

**Bürgergutachten zum Bürgerforum „Climate Engineering – eine Möglichkeit
gegen den Klimawandel?“**

Schwerin

19. Januar bis 21. Januar 2018

16. Februar bis 18. Februar 2018

16. März bis 18. März 2018

Vorwort

Das Bürgerforum „**Climate Engineering – Eine Möglichkeit gegen den Klimawandel?**“ wurde vom Lehrstuhl für Philosophie und Ethik der Umwelt des Philosophischen Seminars der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel gemeinsam mit Projektpartnern der Universität Kassel und des Instituts für Weltwirtschaft (IfW) Kiel durchgeführt. Das Bürgerforum stand im Rahmen der zweiten Projektphase des DFG-Schwerpunktprogramms 1689: „**Climate Engineering: Risks, Challenges, Opportunities**“. In diesem Schwerpunktprogramm forschen die Universitäten Kiel und Kassel sowie das IfW gemeinsam im sozialwissenschaftlichen Projekt **TOMACE** („Trade-offs between Mitigation and Climate Engineering“). TOMACE erforscht die Einschätzung von Methoden des Climate Engineering durch Nicht-WissenschaftlerInnen. Diese Einschätzungen und Beurteilungen werden in TOMACE mittels quantitativer und qualitativer sozialwissenschaftlicher Methoden sowie im Rahmen des partizipativen und deliberativen Konzepts „Bürgerforum“ erhoben.

Das Konzept des Bürgerforums wurde bereits in den 1970er Jahren unter dem Namen „Planungszelle“ von Peter Dienel entwickelt. Verwandte und weiterentwickelte Verfahren sind die sog. Zukunftswerkstätten, Gruppen-Delphis, Publi-Foren oder im englischsprachigen Raum sogenannte „deliberative workshops“. Bürgerforen kamen insbesondere im Rahmen der sog. Technikfolgenabschätzung und bei der Lösung von Umweltkonflikten zum Einsatz. Es handelt sich um partizipative und diskursive Verfahren der Urteilsbildung.

Bürgerforen sind „künstliche Knoten“ der demokratischen Urteilsbildung. Somit dienen sie in erster Linie der aktiven Beteiligung von BürgerInnen an politisch-öffentlichen Diskursen. Zusätzlich kann das Verfahren aber auch zur Selbstvergewisserung und Kritik wissenschaftlicher Fachdiskurse beitragen. Bürgerforen können demokratische Entscheidungen nicht ersetzen, sind aber eine diskursiv qualifizierte Form der politischen Mitsprache. Es ist beabsichtigt, das vorliegende Bürgergutachten in die wissenschaftliche und politische Urteilsbildung einfließen zu lassen.

Wesentliches Merkmal eines solchen Beteiligungsverfahrens ist, dass die Teilnehmenden zufällig ausgewählt werden, die Entscheidung zur Teilnahme aber autonom treffen können. Teilnehmende sollten, wenn möglich, keine speziellen Vorkenntnisse über die zu diskutierende Problematik besitzen und von daher unvoreingenommen sein. Sie sollten sich ein Urteil bilden können, das nicht (wie in sog. „stakeholder“-Verfahren) von ihren persönlichen Interessen beeinflusst ist. Diese Bedingungen konnten im Falle des „Climate Engineering“ leicht erfüllt werden, da der Diskurs zum „Climate Engineering“ die breite Öffentlichkeit noch kaum erreicht und bislang keine Interessenkonflikte hervorgerufen hat.

Für die VeranstalterInnen und die ModeratorInnen besteht im Rahmen des Konzeptes die Aufgabe, die BürgerInnen zur diskursiven Meinungs- und Urteilsbildung zu befähigen, damit sie sich in Form eines Bürgergutachtens ein wohlinformiertes, differenziertes, abgewogenes und reflektiertes Urteil bilden können sollen. Dieses Urteil ist im Idealfall kollektiv erarbeitet und einvernehmlich, wodurch es einen anderen Status beanspruchen darf als den einer persönlichen Meinungsbekundung.

Um diese qualifizierte Art der Urteilsbildung zu ermöglichen, führten die Veranstalter das Bürgerforum an insgesamt drei Wochenenden zu Beginn des Jahres 2018 in Schwerin durch. Diese Einteilung folgt dem didaktischen Dreischritt „Erkennen“ (1. Wochenende), „Reflektieren“ (2. Wochenende) und „Gestalten“ (3. Wochenende).

Das erste Wochenende diente neben dem Kennenlernen vornehmlich der Information der Teilnehmenden über die in Frage stehenden technologischen Optionen. Der Fokus lag dabei auf den Technologien des „**Stratospheric Aerosol Injection**“ (SAI) und „**Bioenergy with Carbon Capture and Storage**“ (BECCS). Um den TeilnehmerInnen eine möglichst hochwertige und aktuelle Informationsgrundlage anzubieten, wurden aus dem DFG-Schwerpunktprogramm „Climate Engineering“ ReferentInnen aus unterschiedlichen Wissenschaftsbereichen eingeladen. Auch wurden den BürgerInnen während der drei Wochenenden weitere Informationen (Internetlinks, Literatur, Handouts) zur Verfügung gestellt. Am Ende des ersten Bürgerforums wurde eine Umfrage durchgeführt, die der Vertiefung der in TOMACE verfolgten Fragestellung dient. Durch diese Umfrage soll ein Eindruck hinsichtlich der Urteilsbildung zu den Technologien gewonnen und eine Synthese innerhalb der im TOMACE-Projekt integrierten Arbeitsgruppen angeregt werden.

Am zweiten Wochenende widmeten sich die Teilnehmenden der Aufgabe, inhaltliche Schwerpunkte für das Bürgergutachten zu setzen und zentrale Aussagen zu formulieren. Die aus den intensiven Diskussionen gewonnenen inhaltlichen Priorisierungen, Argumente und Einschätzungen sind in den jeweiligen Kapiteln im vorliegenden Gutachten versammelt. Dieses Bürgergutachten wurden am dritten Wochenende in Kleingruppen niedergeschrieben und am 18. März 2018 im Konsens von den Teilnehmenden verabschiedet. Es handelt sich um das bislang einzige Dokument dieser Art zu „Climate Engineering“ im deutschsprachigen Raum.

Es wurde mit den Teilnehmenden des Bürgerforums vereinbart, dass das Bürgergutachten maßgeblichen Akteuren der deutschen Technikfolgenforschung und Klimawissenschaft zugeleitet (Prof. O. Edenhofer, Prof. A. Grunwald, Prof. H.J. Schellnhuber) und innerhalb des DFG-Schwerpunktprogramms publiziert wird.

Wir möchten uns bei allen Teilnehmenden für ihr großes Engagement bedanken! Trotz des aufgrund eines Orkans sehr eingeschränkten Zugverkehres reisten zum ersten Wochenende von insgesamt 25 Eingeladenen 23 Personen an. Das Gutachten wurde am 18. März schließlich von 17 Teilnehmer*innen im Konsens verabschiedet. Einige Teilnehmende fielen wegen Krankheit aus und eine weitere Person unterschrieb das Gutachten nicht.

Unser Dank gilt auch den ReferentInnen, welche sich die Zeit genommen haben, um Vorträge zu halten und Fragen sehr umfänglich zu beantworten.

Unser besonderer Dank gilt dem Moderationsteam, welches uns in der Durchführung des Bürgerforums essentiell unterstützt hat: Lena Judick (IFOK Berlin), Christine Merk (IfW), Geraldine Klaus (Universität Kassel), Moritz Riemann (CAU Kiel), Claas Voges (CAU Kiel), Markus Philipp (CAU Kiel) und Fabian Stenzel (PIK Potsdam).

