

INTEGRATED RISK TOOLBOX

Ein Werkzeugkasten für den Umgang mit integrierten Risiken

Autoren: Antonella Battaglini, Armin Haas, Carlo Jaeger, Jahel Mielke

März 2015

Investitionsschub durch die deutsche
Energiewende in Zeiten der Finanz- und
Wirtschaftskrise

Ein Projekt vom:



In Kooperation mit:



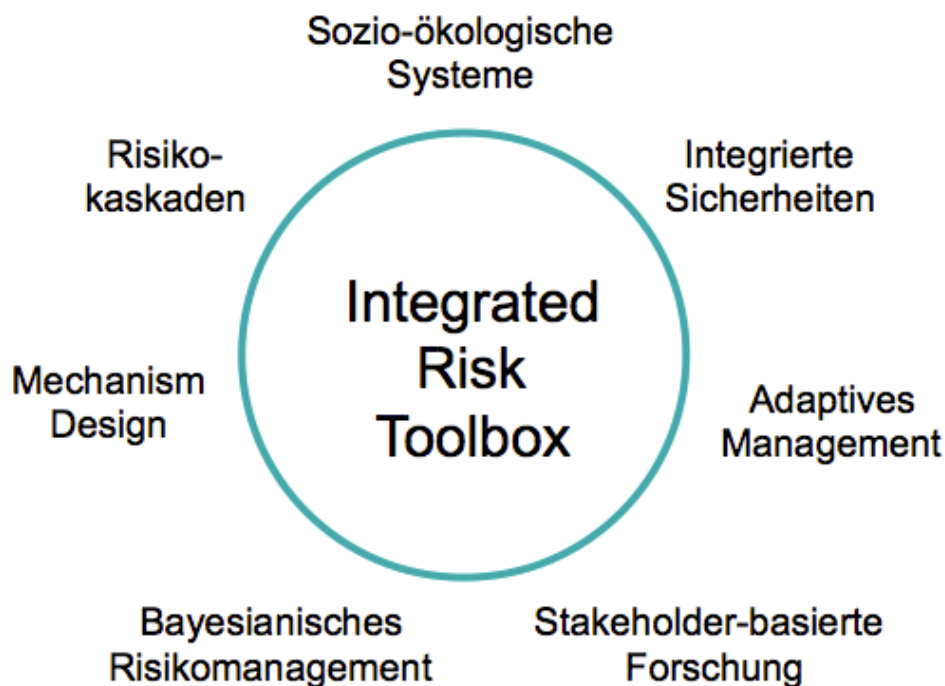
Gefördert vom:



DIE INTEGRATED RISK TOOLBOX

Klima- und Energiepolitik stehen vor der Herausforderung, mit miteinander wechselwirkenden Unsicherheiten umgehen zu müssen. In der Risikoforschung werden solche Unsicherheiten als integrierte Risiken (*integrated risks*) bezeichnet. Der Risikobegriff ist in diesem Zusammenhang wertneutral und umfasst sowohl positive Zukünfte (im Fachjargon *upside risks* genannt) als auch negative Zukünfte (*downside risks*). Im Blickpunkt der Risikoforschung liegen insbesondere mögliche Synergieeffekte zwischen Risiken sowie die Fragen, wie man sinnvoll mit solchen Synergien umgeht und welche institutionellen Strukturen hierfür geeignet sind. *Integrated Risk Governance* ist das Forschungsfeld, in dem diese Fragen bearbeitet werden. Im Global Climate Forum (GCF) ist dem ein eigener Forschungsprozess gewidmet. Ein wesentliches Produkt unserer Forschung ist die *Integrated Risk Toolbox*, die wir für das BMBF-geförderte Forschungsprojekt "Investitionsschub durch die deutsche Energiewende in Zeiten der Finanz- und Wirtschaftskrise" nutzen wollen.

Abbildung 1 : *Integrated Risk Toolbox* / Quelle: eigene Darstellung



Dieser Ansatz greift zum einen auf bereits etablierte Konzepte wie *sozio-ökologische Systeme*¹ und *Adaptives Management* im Sinne Hollings² zurück. Andererseits enthält er neue Ideen wie das *Bayesianische Risikomanagement* (BRM), welches das

¹ Carlo Jaeger ist einer der Mitentwickler des Konzeptes der sozio-ökologischen Systeme (Jaeger, 1994).

² Holling (1978).

Bayesianische Konzept subjektiver Wahrscheinlichkeiten nutzt, um deskriptive und normative Aussagen zum Umgang mit Unsicherheiten zu machen (Fucik, 2011). Ein weiteres innovatives Konzept ist die *Risikokaskade des Klimawandels*, durch welches erstmals das etablierte Konzept der Risikokaskade auf den Fall des Klimaproblems angewandt wurde (Haas et al., 2011). Hinzu kommt das Konzept der *multiplen Sicherheiten* (Haas et al., 2011), das den aus der Energiepolitik bekannten Ansatz der gleichzeitigen Verfolgung der Ziele Energiesicherheit, nationale Sicherheit und wirtschaftliche Prosperität erweitert, indem es ihn um Klimasicherheit, Investitionssicherheit und ökonomische und ökologische Nachhaltigkeit ergänzt.

BEZUG ZUR KLIMA- UND ENERGIEFORSCHUNG

Einige Instrumente der *Integrated Risk Toolbox* wurden bereits in vergangenen Forschungsprojekten und wissenschaftlichen Publikationen erfolgreich angewandt. In einer Pionieranwendung wurde etwa BRM genutzt, um mithilfe eines Bayesianischen Einflussdiagramms die Werttreiber des Kraftwerkportfolios der vier großen deutschen Stromerzeuger zu identifizieren und diese vier Portfolien einer multidimensionalen Unsicherheitsanalyse zu unterziehen (Garz et al., 2009; Ötsch, 2012). Mit dieser Analyse konnten die großen Unsicherheiten beleuchtet werden, vor denen die deutschen Stromerzeuger stehen. U.a. ergab sich, im Jahre 2009 noch gegen den Mainstream, dass sich der Bau neuer Steinkohlekraftwerke bereits 2008 nicht mehr rechnete. Diese Arbeit machte frühzeitig deutlich, dass die deutschen Stromerzeuger vor der Herausforderung stehen, neue Geschäftsmodelle zu finden, die selbst wiederum wesentlich von gesellschaftlichen, politischen, aber auch technischen Entwicklungen abhängen werden. An den Beispielen des SuperSmart Grid bzw. des Geoengineering wurde demonstriert, wie die beiden innovativen Konzepte der *Risikokaskade des Klimawandels* und der *multiplen Sicherheiten* für einen ganzheitlichen Umgang mit miteinander wechselwirkenden Unsicherheiten kombiniert werden können. Das SuperSmart Grid verbindet die großskalige Nutzung erneuerbarer Energien zur Stromerzeugung an kostengünstigen Standorten mit anschließendem eventuell großräumigem Transport (Supergrid) mit der dezentralen bzw. lokalen erneuerbaren Stromerzeugung, die durch intelligente Netze in ein Gesamtsystem integriert werden kann (Smart Grids). Weiterhin wurde in mehreren Projekten das Konzept der Stakeholder-basierten Forschung erprobt. Sie bezieht die Adressaten ihrer Forschung in den Forschungsprozess von Beginn an mit ein. So können die Adressaten die von ihnen wahrgenommenen Handlungszwänge und die Grenzen ihrer Handlungsspielräume zusammen mit den Forschern identifizieren und hinterfragen. Damit wird zum einen die Gefahr begrenzt, dass Wissenschaftler in einer Idealwelt operieren, die mit dem realen Leben der Adressaten der Forschung wenig gemein hat. Zum anderen können sie den Adressaten helfen, deren Handlungsspielräume zu erweitern. Auf diese Weise steigt die Wahrscheinlichkeit, dass die am Forschungsprozess beteiligten Stakeholder sich die Forschungsergebnisse zu Eigen machen – sie gewinnen „ownership“. Durch die etablierte Zusammenarbeit zwischen Stakeholdern und Wissenschaft hat letztere

wesentlich bessere Voraussetzungen, die Umsetzung der Ergebnisse wissenschaftlich zu begleiten.

