©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.biologiezentrum.at

Im Rahmen des Festaktes zum 150jährigen Bestehen des Naturwissenschaftlichen Vereins für Schwaben am 27 Oktober 1996 im Goldenen Saal des Augsburger Rathauses hielt Herr Prof. Dr. Wolfgang Seiler vom Fraunhofer-Institut für atmosphärische Umweltforschung (Garmisch-Partenkirchen) den Festvortrag über „Klimaänderung: Die größte umweltpolitische Herausforderung des nächsten Jahrhunderts" Wir haben Herrn Prof. Seiler gebeten, den gehaltvollen Vortrag schriftlich für die Veröffentlichung in den „Berichten" zur Verfügung zu stellen, was von dem Vortragenden bereitwillig geschehen ist.

Wolfgang Seiler

Klimaänderung: Die größte umweltpolitische Herausforderung des nächsten Jahrhunderts

Festvortrag
zum 150jährigen Bestehen des Naturwissenschaftlichen Vereins für Schwaben
am 27. Oktober 1996 im Goldenen Saal des Augsburger Rathauses

Sehr geehrte Frau Bürgermeisterin,
sehr geehrter Herr Dr. Pfeuffer,
meine Damen und Herren!

Wir sind heute zusammengekommen, um das 150jährige Bestehen des Naturwissenschaftlichen Vereins für Schwaben in einem Festakt zu feiern.
Ich darf mich den Worten meiner Vorredner anschließen und Ihnen, Herr Dr. Pfeuffer, sowie den Mitgliedern Ihres Vereins die herzlichsten Glückwünsche zum 150. Jahrestag der Vereinsgründung aussprechen.
Es ist zweifelsfrei eine außergewöhnliche und beachtliche Leistung, den im Jahr 1846 gegründeten Verein über einen Zeitraum von 150 Jahren kontinuierlich geführt zu haben – über einen Zeitraum, in dem sich große politische, wirtschaftliche und gesellschaftspolitische Veränderungen vollzogen.
Dieser Erfolg war sicherlich u. a. *auch* darauf zurückzuführen, daß der „Naturwissenschaftliche Verein für Schwaben" nicht nur zurückgeblickt, sondern – wie ich den vielen Publikationen des Vereins entnehme – auch stets einen Blick in die Zukunft gewagt und sich dabei mit Fragen des Natur- und Umweltschutzes kritisch auseinandergesetzt hat.
Ich vermute, sehr geehrter Herr Dr. Pfeuffer, daß dieses auch der Anlaß war, mich einzuladen, um über ein Umweltproblem zu referieren, das der frühere bayerische Ministerpräsident, Dr. Max Streibl, bereits Ende der 80er Jahre als die „größte umweltpolitische Herausforderung des nächsten Jahrhunderts" bezeichnet hat. Ich spreche von der globalen Klimaänderung.

Anschrift des Verfassers:
Prof. Dr. Wolfgang Seiler, Fraunhofer-Institut für Atmosphärische Umweltforschung, Kreuzeckbahnstr. 19, 82467 Garmisch-Partenkirchen

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.biologiezentrum.at

Die erwartete Klimaänderung gehört zu einer Reihe von Umweltproblemen, die nicht nur globale Ausmaße angenommen haben und deshalb auch außergewöhnliche Maßnahmen zu ihrer Lösung erfordern, sondern darüber hinaus insofern eine völlig neue Dimension erreicht haben, als zwischen Ursache und Wirkung dieser Umweltprobleme eine Zeitspanne von vielen Jahren liegt und deshalb nur geringe Chancen bestehen, ihre zeitliche Entwicklung kurzfristig zu korrigieren.

Zwei Probleme stehen derzeit im Brennpunkt des öffentlichen Interesses, und zwar die

- Änderung der stratosphärischen Ozonschicht mit dem damit verbundenen Anstieg der die Erdoberfläche erreichenden solaren ultravioletten Strahlung und den wiederum damit verbundenen Folgen für die Gesundheit des Menschen (z. B. Hautkrebs) und für die Biosphäre sowie die
- Klimaänderung und die daraus resultierenden sozio-ökonomischen Auswirkungen.

Auf die Änderung der stratosphärischen Ozonschicht kann ich aus Zeitgründen nur kurz eingehen. Der Abbau dieser in einem Höhenbereich von 15 – 25 km gelegenen Ozonschicht ist auf die Anwendung der vollhalogenierten Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) als Treib-, Kälte- und Lösungsmittel zurückzuführen, durch die diese in der Natur normalerweise nicht vorkommenden Verbindungen in die Atmosphäre emittiert werden. Die FCKW sind chemisch inert und werden nahezu ausschließlich durch Photolyse in Höhen oberhalb von 25 km zerstört, wobei reaktive Chlorverbindungen entstehen, die das chemische Gleichgewicht der Stratosphäre stören und u. a. zu einer Abnahme der stratosphärischen Ozonkonzentration bzw. zu einer Ausdünnung der globalen stratosphärischen Ozonschicht führen. Besonders ausgeprägt zeigen sich die Folgen der FCKW-Emission in der Ausbildung des „antarktischen Ozonlochs"

Weil es relativ lange dauert, bis die am Boden emittierten FCKW-Moleküle in Höhen oberhalb von 25 km gelangen, hinkt die zeitliche Entwicklung der Ozon-Abnahme in der Stratosphäre ca. 10 Jahre hinter der zeitlichen Entwicklung der FCKW-Emissionen her. Dieses bedeutet aber auch, daß sich der Abbau der stratosphärischen Ozonschicht weiter fortsetzen und die UV-B-Strahlung an der Erdoberfläche weiter zunehmen wird, obwohl die FCKW-Produktion aufgrund des Montrealer Protokolls, verstärkt durch die nachfolgend in London und Kopenhagen vereinbarten Zusatzabkommen, nahezu eingestellt worden ist. Selbst wenn alle Nationen dieser Erde das in dem zuvor genannten Abkommen vereinbarte Produktionsverbot einhalten, wird der Höhepunkt des stratosphärischen Ozonabbaus bzw. die höchste UV-B-Bestrahlungsintensität erst in ca. 5 – 8 Jahren auftreten. Erst danach werden sich die stratosphärische Ozonschicht wieder zurückbilden und in etwa 50 Jahren die heutigen Verhältnisse wieder erreicht werden.