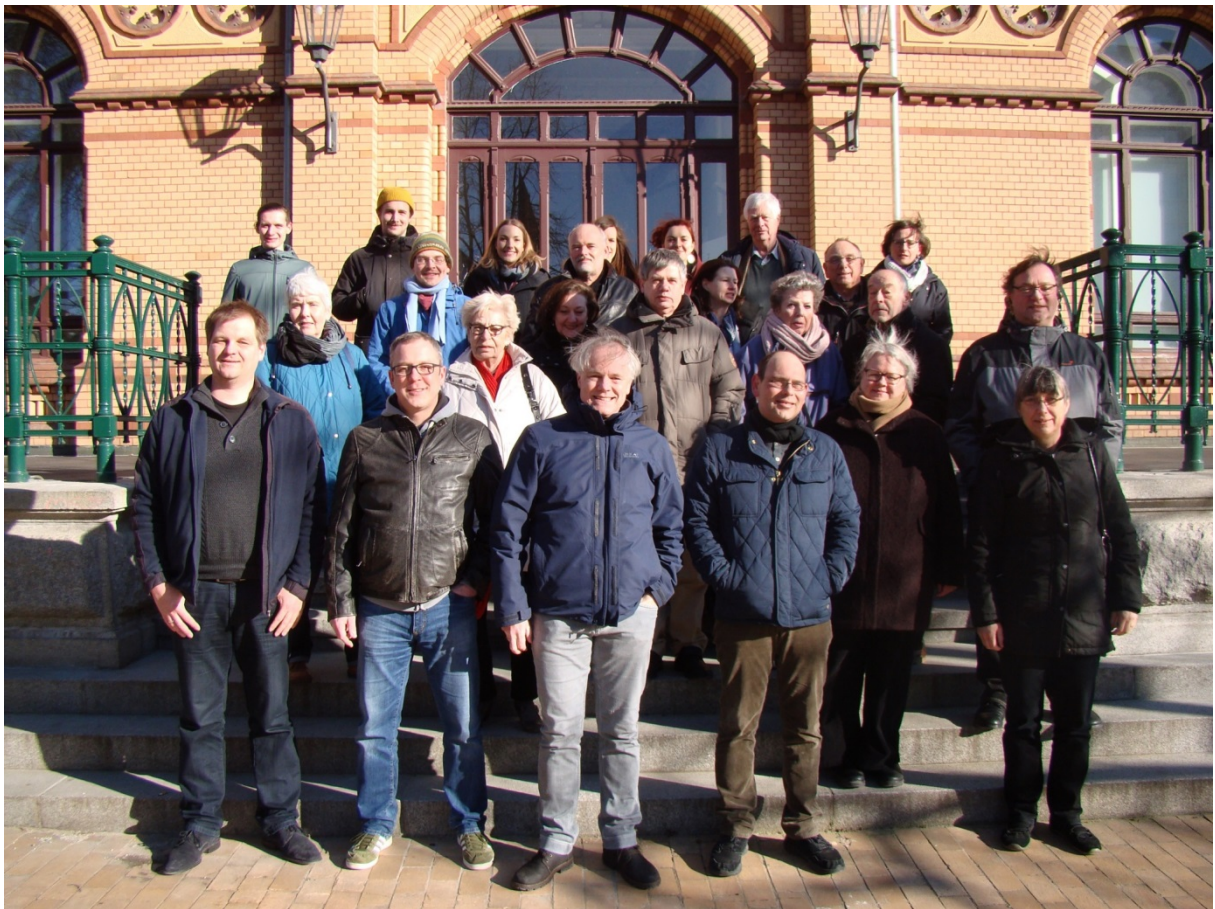
Schwerin, im März 2018

Konrad Ott und Julia Pohlars

Inhaltsverzeichnis

1	Die Autorinnen und Autoren des Bürgergutachtens	6
2	Einleitung	7
3	Die Climate Engineering-Maßnahme Stratospheric Aerosol Injection (SAI).....	9
3.1	Beschreibung	9
3.1.1	Begriffsklärung und Definition.....	9
3.1.2	Stand der Forschung und Entwicklung	9
3.1.3	Einsatz.....	9
3.1.4	Varianten	10
3.2	Chancen	10
3.3	Risiken	11
3.3.1	Folgen des Einsatzes von SAI	11
3.3.2	Instrumentalisierung	11
3.3.3	Abhängigkeit und Unbeherrschbarkeit.....	12
3.3.4	Politik	12
3.3.5	Anwendungsarten	12
3.4	Bewertung	12
3.4.1	Abwägung zwischen SAI und Klimawandel.....	12
3.4.2	Unsicherheiten	13
3.4.3	Alibifunktion	13
3.5	Fazit zu SAI.....	13
4	Die Climate Engineering-Maßnahme: Bioenergy with Carbon Capture and Storage (BECCS).....	15
4.1	Beschreibung	15
4.1.1	Aufgabenstellung.....	15
4.1.2	Regelwerke	15
4.1.3	Vorannahmen	16
4.2	Fokus: Biomasseproduktion	16
4.2.1	Grundlagen	16
4.2.2	Ethische Herausforderungen und Risiken.....	16
4.2.3	Gesellschaftliche Akzeptanz	17
4.2.4	Zwischenfazit Biomasseproduktion	18
4.3	Fokus: Carbon Capture and Storage (CCS)	18
4.3.1	Technische Grundlagen	18
4.3.2	Ethische Herausforderungen	19
4.3.3	Risiken.....	19
4.3.4	Gesellschaftliche Akzeptanz	20
4.3.5	Zwischenfazit CCS	20
4.4	Betrachtung von Alternativen ergänzend zu BECCS	20
4.5	Kapitelfazit	22
5	Appell	22
6	Schlussbemerkung	24
7	Literaturverzeichnis	25

1 Die Autorinnen und Autoren des Bürgergutachtens



Imke Brandt (Schwerin)

Heiko Schaak (Albersdorf)

Rica Schneider (Dobin am See)

Kirsten Schultheis (Hamburg)

Udo Kloppmann (Schwerin)

Ralf Nießen (Würselen)

Michael Möcklin (München)

Maren Clauß (Lüneburg)

Doris Draehmpaehl (Schwerin)

Andres Zöphel (Fulda)

Bernd Gerhards (Overath)

Thomas Maltner (Schwerin)

Britta Rolle (Hamburg)

Heinz Kreuzberg (Seelow)

Karl Heinz Griem (Alt Meteln)

Klaus Thiesen (Hamburg)

Ingrid Hagen (Schwerin)

2 Einleitung

Für jedermann ist offensichtlich, dass Extremwittersituationen wie Hitze, Starkregen, Hagel und Wirbelstürme zunehmen. Hinzu kommen u.a. auch ein Rückgang der Eisbedeckung und ein Anstieg des Meeresspiegels. Die Folgen wie die zunehmende Anzahl von Toten und die Schäden durch Zerstörung von Eigentum, Wirtschaftsgütern und Lebensräumen von Pflanzen, Tieren und Menschen werden immer gravierender.

Wir müssen handeln!

Wir wollen keine Zunahme von Naturkatastrophen!

Dies ist nur erreichbar, wenn dem weltweit sofort gegengesteuert wird. Deutschland kann mit seinen enormen technischen und wirtschaftlichen Möglichkeiten in einer Vorreiterrolle moderne Technologien vorantreiben.

Der Klimawandel wird von der Bevölkerung nicht hinreichend ernst genommen, von großen Teilen nicht einmal wahrgenommen oder sogar geleugnet. Eine besondere Verantwortung für die Zukunftssicherung der Bürger¹ im Rahmen der Daseinsvorsorge liegt beim Staat. Mit geeigneten Instrumentarien ist dafür zu sorgen, dass ein Verfahren zur Information und zur Beteiligung des Volkes hinsichtlich notwendiger Veränderungen gegenüber den Ursachen zum Klimawandel entwickelt wird, z.B. über Zukunftswerkstätten als Planungszellen.

Dabei muss es ein Ziel sein, Verbraucher und Wirtschaft vom derzeitigen Konsumverhalten und ständig steigender Produktion mit Gewinnmaximierung in Richtung ressourcenschonender Lebens- und Produktionsweisen zu lenken. Durch eine aktive Verminderung der Treibhausgasemissionen (Mitigation) bis hin zum Abbau von bereits in der Atmosphäre befindlichen Treibhausgasen (Negative Emissionen) ist ein weiteres Fortschreiten des globalen Klimawandels zu verhindern.

Selbstverpflichtung und Bemühen der Menschheit reichen noch nicht aus, die Erderwärmung bis zum Ende des Jahrhunderts unter 2 Grad Celsius zu halten, wie im Pariser Abkommen von 2015 vereinbart. Mit der Reduktion des Treibhausgasausstoßes allein ist es nicht getan; eine globale Kehrtwende kann nur erreicht werden, wenn zusätzliche Maßnahmen ergriffen werden.

