

## **Helmholtz-Institut Climate Service Science (HICSS)**

### **Kompetenzfelder**

#### **Einführung**

Der globale Klimawandel mit seinen vielfältigen Auswirkungen vollzieht sich auf allen zeitlichen und räumlichen Skalen, die komplex mit einander wechselwirken. Dabei sind die Folgen des Klimawandels in allen Regionen ganz unterschiedlich ausgeprägt - von der globalen, über die kontinentale, die regionale bis hinunter auf die ganz lokale Skala. Sie hängen von Faktoren ab wie Stadt-Land-Verteilung, Bevölkerungsdichte, Landnutzung u.v.a.m.. Betroffen sind Bereiche wie Energie- und Finanzwirtschaft, kritische Infrastrukturen, Stadt- und Regionalentwicklung, Land- und Forstwirtschaft, Wasserverfügbarkeit, Küsten- und Hochwassermanagement etc. Bereits existierende Probleme werden sich durch den Klimawandel noch verschärfen. Dies betrifft beispielsweise die Intensität von Starkregenereignissen, Länge von Dürreperioden, Häufigkeit von Hochwasserereignissen oder sich ändernde Grundwasserneubildung.

Mit dem Klimawandel einhergehende Probleme erfordern das Handeln unterschiedlichster Akteure auf vielen Ebenen, von der unternehmerischen und kommunalen Ebene bis hin zur europäischen und internationalen Ebene. Es ist notwendig, vom Grundlagenwissen über das Orientierungswissen zum Handlungswissen zu gelangen, wie es beispielsweise für langfristige Investitionsentscheidungen erforderlich ist. Ein zentrales, Handlung beeinflussendes Problem ist jedoch die Unsicherheit darüber, in welchem Zeitraum die zu erwartenden Folgen des Klimawandels eintreten, in welchem Ausmaß die Regionen, Sektoren und sozialen Gruppen davon betroffen und wie hoch die entsprechenden Kosten sein werden. So sind beispielsweise die von Klimamodellen simulierten Klimaprojektionen mit Unsicherheiten verbunden, die sich nur bedingt verringern lassen, beispielsweise durch die Verwendung von (Multi-Modell-) Ensemblesimulationen. Auch liegen noch zu wenige wissenschaftsbasierte Informationen zu den zukünftigen mittelfristigen Klimaänderungen vor. Hierbei geht es um saisonale bis dekadische Zeiträume, die sich über mehrere Monate bis mehrere Jahre erstrecken. Diese Informationen müssen belastbar sein, denn sie werden benötigt, um die wirtschaftliche, industrielle und politische Planung zu unterstützen.

Die Quantifizierung, Dokumentation und Kommunikation der Unsicherheiten, also der bewusste Umgang mit ihnen, ist unumgänglich. Zur Erfassung und Bewertung der Risiken und Chancen des Klimawandels und zur Handhabbarkeit der damit verbundenen Unsicherheiten in praktischen Entscheidungssituationen müssen die passenden Methoden und Instrumente entwickelt werden.

Dabei muss erforscht werden, wie einzelne Modellkomponenten wie z.B. regionale Klimamodelle, hydrologische Modelle, „integrated assessment“ Modelle, ökonomische Modelle, Modelle zur Entscheidungsunterstützung, Raumplanungsmodelle und soziologische Modelle miteinander in Verbindung gebracht werden können.

Die Komplexität der Themen und das notwendige Schaffen eines Bewusstseins für die verschiedenen räumlichen, zeitlichen und sozialen Skalen, und ihrer Wechselwirkungen und Rückkopplungsprozesse erfordert eine integrative Herangehensweise auf der Grundlage natur-, sozial- und kulturwissenschaftlicher Ansätze. Die Einbindung von Experten aus der Praxis in die Formulierung der Forschungsfragen und in die Forschungsprozesse wird neue Forschungsmodi hervorbringen und neue Rückwirkungsmechanismen auslösen, die ihrerseits Anregungen für die Grundlagenforschung beinhalten.

