

# Urbane Schweiz

## Autoren

Peter Baccini, Chair  
Fred Baumgartner

Thomas Lichtensteiger  
Mark Michaeli  
Esther Thalmann

Professor emeritus der ETH Zürich  
Sektion Siedlung und Landschaft,  
Bundesamt für Raumentwicklung  
Siedlungswasserwirtschaft, Eawag  
Institut für Städtebau, ETH Zürich  
Redaktion, ProClim-, Akademie der Naturwissenschaften Schweiz



## 1. Einleitung

### Einbettung

Die Schweiz ist urban geprägt, das heisst Stadt und Land sind durch starke Personen- und Güterflüsse eng vernetzt: Dieses Netzwerk aus Knoten und Flüssen bildet das urbane System. Die Entwicklung dieses Systems hängt von zahlreichen Faktoren ab. Von den verschiedenen kulturellen, politischen, wirtschaftlichen, räumlichen und ökologischen Einflüssen stellt das Klima nur eine Grösse dar. Wie stark und auf welche Weise sich die erwartete Klimaänderung auf die Siedlungsentwicklung auswirken wird, ist abhängig von der zukünftigen Form des urbanen Systems Schweiz. Für die vorliegende Beurteilung wurden drei mögliche Szenarien gewählt, für welche anhand von sechs Schlüsselgrössen der Einfluss der Klimaänderung beschrieben wird:

1. Als Referenzzustand das heute existierende System: CH<sub>heute</sub>.
2. Ein Szenario CH2050<sub>plus</sub>, das von einer Fortsetzung bereits eingeleiteter Anpassungen ausgeht.
3. Ein Szenario CH2050<sub>eco</sub>, das auf einem Kurswechsel nach den Kriterien einer nachhaltigen Entwicklung basiert.

Als Schlüsselgrössen dienen

- 1) Bevölkerung
- 2) Siedlungsmuster
- 3) Bauwerk (Bestand an Hoch- und Tiefbauten)
- 4) Transport und Kommunikation
- 5) Ressourcen sowie
- 6) Beziehungen innerhalb der Schweiz und zum Ausland.

### Überblick

Die *Bevölkerungsentwicklung* wird durch die Klimaänderung vermutlich wenig beeinflusst. Der Wandel der demografischen Struktur findet unabhängig von klimatischen Veränderungen statt. Möglicherweise wird sich der Einwanderungsdruck verstärken, wenn sich die wirtschaftlichen Bedingungen aufgrund der Klimaänderung in anderen Ländern stark verschlechtern.

Die *Siedlungsentwicklung* verläuft weitgehend unabhängig vom Klimawandel ausser in Berggebieten. Diese stehen aufgrund der

Bedrohung durch Naturgefahren und der Abhängigkeit vom Wintertourismus unter Anpassungsdruck. In geringerem Masse ist die Siedlungsentwicklung in hochwasserexponierten Gebieten beeinflusst.

Der Einfluss der Klimaänderung auf die *Bauwerksentwicklung* wird als unwesentlich eingestuft. Diese ist primär konjunkturabhängig. Bis Mitte des 21. Jahrhunderts wird ein weiteres substanzielles Wachstum erwartet.

Im *Transport- und Kommunikationsbereich* ist je nach Szenario eine unterschiedliche Entwicklung zu erwarten. Im Szenario CH2050<sub>plus</sub> nimmt der Verkehr weiter zu, während im Szenario CH2050<sub>eco</sub> der Wachstumstrend zu einem Stillstand kommt. Aufgrund des veränderten Siedlungsmusters mit gestärkten regionalen Zentren ist CH2050<sub>eco</sub> gegenüber der Klimaänderung weniger verletzlich als CH2050<sub>plus</sub>.

Bei der *Ressourcenverfügbarkeit* wirkt sich die Klimaänderung primär auf die Selbstversorgungsgrade bei der Nahrungsmittelproduktion und der Energieversorgung aus. Im Szenario CH2050<sub>plus</sub> sinkt der Selbstversorgungsgrad im Nahrungsmittelbereich und nimmt bei der Energieversorgung leicht zu. Im Szenario CH2050<sub>eco</sub> wird bei der Energie eine massive und bei den Nahrungsmitteln eine geringe Erhöhung des Selbstversorgungsgrades erwartet.

Die Entwicklung der *Beziehungen und Abhängigkeiten zum globalen Umfeld* sind insbesondere im Hinblick auf die Versorgung mit Nahrungsmitteln und Energie für das Funktionieren des urbanen Systems Schweiz entscheidend. Je nach Auswirkungen der Klimaänderung auf andere Regionen sowie weltpolitischen Änderungen könnten die Preise in diesen beiden Bereichen massiv ansteigen.

Insgesamt ist das urbane System Schweiz durch die Klimaänderung nicht als Ganzes gefährdet. Lokale und saisonale Störungen können sich durch die Folgen der Klimaänderung in anderen Weltregionen noch verstärken. Im Vergleich zeigt das Szenario CH2050<sub>eco</sub> gegenüber dem Szenario CH2050<sub>plus</sub> eine grössere Robustheit.

## 2. Die Schweiz als urbanes System

**Die Schweiz ist ein urban geprägter Raum, der durch kulturelle, politische, wirtschaftliche, räumliche und ökologische Faktoren beeinflusst wird. Die Klimaänderung ist folglich nur einer von vielen Einflüssen.**

Die Schweiz ist mit durchschnittlich 180 Einwohnern pro Quadratkilometer ein dicht besiedeltes Land. Die Mehrheit der Bevölkerung lebt in einem urban geprägten Raum, das heisst einem Netzwerk, welches Stadt und Land durch starke Flüsse von Personen, Gütern und Informationen verbindet (vgl. Abb. 1). Dieses Netzwerk, dessen Knoten (Städte) sich durch eine hohe Dichte von Menschen und Gütern auszeichnen, wird als *urbanes System* bezeichnet. Mit Hilfe dieses Systems hat die Grundversorgung in der Schweiz ein hohes Niveau und auch bei stark schwankenden Umweltbedingungen (Temperatur, Licht, Ressourcenverfügbarkeit) und Naturgefahren ein grosses Mass an Sicherheit erreicht.