Wenn durch erfolgreiche Mitigation weniger Treibhausgase emittiert werden, so bedeutet das dennoch, dass immer neue Treibhausgase zu den schon vorhandenen hinzukommen. Dass es keinerlei Emissionen mehr gibt, ist nahezu unvorstellbar, jedenfalls nicht für die nähere Zukunft denkbar. Solange sich die Treibhausgaskonzentration in der Luft nicht reduziert, sondern erhöht, wird die Temperatur weiter zunehmen. Es braucht also dringend Technologien, die bereits erfolgte Emissionen wieder abbauen: sogenannte negative Emissionstechnologien (NET). Diese Notwendigkeit ist in der Politik und in der Wirtschaft noch nicht angekommen.

Schwerpunktmäßig ging es uns im Bürgerforum um zwei Möglichkeiten, aktiv gegen das Fortschreiten des Klimawandels vorzugehen:

¹ Aus Gründen der Leserlichkeit wird im Folgenden auf geschlechterspezifische Endungen verzichtet. Die gewählte männliche Form bezieht sich jedoch immer auf Menschen jeden Geschlechts.

Stratospheric Aerosol Injection (SAI)

und

Bioenergy with Carbon Capture and Storage (BECCS).

Das Bürgerforum hat sich nach vorangegangenen Fachvorträgen in zwei homogenen Gruppen jeweils intensiv mit einer der beiden Methoden auseinandergesetzt. Die Ergebnisse umfangreicher Diskussionen zu der Frage, ob eine oder beide Technologien mögliche Maßnahmen gegen den Klimawandel sein könnten, werden in diesem Bürgergutachten festgehalten.

3 Die Climate Engineering-Maßnahme Stratospheric Aerosol Injection (SAI)

3.1 Beschreibung

3.1.1 Begriffsklärung und Definition

Die Climate Engineering Technologie Stratosphären Aerosol Injektion (kurz SAI) wurde uns als Einbringung von Teilchen in die Stratosphäre zur Reduzierung der Sonneneinstrahlung vorgestellt. Es handelt sich um Aerosole z.B. Schwefeldioxid (SO₂), die die Sonneneinstrahlung reflektieren sollen, um die Erwärmung der Erde temporär abzusenken. Der Einsatz dieser Technologie erzielt eine schnelle Wirkung. Dazu sollen die Aerosole kontinuierlich in die Stratosphäre (ab 18 km über NN) eingebracht werden, sie verteilen sich um den gesamten Erdball und wirken umfassend. Erste Erkenntnisse haben die Wissenschaftler aus dem Vulkanausbruch des Pinatubo 1991 gezogen, aufgrund dessen sich die globale Durchschnittstemperatur um 0,3°C für einen Zeitraum von 3 Jahren reduziert hat. Nach Schätzungen wurden bei dem Vulkanausbruch 24 Millionen Tonnen Schwefeldioxid in die Stratosphäre ausgestoßen.²

3.1.2 Stand der Forschung und Entwicklung

Nach heutigem Stand der Entwicklung sind die Logistik und die Einbringung der Stoffe in die Stratosphäre noch offen. Auch ist noch nicht abschließend geklärt, ob und welche Stoffe außer dem Schwefeldioxid für die Reflektion der Sonneneinstrahlung in der Stratosphäre in Frage kommen. Nach jetzigem Kenntnisstand finden von der Wissenschaft initiiert in den USA aktuell erste Feldversuche regional begrenzt zu SAI statt. Darüber hinaus werden Laborversuche in Form von Computersimulationen durchgeführt. Die Chancen, Risiken und Nebeneffekte der SAI-Technologie sind noch nicht abschließend erforscht.³

3.1.3 Einsatz

Durch die Wissenschaft werden verschiedene Anwendungsmöglichkeiten in Erwägung gezogen. Je nach Anwendungsart und –stärke variieren die einzubringenden Mengen in die Stratosphäre. Den derzeitigen Modellrechnungen zufolge müssten 5 bis 10 Mt Schwefeldioxid pro Jahr kontinuierlich eingebracht werden, um insgesamt eine Reduktion der Temperatur um etwa 0,4°C bzw. 0,8°C zu erreichen.⁴ Die Schwefelstoffe bleiben aufgrund ihrer Beschaffenheit nicht statisch in

² National Research Council Division on Earth and Life Studies; Board on Atmospheric Sciences and Climate; Ocean Studies Board. (2015). *Climate intervention: Reflecting sunlight to cool Earth: Committee on geoengineering climate: Technical evaluation and discussion of impacts*. Washington, D.C.: National Academies Press.

³ Rickels, W., Klepper, G., Doern, J., Betz, G., Brachatzek, N., Cacean, S., Güssow, K., et al. (2011). Gezielte Eingriffe in das Klima?: Eine Bestandsaufnahme der Debatte zu Climate Engineering: *Scoping Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF)*. Kiel Earth Institute: Kiel.

⁴ Moriyama, R., Sugiyama, M., Kurosawa, A., Masuda, K., Tsuzuki, K., & Ishimoto, Y. (2017). The cost of stratospheric climate engineering revisited. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 22(8), 1207-1228.

der Stratosphäre sondern kommen mit dem Niederschlag auf die Erde zurück. Daraus begründet sich die kontinuierliche und hohe Einsatzmenge.

Die SAI Technologie hat keine direkte Auswirkung auf die CO₂ Konzentration in der Atmosphäre.

3.1.4 Varianten

Die Anwendungsmöglichkeiten von SAI beziehen sich auf die Intensität und Dauer des Eingriffes. So wird unter anderem zwischen einem vollumfänglichen Einsatz und einem moderaten Einsatz unterschieden.

Eine moderate Form des SAI-Einsatzes wird auch als Peak-Shaving bezeichnet: es würden nach und nach mehr Partikel eingebracht werden, insgesamt aber eine relativ geringe Menge. Die Temperatur würde dadurch nur geringfügig abgesenkt. Die Anwendung wäre auf eine begrenzte Dauer angelegt, um Zeit zu gewinnen, mittels Mitigation und NET den fortschreitenden Klimawandel einzudämmen und eine Senkung des CO₂-Anteils in der Atmosphäre herbeizuführen.

Bei vollumfänglichem SAI-Einsatz würde eine um ein Vielfaches höhere Menge pro Jahr als die beim moderaten SAI-Einsatz notwendige Menge eingebracht. Dieser kann sich über einen Zeitraum von mehreren Jahrhunderten erstrecken. Die Differenzierung zwischen vollumfänglichem und moderatem Einsatz der SAI-Technologie bezieht sich insbesondere auf die Menge der eingebrachten Aerosole und die veranschlagte Dauer des Einsatzes.

Im Folgenden werden die Chancen und Risiken von uns zunächst wertfrei nach dem jetzigen Stand der Wissenschaft dargestellt. Eine Bewertung erfolgt im Abschnitt 3.4.

3.2 Chancen

Das durch die wissenschaftlichen Modellrechnungen angenommene Potenzial zur Reduzierung der Temperatur durch den Einsatz der SAI-Technologie wird als sehr hoch angesehen. Der Einsatz der SAI-Technologie wirkt schnell und führt zu einer schnellen Reduzierung der Temperatur. Dadurch können Klimafolgeschäden vermieden oder zumindest abgemildert werden. Menschliches Leid durch z.B. Hungersnöte nach Dürren oder die Zerstörung von Lebensräumen durch Überschwemmungen wäre vermeidbar sowie die damit einhergehende Migration. Die Kosten der Beseitigung von Klimaschäden werden reduziert.

Durch den SAI-Einsatz wird die Sonneneinstrahlung diffuser. Dies kann für einige Pflanzenarten zu einem beschleunigten Wachstum führen.

Eine gesellschaftliche Debatte über den möglichen Einsatz der SAI-Technologie und deren Folgen könnte eine aufrüttelnde und abschreckende Wirkung haben und dadurch den Einsatz und die verstärkte Erforschung von Mitigation und NET forcieren.

Durch eine moderate SAI-Anwendung wird eine geringe Reduktion des Temperaturanstiegs erzielt. Dies eröffnet Zeitpotentiale, um Mitigationmöglichkeiten, Technologien zum Abbau von CO₂ aus der Luft und dessen Speicherung (NET wie

z. B. BECCS) zu erforschen und umzusetzen. Durch langfristige und vorsichtige Reduktion der Ausbringung von Partikeln ist ein elegantes "Ausschleichen" aus der SAI-Anwendung möglich. Laufen gleichzeitig mit dem Einsatz von SAI intensive Maßnahmen zur Reduktion der Emissionen (Mitigation) und der vorhandenen Treibhausgaskonzentration (NET) an, so wird der Ausstieg aus SAI erleichtert. Je intensiver und wirksamer die Maßnahmen sind, umso schneller und leichter wird der Ausstieg möglich.

