutschen Bundesregierung forderte und auch rasch bekam, war sehr wahrscheinlich von der relativ geringen CO<sub>2</sub>-Lastigkeit der Kernkraftwerke mitverursacht. Auch die Enquete-Kommission „Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre“ wurde im November 1987 vom 11. Deutschen Bundestag eingesetzt und im Vorfeld ihres ersten Zwischenberichtes (erschieden am 2. November 1988) lud mich der Kommissionsvorsitzende Bernd Schmidbauer (CDU) wegen Zweifeln an der Korrektheit der Aussagen zum erhöhten Treibhauseffekt zu einer Korrektursitzung nach Bonn ein, was dann zu meiner Nachberufung in die Kommission führte. Nur wenige der 13 Experten in der Kommission waren einer politischen Partei nicht Nahestehende, nämlich der spätere Nobelpreisträger für Chemie, Paul Crutzen, ein VDW-Mitglied und ich, noch kein VDW-Mitglied. Wir wurden wegen unseres Sachverstands im Bereich Luftchemie und Treibhauseffekt bei allen Pressekonferenzen der leitenden

Bundestagsabgeordneten hinzugezogen. Diese Enquete-Kommission „Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre“ brachte die Themen Klimaänderungen durch den Menschen und Bedrohung der Ozonschutzschicht in der Stratosphäre in fast jede Zeitung und damit mindestens zu den überdurchschnittlich Gebildeten, der Voraussetzung für politische Aktionen. Eine die Energiewende wirklich startende politische Reaktion war das 1990 formulierte Einspeisegesetz, das ab 1. Januar 1991 galt und wodurch elektrischer Strom aus erneuerbaren Energieträgern in das Stromnetz vorrangig eingespeist werden durfte. Es hat der Windenergienutzung einen ersten wesentlichen Impuls gegeben.

### **Die Wurzeln der Energiewende in Deutschland**

Es war jedoch schon viel früher zu einer eine Energiewende fordernden zivilgesellschaftlichen Bewegung in Deutschland gekommen, allerdings mit dem gänzlich anderen Ziel „weg von der Kernenergie“. Die Bundesregierung jedoch hatte genau den gegensätzlichen Wunsch, nämlich der Etablierung der Kernenergienutzung als der Hauptsäule der Energieversorgung. Denn die Öl(preis)krise 1973 hatte die Sorge vieler bestätigt, dass die deutsche Wirtschaft ohne Kernkraftwerke zu stark von importierten Energieträgern wie Öl und Erdgas abhängig sei. Daher setzte die sozialliberale Koalition auf den Ausbau der Kernenergie, um den prognostizierten steigenden Energiebedarf zu sichern. 40 neue Kernkraftwerke sollten bis zum Jahr 1985 gebaut werden. Doch dagegen regte sich ab Mitte der 1970er-Jahre Widerstand. Im südbadischen Wyhl besetzten Atomkraftgegner monatelang den Bauplatz des geplanten Kraftwerks, was auch für die Demonstranten an anderen Baustellen zum Vorbild wurde. Die Politik reagierte auf die zunehmenden Demonstrationen: Am 29. März 1979, sehr spät in der Legislaturperiode, beschloss der Bundestag einstimmig die Einsetzung einer Enquete-Kommission, um die „zukünftige Kernenergiepolitik unter ökologischen, ökonomischen, gesellschaftlichen und Sicherheits-Gesichtspunkten darzustellen und Empfehlungen für entsprechende Entscheidungen vorzubereiten“. Ihr gehörten 15 Mitglieder an: sieben Abgeordnete und acht Wissenschaftler, darunter auch der Physiker und Naturphilosoph Klaus Michael Meyer-Abich, der von 1976 bis 1981 Vorsitzender der Vereinigung Deutscher Wissenschaftler (VDW) und von 1984 bis 1987 parteiloser Senator für Wissenschaft und Forschung in Hamburg war. Diese Enquete-Kommission verwendete als erste das Wort Energiewende und stellte im Juni 1980 vier Szenarien vor, auch eines für den Ausstieg aus der friedlichen Nutzung der Kernenergie, also war alles vom maximalen Ausbau der Kernenergienutzung bis zum totalen Verzicht darauf dabei. Das sorgte für Streit zwischen Koalition und Opposition, denn die Mehrheit der Kommissionsmitglieder meinte, die Nutzung von Kernenergie sei nicht unbedingt notwendig. Durch Verringerung des Energiebedarfs und einen Ausbau von alternativen Energien sei ein Ausstieg möglich. Obwohl 1979 bei der 1. Weltklimakonferenz der WMO in Genf das Weltklimaprogramm wegen der Debatte über potenzielle Klimaänderungen durch die Menschheit aus der Taufe gehoben worden war, mit der Aufgabe den Einfluss des Menschen auf das globale Klima zu verstehen, sprach die Enquete-Kommission noch nicht über den Ausstieg aus den fossilen Brennstoffen aus Klimaschutzgründen. Zudem empfahl die Kommission, bis zum Jahr 1990 keine endgültige Entscheidung für oder gegen Kernkraft zu treffen, sondern beide Optionen offen zu halten. Zusätzlich plädierte die sozialliberale Koalition für eine Nachfolge-Kommission nach der Bundestagswahl im Oktober 1980, zur Entscheidung über die Technologie des „Schnellen Brüters“ und weitere offene Fragen, für die in den 15 Monaten der Enquete-Beratungen zu wenig Zeit geblieben war.