Im Rahmen des BMBF-geförderten Forschungsprojektes “Investitionsschub durch die deutsche Energiewende in Zeiten der Finanz- und Wirtschaftskrise” wurden im ersten Projektjahr gezielt Akteure der deutschen Energiewende aus Politik, Wirtschaft, Zivilgesellschaft sowie dem Finanzsektor im Hinblick auf folgende Forschungsfragen angesprochen:

- Welches sind die Haupthindernisse für Investitionen in die Energiewende in Bezug auf politische Rahmensetzung und gesellschaftliche Akzeptanz?
- Was wären geeignete Maßnahmen zur Überwindung dieser Hindernisse?
- Ist mangelnde Investitionssicherheit ein wesentliches Hindernis für die Energiewende?
- Inwieweit gefährdet die Finanz- und Wirtschaftskrise die Energiewende?

Im Rahmen der Hindernisanalyse der Energiewende³ wurde im Bereich der Risiken in erster Linie auf Politik- und Finanzierungsrisiken abgestellt. So wurde immer wieder die mangelnde Investitionssicherheit genannt, die durch den instabilen politischen Rahmen bedingt sei. Zudem kritisierten die Akteure, dass die Finanzierungsrisiken im Bereich der Energiewende zu wenig durch staatliche Instrumente abgesichert würden. Auch die Versorgungssicherheit wurde im Hinblick auf die zunehmende Flexibilisierung der Erzeugung in der Energiewende sowie auf den Atomausstieg thematisiert. Klimarisiken sowie die allgemeine Energiesicherheit in Deutschland und Europa spielten in den Gesprächen bisher keine Rolle. Häufig bewegten sich die Akteure in der Diskussion ausschließlich in ihrem eigenen Handlungsrahmen, der typischerweise betriebswirtschaftlich bzw. sektoral definiert war und den Zusammenhang mit makroökonomischer Dynamik ausblendete.

Die Vorstellung der Toolbox für integrierte Risiken hat daher zwei Ziele: Einmal soll sie die Akteure sensibilisieren, dass neben den aus der eigenen Akteurslogik heraus wahrgenommen Risiken auch noch weitere bestehen, die die wahrgenommenen Risiken potenzieren, aber auch vermindern können. Zum anderen sollen neben dem bereits mit den Stakeholdern intensiv durchlebten Prozess der Stakeholder-basierten Forschung auch noch weitere Instrumente vorgestellt werden, die in den Dialogen im Forschungsprojekt, aber auch darüber hinaus, angewandt werden können. Dafür haben wir einige Instrumente ausgewählt, die wir im Energiesektor für relevant halten:

³ Zwei umfangreiche Thesenpapiere zu den Hindernissen sind bereits im Projekt entstanden. Ein Papier umfasst die in der Literatur und den aktuellsten Studien identifizierten Hemmnisse (<https://germanwatch.org/8885>), ein zweites beschreibt die im Rahmen der Stakeholder-Dialoge ermittelten Risiken (http://www.globalclimateforum.org/fileadmin/ecf-documents/pdf/GW-GCF_Thesenpapier_Erwartungskoordination_deutsch_28-08-2014.pdf)

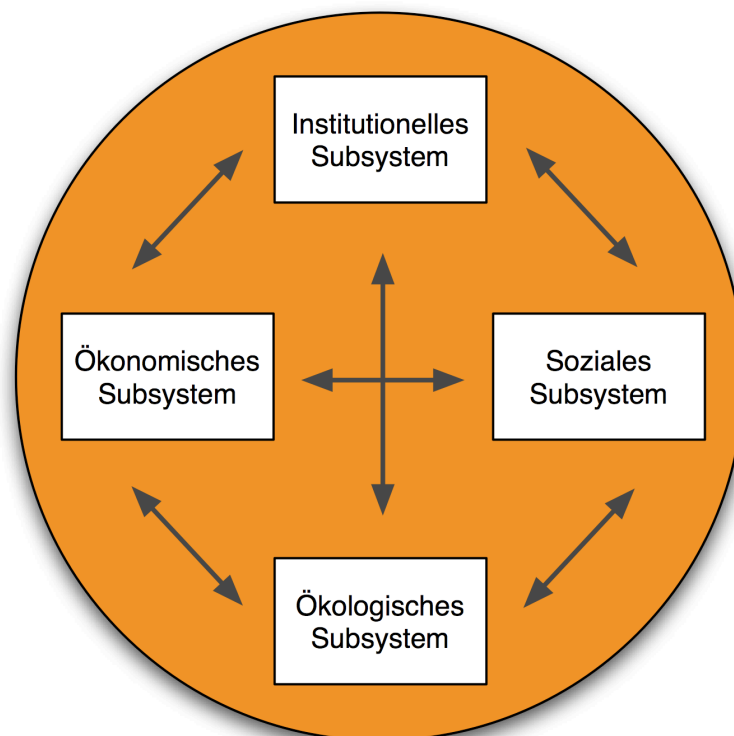
- sozio-ökologische Systeme,
- die Risikokaskade,
- das Konzept der integrierten Sicherheiten,
- Mechanism Design,
- das Konzept eines adaptiven Managements,
- sowie Bayesianisches Risikomanagement.

Zusammen mit dem Konzept der Stakeholder-basierten Forschung umfasst unsere Toolbox somit sieben Werkzeuge.

1. Sozio-ökologische Systeme

Ein sozio-ökologisches System umfasst typischerweise vier Subsysteme: das institutionelle, das ökonomische, das soziale und das ökologische Subsystem (vgl. Abbildung 1).

Abbildung 2: Sozio-ökologisches System Quelle: eigene Darstellung



Erst die Analyse der Wechselwirkungen innerhalb eines sozio-ökologischen Systems – die Wechselwirkung einzelner Risiken untereinander und mit den Subsystemen sowie die Wechselwirkung der Subsysteme untereinander und mit den Risiken –

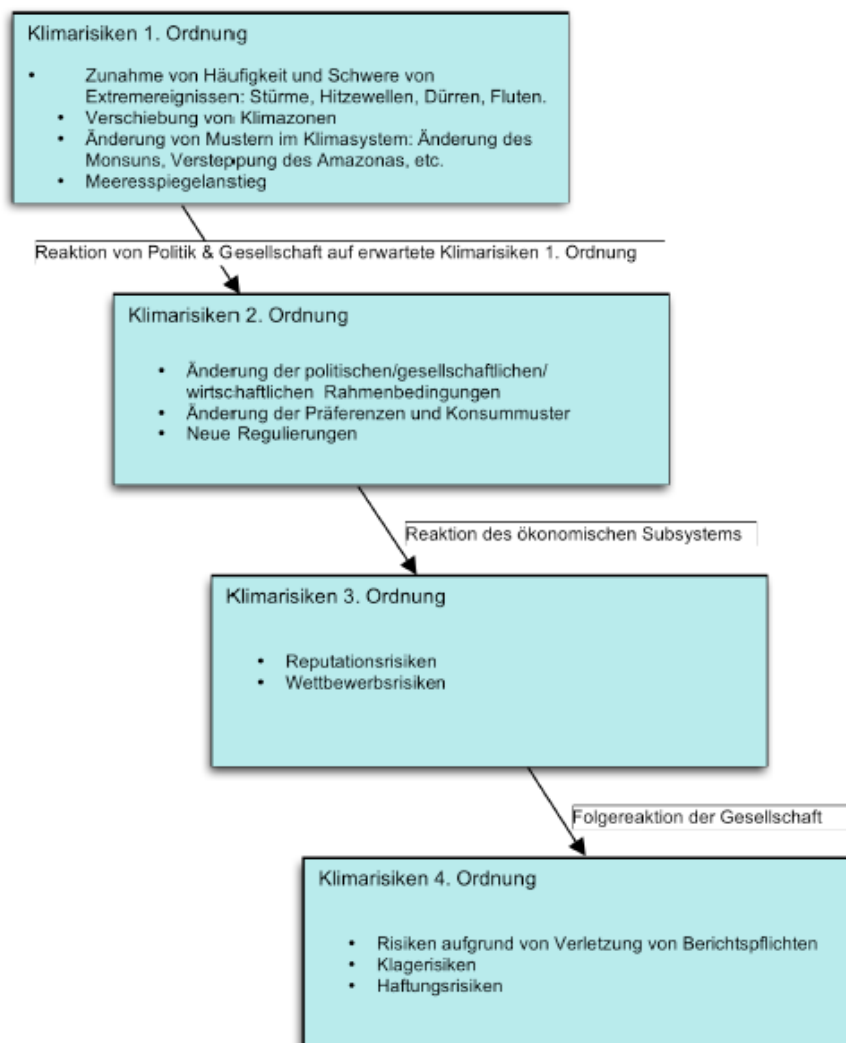
schafft eine reflektierte Grundlage für den Umgang mit den Risiken. Am Beispiel der Atomkatastrophe in Fukushima im Jahr 2011 lässt sich dies kurz skizzieren. Der Tsunami, der ohnehin schon Tausende Opfer in Japan forderte, führte auch zum Atomunfall im Kernkraftwerk in Fukushima. Es wäre allerdings irreführend, für diese Katastrophe vor allem die Natur verantwortlich zu machen. Zwar hat ein Seebeben die Flutwelle ausgelöst. Der anschließende Atomunfall aber ging auch auf eine Verkettung von Fehlern zurück, die einerseits beim Unternehmen selbst, andererseits bei den Institutionen und bei der Politik aufgetreten sind. Unter anderem wurde bei der Planung des Kraftwerksstandorts das Tsunami-Risiko nicht ausreichend berücksichtigt, obwohl es grundsätzlich bekannt war. Nach dem Atomunfall waren weder das Unternehmen noch die Institutionen in der Lage, mit dieser für sie neuartigen Situation angemessen umzugehen. Hinzu kamen bauliche und technische Mängel am Kraftwerk. Diese Gemengelage sorgte schließlich für den verheerenden Atomunfall.