Die urbanen Lebensformen zeigen innerhalb der Schweiz je nach Region sehr unterschiedliche Ausprägungen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass jede urbane Entwicklung durch das komplexe Zusammenwirken verschiedener Faktoren geprägt wird: Kulturelle, politische, wirtschaftliche, räumliche und ökologische Einflüsse bestimmen die Siedlungsentwicklung. Dabei kann es sich um Wirkungen von aussen (exogen, z.B. Verkehrspolitik der Europäischen Union, Ent-

wicklung der Kommunikationstechnologie) oder Wirkungen innerhalb des urbanen Systems (endogen, z.B. Standortentscheide der Unternehmen, Entwicklung des Bruttoinlandproduktes) handeln. Die globale Klimaänderung ist also nur einer von vielen Faktoren, die das urbane System beeinflussen. Wie stark der Einfluss auf die urbane Entwicklung ist, hängt von der regionalen Ausprägung und der Entwicklungsdynamik des betroffenen Systems ab. Diese Veränderungen lassen sich heute nicht zuverlässig bis zum Jahr 2050 prognostizieren. Zwar gibt es normative Vorgaben des Staates (Verfassung, Gesetze, Verordnungen) und Leitbilder von Interessengruppen, wie ein Land in 50 Jahren aussehen soll. Die nachfolgende Beurteilung beruht jedoch nicht auf Leitbildern, sondern auf Szenarien. Den Klimaszenarien für das Jahr 2050, welche die zu erwartende Veränderung sowie den Unsicherheitsbereich der Klimaänderung zeigen, werden drei mögliche Szenarien der urbanen Entwicklung der Schweiz (Referenzszenario CH<sub>heute</sub>, CH2050<sub>plus</sub>, CH2050<sub>eco</sub>, vgl. Tabelle 1) gegenübergestellt. Folgende Fragen sollen für jedes dieser drei Szenarien beantwortet werden.



Abbildung 1: Zeichnerische Interpretationen der Architektur des Territoriums nach dem Netzstadtmodell:

- der netzartigen Siedlungsstrukturen und -muster (Knoten und Verbindungen) am Beispiel des Mittellandes. (links)
- der Flüsse (Personen, Güter und Informationen) innerhalb einer netzartigen Siedlungsstruktur am Beispiel des Mittellandes. (rechts)

(Quelle: Oswald und Baccini 2003)<sup>1</sup>

In welchen Bereichen ist das urbane System als Ganzes oder Teilsysteme davon

- robust, d.h. die Klimaänderung ist vermutlich irrelevant?
- gestört, d.h. Beeinträchtigungen sind möglich, das Funktionieren des ganzen Systems ist aber kaum gefährdet?
- gefährdet, d.h. die Klimaänderung bedroht unentbehrliche Teile und damit das Ganze?

Als Teilsysteme des urbanen Systems werden auch die übrigen Themen des Projektes Klimaänderung und die Schweiz 2050 verstanden: Landökosysteme, Landwirtschaft, Wasserwirtschaft, Energie, Bauten und Infrastrukturen sowie der Tourismus (vgl. entsprechende Kapitel).

Die nachfolgenden Aussagen zu den oben gestellten Fragen sind mehrheitlich qualitativ. Quantitative Aussagen sind schwierig, weil es für urbane Systeme keine zuverlässigen Modellresultate gibt. Im Gegensatz zu den mit Hilfe physikalischer Modelle berechneten Klimaszenarien stützen sich die drei urbanen Entwicklungsszenarien auf sechs ausgewählte Schlüsselgrößen: Bevölkerung, Siedlungsmuster, Bauwerk, Transport und Kommunikation, Ressourcen sowie Beziehungen innerhalb der Schweiz und zum Ausland. Anhand dieser Schlüsselgrößen soll der Einfluss der Klimaänderung auf die drei Szenarien der urbanen Schweiz im Jahre 2050 beurteilt werden.

### 3. Szenarien und Schlüsselgrößen

Anhand von drei Szenarien wird der Einfluss der Klimaänderung auf das urbane System Schweiz illustriert. Als Referenzszenario dient der heutige Zustand. Szenario 2 beschreibt eine Weiter-

entwicklung analog zu heute, und Szenario 3 ist ein Kurswechsel zur Nachhaltigkeit (siehe Tab.1). Dazu werden sechs Schlüsselgrößen verwendet (siehe Tab. 2).

Tabelle 1: Mögliche Szenarien der urbanen Entwicklung in der Schweiz bis zum Jahre 2050.

Szenarien	CH <sub>heute</sub> <sup>1)</sup>	CH2050 <sub>plus</sub>	CH2050 <sub>eco</sub>
Kurzbeschreibung	Referenzzustand, um mögliche Wirkungen auf das heute existierende System abzuschätzen	Fortsetzung der Entwicklung der letzten Jahrzehnte unter Einbezug bereits eingeleiteter Anpassungen	Kurswechsel nach den Kriterien einer nachhaltigen Entwicklung <sup>2)</sup>

1) bezieht sich auf das Jahr 2005, soweit dafür Zahlen verfügbar sind

2) Im Energiebereich hat dieses Szenario die 2000 Watt-Gesellschaft zum Ziel, d.h. die Verminderung des Energieverbrauchs auf einen Drittel des heutigen Wertes sowie den weitgehenden Ersatz der fossilen Energieträger durch erneuerbare Energien.

Tabelle 2: Schlüsselgrößen zur Beschreibung des urbanen Systems.

	Bezeichnung	Kenngrossen
1	Bevölkerung	Bevölkerungszahl, Altersstruktur, Verhältnis Erwerbstätige zur Gesamtbevölkerung
2	Siedlungsmuster	Bevölkerungsdichten/ -verteilung nach Regionen
3	Bauwerk	Bestand und Entwicklung des Bauwerks und des Energiebedarfs
4	Transport und Kommunikation	Entwicklung des Personen- und Gütertransports und des Kommunikationsbereichs
5	Ressourcen	Selbstversorgungsgrade in grundlegenden Ressourcen wie Wasser, Energie, Nahrungsmittel, Baumaterialien
6	Beziehungen und Wechselwirkungen	Beziehungen im Inland: Mittelland vs. Berggebiete; Beziehungen international: Abhängigkeiten vom Ausland

Mögliche Veränderungen politischer Institutionen, wie z.B. Anzahl und Gliederung von Verwaltungseinheiten (Gemeinden, Kantone) und Mitgliedschaften in internationalen Gremien (z.B. Europäische Union) werden nicht einbezogen. Es wird davon ausgegangen, dass solche Veränderungen innerhalb beider

Zukunftsszenarien (CH2050<sub>plus</sub> und CH2050<sub>eco</sub>) möglich sind. Nicht berücksichtigt werden katastrophale wirtschaftliche, kriegerische und geologische Ereignisse. Basisinformationen zu den gewählten Szenarien finden sich in Baccini und Bader (1996)<sup>2</sup>, Baccini und Imboden (2001)<sup>3</sup>, Baccini et al. (2002)<sup>4</sup> und Leibundgut (2006)<sup>5</sup>.