Die zur Lösung der beispielhaft vorgeannten komplexen Fragestellungen notwendigen Kompetenzen erstrecken sich von der Modellierung komplexer Systeme (Kompetenzfeld 2) über die Bewertung der wissenschaftlichen Erkenntnisse (Kompetenzfeld 3) bis hin zu ihrer Umsetzung in Handlungswissen (Kompetenzfeld 1). Diese drei Kompetenzfelder sollen innerhalb des HICSS gezielt und mit dem gemeinsamen, sich ergänzenden Fachwissen der Partner adressiert werden.

## **1. Vom Wissen zum Handeln**

Klimadienstleistungen adressieren die Lücke zwischen wissenschaftlicher Erkenntnis und gesellschaftlichem Handeln im Umgang mit dem projizierten Klimawandel, sowohl auf politischer Entscheidungsebene als auch auf privatwirtschaftlicher und individueller Umsetzungsebene. Nach wie vor existieren ganz unterschiedliche Vorstellungen von Klimaservices, die sich zum einen auf die Inhalte und zum anderen auf die Institutionen beziehen. Dabei geht es bei Klimadienstleistungen primär darum, die vorhandenen wissenschaftlichen Erkenntnisse bedarfsorientiert aufzubereiten, Informationen weiterzugeben und den Nutzer in seinen auf den Klimawandel bezogenen Entscheidungsfindungen zu unterstützen.

Entstanden ist dieses sehr junge Arbeitsfeld aus der gesellschaftlichen Notwendigkeit, Wege zum Umgang mit Folgen des Klimawandels zu entwickeln und im Alltagshandeln umzusetzen. Damit wird Klimagesellschaft-Wissenschaft zu einem transdisziplinären Forschungsfeld, das gesellschafts-wissenschaftliche Paradigmen der Wissens- und Perzeptionsforschung, der Transfer- und Kommunikationsforschung, der Stakeholder-Interaction- und Governance-Forschung verbindet. Für diese gesellschaftlich relevante Aufgabe bedarf es einer wissenschaftstheoretischen Fundierung und praxisorientierten Schärfung der Forschung zu Klimadienstleistungen.

Forschungsdefizite und damit zukünftige Herausforderungen betreffen das gesellschaftliche, sozio-kulturell verankerte Verständnis von Klimawandel, Formen und Bedingungen für die Aufbereitung von Wissen, Einflüsse auf das zukünftige Handeln, die für ein Handeln determinierenden Einflussfaktoren, die Messbarkeit der jeweiligen Handlungswirkungen und die Risikofolgenabschätzung des Handelns unter Unsicherheit.

Wissen beruht auf einem Konstruktionsprozess, der Informationen voraussetzt, jedoch weder eine lineare Folge von Informationen darstellt, noch selbst linear zu Handeln führt. Wissen entsteht als Aushandlungsprozess – durchaus konfliktuell, manchmal dialogisch – in Auseinandersetzung zwischen unterschiedlichen Wissensregimen und Kommunikationsinstitutionen (wie Wissenschaft, Journalismus, Akteuren auf Social Media). Diese Aushandlungsprozesse zwischen Wissensregimen und mittels unterschiedlicher Co-Produktionsformen gilt es zu analysieren und zu verstehen. Klimaservice adressiert die Interaktion zwischen Wissenschaft und Gesellschaft, mit ganz unterschiedlichen räumlichen und zeitlichen Handlungsebenen. Entscheidungen auf der individuellen Ebene fallen unter anderen Vorzeichen als auf der politischen Ebene und wissenschaftliche Regeln und Kriterien unterliegen anderen Maßstäben als gesellschaftliche Bedürfnisse.

Hier setzt die Klimaservice-Wissenschaft mit dem Kompetenzfeld 1 an und leitet die folgenden drei Arbeitsschwerpunkte für die Untersuchung von Klimadienstleistungen im Sinne der gesellschaftlichen Relevanz und Praktikabilität ab:

1. **Grundlagen:** Reflexion und Schärfung zentraler Begriffe wie ‚Information‘, ‚Wissen‘, ‚Handeln und Handlungswirkung‘ sowie ‚Integration‘; Definition, Gestaltung und Rahmung von ‚Service‘; Was ist ‚Service‘ im Gegensatz zur Informationsbereitstellung? Und wie wird er erfolgreich, nachhaltig gestaltet? Wer ist Prozessbeteiligter und wofür wird was benutzt? Hinterfragen des Selbstverständnisses von Wissenschaftlern und deren Beitrag zur gesellschaftlichen Zukunftsgestaltung.