Es geht in jedem konkreten Fall darum, das Zusammenwirken der Subsysteme eines sozio-ökologischen Systems hinreichend zu verstehen und im Hinblick auf spezifische Risiken zu bewerten. Hierzu gehört auch zu analysieren, wie das Zusammenwirken der Subsysteme bestimmte Risiken erst hervorbringt. Dies ist insbesondere deshalb wichtig, weil anderenfalls ein gut gemeinter Eingriff in ein bestimmtes Subsystem leicht zu nicht gewollten Effekten in anderen Subsystemen führt, die sich durch die Wechselwirkung ergeben. Umgekehrt kann die Wechselwirkung aber auch dazu genutzt werden, durch den Eingriff in ein Subsystem gewollte Wirkungen in anderen Subsystemen zu induzieren – ein klassisches Werkzeug der Politik, das allerdings ein hinreichendes Systemverständnis voraussetzt.

2. Risikokaskade des Klimawandels

Die Risikokaskade ist ein Analyseinstrument, das zu verstehen hilft, ob und wie das Zusammenwirken der Subsysteme eines sozio-ökologischen Systems spezifische Risiken hervorbringt. Dabei wird „Risiko“ im Sinne des technischen Risikobegriffs verwendet, der immer auch die potentielle Chancen einer Handlung einschließt.⁴

Abbildung 3: Die Risikokaskade des Klimawandels Quelle: eigene Darstellung



⁴ Die hier vorgestellte Variante der Risikokaskade entstand im Rahmen des – als Teil des „Klimazwei-Programms“ – vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Projektes „Mainstreaming von Klimarisiken und -chancen im deutschen Finanzsektor“. Ziel des Projektes war es, deutsche Finanzdienstleister mit innovativen Konzepten und Methoden des Risikomanagements dabei zu unterstützen, mit den Herausforderungen und Chancen des Klimawandels umzugehen.

In der Risikokaskade werden die erwarteten physischen Risiken des Klimawandels als Risiken erster Ordnung bezeichnet (Abbildung 3). Ein Beispiel hierfür sind häufigere und schwerere Extremereignisse wie Stürme, Hitzewellen, Dürren oder Fluten. Andere Beispiele sind die Verschiebung von Klimazonen, großräumige Änderungen im Klimasystem wie die Änderung des Monsunsystems oder die Versteppung des Amazonas sowie der Anstieg des Meeresspiegels. Das soziale und das institutionelle Subsystem reagieren auf diese erwarteten Risiken erster Ordnung durch eine Änderung der politischen, gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen: Präferenzen und Konsummuster ändern sich, und die Politik verändert die Regeln für die wirtschaftlichen Akteure. Diese Regeländerungen zielen einerseits auf die Verringerung der Emissionen von Treibhausgasen (Mitigation), andererseits soll mit ihrer Hilfe die Anpassungsfähigkeit der Gesellschaften auf den unvermeidbaren Klimawandel erhöht werden (Adaptation). Typische Mitigation-Maßnahmen sind Begrenzungen der Emissionen aus der Stromerzeugung oder dem Betrieb von Kraftfahrzeugen. Für die wirtschaftlichen Akteure ergeben sich durch diese neuen Regeln – je nach Akteur – weitere Risiken und Chancen, also „Risiken zweiter Ordnung“. Die wirtschaftlichen Akteure reagieren auf diese Risiken und erzeugen durch ihre Reaktionen wiederum Risiken und Chancen auf einer dritten Ebene. Hierbei spielt insbesondere eine Rolle, ob die wirtschaftlichen Akteure eine Reputation aufbauen können, den neuen Risiken und Chancen gewachsen zu sein. Eng damit verknüpft ist die sich ändernde Wettbewerbsposition aufgrund der auf der zweiten Ebene neu etablierten Regeln. Auf einer vierten Ebene stehen schließlich die Risiken, die sich durch die Folgeaktion der Gesellschaft auf die Vorgänge der Ebene drei ergeben. So ist durchaus vorstellbar, dass einige wirtschaftliche Akteure auf der dritten Ebene versagen und beispielsweise in ihren Geschäftsberichten den Berichtspflichten über den Umgang mit den Risiken erster und zweiter Ordnung des Klimawandels nicht angemessen nachkommen. In manchen Rechtskreisen könnten sich dadurch Klagerisiken von Anteilseignern oder anderen Akteuren ergeben, möglicherweise auch Klage- und Haftungsrisiken, die sich direkt aus der Emission von Treibhausgasen ergeben.

Zusammengefasst spielen die direkten, physischen Risiken des Klimawandels eine grundlegende Rolle in der Risikokaskade. Sie sind Ausgangspunkt für eine ganze Kette von Folgerisiken, die jeweils größere Auswirkungen haben können als die Risiken der ersten Ebene der Risikokaskade. Gleichwohl ist die aktuelle Debatte über Klimarisiken noch weitgehend auf die Risiken der ersten Ebene beschränkt. Umfangreichere wissenschaftliche Untersuchungen zu den möglichen Reaktionen der Gesellschaft auf den Klimawandel fehlen bislang, auch wenn in den aktuellen Klimaverhandlungen bereits darüber diskutiert wird, wie verhindert werden kann, dass die Klimapolitik unerwünschte negative Folgen hat.

3. Das Konzept der integrierten Sicherheiten

Das Konzept der integrierten Sicherheiten verfolgt den Ansatz, die für einen Untersuchungsgegenstand hauptsächlich relevanten Sicherheitsdimensionen zu identifizieren, deren Wechselwirkung zu analysieren, und einen ganzheitlichen Umgang mit den wechselwirkenden Sicherheitsdimensionen zu ermöglichen. Dies können unter anderem sein:

- Klimasicherheit
- Nachhaltige Entwicklung
- Nationale Sicherheit
- Versorgungssicherheit
- Investitionssicherheit

