

Wolfgang Weller

Objektivierte Analyse des globalen Klimawandels

1. Der Klimawandel als weltweite Problemstellung

Der Klimawandel ist zunehmend sowohl in den Focus der Berichterstattung der Medien als auch in das Bewusstsein vieler Menschen gelangt. Hierbei handelt es sich um eine globale Entwicklung, welche für die Menschheit durchaus eine ernste Bedrohung darstellt. Die Auswirkungen zeigen sich an wahrnehmbaren Erscheinungen, wie extremen Hitzewellen, langen Dürreperioden, gewaltigen Wetterkapriolen, dem Abschmelzen der Eisdecke an den Polen sowie der Gletscher in den Hochgebirgen, dem Anstieg des Meeresspiegels sowie Auftauen der Permafrostböden u. a. m. Da nützt es auch nichts, wenn vereinzelte Persönlichkeiten, wie der USA-Präsident, den Klimawandel als eine Erfindung der Medien bezeichnet, welche die USA schädigen soll oder namhafte AfD-Politiker die Existenz der Klimaveränderungen bezweifeln.

Der zweite Punkt ist, dass diese negative Klimaentwicklung weitgehend von Menschen verursacht wird. Dies zeigt sich u. a. an der Luftverpestung insbesondere in den stark verkehrsbelasteten Innenstädten, Industriegebieten und in der Nähe von Waldbränden, welche die Gesundheit schädigen und die Lebensqualität der Menschen mindern.

Schließlich ist auch ausgemacht, welche Ursache für den Klimawandel verantwortlich ist. Dies sind die verstärkt emittierten sog. Treibhausgase, insbesondere von Methan sowie des atmosphärischen Gases Kohlendioxid, wobei für das letztgenannte die Menschen verantwortlich sind. Damit stellt sich dann wiederum dem Menschen auch die Aufgabe, die negativen Folgen insbesondere des CO₂-Ausstoßes auf das Klima auszugleichen oder zumindest zu begrenzen, wenn ein Leben auf unserer Erde auch noch für die nachfolgenden Generationen möglich oder zumindest erträglich sein soll.

Nachdem die globale Bedrohung erkannt und die Ursachen insoweit zunächst aufgeklärt waren, wurden im Rahmen der UNO sowie auf internationaler Ebene Anstrengungen unternommen, zumindest Grenzwerte für den Ausstoß des Treibhausgases CO₂ zu vereinbaren. Typische Veranstaltungen dieser Art sind die in gewissen Abständen stattfindenden Treffen im Rahmen des sog. Kyoto-Protokolls. Leider werden diese selbst auferlegten Vorgaben von manchen Ländern nicht erfüllt bzw. einige der Hauptverursacher sind dieser Vereinigung erst gar nicht beigetreten. Gegenwärtig findet auf UN-Ebene in New York ein Welt-Klimagipfel statt, von dem die Festlegung weiterer, möglichst energischer Schritte zur Eindämmung der Klimaverschlechterung erwartet wird.

Derartige aus übergeordneter Sicht erlassene Vorgaben sind dann auf nationaler Ebene durch entsprechende Festlegungen umzusetzen. In der Bundesrepublik hängt die Erfüllung ihrer selbst gesteckten Klimaziele gegenwärtig leider hinterher. Dennoch wurde kürzlich von der Bundesregierung nach zähen Beratungen ein sog. Klimaschutzpaket 2030 verabschiedet, das terminierte Vorgaben für ein Bündel von Maßnahmen enthält. Ob hier die Erwartung eines „großen Wurfs“ erfüllt wurde, darf allerdings wohl eher bezweifelt werden. Aber das hat seine Gründe, worauf noch einzugehen sein wird. Darüber hinaus wurde auch für die Zukunft ein ehrgeiziges Ziel vorgegeben, wonach unser Land bis 2050 klimaneutral sein will.

