

# Methodischer Rahmen für den Einsatz von Backcasting zur Anpassung an den Klimawandel

Adrienne Grêt-Regamey, Sibyl H. Brunner

Abstract: Climate change and its complex, heterogeneous and long-term impacts challenge the traditional spatially and temporally restricted instruments of spatial planning. This paper suggests a methodological framework for backcasting to support spatial adaptation to predicted climate changes. Starting from a vision of the future, backcasting infers information about the constituents of a system using knowledge about the behavior of the system and its structure. In popular terms, backcasting plans from a single future vision of a desirable outcome, followed by the question “what shall we do today to get to the desired future situation?”, thus freeing constraints caused by the current situation and opening the mind for future options. It provides a broad and flexible enough platform for a set of strategies to address future uncertainties and insure the realization of the vision. Strategic backcasting involves various stakeholders in the discussion of alternative visions and in the development and implementation of flexible measures, and is thus useful for coordinating spatial planning instruments. For addressing quantitative spatial problems, inverse modeling has shown to be a valuable expansion of strategic backcasting. Yet, for a successful implementation of such approaches, current planning systems have to evolve: (1) participation, bottom-up processes and informal instruments need to be further developed, (2) a regional perspective and responsibility has to be taken by planners, and (3) sectoral measures should be combined strongly and implemented integratively in system-oriented strategies to secure the multifunctionality of landscapes and reduce the vulnerability of our environment to climate changes.

English Title: Adaptation to climate change through backcasting – a methodological framework for spatial planners

## *Einführung*

Die neuen wissenschaftlichen Erkenntnisse des vierten IPCC-Berichtes zum Fortschritt des Klimawandels und zu den zu erwartenden Folgen (IPCC 2007) haben die wissenschaftliche Auseinandersetzung mit dem Klimawandel immer mehr in die politische, wirtschaftliche und gesellschaftliche Diskussion und zunehmend auch in die Raumplanung gebracht. Insbesondere die Unsicherheiten bei den lokalen Folgen stellen neue Herausforderungen an die Raumplanung.

Im Gegensatz zu den anderen Umweltgefahren, wie Wasser- oder Luftverschmutzung, besitzt das Phänomen Klimawandel Eigenschaften von bisher unbekannter Komplexität: (1) Mangelnde Erfahrung mit der ursächlichen Gefahr, komplexe Ursache-Wirkung-Beziehungen und lange Zeithorizonte zwischen Ursache und Wirkung charakterisieren den Klimawandel ebenso wie seine vielfältigen, heterogenen und langfristigen Effekte (z.B. Birkmann, Fleischhauer 2009). (2) Die formellen und informellen Klimaschutzinstrumente (Hofstetter et al. 2006; Butterling, Camenzind 2009) sind unzureichend für eine umfassende Problembewältigung. Selbst bei einer sofortigen Stabilisierung der Treibhausgasemissionen auf heutigem Niveau oder gar bei einer Senkung der Emissionen wäre durch die Trägheit des Klimasystems mit einem weiteren Anstieg der globalen Mitteltemperatur für die folgenden Jahrzehnte zu rechnen (IPCC 2007). (3) Es existieren Zielkonflikte in Bezug auf die Effektivität der vorhandenen formellen und informellen Instrumente im Umgang mit dem Klimawandel. Viele Massnahmen wirken sich in gewissen Sektoren positiv, in andern Sektoren negativ aus. Zum Beispiel führt eine Verdichtung der urbanen Räume einerseits zu Energieeinsparungen im Verkehrs- und Gebäudebereich und vermindert dadurch anthropogene CO<sub>2</sub>-Emissionen, erhöht aber andererseits die Wahrscheinlichkeit von Wärmeinseln im Sommer und wirkt sich somit nachteilig auf die Lebensqualität in Städten aus (ARL 2009). (4) Es bestehen grosse wissenschaftliche Unsicherheiten in der Einschätzung der Konse-

*Prof. Dr. Adrienne Grêt-Regamey* ist ausserordentliche Professorin für Planung von Landschaften und Urbanen Systemen (PLUS) am Institut für Raum- und Landschaftsentwicklung der ETH Zürich.

*Sibyl H. Brunner* ist wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Gruppe PLUS.

quenzen des Klimawandels. Gleichzeitig kann aber nicht widerlegt werden, dass die Ursachenketten bereits in Gang gesetzt wurden und die Erderwärmung unausweichliche Folgen haben wird (IPCC 2007).

In der Raumplanung wurde das Thema bisher vor allem sektoriell im Bereich Naturgefahren behandelt. Der Grossteil der Forschungsaktivitäten in Europa fällt in die Fachplanungen (Hoch-)Wassermanagement, Umgang mit Extremereignissen und Küstenschutz (für eine Übersicht: Meyer, Overbeck 2009). Auch konzeptionelle Ansätze existieren vorwiegend in einzelnen Fachplanungen, z. B. in der Forstwirtschaft (z. B. Millar et al. 2007) oder im Wassermanagement (z. B. Frederick et al. 1997). Nur wenige Studien befassen sich bislang mit langfristigen Handlungsmöglichkeiten der Raumplanung hinsichtlich der Folgen des Klimawandels, ihrem Zusammenspiel mit den einzelnen Fachplanungen und der Frage nach der Weiterentwicklung des bestehenden Instrumentariums (Schlipf et al. 2008). Erst in den letzten Jahren erschienen vor allem in Deutschland Studien, die integrative Ansätze verfolgen: Frommer (2009) diskutiert die Vorteile der strategischen Planung im Umgang mit den Klimarisiken; Birkmann und Fleischhauer (2009) skizzieren *Climate Proofing*, ein neues Instrument zur Ausrichtung von Plänen an den Anforderungen, die sich durch den Klimawandel ergeben; die Akademie für Raumforschung und Landesplanung Deutschland (ARL 2009) fasst Überlegungen von Experten in einem Positionspapier zusammen, das die Qualität der existierenden Instrumente im Umgang mit dem Klimawandel evaluiert. Gruehn et al. (2008) erarbeiten einen Leitfaden für die Erarbeitung eines regionalen Handlungs- und Aktionsrahmens zur Vorsorge und Anpassung der Raumstruktur an den Klimawandel und schlagen das Instrument der Zielvereinbarungen vor, um den Schutz vor Klimawirkungen zu effektivieren. Die Klimazug-Projekte (BMBF) fördern regionale Netzwerke, die die Wettbewerbsfähigkeit einer Region auch unter zukünftigen Klimabedingungen sicherstellen und stärken sollen.