Die SAI-Technologie bietet erhebliche Wirtschaftschancen:

- Aufbau der Infrastruktur
- Aufbau der Flugzeugflotte
- Entwicklung der Flugzeugtechnologie
- Entwicklung und Produktion von Aerosolen.

3.3 Risiken

3.3.1 Folgen des Einsatzes von SAI

Über die Folgen gibt es derzeit noch viele Unsicherheiten in der Forschung, weil massiv in die Ökosysteme eingegriffen wird. Diese reichen vom Absterben bis hin zum Aussterben von Arten, insbesondere in den Äquatorialregionen aufgrund der geringeren Anpassungsfähigkeit an Temperaturschwankungen. Die Temperatur in den entsprechenden Regionen steigt schneller als die Migrationsfähigkeit von Flora und Fauna.⁵

Aufgrund von Auswirkungen auf Wetterphänomene wie z.B. El Niño oder Monsun kommt es zu Veränderungen der durchschnittlichen Niederschlagsmenge pro Jahr sowie zu zeitlichen Verschiebungen. Dies kann zu lokaler Wasserverknappung sowie Missernten bis hin zur Unbewohnbarkeit gewisser Regionen führen. In anderen Regionen der Erde kann es zu gegenteiligen oder abweichenden Auswirkungen kommen. Hier entsteht Raum für Konflikte, auch aufgrund von Migration und deren Folgen bis hin zu militärischen Auseinandersetzungen.

Bei der Einbringung von reflektierenden Partikeln in die Stratosphäre bestehen außerdem folgende Gefahren mit unabsehbaren gesundheitlichen Folgen für Mensch, Tier und Umwelt wie z.B.:

- Auswirkungen auf die Regeneration der Ozonschicht
- Saurer Regen (Übersäuerung von Boden und Ozean) beim Einsatz von SO₂
- Verfärbung des Himmels und Veränderung des Lichtspektrums.

3.3.2 Instrumentalisierung

Beim Einsatz von SAI ist die Weltgemeinschaft als Ganzes gefragt. Jedoch besteht die Gefahr des Missbrauchs durch Alleingänge einzelner Staaten oder Interessengruppen, z.B. aus wirtschaftlichen oder politischen Interessen.

⁵ Trisos, C. H., Amatulli, G., Gurevitch, J., Robock, A., Xia, L., & Zambri, B. (2018). Potentially dangerous consequences for biodiversity of solar geoengineering implementation and termination. *Nature Ecology & Evolution*, 2(3), 475–482.

3.3.3 Abhängigkeit und Unbeherrschbarkeit

Ein schneller unkontrollierter Ausstieg aus SAI zieht einen rapiden globalen Temperaturanstieg nach sich (Overshoot) mit fatalen Folgen für Flora und Fauna. Es besteht also eine Abhängigkeit von dem weiteren Einsatz. Diese Notwendigkeit der Aufrechterhaltung führt zu Abhängigkeiten von Betreiberstaaten oder -organisationen in technischer, politischer und wirtschaftlicher Hinsicht.

Ein unkontrollierter Ausstieg könnte durch internationale oder lokale Krisen ausgelöst werden. Auch hier kommt es dann zwangsläufig zum Overshoot. Umgekehrt verhält es sich mit einem Vulkanausbruch während des Einsatzes von SAI, der eine Temperaturabsenkung schwer einschätzbaren Ausmaßes zur Folge hätte.

3.3.4 Politik

Die unterschiedliche Verteilung der Klimafolgen aufgrund des Klimawandels und den Auswirkungen von SAI birgt sowohl vor als auch während des Einsatzes von SAI ein großes Konfliktpotential. Präventivkriege zur SAI-Vermeidung können die Folge sein. Außerdem besteht die Gefahr, dass andere Technologien zur CO₂-Vermeidung sowie NET nicht mehr weiterentwickelt werden.

3.3.5 Anwendungsarten

Die voll umfängliche Anwendung von SAI hat negative Auswirkungen auf den Wirkungsgrad alternativer Energiegewinnungsmöglichkeiten wie Photovoltaik und Solarthermie. Dies hat eine Kostensteigerung zur Folge und gefährdet die Erreichung der Mitigationsziele bis hin zum Wegfall dieser alternativen Energiequellen.

Auch für den moderaten Einsatz treffen die für SAI benannten Risiken zu. Der moderate Einsatz von SAI fußt auf der Erwartung, dass durch Mitigation und NET die CO₂ Konzentration zeitnah verringert und damit ein absehbarer Ausstieg aus dem Einsatz möglich wird. Wird das Ergebnis nicht erreicht, ist die Gefahr groß, dass aus dem moderaten Einsatz ein voll umfänglicher SAI-Einsatz wird – mit all seinen negativen Folgen.

3.4 Bewertung

Nach dem jetzigen Kenntnisstand lehnen wir als Bürgerforum den Einsatz der SAI-Technologie aufgrund der vielen Unsicherheiten ab.

3.4.1 Abwägung zwischen SAI und Klimawandel

Bei der Abwägung der Chancen und Risiken stellen sich Fragen, die an dieser Stelle nicht abschließend beantwortet werden können. Könnten Umstände eintreten, die den Einsatz von SAI alternativlos erscheinen lassen? Es ist die Suche nach dem kleineren Übel. Wer soll und darf das entscheiden? Ist es unter Umständen verantwortbar nicht zu handeln? Dürfen wir die Auswirkungen durch den Einsatz von SAI und die Folgen des Klimawandels tatsächlich vergleichen?

Mit SAI lässt sich der bisherige Klimawandel nicht umkehren: es sind bereits irreversible Klimawandelfolgen eingetreten. Selbst bei starkem Einsatz von SAI sind die Möglichkeiten der Temperaturabsenkung begrenzt. Solange die Treibhausgaskonzentration in der Luft weiter zunimmt wird die Temperatur weiter ansteigen. SAI kann zwar für eine temporäre Abflachung des Temperaturverlaufs sorgen und einen Zeitgewinn schaffen; letztlich kann der Klimawandel aber mit SAI allein nicht verhindert werden. Die Treibhausgaskonzentration in der Luft muss gesenkt werden. Das gelingt nur durch eine massive Reduktion des Treibhausgasausstoßes sowie nachhaltige Maßnahmen zur Erzielung negativer Emissionen.

3.4.2 Unsicherheiten

Die wissenschaftlichen wie auch die gesellschaftlichen Folgen und Risiken sind unkalkulierbar.

Wir befinden uns in einem Dilemma. Wir haben mit unseren Emissionen bereits in das Klimasystem eingegriffen und es verändert. Mit SAI würden wir erneut in dieses System eingreifen, was wir nicht vollständig verstehen und beherrschen (Hybris).

Die unter Punkt 1.3.3 aufgeführte Machtkonzentration beim Betreiber führt zu Abhängigkeiten. Man ist dem Betreiber ausgeliefert, was mit allen Gefahren eines potentiellen Machtmissbrauchs (Erpressung/Klimadiktatur) verbunden ist.

3.4.3 Alibifunktion

SAI sorgt für eine trügerische Sicherheit: es bekämpft nur die Symptome, nicht die Ursachen. Dies birgt die Gefahr, dass Politik und Interessengruppen die SAI-Technologie als Alibi missbrauchen, um Mitigations- und NET-Maßnahmen zu umgehen. SAI darf wenn überhaupt nur als Ergänzung zu Mitigation und NET eingesetzt werden.

3.5 Fazit zu SAI

Nach unserer Einschätzung übersteigt die Summe der Risiken die Summe der Chancen. Dies betrifft sowohl die Wahrscheinlichkeit als auch das Ausmaß. Deshalb ist ein Einsatz von SAI nach derzeitigem Kenntnisstand nicht empfehlenswert!

Der Einsatz der SAI-Technologie ist bisher lediglich in Modellrechnungen erforscht. Aus diesem Grunde fordern wir eine erhebliche Intensivierung der Folgenforschung, um die Auswirkungen - sowohl positive als auch negative - besser einschätzen zu können. Gleichzeitig muss zwingend ein verstärkter Fokus auf die Erforschung von Mitigation und NET gerichtet werden. Darüber hinaus müssen auch alternativ einsetzbare Stoffe oder Methoden deutlich umfassender erforscht werden.

Die Forschung sollte ergebnisoffen sein, um die Forschung zur SAI-Technologie eventuell auch zu beenden.