## 4. Bevölkerungsentwicklung

**Der mittlere Wachstum der Bevölkerung bringt quantitativ keine neue Herausforderung. Wesentlich ist hingegen die Überalterung und die verringerte Anzahl der Erwerbstätigen. Dies führt zu veränderten raumrelevanten Nutzungsansprüchen.**

Tabelle 3: Kenngrössen zur Bevölkerungsentwicklung<sup>6</sup>

Kenngrösse	Szenarien		
	CH <sub>heute</sub>	CH2050 <sub>plus</sub>	CH2050 <sub>eco</sub>
Einwohner (Mio.)	7.4	8.2 <sup>1)</sup>	8.2 <sup>1)</sup>
Altersquotient <sup>2)</sup>	25	51	51
Gesamterwerbsquote <sup>3)</sup>	56	51	51

1) mittleres Szenario (d.h. zwischen 9.7 und 6.5 Mio.)

2) Altersquotient: Anzahl 65jährige und Ältere pro hundert 20- bis 64jährige.

3) Gesamterwerbsquote: Anzahl Erwerbstätige pro hundert Einwohner zwischen 15. und 99. Altersjahr.

Die starke Veränderung des Altersquotienten von 25% auf 50% (vgl. Tabelle 3) deutet auf die Verschiebung der Altersstruktur hin, welche auch für das Sozialversicherungssystem (AHV, berufliche und private Vorsorge, Gesundheitswesen) drastische Verschiebungen der Rahmenbedingungen bringt. Die im 20. Jahrhundert geschaffenen „Generationenverträge“ müssen mit grosser Wahrscheinlichkeit stark revidiert werden. Die zunehmende Alterung der Bevölkerung dürfte auch Auswirkungen auf die heutige Verteilung und Ausgestaltung der Wohn- und Arbeitswelten sowie die Mobilität haben, d.h. das heutige Bauwerk Schweiz (vgl. Abschnitt 6) wird sich ebenfalls an veränderte Bedingungen und Anforderungen anpassen müssen.

Die im Kapitel Gesundheit genannten negativen Folgen der Klimaänderung werden die Bevölkerungsverteilung vermutlich wenig beeinflussen. Auch dürfte die Klimaänderung auf den

Wandel in der demografischen Struktur kaum einen grossen Einfluss haben. Allerdings ist nicht auszuschliessen, dass der Einwanderungsdruck dann wächst, wenn sich aufgrund der Klimaänderung die wirtschaftlichen Randbedingungen in anderen Gebieten der Erde dauerhaft stark verschlechtern.

### Fazit

Eine mittlere Wachstumsrate der Einwohner von 0.3% pro Jahr mit einer mittleren Erhöhung der Gesamtbevölkerung von rund 14% bringt quantitativ keine neuen Herausforderungen an das urbane System Schweiz. Wesentlich ist hingegen die Verschiebung des Altersquotienten und der Gesamterwerbsquote. Diese gegenüber heute qualitativ gewichtigen Änderungen in der demografischen Charakteristik sind von hoher Relevanz für die zukünftigen raumrelevanten Nutzungsansprüche.

## 5. Siedlungsentwicklung

**Ein grosser Teil der Schweizer Bevölkerung lebt heute in Städten und Agglomerationen. Ein bedeutender Faktor für die zukünftige Entwicklung des Siedlungsmusters ist der stetig wachsende Bedarf an Siedlungsfläche.**

### CH<sub>heute</sub>

Die Siedlungsstruktur der Schweiz ist wesentlich von der Topografie beeinflusst. Ursprünglich entstanden die Siedlungen entlang von Gewässern oder Handelsrouten in den Tälern, im Mittelland und dem Jura Plateau. Sie bildeten die Ausgangspunkte für die fortschreitende Besiedlung, welche mit Bauten und Infrastrukturen inzwischen weite Gebiete flächendeckend prägt. Diese Entwicklung der Urbanisierung ist jedoch unterschiedlich fortgeschritten. Verschiedene Faktoren, von der Industrialisierung, der Erschliessung durch das Eisenbahnnetz, der individuellen Motorisierung, der Entwicklung des Flugverkehrs bis hin zu den modernen Kommunikationsmedien, haben zum ungleichförmigen Verlauf beigetragen. Urbanisierungsschübe standen mit wenigen Ausnahmen im Zusammenhang mit einem Wandel des Lebensstils, häufig in Kombination mit Veränderungen in den Bereichen der Mobilität und Kommunikation.

Insbesondere nach dem 2. Weltkrieg führte das Wirtschaftswachstum zu einem exponentiellen Siedlungswachstum zwischen den urbanen Zentren des 19. Jahrhunderts. Ursache dieses Wachstums war nicht primär das Bevölkerungswachstum, sondern die steigende Nachfrage an Wohnfläche pro Kopf und die zunehmende Verkehrsfläche pro Kopf. Dieser

Prozess ist auch zu Beginn des 21. Jahrhunderts noch nicht abgeschlossen. Innert rund dreissig Jahren (1950–1980) hat sich der Bestand an Motorfahrzeugen für den Personentransport verzehnfacht. Als Folge der hohen individuellen Mobilität hat sich der Lebensstil verändert.

Das so entstandene heutige Siedlungsmuster wird als *Netzstadt* bezeichnet, welche land-, forst- und wasserwirtschaftliche Flächen integriert (vgl. Abb. 2). Im Mittelland liegt der eigentliche Siedlungsflächenanteil zwischen 10 und 15% der Gesamtfläche. Die Landwirtschaft belegt rund die Hälfte und die Wälder einen Drittel der Fläche. Von der schweizerischen Wohnbevölkerung leben und arbeiten deutlich mehr als 75% in Städten und Agglomerationen.<sup>7</sup> Dies zeigt, dass Zugänglichkeit, Erschliessung und die Nähe urbaner Angebote besonders wichtige Kriterien für die Wahl von Wohn- und Arbeitsort sind.<sup>8</sup> Die Entwicklung der Immobilienpreise in den Grossagglomerationen Zürich oder dem Genferseegebiet widerspiegelt diese Präferenzen. Es werden zunehmend auch Flächen bebaut und besiedelt, welche bisher wenig Standortgunst genossen. Diese Feststellung gilt für die gesamte Schweiz, verstärkt aber noch für die Siedlungsräume im Voralpen- und Alpengebiet.

