

- *Megacities – Sustainable development – Scenario analysis – Water services – Socio-spatial differentiation*

**Jürgen Kopfmüller, Helmut Lehn, Henning Nuissl,
Kerstin Krellenberg and Dirk Heinrichs**

**Sustainable Development of Megacities:
An Integrative Research Approach for the Case of
Santiago Metropolitan Region**

*Nachhaltige Entwicklung von Megacities: Ein integrativer
Forschungsansatz für die Metropolregion Santiago de Chile*

With 6 Figures, 2 Tables and 1 Photo

Due to its speed, scale and global connectivity, mega-urbanisation is increasingly critical for global change processes and thus for global sustainable development. Therefore, research on the manifold and complex mega-urban development processes is one of the big contemporary scientific challenges to increase knowledge and understanding and to improve governance towards more sustainability. This article presents the integrative conceptual approach of the *Risk Habitat Megacity* (RHM) research initiative (2007 to 2010) working on the Metropolitan Region of Santiago de Chile. It exemplifies this approach by highlighting selected empirical results of indicator and scenario analyses.

*Summary: Sustainable Development of Megacities:
An Integrative Research Approach for the Case of
Santiago Metropolitan Region*

Megacities present both opportunities and challenges for sustainable development. This ambiguous role has prompted a scientific attention in recent years in three directions and lines of interest. A first line takes a phenomenological perspective on the 'dramatic' reality, i.e., the tremendous problems and sustainability deficits that

megacities and their population face. A second interest focuses on the emerging and changing functions of large urban agglomerations and their role in national and global economic, political and social networks. A third interest seeks to understand megacities from the point of systems dynamics and their relation with sustainability, risk and urban governance as related fields. This article is written to encourage further debate particularly in relation to the third line of interest. It departs from the proposition that the extreme size, change

dynamics and complexity of megacities require novel research efforts for providing orientation and implementation knowledge for current and future sustainability. It presents an integrative research approach of the *Risk Habitat Megacity* (RHM) research initiative applied to the Metropolitan Region of Santiago de Chile. This approach firstly analyses current levels of sustainability on the basis of a complementary indicator set for the case of the metropolitan region in general and, more specifically, for the current sustainability performance in a quite comprehensive range of fields or sectors, including transportation, land use, energy, water resources and services, waste, air quality, and processes of social-spatial differentiation. The integrative sustainability concept of the Helmholtz Association that guides this analysis consists of a set of rules that describe minimum conditions for sustainable development that ought to be guaranteed for all human beings living in present and future generations. This framework permits the application to different contexts and serves as a tool to make explicit current sustainability performance and to develop normative targets on desirable sustainability levels. Based on the historic trends and the current sustainability situation, the approach secondly performs a scenario analysis of 'likely' development paths and futures for a set of scenario alternatives. The explorative scenario framework contains the identification of a set of forces that drive the development of the entire metropolitan region and, again, their influence on likely alternative trends in particular aspects of the fields and sectors included in the analysis. Beside illustrating the analytical approach and its methodology, the article also highlights initial results of the ongoing work. With respect to current sustainability performance in the case study region, the analysis at the general level of the metropolitan region reveals for example contrasting trends with positive sustainability performance on indicators relating mainly to economic and (to some extent) social development (e. g. poverty, child mortality) and rather negative trends with respect to environmental quality (e. g. energy use, CO₂ emissions). The discussion likewise takes a closer look at the specific sustainability performance of two of the included fields or sectors: water resources and services, and proc-

esses of socio-spatial differentiation. Building on the current situation, the paper moves on to illustrate some results of the scenario analyses. Using the example of social-spatial differentiation processes, it examines the future trends in housing construction and its relationship with segregation patterns for each of the scenario alternatives. Regarding the water sector, it sheds light on the access to drinking water and sanitation as well as on the storm water discharge situation, and it reflects the future water resource availability considering existing knowledge about regional climate change impacts. A final section discusses some of the insights and lessons learnt from the application of the approach which hopefully prove inspiring for similarly comprehensive research efforts that focus on megacities.