Auch im Falle der Klimaänderung, meine Damen und Herren, tritt eine zeitliche Verzögerung zwischen Wirkung und Ursache auf, die sogar ca. 30 – 50 Jahre beträgt. Diese relativ lange Zeitspanne ist im wesentlichen auf den Einfluß der Ozeane zurückzuführen, die aufgrund ihrer großen Wassermasse und der damit zusammenhängenden hohen Wärmespeicherkapazität den durch den Menschen verursachten Anstieg der Temperatur in der Atmosphäre zeitlich stark verzögern. Daraus leitet sich unmittelbar ab, daß die heute zu beobachtende Klimaänderung auf den Anstieg der atmosphärischen Konzentrationen klimarelevanter Spurenstoffe vor

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.biologiezentrum.at

30 – 50 Jahren zurückzuführen ist und sich das Klima auch weiter verändern wird, selbst wenn es gelingen sollte, die Konzentration der Treibhausgase in der Atmosphäre auf dem heutigen Niveau zu stabilisieren. Diese Erkenntnis bedeutet aber auch, daß eine weitere Klimaänderung in den nächsten 30 Jahren unvermeidbar ist und wir nur noch lediglich die Möglichkeit haben, diese Klimaänderung auf ein tolerierbares Maß zu beschränken.

Diese Erkenntnis zwingt uns, Abschied von der in der Regel bisher praktizierten Umweltpolitik zu nehmen – eine Umweltpolitik, die wie eine Reparaturwerkstatt betrieben und erst in Angriff genommen wurde, wenn Schäden erkannt und Maßnahmen zwingend erforderlich wurden. Heute ist dagegen eine Umweltpolitik notwendig, die nicht nur global, sondern auch langfristig, d. h. über Zeiträume von mehr als 10 – 30 Jahren, angelegt ist. Dabei sind im Sinne des Vorsorgedenkens Maßnahmen zur Lösung der betreffenden Umweltprobleme zu ergreifen, lange bevor die Auswirkungen dieser Umweltprobleme Ausmaße erreicht haben, die die Notwendigkeit von Abhilfemaßnahmen jedem zwingend vor Augen führen.

Dieser Ansatz ist schwer mit der heutigen Politik in Einklang zu bringen; einer Politik, die in der Regel kurzfristig, d. h. auf maximal 4 Jahre angelegt ist.

Es ist deshalb eine besondere Aufgabe der Wissenschaft, nicht nur neue Erkenntnisse zum besseren Verständnis des komplexen Verhaltens der Atmosphäre zu liefern und auch Vorschläge zur Lösung der anstehenden Umweltprobleme auszuarbeiten, sondern darüber hinaus auch die Gesellschaft für diese Problematik zu sensibilisieren und damit die Umweltpolitik richtungsweisend zu beeinflussen. Ein Verein wie der Naturwissenschaftliche Verein für Schwaben kann dabei eine wichtige Mittlerfunktion zwischen Wissenschaft und Gesellschaft spielen. Deshalb freue ich mich, heute unter Ihnen sein zu dürfen, um Sie mit dem Umweltproblem der Klimaänderung vertraut zu machen, das uns noch in den nächsten Jahrzehnten intensiv beschäftigen wird. Dabei ist es mir eine besondere Freude, diesen Vortrag hier in Augsburg halten zu dürfen, einer Stadt, die sich zu einem Zentrum des Umweltschutzes in Deutschland entwickeln soll.

Das Klimaproblem, meine Damen und Herren, wird derzeit kontrovers diskutiert. Dies ist vielfach darauf zurückzuführen, daß sich viele berufen fühlen, über das Klima zu sprechen, die nicht einmal zwischen Klima und Wetter unterscheiden können. Ein weiterer Grund ist darin zu sehen, daß das Klimasystem sehr komplex ist und durch eine Vielzahl von Parametern und Regelmechanismen bestimmt wird, die ihrerseits über komplizierte und vielfach noch unverstandene Wechselbeziehungen untereinander verbunden sind, wodurch eine *genaue* Prognose der Klimaänderung über die nächsten 100 Jahre erschwert wird.

Wichtige, das Klima bestimmende Parameter sind u. a. der Abstand der Erde zur Sonne, die Erdbahnparameter und die Solarkonstante, der Vulkanismus, die Kontinentaldrift auf der Erde sowie die Albedo der Erdoberfläche.

Viele dieser Parameter haben sich im Laufe der Erdgeschichte, u. a. auch während der letzten 10 – 20 Millionen Jahre, verändert und damit zu Klimaschwankungen geführt, die durch einen Wechsel zwischen Warm- und Kaltzeiten gekennzeichnet sind.

Die Klimaänderung ist deshalb keine menschliche Erfindung, sondern ein ganz natürlicher Prozess, der nach neuesten Erkenntnissen die Evolution stark beein-

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.biologiezentrum.at

flußt hat. Dabei hat die Temperatur in den bodennahen Luftschichten während der letzten Millionen von Jahren zu keinem Zeitpunkt den heutigen Weltjahresmittelwert von ca. 15 °C um mehr als 2 °C überschritten bzw. um mehr als 4 – 5 °C unterschritten.
Eine wichtige Rolle im Klimageschehen spielen *auch* die auf der Erde ablaufenden Regelprozesse, an denen die Biosphäre, Atmosphäre, Kryosphäre und Hydrosphäre beteiligt sind und die einen entscheidenden Einfluß auf die chemische Zusammensetzung der Erdatmosphäre, insbesondere auf die Konzentration und Verteilung klimarelevanter Spurenstoffe, haben. Zu den wichtigsten klimarelevanten Spurenstoffen gehören der Wasserdampf (H_2O), das Kohlendioxid (CO_2), das Methan (CH_4), das Distickstoffoxid (N_2O), das Ozon (O_3) sowie die Aerosole.
Hinzu kommen die Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW), die rein synthetischer Natur sind und deshalb in der vorindustriellen Atmosphäre nicht vorkamen. In der trockenen Atmosphäre machen die zuvor genannten Spurengase nicht mehr als 0,5% der Masse der Erdatmosphäre aus, prägen aber die Temperatur auf der Erde entscheidend.
Die klimarelevanten Spurengase haben die physikalische Eigenschaft, daß sie das sichtbare Licht ungestört passieren lassen, aber die längerwellige Ausstrahlung der Erdoberfläche (Wärmestrahlung) absorbieren und damit die untere Troposphäre erwärmen. Weil die Substanzen wie die Glasscheiben in einem Treibhaus wirken, wird dieser Effekt auch vielfach Treibhauseffekt genannt, und die klimarelevanten Spurengase werden als Treibhausgase bezeichnet.
Ohne die Existenz dieser Treibhausgase würde die Jahresmitteltemperatur der Erdoberfläche hypothetisch ca. -18 °C betragen, also um 33 K unter dem heutigen Wert von ca. 15 °C liegen. Diese unbestrittene Wirkung der Treibhausgase macht deutlich, daß signifikante Änderungen der Konzentration und Verteilung der Treibhausgase zu einer Änderung der Temperatur und damit des Klimas auf der Erde führen *müssen*. Strittig ist z.Zt. allerdings das Ausmaß und die zeitliche Entwicklung der Klimaänderung sowie die daraus resultierenden ökologischen und sozio-ökonomischen Auswirkungen.