Ein einseitiger unkoordinierter Einsatz der SAI-Technologie zu Lasten Dritter kann nicht ausgeschlossen werden. Aus diesem Grund muss zur Abwendung von damit verbundenen Gefahren auch die Forschung an Gegenmaßnahmen verstärkt werden. Es ist die Frage zu klären, wie die Wirkung des SAI-Einsatzes direkt also chemisch neutralisiert oder vorzeitig abgewendet werden kann.

Insgesamt ist die Forschung auf internationaler Ebene auszuweiten und zu koordinieren, um die Interessen aller Länder und Nationen einzubeziehen. Die Ergebnisse sind darüber hinaus für Jedermann transparent zu veröffentlichen.

Wir als Bürgerforum fordern eine wesentlich stärkere Öffentlichkeitsarbeit. Die Bevölkerung ist umfassend über den möglichen Einsatz der SAI-Technologie und dessen Folgen (Risiken und Chancen) aufzuklären, um eine fundierte Meinungsbildung überhaupt erst möglich zu machen.

Ziel muss es sein, die Bevölkerung über die Notwendigkeit von Mitigation und NET zu informieren und zu einer nachhaltigen Verhaltensänderung zu motivieren, um SAI zu vermeiden. Es ist unumgänglich, dass Maßnahmen ergriffen werden, um die Wirtschaft mit einzubeziehen.

Unter den Mitgliedern des Bürgerforums werden unterschiedliche Meinungen zu der Frage des Einsatzes dieser Technologie vertreten. Grundsätzlich besteht die generelle Ablehnung der Technologie. Demgegenüber vertreten einige die Auffassung, dass der moderate Einsatz der SAI-Technologie als absolut letztes Mittel (ultima ratio) zulässig wäre. Dies setzt voraus, dass die Technologie ausreichend erforscht ist und keine andere Lösung zur Abwendung der Klimakatastrophe besteht. Letztlich tragen die Industrienationen die Hauptverantwortung für den Klimawandel. Daher sollten sie die Verantwortung und die Kosten für Anpassungsmaßnahmen und entstandene Schädigungen gegenüber den bereits jetzt schon Betroffenen übernehmen.

Als Auftrag an die Staatengemeinschaft fordern wir einen bindenden Völkerrechtlichen Vertrag (analog dem Atomwaffensperrvertrag), der die Erforschung und den Einsatz der SAI-Technologie regelt. Grundsätzlich sollte der Einsatz der SAI-Technologie nach dem heutigen Stand der Wissenschaft verboten werden und der zukünftige Einsatz nur im Konsens erfolgen.

4 Die Climate Engineering-Maßnahme: Bioenergy with Carbon Capture and Storage (BECCS)

4.1 Beschreibung

Bei BECCS handelt es sich um eine klimabeeinflussende Maßnahme in Form von Bioenergie mit CO₂-Abscheidung und Speicherung. BECCS basiert auf dem Prinzip, dass Pflanzen beim Wachstum CO₂ aus der Atmosphäre aufnehmen. Die Pflanzen werden geerntet und zur Produktion von Bioenergie genutzt. Bei diesem Prozess wird das von den Pflanzen aufgenommene CO₂ wieder abgespalten, aufgefangen und langfristig unter der Erde gespeichert. Beim Verbrennungsprozess wird Energie frei und kann als Wärme und Strom genutzt werden.

4.1.1 Aufgabenstellung

Wir benötigen negative CO₂-Emissionen, um die Klimaerwärmung zu stoppen.

Es ist eine weltweite Aufgabe, die Klimakatastrophe abzuwenden. Deutschland erfüllt seine Klimaziele bislang nicht. Daher sollte diese Aufgabe schnellstmöglich angegangen werden. BECCS hat das Potenzial dazu. BECCS soll 160-180 GtC (585-660GtCO₂) zwischen 2005 und 2100 sequestrieren. Die hierfür benötigte Fläche beträgt über 440 Mha (dies entspricht ungefähr der zwölfwachen Größe Deutschlands).⁶

BECCS ist regional anwendbar und wirksam. Es wäre hilfreich es in Deutschland einzusetzen, um die nationalen Klimaziele zu erreichen. Ein erfolgreicher Einsatz könnte eine Signalwirkung für weitere Länder (in Europa oder auch weltweit) haben.

4.1.2 Regelwerke

Es braucht ein Bündel von Instrumenten wie Ordnungsrecht, Emissionshandel oder auch CO₂-Steuer (sowie bspw. auch Einspeisepriorität von Bioenergie). Auf der Grundlage einer ökologischen Marktwirtschaft ist der Emissionshandel auf seine Wirksamkeit zu überprüfen. Zusätzlich sollte eine CO₂-Steuer eingeführt werden, durch die CO₂-intensive Technologien belastet und CO₂-arme Technologien gefördert werden. Für negative CO₂-Emissionen braucht es besondere Anreize. Kriterien (wie z.B. der Naturschutz) müssen im Regelwerk mit betrachtet werden.

Für die Auswahl von Standorten für Bioenergieflächen und CCS-Speicherstätten müssen voraussichtlich gesetzliche Grundlagen angepasst werden.

Eine internationale Umsetzung wäre wünschenswert – nationale Lösungen allein werden nicht ausreichen.

Es ist davon auszugehen, dass die Flächen für den Anbau der Bioenergiepflanzen nicht in unmittelbarer Nähe zu geeigneten Orten für die technischen Anlagen liegen. Dies erfordert also unbedingt eine internationale Kooperation.

⁶ Boysen, L., Lucht, W., Gerten, D., Heck, V., Lenton, T., & Schellnhuber, H. (2017). The limits to global-warming mitigation by terrestrial carbon removal. *Earth's Future*, 5, 463-474.

4.1.3 Vorannahmen

Es werden zur Energiegewinnung regional geeignete Pflanzen verwendet. Das CO₂ wird abgeschieden in dem Moment wo das Pflanzenmaterial energetisch verwertet wird. Der dann anschließende Transport von CO₂ an die geologische Speicherstätte ist möglich und sicher (kaum Risiken).

Die Wirtschaftlichkeit der Technologie ist für die Betrachtung in diesem Gutachten nachrangig. Eine solche Analyse ist im Rahmen dieses Bürgerforums nicht zu leisten.

In diesem Gutachten betrachten wir BECCS zunächst in zwei getrennten Schritten: zum einen legen wir den Fokus auf die Biomasseproduktion, zum anderen auf CCS (Abscheidung und Speicherung).

4.2 Fokus: Biomasseproduktion

Als Energiepflanzen werden Nutzpflanzen bezeichnet, die mit dem Hauptziel einer Energiegewinnung angebaut werden.⁷ Bioenergie (BE) ist Energie, die aus dem Energieträger Biomasse gewonnen wird, in der die Energie chemisch gebunden ist.⁸ Die für BECCS verwendeten Pflanzen sind speziell auf maximale CO₂-Aufnahme ausgerichtete Pflanzen.

4.2.1 Grundlagen

Das Verfahren hat den Vorteil der Skalierbarkeit, denn nach und nach kann die Biomasseproduktion gesteigert und die Kapazität der Verwertungsanlagen angepasst werden. Um den logistischen Aufwand möglichst gering zu halten, wäre es sinnvoll, die technischen Anlagen in der Nähe von Anbaugebieten zu installieren.

Es ist schwierig entsprechend große Flächen bereitzustellen und dies möglichst an einem für CO₂-Verpressung geeigneten Standort. Gegebenenfalls können zusätzliche Flächen für Bioenergie freigemacht werden, indem z.B. neuartige Methoden für landwirtschaftliche Produktion genutzt werden (z.B. Nutzung alternativer Flächen auch auf Brachland oder in Städten).

4.2.2 Ethische Herausforderungen und Risiken

Wir stehen vor einem Dilemma. Zum einen bestehen wir auf die Unversehrtheit der Natur, zum anderen sehen wir die Notwendigkeit, die Klimakatastrophe zu verhindern, was mit Einschnitten verbunden wäre.

Ist die Umwandlung von Flächen ethisch zu rechtfertigen? Es gibt Flächen, die für Nahrungsmittelanbau, Naturschutzflächen, Biodiversität, oder aus weiteren Gründen wichtig sind und deshalb nicht umgewandelt werden sollten. Wir sehen die Gefahr

⁷ Wikipedia, Energiepflanze (<https://de.wikipedia.org/wiki/Energiepflanze>)

⁸ Wikipedia, Energiepflanze (<https://de.wikipedia.org/wiki/Energiepflanze>)

von Monokulturen wie es sie jetzt bereits beim Raps- oder Maisanbau in Deutschland gibt und ihre Auswirkung auf die Artenvielfalt (insbesondere Insekten). Es müssen Wege gefunden werden, die natürliche Vielfalt nicht zu beeinträchtigen. Wir sehen zudem die Gefahr einer Konkurrenz mit der Nahrungsmittelproduktion. Diese Problematik sehen wir besonders in Entwicklungsländern.

