

Future Cities Laboratory Global



(FCL) FUTURE
CITIES
LABORATORY
GLOBAL

Through science.
By design.
In place.
Over time.



CONTENT

INHALT

1 FCL Global team during the Midterm Review in October 2023 at ETH Zurich.
 FCL Global Team während der Midterm Review im Oktober 2023 an der ETH Zürich.
 FOTO: MAYANK KAUSHAL

- 4** Addressing complex dynamics
 Komplexe Dynamiken adressieren
Prof. Dr. Subodh Mhaisalkar
- 5** Empowering urban stakeholders
 Akteure zum Handeln ermächtigen
Prof. Dr. Christian Wolfrum
- 6** Overview | Übersicht
 Future Cities Laboratory Global
- 8** Interdisciplinary research for innovative methods and tools
 Interdisziplinäre Forschung für innovative Methoden und Tools
Prof. Sacha Menz
- 14** “Knowledge transfer is the key discipline”
 Interview with the FCL directors
 «Wissenstransfer ist die Königsdisziplin»
 Interview mit den FCL-Direktoren
Judit Solt



18 Sustainable urban-rural ecosystems
Nachhaltige Stadt-Land-Ökosysteme
Judit Solt

22 Scarcity, renewable resources,
and material flows
Knappheit, erneuerbare Ressourcen
und Materialflüsse
Paul Knüsel

25 High density, high liveability
Hohe Dichte, hohe Lebensqualität
Judit Solt

28 Resilient infrastructure,
technologies, and strategies
Resiliente Infrastruktur,
Technologien und Strategien
Paul Knüsel

31 FCL Global: an outlook
FCL Global: ein Ausblick
Prof. Dr. Susan Parnell

32 Imprint
Impressum
Members of FCL Global

ADDRESSING COMPLEX DYNAMICS

KOMPLEXE DYNAMIKEN ADRESSIEREN

■ The Future Cities Laboratory (FCL) Global research programme is the leading force in the integration of interdisciplinary research and innovative urban solutions to create sustainable, liveable, and resilient cities. Supported by the four key pillars of foundational science, design, engineering, and governance, over the past 15 years, FCL has successfully brought together experts in fields ranging from urban planning, architecture, social sciences, and environmental sciences to address the complex challenges of urbanisation, healthy living, and climate change.

Cities cover merely 2% of the earth's surface, house close to 50% of the world's population, and cause more than 70% of global CO₂ emissions. Yet, cities are the most efficient of our settlements. Key areas of exploration of the FCL team include urban dynamics, mobility, sustainability, resilience, socio-economic systems, as well as policy and governance. The researchers have worked with government agencies to develop innovative strategies. The main outcomes include pioneering work in simulation and modelling, in particular digital twins. These methodologies offer an invaluable tool for urban planners to investigate the impacts of urban sprawl, densification, and mobility, amongst others. An important contribution has been capacity building by training future urban leaders and practitioners. The tools and knowledge that the more than 300 alumni of FCL have been equipped with empower them to implement sustainable practices and help to build a community of informed stakeholders.

FCL's main accomplishment lies in its holistic approach to urban planning. However, by 2050, more than 60% of the world's population is expected to live in the tropics and will be challenged by rising ambient temperatures, extreme weather events, and inequalities. Thus, the work of FCL in many ways is just beginning. The team is working on innovative solutions that will be transformative and have tangible long-term impact. In congratulating the team on their success so far, I believe the best is yet to come.

Prof. Dr. Subodh Mhaisalkar, National Research Foundation Singapore, Executive Director for Academic Research

■ Das Forschungsprogramm Future Cities Laboratory (FCL) Global ist führend bei der Integration interdisziplinärer Forschung und innovativer urbaner Lösungen zur Schaffung nachhaltiger, lebenswerter und resilienter Städte. Basierend auf Grundlagenforschung, Design, Ingenieurwesen und Governance, brachte FCL in den letzten 15 Jahren erfolgreich Fachleute aus Stadtplanung, Architektur, Sozial- und Umweltwissenschaften zusammen, um komplexe Herausforderungen der Urbanisierung, des Klimawandels und eines gesunden Lebensraums anzugehen.

Städte bedecken zwar nur 2% der Erdoberfläche, beherbergen jedoch fast 50% der Weltbevölkerung und verursachen über 70% der globalen CO₂-Emissionen. Dennoch sind sie unsere effizienteste Siedlungsform. Die Forschungsschwerpunkte des FCL-Teams umfassen urbane Dynamiken, Mobilität, Nachhaltigkeit, Resilienz, sozioökonomische Systeme sowie Politik und Governance. In Zusammenarbeit mit Regierungsbehörden wurden innovative Strategien entwickelt, wobei zentrale Ergebnisse Pionierarbeit in den Bereichen Simulation und Modellierung, insbesondere Digitale Zwillinge, umfassen. Diese Methoden bieten Stadtplanerinnen und -planern ein wertvolles Werkzeug für die Analyse der Auswirkungen von Urbanisierung, Verdichtung und Mobilität. Ein zentraler Beitrag von FCL liegt im Capacity Building – der Ausbildung künftiger Führungskräfte und Fachleute. Die über 300 Alumni wurden mit den erforderlichen Instrumenten und Fachkenntnissen ausgestattet, um nachhaltige Praktiken umzusetzen und eine Gemeinschaft informierter Akteure aufzubauen.

Die grösste Errungenschaft von FCL ist sein ganzheitlicher Ansatz in der Stadtplanung. Bis 2050 wird voraussichtlich mehr als 60% der Weltbevölkerung in den Tropen leben und mit steigenden Temperaturen, extremen Wetterereignissen und wachsenden Ungleichheiten konfrontiert sein. In vielerlei Hinsicht steht die Arbeit von FCL also erst am Anfang. Das Team entwickelt innovative Lösungen, die transformative und langfristig wirksame Veränderungen herbeiführen werden. Ich gratuliere dem Team zu seinen bisherigen Erfolgen und bin überzeugt: Das Beste kommt erst noch.

Prof. Dr. Subodh Mhaisalkar, National Research Foundation Singapur, Geschäftsführender Direktor für Akademische Forschung

EMPOWERING URBAN STAKEHOLDERS

AKTEURE ZUM HANDELN ERMÄCHTIGEN

■ As one of the world's leading institutions in technology and science, ETH Zurich is dedicated to pushing the boundaries of innovation to tackle society's most pressing challenges. The Future Cities Laboratory (FCL) Global programme at the Singapore-ETH Centre is a pioneering initiative, embodying a multidisciplinary approach to reimagining urban spaces for the future. Cities around the world face many challenges, including urban growth, climate change, resource management, social equity, and infrastructure development. FCL Global has adopted the mission to address these challenges, leveraging on ETH Zurich's foundation in both cutting-edge basic and translational research.