Veränderung der chemischen Zusammensetzung der Atmosphäre

Obwohl allgemein bekannt ist, daß die chemische Zusammensetzung der Atmosphäre die Umweltbedingungen auf der Erde entscheidend beeinflußt und darüber hinaus das Leben in seiner jetzigen Form erst ermöglicht, sind wir dabei, die Konzentration und Verteilung der klimarelevanten Spurenstoffe in einem erheblichen Umfang und mit zunehmender Geschwindigkeit zu verändern. Mit Beginn der Industrialisierung vor etwa 130 Jahren

- ist die CO_2-Konzentration von 280 auf 360 ppm oder um ca. 30% angestiegen,
- hat sich der Methangehalt mehr als verdoppelt,
- hat die N_2O-Konzentration um ca. 15% zugenommen,
- hat das troposphärische Ozon in weiten Gebieten der Troposphäre, hier insbesondere in der Nordhemisphäre, um mehr als Faktor 3 zugenommen, und die
- FCKW haben heute bereits Werte von mehreren hundert ppt erreicht.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.biologiezentrum.at

Bei der Bewertung der Konzentrationsanstiege ist zu berücksichtigen, daß sich die heute beobachteten Konzentrationen (insbesondere die der langlebigen Substanzen) nicht im dynamischen Gleichgewicht mit der zeitlichen Entwicklung der Emissionsraten befinden. Dieses bedeutet, daß die CO_2- und N_2O-Konzentrationen weiter ansteigen werden, selbst wenn es gelingen würde, die Emissionen dieser Substanzen auf das heutige Niveau zu stabilisieren. Ein neues dynamisches Gleichgewicht würde sich erst in mehr als 150 Jahren einstellen, wobei die CO_2-Konzentration dann einen Wert von ca. 550 ppm erreicht, d. h. sich gegenüber dem vorindustriellen Wert etwa verdoppelt haben dürfte.
Deshalb ist eine drastische und sofortige Senkung der CO_2-Emission um 60 bis 80% notwendig, wenn die Konzentration dieses Gases in der Atmosphäre stabilisiert werden soll.
Wichtig ist auch zu erwähnen, daß die Konzentrationen der Treibhausgase *exponentiell* ansteigen. Etwa 50% des in den letzten 120 Jahren beobachteten Anstiegs der Treibhausgas-Konzentrationen ist in den letzten 30 Jahren erfolgt. Nach dem heutigen Kenntnisstand ist daher auch erst die Hälfte der bereits induzierten Klimaveränderung wirksam geworden.
Die Konzentration der Treibhausgase hat inzwischen Werte erreicht, die zu keinem Zeitpunkt in den letzten einigen hunderttausend Jahren in der Atmosphäre aufgetreten sind. Für den CO_2-Anstieg ist im wesentlichen die zunehmende Nutzung von fossilen Brennstoffen für die Gewinnung von Primärenergie verantwortlich, durch die heute ca. 25 Mrd. t CO_2 emittiert werden. Hinzu kommen CO_2-Emissionen aus landwirtschaftlichen Aktivitäten, hier insbesondere aufgrund von Landnutzungsänderungen (Rodung der Wälder in den Tropen), die auf derzeit ca. 5 Mrd. t abgeschätzt werden. Der Anstieg der N_2O- und der CH_4-Konzentrationen wird dagegen zum größten Teil durch landwirtschaftliche Aktivitäten bestimmt (70 bzw. 60%).

Änderungen des Klimas

Wenn Treibhausgase den Strahlungshaushalt der Erde und damit das Klima signifikant beeinflussen und sich die Konzentrationen dieser Substanzen seit der industriellen Zeit stark erhöht haben, sollte eigentlich ebenfalls eine merkliche Änderung des Klimas eingetreten sein. Diese wird auch beobachtet und ist durch verschiedene Indizien, so u. a. durch [1] die Abschmelzung der Gletscher, [2] das tiefere Auftauen der Permafrostgebiete (z. B. in Kanada) und [3] den Anstieg des Meeresspiegels (um nur einige Beispiele zu nennen) belegt.
Die globale Mitteltemperatur hat in den letzten 120 Jahren um ca. 0,5 – 0,7 °C zugenommen. Die wärmsten Jahre sind in den letzten zwei Jahrzehnten (mit Maximum in 1995) aufgetreten. Auch wenn der direkte Zusammenhang zwischen Anstieg der Konzentration der Treibhausgase und der globalen Temperatur in der bodennahen Atmosphäre offensichtlich ist, so können wir heute noch nicht den eindeutigen Beweis antreten, daß der beobachtete Anstieg der Temperatur auch tatsächlich anthropogenen Ursprungs ist. Genauso können wir aber auch nicht beweisen, daß die beobachtete Temperaturzunahme auf eine natürliche Klimafluktuation zurückzuführen und nicht anthropogen bedingt ist.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.biologiezentrum.at

Die Aktivitäten im Bereich der Klimaforschung ähneln denen eines Indizienprozesses, in dem einzelne Beweisstücke zusammengetragen werden, um den Täter letztendlich zu überführen. Obwohl sich die Indizien für eine anthropogene Klimaänderung mehren, dürfte es noch einige Jahre dauern, bis der *eindeutige* Beweis geführt werden kann. Würden erst *danach* Maßnahmen zur Emissionsminderung der Treibhausgase ergriffen, dann dürfte die CO_2-Emission inzwischen soweit zugenommen haben, daß sehr drastische, wirtschaftlich kaum durchsetzbare Maßnahmen nötig, d. h. signifikante Klimaänderungen (mit den damit verbundenen dramatischen Folgen) nicht mehr vermeidbar wären. Es ist deshalb sofortiges Handeln gefordert.