Der in diesem Beitrag vorgestellte Ansatz des Backcasting unterstützt die Erarbeitung innovativer, aufeinander aufbauender raumwirksamer Massnahmen und notwendiger Raumentwicklungsschritte zur Anpassung an den Klimawandel. Der Hauptunterschied von Backcasting- im Gegensatz zu Forecasting-Szenarien ist, dass bei Forecasting-Szenarien mehrere Zukunftsbilder auf die Frage «Was wäre, wenn, ...?» unter der Basisannahme einer kon-

kreten Ist-Situation formuliert werden. Beim Backcasting wird dagegen ein konkretes Zukunftsbild formuliert, und mehrere Ist-Situationen, Raumentwicklungsschritte und raumwirksame Massnahmen werden als Antwort auf die Frage «Was muss geschehen, dass ...?» entwickelt. Die Hauptidee des Ansatzes ist, sich von den durch die Vergangenheit und aktuelle Situation gesetzten Rahmenbedingungen zuerst zu befreien und künftige Visionen zu generieren, um Anpassungsmassnahmen so flexibel zu definieren, dass eine Plattform für die Formulierung von aufeinander aufbauenden Massnahmen entsteht. Grundgedanke dahinter ist, dass aktuelle Sichtweisen von Möglichem und Angemessenem Hindernisse für wesentliche Änderungen sein können. Während verschiedene informelle Raumplanungsinstrumente ermöglichen, Klimaangepasstmassnahmen zu formulieren, gibt es kaum Ansätze, welche erlauben abzuschätzen, ob eine Massnahme eine gute Plattform für zusätzliche Massnahmen bietet oder ob diese Massnahme in eine Sackgasse führt (z. B. Robinson 1982; Holmberg 1998). Der Ansatz des Backcasting ist insbesondere dann viel versprechend, wenn die Ursache-Wirkung-Zusammenhänge sehr komplex und damit Resultate von Modellierungen und Zukunftsprognosen mit grossen Unsicherheiten behaftet sind – wie dies beim Klimawandel der Fall ist. Im nächsten Abschnitt folgen die konzeptionellen Konturen des Backcasting und ein Vorschlag zur schrittweisen Umsetzung.

## 2. Vom Forecasting zum Backcasting

Seit den 1960er-Jahren, als der Begriff der strategischen Planung in die Raumplanung einzog, entwickelte sich die Vorstellung von Planung als Wahl eines einzigen Weges in die Zukunft zu einem Prozess, der mehrere anzustrebende Zukunftsvisionen und mehrere mögliche Strategien berücksichtigt (Sartorio 2005). Dadurch wurde die Raumplanung flexibler und erhielt mehr Handlungsspielraum in Bezug auf künftige Entscheidungen. Um diese Entscheidungen im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung zu lenken und Umweltaspekte in der Planung zu verankern, wurde im Jahre 2001 im Rahmen einer EU-Richtlinie die Strategische Umweltprüfung (SUP) eingeführt. Die SUP hat zum Ziel, voraussichtliche Auswirkungen eines Planes auf Schutzgüter (z. B. Luft, Wasser, Mensch) zu ermitteln, darzustellen und zu bewerten und so verschiedene Planungsalternativen zu formulieren (Greiving 2004). Die Auswirkungen auf das

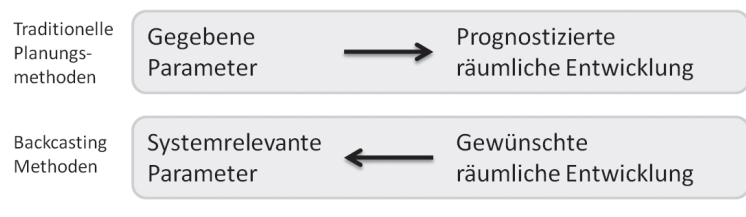


Abb. 1: Perspektiven der traditionellen Planungsmethoden im Vergleich zum Backcasting in der Lösung von raumrelevanten Problemstellungen.

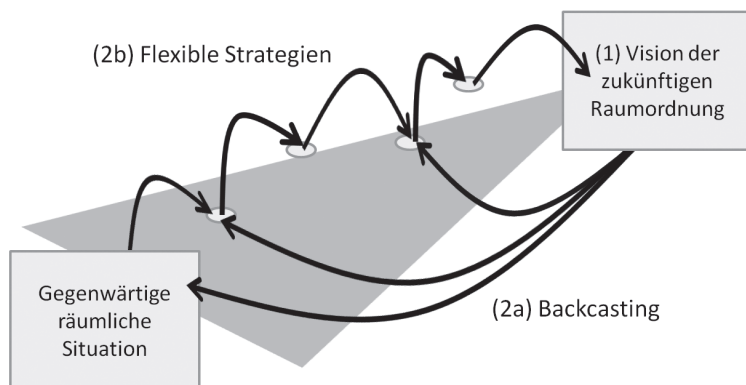


Abb. 2: Backcasting in der Raumplanung: Von der Zukunftsvision über die Identifikation systemrelevanter Elemente zur Entwicklung flexibler Strategien.