*Leitfrage:* Was wird unter „Climate Services Science“ verstanden?

2. **Kommunikation und Governance:** Überprüfung des vorherrschenden Kommunikationsmodells; durch was wird Kommunikation behindert oder gefördert und wie kann Kommunikation verbessert werden? Untersuchung und Erweiterung des Methodenkanons transdisziplinärer Forschung; Klärung der Rolle und Erwartungen der Prozessbeteiligten und der Entscheidungsträger an wissenschaftliche Erkenntnisse.

*Leitfrage:* Wie kann die vorherrschende Wirkungskette „Von der Information zur Handlung“ hinterfragt oder gestaltet werden?

3. **Evaluation und Reflexion:** Erfolgskriterien von Klimaservice und Evaluation; Wann ist ein Problem aus wissenschaftlicher und wann aus Sicht der Praxis gelöst? Wie lassen sich die Entwicklungsprozesse von Klimaservice-Produkten evaluieren und die Produkte bewerten? Wem obliegt die Deutung und Interpretation von Daten und wie kann die Praxis beim Umgang mit Daten und komplexen Informationen unterstützt werden?

*Leitfragen:* Welche Informationen sind potenziell handlungsentscheidend? Wie lassen sich transdisziplinäre Methoden, Prozesse und deren Ergebnisse bewerten?

## 2. Modellierung komplexer Systeme

Um komplexe Zusammenhänge im Klimasystem und in der Mensch-Umwelt-Interaktion zu untersuchen, sind Modelle für Klimadienstleistungen von wachsender Bedeutung. Mit ihrer Hilfe ist es möglich, Umweltveränderungen und deren Einfluss auf Mensch und Gesellschaft ebenso zu analysieren wie die Auswirkungen und Folgen menschlichen Handelns auf die natürliche Umwelt. Sie erlauben es, Daten der Vergangenheit, aktuelle Entwicklungen und Projektionen in die Zukunft zu verbinden. Zugleich bieten sie mithilfe moderner Informations- und Kommunikationstechnologien Fachleuten und interessierten Stakeholdern die Möglichkeit, die komplexen Themen anschaulich darzustellen. Mit unterschiedlichen Daten, Annahmen und Sichtweisen können alternative Welten und Zukünfte simuliert werden. Die disziplinäre, inter- und transdisziplinäre Modell-Expertise wird weiter entwickelt, um verschiedene wissenschaftliche Zugänge für die Untersuchung relevanter Themenfelder zusammenzuführen.

Die Modellierung naturwissenschaftlicher Aspekte des Klimasystems (z.B. Klimadynamiken und Energieflüsse, Wasser- und Kohlenstoffkreislauf, Wetterextreme und Kippelemente, von der lokalen bis zur globalen Skala) bildet die Basis für KlimaService. Aufgrund der wachsenden Anforderungen an Modellsimulationen gewinnt die Abschätzung von Unsicherheiten (probabilistische Vorhersagen, Ensemble-Techniken, Güte beobachteter Veränderungen), skalenadaptive Parametrisierung, belastbare Modelvalidation und die physikalische Darstellung von Prozessen an Bedeutung. Das neue ICON-Modellsystem wird für das CEN eine zunehmend größere Rolle spielen, wobei gleichzeitig durch die Vielfalt der am KlimaCampus Hamburg betriebenen Modelle (z.B. MITRAS, REMO, PlaSim) einzigartige Forschungsmöglichkeiten auf dem Gebiet der Modellunsicherheit entstehen und aufgabenspezifische Lösungen ermittelt werden können.