In the last years, FCL Global has developed new paradigms and models for sustainable urban living that consider ecological limitation while maximising human well-being. By fostering collaboration between architects, engineers, urban planners, ecologists, and social scientists, the initiative has managed to create holistic and integrative solutions that address the complexity of urban systems.

Another success factor has been the integration of digitalisation, focusing on smart city technologies that enhance urban efficiency, improve public services, and increase resilience to environmental stresses. Through collaboration with global partners, these insights are aligned with global best practices, ensuring that solutions are not only innovative, but also adaptable to different urban contexts.

Moreover, FCL Global has served as a centre for educating the next generation of experts in the field of urban planning, who will envision and build the cities of tomorrow, equipped with the tools and knowledge necessary to drive sustainable urban transformation. In summary, FCL Global at ETH Zurich and in Singapore is a prime example of research that connects a host of disciplines to drive innovation for the benefit of society. In my opinion, this is the future of excellence in research and innovation.

Prof. Dr. Christian Wolfrum, ETH Zurich, Vice President for Research, member of the Executive Board

■ Als eine der weltweit führenden Institutionen in Technologie und Wissenschaft setzt sich die ETH Zürich dafür ein, die Grenzen der Innovation zu verschieben, um die dringendsten gesellschaftlichen Herausforderungen zu bewältigen. Das Future Cities Laboratory (FCL) Global Programm am Singapore-ETH Centre ist eine bahnbrechende Initiative, die einen multidisziplinären Ansatz zur Neugestaltung urbaner Räume für die Zukunft verkörpert. Weltweit stehen Städte vor grossen Herausforderungen wie Wachstum, Klimawandel, Ressourcenmanagement, soziale Gerechtigkeit und Infrastrukturentwicklung. FCL hat es sich zur Aufgabe gemacht, diese anzugehen und baut dabei auf das Fundament der ETH Zürich in der Grundlagen- und translationalen Forschung.

In den letzten Jahren hat FCL neue Paradigmen und Modelle für ein nachhaltiges urbanes Leben entwickelt, die ökologische Grenzen berücksichtigen und das menschliche Wohlbefinden maximieren. Durch die Förderung der Zusammenarbeit zwischen Architektinnen, Ingenieuren, Stadtplanerinnen, Ökologen und Sozialwissenschaftlerinnen gelang es, ganzheitliche, integrative Lösungen zu entwickeln, die der Komplexität urbaner Systeme gerecht werden.

Ein weiterer Erfolgsfaktor war die Integration der Digitalisierung: Der Schwerpunkt lag auf Smart-City-Technologien, die die urbane Effizienz steigern, die öffentlichen Dienstleistungen verbessern und die Resilienz gegenüber Umweltbelastungen erhöhen. Durch die Zusammenarbeit im Rahmen internationaler Partnerschaften werden Erkenntnisse mit globalen Best Practices verknüpft, so dass Lösungen nicht nur innovativ, sondern auch an unterschiedliche urbane Kontexte anpassbar sind.

Darüber hinaus dient FCL als Zentrum für die Ausbildung der nächsten Generation von Expertinnen und Experten, die die Städte von morgen planen und bauen – ausgestattet mit den Werkzeugen und dem Wissen, die für eine nachhaltige urbane Transformation notwendig sind. FCL an der ETH Zürich und in Singapur ist ein Paradebeispiel für Forschung, die eine Vielzahl von Disziplinen miteinander verbindet, um Innovationen zum Wohl der Gesellschaft voranzutreiben. Meiner Meinung nach ist dies die Zukunft der Exzellenz in Forschung und Innovation.

Prof. Dr. Christian Wolfrum, ETH Zürich, Vizepräsident für Forschung, Mitglied der Schulleitung



FUTURE CITIES LABORATORY GLOBAL

INTEGRATION AND STRATEGIES

ACP → 27 ARCHITECTURAL COGNITION IN PRACTICE

ACP integrates architectural cognition into design through collaboration between scientists and practitioners. By combining behavioural studies with design research, it improves design processes and outcomes. Comparative case studies in Singapore, Zurich, and internationally provide context-specific insights and generalisable findings.

ACP integriert die architektonische Wahrnehmung in den Entwurf durch die Zusammenarbeit von Wissenschaft und Praxis. Durch die Kombination von Verhaltensstudien und Entwurfsforschung werden Entwurfsprozesse und -ergebnisse verbessert. Fallstudien in Singapur, Zürich und weiteren Orten weltweit liefern kontextspezifische Einblicke und verallgemeinerbare Erkenntnisse.



SUE → 29 SEMANTIC URBAN ELEMENTS

SUE asks how geo-data science and semantic web technologies (SWT) applied to urban design and computational social science approaches can be harnessed to achieve sustainable, resilient, and liveable cities.

SUE geht der Frage nach, wie Geodatenwissenschaft und Semantische Webtechnologien (SWT) auf die Stadtgestaltung angewandt und computergestützte sozialwissenschaftliche Ansätze genutzt werden können, um nachhaltige, resiliente und lebenswerte Städte zu schaffen.



EFF → 26 RESOURCE-EFFICIENT URBAN INTENSIFICATION

EFF derives strategies for urban intensification based on the complex interplay between human activities and built space. Linking urban economics and urban design enables the development of site-specific design measures that improve the resource-conserving function of urban regions while maintaining a high quality of life for their citizens.

EFF entwickelt Strategien für die «Intensivierung» von Städten, basierend auf dem Zusammenspiel von menschlichen Aktivitäten und gebautem Raum. Die Verknüpfung ökonomischer und soziologischer Ansätze ermöglicht die Entwicklung ortsspezifischer Gestaltungsmassnahmen für einen effizienteren Ressourcenverbrauch der Stadt und ein qualitativ hochwertiges Lebens- und Wohnumfeld.



TOOLS AND PLATFORMS

EPP ENGAGEMENT PLATFORM



The Engagement Platform is a cyber-physical space that facilitates interaction, collaboration, synergy, and exchange among the different elements of the Future Cities Laboratory Global ecosystem and provides an open stage for external stakeholders to share views, trends, knowledge, experiences, and data.

Die Engagement-Plattform ist ein cyber-physischer Raum, der Interaktionen und Kooperationen, Synergien und den Austausch zwischen den verschiedenen Elementen des globalen Ökosystems von Future Cities Laboratory Global erleichtert und externen Akteurinnen und Akteuren eine offene Bühne für den Austausch von Ansichten, Trends, Wissen, Erfahrungen und Daten bietet.