System werden dabei basierend auf der gegenwärtigen Situation sowie Daten und Erfahrungen aus der Vergangenheit abgeschätzt (Abb. 1). In Planungsprozessen, insbesondere wenn sie mit grösseren Unsicherheiten behaftet sind, ist es jedoch zentral, dass nicht vergangene Trends die zukünftige Strategie bestimmen, weil dabei unter Umständen Massnahmen prioritär gesetzt werden, die in Zukunft für die Problemlösung irrelevant sind (Holmberg, Robert 2000).

Im Gegensatz zu traditionellen Planungsinstrumenten wie der SUP, welche gegenwärtige Beobachtungen zu einem Bild der Zukunft extrapolieren, ist die Zukunft als Vision der Startpunkt des Backcasting (Abb. 1). Basierend auf dieser Vision werden systemrelevante Elemente identifiziert und notwendige Raumentwicklungsschritte definiert, um die angestrebte Zukunft zu erreichen. Der Ansatz, Wissen über die Dynamik und Struktur eines Systems zu verwenden, um auf einzelne Bestandteile des Systems rückzuschliessen, geht zurück auf Lovins (1976), welcher die *backwards-looking analysis* als alternative Planungsmethode für die Bereitstellung von Elektrizität vorschlug. Sein ursprüngliches Konzept wurde in der Folge weiterentwickelt zum Backcasting im Energiesektor (z. B. Robinson 1982) und in verschiedenen anderen Bereichen eingesetzt, z. B. im Transportwesen (z. B. Banister et al. 2000) oder als partizipatives Back-

casting zur lokalen Nachhaltigkeitsplanung (z. B. Carlsson-Kanyama et al. 2007).

Zur Bewältigung komplexer Probleme wie dem Klimawandel spielt das Backcasting im Rahmen der Raumplanung bisher kaum eine Rolle. Erste konzeptionelle Ansätze werden in Deutschland unter dem Begriff *Climate Proofing* diskutiert, einem Raumplanungsinstrument, das als Weiterentwicklung der SUP zu verstehen ist. Beim *Climate Proofing* werden nicht die Wirkungen eines Plans auf die Umwelt, sondern die Auswirkungen der durch den Klimawandel veränderten Umweltbedingungen auf den Plan untersucht. Diese Umkehrung der Betrachtungsweise impliziert, dass diejenigen Pläne priorisiert werden, die unter veränderten Klimabedingungen am ehesten erlauben, das Vorhaben zu realisieren (Birkmann, Fleischauer 2009).

### Backcasting in der Raumplanung

Abbildung 2 illustriert die zwei grundlegenden Umsetzungsschritte eines Backcasting-Ansatzes, welche in den folgenden Absätzen erläutert werden. Die zwei Schritte bilden nicht unbedingt eine lineare Abfolge und können durch vielfältige Rückkopplungsmöglichkeiten verknüpft werden.

## 1. Bildung einer zukünftigen Vision

Die Bildung von Visionen soll nicht als Resultat des bisher Geschehenen verstanden werden, sondern eher im Sinne der Bloch'schen Utopien: Die Hoffnung stellt «die Energie zur Veränderung der Welt nach Massgabe unserer Wünsche bereit» und vermittelt «diese Wünsche mit den objektiv realen Möglichkeiten der Welt und leitet zu planvollem Handeln an» (Gilgen 2002). Im Folgenden werden drei Vorgehen zur Bildung von Visionen beschrieben, welche sowohl für Forecasting- wie auch für Backcasting-Szenarien eingesetzt werden können. Wichtig zu bemerken ist, dass die drei Möglichkeiten zur Bildung von Visionen nicht unbedingt mit den aktuellen formellen und informellen Instrumenten realisiert werden können. Vor der Bildung der Visionen müssen für das Backcasting noch Grundprinzipien für die zukünftige Raumordnung bestimmt werden und mit der aktuellen Raumordnung in Bezug gestellt werden, damit das Set von Ist-Situationen sowie die Raumentwicklungsschritte und Massnahmen sich in aktuelle Wertvorstellungen einbetten können.

### Bestimmung der Prinzipien für die zukünftige Raumordnung

Zukünftige Visionen im Backcasting sind nicht nur analytische, sondern auch soziale Konstrukte, welche nach übergeordneten Gesetzmässigkeiten funktionieren. Diese Prinzipien, wie z.B. die nachhaltige Entwicklung, der haushälterische Umgang mit dem Boden, die Erhaltung der Funktionstüchtigkeit einer Siedlung, hohe gestalterische Qualität, vielfältiges kulturelles Leben, individuelle und gesellschaftliche Entfaltungsmöglichkeiten oder Erhöhung des Wohlbefindens der Menschen, müssen formuliert werden, um den generellen Rahmen der Visionen bestimmen zu können.

### Beschreibung der heutigen Situation im Vergleich zu den Prinzipien

Heutige räumliche Planung, Pläne, Programme und Raumentwicklungsaktivitäten müssen im Hinblick auf die formulierten Prinzipien analysiert werden. Dies ergibt den Startpunkt für die Formulierung der notwendigen Raumentwicklungsschritte und aufeinander aufbauender raumwirksamer Massnahmen zur Realisierung der Vision.