### **In den 1980er Jahren wurde das Klimathema virulent**

Erste Auswertungen der schon über 100jährigen fast globalen Lufttemperaturbeobachtungen in zwei Meter Höhe ergaben eine Temperaturerhöhung vor allem in höheren Breiten und verbesserte Modelle der Allgemeinen Zirkulation der Atmosphäre, damals vor allem in den USA, zeigten eine immer besser quantifizierbare Abhängigkeit von den Treibhausgasen. Die vom Internationalen Rat für Wissenschaft

(ICSU) gestützten öffentlichen Äußerungen der führenden Klimaforscher in zwei Konferenzen in Villach (Österreich) 1985 und 1986 veranlassten die Weltorganisation für Meteorologie (WMO) in Genf zur Gründung des Zwischenstaatlichen Ausschusses über Klimaänderungen (November 1988, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)), ohne dessen regelmäßige Bewertungen des Wissens um die globalen Klimaänderungen die völkerrechtliche Rahmung des Klimaschutzes wohl nicht existierte. Auch erste Nichtregierungsorganisationen, wie oben erwähnt, die wissenschaftlichen Gesellschaften DMG und DPG, forderten Reaktionen der Politik. Auch erste Parlamente reagierten, wie der Deutsche Bundestag. Die Berichte der Enquete-Kommission „Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre“ des 11. Deutschen Bundestages von 1988 und 1990 veranlassten die VDW mich zum Vortrag bei einer Jahrestagung (1991?) einzuladen. Nach meinem Vortrag bewegte mich das VDW-Mitglied Udo Simonis zum Antrag auf Aufnahme in die VDW. Ich bin also jetzt seit etwa 30 Jahren Mitglied.