Im Alpenraum gibt es touristische Regionen, welche in den letzten Jahrzehnten eine massiv



Abbildung 2: Grossräumige Aufnahme mit Kloten, Wallisellen, Opfikon, Hard (2004): Die netzartige Struktur zwischen den Gemeinden ist deutlich zu erkennen. (Quelle: Schweizer Luftwaffe)



Abbildung 3: Blick über den Lej da S. Murezzan auf das Dorf St. Moritz (Südostansicht), im Hintergrund die Gebirgskette mit Piz Nair, Sass Runzöl und Las Trais Fluors, Gesamtansicht, Rekonstruktionsaufnahme, im Jahre 1899 (oben) und 1996 (unten). (Quelle: Stiftung documenta natura, Bern)

beschleunigte urbane Entwicklung durchlaufen haben, die besonders im Zusammenhang mit der Ausweitung des Wintertourismus steht. Hier ging man in der Vergangenheit von der Annahme eines konstanten Klimas aus, welches die Schneesicherheit garantierte (vgl. Abb. 3).

### CH2050<sub>plus</sub>

Verbindet man die Bevölkerungsentwicklung in Tabelle 1 mit der noch stetig steigenden Siedlungsfläche pro Kopf von heute rund 400 m<sup>2</sup> pro Kopf auf rund 470 m<sup>2</sup> pro Kopf im Jahr 2050 (Wachstumsrate bisher: ca. 1.3 m<sup>2</sup> pro Kopf und Jahr, siehe Abb. 4), so ist ein gesamter Anstieg der Siedlungsfläche (d.h. mit den proportionalen Flächenansprüchen des Infrastrukturbedarfes) um rund 30–40% zu erwarten. Dieser Zuwachs ist in diesem Szenario sicher stärker als der durch die niedrigere Erwerbsquote allenfalls verringerte Bedarf an Arbeitsfläche. Der zusätzliche Siedlungsflächenbedarf ist gemäss heutiger Ausscheidung von Bauzonen nominal zwar bereits abgedeckt, regional aber nicht dort, wo

die Nachfrage besteht und es den raumplanerischen Zielsetzungen entspricht. Beim Szenario CH2050<sub>plus</sub> wird aufgrund der fehlenden bzw. falschen Anreize zu wenig im bereits Bestehenden verdichtet gebaut. Das im Referenzbild CH<sub>heute</sub> dargestellte Siedlungsmuster wird somit noch verstärkt, d.h. bestehende Knoten und Verbindungen werden flächenmässig erweitert, und zwar um etwa 30%. Im Mittelland würde der Anteil der Siedlungsfläche auf rund 15–20% anwachsen, und zwar auf Kosten der hier ertragreichsten Flächen der Landwirtschaft, deren Gesamtfläche um rund 10% sinken würde.

Diese Entwicklung wird aufgrund der wirtschaftlichen Standortvorteile der Grossagglomerationen einerseits sowie der Infrastrukturausstattung und verfügbaren Immobilien andererseits regional unterschiedlich ausfallen. Die städtischen Verdichtungsräume des Mittellandes, die Region rund um das Dreiländereck Basel, das Genferseegebiet und das stark durch die oberitalienische Entwicklung geprägte Tessin werden von einer steigenden Nachfrage nach Siedlungsfläche

## Siedlungsfläche pro Einwohner

## G 2.6

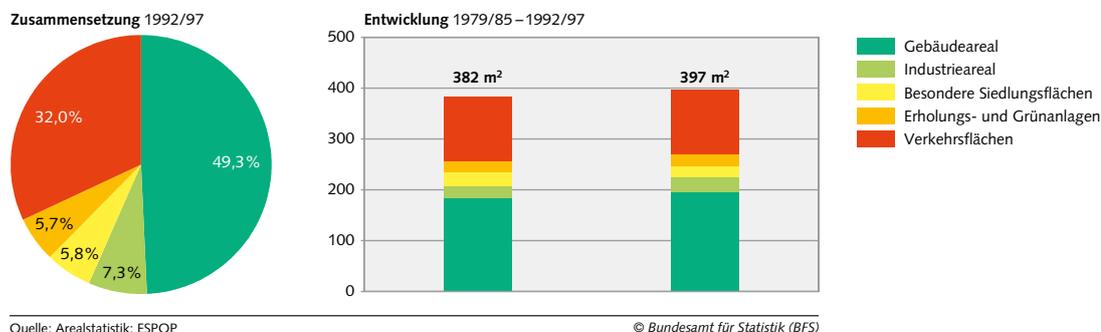


Abbildung 4: Die Arealstatistik teilt den Bereich der Siedlungsflächen in fünf Nutzungsarten ein: das Gebäudeareal, das Industrieareal, die Verkehrsflächen, die besonderen Siedlungsflächen sowie die Erholungs- und Grünanlagen. Mit einem Anteil von fast 50% dominiert das Gebäudeareal die Siedlungsflächen. (Quelle: Arealstatistik Schweiz, Zahlen – Fakten – Analysen, Bundesamt für Statistik BFS, 2005)

besonders betroffen sein. Anzunehmen ist im Weiteren, dass aufgrund des Wunsches nach Sommerfrische (vgl. Kapitel Tourismus, Abschnitt 6) in der Schweiz wie auch im übrigen Europa im Berggebiet die Nachfrage nach Zweitwohnungen steigt.

### CH2050<sub>eco</sub>

Eine urbane Siedlungsstruktur, die sich nach den Kriterien der Nachhaltigkeit richtet, hat im Vergleich zum heutigen Siedlungsmuster vielfältigere Gestaltungsmöglichkeiten. Gemäss den Qualitätszielen des Netzstadtmodells<sup>1</sup> ist das bestehende Muster in folgenden Bereichen zu verändern bzw. anzupassen: Die Wirkungsweise des Raumplanungsinstrumentariums (Sachpläne des Bundes, Richtpläne der Kantone, Nutzungspläne der Gemeinden) ist noch stärker auf die Ziele der gesamträumlichen Entwicklung (Raumkonzept Schweiz) und das Gebot der häuslicherischen Bodennutzung und der geordneten Siedlungsentwicklung auszurichten.