## Bildung des zukünftigen Zustandes

### • 3D-Visualisierungen:

Dreidimensionale Landschaftsvisualisierungen können Konsequenzen von Umweltveränderungen abbilden, indem sie abstrakte wissenschaftliche Informationen in 3D-Perspektiven präsentieren (z.B. Wissen 2009). GIS-basierte Methoden erlauben es, dem Betrachter verschiedene Szenarien vor Augen zu führen, so dass er tatsächlich mögliche zukünftige Landschaftsbilder erleben und vergleichen kann (z.B. Dockerty et al. 2006). Der Klimawandel im Speziellen besitzt einige Charakteristika, die realistische Landschaftsvisualisierungen als Kommunikationsinstrument besonders nützlich machen (Sheppard 2005): Veränderungen finden über lange Zeiträume statt und sind meist nicht beobachtbar. Die Komplexität und Unsicherheit seiner Folgen, insbesondere auf lokaler Ebene, und kontroverse Medienberichterstattungen, die von Horrorszenarien bis zur Verharmlosung des Themas reichen, machen es schwierig, individuelles Verhalten im grösseren Kontext des Klimawandels zu sehen. Verschiedene Studien haben gezeigt, dass Visualisierungen von regionalen Klimaszenarien bewirken, dass Akteure ihre Zukunftsvorstellung, ihre Bedenken, ihre Argumentationen in politischen Debatten und kurzfristig sogar ihr Verhalten verändern (z.B. Cohen 1997).

### • Leitbilder:

Seit den 1980er-Jahren beschreiben Leitbilder zunehmend das Ergebnis informeller Zielfindungsprozesse, die neben das formelle Planungsinstrumentarium treten und einen anzustrebenden Raumzustand vorgeben (Knieling 2006). Während der diskursive Entstehungsprozess des Leitbildes sowie die wörtliche und zumeist auch bildliche Darstellung der Vision zentral sind, bleibt der Konkretisierungsgrad der Massnahmenplanung gering. Im Rahmen des Backcasting können Leitbilder eine wichtige Orientierungsfunktion übernehmen, indem sie verschiedene Vorstellungen über die zukünftige Raumentwicklung auf eine Vision ausrichten, die von einer Mehrheit der Bevölkerung getragen wird (Knieling 2006). Damit Leitbilder in einem adaptiven Planungsprozess wie dem Backcasting sinnvoll eingesetzt werden können, müssen sie dynamisch sein und immer wieder überprüft und optimiert werden.

### • Risiko- und Vulnerabilitätsanalysen:

Risikoanalysen eignen sich insbesondere dazu, Gefahren von einzelnen Extremereignissen, wie zum Beispiel Hochwassern oder Lawinen, auf bewohnte Gebiete quantitativ abzuschät-

zen (z.B. Einstein 1988). Das Risiko wird dabei monetär bewertet als Funktion der Eintretenswahrscheinlichkeit eines Extremereignisses und des Schadensausmasses und kann räumlich explizit für bestimmte Regionen dargestellt werden (z.B. Grêt-Regamey, Straub 2006). In den letzten 15 Jahren wurde das Risiko-Konzept im Zuge neuer, langfristiger Phänomene wie dem Klimawandel zu einem Vulnerabilitäts-Konzept erweitert, das zusätzlich zu Eintretenswahrscheinlichkeit und Schadensausmass auch die Anpassungskapazität von Raumstrukturen berücksichtigt. Methoden zur Analyse der Vulnerabilität existieren für verschiedene Grössenskalen (z.B. Habitate, Ökosysteme, Regionen) und wurden bisher vor allem qualitativ angewendet (für eine Übersicht: De Lange et al. 2010). Metzger und Schröter (2006) präsentieren einen ersten quantitativen Ansatz, der Prognosen von sich ändernden Anpassungskapazitäten verschiedener Landschaftsstrukturen in räumlich explizite Vulnerabilitätskarten integriert. Die Anpassungsfähigkeit einer Landschaftsstruktur wird dabei basierend auf lokaler Managementpraxis und regionalen sozioökonomischen Indikatoren quantifiziert. Frommer (2009) zeigt, wie solche Risiko- und Vulnerabilitätsanalysen in einen iterativen Strategiezyklus eingebettet werden und als Grundlage für regionale Anpassungsstrategien an den Klimawandel dienen können.

## 2. Backcasting

Im zweiten Schritt (Abb. 2, Schritt 2), dem eigentlichen Backcasting, werden die Ist-Situationen, die notwendigen Raumentwicklungsschritte und raumwirksamen Massnahmen identifiziert, welche erlauben, die zukünftige Vision zu realisieren. Dabei müssen zuerst die Eigenschaften des Systems identifiziert werden, die die gegenwärtige mit der zukünftigen Raumordnung verbinden und für die angestrebte Entwicklung relevant sind (Abb. 2, Schritt 2a). Basierend auf dieser Analyse werden dann die raumwirksamen Massnahmen zur Steuerung der systemrelevanten Elemente entwickelt (Abb. 2, Schritt 2b). Um die Flexibilität der Raumentwicklung in komplexen und unsicheren Problemstellungen zu gewährleisten, müssen die Massnahmen nicht nur gegenwärtig in Richtung der Vision steuern, sondern auch eine genügend breite und anpassungsfähige Plattform für weitere zukünftige Investitionen in die richtige Richtung bieten (Holmberg 1998).

Für das Gebiet der Raumplanung schlagen wir zwei verschiedene Operationalisierungen

des Backcasting vor: Das qualitative *strategische Backcasting* kann eingesetzt werden, um generell komplexe Fragen der Raumplanung anzugehen und ihre Instrumente zu koordinieren. Für räumlich explizite quantitative Problemstellungen und zur detaillierten Identifikation und Analyse von Zielkonflikten, wie sie im Zusammenhang mit dem Klimawandel auftreten, eignet sich das *inverse Modellieren* (Grêt-Regamey, Crespo 2011).