Im Rahmen der Energiewende betrachten viele Akteure diese Sicherheitsdimensionen jedoch nur isoliert; zum Teil werden sie gar nicht berücksichtigt. Zieht man zum Beispiel die Investitionsentscheidungen großer institutioneller Investoren im Bereich der Infrastrukturfinanzierung heran, wird in erster Linie der Aspekt der Investitionssicherheit betrachtet. Die Investoren prüfen, wie sicher die Cashflows sind, die eine Infrastruktur liefert, wovon die Risikobewertung und damit das Rendite-Risiko-Profil abhängen. Bis vor kurzem wurden beispielsweise Kohlekraftwerke als sehr sichere Investitionsoption im Bereich der Infrastruktur betrachtet. Bei Einbezug der Klimasicherheit kann sich die Lage entscheidend verändern. So befördert der hohe CO₂-Ausstoß durch die Verbrennung von Braun- und Steinkohle den Klimawandel (Risiko erster Ordnung). Dieser bedroht wiederum langfristig die Gesellschaft, etwa durch eine mögliche Zunahme extremer Wetterphänomene oder auch einer Veränderung der klimatischen Bedingungen in einer Region (siehe oben, Risiko erster Ordnung). Zudem ist die Investition in Kohlekraftwerke langfristig nicht mit den Zielen einer nachhaltigen ökologischen Entwicklung vereinbar. Der Klimawandel berührt darüber hinaus die nationale Sicherheit und die Versorgungssicherheit (Risiken zweiter Ordnung). Berücksichtigt man mehrere dieser Dimensionen und ihre Wechselwirkungen bei der Anlageentscheidung, dürfte der Bau von Kohlekraftwerken als weitaus weniger risikoarm eingestuft werden. Zugleich gelten Investitionen in erneuerbare Energien aus Sicht vieler Investoren heute noch als risikoreich, obwohl sie Klimasicherheit fördern und durch die Reduktion von Importen fossiler Energieträger der Versorgungssicherheit dienen sowie einen positiven Einfluss auf die nationale Sicherheit haben können. Hier stellt jedoch die Investitionssicherheit ein zentrales Hemmnis dar. Während physische Risiken gut kalkulierbar und somit versicherbar sind, gilt dies für staatliche Eingriffe nicht. Besonders schwer zu prognostizieren sind Änderungen von Regeln. *Ein Beispiel ist das Erneuerbare-Energien-Gesetz, das die Vergütung der Einspeisung von erneuerbarem Strom regelt und das kürzlich angepasst wurde.* Um eine hinreichende Investitionssicherheit zu garantieren, würde es demnach darauf ankommen, langfristig stabile und belastbare politische Rahmenbedingungen zu schaffen. Die Investitionssicherheit ist weder für Sicherheits- noch für Klimapolitiker ein primäres Politikziel; diese zu riskieren würde jedoch ihre Ziele gefährden. Dieser Punkt macht

besonders deutlich, dass eine reflektierte Analyse potentieller Risiken nicht allein von der Gegenwart auf die Zukunft schließen darf. Die Wirkung möglicher zukünftiger Handlungen bleibt nicht auf die Zukunft beschränkt. Genau wie im Falle der primären Klimarisiken entfalten zukünftige Ereignisse (bzw. die wie auch immer gewichtete bzw. wahrgenommene Möglichkeit ihrer Realisierung) schon in der Gegenwart ihre Wirkung. Die Erwartung einer zukünftig inkonsistenten Politik kann zum Risiko für die Realisierung gegenwärtiger Ziele werden.

Jede dieser fünf Sicherheitsdimensionen – Klimasicherheit, nachhaltige Entwicklung, nationale Sicherheit, Versorgungssicherheit und Investitionssicherheit – ist vielfältig und, wie das Beispiel zeigt, auf vielen Ebenen mit den anderen verwoben. Um mit diesem Gewebe umzugehen, benötigt man Werkzeuge, deren Mächtigkeit hinreichend groß ist, um die vielfältigen Wechselwirkungen identifizieren, analysieren und schließlich mit ihnen umgehen zu können.

4. Mechanism Design

In der realen Welt stellt bereits der Umgang mit nur einer Sicherheitsdimension die beteiligten Akteure vor erhebliche Herausforderungen. Noch schwieriger wird die Suche nach Lösungen, wenn unterschiedliche Sicherheitsdimensionen in Wechselwirkung treten. Trotzdem ist es wichtig, einzelne Risiken nicht monokausal zu analysieren, sondern diese in ihrer Wechselwirkung untereinander und mit Natur und Gesellschaft zu untersuchen, etwa mit den oben gezeigten Konzepten. Es ist jedoch notwendig, aus diesen Erkenntnissen Schlussfolgerungen für politische Entscheidungen zu ziehen – es bedarf eines „Integrated Risk Governance“. Dieses ist besonders viel versprechend, wenn es mit einer reflektierten Planung und einem adaptiven Verständnis von Management verbunden wird. Als Gedankenexperiment sei angenommen, dass sich die Regierungen in Europa aufgrund strategischer Überlegungen darauf geeinigt haben, den europäischen Stromsektor bis 2050 vollständig zu dekarbonisieren. 100 Prozent des in Europa verbrauchten Stroms soll mit erneuerbaren Energien erzeugt werden. Als weitere Annahme komme hinzu, dass der Aufbau nicht durch die Staaten selbst erfolgt, sondern durch die Privatwirtschaft, finanziert durch den Kapitalmarkt. Dann besteht die Aufgabe der Politik darin, Rahmenbedingungen zu setzen, die geeignete Geschäftsmodelle induzieren. Diese Aufgabe ist keineswegs einfach; vielmehr ist sie ein Paradebeispiel für die praktischen Schwierigkeiten eines Mechanism Design – einer ökonomischen Disziplin, für die 2008 der Nobelpreis für Wirtschaftswissenschaften verliehen wurde. Die praktische Schwierigkeit besteht in der Komplexität der Aufgabe. Diese besteht darin, einen Gesamtentwurf für den zukünftigen Strommarkt in Europa zu liefern. Dabei ist keineswegs eindeutig zu beantworten, ob ein integrierter Strommarkt oder mehrere regionale Strommärkte das geeignete Design darstellen. In diesem Zusammenhang tauchen alle Fragen, die zum Thema Strommarkt in den letzten Jahrzehnten diskutiert wurden, wieder auf. Insbesondere die Frage, wie die Arbeitsteilung von Erzeugung, Übertragung und Verteilung sinnvoll funktionieren könnte, wie diese jeweils organisiert sein sollten, und welche Akteure welche Aufgaben und Rollen übernehmen, könnte zu deutlich anderen Antworten führen als

für die überkommenen Erzeugungsstrukturen mit ihrer Dominanz von verbrauchsnahe gebauten fossilen und nuklearen Großkraftwerken und schwach ausgebauten grenzüberschreitenden Netzen. Dies ist keine rein technisch-ökonomische Fragestellung, bei der es lediglich um eine ingenieurstechnische Optimierung ginge. Vielmehr schränken sozio-kulturelle Rahmenbedingungen beispielsweise in Form etablierter politischer und wirtschaftlicher Interessen den Lösungsraum stark ein. „Mechanism Design“ bedeutet in diesem Zusammenhang also nicht nur, eine technisch und ökonomisch sinnvolle Lösung, sondern auch eine politisch sinnvolle Konstruktion zu finden – letztlich also, eine hinreichend starke Koalition von Akteuren zusammenzubringen. Dies aber wird erheblich erleichtert, wenn die politischen Akteure die Wechselwirkungen zwischen dem institutionellen, ökonomischen, sozialen und ökologischen Subsystem einschätzen können.

5. Die Notwendigkeit eines adaptiven Managements

Ein „Mechanism Design“ ist nur dann erfolgreich, wenn mit den enormen Unsicherheiten, mit denen notwendigerweise jede weit reichende Planung konfrontiert ist, bewusst und sinnvoll umgegangen wird. Vernünftiges Management sollte immer adaptiv ausgelegt sein, also regelmäßig die Planung im Lichte des inzwischen Gelernten überarbeiten. Letztlich geht es, wie in vielen Lebensbereichen, um die sinnvolle Abwägung, wie viel Struktur notwendig ist und welche Freiräume ein System braucht, damit es langfristig sowohl stabil als auch anpassungsfähig ist. Dieses „Abtasten der Möglichkeiten“ ist nichts anderes als eine Variante eines „learning by doing“. Reale sozio-ökologische Systeme sind viel zu komplex, um ihre Entwicklung auf Jahrzehnte hinaus „vorauszurechnen“. Die derzeitige Entwicklung der Biomassenutzung ist ein gutes Beispiel für einen gesellschaftlichen Lernprozess. Auf dem Reißbrett des Sozialingenieurs schien der zertifizierte Anbau von Biomasse problemlos mit dem Schutz von Biotopen vereinbar zu sein. In der realen Welt zeigten sich hingegen erhebliche Nutzungskonflikte, auf die die Gesellschaft mit einer Anpassung ihrer Pläne zur Biomassenutzung reagiert. Die tatsächlichen Verhältnisse werden immer wieder in Rückkopplungsschleifen in einer wiederholten Fortschreibung der Ausbaupläne Berücksichtigung finden müssen. Zu einem erfolgreichen adaptiven Management gehört es auch, unerwartete Gelegenheiten zu nutzen. Die schiere Größe der Herausforderung der Dekarbonisierung der europäischen Wirtschaft im Rahmen der Energiewende könnte eine solche Not sein, aus der die Finanzkrise der Jahre 2008 und 2009 eventuell eine Tugend macht. Viele Kommentatoren sehen in einem grünen Investitionsschub durch die Dekarbonisierung der Energieerzeugung und der Effizienzsteigerung von Gebäuden eine Option, den durch die Finanzkrise verursachten Verwerfungen der Realwirtschaft zu begegnen und diese wieder auf einen Wachstumskurs zu führen.