### **Wüstenstrom für Europa?**

Am 20. Januar 2009 wurde die DESERTEC-Stiftung gegründet, wesentlich angetrieben durch das VDW-Mitglied Gerhard Knies, mit dem Ziel Klimaschutz, Energiesicherheit und Entwicklung zu gewährleisten, indem die energiereichsten Standorte der Welt genutzt werden sollten, um Strom aus erneuerbaren Energieträgern bereitzustellen. Dieses hehre Ziel, das auch schon früher zum Beispiel mit dem Hauptgutachten von 2003 „Energiewende zur Nachhaltigkeit“ des Wissenschaftlichen Beirates Globale Umweltveränderungen (WBGU) der Deutschen Bundesregierung aufgestellt worden war, ging von einem ausgeprägten, vielleicht sogar annähernd globalen Stromnetz aus. Dies ist inzwischen durch die extreme Preisminderung für Strom aus Fotovoltaik wohl nicht mehr notwendig. Innerhalb von zwei Jahrzehnten seit der Einführung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes 2001 in Deutschland ist die Kilowattstunde Strom von 54 Eurocent im Jahr 2001 auf jetzt nur knapp über 5 Eurocent bei Ausschreibungen für Solarparks gesunken. Die Infrastrukturkosten für den Ferntransport, z.B. aus Nordafrika, wären damit höher als der Preisunterschied für die Produktion in sonnenscheinreichen Gebieten. Außerdem schwenkte die ursprünglich favorisierte Produktion in solarthermischen Kraftwerken zur jetzt preiswerteren Fotovoltaik. Die „Desertec Industrial Initiative (DII)“, ursprünglich eine GmbH der großen Konzerne, ist folglich - auch wegen der Schrumpfung der teilnehmenden Konzerne - von München nach Dubai gezogen und fördert die Fotovoltaik in den Wüstengebieten, bisher ohne jede Fernübertragung. Diese Entwicklung macht die mit Sonnenenergie gesegneten europäischen Länder prinzipiell zu Gewinnern dieser Entwicklung, auch wenn das viele von ihnen noch nicht in Politik umgesetzt haben, und sie erhöht den Autarkiegrad aller Länder beim Übergang zu erneuerbaren Energien. Eine große Abhängigkeit der Energieversorgung von autokratischen und Menschenrechte verletzenden Ländern wird es dann nicht mehr geben.

Kurz vor den Kernschmelzen in Fukushima hat die VDW im Februar 2011 unter Federführung ihres Mitglieds Professor Peter Henicke, ehemaliger Präsident des Wuppertal-Instituts, entsprechende globale Energieszenarien ohne Kernenergie und mit dem Übergang in nur erneuerbare Energien veröffentlicht.

Die stetig wachsenden Schäden durch die von raschen Klimaänderungen verursachten Wetterextreme, vor allem Hitzewellen und Starkniederschläge, sind nicht nur zum weltweit diskutierten Thema geworden, sondern auch zum Anlass für viele Opfer.

### **Klimaänderungen als eine globale Bedrohung**

In einer Zeit mit einem Angriffskrieg in Europa auf ein die Nachbarländer militärisch überhaupt nicht bedrohendes Land, die Ukraine, sind Tod, Krankheit oder Vertreibung durch Umweltschäden und anthropogene Klimaänderungen medial kein großes Thema. Dennoch sterben auch dadurch ähnlich

viele Menschen wie durch militärischen Konflikte. Wer denkt schon daran, dass beim Flug von Frankfurt nach Los Angeles und zurück die pro Person verursachten etwa 2 Tonnen Kohlendioxid zur Schrumpfung des sommerlichen arktischen Meereises um 6 Quadratmeter führen, dass die dadurch mitverursachte bisherige mittlere Temperaturzunahme um 1,5°C auf allen Landflächen fast überall neue Extremwerte des Niederschlags verursachen kann, wie z.B. die Sturzfluten im Ahrtal im Sommer 2021, dass sich die Intensität der Hitzewellen nicht nur erhöht, sondern sie auch um ein Vielfaches häufiger auftreten. Die ebenfalls von der Nutzung fossiler Brennstoffe verursachte Luftverschmutzung durch Feinstaub und giftige Spurengase wie Ozon und Stickstoffdioxid belastigt nicht nur jeden von uns, sondern verkürzt auch vielen von uns das Leben. Nach der Europäischen Umweltagentur in Kopenhagen sind im Jahr 2012 in den 40 untersuchten europäischen Ländern insgesamt durch Feinstaub (PM<sub>2,5</sub>µm), Ozon (O<sub>3</sub>) und Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) knapp unter einer halben Million Menschen vorzeitig gestorben. In Deutschland waren das 59 500 Opfer wegen Feinstaubbelastung, 2100 wegen der zu hoher Ozonkonzentration im sommerlichen Fotosmog und 10400 wegen zu hoher Konzentration von Stickstoffdioxid vor allem für in der Nähe der Hauptverkehrsstraßen Wohnenden.