FOOD AND TERRITORIES

RES → 30 RESILIENT BLUE-GREEN INFRASTRUCTURES

RES aims to design blue-green infrastructures that improve water efficiency, reduce flooding, support food production, mitigate heat islands, enhance biodiversity, and provide jobs. By integrating nature-based stormwater management, it enhances urban resilience to climate change and population growth.

RES zielt darauf ab, blaue und grüne Infrastrukturen zu entwickeln, die die Wassereffizienz verbessern, Hochwasserereignisse reduzieren, die Nahrungsmittelproduktion unterstützen, Hitzeinseln eindämmen, die Artenvielfalt fördern und Arbeitsplätze schaffen. Durch Einführung einer naturbasierten Regenwasserbewirtschaftung werden Städte resilienter gegen die Auswirkungen des Klimawandels und des Bevölkerungswachstums.



AGR → 20 AGROPOLITAN TERRITORIES OF MONSOON ASIA

AGR addresses the unsustainable relationship between urbanisation and food production in monsoon Asia. It aims to develop an “agropolitan” outlook on this challenge, emphasising the interdependence of future cities and future agriculture.

AGR befasst sich mit der nicht nachhaltigen Beziehung zwischen Urbanisierung und Nahrungsmittelproduktion im asiatischen Monsungebiet. Es zielt darauf ab, eine «agropolitane» Sichtweise auf diese Herausforderung zu entwickeln, die die gegenseitige Abhängigkeit von Städten und Landwirtschaft in der Zukunft in den Vordergrund stellt.



NEW → 21 → 23 NEW URBAN AGENDAS UNDER PLANETARY URBANISATION

NEW analyses processes of extended urbanisation in agricultural areas, exploring their urban potential and formulating concrete design strategies and governance models for sustainable futures, covering agri-urbanism, novel soil ecologies, ecosystem services, and the impacts of renewable energy production.

NEW analysiert Prozesse der erweiterten Verstädterung in landwirtschaftlich genutzten Gebieten, untersucht deren urbanes Potenzial und formuliert konkrete Gestaltungsstrategien und Governancemodelle für eine nachhaltige Zukunft, die Agri-Urbanismus, neuartige Bodenökologien, Ökosystemdienstleistungen und die Auswirkungen von erneuerbarer Energieproduktion umfassen.



CYCLES AND DISTRICTS

CFC → 23 CIRCULAR FUTURE CITIES

A transition to a circular economy, in which used materials may become valuable resources for a new production cycle, is urgently needed. CFC develops integrated frameworks and tools for informing the design, construction, and management of circular buildings and for more effective resource solutions.

Der Übergang zu einer Kreislaufwirtschaft, in der gebrauchte Materialien zu wertvollen Ressourcen für einen neuen Produktionszyklus werden, ist dringend erforderlich. CFC entwickelt integrierte Rahmenwerke und Instrumente für den Entwurf, den Bau und das Management von zirkulären Gebäuden und für effektivere Ressourcenlösungen.



DEN → 26 DENSE AND GREEN CITIES

DEN explores sustainable integrated districts (SIDs) as models for high-density, high-liveability cities of the future, by studying urban innovations and systems solutions that are deployed and integrated at the district scale. It works closely with important stakeholders from government and industry.

DEN erforscht nachhaltige, integrierte Stadtteile (SIDs) als Modelle für zukünftige Städte mit hoher Dichte und Lebensqualität, indem es urbane Innovationen und Systemlösungen untersucht, die auf der Ebene von Stadtteilen eingesetzt und integriert werden. DEN arbeitet eng mit wichtigen Akteurinnen und Akteuren aus Behörden und Industrie zusammen.



INFRASTRUCTURE AND ECOLOGIES

AMI → 29 ADAPTIVE MOBILITY, INFRASTRUCTURE, AND LAND USE

AMI aims for a resilient, adaptive system integrating mobility, land use, and infrastructure. It uses social network surveys, novel spatial models, and decision-making methods to develop adaptive plans for cities, focusing on long-term goals like carbon neutrality and the 45-minute city by 2050.

AMI strebt ein resilientes, adaptives System an, das Mobilität, Raumnutzung und Infrastruktur integriert. Es nutzt Erhebungen über soziale Netzwerke, neuartige räumliche Modelle und Entscheidungsfindungsmethoden, um anpassungsfähige Pläne für Städte zu entwickeln; der Fokus liegt auf langfristigen Zielen wie Netto-Null und 45-Minuten-Stadt bis 2050.



SEA → 19 THE SEA-CITY INTERFACE

SEA focuses on the sea-city fringes in rapidly urbanising cities in tropical Asia to understand how climate change impacts the urban population in relation to the built environment, and to promote climate-informed planning processes for tropical coastal cities based on a multi-hazard perspective.

SEA konzentriert sich auf die Küstengebiete von schnell wachsenden Städten im tropischen Asien, um zu verstehen, wie sich der Klimawandel auf die städtische Bevölkerung und die gebaute Umwelt auswirkt, und um klimainformierte Planungsprozesse für tropische Küstenstädte auf der Grundlage einer Multi-Hazard-Perspektive zu fördern.



POW → 23 POWERING THE CITY

The goal of POW is to efficiently reduce energy consumption and increase solar energy production in cities while minimising greenhouse gas emissions. The large-scale deployment of building-integrated photovoltaic is assessed in urban contexts under different climatic, socio-economic, and architectural conditions.

Das Ziel von POW ist die effiziente Senkung des Energieverbrauchs und die Steigerung der Solarenergieproduktion in Städten bei gleichzeitiger Minimierung der Treibhausgasemissionen. Geprüft wird der großflächige Einsatz von gebäudeintegrierter Photovoltaik in städtischen Kontexten unter verschiedenen klimatischen, sozioökonomischen und architektonischen Bedingungen.



BIO → 24 URBAN BIOCYCLES MYCELIUM DIGITALISATION

BIO develops new sustainable technologies through the biofabrication of mycelium-bound composites (MBCs) using local raw materials and digital fabrication methods. The properties of these materials are determined, and the methods are evaluated for sustainability and suitability for potential applications in the construction sector.

BIO entwickelt neue nachhaltige Technologien durch die Biofabrikation von myzelgebundenen Verbundwerkstoffen unter Verwendung lokaler Rohstoffe und digitaler Fertigungsmethoden. Die Eigenschaften dieser Materialien werden bestimmt und die Methoden auf Nachhaltigkeit und Eignung für mögliche Anwendungen im Bausektor bewertet.