6. Bayesianisches Risikomanagement

Die Statistik, die in Deutschland in den Schulen und den höheren Bildungseinrichtungen nach wie vor gelehrt wird, ist dem Konzept des Frequentismus verhaftet, nach dem sich Wahrscheinlichkeiten aus beobachteten Häufigkeiten ableiten. Entscheider finden sich allerdings häufig in Situationen, die in dieser Form noch nicht dagewesen sind, und in denen Analogien zur Vergangenheit nur begrenzt hilfreich sind. In vielen Lebensbereichen können wir von Glück sagen, dass wir nur eine sehr kleine oder gar keine Datengrundlage haben, um die Wahrscheinlichkeit zukünftiger Ereignisse abzuleiten: Hierzu zählen z.B. katastrophale Unfälle in Kernkraftwerken, Pandemien im 20. Jahrhundert oder gar Atomkriege.

Bayesianischem Risikomanagement liegt das Wahrscheinlichkeitskonzept des subjektiven Bayesianismus zugrunde, wonach eine Wahrscheinlichkeit ein *subjektives Risikomaß* eines Entscheiders ist. Sie ist also nicht wie im Frequentismus eine Eigenschaft eines Objektes, z.B. eines Würfels, eines Elektrons oder eines Vermögenswertes, sondern eine des Analysten, der sich mit einem solchen Objekt beschäftigt.

Das Systemverständnis, d.h. das Verständnis eines Objektes und des Systems, in dem dieses Objekt eingebettet ist, ist die Grundlage, auf der jedes subjektive Risikomaß entwickelt wird. Deshalb sprechen wir auch von *wissensbasierten Wahrscheinlichkeiten*. Auch und gerade in den Naturwissenschaften gehört es zum Grundverständnis, dass es keine Messungen ohne zugrundeliegende Theorien gibt. Empirie und Theorie sind immer untrennbar aufeinander bezogen. Für Wissenschaftler und Praktiker zugleich ist es eine Frage der Urteilskraft, welche Theorie sie in einer gegebenen Situation für angemessen halten. Die Expertise eines Menschen bezüglich eines Erkenntnisgegenstandes nennen wir sein *Bayesianisches Überzeugungssystem*, das aus nichts anderem besteht als aus einer Menge von Hypothesen, Variablen, und funktionalen Zusammenhängen zwischen diesen Variablen sowie Wahrscheinlichkeitsaussagen über die Ausprägung dieser Variablen und deren Zusammenhänge. Ein konkretes Beispiel ist die sogenannte *Klimasensitivität*, die angibt, wie sich die globale Mitteltemperatur erhöht, falls sich die CO₂-Konzentration der Atmosphäre verdoppelt. In der wissenschaftlichen Literatur werden sehr unterschiedliche Ansichten zu dieser Klimasensitivität vertreten, die typischerweise in Form von Wahrscheinlichkeiten entlang der Temperaturachse dargestellt werden. Für jedes Forscherteam stellen diese Wahrscheinlichkeiten deren subjektive Einschätzung zur Klimasensitivität dar (vgl. Abbildung 4), von der wir annehmen wollen, dass sie die Urteilskraft der Autoren zum Zeitpunkt der Veröffentlichung bestmöglich widerspiegelt. Ein politischer oder wirtschaftlicher Entscheider ist nun mit einem ganzen Spektrum möglicher Klimasensitivitäten konfrontiert und wird, bewusst oder unbewusst, diesen alternativen Wahrscheinlichkeitseinschätzungen auf einer Metaebene ebenfalls Wahrscheinlichkeiten zuordnen, d.h. einige Einschätzungen der Klimasensitivität für wahrscheinlicher halten als andere. Wir haben es hier also mit Wahrscheinlichkeiten

zweiter Ordnung zu tun, also Einschätzungen, für wie wahrscheinlich alternative Wahrscheinlichkeitseinschätzungen gehalten werden.

Im Mittelpunkt des Bayesianischen Ansatzes steht ein Lernkonzept. Dieses geht davon aus, dass ein Analyst einen Informationsgewinn dazu nutzt, seine Einschätzungen auf den neuesten Stand zu bringen. Ein Analyst hat zu jedem Zeitpunkt für eine bestimmte Frage eine Einschätzung zu den in dieser Frage zentralen Wahrscheinlichkeiten. Diese werden als seine *a priori* Wahrscheinlichkeiten bezeichnet. Wenn neue Informationen verfügbar werden, so transformieren sie die *a priori* Wahrscheinlichkeiten in sogenannte *a posteriori* Wahrscheinlichkeiten. In der Klimaforschung haben zahlreiche Arbeiten aus der Paleoklimatologie in letzter Zeit dazu geführt, dass die Klimasensitivität nun für niedriger angesehen wird. Anders ausgedrückt werden Wahrscheinlichkeitsverteilungen, die eine niedrigere Klimasensitivität darstellen, inzwischen für wahrscheinlicher gehalten als solche, die eine hohe Klimasensitivität darstellen. Im fünften Sachstandsbericht des IPCC drückt sich dies dadurch aus, dass die Autorenteams, die Wahrscheinlichkeitsaussagen zur Klimasensitivität auf Basis von Beobachtungen machen, zu deutlich niedrigeren Wahrscheinlichkeiten für hohe Klimasensitivitäten kommen als sie mit den großen globalen Klimamodellen gerechnet werden (vgl. Abbildung 4). In dieser Abbildung symbolisiert für unterschiedliche Forschergruppen jeweils eine farbige Linie die Wahrscheinlichkeiten für unterschiedliche Werte der Klimasensitivität⁵, und die farbigen Kreise geben den wahrscheinlichsten Wert bzw. den best guess dieser Gruppe an. In Abbildung 4 ist sichtbar, dass die Arbeiten, die sich auf Beobachtungen stützen, inzwischen mehrheitlich von Werten der Klimasensitivität von unter drei Grad ausgehen. Bei den meisten Klimamodellen, die in Abbildung 5 dargestellt sind, liegt der Sensitivitätswert jedoch noch über 3 Grad.

⁵ Genau gesagt symbolisiert sie eine von oben betrachtete Dichtefunktion. Die beiden Abbildungen beziehen sich auf die sogenannte *equilibrium climate sensitivity*, also die Temperatursteigerung, die sich ergibt, nachdem das Klimasystem zu seinem thermodynamischen Gleichgewicht gelangt ist.