Nach einer internationalen Studie mit Daten aus 732 Städten in 43 Ländern, koordiniert von der Universität Bern und der London School of Hygiene & Tropical Medicine, waren zwischen 1991 und 2018 im Mittel 37% aller hitzebedingten Todesfälle auf die Klimaerwärmung zurückzuführen (Vicedo-Cabrera et al., 2021, Nature Climate Change).

### **Jahrtausende anhaltende Klimaänderungen durch uns Menschen**

In der Klimageschichte der letzten etwa 800 000 Jahre stimmte folgende Faustformel: Jedes °C Temperaturänderung führt zu einer Meeresspiegeländerung von etwa 20 Metern, wenn diese Temperaturänderung mindestens Jahrtausende anhält. Die obige IPCC-Äußerung muss also ergänzt werden durch Völkerrecht über das Paris-Abkommen hinaus. Denn im 6. Bericht der Arbeitsgruppe 1 des IPCC wird ein Anstieg des Meeresspiegels von wesentlich über einem Meter, im Extremfall drei Meter) für das Jahr 2300 nicht ausgeschlossen. Wohlgedenkt bei Einhaltung des Paris-Abkommens. Der Anstieg würde noch über Jahrhunderte bis Jahrtausende weitergehen. Ob dabei große Teile des in Grönland lagernden Eises mit bis zu maximal möglichen 7 Metern Meeresspiegeläquivalent schmelzen, und ob auch die Antarktis wesentlich dazu beitrüge, ist weiterhin ein großes Forschungsthema.

Die Arbeitsgruppe II des Zwischenstaatlichen Ausschusses über Klimaänderungen hat zu den Wirkungen derselben 2021 in der Zusammenfassung für Entscheider formuliert: „Die gesamten wissenschaftlichen Befunde sind eindeutig: Die anthropogenen Klimaänderungen bedrohen das Wohlergehen der Menschen und der Lebewesen des ganzen Planeten. Jede Verzögerung einer konzertierten vorausschauenden globalen Aktion für Klimaschutz und Anpassung wird das kurze und sich rasch schließende Gelegenheitsfenster zur Schaffung einer lebenswerten und nachhaltigen Zukunft für alle Lebewesen verfehlen.“

### **Schlussbemerkung**

Die Erde ist voll mit Menschen, die alle für ihr Wohlergehen Energie benötigen. Die drei wichtigsten erneuerbaren Energieträger bieten mittlere Energieflussdichten mit jeweils mindestens einer Größenordnung Unterschied an: Die Sonne an der Erdoberfläche etwa 160 W/m<sup>2</sup> (in Deutschland etwa 110 W/m<sup>2</sup>), der Wind 1-2 W/m<sup>2</sup> und die Pflanzen meist mit nur etwa 0,1-0,3 W/m<sup>2</sup>. Wir brauchen auch bei Anwachsen der Bevölkerung auf 10 Milliarden Köpfe im globalen Mittel unter 0,1 W/m<sup>2</sup>. Was nimmt daher der Intelligente? Die Sonne. Denn dann ist er kein Störenfried mehr, jedes Land hat ausreichend Dachflächen und andere versiegelte Flächen, die Luftverschmutzung gehört der

Vergangenheit an, gute Böden bleiben für die Ernährung, die Mitwelt atmet auf, Metalle und andere Ressourcen werden wiederverwendet, Effizienz der Energienutzung reduziert die Energiekosten, Klimaänderungen durch Übernutzung der Windenergie drohen nicht. Wenn wir Europäer zeigen, dass es auch in höheren mittleren Breiten klappt, gelingt es bei den südlicher Lebenden noch eher.

Innovation, also neues Wissen, entsteht überwiegend in den demokratisch regierten Ländern. Wirklich Neues in der Klimaforschung leider nur in einer Untermenge dieser Länder. Glücklicherweise sind durch IPCC alle Länder bei der Bewertung beteiligt, so dass es zu von allen akzeptierten Zusammenfassungen für Entscheidungsträger kommt.

Ich wünsche mir:

**Auf ins zweite solare Zeitalter!**