Zusammenfassung: Nachhaltige Entwicklung von Megacities: Ein integrativer Forschungsansatz für die Metropolregion Santiago de Chile

Megastädte eröffnen Chancen, erzeugen zugleich aber auch Probleme für die Umsetzung einer nachhaltigen Entwicklung. Diese ambivalente Bedeutung hat sie in den vergangenen Jahren in dreierlei Hinsicht zu einem bevorzugten Forschungsgegenstand werden lassen. Ein erster Strang der Megastadtforschung widmet sich, aus einer gleichsam gegenstandsbezogenen Perspektive, den enormen Problemen und Nachhaltigkeitsdefiziten, mit denen diese Städte und ihre Einwohner konfrontiert sind. Eine zweite Forschungslinie nimmt die funktionale Dimension in den Blick und geht der Frage nach, welche Rolle sehr große städtische Agglomerationen in nationalen und globalen ökonomischen, politischen und sozialen Netzwerken spielen. Drittens wird versucht, das Phänomen „Megastadt“ besser zu verstehen, indem die ihm zugrunde liegenden Systemdynamiken entschlüsselt und mit Fragen der Nachhaltigkeit, der Risikoproduktion und der urbanen Governance in einen Zusammenhang gestellt werden. Der vorliegende Beitrag möchte vor allem mit Blick auf den drittgenannten Forschungsstrang einen Diskussionsanstoß geben. Ausgangspunkt ist dabei die Überlegung, dass die enorme Größe von Megastädten, die Dynamik ihrer Veränderungen sowie ihre Komplexität neuartige Forschungsansätze erfordern. Mit diesen Forschungsansätzen soll

Orientierungs- und Handlungswissen generiert werden, das hilft, Nachhaltigkeitsziele zu verwirklichen. Vor diesem Hintergrund wird im vorliegenden Beitrag der integrative Forschungsansatz vorgestellt, der im Rahmen der Forschungsinitiative *Risk Habitat Megacity* entwickelt und exemplarisch auf die Metropolregion Santiago de Chile angewandt wurde. Dieser Forschungsansatz beinhaltet erstens eine differenzierte Nachhaltigkeitsbewertung auf der Grundlage eines umfassenden Indikatorensatzes für die gesamte Stadtregion sowie für verschiedene Teildimensionen bzw. Aufgabenfelder der Stadtentwicklung – wie beispielsweise Verkehr, Landnutzung(-splanung), Wasserver- und Abwasserentsorgung, Abfallwirtschaft, Luftreinhaltung oder sozialräumliche Differenzierung. Das integrative Nachhaltigkeitkonzept der Helmholtz-Gemeinschaft, das dieser Bewertung zugrunde liegt, besteht im Kern aus einer begrenzten Zahl von Regeln, die im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung bestimmte Mindestanforderungen an die Lebensbedingungen heutiger und zukünftiger Generationen formulieren. Dieses Konzept hat sich bereits in ganz unterschiedlichen Kontexten als ein geeignetes Instrumentarium für Nachhaltigkeitsanalysen und -bewertungen verschiedenster Art bewährt. Zweitens umfasst der hier vorgestellte Forschungsansatz eine Szenarioanalyse, die ausgehend von der heutigen Nachhaltigkeitssituation und von erkennbaren Entwicklungstrends das Ziel verfolgt, für drei alternative Szenarien wahrscheinliche Entwicklungsverläufe und mögliche ‚Zukünfte‘ sowie deren Wirkungen abzuschätzen. Dafür werden zunächst in explorativen Rahmenszenarien die wichtigsten Triebkräfte der Entwicklung der gesamten Metropolregion Santiago definiert, um dann zu analysieren, welche Auswirkungen sie unter der Annahme alternativer Szenarienverläufe auf verschiedene Bereiche der Stadtentwicklung hätten. Das Anliegen des vorliegenden Beitrags erschöpft sich nicht allein darin, den Forschungsansatz und die mit ihm verbundene methodische Vorgehensweise vorzustellen. Auch erste Ergebnisse der noch andauernden Forschungsarbeiten, die mit Hilfe dieses Ansatzes gewonnen wurden, werden vorgestellt. So lässt sich mit Blick auf die gegenwärtige Nachhaltigkeitssituation in der Metropolregion Santiago feststellen, dass die Indikatoren im ökonomischen und (etwas eingeschränkt) im sozialen Bereich (z.B. Armut, Kindersterblichkeit) einen eher positiven Trend anzeigen, während