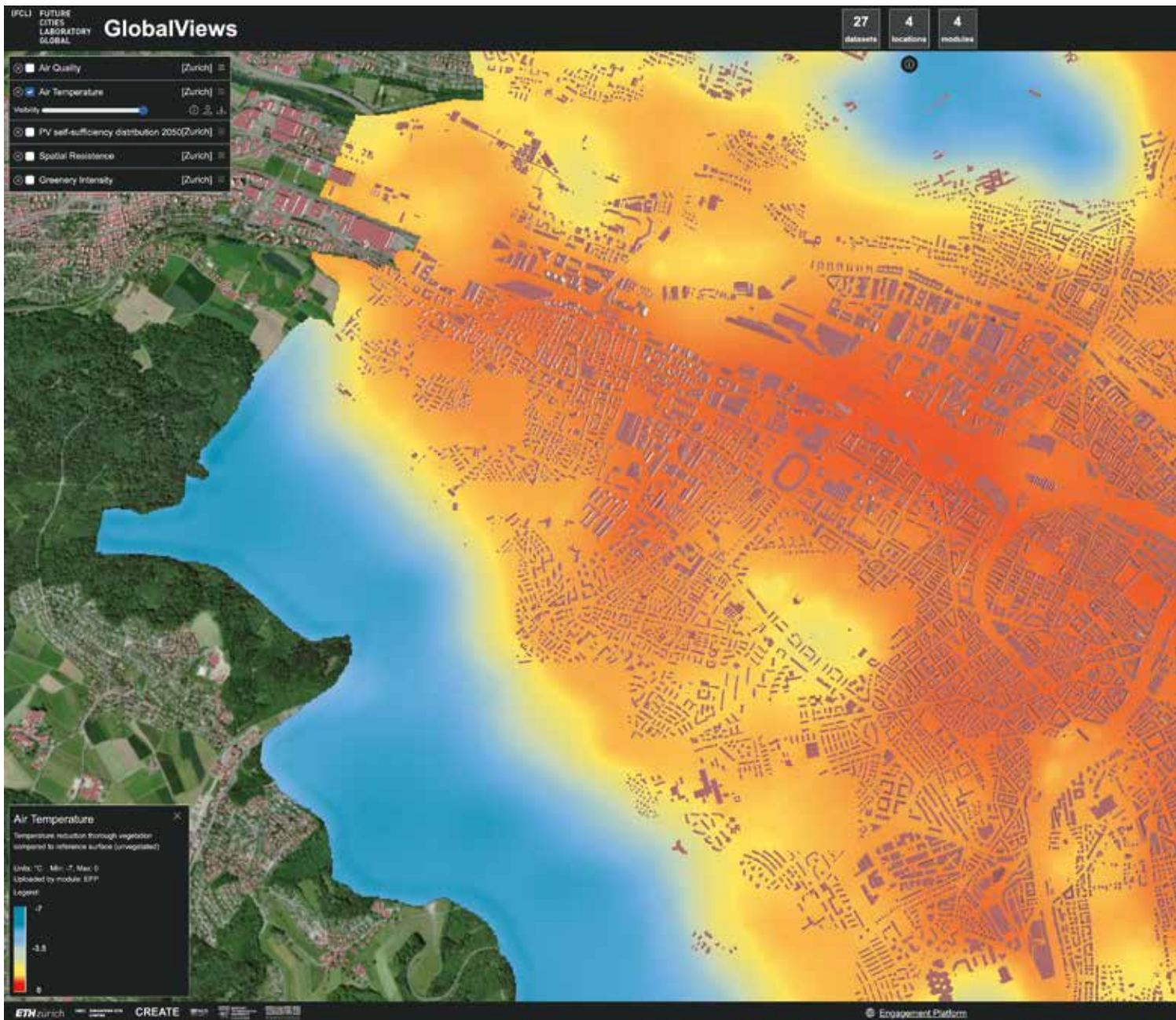


CEC → 19 COMPARATIVE ECOLOGY OF CITIES

CEC explores the relationship between urban patterns, processes, and functions to advance urban planning. It examines how human settlement patterns shape social and ecological processes, which in turn influence key urban functions like social relations, mobility, and the environment. The goal is to guide sustainable urbanisation.

CEC erforscht die Beziehung zwischen städtischen Mustern, Prozessen und Funktionen, um die Stadtplanung voranzubringen. Es wird untersucht, wie menschliche Siedlungsmuster soziale und ökologische Prozesse prägen, die wiederum wichtige städtische Funktionen wie soziale Beziehungen, Mobilität und die Umwelt beeinflussen. Ziel ist es, eine nachhaltige Urbanisierung zu fördern.





INTERDISCIPLINARY RESEARCH FOR INNOVATIVE METHODS AND TOOLS

INTERDISZIPLINÄRE FORSCHUNG FÜR INNOVATIVE METHODEN UND TOOLS

Through science. By design.
In place. Over time. Future
Cities Laboratory addresses the
complex challenges of
sustainable and liveable urban
development.

Through science. By design.
In place. Over time. Future
Cities Laboratory stellt sich den
komplexen Herausforderungen
einer nachhaltigen und
lebenswerten Stadtentwicklung.



2 FCL Global Views is a web-based platform designed to visualise and analyse geo-referenced data generated by the FCL Global research and shared by our partners and collaborators. It serves as a vital tool for examining the multiple layers and networks that contribute to urban complexity.

FCL Global Views ist eine webbasierte Plattform zur Visualisierung und Analyse georeferenzierter Daten, die im Rahmen der FCL Global-Forschung erstellt und von unseren Kollaborationspartnern zur Verfügung gestellt wurde. Sie ist ein wichtiges Instrument zur Untersuchung der verschiedenen Ebenen und Netzwerke, die zur Komplexität der Städte beitragen.

SOURCE | QUELLE: GLOBALVIEWS.FUTURECITIESLAB.WORLD

The laboratory

Future Cities Laboratory (FCL) is a pioneering international research laboratory dedicated to addressing the multifaceted challenges of urbanisation through interdisciplinary research. Since its establishment in 2010 in Singapore, FCL has advanced through Phases I and II, solidifying its reputation as a leading force in urban science under the auspices of the Singapore-ETH Centre (SEC). The current Phase III, FCL Global, was established in December 2020 and operates across two hubs in Singapore and Zurich. This expansion harnesses the unique regional insights from Asia, building on the foundation laid by the existing FCL in Singapore, and incorporates perspectives from Europe, based at ETH Zurich, to enhance its research and approach with a broader range of viewpoints. We are now approaching the next phase, planned to start in summer of 2026: Phase IV.