Zukünftige Entwicklung

Der Primärenergieverbrauch und damit die CO_2-Emissionen haben in den letzten 20 Jahren um durchschnittlich 2% pro Jahr zugenommen. Der Anstieg hat sich in den letzten Jahren geringfügig abgeflacht, im wesentlichen durch den Zusammenbruch der Industrien in den Ländern der ehemaligen Sowjetunion sowie in den osteuropäischen Ländern, also auch in der ehemaligen DDR. Ohne Berücksichtigung der ehemaligen Sowjetunion ist der Primärenergieverbrauch von 1994 auf 1995 um insgesamt 2,9% angestiegen. Die größten Zuwächse werden in den Schwellenländern beobachtet, mit Werten von mehr als +10% p.a. Eine Änderung oder sogar Umkehr dieses Trends ist derzeit nicht in Sicht. Aufgrund des weiter steigenden durchschnittlichen Energieverbrauchs pro Kopf in Verbindung mit der stetigen Zunahme der Weltbevölkerung rechnet die Internationale Energiebehörde (IEA) mit einem weiteren Anstieg des Primärenergieverbrauchs in den kommenden 30 Jahren um bis zu 65%.
Werden nicht einschneidende Maßnahmen unverzüglich eingeleitet, so ist von einem weiteren und sich beschleunigenden Anstieg der CO_2-Konzentrationen auszugehen. Wegen des Anwachsens der Weltbevölkerung auf ca. 10 – 11 Mrd. Menschen, d. h. einer Verdopplung der derzeitigen Weltbevölkerung und der damit unmittelbar gekoppelten Intensivierung der Landwirtschaft, ist ebenfalls von einer weiteren Zunahme der CH_4- und N_2O-Emissionen auszugehen.
Wird der daraus resultierende Anstieg der CH_4- und N_2O-Konzentrationen auf der Basis der entsprechenden Treibhauspotentiale in CO_2-Äquivalente umgerechnet, ist mit einer Verdopplung der äquivalenten CO_2-Konzentration bis Mitte des nächsten Jahrhunderts zu rechnen.

Temperaturzunahme

Alle globalen Klimamodelle sagen für diesen Fall bis zum Ende des 21. Jahrhunderts eine weitere Zunahme der Weltjahresmitteltemperatur voraus, wobei die Prognosen zwischen 1,0 und 3,5 K mit einem Mittelwert bei ca. 2,0 K schwanken. Diese Abschätzung beinhaltet bereits den negativen Treibhauseffekt durch die anthropogenen Aerosole sowie durch den Abbau des stratosphärischen Ozons, dessen Einfluß auf die Temperaturzunahme nach neuesten Erkenntnissen offenbar überschätzt worden ist.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.biologiezentrum.at

Die hohe Schwankungsbreite der prognostizierten Temperaturzunahme zeigt die noch bestehenden Unsicherheiten in der Klimamodellierung. Von besonderer Bedeutung sind dabei die sogenannten Rückkopplungsmechanismen, die noch weitgehend unverstanden sind. Unter Rückkopplung werden in diesem Fall die Reaktionen der das Klima bestimmenden Regelmechanismen und Wechselwirkungen auf das sich ändernde Klima verstanden. Diese Rückkopplungsmechanismen können die Klimaänderung verstärken (positive Rückkopplung) oder auch dämpfen (negative Rückkopplung). Typische Rückkopplungsmechanismen sind u. a.

- die sich ändernde Wolkenbedeckung (als Folge einer höheren Verdunstung), aber auch die Veränderung der Wolkenarten, durch die die Einstrahlung des Sonnenlichts an der Erdoberfläche abgeschwächt wird (negative Rückkopplung)
- die aufgrund der ansteigenden Bodentemperatur zunehmende Mineralisation des im Boden gespeicherten organischen Kohlenstoffs, durch die zusätzlich CO_2, CH_4 und N_2O in die Atmosphäre emittiert und dadurch der Konzentrationsanstieg dieser Gase verstärkt wird (positive Rückkopplung).

Aufgrund der zeitlichen Verzögerung der Erwärmung gegenüber der Zunahme der Treibhausgaskonzentrationen wird die für eine Verdopplung des CO_2-Gehalts prognostizierte Temperaturzunahme von 1,0 – 3,5 K erst gegen Ende des nächsten Jahrhunderts wirksam. Dabei ist der untere Temperaturgrenzwert von 1 °C ebenso wahrscheinlich wie der obere Grenzwert von 3,5 °C. Bei einem Mittelwert von ca. 2 °C wäre dann eine Temperatur erreicht, die auf der Erde in den zurückliegenden 20 Mio. Jahren in nur kurzen Zeitabschnitten (z. B. vor ca. 120 000 Jahren) aufgetreten ist, als Europa eine Savannenvegetation hatte.

Auswirkungen

Das Klima ist für die Umwelt und den Menschen von grundlegender Bedeutung. Das Klima hat prägende Auswirkungen auf die wirtschaftlichen, politischen und kulturellen Strukturen der Gesellschaft. Untergang und Entstehung großer Kulturen waren in der Regel in der Vergangenheit mit Änderungen des Klimas verbunden.

Das Klima bestimmt die Vielfalt und Verteilung der auf der Erde vorhandenen Ökosysteme und ist von essentieller Bedeutung für die Landwirtschaft und damit für die Ernährung des Menschen. Klimaänderungen führen deshalb nicht nur zu ökologischen, sondern auch zu ökonomischen und sozialen Problemen, die aufgrund der großen gegenseitigen Abhängigkeiten der nationalen Volkswirtschaften (Globalisierung der Wirtschaft) nicht auf einzelne Länder bzw. Regionen beschränkt bleiben, sondern sich global auswirken, d. h. alle treffen werden.

Bei der Abschätzung der ökologischen und ökonomischen Folgen der prognostizierten Klimaänderung ist zu berücksichtigen, daß die berechnete Zunahme der bodennahen Temperatur von im Mittel 2 K nicht gleichmäßig auf der Erde erfolgt. Überproportionale Temperaturzunahmen werden über den Kontinenten und hier insbesondere in den hohen Breiten erwartet. Zusätzlich wird die Temperatur im Winter stärker als im Sommer zunehmen.