das für einige Umweltindikatoren (z.B. Energieverbrauch, CO₂-Emissionen) nicht zutrifft. Für zwei Themenfelder der Stadtentwicklung – Wasserver- und Abwasserentsorgung sowie sozialräumliche Differenzierung – werden einige ausgewählte Nachhaltigkeitsaspekte genauer betrachtet. Außerdem werden in dem Beitrag, ausgehend von den spezifischen Nachhaltigkeits-Bestandsaufnahmen, erste Ergebnisse der Szenarioanalysen vorgestellt. So wird mit Blick auf den Zusammenhang zwischen Wohnungsbaupolitik und Segregationsmustern der Frage nachgegangen, wie sich mögliche alternative Entwicklungen hinsichtlich der sozialräumlichen Differenzierung niederschlagen würden. Für den Wassersektor wird die Situation in den Bereichen Trinkwasser- und Abwasserentsorgung sowie Niederschlagswasser-Management beleuchtet und es werden erste Überlegungen zur künftigen Wasserverfügbarkeit vor dem Hintergrund verfügbarer Informationen zu regionalen Folgen des Klimawandels angestellt. Der Beitrag schließt mit einer Reflektion der gewonnenen Erkenntnisse, insbesondere im methodischen Bereich – in der Hoffnung, Anregungen für weitere wissenschaftliche Vorhaben geben zu können, die sich dem Forschungsobjekt Megacity in ähnlich umfassender Perspektive widmen wollen.

Résumé: Le développement durable des mégapoles: Une approche de recherche intégrative pour la région métropolitaine de Santiago du Chili

Les mégapoles présentent à la fois opportunités et défis pour le développement durable. Ce rôle ambigu a suscité une vive attention des scientifiques ces dernières années dans trois directions et lignes d'intérêt. Une première ligne s'inscrit dans une perspective phénoménologique sur la « réalité dramatique », c'est-à-dire les énormes problèmes et les déficits de durabilité que les mégapoles et leurs populations envisagent. Un deuxième intérêt est axé sur les pays émergents et en modifiant les fonctions des grandes agglomérations urbaines et leur rôle dans les réseaux économiques, politiques et sociaux nationaux et mondiaux. Un troisième intérêt cherche à comprendre les mégapoles du point de la dynamique des systèmes et leur relation avec la durabilité, les risques et la gouvernance urbaine comme domaines connexes. Cet article est écrit pour encourager une réflexion