Abbildung 4: Beobachtungsgestützte Klimasensitivitäten Quelle: AR5, IPCC

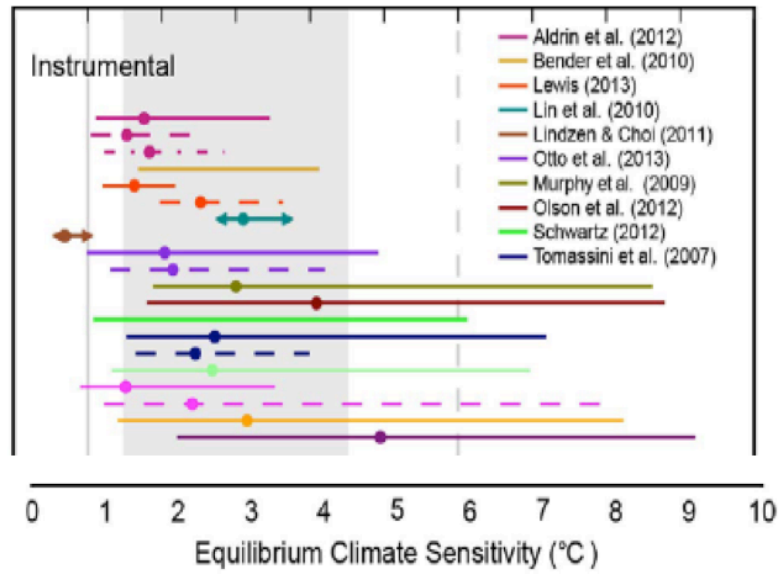
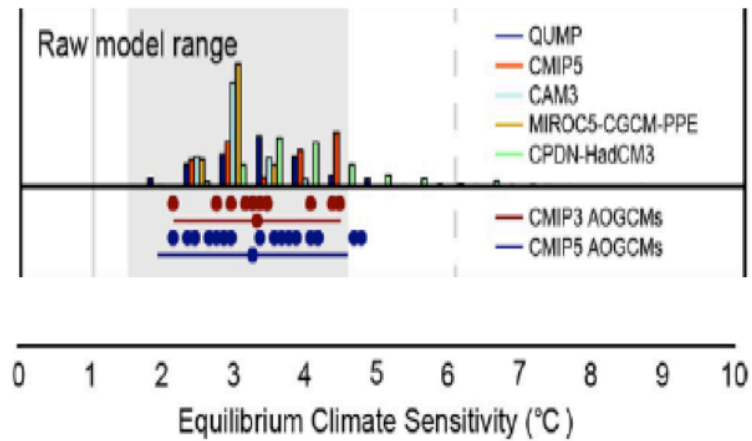


Abbildung 5: Klimasensitivitäten in den großen globalen Klimamodellen Quelle: AR5, IPCC



Die drei Säulen des Bayesianischen Risikomanagements

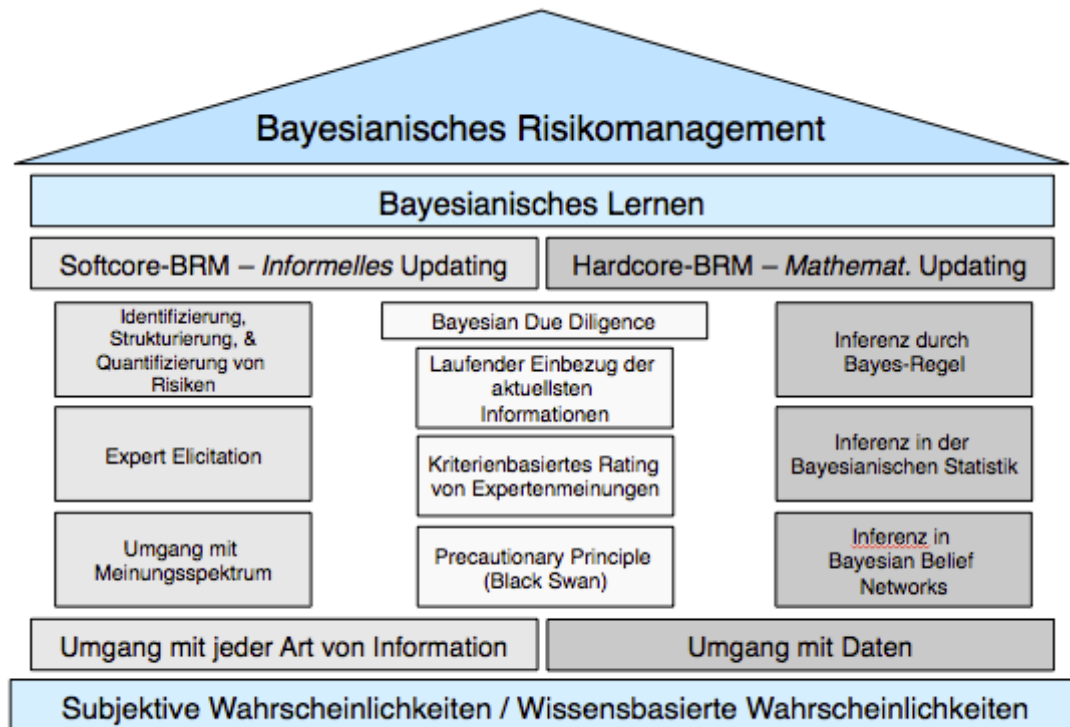
Bayesianisches Risikomanagement gibt es in zwei Varianten, je nach dem, welche Art von Informationen vorliegen. Hardcore BRM kommt zum Zuge, wenn hinreichend viele Daten zur Verfügung stehen, um Bayesianisches Lernen in seiner strikt mathematischen Definition durchzuführen. Das ist der Ansatz, wie er in der Bayesianischen Statistik und der Bayesianischen Entscheidungstheorie gelehrt und beispielsweise in Bayesianischen Netzwerken oder Einflussdiagrammen verwendet wird. Falls nicht genügend Daten zur Verfügung stehen, um Bayesianisches Lernen in seiner strikten mathematischen Form auszuführen, ist Softcore BRM das Mittel der Wahl. In diesem Fall bedeutet Lernen, dass ein Analyst neue Informationen nutzt, um seine subjektiven Wahrscheinlichkeiten so anzupassen, dass sie sein aktuelles Weltverständnis bestmöglich spiegeln. Vor dem Ausbruch der durch den Zusammenbruch von Lehmann Brothers ausgelösten Weltfinanzkrise hielt die überwältigende Mehrheit der Makroökonomien und Finanzmarktexperten eine solche Krise für extrem unwahrscheinlich wenn nicht gar für unmöglich. In diesen Kreisen war von der *Great Moderation* die Rede. Zumindest diejenigen, die eine solche Krise für unmöglich hielten, waren gezwungen, ihr Überzeugungssystem zu ändern und die Möglichkeit solcher Krisen anzuerkennen.

Allgemein gesprochen handelt es sich bei Softcore BRM um die fortlaufende Identifizierung, Strukturierung und Quantifizierung von Risiken auf der Grundlage des Welt- und Systemverständnisses eines Analysten. Ohne Softcore BRM kann es kein Hardcore BRM geben, da jedes Überzeugungssystem auf Basis der subjektiven Urteilskraft gewählt wird, auch und gerade diejenigen Überzeugungssysteme, die Grundlage des Hardcore BRM sind. Ganz konkret heißt dies, dass in den Natur- und den Sozialwissenschaften, aber auch im beruflichen Alltag, diejenigen Theorien und formalen Modelle gewählt werden, die die Wissenschaftler und Praktiker für angemessen halten, um ein konkretes Phänomen oder Problem anzugehen. Wann immer ein Analyst ein bestimmtes mathematisches Modell einem anderen vorzieht, um einen Untersuchungsgegenstand zu beschreiben, praktiziert er, ob bewusst oder unbewusst, Softcore BRM – es sei denn, die Wahl des Modells ist interessegeleitet, um bestimmte Ziele zu erreichen.

Die zentrale Säule unseres Ansatzes eines Bayesianischen Risikomanagements ist die Bayesianische Due Diligence. Diese dient dazu, Willkür, Unachtsamkeit und eben auch interessegeleitete Manipulationen zu begrenzen und die Alltagsroutinen kritisch zu hinterfragen. Im Kern geht es darum, die subjektive Auswahl der Theorien und Modelle, der darin enthaltenen Variablen, deren Wertebereiche und die ihnen zugeordneten Wahrscheinlichkeiten zu dokumentieren, zu begründen und sie jederzeit rechtfertigen zu können. Dazu gehört insbesondere, auf der Höhe der Zeit zu sein und die vorhandenen quantitativen Daten zu berücksichtigen, aber auch das qualitative Verständnis der Systemzusammenhänge laufend fortzuschreiben. Es gehört ferner dazu, einen Überblick über die Überzeugungssysteme anderer Experten zu haben, und den Einfluss von Gruppendenken und Konformitätsdruck abzuschätzen und kritisch zu hinterfragen. Ein geeignetes Werkzeug hierzu kann ein kriterienbasiertes Rating von Expertenmeinungen sein. Schließlich sollte jeder

Entscheider das Precautionary Principle berücksichtigen und sich bewusst sein, dass es sowohl bekanntes als auch unbekanntes Unbekanntes gibt. Ein geeigneter Weg, um das Precautionary Principle umzusetzen, ist der Gebrauch von Risikopuffern, die das System resilient machen. Abbildung 6 gibt einen Überblick über unser Konzept des Bayesianischen Risikomanagement und seine drei Säulen.