In Europa kann die über das Jahr gemittelte Temperaturzunahme ca. 3 K betragen. Dagegen kann die Temperatur im Winter sogar um 4 – 5 K ansteigen.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.biologiezentrum.at

Derartige Temperaturveränderungen stellen im Klimageschehen Welten dar. Wir müssen deshalb mit starken Veränderungen der bestehenden Umweltbedingungen rechnen, die allerdings nur schwer abschätzbar sind. In diesem Zusammenhang sei darauf verwiesen, daß die mittlere Temperatur während der letzten Eiszeit lediglich um 4 – 5 K unterhalb des heutigen Temperaturwertes gelegen und die zur Zeit der Besiedelung Grönlands vorherrschende mittlere Temperatur den heutigen Wert nur um 0,5 K überschritten hatte.

Mögliche globale Auswirkungen einer Klimaänderung sind:

- Anstieg des Meeresspiegels bis zum Jahre 2100 um 15 – 95 cm (bester Schätzwert: 50 cm), was mit einer teilweisen oder vollständigen Überflutung von Küstenzonen und niedrig gelegenen Inseln verbunden ist. Besonders gefährdet sind die in der Regel dicht besiedelten und extrem fruchtbaren Flußdeltas (so u. a. in Bangladesch), die durch Deiche kaum zu schützen sind. Zu berücksichtigen ist ferner, daß viele im Küstenbereich gelegene Städte weniger als 50 cm über dem heutigen Meeresspiegel liegen und deshalb mittelfristig gefährdet sind.
- Mittlere Verschiebung der Vegetationszonen und Klimazonen um ca. 150 km polwärts pro 1 K Temperaturzunahme.
- Veränderung der atmosphärischen Zirkulation und damit der zeitlichen und räumlichen Verteilung des Niederschlags. Besonders betroffen sind die semiariden Gebiete, die bereits heute an Wasserknappheit leiden und bei einer weiteren Verringerung des Niederschlags mit einer zunehmenden Versteppung und Bodenerosion, d. h. einer Verringerung der ohnehin knappen landwirtschaftlichen Nutzfläche rechnen müssen.
- Zunehmende Evapotranspiration aufgrund der zunehmenden Bodentemperatur und damit auch abnehmende Bodenfeuchte, die sich auf die bestehenden Ökosysteme auswirken wird.
- Verschiebung der Zugbahnen von Orkanen und tropischen Wirbelstürmen, durch die insbesondere solche Gebiete betroffen werden, die auf das Auftreten derartiger Starkwindfelder nicht eingerichtet sind.
- Beeinflussung der Landwirtschaft durch Änderung der Temperatur und der Niederschläge, wobei es hier sowohl Verlierer als auch Gewinner geben wird.

Besonders hart werden solche Gebiete betroffen, die zu den ärmsten Gebieten der Erde gehören und mit einem hohen Bevölkerungszuwachs zu kämpfen haben. Gerade in diesen Gebieten werden die erwarteten sozialen Konflikte in besonderer Schärfe auftreten und vielfach zu einer Destabilisierung der politischen Landschaft führen. Die Folgen dürften kriegerische Auseinandersetzungen sein, so wie sie heute schon in Zentralafrika (Burundi, Ruanda, Zaire) beobachtet werden und zu Wanderungsbewegungen ganzer Bevölkerungsgruppen führen. Ich bin deshalb sicher, daß das nächste Jahrhundert als das „Jahrhundert der modernen Völkerwanderungen" mit allen, aus der Vergangenheit bekannten negativen Auswirkungen in die Geschichte eingehen wird. Die heute von uns als Wirtschaftsasylanten bezeichneten Asylbewerber sind m. E. die Vorboten, die Speerspitze dieser Entwicklung.

Dabei haben wir bei der bisherigen Betrachtung noch nicht berücksichtigt, daß sich die Auswirkungen der Klimaänderung (ob positiv oder negativ) zeitlich unterschiedlich entwickeln und dadurch die negativen Effekte in den Übergangsphasen verstärken

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.biologiezentrum.at

können. So ist bekannt, daß beispielsweise die Versteppung von heute landwirtschaftlich genutzten Flächen innerhalb kurzer Zeit erfolgen kann, das Auftauen der großen Permafrostgebiete in Sibirien oder Kanada sich aber über Jahrzehnte erstrecken und damit zu einer zwischenzeitlichen Verknappung der landwirtschaftlichen Nutzfläche führen wird.

Regionale Auswirkungen einer globalen Klimaänderung

Quantitative Aussagen über die Auswirkungen einer globalen Klimaänderung in einzelnen Regionen sind derzeit kaum möglich. Dieses ist im wesentlichen darin begründet, daß die regionale Klimaentwicklung nicht nur durch die globale Temperaturzunahme, sondern in noch stärkerem Maße durch die regionalen Gegebenheiten, so u.a. die orographischen Bedingungen, bestimmt wird. Die Lage, Höhe und Struktur von Gebirgszügen haben einen maßgeblichen Einfluß auf die Luftströmung, Niederschlagstätigkeit und Temperaturvariation und damit auch unmittelbar auf das regionale Klima. Regionale Klimaänderungen müssen deshalb nicht immer unbedingt dem globalen Temperaturtrend folgen. Ein sehr gutes Beispiel ist in diesem Zusammenhang das europäische Klima, das durch den Golf-Strom wesentlich mitbestimmt wird. Jede Änderung des Golf-Stroms führt deshalb auch zwangsläufig zu erheblichen Änderungen des Klimas in großen Teilen Europas, wobei – über Zeitskalen von mehreren hundert Jahren betrachtet – eine Temperaturentwicklung entgegen dem Trend nicht auszuschließen ist.
Zur Zeit fehlen ausgereifte und evaluierte regionale Klimamodelle mit der erforderlichen hohen räumlichen Auflösung, mit deren Hilfe zuverlässige Aussagen über die regionalen Klimaentwicklungen gemacht werden können. Dennoch wissen wir aus Beobachtungen, insbesondere aus prähistorischen Daten, daß regionale Klimaänderungen wesentlich stärker ausfallen als die globalen Änderungen und deshalb auch die sozio-ökonomischen Auswirkungen einer Klimaänderung sehr stark regional geprägt sind. Sicherlich wird es Regionen geben, die von einer globalen Klimaänderung profitieren. Im Gegensatz dazu werden andere Gebiete um so stärker von allen damit zusammenhängenden negativen Folgen betroffen.
Europa und auch Bayern sind in diesem Zusammenhang kein „Hort der Glückseligen"
Auch wenn die regionalen Klimaänderungen und die daraus resultierenden Folgen derzeit noch nicht quantitativ abgeschätzt werden können, so lassen sich doch einige grundsätzliche Aussagen machen, die einen Einblick in die möglichen Veränderungen der bestehenden Umweltbedingungen erlauben. Gerechnet wird mit einer Verstärkung der meteorologischen Extremsituationen. Dazu gehören u.a. die Erhöhung der Windgeschwindigkeiten, die Zunahme von extremen Niederschlagsereignissen und Hitzewellen, die insgesamt zu erheblichen ökologischen, gesundheitlichen und ökonomischen Schäden führen werden. Die Klimamodelle deuten darauf hin, daß sich die Niederschläge umverteilen werden, wobei im Winter mehr Niederschlag fallen wird, im Sommer dafür weniger. Letzteres führt in Verbindung mit der durch die steigenden Temperaturen bewirkten Zunahme der Verdunstung des Bodenwassers zu einer Austrocknung des Bodens, was der Landwirtschaft erhebliche Probleme bereiten wird, die wiederum nur mit großem finanziellen und technischen Aufwand gelöst werden können.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.biologiezentrum.at