Die derzeit geltenden Natur- und Umweltschutzgesetze dürfen nicht aufgeweicht werden.

Es ist eine Herausforderung Flächen zu finden, die für den Energiepflanzenanbau geeignet sind. Diese müssten gleichzeitig möglichst effektiv genutzt werden und dürfen dabei die natürliche Landschaft nicht weiter beeinträchtigen (Stichwort: Wanderkorridore).

Die Produktion von Energiepflanzen erfordert möglicherweise eine Bewässerung und kann eine regional bestehende Wasserproblematik (oder Wassermangel) verschärfen.

Global sehen wir das Risiko der Ausweitung der Abholzung von Regenwäldern zu Gunsten von Energiepflanzenplantagen.

Die Biomassegewinnung sollte mit möglichst wenig Dünger und Pestizideinsatz erfolgen. Dabei muss auch der Gewässerschutz (Oberflächengewässer und Grundwasser) beachtet werden.

Des Weiteren sehen wir die Gefahr eines Schubs für „grüne Gentechnik“, der wiederum die Artenvielfalt gefährden kann. Bei der Anwendung der Gentechnik besteht auch die Gefahr von Monopolbildungen.

In dem Zusammenhang sehen wir die Notwendigkeit, den Flächenbedarf für den Futtermittelanbau für Viehproduktion auch global zu reduzieren. Der einzelne Konsument kann mit seinem verantwortlichen Handeln eine Wirkung erzeugen: wenn weniger Fleisch konsumiert wird, könnten Flächen die bisher zur Kraftfuttererzeugung oder zur Extensiven Weidewirtschaft genutzt werden, umgewidmet werden. Dieses Thema kann wegen der globalen Vernetzung auch nur global gelöst werden.

Grundsätzlich sollten natürliche Kohlenstoffsinken bei der Umwidmung von Flächen so wenig wie möglich angetastet werden.

Bevorzugt sollten möglichst einheimische, insektenfreundliche Energiepflanzen (z.B. Weide, Erle) eingesetzt werden.

4.2.3 Gesellschaftliche Akzeptanz

Wir sehen anhand unserer eigenen Diskussion, dass weitgreifende Maßnahmen in der Gesellschaft auf Widerstand stoßen werden.

Dabei geht es in Deutschland sicherlich stärker um das Spannungsfeld zwischen Natur- und Landschaftsschutz sowie wirtschaftlicher Nutzung.

Global gesehen werden Aspekte wie der Zugang zu potentiellen Flächen, die Verminderung der Nahrungsmittelproduktion (Landgrabbing, Hunger und

Vertreibung), Wasserversorgung, Korruption und Ungleichgewichte eine größere Rolle spielen.

Es wird bei der Biomasseproduktion geeigneteren Flächen und damit Regionen geben, die somit stärker betroffen sind als andere. Die Bevölkerung sollte bei der Auswahl der Maßnahmen, die ergriffen werden, unbedingt informiert und beteiligt werden, auch wenn dies zu einer Ablehnung der Technologie führen könnte.

4.2.4 Zwischenfazit Biomasseproduktion

Die eigentliche Entnahme von CO₂ aus der Atmosphäre und Bindung in fester Form findet bereits in der Pflanze beim Wachstum statt. Auch der Boden spielt eine wesentliche Rolle bei der Bindung von CO₂ (Kohlenstoffsенke).

Der Anbau von Energiepflanzen im großen Maßstab wird zu einer Veränderung unserer Kulturlandschaft führen. Es ist die Frage, ob der Effekt der Maßnahme letztlich in einem sinnvollen Verhältnis zu Kosten, CO₂-Mehraufwand und Landschaftsverlust steht.

Die Biomasseproduktion im Rahmen des BECCS Verfahrens ist an eine großtechnische Lösung gekoppelt. Entsprechend müssen Biomassepflanzen auf sehr großen Flächen angebaut werden. Dies fördert die Strukturen industrieller Landwirtschaft, mit allen Folgen (Verlust kleinräumiger Strukturen, Biotopen und Artenvielfalt; außerdem Wassermangel, Landerosion, vermehrter Dünger- und Spritzmitteleinsatz, Gentechnik und Gefahr von Monopolisierung). Zudem stehen die Anbauflächen für Biomasse nicht (mehr) der Nahrungsmittelproduktion zur Verfügung.

Wir sehen noch beträchtlichen Forschungsbedarf, insbesondere bei der Ermittlung der tatsächlichen CO₂-Bilanz unter Einbeziehung der gesamten Logistik und des Energieaufwandes.

Wir halten es für umständlich, CO₂ erst in den Pflanzen zu „fixieren“, um es dann bei der Energieerzeugung wieder freizusetzen, nur damit es dann wieder mit großem technischen Aufwand eingefangen und deponiert werden muss.

4.3 Fokus: Carbon Capture and Storage (CCS)

Bei CCS handelt es sich um die CO₂ Abscheidung und seine dauerhafte Speicherung in unterirdischen Speicherstätten. Bei den uns vorgestellten Forschungsvorhaben wird CO₂ unter starkem Druck verflüssigt und in geeignete geologische Schichten ab 800 m Tiefe verpresst.

4.3.1 Technische Grundlagen

Das Verfahren erfordert eine technische Anlage zur Abspaltung von CO₂ aus dem Abgas der Biomasseverbrennung. Das CO₂ wird anschließend verflüssigt und kann dann zwischengelagert, transportiert oder direkt verpresst werden. Mit diesem

Verfahren wird die Rückführung von CO₂ in die Atmosphäre vermieden. Somit können große Mengen CO₂ aus dem Kohlenstoffkreislauf herausgenommen werden.

Es wird davon ausgegangen, dass das verpresste CO₂ mehrere tausend Jahre in den Speicherräumen verbleibt.

Eine funktionierende Infrastruktur (Transport, Tank, Pipeline etc.) ist erforderlich. Für die Verpressung sind Bohrungen nötig. Es könnten u.U. auch bereits ausgebeutete Erdgas- und Erdöllagerstätten genutzt werden. Die Einbringung erfolgt unter hohem Druck, hierfür sind spezielle technische Anlagen nötig.

Es gibt weltweit geeignete geologische Formationen, die in jedem Fall ausreichend erforscht werden müssen. Weiterhin wäre ein Frühwarnsystem zum Schutz der Bevölkerung vor austretendem CO₂ erforderlich.

4.3.2 Ethische Herausforderungen

Wie auch bei BE muss die Bevölkerung vorab umfassend informiert und in die Entscheidungsprozesse eingebunden werden. Insbesondere bei Speicherstätten sind vermutlich erhebliche Widerstände in der Bevölkerung zu erwarten.

Wir tun uns schwer mit der Standortauswahl. Denn sobald Menschen betroffen sind, bestehen für sie gesundheitliche Risiken. Dies wäre in Deutschland überall der Fall. Idealerweise sollten nur unbesiedelte Gebiete in Erwägung gezogen werden.

Wir hinterlassen den nachfolgenden Generationen unsere Altlasten mit der Verpflichtung die Speicherstätten zu sichern.

4.3.3 Risiken

Die Speicherung birgt verschiedene Risiken:

- falls die Speicherstätten nicht dicht sind, kann das CO₂ unkontrolliert wieder austreten (möglicherweise an ganz anderer Stelle)
- das CO₂ verdrängt u.U. Reste von Öl und Gas oder andere schädliche Substanzen und gefährdet das Grundwasser sowie die Erdoberfläche
- es besteht die Gefahr der Hebung von Landoberflächen (Deformation), was zu Gebäudeschäden führen kann und auch zum Austritt von CO₂
- Auslösung von Erdbeben
- Vergiftungsgefahr durch Austreten von konzentriertem CO₂
- mit bereits geringen Leckagen in den Speichern kann ein Großteil des gespeicherten CO₂ wieder in die Atmosphäre austreten und das gesamte BECCS-Verfahren obsolet machen („bei Leckraten von 1 % pro Jahr innerhalb von 100 Jahren könnte der CO₂-Gehalt der Luft durch CCS sogar signifikant steigen“⁹)
- die Kenntnis über die Speicherstätten könnte über Generationen verloren gehen und die Überwachung wäre damit nicht mehr gewährleistet (beim möglichen Austritt von CO₂)

⁹ Wikipedia, CO₂ Abscheidung und Speicherung (https://de.wikipedia.org/wiki/CO2-Abscheidung_und_-Speicherung)

Darüber hinaus können weitere derzeit nicht absehbare Risiken bestehen.