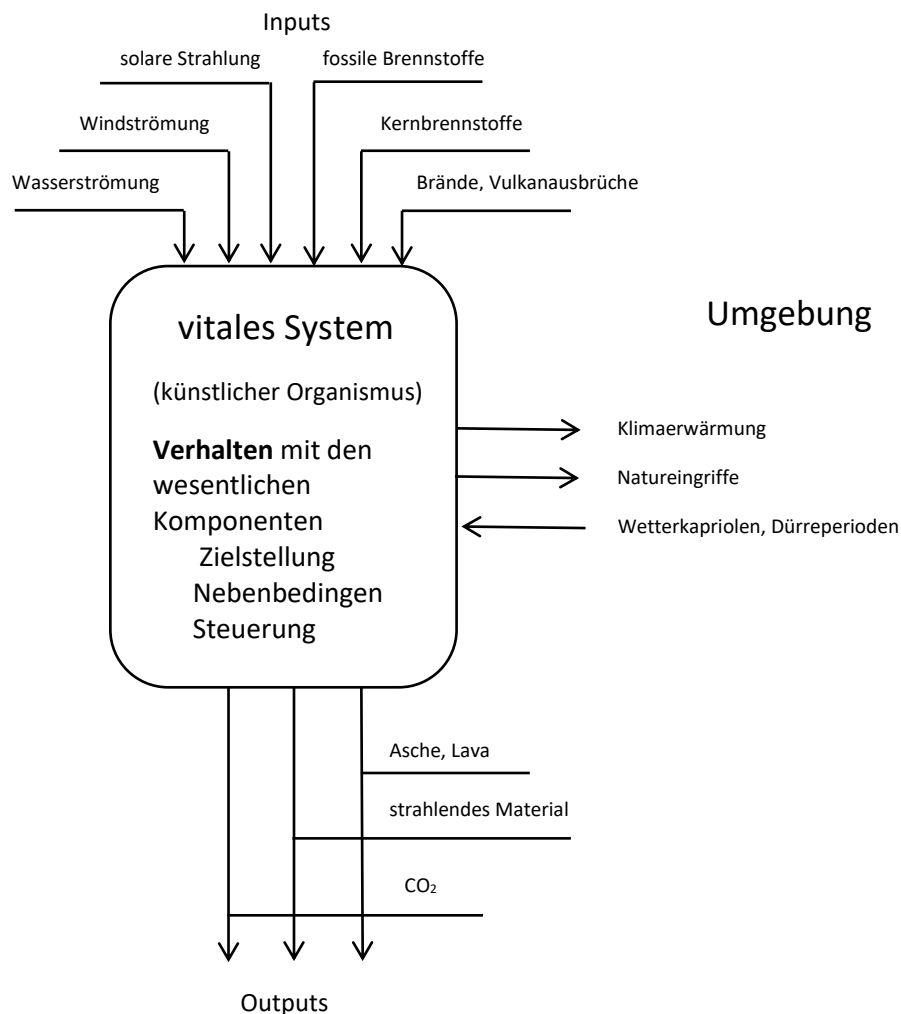
2. Systembeschreibung

Wenn manche Zeitgenossen und insbesondere Parteivertreter auch kritisieren, dass es der Regierung an einem Gesamtkonzept zur Abwendung der menschengemachten Klimaschädigung mangelt und die vereinbarten Maßnahmen als zu weich und zu unkonkret empfunden werden, so ist doch zu berücksichtigen, dass es sich bei der Abwendung dieser Herausforderungen um ein höchst komplexes Problem handelt, welches nur schwer zu durchschauen ist. Und genau an dieser Stelle setzt unser Bemühen an, unter Anwendung moderner theoretischer Verfahren möglicherweise eine Hilfestellung zu bieten.

Dazu werden wir hier versuchen, das Phänomen der Klimaveränderung und dessen Management von Seiten der *Systemtheorie* anzugehen [1]. Merkmale dieses Zugangs sind

- die Unterscheidung von *System* und *Umgebung*, die durch einen (wählbaren) *Systemrand* voneinander getrennt sind und miteinander wechselwirken,
- ein interner Systemaufbau, gekennzeichnet durch eine Anzahl von *Elementen*, die miteinander verbunden sind und eine *Struktur* bilden,
- das Vorhandensein von *Inputs* und *Outputs* sowie von *Systemzuständen*,
- sowie ein internes zielorientiertes *Verhalten* des Systems.

Die Behandlung des Problems der Klimaveränderung und seiner Eindämmung soll durch die nachfolgend dargestellte systemorientierte Grafik unterstützt werden.