- Mit der Stärkung der regionalen Ebene müssen die Möglichkeiten zur Befriedigung der materiellen und immateriellen Bedürfnisse verbessert werden. Dadurch kann die Lebensqualität trotz einer Abnahme beim Verkehrsaufkommen erhalten oder gar gesteigert werden.
- Auf nationaler Ebene ist der Trend zur weiteren flächenhaften Ausweitung der grossen Agglomerationen zu brechen. Starke regionale Zentren von unterschiedlicher Qualität führen zu mehr Vielfalt und damit zu einem robusteren urbanen System Schweiz.
- Wird die Land-, Forst- und Wasserwirtschaft nach Kriterien der Nachhaltigkeit betrieben,

so ist gegenüber heute teilweise mit kleineren Erträgen zu rechnen (rund 10%), die aber mit anderen Massnahmen (vgl. Abschnitte 6, 7 und 8) kompensiert werden können.

Diese Anpassungen in der Siedlungsentwicklung würden auf der Ebene von Regionen und Gemeinden zu beträchtlichen strukturellen Verbesserungen führen<sup>1</sup>. Auf nationaler Skala würde sich die Grundstruktur des Siedlungsmuster dennoch nicht wesentlich verändern.

### Fazit

Insgesamt können die Auswirkungen des Klimawandels auf die urbane Entwicklung bis 2050 als eher gering eingeschätzt werden. Am höchsten ist die Verwundbarkeit im Alpenraum, der vom Tourismus stark abhängig ist (vgl. Kapitel Tourismus, Abschnitt 4) sowie bei Bauten und Anlagen des Schienen- und Strassennetzes, welche dem Naturraum besonders ausgesetzt sind. Beschränkt beeinträchtigt wären auch Siedlungsgebiete, die unmittelbar an Gewässern liegen. Es kann jedoch erwartet werden, dass aufgrund schon heute erkannter erhöhter Gefahrenpotenziale die laufend umgesetzten Anpassungen erfolgreich sind (z.B. bauliche Restriktionen aufgrund von Gefahrenkarten, Ausweitung der Fliessgewässerräume, lokale Verschiebungen in der Siedlungsentwicklung). Insgesamt ist beim Szenario CH2050<sub>eco</sub> das Konfliktpotenzial zwischen dem Flächenbedarf für die Siedlungsentwicklung und anderen (Nutzungs-) Interessen kleiner, da anstelle einer weiteren flächenhaften Ausdehnung die Verdichtung vorhandener Knoten und Verbindungen angestrebt wird.

## 6. Bauwerksentwicklung

**Falls die Klimaänderung bei Erneuerungen und Neubauten konsequent und vorausschauend berücksichtigt, dann ist der Einfluss der Klimaänderung auf das Bauwerk Schweiz unwesentlich.**

Die Kenngrössen zum Bauwerk Schweiz sind in Tabelle 4 zusammengestellt.<sup>9</sup>

Tabelle 4: Lagerbestand und Energiefluss des urbanen Systems Schweiz.

	CH <sub>heute</sub> <sup>1)</sup>	CH2050 <sub>plus</sub>	CH2050 <sub>eco</sub>
Lagerbestände in Tonnen pro Einwohner <sup>2)</sup>	400	500	450
Energiebedarf in Watt pro Einwohner <sup>3)</sup>	6000	6000	2000

1) Referenzjahr 2000

2) umfasst den Hoch- und Tiefbau

3) schliesst die mit importierten Gütern eingeführte Energie (graue Energie) ein.

Der heutige Bauwerksbestand entspricht einem Wiederbeschaffungswert von rund einer halben Million Franken pro Einwohner. Im Szenario CH2050<sub>plus</sub> wächst dieser Bestand um rund einen Viertel. Ökonomisch heisst dies, dass die übernächste Generation mehr Mittel pro Kopf erwirtschaften muss, um die Werterhaltung ihrer Immobilien zu sichern. Im Szenario CH2050<sub>eco</sub> ist der Zuwachs geringer, weil die Infrastruktur optimiert (vgl. Abschnitt 5) und der Personenverkehr stark auf die Schiene verlagert wird. Dadurch ist der Tiefbauzuwachs geringer. Beim Energiebedarf werden im Szenario CH2050<sub>plus</sub> die bereits eingeleiteten Massnahmen (z.B. Bauvorschriften, Abgaben auf fossilen Energieträgern, Förderung nachhaltiger Energien) dazu führen, dass die erhöhte Nachfrage durch steigende Effizienz etwa kompensiert wird. Im Szenario CH2050<sub>eco</sub> wird auf einen konsequenten energietechnischen Umbau gesetzt, gekoppelt mit der systematischen Anpassung der Gebäude- und Transporttechnik. Ziel dieses Szenarios ist die Reduktion des Anteils der fossilen Energieträger am Primärenergiebedarf von heute rund 5500 Watt (Kernenergieträger mit eingerechnet) auf rund 500 Watt pro Einwohner.<sup>10</sup> Die Anpassung des Energiehaushaltes, der zu 80% durch die Aktivitäten Wohnen und Arbeiten sowie Transportieren und Kommunizieren (vgl. Abschnitt 7) geprägt wird, ist in diesem Szenario der Schlüsselprozess.<sup>3</sup>

### Fazit

Der Einfluss der Klimaänderung auf das Bauwerk Schweiz ist in beiden Szenarien unwesentlich, vorausgesetzt die Klimaänderung wird bei Erneuerungen und Neubauten berücksichtigt (vgl. Kapitel Bauten/Infrastrukturen, Abschnitt 2). Die Bauwerksentwicklung ist in hochentwickelten Ländern von der Konjunktur abhängig, d.h. je höher das Wirtschaftswachstum in den wichtigsten Wertschöpfungsbranchen ist, desto höher ist auch die Bautätigkeit. Deren Rahmenbedingungen können allerdings durch politisch gesetzte Vorgaben und Anreize so geändert werden, dass die Auswirkungen von neuen störenden Umwelteinflüssen (z.B. Klimaänderung, Ressourcenverfügbarkeit, Verkehrsstau, Verkehrslärmbelastung) frühzeitig erkannt und, wo sinnvoll, im Sinne der Vorsorge reduziert werden.

## 7. Entwicklung im Transportieren und Kommunizieren

**Mit häufiger auftretenden Extremereignissen können Unterbrechungen von Verkehrswegen und von Überlandelektrozitätsleitungen zunehmen. Eine ökologische Entwicklung verringert die Empfindlichkeit durch verdichtete Knoten und geringeren Energieverbrauch.**

### CH<sub>heute</sub>

In den vergangenen Jahrzehnten hat der Transport von Personen, Gütern und Informationen, gemessen an zurückgelegten Distanzen pro Kopf und Jahr, stetig zugenommen (siehe Abb. 5). Den grössten Anteil hat der Personentransport (70–80%), während die Informationsflüsse nur einige Prozente ausmachen. Der Verkehr ist ein wichtiger Faktor in Bezug auf Luft- und Lärmbelastungen. Die Reduktionsziele konnten bisher trotz verfahrenstechnischer (z.B. Katalysator für Verbrennungsmotoren) und bautechnischer Massnahmen (z.B. Lärmschutzwände) nur zum Teil erreicht werden.