«The laboratory»

Future Cities Laboratory (FCL) ist ein wegweisendes internationales Forschungslabor, das die vielfältigen Herausforderungen der Urbanisierung durch interdisziplinäre Forschung adressiert. Seit seiner Gründung im Jahr 2010 in Singapur hat das FCL die Phasen I und II durchlaufen und sich unter der Schirmherrschaft des Singapore-ETH Centre (SEC) als weltweit führende Kraft in der Stadtforschung etabliert. Die aktuelle Phase III, FCL Global, wurde im Dezember 2020 ins Leben gerufen und operiert über zwei Hubs in Singapur und Zürich. Diese Erweiterung baut auf dem Fundament des bestehenden FCL in Singapur auf und nutzt dessen einzigartige regionale Einblicke aus Asien; sie bezieht aber auch neue, an der ETH Zürich angesiedelte Perspektiven aus Europa mit ein. Auf diese Weise werden die Forschung und der Ansatz mit einem breiteren Spektrum an

Cities, as integral components of settlement systems, are recognised as complex and interconnected networks. The mission of FCL is to explore the emergence, self-organisation, and collective behaviour within these systems – phenomena that defy simple explanations when viewed in isolation.

Settlement systems

Our approach is based on the concept of settlement systems to capture the expanding, multi-scale, and networked realities of contemporary urbanisation. While the concept of the city remains essential for understanding urban dynamics, it is increasingly inadequate for grasping the complexity of modern urbanisation. We have adopted the term “settlement system” to better capture the diverse and interconnected scales of urbanisation today and to provide a framework for addressing the challenges they pose and advancing sustainable urban forms for the future. Settlement systems encompass both local and non-local habitats, such as neighbourhoods, suburbs, cities, hinterlands, and ecosystems – as well as the flows that sustain them, including water, energy, capital, and people.

The term integrates spatial and temporal dimensions: the seasonality of agricultural production, the ebb and flow of commuter traffic over daily or weekly cycles, the lifecycle of a neighbourhood, and the impacts of climate change on ecosystems. This approach allows for a comprehensive understanding of the dynamic processes shaping urbanisation, with the aim of fostering more resilient and sustainable settlement patterns.

Policymaking

Policymaking can be seamlessly integrated into the concept by adopting a systems-based, iterative, and context-sensitive approach that mirrors the complexity science and settlement systems framework of FCL. Below is a detailed explanation of how policymaking aligns with the key elements of “Through science. By design. In place. Over time.”. FCL pursues three main objectives:

Understanding: investigating how complex urban systems function and interact with one another.

Developing solutions: identifying novel methods to better comprehend and regulate such systems.

Addressing real-world challenges: applying this knowledge to tackle concrete issues in fields such as urban planning, energy, and mobility.

With this holistic approach, the programme brings together experts from diverse disciplines and fosters innovative solutions for the challenges of the city of the future.

Sichtweisen bereichert. Nun nähern wir uns der nächsten Phase, die im Sommer 2026 beginnen soll: FCL IV.

FCL Global begreift Städte als integrale Bestandteile von Siedlungssystemen, als komplexe und miteinander verbundene Netzwerke. Die Mission besteht darin, die Entwicklung, die Selbstorganisation und das kollektive Verhalten innerhalb unterschiedlicher urbaner Systeme zu erforschen – Phänomene, die sich einfachen Erklärungen entziehen, wenn sie einzeln und isoliert betrachtet werden.