Die vorgestellte Grafik bedarf der Erläuterung. Beginnen wir dabei mit der Behandlung als *kybernetisches System*. Unter einem *System* wird allgemein eine funktionsfähige Einheit verstanden, die aus einer Gesamtheit zugehöriger Elemente besteht. Was hier aus der existenziellen Gesamtheit herausgegriffen wird, bestimmt der *Systemrand* – eine endlose Hüllfläche – der wählbar ist. Im vorliegenden Fall können wir selbst bestimmen, ob unser betrachtetes System das weltumspannende Klimasystem sein soll oder das eines Staatenverbundes, eines Landes – ggfs. also Deutschlands – oder einer Region sein soll. Dementsprechend wird es also eine unterschiedliche Anzahl und auch verschiedene Arten von Elementen enthalten. Wir werden hier keine Festlegung bezüglich des Systemumfangs treffen, sondern die bestehende Wahlmöglichkeit offen halten.

Als nächstes führen wir die Auffassung unserer Systeme als eine Art künstlicher Organismen ein. Somit handelt es sich dann um *vitale Systeme*. Diese Metapher halten wir für geeignet zur Unterstützung der nachfolgenden Darlegungen, da wir ja selbst auch ein lebender Organismus sind und somit dementsprechend die gegebenen Erläuterungen gut nachvollziehen können.

Den Gegenpart zum System bildet die *Umwelt*. Theoretisch gehört zur Umwelt sozusagen der „Rest der Welt“. Davon haben wir hier jedoch nur einen speziellen Ausschnitt zu berücksichtigen

Zwischen den Systemen und ihrer Umwelt gibt es bestimmte Wirkbeziehungen. Einige dieser Beziehungen wirken als *Inputs* auf die Systeme. Dazu zählen im vorliegenden Fall die verschiedenen Arten der verwendeten Energien, die den Systemen zugeführt werden. Dazu knüpfen wir wieder an unsere Interpretation der betrachteten Systeme als *vitale Systeme* an. Wie allgemein bekannt, bedürfen Organismen zu ihrer Lebenserhaltung der Nahrungszufuhr. Diese Notwendigkeit übertragen wir auf unsere Betrachtungen, indem es sich bei den Inputs hier um die Zufuhr von *Energie* handelt. Berücksichtigen wir den vorliegenden Iststand, so sind bei der betrachteten Systemkategorie durchaus mehrere Energiequellen zu berücksichtigen, die von unterschiedlicher Art sind. Dazu gehören einerseits fossile und auch atomare Brennstoffe sowie auch andere thermische Quellen, etwa in Form von Bränden oder Vulkanausbrüchen. Solche Energiequellen sind derzeit durchaus noch vorhanden und werden einerseits in den noch vorhandenen Kraftwerken dieser Art zur elektrischen Stromerzeugung sowie in Industrieanlagen in der Produktion verwendet. Fossile Brennstoffe, diesmal in Form von Benzin und Dieselmotoren, werden derzeit außerdem in großem Umfang noch für den Antrieb von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren eingesetzt.

Die Nutzung dieser klimaschädlichen Energiequellen soll im Sinne der Umweltschonung möglichst schnell abgebaut werden. Geeignete Ersatzmöglichkeiten, die eine klimaneutrale Nutzung ermöglichen, bieten regenerative Energiequellen, welche die Umwelt in verschiedener Form quasi kostenfrei zur Verfügung stellt. Zu dieser Gruppe zählen die aus dem Weltraum zugeleitete solare Strahlung, die aus der Atmosphäre stammende Windströmung sowie auch die den Meeren entnehmbare Wasserströmung. Solche Energiearten werden teilweise bereits jetzt zur Stromerzeugung genutzt, wofür neuartige Kraftwerke in Form von Solar-, Wind- und – soweit die Bedingungen gegeben sind – auch Meereskraftwerke eingesetzt werden. Bei den Fahrzeugen wird vor allem ein

Umstieg auf Elektroantriebe unter vorzugsweiser Nutzung von Ökostrom propagiert, was aus mancherlei Gründen jedoch nur zögerlich angenommen wird. Damit sind die beiden Hauptverursacher für den Ausstoß von Kohlendioxid benannt.

Bei unseren vitalen Systemen besteht also gegenwärtig noch ein gewisses Sammelsurium an Energiequellen, wovon allerdings im Zuge der Energiewende einige zugunsten der erneuerbaren Energien verabschiedet werden sollen. Somit entpuppt sich der Klimawandel aus der Sicht der hauptsächlich eingesetzten Gegenmaßnahmen als ein Problem der Energiewende.