plus approfondie en particulier dans le cadre de la troisième ligne d'intérêts. Elle part de l'hypothèse que la taille de l'extrême, la dynamique de changement et la complexité des mégapoles exigent des efforts de recherche novateurs pour fournir une orientation et des connaissances mise en œuvre de la viabilité actuelle et future. Elle présente une approche de recherche intégrative de la initiative de recherche *Risk Habitat Megacity* (RHM), appliquée à la Région Métropolitaine de Santiago de Chile. Cette approche analyse tout d'abord les niveaux actuels de la durabilité sur la base d'un ensemble des indicateurs complémentaires fixé pour le cas de la Région Métropolitaine en général et, plus spécifiquement, pour l'exécution de la durabilité actuelle dans une gamme très complète de domaines ou de secteurs, incorporant le transport, occupation du sol, de l'énergie, les ressources en eau et des services, des déchets, la qualité de l'air, et les processus de différenciation socio-spatiale. Le concept de durabilité intégrative de l'Association Helmholtz qui guide cette analyse se compose d'un ensemble de règles qui décrivent les conditions minimales de développement durable qui doivent être garanties pour tous les êtres humains vivant dans les générations présentes et futures. Ce cadre permet l'application à des contextes différents et sert d'outil pour rendre explicite la performance de la durabilité actuelle et d'élaborer des objectifs normatifs sur les niveaux de durabilité souhaitable. Sur la base des tendances historiques et la situation actuelle de durabilité, l'approche effectuée d'autre part une analyse de scénarios pour prédire « les voies de développement probable » et à terme pour un ensemble d'alternatives de scénarios. Le cadre de scénarios exploratoires contient l'identification d'un ensemble de forces qui animent le développement de toute la région métropolitaine et, à nouveau, leur influence sur les tendances probables de substitution dans des aspects particuliers des champs et des secteurs inclus dans l'analyse. Mis à part l'illustration de la démarche analytique et de sa méthodologie, l'article met également en lumière des premiers résultats des travaux en cours. En ce qui concerne la durabilité de la performance actuelle dans la région étude de cas, l'analyse au niveau général de la région métropolitaine révèle par exemple des évolutions contrastées avec des performances positives sur les indicateurs de durabilité liés principalement au développement économique et (dans une certaine

mesure) au développement social (par exemple pauvreté, mortalité infantile) et les tendances plutôt négatives à l'égard de la qualité environnementale (par exemple l'utilisation de l'énergie, les émissions de CO₂). La discussion a également un examen plus attentif des performances spécifiques de durabilité de deux des champs inclus ou secteurs: ressources en eau et de services, et des processus de différenciation socio-spatiale. S'appuyant sur la situation actuelle, le papier illustre certains résultats des analyses de scénarios. En prenant l'exemple des processus sociaux de la différenciation spatiale, il examine les tendances futures dans la construction de logements et de sa relation avec les modèles de ségrégation pour chacune des variantes de scénarios. En ce qui concerne le secteur de l'eau, il nous éclaire sur l'accès à l'eau potable et l'assainissement ainsi que sur la situation des eaux pluviales de décharge, et il reflète la disponibilité future des ressources en eau compte tenu des connaissances existantes sur les impacts régionaux des changements climatiques. Une dernière section traite de certains des enseignements et des leçons tirées de l'application de l'approche qui, espérons, prouvent la même source d'inspiration pour les efforts de recherche globale qui se concentrent sur les mégapoles.

Resumen: El desarrollo sostenible de las megaciudades: Un enfoque de la investigación integrador para la Región Metropolitana de Santiago de Chile

Las megaciudades presentan tanto oportunidades como desafíos para alcanzar un desarrollo sostenible. Esta ambivalencia ha llamado y enfocado la atención científica en los últimos años hacia tres direcciones y líneas de interés. Una primera línea toma una perspectiva fenomenológica de la "realidad dramática", es decir, los enormes problemas y déficits de sostenibilidad que se enfrentan en las megaciudades y sus habitantes. Un segundo interés se centra en las emergentes y cambiantes funciones de las grandes aglomeraciones urbanas y su papel en las redes nacionales y mundiales, económicos, políticos y sociales. La tercera línea de interés busca entender las megaciudades desde un punto de la dinámica de los sistemas y su relación con la sostenibilidad, el riesgo y la gobernanza urbana, como contexto. Este artículo está escrito para