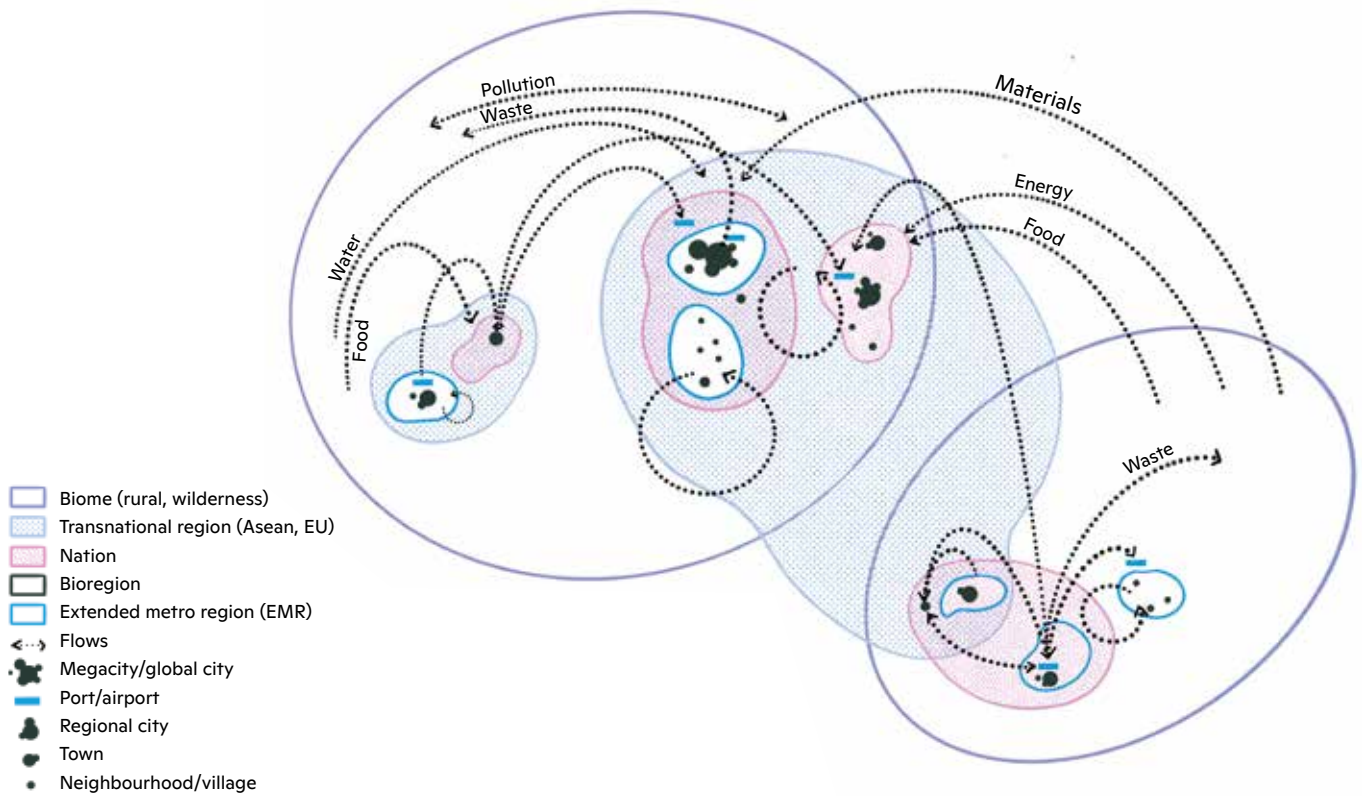
Siedlungssysteme

Der Forschungsansatz basiert auf der Betrachtung von Siedlungssystemen (settlement systems), um die sich in Expansion befindlichen, vielschichtigen und vernetzten Realitäten heutiger Urbanisierungsfragen effektiver zu erfassen. Das etablierte Stadtkonzept, das sich für das Verständnis urbaner Dynamiken bis heute bewährt hat, erweist sich zunehmend als unzureichend, um den hohen Grad an Komplexität heutiger Urbanisierungsformen zu begreifen. Der Begriff «Siedlungssystem» wurde gewählt, um die vielfältigen und miteinander verknüpften Dimensionen der heutigen Urbanisierung besser zu erfassen und einen Rahmen für die Bewältigung der damit verbundenen Herausforderungen und die Förderung nachhaltiger städtischer Formen für die Zukunft zu schaffen. Siedlungssysteme umfassen sowohl lokale als auch nicht-lokale Lebensräume – wie Nachbarschaften, Vororte, Städte, das Hinterland und Ökosysteme – sowie deren lebenserhaltende Ströme, einschliesslich Wasser, Energie, Kapital und Menschen.

In diesem Kontext integriert der Begriff räumliche und zeitliche Dimensionen: die Saisonalität der landwirtschaftlichen Produktion, das Auf und Ab des Pendlerverkehrs über Tages- oder Wochenzyklen, den Lebenszyklus eines Quartiers und die Auswirkungen des Klimawandels auf unser Ökosystem. Dieser Ansatz ermöglicht ein umfassendes Verständnis der beschriebenen dynamischen Prozesse, die die Urbanisierung prägen – mit dem Ziel, zeitgemässe, resiliente und nachhaltige Siedlungsmuster zu realisieren.

Gesetzgeberische Aspekte

Nebst den beschriebenen Aspekten der Grundlagenforschung konzentriert sich das Programm darauf, wissenschaftliche Erkenntnisse in die Praxis zu übersetzen. Den Prozess des «Policymakings» (gesetzgeberische Aspekte) verstehen wir als systembasierten, iterativen und kontextsensitiven Ansatz, der die Forschungsergebnisse durch den Einsatz wissenschaftlicher Methoden und die Integration von Entwurfsprozessen, am jeweiligen Ort und innerhalb eines definieren Zeitfensters in geltende Regeln zu übersetzen vermag – «Through science. By design. In place. Over time.». FCL verfolgt dabei drei Hauptziele:



3 An understanding of urban centres as integral components of a settlement system, where dynamic flows interconnect surrounding hinterlands and interlands at the municipal, regional, and national levels.

Das Verständnis von städtischen Zentren als integrale Bestandteile eines Siedlungssystems, in dem dynamische Ströme das umgebende Umland und das Binnenland auf kommunaler, regionaler und nationaler Ebene miteinander verbinden.

ILLUSTRATION: IDEA INK

Complex systems

Complex systems, encompassing domains as varied as ecosystems, social networks, financial markets, and urban environments, are characterised by interactions among numerous agents or elements, leading to unpredictable outcomes and emergent properties. The FCL programme employs a range of theoretical and computational tools – including mathematical modelling, network theory, and agent-based simulations – to investigate the dynamics and principles governing these systems. Key areas of focus include feedback loops, non-linearity, resilience, adaptation, integration, transformation, and the exploration of system boundaries.

The objective of studying the complexity of cities is threefold: to gain deeper insights into the behaviour of complex systems, to develop innovative methodologies for understanding and managing them, and to solve real-world problems across multiple domains. The programme takes a holistic approach to uncover the intricate nature of complex systems, promoting interdisciplinary deep collaboration and fostering innovative thinking.

Verstehen: Wie funktionieren komplexe urbane Systeme und wie beeinflussen sie sich gegenseitig?

Lösungsansätze entwickeln: Neue Methoden finden, um solche Systeme besser zu begreifen und zu steuern.

Praktische Probleme lösen: Mit dem Wissen konkrete Herausforderungen angehen, z. B. im Bereich Stadtplanung, Energie oder Mobilität.

Mit diesem ganzheitlichen Ansatz bringt das Programm Fachleute aus unterschiedlichen Disziplinen zusammen und regt dazu an, über innovative Lösungen für die Herausforderungen der Stadt der Zukunft nachzudenken.

Komplexe Systeme

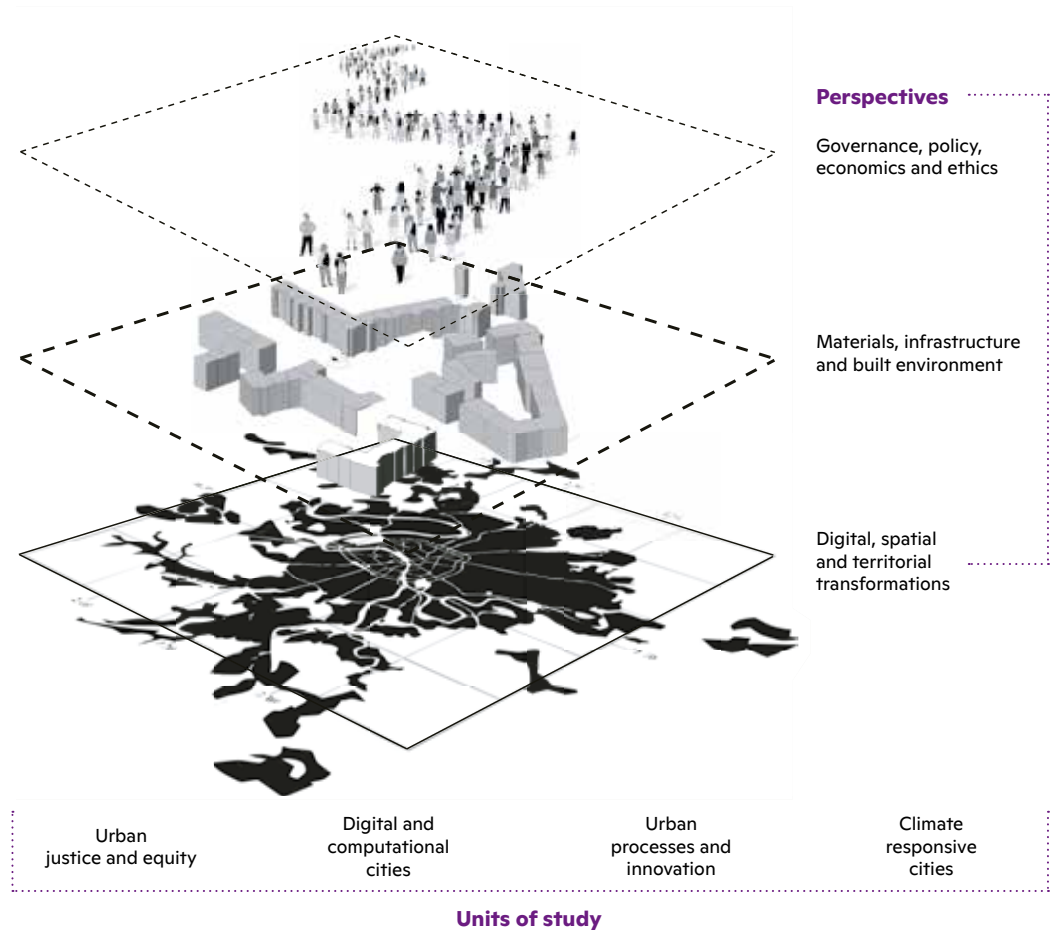
Die traditionelle Stadtforschung versucht komplexe urbane Herausforderungen auf reduktionistische Modelle zu vereinfachen, wodurch das komplexe Netz von Abhängigkeiten vernachlässigt wird. Dieser Ansatz kann zu Lösungen führen, die die nuancierten Wechselwirkungen innerhalb urbaner Systeme nicht berücksichtigen – eine Lücke, die das FCL schließen will.