Die den vitalen Systemen aus verschiedenen Quellen zugeführten Energien werden – wie auch in jedem anderen Organismus – intern zur Erhaltung ihrer Lebensfunktionen, wie man landläufig sagt, „verbraucht“. Genauer betrachtet, lehrt uns allerdings der 2. Hauptsatz der Wärmelehre, dass Energie weder gewonnen noch verlorengehen kann. Ergo handelt es sich in Wahrheit um eine Energiewandlung von einer höherwertigen in eine qualitativ niedrigere Form, zumeist in Wärme.

Die Nutzung der verschiedenen Energiequellen hat auch Auswirkungen auf die innerhalb des Systems vorhandenen *Elemente*. Dies können je nach Art der Energiequellen Kernkraftwerke, Kohlekraftwerke, Wasserkraftwerke, Solaranlagen, Windkraftwerke, Industrieanlagen, Fahrzeuge mit unterschiedlichen Antriebsarten, aber auch Menschen und sogar Tiere sein, sofern diese mit der Klimaänderung in einer Beziehung stehen. Hier ist noch darauf hinzuweisen, dass es im Zuge der noch zu erläuternden Klimaschutzmaßnahmen nicht nur zur bereits vereinbarten sukzessiven Abschaltung vorhandener Kernkraftwerke sondern auch der Kohlekraftwerke sowie einem gravierenden Umbau der Verkehrslösungen kommt, während es auf der Gegenseite zu einem sukzessiven Ausbau der Solaranlagen, Windparks und auch Meereskraftwerken kommt. Somit findet ein beständiger Umbau des Systeminneren statt. Die diesbezüglichen Maßnahmen haben vielfältige Auswirkungen auf die Beziehungen zwischen den Elementen, wobei die Folgen für die betroffenen Menschen besonders schwerwiegend sind. Im vorliegenden Fall handelt es sich hier um Systeme, die sich selbst verändern und folglich *dynamische Systeme* genannt werden. Dies ist nicht zu verwechseln mit Systemen, in denen zeitabhängige Vorgänge stattfinden, während diese selbst zeitinvariant sind.

Auch wenn es weniger appetitlich ist, so produzieren organismische Systeme, wie auch wir, einen *Output*. Sagen wir es etwas verblümt: Jedes System erzeugt auch Rückstände, Abfall oder wie immer man es nennen will. Im Falle unserer Klimasysteme handelt es sich bei dem Output in erster Linie um die Emission schädlicher Treibhausgase, allen voran das Kohlendioxid, sowie in der Übergangsphase auch um die Freisetzung langfristig strahlender atomarer Rückstände. Auch Asche und ähnliche Materialien gehören dazu. Beim CO₂-Ausstoß geht es vor allem darum, diese Hinterlassenschaft durch die Einführung geeigneter system-immanenter Maßnahmen so schnell wie möglich herunterzufahren. Erinnerung sei an die bereits erwähnte ehrgeizige Zielstellung der Bundesregierung, bis zum Jahr 2050 Klimaneutralität zu erreichen.

Weitere Wechselbeziehungen, die wir in unserer Grafik ebenfalls berücksichtigen, bestehen zwischen den betrachteten Systemen und der zur Umwelt gehörenden Natur. So hat einerseits der verstärkte Ausstoß schädlicher Gase Auswirkungen auf das Weltklima, indem es dort zu einem sich derzeit immer noch fortsetzenden Temperaturanstieg kommt.

Des Weiteren gibt es durchaus erhebliche Auswirkungen auf die Pflanzen- und Tierwelt. Umgekehrt wirkt sich die Klimaerwärmung auf das globale Wettergeschehen aus, wobei es zu Wetterkapriolen bisher nicht bekannter Intensität kommt.

3. Systemverhalten

Wir befassen uns nun mit dem *dynamischen Verhalten* des globalen Klimasystems in der hier betrachteten Form eines vitalen Systems. Dieses System soll einem bestimmten Zweck dienen, nämlich der schädlichen CO₂-Emission entgegenwirken, sodass ein weiterer Temperaturanstieg und damit Schädigungen von Menschen und der Natur abgewendet werden. Konkret bedeutet das vor allem Erhalt der

- Vitalität
- Lebensqualität
- Mobilität

der system-immanenten Menschen.