promover un mayor debate particularmente en relación con la tercera línea de interés. El punto de partida considera que el gran tamaño, las dinámicas de cambio y la complejidad de las megaciudades requieren novedosos esfuerzos de investigación para proporcionar orientación y aplicación del conocimiento para la sostenibilidad actual y futura. Se presenta un enfoque integrador de la investigación bajo la iniciativa de *Risk Habitat Megacity* (RHM), un ejemplo de investigación aplicada a la Región Metropolitana de Santiago de Chile. Este enfoque, en primer lugar, analiza los actuales niveles de sostenibilidad en base de un conjunto complementario de indicadores establecido para el caso de la Región Metropolitana en general y, más específicamente, para el actual desempeño de sostenibilidad en una amplia gama de los campos o sectores como el transporte, el gestión en uso del suelo, la energía, los recursos hídricos y servicios, los residuos sólidos, la calidad del aire, y los procesos de diferenciación socio-espacial. El concepto integrativo de sostenibilidad de la Asociación Helmholtz que guía el presente análisis consiste en un conjunto de reglas que describen las condiciones mínimas para el desarrollo sostenible el cual que debe ser garantizado para todos los seres humanos que viven en las generaciones presentes y futuras. Este marco permite la aplicación de diferentes contextos y sirve como una herramienta para hacer explícito el desempeño actual de sostenibilidad y el desarrollo de objetivos normativos sobre niveles deseables de sostenibilidad. Basado en las tendencias históricas y la situación actual de sostenibilidad, en segundo lugar, el enfoque de la investigación consiste en un análisis de alternativos escenarios futuros para predecir 'probables' vías de desarrollo. El marco explorativo de los escenarios contiene la identificación de un conjunto de fuerzas que impulsan el desarrollo de toda la Región Metropolitana y, nuevamente, su influencia sobre las posibles tendencias alternativas en aspectos particulares de los ámbitos y sectores incluidos en el análisis. Además de ilustrar el enfoque analítico y su metodología, el artículo también destaca los resultados iniciales de los trabajos en curso. Con respecto al actual desarrollo sostenible en el caso de la región de estudio, el

análisis a nivel general de la Región Metropolitana de Santiago de Chile, revela por ejemplo, contrastes en las tendencias con un positivo desarrollo sostenible sobre los indicadores relacionados principalmente con la economía y (hasta cierto punto) el desarrollo social (por ejemplo, pobreza, tasa de mortalidad infantil) y tendencias más negativas con respecto a la calidad ambiental (por ejemplo, uso de la energía, emisiones de CO₂). El mismo debate presenta una visión más próxima y específica del desarrollo sostenible de dos de los campos o sectores incluidos: recursos hídricos y servicios, y los procesos de diferenciación socio-espacial. Basándose en la situación actual, el documento pasa a ilustrar algunos resultados de los escenarios analizados. Usando el ejemplo de los procesos de diferenciación social-espacial, se examina las tendencias futuras en la construcción de viviendas y su relación con los patrones de segregación para cada uno de los escenarios alternativos. En cuanto al sector del agua, los resultados dan luces sobre el acceso al agua potable y saneamiento, así como sobre la situación de vertimiento de agua lluvia, reflejando la disponibilidad futura de los recursos hídricos y considerando los conocimientos existentes acerca de los impactos regionales del cambio climático. En la última sección se analizan algunas de las ideas y lecciones aprendidas de la aplicación del enfoque. Se espera que este enfoque sirva de inspiración para investigaciones, que están enfocadas en las megaciudades de manera similar, exhaustiva e integrativa.

Dipl.-Volksw. Jürgen Kopfmüller, Dr. Helmut Lehn, Karlsruhe Institute of Technology, Institute for Technology Assessment and Systems Analysis (ITAS), Postfach 3640, 76021 Karlsruhe, juergen.kopfmueeller@kit.edu, helmut.lehn@kit.edu

Prof. Dr. Henning Nuißl, Dr. Kerstin Krellenberg, Dr. Dirk Heinrichs, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung UFZ, Permoserstr. 15, 04318 Leipzig, Germany, henning.nuissl@ufz.de, kerstin.krellenberg@ufz.de, dirk.heinrichs@ufz.de