### Strategisches Backcasting

In Bezug auf den Klimawandel stellt sich dem Raumplaner die Frage, welche Elemente zentral für die Entwicklung eines Raumes zu einer an den Klimawandel angepassten, widerstandsfähigen und gegen langfristige Veränderungen gepufferten Raumstruktur sind. Multifunktionale Raumstrukturen erfüllen auf demselben Stück Land Schlüsselfunktionen ökologischer, ökonomischer, soziokultureller und ästhetischer Art. Für direkte Anwendungen in Umweltverträglichkeitsverfahren wurde vor einigen Jahrzehnten als Operationalisierung der Multifunktionalität das Konzept der Landschaftsleistungen vorgeschlagen (siehe Bierhals et al. 1985; Marks et al. 1989, beruhend auf den Publikationen der Hannoverschen und Leipziger Schule), welche in die heutige Diskussion über den gesellschaftlichen Nutzen der Landschaft mit den Begriffen Ökosystemleistungen (Daily 1997) und Landschaftsleistungen (z.B. Thermorshuizen, Opdam 2009) wieder hoch aktuell ist. Das Konzept ermöglicht, verschiedene Szenarien mit derselben integrierten Gesamtleistung, aber unterschiedlicher Relevanz einzelner Funktionen zu konstruieren und damit alternative Entwicklungen des Raumes aufzuzeigen. Dies gewährleistet also nicht nur eine Flexibilität in der Massnahmenentwicklung, sondern fördert durch die Formulierung von Zielkonflikten auch partizipatorische Entscheidungs- sowie soziale Lernprozesse.

Aufbauend auf der Diskussion und der Analyse verschiedener alternativer Zukunftsvisionen im Hinblick auf ihre Landschaftsleistungen kann die Erarbeitung von Massnahmen (Abb. 2, Schritt 2b) erfolgen (z.B. Quist, Vergraat 2006). Dabei wählen betroffene Akteure, welche Raumfunktionen sie in Anbetracht von lokalen, räumlichen und politischen Rahmenbedingungen priorisieren. Ziel dieses Prozesses ist, durch Verhandlungen zwischen Interessenvertretern eine zukünftige Raumstruktur so festzulegen, dass die Landschaft die priorisierten Funktionen unter veränderten Umweltbedin-

gungen optimal leisten kann. Darauf aufbauend werden Anpassungsmassnahmen entwickelt, die umso erfolgversprechender sind, je mehr Akteure eingebunden sind, da einerseits verschiedene Fachkenntnisse und Erfahrungen zum Einsatz kommen und andererseits die Verantwortlichkeiten verteilt und die Akzeptanz erhöht werden können (Frommer 2009). Die zukünftige Vision als gemeinsame Ausgangslage erleichtert die Massnahmenerarbeitung und die Bestimmung der notwendigen Raumentwicklungsschritte: Die Verhandlung wird basierend auf einem generellen Konsens über gegenwärtige Aspekte geführt (Holmberg 1998). Die Ergebnisse müssen durch einen Reviewprozess von Experten, die nicht im Prozess involviert sind, validiert werden.

#### Inverses Modellieren

Das *strategische Backcasting* eignet sich in grösserem Rahmen zur Erarbeitung verschiedener Raumentwicklungsschritte und Massnahmen und zur Koordination von raumplanerischen Instrumenten zur Anpassung an den Klimawandel, ist aber limitiert, wenn konkrete quantitative Problemstellungen vorliegen, wie z.B. die Frage nach räumlich expliziten Zielkonflikten bei der Planung gewünschter Infrastrukturen.

Grêt-Regamey und Crespo (2011) schlagen vor, solche raumplanerischen Probleme mit dem mathematischen Ansatz des *inversen Modellierens* zu lösen (Abb.3). In einem ersten Schritt wird ein Zielzustand ( $L_g$ ) bestimmt, welcher durch ein bestehendes, räumlich explizites Voraussage-Modell berechnet werden kann. Im zweiten Schritt werden mögliche Kombinationen von Variablen ( $a_g, b_g, \dots$ ) gesucht, die durch Einsetzen in das Vorwärtsmodell zur gewünschten, festgesetzten Raumentwicklung ( $L_g$ ) führen. Die verschiedenen Lösungen des Problems zeigen mögliche, räumlich explizite Zielkonflikte und Rahmenbedingungen auf, welche für das Erreichen der angestrebten Lösung relevant sind.

Die Qualität der Resultate beim *inversen Modellieren* hängt stark von der Qualität des Vorwärtsmodelles ab (Rabino, Laghi 2002). Erste Anwendungen haben allerdings gezeigt, dass sich die Methode gut eignet, um alternative Raumentwicklungen für eine bestimmte Zukunftsvision zu entwickeln und ökonomische Kompensationsschemen zwischen verschiedenen Variablen zur Minderung von Zielkonflikten zu identifizieren (Grêt-Regamey, Crespo 2011). Zur Validierung des inversen Modellierens können dieselben Methoden angewendet werden wie beim Vorwärts-Modellieren.

### 3. Implementierung

Nach der Elaboration der Raumentwicklungsschritte und möglicher aufeinander aufbauender Massnahmen muss eine Aktionsagenda die Schritte festlegen, um die Vision zu realisieren. Die Bestimmung der Verantwortungen und Aktivitäten der verschiedenen Akteure benötigt Management-, Koordinations- und Kommunikationsinstrumente. Dabei soll die soziale Interaktion zwischen Akteuren und Verhandelnden zu einem Lernprozess führen, nicht nur auf kognitiver Ebene, sondern auch im Bezug zu den Werten, Einstellungen und grundlegenden Weltanschauungen. Dies beruht auf der Annahme, dass Lernen Änderungen in den Rahmenbedingungen bringen kann und somit erlaubt, den Raum für Aktionen und Handlungsmöglichkeiten zu erweitern. Eine Neudefinition von politischen Zielen und eine Justierung der Problemdefinitionen und Strategien können dann erfolgen (Quist, Vergragt 2006).