### CH2050<sub>plus</sub>

Die steigende Anzahl von Fahrzeugen pro Kopf und zurückgelegten Kilometern pro Fahrzeug und Jahr verstärken die negativen Auswirkungen auf Umwelt (Luft, Lärm) und Wirtschaft (Staukosten). Verkehrsflussstörungen können zwar mit zeitlicher Verzögerung örtlich durch Strassen-erweiterungsprojekte behoben werden, verschieben sich aber auf andere Engpässe innerhalb der Netzstadt Schweiz. Das Flächenwachstum der Metropolen und die Zunahme des privaten Personenverkehrs verstärken sich gegenseitig. Der Ausbau des öffentlichen Verkehrs kann zwar das Wachstum des motorisierten Individualverkehrs reduzieren, nicht aber die schon heute damit verbundenen Probleme lösen.

### CH2050<sub>eco</sub>

Im Gegensatz zum Szenario CH2050<sub>plus</sub> kommt der Wachstumstrend des Verkehrs im Szenario CH2050<sub>eco</sub> zu einem Stillstand.<sup>11</sup> Die Siedlungsentwicklung nach innen und die Stärkung der regionalen Zentren hat zur Folge, dass die zurückgelegten Distanzen kleiner werden, da sie der entsprechenden Handlung (z.B. Arbeiten, Einkaufen, Freizeitgestaltung) angepasst sind. Diese Veränderungen sind aber nur mit einem Umbau der Netzstadt, d.h. des gesamten Siedlungsmusters zu realisieren (vgl. Netzstadtmodell von Oswald und Baccini<sup>1</sup>) und nicht mit rein verkehrstechnischen Massnahmen.

### Fazit

Die Klimaänderung wird auf den Bereich Transport und Kommunikation keinen wesentlichen Einfluss haben, weil dessen Probleme wenig abhängig von äusseren Einflüssen sind. Eine Ausnahme stellt die Energieverfügbarkeit dar (vgl. Abschnitte 8 und 9) sowie die Unterbrechung von Verkehrswegen aufgrund ausserordentlicher Wetterereignisse. Die Verletzlichkeit in Bezug auf unterbrochene Verkehrswege ist beim Szenario CH2050<sub>eco</sub> aufgrund der verdichteten Knotenpunkte am geringsten.

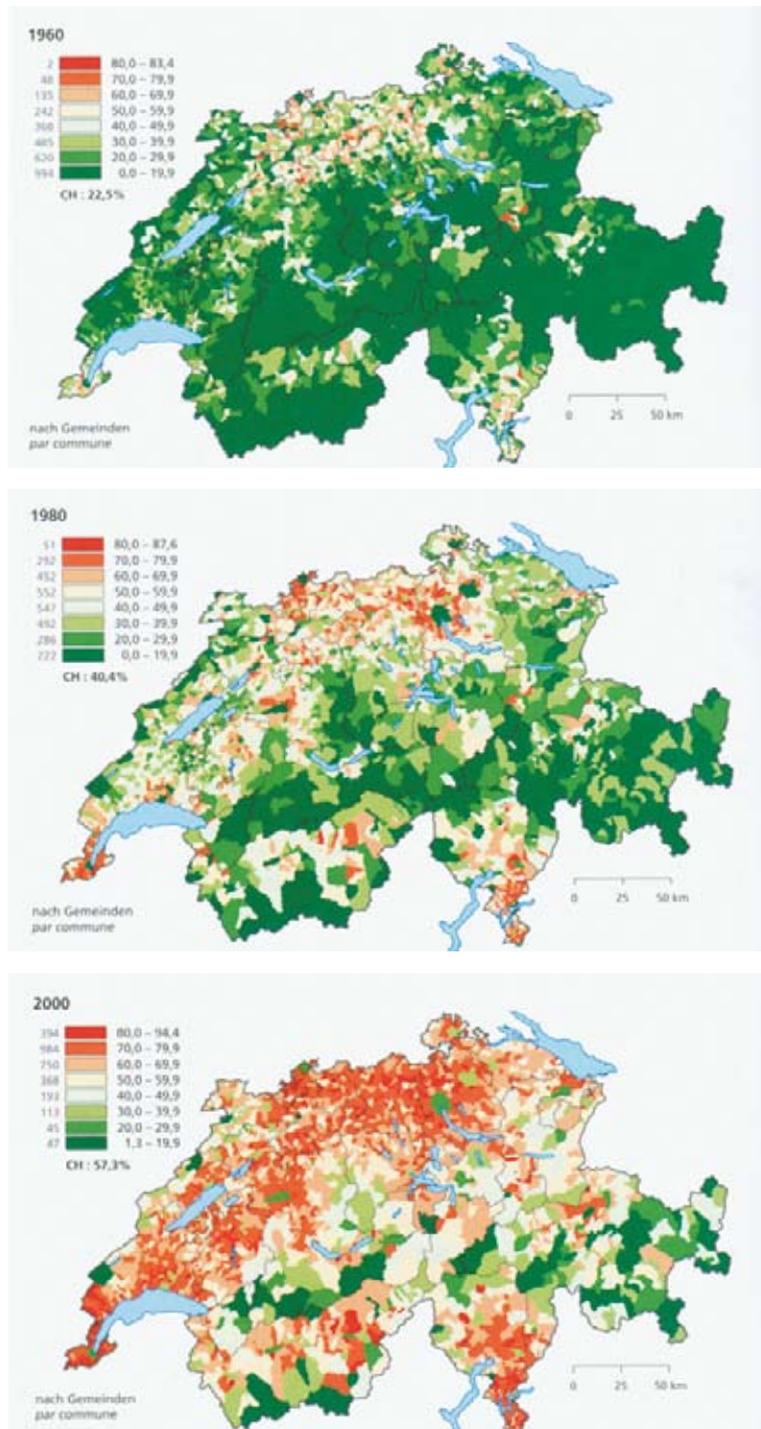


Abbildung 5:  
Entwicklung der Wegpendlerbewegung zwischen 1960 und 2000: Abgebildet sind für die Jahre 1960, 1980 und 2000 jeweils die Anteile Erwerbstätige, die ausserhalb ihrer Wohngemeinde arbeiten (in %).