4.3.4 Gesellschaftliche Akzeptanz

Gehen wir von Deutschland aus, ist eine Speicherung des CO₂ zum jetzigen Zeitpunkt in weiten Teilen aufgrund der Gesetzgebung nicht möglich. Um in Deutschland die Technik großflächig anzuwenden, sind Gesetzesänderungen notwendig. Gesetzliche Änderungen setzen im Idealfall auch eine gesellschaftliche Akzeptanz voraus.

Zudem gibt es große Bedenken und beträchtlichen Widerstand in der Bevölkerung gegen jedwede Art der Verpressung – ausgelöst durch die Erfahrungen mit Fracking.

Alternativen, wie in Kapitel 2.3.6 beschrieben, könnten in der Zukunft eine höhere Akzeptanz in der Bevölkerung finden, weil sie unter Umständen einfacher anwendbar sind und weniger Risiken bergen.

4.3.5 Zwischenfazit CCS

Wir sehen die unterirdische Endlagerung von CO₂ als problematisch an. Gründe hierfür sind die Unsicherheiten in Bezug auf Speicherstätten und die daraus resultierenden überwiegenden Risiken für die Bevölkerung und die Umwelt.

Es besteht noch erheblicher Forschungsbedarf was z.B. die Speicherstätten erkundung und die chemischen Umsetzungsprozesse in den Speicherstätten angeht. Da der technische und logistische Aufwand beträchtlich sein dürfte, ist auch eine realistische Forschung der tatsächlichen Energie- und CO₂-Bilanz notwendig. Fraglich ist, ob am Ende noch eine negative CO₂-Bilanz besteht.

Für die Durchführung von CCS spricht, dass dies technisch durchführbar ist und große Mengen CO₂ der Atmosphäre entzogen werden. Dagegen spricht in Deutschland die hohe Bevölkerungsdichte.

4.4 Betrachtung von Alternativen ergänzend zu BECCS

BECCS ist sicherlich eine Möglichkeit der CO₂-Minderung, doch erscheint es uns sinnvoll zusätzlich auch andere Technologien anzuwenden, so z.B. Biochar oder Systeme der nachhaltigen Forstwirtschaft. Wir halten es für erforderlich diese weiter zu erforschen, um das konkrete Potenzial aber auch Risiken im Vergleich zu BECCS abzuschätzen.

BioChar (Holzkohle als CO₂ Speicher):

Statt das Pflanzenmaterial zu verbrennen, sollte/könnte die Herstellung von Pflanzenkohle (auch Biokohle genannt) durch pyrolytische Verbrennung Vorrang erhalten. Dabei werden die Mineralstoffe der ursprünglichen Biomasse in den Poren und an der Oberfläche der Pflanzenkohle gebunden. Diese hat eine große Nährstoff- und Wasserbindungskapazität und wurde bereits in historischen Kulturen in der Landwirtschaft zur Bodenverbesserung eingesetzt (Terra Preta). Diese Praxis wird inzwischen wiederentdeckt und findet heute neue Anwendungsbereiche.

Pflanzkohle besteht überwiegend aus reinem Kohlenstoff, der von Mikroorganismen nicht bzw. nur sehr langsam abgebaut werden kann. In landwirtschaftliche Böden eingearbeitet, bleibt ein Teil davon über Hunderte von Jahren stabil und bindet damit das enthaltene CO₂ langfristig.

Die bei der Pyrolyse entstehenden Synthesegase werden schadstoffarm verbrannt. Durch geeignete Technik handelt es sich um einen energieautarken Prozess.

CO₂-Speicherung im Erdboden, vor allem in der Humusschicht:

Wenig bekannt ist, dass der Erdboden insgesamt ein großer CO₂-Speicher ist (Kohlenstoff-Senke). Bei vielen Nutzungsänderungen (z.B. Umwandlung von Wald oder Grünland in Ackerland) wird diese Speicherkapazität verändert und CO₂ freigesetzt. Das ist eine Emissionsquelle, die auch bei der Umwandlung von natürlichen Flächen zu Bioenergie-Plantagen berücksichtigt werden muss.

Neuere Erkenntnisse zeigen, dass besonders die Humusschicht erhebliche Mengen CO₂ bindet (CO₂-Reservoir). Während bei der industriellen Landwirtschaft Humus eher verloren geht, kann durch andere Methoden die Humusschicht verbessert werden. Hier sehen Experten eine – wirklich global einsetzbare – Möglichkeit der CO₂-Speicherung ohne technische Umwege mit erheblichem Potenzial. Laut Scheub und Schwarz „bewirtschaften Menschen etwa 5 Milliarden Hektar Acker- und Weideland. Ein Humusaufbau von nur einem Prozentpunkt auf diesen Flächen könnte 500 Milliarden Tonnen CO₂ aus der Atmosphäre holen [...]. Die weltweiten CO₂-Emissionen könnten in etwa 50 Jahren auf vorindustrielles Niveau gebracht werden.“¹⁰

Carbonatisierung mineralischer Rohstoffe:

Eine Alternative für die Verpressung von CO₂ ist die Carbonatisierung mineralischer Rohstoffe. Darunter wird die Reaktion von CO₂ mit Metalloxiden verstanden. Dies ist ein natürlicher Prozess, der in Gesteinsformationen abläuft. Die gebildeten Carbonate sind stabil. Eine Wiederfreisetzung von CO₂ kann damit ausgeschlossen werden. Als natürliche Minerale bzw. Gesteine kommen unter anderem Peridotit, Serpentin, Basalt und Olivin in Frage. Dabei werden für die Umsetzung von 1 kg CO₂ ca 2 – 3 kg Serpentin benötigt. Die Vorteile der Carbonatisierung liegen eindeutig in ihrem enormen Mengenpotential, der sicheren CO₂-Speicherung und der Unabhängigkeit von der Biomasseproduktion. Geeignete Gesteine sind weltweit in ausreichender Menge vorhanden.¹¹ In pulverisierter Form in nährstoffarme Böden eingebracht, erhöhen sie zudem die Bodenfruchtbarkeit.

¹⁰ Scheub, Ute & Schwarzer, Stefan (2017): Die Humusrevolution – Wie wir den Boden heilen, das Klima retten und die Ernährungswende schaffen. Zitat gefunden in: Richter, Ursula (2017): Die Böden schaffen nur noch 60 bis 100 Ernten. Auf: www.swp.de. Online abrufbar unter: <https://www.swp.de/suedwesten/landkreise/lk-schwaebisch-hall/die-boeden-schaffen-nur-noch-60-bis-100-ernten-24346584.html>. Letzter Zugriff: 27.04.2018.

¹¹ Lehner, M., Ellersdorfer, M., Treimer, R. et al. (2012). Carbon Capture and Utilization (CCU) – Verfahrenswege und deren Bewertung. BHM Berg- und Hüttenmännische Monatshefte, 157: 63.

4.5 Kapitelfazit

Um den Klimawandel aufzuhalten, müssen wir weltweit unseren CO₂ Ausstoß verringern. Deutschland trägt als große Industrienation eine Mitschuld an der Situation des Klimas und sollte darum auch eine Vorreiterrolle bei der Lösung des Problems und eine Vorbildfunktion übernehmen.

Wir brauchen zusätzliche negative Emissionen. BECCS ist eine Möglichkeit negative CO₂-Emissionen zu erreichen. Wir sehen allerdings einen großen Konflikt in Form einer Flächenkonkurrenz zwischen Energiepflanzen und Nahrungsmittelerzeugung, der im Laufe der Zeit weiter zunehmen und sich verschärfen wird. Zudem darf der Einsatz von BE nicht zu Lasten besonders schützenswerter Flächen und Urwälder gehen.

Darüber hinaus sehen wir große Risiken bei der Speicherung. BECCS sollte aus unserer Sicht nur dort angewendet werden, wo es kostengünstig, energieeffizient und risikoarm umgesetzt werden kann. Dies ist global nicht überall der Fall.