#### Fazit

Planerisches Handeln ist zentral für die Reduzierung der Vulnerabilität des Raumes und den gezielten Aufbau von Klimaschutzmassnahmen und Klimaanpassungskapazitäten, da sich die Anpassungsfähigkeit des Raumes im Gegensatz zu den physikalischen Folgen der Erderwärmung durch raumplanerische Massnahmen beeinflussen lässt. Um greifende Massnahmen zu entwickeln, werden deshalb Methoden benötigt, die die Vulnerabilität und Anpassungsfähigkeit des Raumes im Planungsprozess berücksichtigen. Backcasting ermöglicht, aufeinander aufbauende Massnahmen sowie notwendige Raumentwicklungsschritte zu bestimmen, um sich an die unsicheren lokalen Effekte des Klimawandels anzupassen und Unsicherheiten im Umgang mit komplexen Umweltproblemen wie dem Klimawandel anzugehen. Die wichtigsten Vorteile des Ansatzes lassen sich in den folgenden zwei Punkten zusammenfassen: (1) Backcasting ist ein geeigneter Ansatz für die Lösung von Problemen, die komplex sind und viele Sektoren und Stufen der Öffentlichkeit beeinflussen, die grössere Veränderungen notwendig machen, bei welchen dominante Trends Teil des Problems sind, Externalitäten wichtig sind und die einen langen Zeithorizont besitzen (Dreborg 1996). Der Klimawandel weist alle diese Eigenschaften auf. (2) Backcasting erlaubt, die Ist-Situationen und raumwirksamen Massnahmen so zu definieren, dass unter verschiedenen

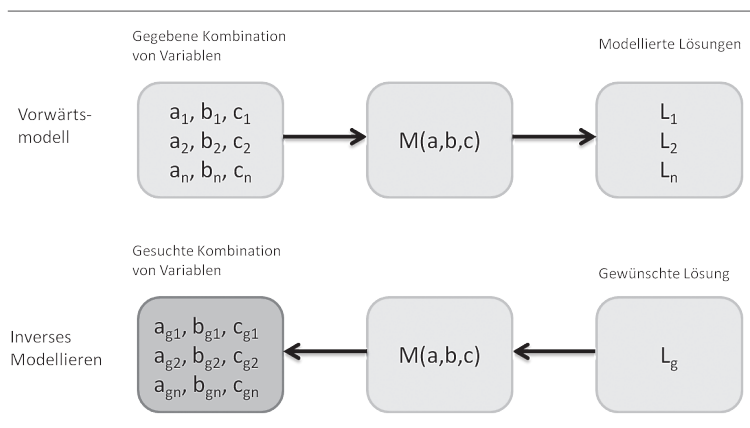


Abb.3: Inverses Modellieren: Suche nach Variablenkombinationen, die eingesetzt ins Vorwärtsmodell die festgesetzte, gewünschte Lösung ergeben.

Raumentwicklungen eine konkrete Zukunft mit Sicherheit realisiert werden kann. Auch unter den in Punkt 1 genannten Eigenschaften des Klimawandels erlaubt das Backcasting, sich an den Klimawandel anzupassen unter der Berücksichtigung definierter gesellschaftlicher Hauptprinzipien.

Damit aber solche komplexen Umweltprobleme in der Raumplanung mit Backcasting erfolgreich angegangen werden können, müssen sich ihre formellen und informellen Instrumente insbesondere in den folgenden Aspekten weiterentwickeln:

- Bewusstseinsbildung, Partizipation und regionale Verantwortung:

Akteure müssen nicht nur umfassend informiert, sondern auch in die Erarbeitung von Massnahmen integriert werden, um konkrete Handlungen aktiv voranzutreiben. Dabei gilt es, Top-down- und Bottom-up-Prozesse so zu verknüpfen, dass Verantwortlichkeiten sinnvoll verteilt sind (Schlipf et al. 2008). Da die raumplanerischen Entscheidungen im Bereich des Klimawandels nicht auf verlässlichen Erfahrungen aus der Vergangenheit beruhen können, werden sie zu Wertentscheidungen, die als Konsens getragen und akzeptiert werden müssen (Greiving, Fleischhauer 2008). Deshalb werden in Zukunft die Kooperation und die Kommunikation zwischen einzelnen Behörden und den Behörden und der Bevölkerung als Instrumente zur gemeinsamen Entscheidungsfindung immer wichtiger. Im strategischen Backcasting können Interessen- und Zielkonflikte verschiedener Akteure aufgezeigt und diskutiert werden, so dass die Konsensfindung erleichtert wird.

- Systemisch denken, Koordination und Integration von Instrumenten:

Sowohl inhaltlich wie auch geografisch müssen bestehende formelle und informelle Ins-

trumente koordiniert werden. Die Regionalplanung gewinnt als Planungsraum und als Dialog- und Koordinationsplattform an Bedeutung, da sich Anpassungsstrategien nicht an den administrativen, sondern an klimarelevanten, naturräumlichen Gegebenheiten orientieren (Ritter 2007). Zudem ist die regionale Ebene bezüglich ihrer intermediären Verantwortlichkeiten ein geeigneter Planungsraum. Die nationale Ebene kann mit ihren Instrumenten nur rahmengebend wirken, und die Handlungserfordernisse überschreiten oftmals die kommunale Verwaltungs- und Entscheidungskraft (Frommer 2009). Für viele Sektoren sind insbesondere im Klimaschutz bereits umfassende Lösungen auf verschiedenen Ebenen vorhanden, z.B. in der Energie- oder Wasserwirtschaft oder im Katastrophenschutz (ARL 2009). Wechselwirkungen zwischen den unterschiedlichen Handlungsbereichen und Fachplanungen müssen im Sinne der Multifunktionalität der Landschaft besser koordiniert und mittels Backcasting-Ansätzen integriert werden. Damit soll eine Entwicklung vom traditionellen, sektoriellen Flächenschutz zur Sicherung von multifunktionalem Raum angestoßen werden.