Eine Zunahme der meteorologischen Extremwerte wird auch die naturnahen Ökosysteme betreffen, die ohnehin kaum in der Lage sein werden, sich den erwarteten relativ schnellen Temperaturzunahmen von ca. 0,2 K pro Jahrzehnt anzupassen und deshalb in ihrer Existenz gefährdet sind. Höhere Temperaturen in Verbindung mit höherer Feuchte fördern die Ausbreitung von Schädlingen und Pilzbefall bei Nutz- und Kulturpflanzen, was wiederum zu Verlusten in der Land- und Forstwirtschaft führt. Gleichzeitig wird eine steigende Beeintächtigung der menschlichen Gesundheit, insbesondere der Herzkreislaufkrankheiten erwartet.
Regionale Klimaänderungen werden sich insbesondere in den sensitiven Gebieten auswirken. Dazu zählen die subtropischen Gebiete, die ohnehin bereits an Wassermangel leiden, so daß schon geringfügig abnehmende Niederschlagsmengen unübersehbare Folgen für die lokale Landwirtschaft und damit für die Bevölkerung haben werden. In unserer Region bilden die Alpen ein besonders sensitives Ökosystem, das durch eine hohe Biodiversität gekennzeichnet ist. Darüber hinaus sind die Alpen Lebens- und Erholungsraum und damit auch ein wichtiger Wirtschaftsraum für Millionen von Menschen. Änderungen des Ökosystems „Alpen" sind deshalb zwangsweise mit erheblichen sozio-ökonomischen Auswirkungen verbunden. Besonders beunruhigend ist die mit einer Temperaturzunahme gekoppelte vertikale Verschiebung der Nullgradgrenze in größere Höhen, die bei einer Temperaturerhöhung von 1 K ca. 150 m beträgt, d. h. auf bis zu 700 m bis zum Ende des nächsten Jahrhunderts abgeschätzt wird. Eine derartige Verlagerung der Nullgradgrenze nach oben hat zur Folge, daß der heute in den Alpen als Schnee fallende Niederschlag in zunehmendem Umfang als Regen niedergehen wird. Durch die dadurch bedingte verringerte Akkumulation von Schnee im Winter verliert Europa einen der wichtigsten Süßwasserspeicher. Das im Sommer zurückgehende Schmelzwasserangebot wirkt sich nicht nur auf die Trinkwasserversorgung, sondern auch auf die Schiffahrbarkeit der Flüsse und den Betrieb der Wasserkraftwerke aus und hat damit auch erhebliche negative ökonomische Folgen. Eine Verschiebung der Nullgradgrenze in größere Höhen führt bei den tiefer liegenden Wintersportgebieten zu ökonomischen Problemen und bewirkt ein stärkeres Auftauen von Permafrostböden im Hochgebirge sowie eine Zunahme von Bergrutschen und Muren-Abgängen. Dieser Prozess ist heute schon im Zentralalpenbereich, so u. a. in der Schweiz, zu beobachten und gefährdet eine Reihe hochgelegener Ortschaften.

Maßnahmen

In Anbetracht der erwarteten Auswirkungen einer globalen Klimaänderung und der daraus resultierenden sozio-ökonomischen Folgen ist ein weiteres Aufschieben durchgreifender Maßnahmen zur Minderung der Treibhausgasemissionen nicht mehr vertretbar.
Die Klimaänderung ist ein globales Problem, zu dem *alle* Länder der Erde und alle Menschen – allerdings in unterschiedlichem Umfang – beitragen und deshalb nur mit globalen Maßnahmen gelöst oder auf ein tolerierbares Maß beschränkt werden kann.
Dabei stehen wir vor einem auf den ersten Blick fast unlösbaren Problem; unlösbar insofern, als die Länder, die am stärksten von den Klimaänderungen betroffen werden,

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.biologiezentrum.at

den geringsten Beitrag zum Anstieg der CO_2-Konzentration leisten und aus eigenen Kräften das Klimaproblem nicht lösen oder entscheidend beeinflussen können. Dagegen werden die Länder, die in hohem Maße für die Klimaänderung verantwortlich sind – dazu zählen insbesondere die Industrieländer – kaum von den Auswirkungen der Klimaänderung betroffen und sehen deshalb keine zwingende Veranlassung, größere finanzielle Belastungen zur Minderung der CO_2-Emission auf sich zu nehmen. Trotzdem bin ich zuversichtlich, daß – vergleichbar mit dem Montrealer Protokoll zum Schutz der stratosphärischen Ozonschicht – weltweite Absprachen zur Minderung der Emission der Treibhausgase vereinbart und ratifiziert werden. Dabei müssen alle Anstrengungen gemacht werden, diese Protokolle so rechtzeitig umzusetzen, daß eine stärkere über das tolerierbare Maß hinausgehende Klimaänderung vermieden wird. Immerhin sind die ersten Schritte durch die Deklarationen von Rio und Berlin bereits getan, so daß guter Grund für Hoffnung besteht.