Grüne Flächen entsprechen einem kleinen Anteil an Erwerbstätigen, welche ausserhalb ihrer Wohngemeinde arbeiten (<40%). Rote und orange Flächen entsprechen einem Anteil an Erwerbstätigen von 60% oder mehr, die ausserhalb ihrer Wohngemeinde arbeiten.

Wegpendleranteile:  
1960 CH: 22.5%  
1980 CH: 40.4%  
2000 CH: 57.3%

(Quelle: Schuler, Martin et al. Atlas des räumlichen Wandels der Schweiz, Bundesamt für Statistik, Neuchâtel und Verlag Neue Zürcher Zeitung, 2006. S.268)

## 8. Entwicklung der Ressourcenverfügbarkeit

**Das urbane System Schweiz ist am stärksten durch die nicht nachhaltige Energieversorgung gefährdet. Als globales Phänomen verstärkt die Klimaänderung diese Gefährdung, da andere Regionen mit betroffen sind.**

Tabelle 5: Ressourcenverfügbarkeiten des urbanen Systems Schweiz mit Hilfe eines theoretischen Selbstversorgungsgrades<sup>2</sup> (SVG). Der theoretische Selbstversorgungsgrad bezeichnet das Verhältnis (in Massen-, bzw. Energieeinheiten) der total im Inland produzierten Menge (in %) zum Gesamtverbrauch, d.h. Import und Export werden als tauschbare Anteile in der Gesamtbilanz verrechnet. Dies ist angesichts der Qualitätsunterschiede eine starke Vereinfachung. Deshalb sind die Zahlen nur als Grössenordnungen zu verstehen.

Ressourcen	Szenarien		
	CH <sub>heute</sub>	CH2050 <sub>plus</sub>	CH2050 <sub>eco</sub>
Wasser	100	100 (saisonal und regional gestört)	100 (saisonal und regional gestört)
Biomasse	60 (Nahrungsmittel) 100 (Holz)	40 (Nahrungsmittel) 100 (Holz)	80 (Nahrungsmittel) 100 (Holz)
Baumaterialien	90	70	100
Energieträger	10	20	90

### CH<sub>heute</sub>

Im Szenario CH<sub>heute</sub> ist das urbane System Schweiz mit der bereits gebauten Wasserversorgungsinfrastruktur autonom. Auch bei den Massengütern des Bauens (Kies, Sand, Tone), die gegen 90% der Gesamtmasse des Bauwerks ausmachen, ist der theoretische Selbstversorgungsgrad (SVG) hoch. Die forstwirtschaftliche Gesetzgebung verlangt eine nachhaltige Bewirtschaftung der Wälder. Diese werden heute aus ökonomischen Gründen nur zu etwa 70% genutzt. Extremereignisse wie Stürme, die zu Waldschäden führen, ergeben lokale Störungen und führen zu einem befristeten Überangebot von Holz. Im Nahrungsmittelbereich ist der SVG von 60% primär eine Folge des Menüplans der Bevölkerung, d.h. je höher der Fleischkonsum, desto niedriger der SVG. Bei der Energieversorgung ist der SVG am niedrigsten, weil das urbane System im 20. Jahrhundert konsequent auf fossile Quellen im globalen Markt ausgerichtet wurde. Der SVG liegt dort zurzeit bei 10%, wobei der Hauptanteil auf die Nutzung der Wasserkraft für die Stromproduktion zurückgeht.

### CH2050<sub>plus</sub>

Für das Szenario CH2050<sub>plus</sub> bleibt das Bild generell gleich. Gemäss Teilprojekt Wasserwirtschaft kann die Klimaänderung lokal und saisonal Versorgungsengpässe zur Folge haben (vgl. Kapitel Wasserwirtschaft, Abschnitt 4).

Im Nahrungsmittelbereich sinkt der SVG, weil die Fortsetzung der Landwirtschaftspolitik die Produzenten dazu zwingen wird, sich im ungeschützten Markt mit Nischenprodukten zu behaupten. Die heute schon eingeleiteten Effizienzsteigerungen im Energiekonsum und die Investitionen in die Wasserkraft, in solare Quellen, Geothermie und Windkraft können den Energie-SVG auf 20% steigern. Diese Entwicklung wird von der Klimaänderung beeinflusst, da in Zukunft mit einem reduzierten Wasserdargebot zu rechnen ist (vgl. Kapitel Wasserwirtschaft, Abschnitt 4).

### CH2050<sub>eco</sub>

Im Szenario CH2050<sub>eco</sub> nimmt der SVG für alle vier betrachteten Ressourcen zu. Bei den Nahrungsmitteln geschieht dies unter der Annahme, dass sich die regionale Versorgung insgesamt verbessert (vgl. Kapitel Landwirtschaft, Abschnitt 2) und sich überdies das Ernährungsverhalten verändert, indem der Fleischkonsum pro Kopf abnimmt. Bei den Baumaterialien erhöht sich der SVG aufgrund der breiten Anwendung der neuen Technik des Urban Mining<sup>9</sup>, d.h. der Gewinnung von Rohstoffen aus dem bestehenden Bauwerk. Die grösste Änderung betrifft die Energie (vgl. auch Abschnitt 7), wo der Selbstversorgungsgrad massiv ansteigt. Im Bereich der Wasserkraft hemmt die Klimaänderung diese Entwicklung durch die

bereits erwähnte Reduktion beim Wasserabfluss. Andererseits ist sie Argument für eine möglichst CO<sub>2</sub>-arme Energieversorgung. Insgesamt ist auch bei diesem Szenario die Ressourcenverfügbarkeit primär die Folge einer politisch und sozioökonomisch geprägten Entwicklung.

#### Fazit

Die Selbstversorgungsgrade von Nahrungsmitteln und Energie verändern sich für beide Szenarien. Im Gegensatz zum Szenario CH2050<sub>plus</sub> kann

im Szenario CH2050<sub>eco</sub> aufgrund der verbesserten regionalen Versorgung und des veränderten Ernährungsverhaltens mit einer leichten Erhöhung des Selbstversorgungsgrades gerechnet werden. Im Energiebereich steigt der Selbstversorgungsgrad im Szenario CH2050<sub>eco</sub> wesentlich stärker an. Die Klimaänderung beeinflusst diese Entwicklung einerseits durch die veränderte Wasserverfügbarkeit sowie indirekt als treibende Kraft für eine Entkarbonisierung des Energieversorgungssystems.