Darüber hinaus geht es um Verknüpfungen mit sozial-ökologischen Themen (z.B. Ökosystem- und Populationsdynamik; Landnutzung, erneuerbare Energie und Ernährungssicherheit; urbane Systeme und Migration; Meeresspiegel und Küstenschutz; Klimawandel und Sicherheit). Für Klimadienstleistungen relevant sind Verwundbarkeiten und Risiken sozio-ökonomischer Systeme, ihre Anpassungsfähigkeiten und Nachhaltigkeitsoptionen sowie die Kosten und Grenzen der Anpassung. Um die Stufen der Wirkungskette (Information, Wahrnehmung, Entscheidung, Handlung und Interaktion) zu untersuchen, werden verschiedene Modellansätze zusammengeführt, darunter dynamische numerische Systemmodelle, geographische Informationssysteme, Optimierungsmethoden, agentenbasierte Modelle, soziale Netzwerkanalysen. In der partizipativen Modellierung fließen Einschätzungen von Stakeholdern ein, unter Berücksichtigung von Unsicherheit und Komplexität, Indikatoren und Kriterien wie Kosten, Nutzen und Risiken.

Hier setzt die Klimaservice-Wissenschaft mit dem Kompetenzfeld 2 an und leitet die folgenden Forschungsfragen und Arbeitsschwerpunkte:

1. **Modellentwicklung, -integration und -validierung:** *Leitfrage:* Wie können komplexe Mensch-Umwelt Interaktionen im Erdsystem in Modellen geeignet abgebildet werden?
  - Identifikation der zur Verfügung stehenden Modelle, ihrer Eignung für Klimaservice relevanter Anwendungen und anstehender Weiterentwicklungen
  - Entwicklung von Schnittstellen zur Modellintegration für verschiedene Themenfelder und Disziplinen, räumliche und zeitliche Skalen, Modellansätze und Softwares
  - Kopplung komplexer Klimamodelle mit sozio-ökonomischen und Governance-Modellen
  - Analyse und Diskussion der Grenzen von Modellen, ihrer Detailliertheit und Genauigkeit, sowie von Kriterien für Qualitätssicherung, und Methoden der Validierung
  - Einfluss von Modellauflösung, Regionalisierung und Hindernissen bei Simulationen zur bodennahen Atmosphäre im urbanen und ländlichen Raum
  
2. **Modellanwendungen:** *Leitfrage:* Wie können bestehende und zukünftige Modellkapazitäten in bestmöglicher Weise relevanten Anwendungsfeldern zugutekommen?
  - Integration von vertikalen Materie- und Energieflüssen (von geologischen Lagerstätten bis zu atmosphärischen Energiepotenzialen) und horizontalen Wechselwirkungen (Land-Küste-Ozean, Hydrologie von Flusseinzugssystemen, Stadt-Umland-Interaktionen, Migration und Konflikte).
  - Repräsentation komplexer Prozesse in der integrierten sozial-ökologischen Modellierung (Kipppunkte, Kaskaden, Multiskaleneffekte, komplexe Krisen etc.)
  - Untersuchung des Nexus aus Energie, Wasser, Nahrung und Klima in der Landnutzung
  - Optimaler Lebenszyklus und Fußabdruck im nachhaltigen Ressourcen- und Abfallmanagement
  - Einfluss von Indikatoren und Kriterien auf Simulationen von Entwicklungspfaden im Erdsystem (Vulnerabilität, Risikovermeidung, Produktivität, Kosteneffizienz, Resilienz, Viabilität)
  
3. **Modellnutzung und Partizipation von Stakeholdern:** *Leitfrage:* Wie können Stakeholder in der transdisziplinären Modellierung im Kontext von Klimadienstleistungen eingebunden werden?

- Einsatz entscheidungsanalytischer Konzepte für die Analyse von Kosten, Nutzen und Risiken
- Implikationen zielorientierte Konzepte (Beispiel 2°-Ziel, guardrails)
- Aufzeigen und Analyse klimapolitischer Optionen und Governance-Ansätze
- Bedingungen für eine nachhaltige Energiewende und Transformation in eine Low-carbon society
- Entwicklung und Einsatz von Entscheidungs- und Bewertungskriterien für eine vergleichende Beurteilung alternativer Entwicklungspfade
- Einbindung und Partizipation von Stakeholdern in der Konzeptionierung, Entwicklung, Nutzung und Bewertung von Modellen und damit verbundener Ergebnisse