Komplexe Systeme finden sich in vielen Bereichen, zum Beispiel in Ökosystemen, sozialen Netzwerken, Finanzmärkten oder in Städten. Sie zeichnen sich dadurch aus, dass viele Elemente

4 The Future Cities Laboratory's rationale operates across multiple scales and intervention units, integrating dimensions such as people and policy instruments, building systems, as well as urban and territorial transformations.

Das Future Cities Laboratory arbeitet auf mehreren Massstabsebenen und Interventionseinheiten und integriert dabei verschiedene Dimensionen wie Menschen und politische Instrumente, Gebäudesysteme sowie urbane und territoriale Transformationen.

ILLUSTRATION: JULIO PAULOS, JOANNA SLEIGH



Contributions

FCL Global makes significant contributions to urban studies and policymaking in the following areas.

Urban planning: The programme provides urban planners and decision-makers with a deeper understanding of the dynamic nature of cities. Insights into the complex interactions between urban systems – such as transportation, housing, and energy – enable planners to make informed decisions to enhance resilience and sustainability.

Data analysis and prediction: By leveraging big data and advanced analytics, complexity science can identify patterns within urban systems, enabling improved prediction and management of challenges such as climate change, ageing populations, and traffic congestion through modelling. This is essential for optimising resource management, energy efficiency, public services, and decision-making in the sustainable development of cities.

Social dynamics: Cities are centres of social complexity. The programme illuminates social networks, cultural patterns, and socio-economic behaviours, helping policymakers to foster urban development and address issues such as inequality and community engagement. The research is context-sensitive, taking into account the unique spatial, ecological, and socio-cultural realities of a given region. FCL's dual hubs in Singapore and Zurich provide a model for integrating diverse regional perspectives into policymaking, ensuring that solutions are locally relevant while addressing global urban challenges.

miteinander interagieren und dabei Ergebnisse entstehen, die schwer vorherzusagen sind. Solche Systeme entwickeln oft neue Eigenschaften, die man nicht erwarten würde, wenn man nur die einzelnen Teile betrachtet.

FCL verwendet eigens entwickelte Werkzeuge, um unterschiedliche Systeme zu untersuchen. Dazu gehören mathematische Modelle, Netzwerktheorie, der Einsatz von künstlicher Intelligenz und Simulationen, die zeigen, wie die Teile eines Systems miteinander interagieren. Dabei konzentriert sich die Forschung auf wichtige Aspekte wie Rückkopplung (Wechselwirkungen im System), Nichtlinearität (wenn kleine Veränderungen grosse Auswirkungen haben können), Anpassungsfähigkeit und die Grenzen solcher Systeme.

Unsere Beiträge

FCL Global leistet bedeutende Beiträge zur Stadtforschung und zu deren Übersetzung in praxistaugliche Anwendungen in folgenden Bereichen:

Stadt- und Raumplanung: Das Programm vermittelt Stadt- und Raumplanern sowie Entscheidungsträgerinnen ein tieferes Verständnis der dynamischen Entwicklungen in Städten. Es bietet Einblicke in komplexe Interaktionen zwischen unterschiedlichen Bereichen wie Verkehr, Wohnen und Energie. So können fundierte Entscheidungen getroffen werden, die die Nachhaltigkeit unserer Städte stärken.

Datenanalyse und Prognosen: Mithilfe von Datenanalyse sowie dem Einsatz von künstlicher Intelligenz (KI) können sich wiederholende Muster

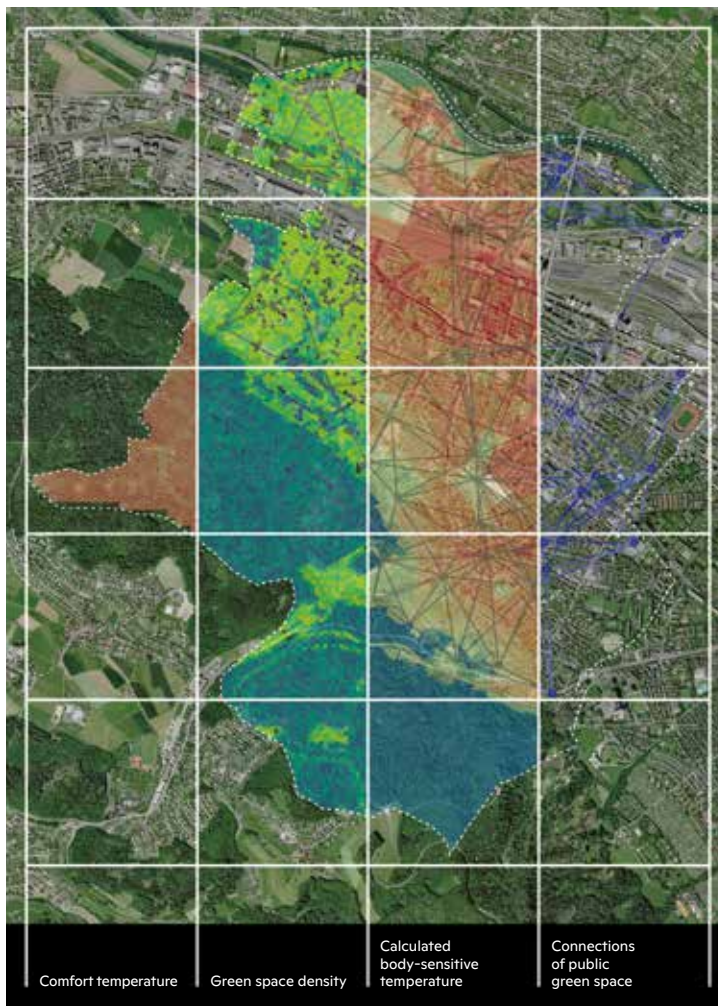
The programme serves as a guide for navigating the complexity of urban development and its hinterlands, offering innovative solutions for shaping more resilient, adaptive, and thriving urban environments.