## 9. Entwicklung der Beziehungen und Abhängigkeiten zwischen dem urbanen System Schweiz und dem globalen Umfeld

**Die Klimaänderung ist ein globales Phänomen. Das urbane System Schweiz wird daher nicht nur direkt beeinflusst, sondern auch indirekt als Folge der Auswirkungen auf andere Weltregionen.**

Eine entscheidende Grösse im Hinblick auf das zukünftige Funktionieren des urbanen Systems Schweiz ist der Anteil am Einkommen, welchen Haushalte für Nahrungsmittel und Energie aufwenden müssen. Wenn dieser auch in Zukunft weniger als 20% beträgt, wird die Verfügbarkeit der Ressourcen vermutlich den Zahlen in Tabelle 5 entsprechen. Es gibt aber Klimaänderungsszenarien für andere Regionen (subtropische, aride), in denen die Produktion landwirtschaftlicher Güter aus Gründen des stark veränderten Wasserhaushaltes massiv zurückgeht. Dadurch steigt der Preis für Nahrungsmittel exponentiell und verändert die Haushaltbudgets auch bei uns empfindlich. Die Energieverfügbarkeit aus fossilen Lagerstätten wird sich durch die Klimaänderung kaum direkt verändern. Sollten hingegen die Energiepreise aufgrund weltpolitischer Veränderungen rasch ansteigen, hat das urbane System Schweiz bisher keine alternative Versorgungsmöglichkeit. In diesem Fall könnten die Preise für Länder mit niedrigem SVG ein sehr hohes Niveau erreichen, d.h. sich innert 10–20 Jahren auf dem zehnfachen Betrag einpendeln. Der Umbauprozess des Bauwerks (vgl. Abschnitt 6) für ein Szenario CH2050<sub>eco</sub> dauert aber zwischen 30–60 Jahre. Erst dann wäre die Schweiz für diesen Fall gerüstet.

#### Fazit

Das urbane System Schweiz ist aus heutiger weltpolitischer Sicht am stärksten gefährdet durch die nicht nachhaltig angelegte Energieversorgung. Dieser Nachteil kann durch die globale Klimaänderung je nach Einfluss auf andere Regionen noch verstärkt werden.

## 10. Folgerungen

**Das isoliert betrachtete urbane System Schweiz ist relativ robust gegenüber der Klimaänderung. Ein grundlegender Umbau in Richtung einer gezielt nachhaltigen Entwicklung minimiert die direkten und indirekten Auswirkungen.**

Für alle drei skizzierten Szenarien gilt, dass die Folgen der Klimaänderung das urbane System Schweiz in Teilbereichen lokal und saisonal stören können (vgl. Folgerungen aus den anderen Teilprojekten), aber nicht als Ganzes gefährden. Das System ist also relativ robust. Entwickelt sich die Schweiz in Richtung des Szenarios CH2050<sub>plus</sub>, wird die Klimaänderung den Umgang mit den Schwachstellen des urbanen Systems nur geringfügig beeinflussen. Die nicht nachhaltige Energieversorgung (einseitige Abstützung auf fossile Energieträger) sowie die steigende Bauwerksgrösse pro Kopf (exponentieller Anstieg der Betriebskosten) werden bestehen bleiben. Die Auswirkungen der Klimaänderung auf andere Regionen, welche für die Schweiz ökonomisch relevant sind, könnten diese Schwächen noch verstärken.

Das Szenario CH2050<sub>eco</sub> zeigt, welche Eigenschaften das urbane System Schweiz haben müsste, damit dessen Schwächen beseitigt werden könnten. Als kleine souveräne Gesellschaft wäre die Schweiz, gewissermassen als Bonus, robuster gegenüber den direkten und indirekten Auswirkungen der Klimaänderung. Ein Umbau der Schweiz in Richtung eines Zustandes CH2050<sub>eco</sub> würde eine politisch breit abgestützte Überzeugung erfordern. Bisher ist ein solcher Umbauprozess jedoch lediglich Thema in einigen akademischen Gruppierungen, während er in politischen Programmen von Bundesrat und Parlament nur in bescheidenen Ansätzen verankert und noch weit von einer Konkretisierung entfernt ist. Aus heutiger Sicht erscheint es deshalb wahrscheinlicher, dass sich das urbane System Schweiz weiterhin in Richtung des Szenarios CH2050<sub>plus</sub> bewegt.

## Literatur und Anmerkungen

- 1 F. Oswald, P. Baccini, in Zusammenarbeit mit Mark Michaeli. Netzstadt – Einführung in das Stadtentwerfen. Basel/Boston/Berlin: Birkhäuser Verlag für Architektur, 2003.
- 2 P. Baccini, H.-P. Bader. Regionaler Stoffhaushalt. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag, 1996.
- 3 P. Baccini, D. Imboden. Technological strategies for reaching sustainable resource management in urban regions. In: Our fragile world: Challenges and opportunities for sustainable development. Forerunner to Encyclopedia of Life Support Systems. Oxford: EOLSS Publ., 2001, 2153–2173.
- 4 P. Baccini, S. Kytzia, and F. Oswald. Restructuring urban systems. In: F. Moavenzadeh, K. Hanaki, P. Baccini (Hg.). Future cities: dynamics and sustainability. Kluwer Academic Publishers, 2002, 17–43.
- 5 H. Leibundgut. Low-Ex-Gebäude ohne Verbrennungsprozesse. Einführungsvorlesung an der ETH Zürich vom 29.5.2006. Archiv der ETH Zürich.
- 6 Bundesamt für Statistik (BFS). Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung 2050. Bern, 2006.
- 7 Bundesamt für Raumentwicklung ARE. Raumentwicklungsbericht 2005
- 8 M. Michaeli. Abschnitt „Netze“. In: T. Sieverts, M. Koch et al. Zwischenstadt entwerfen, Zwischen Stadt entwerfen. Wuppertal, 2006.
- 9 Th. Lichtensteiger (Hg.). Bauwerke als Ressourcennutzer und Ressourcenspender in der langfristigen Entwicklung urbaner Systeme. vdf Zürich, 2006.
- 10 Basierend auf der Vorgabe, dass das Klima stabilisiert werden soll und jeder Mensch weltweit die gleiche Menge CO<sub>2</sub> emittieren darf.
- 11 Ch. Blaser, M. Redle. Mehr Mobilität mit weniger Verkehr – Umbauszenarien zur Aktivität Transportieren und Kommunizieren. In: P. Baccini, F. Oswald (Hg.). Netzstadt – Transdisziplinäre Methoden zum Umbau urbaner Systeme. vdf Zürich, 1998.