Das gesamte BECCS Verfahren halten wir nur für durchführbar, wenn Kompensationsmaßnahmen und Anreize parallel angeboten werden, die zur Akzeptanz in der betroffenen Bevölkerung führen könnten. In dicht besiedelten Gebieten ist BECCS aus unserer Sicht nicht zu empfehlen.

Wir als Bürgerforum bevorzugen Alternativen der CO₂-Speicherung wie BioChar, Humusbildung, Carbonatisierung mineralischer Stoffe, die uns unkomplizierter und weniger riskant erscheinen. Diese sind mit geringem technischen Aufwand auch regional gut anwendbar und haben zugleich positive Effekte auf die Bodenfruchtbarkeit und damit auf die Nahrungsmittelerzeugung. Daher halten wir es für sinnvoll und notwendig, diese Alternativen zu erforschen und ggf. anzuwenden.

5 Appell

Die Mitigation zur Verringerung des laufenden Treibhausgasausstoßes, sowie NET zur Reduktion der bestehenden Treibhausgaskonzentration werden mit dem Ziel einer klimapolitischen Kehrtwende als vordringliche Notwendigkeit angesehen. Wir als Bürgerforum befürchten einen weiteren Stillstand in diesen Bestrebungen. Technische Maßnahmen rücken damit als Überlebensstrategie in den Vordergrund.

Es gibt sowohl zu SAI als auch zu BECCS noch erheblichen Forschungsbedarf, auch in Richtung Folgenforschung. Die Forschungsarbeit muss transparent und ergebnisoffen im Hinblick auf technische Machbarkeit, ethische Vertretbarkeit und daraus resultierende politische Entscheidungen sein. Gleichzeitig muss zwingend ein verstärkter Fokus auf die Erforschung von Mitigation und NET gerichtet werden. Darüber hinaus müssen auch alternativ einsetzbare Stoffe oder Methoden deutlich umfassender erforscht werden.

Erforschung und Einsatz der SAI-Technologie erfordern einen bindenden völkerrechtlichen Vertrag, in dem über eine internationale Kontrollinstanz auch der Schutz vor Missbrauch von SAI geregelt ist. Der Einsatz der SAI-Technologie sollte nach dem heutigen Stand der Wissenschaft grundsätzlich verboten werden. Ein zukünftiger Einsatz darf nur auf der Basis hinreichender Erforschung (einschließlich

Forschung an Gegenmaßnahmen) und – wenn überhaupt – im globalen Konsens erfolgen.

Wir als Bürgerforum fordern eine wesentlich stärkere Öffentlichkeitsarbeit.

Es ist zwingend notwendig, die Ursachen zu bekämpfen, statt Symptome zu behandeln.

Ethisch halten wir es nicht für vertretbar, nicht zu handeln.

6 Schlussbemerkung

Uns muss klar sein, dass sich die Folgen des Klimawandels mit dem weiteren Anstieg der globalen Durchschnittstemperaturen verschärfen werden. Werden die Ursachen nicht angegangen, dann droht der Menschheit aus der Not heraus die Anwendung eines Verfahrens wie SAI, mit all seinen Risiken.

Dem überwiegenden Teil der Bevölkerung fehlt das Bewusstsein, welches zerstörerische Potenzial aus aktuellen und zukünftigen Klimaveränderungen hervorgeht. Es gibt genügend Informationsangebote. Wer sich informieren möchte, der gelangt auch an Informationen. Jedem einzelnen muss bewusst werden, welche Verantwortung er selbst trägt: allgemein sowohl im Handeln als auch im Unterlassen, konkret insbesondere im Konsumverhalten und in sämtlichen Bereichen der Lebensführung. Wenn sich jeder sagt, dass es auf ihn selbst nicht ankommt, dann wird es keine Veränderung geben. Zum Erreichen der Breite der Bevölkerung braucht es (über)staatlich gelenkte Aufklärungsstrukturen, die an einer zentralen Stelle gebündelt und mit ihrer Arbeit auf alle Bevölkerungsgruppen und -teile ausgerichtet und zugeschnitten sind.

Im Bereich der Wirtschaft bedarf es in Bezug auf den Ausstoß von Treibhausgasen eines Strukturwandels. In Deutschland werden beispielsweise gewaltige Mengen an CO₂ emittiert, weil eine Verabschiedung von der Energiegewinnung aus Braunkohle noch immer nicht vollzogen ist. Die deutsche Politik hat gerade ihr 2007 gestecktes Ziel, den Ausstoß von Treibhausgasen gegenüber dem Jahr 1990 bis zum Jahr 2020 um 40 Prozent zu reduzieren, selbst verworfen. Es wurde vollmundig ein neues Ziel vereinbart: Bis 2030 sollen es jetzt 55 Prozent weniger sein. Doch was sind diese Versprechen wert, wenn sie nicht umgesetzt werden? Deutschland muss sich dessen bewusst sein, dass es als hoch entwickelter Industriestaat eine Vorbildwirkung für andere Länder hat. Es ist an der Zeit, durch geeignete Maßnahmen die Bedingungen für eine gelungene Klimawende zu schaffen. Es braucht sowohl rechtliche Vorgaben als auch sinnvolle Anreize und harte Sanktionen.

Ein Kernergebnis dieses Gutachtens ist es, dass die hier vorgestellten Methoden SAI und BECCS, genauso auch wie andere Verfahren, mit denen der Klimawandel beeinflusst werden kann, weiter erforscht werden müssen. Wenn man bedenkt, dass es von der Forschung bis zur Anwendung im Allgemeinen viel Zeit braucht, muss umso klarer sein, dass wir jetzt keine Zeit mehr durch weitere Untätigkeit verstreichen lassen dürfen.

Sowohl die Forschungsarbeit selbst als auch die Umsetzung zielführender Forschungsergebnisse in die Realität bedürfen einer nationalen, europäischen und weltweiten Koordination. Die Menschheit steht vor einer großen Aufgabe. Diese kann sie in einer wirksamen globalen Zusammenarbeit erfüllen.

7 Literaturverzeichnis

Boysen, L., Lucht, W., Gerten, D., Heck, V., Lenton, T., & Schellnhuber, H. (2017). The limits to global-warming mitigation by terrestrial carbon removal. *Earth's Future*, 5, 463-474.

Lehner, M., Ellersdorfer, M., Treimer, R. et al. (2012). Carbon Capture and Utilization (CCU) – Verfahrenswege und deren Bewertung. *BHM Berg- und Hüttenmännische Monatshefte*, 157: 63.

Moriyama, R., Sugiyama, M., Kurosawa, A., Masuda, K., Tsuzuki, K., & Ishimoto, Y. (2017). The cost of stratospheric climate engineering revisited. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 22(8), 1207-1228.

National Research Council Division on Earth and Life Studies; Board on Atmospheric Sciences and Climate; Ocean Studies Board. (2015). *Climate intervention: Reflecting sunlight to cool Earth: Committee on geoengineering climate: Technical evaluation and discussion of impacts*. Washington, D.C.: National Academies Press.

Rickels, W., Klepper, G., Doern, J., Betz, G., Brachatzek, N., Cacean, S., Güssow, K., et al. (2011). *Gezielte Eingriffe in das Klima?: Eine Bestandsaufnahme der Debatte zu Climate Engineering: Scoping Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF)*. Kiel Earth Institute: Kiel.

Scheub, Ute & Schwarzer, Stefan (2017): *Die Humusrevolution – Wie wir den Boden heilen, das Klima retten und die Ernährungswende schaffen*. Zitat gefunden in: Richter, Ursula (2017): *Die Böden schaffen nur noch 60 bis 100 Ernten*. Online abrufbar unter: <https://www.swp.de/suedwesten/landkreise/lk-schwaebisch-hall/die-boeden-schaffen-nur-noch-60-bis-100-ernten-24346584.html>, zuletzt geprüft am 27.04.2018.

Trisos, C. H., Amatulli, G., Gurevitch, J., Robock, A., Xia, L., & Zambri, B. (2018). Potentially dangerous consequences for biodiversity of solar geoengineering implementation and termination. *Nature Ecology & Evolution*, 2(3), 475–482.

Wikipedia, Die freie Enzyklopädie (2018): CO₂-Abscheidung und –Speicherung. Permanentlink: https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=CO2-Abscheidung_und_-Speicherung&oldid=175734150, zuletzt geprüft am 30.04.2018.

Wikipedia, Die freie Enzyklopädie (2018): Energiepflanze. Permanentlink: <https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Energiepflanze&oldid=172969108>, zuletzt geprüft am 30.04.2018.