Abbildung 6: Bayesianisches Risikomanagement Quelle: eigene Darstellung

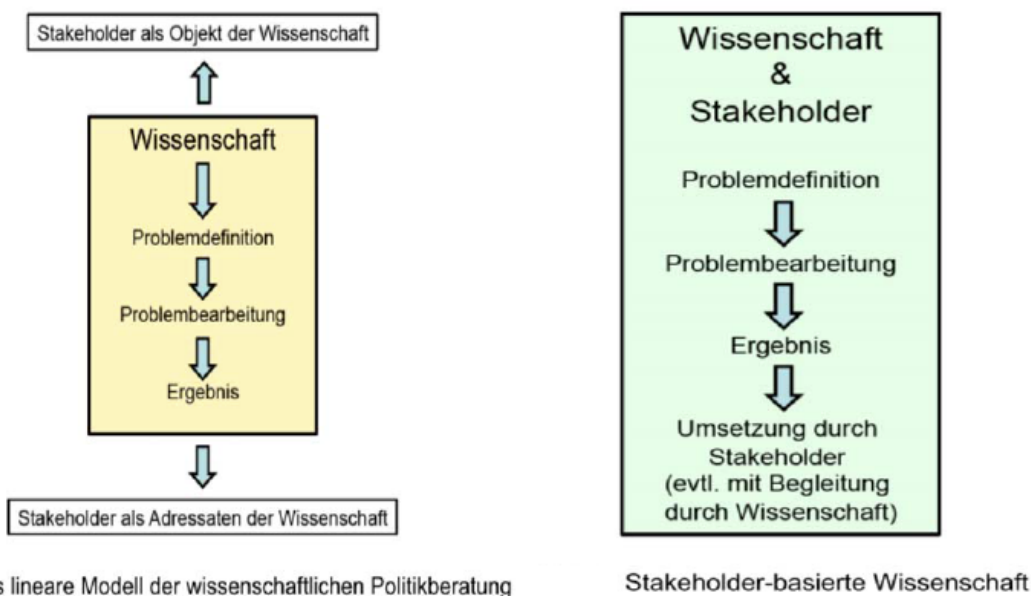


Das Bayesianische Risikomanagement ist keine Kristallkugel. Es ist ein Ansatz, der Unsicherheiten explizit macht und hilft, mit ihnen umzugehen. Insbesondere erlaubt er, Expertise und Urteilskraft zu mobilisieren und bewusst zu machen, dass diese notwendigerweise subjektiv sind.

7. Stakeholder-basierte Forschung

Das Projekt, in dessen Rahmen diese Broschüre erscheint, stützt sich auf den Ansatz der Stakeholder-basierten Forschung.⁶ Anstatt Stakeholder als ein reines Objekt der Wissenschaft zu betrachten, werden diese aktiv in den Forschungsprozess einbezogen (vgl. Abbildung 6).

Abbildung 7: Stakeholder-basierte Wissenschaft Quelle: eigene Darstellung



Das bedeutet, dass die wichtigen Forschungsfagen gemeinsam mit den von den Wissenschaftlern ausgewählten Stakeholdern in Dialogen definiert und dann auch bearbeitet werden. So haben die Akteure die Möglichkeit, „ownership“ zu entwickeln. Weil sie an der Entstehung der wissenschaftlichen Ergebnisse maßgeblich beteiligt sind, können sie diese besser in ihre Entscheidungsprozesse einbinden. Dadurch, dass die Dialoge offen gestaltet sind, können die Stakeholder Werte, aber auch Zwänge und Randbedingungen kommunizieren, die ihrem Handlungsspielraum ihres Erachtens Grenzen setzen. Damit wird die Gefahr reduziert, dass Wissenschaftler in einer Idealwelt arbeiten, die den realen Gegebenheiten nicht wirklich Rechnung trägt. Die etablierte Zusammenarbeit zwischen Stakeholdern und Wissenschaft ermöglicht es den Forschern, auch die Umsetzung von Ergebnissen zu begleiten. Zugleich besteht die Hoffnung, dass die Stakeholder-basierte Forschung die Akzeptanz etwaiger Maßnahmen in der Bevölkerung erhöht. Das Projekt „Investitionsschub durch die deutsche Energiewende in Zeiten der Finanz- und Wirtschaftskrise“ wurde schon in seiner Entstehung und seinen Schwerpunkten wesentlich durch Gespräche zwischen den Forschern und Stakeholdern aus der Real- und Finanzwirtschaft, Politik, Verwaltung

⁶ Welp et al. (2006) definieren einen wissensbasierten Stakeholder-Dialog als „strukturierten kommunikativen Prozess des Verbindens von Wissenschaftlern mit ausgewählten Akteuren, die für die jeweilige Forschungsfrage relevant sind“

und Zivilgesellschaft beeinflusst. Idealerweise soll es durch die Beantwortung der Forschungsfragen wesentlichen Akteuren dabei helfen, Weichen für den Erfolg der Energiewende und ein ökonomisch wie ökologisch nachhaltiges Wachstum zu stellen.

Dem Projekt liegt zudem die Methodik der *Grounded Theory* zugrunde.⁷ Das besondere hieran ist, dass nicht einfach Hypothesen anhand von Empirie überprüft werden, sondern dass es eine ständige Wechselwirkung zwischen generierten Daten und Annahmen gibt bzw. einen Dialog, durch den neues theoretisches Wissen entsteht. Damit berücksichtigt die *Grounded Theory* den Ansatz der Pragmatisten, dass eine reale Handlung nie so verläuft wie geplant, sondern durch die Wahrnehmung und/oder das Ignorieren gewisser Reize verändert wird. Im Vordergrund steht also nicht die Ermittlung von Durchschnittsverhalten, sondern das Verstehen wirklicher Handlungen in natürlichen Situationen.

Die Stakeholder-basierte Wissenschaft setzt auf qualitative Methoden wie semi-strukturierte und leitfadengestützte Interviews. Hierdurch soll vermieden werden, dass künstliche Gesprächssituationen entstehen, die in erster Line die Perspektive des Interviewers betonen. Stattdessen geht es darum, auf die Stakeholder einzugehen und im Hinblick auf Fragen, Antworten und Methoden im Gespräch offen zu bleiben. So sollen validere Informationen und auch ein besseres Verständnis erzielt werden als dies mit standardisierten Interviews möglich wäre.

⁷ *Glaser und Strauss* definieren ihren Ansatz wie folgt: „The basic theme (...) is the discovery of theory from data systematically obtained from social research“ (Glaser und Strauss 1967: 1). *Alheit* beschreibt *Grounded Theory* als „empirisch fundierte Theoriebildung“ (Alheit 1999: 1). *Dausien* bezeichnet diesen Prozess als „eine spiralförmige Hin- und Herbewegung zwischen theoretisch angeleiteter Empirie und empirisch gewonnener Theorie“ (Dausien 1996: 93).

Literatur

Adams, Willi Paul, *Die USA im 20. Jahrhundert*, München 2000

Alheit, Peter (1999): *Grounded Theory. Ein alternativer methodologischer Rahmen für qualitative Forschungsprozesse*. Göttingen. S. 1-19.

Bals, C., Enting, K., Eskelson, D., Fucik, M., Gerber, K., Haas, A., Jaeger, C.C., Kemfert, C., Krause, J., Kremers, H., Kristof, K., Milke, K., Onischka, M., Orbach, T., Ötsch, R., Schill, W.-P. (2009): *Mainstreaming von Klimarisiken und -chancen im Finanzsektor*. In: *Mahammadzadeh, M., Biebeler, H., Bardt, H. (Eds.), Klimaschutz und Anpassung an die Klimafolgen*, Köln.