- Einsatz informeller Instrumente:

Ziel einer anpassungsfähigen Raumplanung sollte sein, parallel zur Planerstellung Koordinations- und Umsetzungsprozesse zu initiieren und entsprechende informelle Instrumente einzusetzen (ARL 2009). Es gilt, einen Instrumenten-Mix zu entwickeln, in dem sich formelle und informelle Instrumente mit ihren jeweiligen Stärken ergänzen (Schlipf et al. 2008). Der Aufbau regionaler Netzwerke stellt in diesem Zusammenhang ein informelles Instrument dar, welches vielfältige Möglichkeiten zur Bewusstseinsbildung, zum Informationsaustausch und zur Schaffung eines regionalen Ideenpools bietet. Mittels Backcasting könnte im Rahmen

von Netzwerken mit regionalen Akteuren ein aufeinander abgestimmter Massnahmenkatalog und Raumentwicklungsschritte in den Regionen entwickelt werden.

• Flexible und fehlertolerante Strategien:

Entscheidungen über klimavorsorgende Planungen sind Entscheidungen unter hoher Unsicherheit, aber mit letztlich irreversiblen oder kaum revidierbaren Folgen. Deswegen sollten raumwirksame Massnahmen so flexibel und fehlertolerant wie möglich sein, um auf veränderte und nicht vorhergesehene Umstände noch möglichst lange reagieren zu können (Ritter 2007). Raumentwicklungen sollten auch unter alternativen Szenarien möglichst robust sein und so entwickelt werden, dass sie – selbst wenn eine unerwartete Situation eintritt – nicht bereut werden müssen (ARL 2009). Das Prinzip der Multifunktionalität eignet sich dabei als sinnvolle Rahmenbedingung für die Landschaftsplanung: Selbst wenn implementierte Massnahmen nicht dazu führen, dass eine Landschaft die angestrebte Leistung zur Klimaanpassung erfüllt, wird durch die Berücksichtigung anderer Landschaftsfunktionen hinreichend zusätzlicher gesellschaftlicher Nutzen generiert. Eine zunehmende Bedeutung kommt dabei dem Monitoring und der Erfolgskontrolle zu: Raumplanerische Entscheidungen sollen regelmässig überprüft und ihre Festsetzungen in Plänen mit den Klimaveränderungen abgeglichen werden (Schlipf et al. 2008).

### Danksagung

Wir danken dem Planungs-Dachverband Regionalplanung Zürich und Umgebung (RZU) für die Einladung zu einem Vortrag im Rahmen eines Klimasymposiums und den Anstoss, uns mit dem Thema Raumplanung im Klimawandel auseinanderzusetzen. Des Weiteren danken wir Uta Fink für die sprachliche Überarbeitung des Textes.

### Literatur

- AKADEMIE FÜR RAUMFORSCHUNG UND LANDESPLANUNG (ARL) (Hg.) (2009): *Klimawandel als Aufgabe der Regionalplanung*. Positionspapier aus der ARL, Nr. 81.
- BANISTER, D.; DREBORG, K.H.; HEDBERG, L.; HUNHAMMAR, S.; STEEN, P.; AKERMANN, J. (2000): Transport Policy Scenarios for the EU in 2020: images of the future. *Innovation* 13, S. 27–45.
- BIERHALS, E.; KIEMSTEDT, H.; PANTELEIT, S. (1986): *Gutachten zur Erarbeitung der Grundlagen des Landschaftsplans in Nordrhein-Westfalen – entwickelt am Beispiel «Dorstener Ebene»*. Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen (Hg.), Düsseldorf.
- BIRKMANN R.; FLEISCHHAUER, M. (2009): Anpassungsstrategien der Raumentwicklung an den Klimawandel: «Climate Proofing» – Konturen eines neuen Instruments. *Raumforschung und Raumordnung* 2, S. 114–127.
- BUTTERLING, M.; CAMENZIND, R. (2009): Welchen Beitrag leistet das ARE im Bereich Klimawandel? In BUNDESAMT FÜR RAUMENTWICKLUNG ARE (Hg.): *Klima und Raum im Wandel – Globale Trends, lokale Auswirkungen*, S. 11–13.
- CARLSSON-KANYAMA, A.; DREBORG, K.H.; MOLL, H.C.; PADOVAN, D. (2007): Participative backcasting: A tool for involving stakeholders in local sustainability planning. *Futures* 40, S. 34–46.
- COHEN, S.J. (1997): Scientist-stakeholder collaboration in integrated assessment of climate change: lessons from a case study of Northwest Canada. *Environmental Modelling Assessment* 2, S. 281–293.
- DOCKERTY, T.; LOVETT, A.; APPLETON, K.; BONE, A.M.; SÜNNEBERG, G. (2006): Developing scenarios and visualizations to illustrate potential policy and climatic influences on future agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 114, S. 103–120.
- DE LANGE, H.J.; SALA, S.; VIGHI, M.; FABER, J.H. (2010): Ecological vulnerability in risk assessment – A review and perspectives. *Science of The Total Environment* 408, S. 3871–3879.
- DAILY, G.C. (1997): *Nature's Services, Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island Press.
- DREBORG, K.H. (1996): Essence of Backcasting. *Futures* 28, S. 813–828.
- EINSTEIN, H.H. (1988): *Landslide risk assessment procedure*. Proceedings of the 5th International Symposium on Landslides, 10–15 July 1988, Lausanne, Switzerland, S. 1075–1090.
- FREDERICK, D.K.; MAJOR, D.C.; STAKHIV, E.Z. (1997): Water resources planning principles and evaluation criteria for climate change: summary and conclusions. *Climatic Change* 37, S. 291–313.
- FROMMER, B. (2009): Handlungs- und Steuerungsfähigkeit von Städten und Regionen im Klimawandel – Der Beitrag strategischer Planung zur Erarbeitung und Umsetzung regionaler Anpassungsstrategien. *Raumforschung und Raumordnung* 2, S. 128–140.
- GILGEN, K. (2002): 21 Prinzipien zur Raumplanung. In *IRAP-Heft, IRAP-HSR*, Rapperswil.
- GREIVING, S. (2004): Risk Assessment and Management as an Important Tool for the EU Strategic Environmental Assessment. *disP* 157, S. 11–17.
- GREIVING, S.; FLEISCHHAUER, M. (2008): Raumplanung: in Zeiten des Klimawandels wichtiger denn je! *RaumPlanung* 137, S. 61–63.
- GRÉT-REGAMEY, A.; CRESPO, R. (2011): Planning from a future vision: inverse modeling in spatial planning. *Environment and Planning B* (im Druck).
- GRÉT-REGAMEY, A.; STRAUB, D. (2006): Spatially explicit avalanche risk assessment linking Bayes-