Damit ist die *Zielstellung* bereits vorgegeben. Dieses Ziel ist aus verschiedenen Gründen nicht sofort erreichbar, weshalb ein *dynamischer Prozess* zu durchlaufen ist, an dessen Ende die erwartete Zielerreichung stehen soll. Dabei sind vorwiegend aus Kreisen der Politik bestimmte terminierte Zwischenziele vorgegeben, auf die im Falle Deutschlands bereits vorstehend verwiesen wurde.

Der Prozessablauf unterliegt bestimmten Forderungen, die als sog. *Randbedingungen* einzuhalten sind. Dazu zählen insbesondere

- verträglicher Strukturwandel, realisiert durch einen geeigneten schrittweisen Systemumbau
- weitgehender Erhalt der kommunalen Standorte als lebensfähige Einheiten
- behutsame Umstellung der Beschäftigungssituation der Menschen durch Bereitstellung neuer Arbeitsplätze
- Einbeziehung des Rückbaus nicht mehr benötigter Produktionsmittel und Renaturierung erzeugter Brachen
- kluger Einsatz der begrenzt verfügbaren finanziellen Mittel in Form staatliche Hilfen und Fördermaßnahmen
- Berücksichtigung der Auswirkungen der Umstellung auf das Meinungsbild der betroffenen Menschen
- Beachtung parteipolitischer Interessen

Das System soll aus sich selbst heraus diesen Wandlungsprozess vollziehen. Dazu bedarf es einer internen *Steuerung*, die ein komplexes und intelligentes Verhalten realisiert.

Es stellt sich noch die Frage, welche *Strategien* der systeminternen Steuerung zur schrittweisen Reduzierung des Ausstoßes des CO₂ -Ausstoßes zur Verfügung stehen, um den zielorientierten Umstellungsprozess bis hin zur eines Tages erreichten Klimaneutralität zu gewährleisten. Diese beziehen sich auf die verfügbaren Einzelkomponenten (Systemelemente), wie Fahrzeuge, Kraftwerke, Industrieanlagen etc.

Dafür gibt es folgende Wahlmöglichkeiten:

- *Enthaltung*

Enthaltung bedeutet immer Verzicht und passt daher nicht in eine Welt, die auf beständigen Fortschritt gerichtet ist.

Beispiel: So fordern Puristen etwa die generelle Entfernung von Autos aus dem Straßenverkehr.

- *Reduzierung*

Hier geht es um das Unterlassen von nicht unbedingt Notwendigem, d. h. um Sparen.

Beispiel: Man muss nicht jeden Schritt mit dem Auto oder als Einzelperson unbedingt mit einem SUV fahren, wenn man bereit ist, etwas zur Minderung des CO₂-Ausstoßes zu tun.

- *Vermeidung*

Nutzung von vorhandenen Alternativen, die ähnliches leisten.

Beispiel: Die Reisen im Inland müssen nicht unbedingt mit dem Flugzeug zurückgelegt werden, wenn eine ähnliche Transportleistung auch mit einer schnellen Bahnverbindung erbracht wird, bei der weniger Treibhausgas emittiert wird.

- *Umstieg*

Ein geeigneter Technologiewechsel verhindert möglicherweise überhaupt das Entstehen schädlicher Emissionen. Besonders große Effekte sind dort bei den Großemittenten zu erzielen.

Beispiel: Bei der Stromversorgung besteht die Möglichkeit anstelle von Kraftwerken auf Basis fossiler Energieträger auf solche, die regenerative Energiequellen nutzen, umzusteigen. Bei den Kraftfahrzeugen können die Antriebe mit Verbrennungsmethoden durch Elektroantrieb substituiert werden

- *Nutzung*

Das Prinzip besteht hier in der Verwertung schädlicher Emissionen. Es wird somit gleichsam der Bock zum Gärtner gemacht. Damit gelingt nicht nur ein klimaneutrales Verhalten, sondern sogar ein Verbrauch klimaschädlicher Gase.

Beispiel: Aus dem schädlichen Kohlendioxid kann unter Einsatz möglichst klimaneutral erzeugten Stroms und von Wasser Treibstoff gewonnen werden (*Power-to-X-Technologie*). So kann man heutzutage bereits auf Verfahren zurückgreifen, bei denen energiereiches Gas, bspw. Wasserstoff erzeugt wird (*Power-to-Gas-Technologie*). Ebenso möglich ist auf ähnliche Weise die Erzeugung von künstlichem Kraftstoff (*Power-to-Liquid-Technologie*).