Es sind – und das muß auch der Politik zugute gehalten werden – bereits erste Erfolge erzielt worden. Durch das Montrealer Protokoll, verstärkt durch das Londoner und Kopenhagener Abkommen, ist die Produktion der vollhalogenierten Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW), d. h. der Spurengase mit dem höchsten Treibhauspotential, nahezu eingestellt worden. Die Konzentrationen dieser Substanzen haben sich in der Troposphäre inzwischen stabilisiert und werden in den nächsten Jahren zurückgehen. Im Gegensatz dazu ist davon auszugehen, daß die Emissionen von CH_4 und N_2O aufgrund der wachsenden Weltbevölkerung und dem damit zusammenhängenden größeren Bedarf an Nahrungsmitteln weiter zunehmen werden. Nach einer Studie der FAO muß die Nahrungsmittelproduktion in den nächsten 30 Jahren um 75% wachsen, um die Menschheit ausreichend ernähren zu können. Nachdem einerseits die landwirtschaftlich genutzten Flächen nicht mehr weiter ausgedehnt werden können und andererseits durch Bodenerosion und Versalzung große Flächen von Jahr zu Jahr verlorengehen, kann die Ernährung der Weltbevölkerung nur durch eine Intensivierung der Landwirtschaft sichergestellt werden. Dieses bedeutet neben dem erhöhten Einsatz mineralischer Dünger, eine Vergrößerung der für Naßreisanbau genutzten Flächen sowie eine Ausweitung der Bewässerungsmaßnahmen, die insgesamt mit einer Zunahme der CH_4- und N_2O-Emissionen verbunden sind.

Wollen wir das Klimaproblem in den Griff bekommen, müssen sich unsere Anstrengungen auf das CO_2 konzentrieren, das heute nahezu ausschließlich durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe erzeugt und in die Atmosphäre emittiert wird. Das Kohlendioxid ist nach dem derzeitigen Kenntnisstand der Klimaforschung für etwa die Hälfte des heute beobachteten anthropogenen Treibhauseffektes verantwortlich und muß deshalb als das wichtigste anthropogene Treibhausgas angesehen werden. Soll die Temperaturzunahme auf einen Wert von 1 – 2 K beschränkt werden, muß die CO_2-Emission bis zum Jahr 2050 schrittweise auf 50% des heutigen Wertes reduziert werden.

Da lediglich 25% der Erdbevölkerung (d. h. die Industrieländer) ca. 75% der Energie verbrauchen, sind die Industrieländer besonders gefordert. Um den Entwicklungsländern noch einen Spielraum für ihre weitere (notwendige) industrielle Entwicklung zu geben, müssen die Industrieländer ihre CO_2-Emissionen um bis zu 70% reduzieren. Eine derartige CO_2-Reduktion ist eine außergewöhnliche Herausforderung, der sich

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.biologiezentrum.at

die Industrieländer stellen müssen. Eine Reduktion der CO_2-Emission um 70% innerhalb von ca. 50 Jahren erscheint im ersten Moment als unerreichbar; bei genauer Betrachtung wird aber deutlich, daß die Industrieländer sehr großzügig mit der Energie umgehen und deshalb über die entsprechenden Möglichkeiten und Einsparpotentiale verfügen, dieses Ziel auch tatsächlich zu erreichen. Hinzu kommt, daß bisher nur ein Bruchteil der verfügbaren *regenerativen* Energie wirklich genutzt wird. Dazu zählen die Sonnenenergie und Windenergie sowie die Energie aus der Verbrennung von Biomasse und Wasserstoff. Mittelfristig betrachtet, wird sicherlich auch die Kernenergie an Bedeutung gewinnen. Wichtig ist dabei allerdings, daß wir dieses Ziel auch wirklich erreichen wollen und bereit sind, mit den Maßnahmen umgehend zu beginnen.
Es wäre unredlich zu behaupten, daß dieses Ziel zum Nulltarif erreicht werden kann. Dieses wird mit Bestimmtheit nicht der Fall sein. Im Gegenteil: wir werden auf viele uns vertraute Gewohnheiten/Annehmlichkeiten verzichten müssen, ohne jedoch größere Abstriche beim Lebensstandard machen zu müssen. Das Ziel ist auch nicht durch eine einzige Maßnahme zu erreichen. Erforderlich ist ein aufeinander abgestimmtes Bündel von Maßnahmen, das auf die Bedürfnisse und Verhältnisse der einzelnen Länder zugeschnitten ist. Investitionen sollten möglichst dort getätigt werden, wo mit einem verhältnismäßig geringen finanziellen und technischen Aufwand der größtmögliche Erfolg erzielt werden kann (Joint Implementation). Hier bieten sich die Entwicklungsländer an, in denen die Energieeffizienz der dort betriebenen Anlagen im Verhältnis zu Deutschland extrem niedrig liegt. Allerdings muß vermieden werden, daß sich reiche Industrieländer durch derartige Maßnahmen von der Verpflichtung einer deutlichen Reduktion der CO_2-Emissionen im eigenen Land „freikaufen"
Deutschland ist Vorreiter auf dem Gebiet der CO_2-Emissionsminderung und hat diese Rolle positiv durch die eindrucksvolle Stellungnahme von Bundeskanzler Kohl auf der Rio-Nachfolgekonferenz in Berlin nochmals bekräftigt. Die Bundesregierung hat – basierend auf der Empfehlung der Enquête-Kommission des Deutschen Bundestages „Schutz der Erdatmosphäre" – eine Senkung der CO_2-Emission um 25% bis zum Jahr 2005 relativ zu der Ausgangssituation in 1990 beschlossen. Bis heute ist die CO_2-Emission in Gesamtdeutschland seit 1990 um ca. 15% abgesunken, wobei allerdings festgehalten werden muß, daß diese Abnahme im wesentlichen auf den Zusammenbruch der Industrie in den neuen Bundesländern nach der Wiedervereinigung sowie zu einem nicht unerheblichen Teil auf die relativ warmen Winter der letzten Jahre zurückzuführen ist. Die CO_2-Emission in den alten Bundesländern ist dagegen nahezu unverändert geblieben.
Auch in Deutschland verfügen wir noch über viele Möglichkeiten, die heutigen CO_2-Emissionen in einem erheblichen Umfang und mit relativ einfachen Mitteln abzusenken. In diesem Zusammenhang sind vorrangig zu erwähnen:

- Energieeinsparung, die unter den heutigen Gegebenheiten und genereller Expertenmeinung die preisgünstigste Maßnahme darstellt. Dabei ist als zusätzlicher positiver Effekt zu vermerken, daß die Energieeinsparung gleichzeitig mit einer wesentlichen Minderung der Emission anderer Schadstoffe verbunden ist und auf diese Weise auch ein positiver Beitrag zur Verbesserung anderer Umweltprobleme (saurer Regen, Eutrophierung von Ökosystemen, Photosmog, u. a.) geleistet wird.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.biologiezentrum.at

- Verbesserung des Wirkungsgrads bei der Energieerzeugung, u. a. durch den vermehrten Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplung, mit deren Hilfe der Wirkungsgrad von ca. 40% bei herkömmlichen Kraftwerken auf nahezu 100% gesteigert werden kann;
- Substitution der Kohle durch Erdgas, bei der aufgrund der chemischen Zusammensetzung und der höheren Energiedichte des Erdgases bei gleicher Energiegewinnung weniger CO_2 emittiert wird;
- Einsatz CO_2-freier Energieträger, u. a. regenerative Energie und Kernenergie, und
- Entwicklung und Einsatz neuer Technologien, wobei hier unter anderem an den Einsatz von Wasserstoff gedacht ist, der durch solartechnische Anlagen, d. h. CO_2-frei erzeugt ist.

Bei dem zuletzt angesprochenen Aspekt ist zu berücksichtigen, daß auch die Akzeptanz neuer Technologien durch die Gesellschaft eine wichtige Rolle spielt und deshalb auch entsprechende Aufklärungsarbeit notwendig ist.

Es ist keine Frage, daß das Ziel einer einschneidenden CO_2-Emissionsminderung nur durch Vorgabe geeigneter ordnungspolitischer Vorgaben und Rahmenbedingungen erreicht werden kann. Es müssen, um nur einige Beispiele zu nennen, u. a.

- Anreize zur Energieeinsparung (so u. a. durch die Einführung einer aufkommensneutralen CO_2-/Energie-Steuer geschaffen werden,
- die bestehende Wärmeschutzverordnung auf Altbauten ausgedehnt werden,
- die Subventionen von CO_2-emittierenden Prozessen gestrichen und
- die externen Umweltkosten auf das Produkt abgewälzt werden.

Ohne Zweifel ist Deutschland allein nicht in der Lage, dieses Problem zu lösen. Die Pro-Kopf-CO_2-Emission in Deutschland ist mit ca. 10 t CO_2 zwar ziemlich hoch, allerdings ist der deutsche Beitrag zur globalen CO_2-Emission mit ca. 4% trotzdem relativ niedrig. Erforderlich ist deshalb eine international abgestimmte, konzertierte Aktion sowie die Vereinbarung von Protokollen, die von allen Ländern der Erde unterzeichnet und danach auch kontrolliert werden. Diese Aktionen müssen eine wirksame Unterstützung der Entwicklungsländer einschließen, so u. a. durch

- die Bereitstellung von technischem Know-How,
- die Beratung und Weitergabe neuester Erkenntnisse und
- die Bereitstellung neuester Technologien.

Wenn wir den weniger entwickelten Ländern nicht helfen, wird die CO_2-Emission in diesen Ländern drastisch steigen und ab Mitte des nächsten Jahrhunderts die Emissionsrate der Industrieländer überflügeln.

Wir haben alle Chancen und Möglichkeiten, das dargestellte Ziel ohne Einbuße unseres Lebensstandards zu erreichen. Dazu sind wir auch in unserer Verantwortung gegenüber den kommenden Generationen verpflichtet. Wir haben die Pflicht und Aufgabe, im Sinne der Agenda 21 den nachfolgenden Generationen eine Welt zu hinterlassen, in der sie die gleichen Chancen haben wie wir. Ob wir dieser Herausforderung gerecht werden, hängt auch sehr stark von der zukünftigen Entwicklung der Weltbevölkerung ab. Derzeit erhöht sich die Zahl der auf der Erde lebenden Menschen um ca. 100 Millionen pro Jahr, also mehr als die gesamte Bevölkerung Deutschlands. Die moderaten Szenarien der United Nations sagen eine Stabilisierung der Weltbevölkerung für das Jahr 2050 voraus, wobei dann die Gesamtzahl auf ca. 10 – 11 Milliarden Menschen angestiegen sein wird, d. h. die Bevölkerung sich dann gegenüber dem

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.biologiezentrum.at

heutigen Wert in etwa verdoppelt haben wird. Diese vielen Menschen müssen mit Nahrung und Energie versorgt werden. Die damit zusammenhängenden Aktivitäten sind zwangsweise mit der Emission von Treibhausgasen verbunden und erfordern zusätzliche Anstrengungen zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen, wobei hier alle Treibhausgase eingeschlossen sind.

Lassen Sie mich, meine Damen und Herren, zum Schluß noch einen Aspekt ansprechen, der mir sehr am Herzen liegt. Wenn wir – wie in diesem Vortrag – über die Änderung der chemischen Zusammensetzung der Atmosphäre durch anthropogene Aktivitäten und die daraus resultierenden Umweltprobleme diskutieren, sollten wir beachten, daß

- wir nur über diese eine Atmosphäre verfügen,
- diese Atmosphäre für das Leben auf der Erde von existentieller Bedeutung ist,
- tiefgreifende Veränderungen der chemischen Zusammensetzung – wie in diesem Vortrag dargelegt – durch anthropogene Aktivitäten in relativ kurzer Zeit bewirkt werden können und
- diese Veränderungen selbst mit drastischen Maßnahmen nicht kurzfristig rückgängig gemacht werden können.

Wir sind deshalb aufgerufen, alles in unserer Macht stehende zu tun, um eine weitere Verschmutzung der Erdatmosphäre zu verhindern. Wir verlieren relativ wenig, wenn wir unser Möglichstes versuchen, können aber alles verlieren, wenn wir nichts tun.

Ich danke Ihnen für Ihre Aufmerksamkeit.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte des naturwiss. Vereins für Schwaben, Augsburg

Jahr/Year: 1997

Band/Volume: 101

Autor(en)/Author(s): Seiler Wolfgang

Artikel/Article: Klimaänderung: Die größte um weltpolitische Herausforderung des nächsten Jahrhunderts 3-16