- ian networks to GIS. *Natural Hazards Earth System Sciences* 6, S. 911–926.
- GRUEHN, D.; RANNO, S.; FLEISCHHAUER, M.; MEYER, B.; GREIVING, S.; LOIBL, W.; ZÜGER, J.; KÖSTL, M.; DILLER, CH.; DOSCH, F. (2008): *Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel – Vorstudie für Modellvorhaben – Zusammenfassung des Zwischenberichtes zu den räumlichen Wirkfolgen von Klimaveränderungen und ihrer raumordnerischen Relevanz*, BBR-Online-Publikation 19/2008. BMVBS/BBR (Hg.), Bonn.
- HOFSTETTER, P.; HAURI, A.; STIEFEL, A. (2006): *Bewertung Klimaschutzinstrumente, Allianz für eine verantwortungsvolle Klimapolitik*. Zürich.
- HOLMBERG, J. (1998): Backcasting: A natural step in operationalising sustainable development. *Green Management International* 23, S. 30–51.
- HOLMBERG, J.; ROBERT, K.H. (2000): Backcasting from non-overlapping sustainability principles – a framework for strategic planning. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology* 7, S. 291–308.
- IPCC–INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (Hg.) (2007): *Climate Change 2007: Synthesis Report, Summary for Policymakers*. Cambridge.
- KNIELING, J. (2006): Leitbilder und Strategische Raumentwicklung – Planungstheoretische Einordnung und Diskussion der neuen Leitbilder für die deutsche Raumentwicklung. *Raumforschung und Raumordnung* 6, S. 473–485.
- LOVINS, A. (1976): Energy strategy: the road not taken? *Foreign Affairs* 55, S. 63–96.
- MARKS, R.; MUELLER, M.L.; LESER, H.; KLING, H.J. (1989): *Anleitung zur Bewertung des Leistungsvermögens des Landschaftshaushaltes (BALVL)*, 229, *Forschungen zur deutschen Landeskunde*, Trier, Germany.
- MEYER, K.; OVERBECK, G. (2009): Raumplanerische Anpassung an den Klimawandel im Spiegel aktueller Projekte. *Raumforschung und Raumordnung* 2, S. 182–192.
- METZGER, M.; SCHRÖTER, D. (2006): Towards a spatially explicit and quantitative vulnerability assessment of environmental change in Europe. *Regional Environmental Change* 6, S. 201–16.
- MILLAR, C.I.; STEPHENSON, N.L.; STEPHENS, S.L. (2007): Climate change and forests of the future: Managing in the face of uncertainty. *Ecological Applications* 17, S. 2145–2151.
- QUIST, J.; VERGRAGT, P. (2006): Past and future of backcasting: The shift to stakeholder participation and a proposal for a methodological framework. *Futures* 38, S. 1027–1045.
- RABINO, G.G.; LAGHI, A. (2002): Urban Cellular Automata: The Inverse Problem. In BANDINI, S.; CHOPARD, B.; TOMASSINI, M. (Hg.): *LMCS 2493*, S. 349–356.
- RITTER, E.H. (2007): Klimawandel – eine Herausforderung an die Raumplanung. *Raumforschung und Raumordnung* 6, S. 531–538.
- ROBINSON, B.R. (1982): Energy Backcasting: A proposed method for policy analysis. *Energy Policy* 10, S. 337–344.
- SARTORIO, F.S. (2005): Strategic spatial planning. A historical review of approaches, its recent revival and an overview of the state of the art in Italy. *disP* 162, S. 26–40.
- SCHLIPF, S.; HERLITZIUS, L.; FROMMER, B. (2008): Regionale Steuerpotenziale zur Anpassung an den Klimawandel – Möglichkeiten und Grenzen formeller und informeller Planung. *RaumPlanung* 127, S. 77–82.
- SHEPPARD, S.R.J. (2005): Landscape visualization and climate change: the potential for influencing perceptions and behaviour. *Environmental Science & Policy* 8, S. 637–654.
- TERMORSHUIZEN, J.W.; OPDAM, P. (2009): Landscape services as a bridge between landscape ecology and sustainable development. *Landscape Ecology* 24, S. 1037–1052.
- UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAM (UNEP) (2004): *Impacts of summer 2003 heat wave in Europe*. 2nd issue of Early Warning on Emerging Environmental Trends. United Nations Environment Program.
- WISSEN, U. (2009): *Virtuelle Landschaften zur partizipativen Planung – Optimierung von 3DLandschaftsvisualisierungen zur Informationsvermittlung*. Publikationsreihe des Instituts für Raum- und Landschaftsentwicklung (IRL), ETHZ. IRL-Bericht 5. vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich.

Prof. Dr. Adrienne Grêt-Regamey  
gret@nsl.ethz.ch

Sibyl Brunner  
brunner@nsl.ethz.ch

Institut für Raum- und  
Landschaftsentwicklung  
Wolfgang-Pauli-Str. 15  
CH-8093 Zürich