- *Bindung*

Hier geht es im Wesentlichen darum, klimaschädliches Kohlendioxid nicht wirksam werden zu lassen, indem man es stofflich bindet und ggfs. sogar umwandelt.

Beispiel: Durch Erstellung neuer großer Waldflächen mit geeigneten Baumarten können große Mengen CO₂ aufgenommen werden, wobei dieses Gas durch natürliche Photosynthese in Traubenzucker umgewandelt und dort gespeichert wird.

- *Verwahrung*

Die unpassendste Form im Umgang mit dem Treibhausgas ist deren Speicherung, was eine Hinterlassung an die nachfolgende Generation bedeutet.

Beispiel: Welche Probleme die Abfallverwahrung bereiten kann, hat bereits die sog. Endlagerung abgebrannter Kernbrennstäbe gezeigt. Bei der Verwahrung von CO₂ sieht es auch nicht viel besser aus. Wenig taugliche Vorschläge empfehlen hier die Speicherung in riesigen Druckbehältern sowie die Verpressung in unterirdischen druckfesten Stollen oder im Meerwasser.

Wie zuvor dargelegt, gibt es ein ganzes Arsenal von Möglichkeiten zur Reduzierung bzw. gänzlichen Vermeidung des schädlichen Treibhausgases CO₂.

4. Ergebnis

Die Behandlung des anstehenden Klimawandels auf der Basis systemtheoretischer Methoden in Verbindung mit der hier eingeführten Metapher des globalen Klimawandels als lebender Organismus mag vielleicht etwas befremdlich erscheinen. Dennoch werden unter Verwendung dieser Behandlungsweisen bestimmte Einsichten in den Funktionsmechanismus der Klimawende erlangt und in möglichst plausibler Weise erläutert, was angesichts der bestehenden Komplexität zu einer gewissen Transparenz verhilft. Wer zudem die Systemtechnologie noch etwas genauer kennenlernen möchte, der sei dazu auf die im Anschluss angegebene Literatur verwiesen.

Nach den vorstehenden, möglicherweise etwas anspruchsvollen Darlegungen mag der Leser vielleicht erwartet haben, dass am Ende der Ausführungen ein schlüssiges Konzept für das Management des Klimawandels, vielleicht bezogen auf die Region Berlin/Brandenburg, vorgelegt wird. Dass dieses nicht geboten wird, hat bestimmte Gründe. Diese liegen einerseits in der kaum erfassbaren Vielfalt der Einflüsse. Des Weiteren sind viele der in dem andauernden Veränderungsprozess teilweise sogar recht massiv mitwirkenden Faktoren kaum quantitativ erfassbar. Dazu zählen u. a. die Einflüsse der Interessenverbände und Lobbys, insbesondere der Automobil- sowie Kohle- und Kraftwerksindustrie. Auch die vielfach hindernden Aktivitäten der sich immer wieder bildenden Bürgerinitiativen sind wohl nicht einzubinden. Ebenfalls sind auch parteipolitische Interessen mit im Spiel. Der Hauptgrund für die fehlende Gesamtkonzeption für ein systemintern realisiertes Management des globalen Klimawandels besteht allerdings im bisherigen Mangel einer nutzbaren systematischen Entwurfsmethodik für den vorliegenden Typus komplexer dynamischer Systeme, geschweige denn eines entsprechenden Softwarewerkzeugs. So muss man sich wohl damit abfinden, dass nur geringe Aussichten bestehen, dass dieses Management eines Tages einem intelligenten Steueralgorithmus anvertraut werden kann. Somit verbleibt die Gestaltung der Klimawandels auch weiterhin in den Händen von Menschen. Hier müssen wohl von vielen Seiten

wirkungsvolle Beiträge sowohl zur möglichst raschen, als auch verträglichen Gestaltung der Klimawende geleistet werden.

Mit seinen Darlegungen hofft der Autor dennoch, eine neuartige Sicht bei der Behandlung des globalen Klimawandels vorgestellt zu haben, die ein besseres Verständnis des hier betrachteten, von der Menschheit zu bewältigenden Problems des Klimawandels ermöglichen.

Literatur

[1] Weller, W.: Systemtechnologie. Grundlagen und Anwendungen.

Untertitel: Denken in Systemen – ein neues Paradigma zur Behandlung technischer und natürlicher Systeme,

ISBN 978-3-8442-7938-2

see: <https://www.epubli.de/myaccount/publikation/33701>