Battaglini, Antonella/ Lilliestam, Johan/Haas, Armin/Patt, Anthony, »Development of SuperSmart Grids for a more efficient utilisation of electricity from renewable sources«, in: *Journal of Clean Production*, 2009

Berkes, Fikret/Folke, Carl (Hg.), *Linking Social and Ecological Systems: Management Practices and Social Mechanisms for Building Resilience*, Cambridge: Cambridge UP, 1998

Berndes, Göran/Hoogwijk, Monique/van den Broek, Richard, »The contribution of biomass in the future global energy supply: a review of 17 studies«, in: *Biomass and Bioenergy*, 25(2003), S. 1–28

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hg.), *Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS)*, Berlin 17.12.2008
<http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/das_gesamt.pdf>

Commission of the European Communities, *Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: Limiting Global Climate Change to 2 degrees Celsius. The way ahead for 2020 and beyond*, Brussels: COM (2007), 2 final

Crutzen, Paul J., »Albedo Enhancement by Stratospheric Sulfur Injections: A Contribution to Resolve a Policy Dilemma?«, in: *Climatic Change*, 77 (2006), S. 211–220

Dausien, Bettina (1996): *Biographie und Geschlecht. Zur biographischen Konstruktion sozialer Wirklichkeit in Frauenlebensgeschichten*, Bremen: Donat.

den Elzen, Michel G.J./Meinshausen, Malte, »Meeting the EU 2°C climate target: global and regional emission implications«, in: *Climate Policy*, 6 (2006), S. 545–564

Diekmann Andreas (2007): *Empirische Sozialforschung. Grundlagen, Methoden, Anwendungen*. Rowohlt Taschenbuchverlag, Reinbek bei Hamburg.

Fucik, M. (2011). Bayesian Risk Management – Frequency Does Not Make You Smarter. Dissertation, Potsdam University.

Gallopin, Gilbert C., »Human Dimensions of Global Change: Linking the Global and the Local Processes«, in: *International Social Science Journal*, 130 (1991), S. 707–718

Garz, H., Ötsch, R., Haas, A., Wirtz, P., Zank, S. (2009). German power utilities - caught in the CO₂ trap? Düsseldorf, WestLB.

Glaser, Barney G. (1978): Theoretical Sensitivity. Advances in the Methodology of Grounded Theory, Mill Valley: The Sociology Press.

Glaser, Barney G./Strauss, Anselm L. (1967): The Discovery of Grounded Theory. Strategies for Qualitative Research, Mill Valley: The Sociology Press.

Glaser, Barney G./Strauss, Anselm L. (1967): The Discovery of Grounded Theory. Strategies for Qualitative Research, Mill Valley: The Sociology Press.

Haas, A., Jaeger, C., Battaglini, A. (2011): Komplexe Risiken als Herausforderung für die Klimapolitik. In: Angenendt, S., Dröge, S., Richert, J. (Eds.), Klimawandel und Sicherheit – Herausforderungen, Reaktionen und Handlungsmöglichkeiten, Baden-Baden, 256-272.

Holling, C. S. (ed.) (1978). Adaptive Environmental Assessment and Management. Chichester: Wiley.

Hoogwijk, Monique/Faij, André/Eickhout, Bas/de Vries, Bert/ Turkenburg, Wim, »Potential of biomass energy out to 2100, for four IPCC SRES land-use scenarios«, in: *Biomass and Bioenergy*, 29 (2005), S. 225–257

IPCC 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

IPCC, 2014: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

IPCC, 2014: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and

L.L. White (eds.)). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

IPCC, 2014: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Jaeger, Carlo C., Taming the Dragon. Transforming Economic Institutions in the Face of global Change, Yverdon: Gordon Breach Science Publishers, 1994

Joas, Hans (1988): Symbolischer Interaktionismus. Von der Philosophie des Pragmatismus zu einer soziologischen Forschungstradition. In: Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie, 40, Nr. 2, 417ft.

Kasemir, B., Dahinden, U., Swartling, A.G., Schibli, D., Schüle, R., Tabara, D., Jaeger, C.C. (2003) Collage Processes and Citizens' Visions for the Future. In: Kasemir, B., Jäger, J., Jaeger, C.C., Gardner, M. (eds.) Public Participation in Sustainability Science. Cambridge, Cambridge University Press.

Käslin, Bruno, *Emerging Risks: Umgang mit zukünftigen Schadenpotenzialen in der Assekuranz*, I.VW.HSG Trendmonitor, St. Gallen 2006.

Käslin, Bruno, *Systematische Früherkennung von Emerging Risks in der Versicherungswirtschaft*, Dissertation, St. Gallen 2008.

Kelle, Udo (2001): "Emergence" oder "Forcing"?, in: Grounded Theory Reader / Günter Mey ; Katja Mruck. Wiesbaden: VS Verl. für Sozialwiss., 2011. S. 235-260.

Nature (Hg.), »Smart Thinking«, in: *Nature*, 458 (März 2009), 7235, S. 125–126

Ötsch, R. (2012). Stromerzeugung in Deutschland unter Klimapolitik und Liberalisierung –Bewertung von Investitionsentscheidungen mit Bayes'schen Einflussdiagrammen, Dissertation Universität Potsdam.

Onischka, M., and Fucik, M. (2009). Limited Applicability of Historical Data for Estimating Future Risk Exposures in Risk Management on the Example of Climate Risks. CFF-Conference Paper, Vallendar.

Rachev, S. T., Hsu, J. S. J., Bagasheva, B. S., and Fabozzi, F. J. (2008). Bayesian Methods in Finance. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons. Report on the World Economy 11.

Shi, Peijun/Liu, Jing/Yao, Qinghai/Tang, Di/Yang, Xi, *Integrated Disaster Risk Management of China*, working paper, 2007.

Shi, Peijun /Jaeger, Carlo/ Ye, Quian (Eds.) Integrated Risk Governance. Science Plan and Case Studies of Large-scale Disasters Beijing: Normal University Press, Berlin Heidelberg: Springer 119-144 p., 2013.

Spöhring, W. (1989), Qualitative Sozialforschung, Stuttgart: Teubner.

Taleb, N. (2007). The Black Swan, The Impact of the Highly Improbable. New York: Random House.

Turner II, Billie L./Kasperson, Roger E./Matson, Pamela A./McCarthy, James J./Corell, Robert W./Christensen, Lindsey/Eckley, Noelle/Kasperson, Jeanne X./Luers, Amy/Martello, Marybeth L./Polsky, Colin/Pulsipher, Alexander/Schiller, Andrew, »A framework for vulnerability analysis in sustainability science«, in: *PNAS*, 100 (2003), S. 8074–79

United Nations (Hg.), *Fifth Session of the Ad Hoc Working Group on Long-term Cooperative Action under the Convention: Fulfilment of the Bali Action Plan and components of the agreed outcome. Note by the Chair. Part I,* Geneva 17.03.2009

Verheyen, Roda, *Informations- und Berichtspflichten der deutschen börsennotierten Automobilkonzerne im Hinblick auf die durch den globalen Klimawandel und eine weitere Ölpreissteigerung hervorgerufenen Risiken,* Rechtsgutachten, Germanwatch, 2008

Verheyen, Roda/Braham, Joseph/Bacri, Clémentine/Queinnec, Yann/Pellegrino, Emiliano, *A Brief Legal Opinion: Minimum Benchmarks for Reporting of Companies on (Climate) Risks under European Law. An Analysis of Italian, French And German Law,* Germanwatch, 2008

Welp, M., de la Vega-Leinert, A., Stoll-Kleemann, S., Jaeger, C.C. (2006) Science based stakeholder dialogues: Theory and tools. In: *Global Environmental Change*, Elsevier, p. 17011

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen, *Welt im Wandel – Zukunftsfähige Bioenergie und nachhaltige Landnutzung,* Berlin 2009

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen, *Welt im Wandel – Sicherheitsrisiko Klimawandel,* Berlin 2007

Young, Oran R./Berkhout, Frans/Gallopín, Gilberto C./Janssen, Marco A./Ostrom, Elinor/Sander van der Leeuw, Sander, »The globalization of socio-ecological systems: An agenda for scientific research«, in: *Global Environmental Change*, 16 (2006), S. 304–316