### **3. Bewertung von Erkenntnissen in der Klima- und Erdsystemforschung**

Die kontinuierlichen Fortschritte in der Wissenschaft und in den Datenerfassungs-, Rechen- und Informationstechnologien führen zu detaillierteren und komplexeren Erkenntnissen sowohl im Bereich der Klimawissenschaften als auch in anderen Disziplinen, die sich mit Wirkungen und Rückwirkungen des Klimas und des Klimawandels beschäftigen. Diese Erkenntnisse beinhalten neue Daten zum Zustand und der Veränderung des Erdsystems sowie eine Vielzahl von Handlungsoptionen. Zum Beispiel werden bessere Bodendaten und Ergebnisse von Klimamodellen in Boden-Vegetations-Modellen benutzt, um potenzielle Ertragseinflüsse in landwirtschaftlichen Nutzpflanzensystemen oder auch Risiken für schädliche Auswaschungen von Nährstoffen und Pflanzenschutzmitteln zu ermitteln. Angeschlossene agrarökonomische Modelle untersuchen geeignete Handlungsoptionen für Landwirte und Auswirkungen auf Gesellschaft und Umwelt. Die Ergebnisse beinhalten lokale Anpassungen (Sortenwahl, Bewässerung, etc.), regionale und globale Wirkungen (Ressourcenknappheit, Marktpreise) sowie politische Steuerungsmöglichkeiten. Andere Forschungsschwerpunkte an der UHH und bei HZG beschäftigen sich mit dem Einfluss von Klima- und Landnutzungsänderungen auf diverse Ökosysteme (Feuchtgebiete, Ästuare, Wälder) und deren Ökosystemdienstleistungen. Sowohl die Schaffung von Wissen als auch die Produktentwicklung und Beratung für individuelle Kunden geschehen zum Großteil in Absprache bzw. Zusammenarbeit mit der Zielgruppe (Co-design und Co-production of knowledge). Dieser neue, transdisziplinäre Forschungsmodus erfordert eigene Ansätze und Methoden.

Das Ziel dieses Kompetenzfelds ist es, neue wissenschaftliche Erkenntnisse und Informationen (Klimaprojektionen, Einflüsse auf Ökosysteme und natürliche Ressourcen) umfassend zu bewerten. Dabei geht es nicht nur um die Qualität von wissenschaftlichen Informationen, sondern auch darum, wie diese Informationen von relevanten Stakeholdern angefragt, akzeptiert und genutzt werden und damit um den gesellschaftlichen Impact insgesamt.

Hier setzt die Klimaservice-Wissenschaft mit dem Kompetenzfeld 3 an und leitet die folgenden Forschungsfragen in diesem Zusammenhang ab:

- Wie lassen sich natürliche Ressourcen (Wasser, Boden, Luft) monetär und nicht-monetär objektiv bewerten? Wie kann so eine Bewertung in sozio-ökonomische Modelle eingehen?
- Welchen möglichen (potentiellen) Nutzen haben neue wissenschaftliche Informationen (z.B. bessere Klimaprojektionen) für wichtige Bereiche der Wirtschaft, Politik und Gesellschaft?
- In welchen Teilen der sozio-ökologischen Systeme haben solche ausgearbeiteten Informationen einen Zusatzwert?
- Welche Metriken werden für die Erfassung des Informationswertes gebraucht?
- Wie unterteilen sich die Werte von wissenschaftlichen Informationen (direkt, indirekt, monetär, nicht-monetär, andere)?
- Wie beeinflussen Unsicherheiten den Nutzen von Informationen und wie können Entscheidungsträger damit umgehen?
- In welchem Maße werden wissenschaftliche Informationen durch relevante (und welche) Stakeholder genutzt?
- Wovon hängt die Akzeptanz und Nutzung wissenschaftlicher Informationen durch Stakeholder ab?
- Wie kann die Nutzung wissenschaftlicher Informationen verbessert/optimiert werden?
- Wie lässt sich der Einfluss von transdisziplinärer Forschung, also die gesellschaftliche Wirkung, messen? Löst die transdisziplinäre Forschung ihr Versprechen ein, für die Praxis besser zu nutzende Ergebnisse zu erbringen?