The value

Our research programme aims to bridge the gap between traditional urban planning and future challenges by directly addressing the complexities of contemporary urban growth. Its interdisciplinary approach and innovative analytical tools contribute to a more comprehensive understanding of urban dynamics and provide practical solutions for the development of our living environments. The integration of legislative aspects into the programme facilitates the formulation of data-driven, inclusive, context-specific, and adaptive policies. This approach ensures that policies not only address current urban challenges, but also anticipate and respond to future complexities. In doing so, it improves the quality of urban life through the lens of resilience and sustainability.

Amidst all this complexity, the most important perspective is the human one!

Prof. Sacha Menz, FCL Executive Director



identifiziert werden. So können beispielsweise Herausforderungen wie Klimawandel, alternde Bevölkerungen oder Verkehrsbelastungen besser prognostiziert und gehandhabt werden. Dieser Ansatz optimiert Ressourcenmanagement und Energieeffizienz innerhalb öffentlicher und privater Dienstleistungsbereiche.

Soziale Dynamik: Städte sind Zentren sozialer Komplexität. Wir analysieren soziale Netzwerke, kulturelle Muster und wirtschaftliche Verhaltensweisen. Entscheidungsträger werden dabei unterstützt, Ungleichheiten zu verringern, Werte von Gemeinschaften zu stärken und damit neue Entwicklungsansätze zu fördern.

Der Mehrwert

Unser Forschungsprogramm zielt darauf ab, die Kluft zwischen traditioneller Stadtplanung und zukünftigen Herausforderungen zu überbrücken, indem es sich mit der Komplexität heutigen Wachstums gezielt auseinandersetzt. Der vorgestellte interdisziplinäre Ansatz und seine innovativen Analysewerkzeuge tragen zu einem umfassenderen Verständnis urbaner Dynamiken bei und bieten praktische Lösungen für die Entwicklung unserer Lebensräume. Die Integration gesetzgeberischer Aspekte in das Programm hilft dabei, datenbasierte, inklusive, kontextbezogene und anpassungsfähige Richtlinien darzustellen. Dieser Ansatz stellt sicher, dass politische Massnahmen nicht nur aktuelle städtische Herausforderungen bewältigen, sondern auch zukünftige Komplexitäten antizipieren und darauf eingehen können. Dies trägt zur Steigerung urbaner Lebensqualität unter dem Blickwinkel der Resilienz und Nachhaltigkeit bei.

Mitten in all der Komplexität bleibt die wichtigste Perspektive: der Mensch!

Prof. Sacha Menz, FCL Executive Director

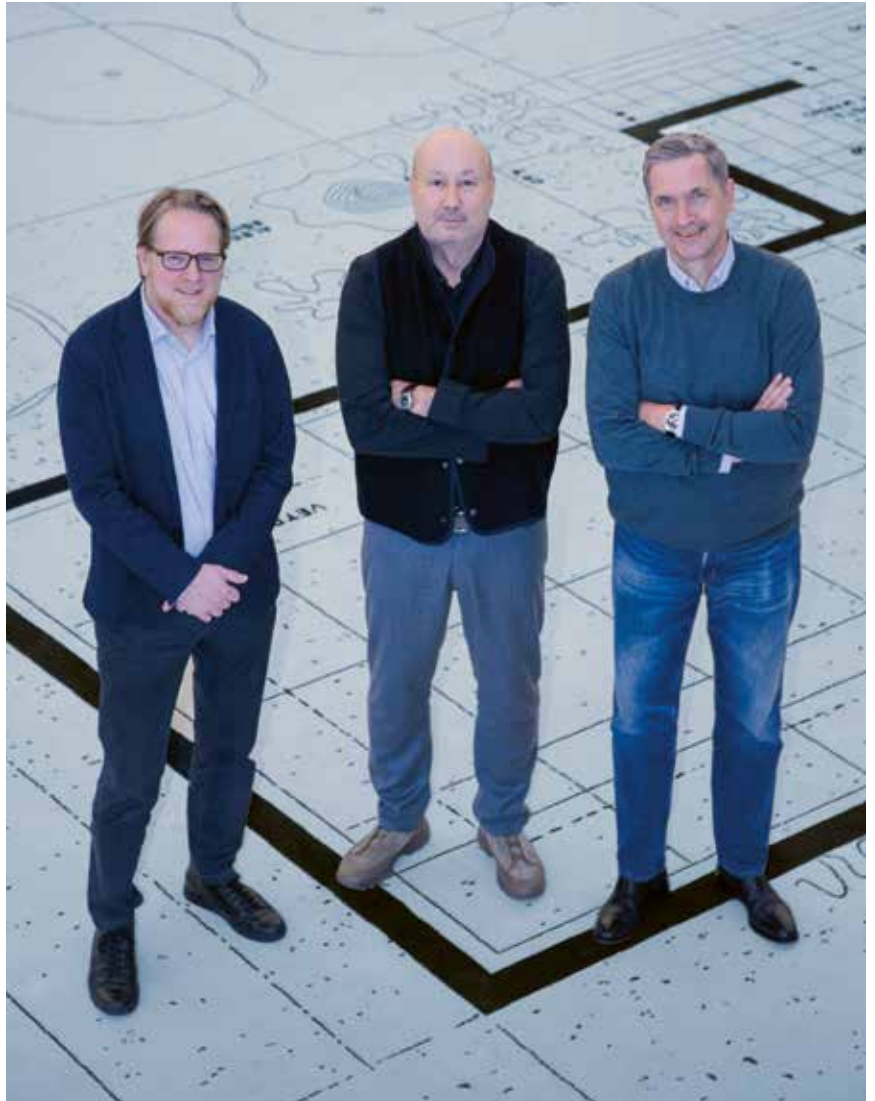
5 Albisrieden/Altstetten (Zürich): The superimposition of various parameters in the aerial image creates a dense information network that provides valuable criteria for future development.

Albisrieden/Altstetten (Zürich): Durch die Überlagerung verschiedener Parameter im Luftbild entsteht ein dichtes Informationsnetz, das wertvolle Kriterien für die zukünftige Bebauung liefert.

MAP: THEODOR DOMANSKI, DENSE AND GREEN CITIES

“KNOWLEDGE TRANSFER IS THE KEY DISCIPLINE”

«WISSENS-TRANSFER IST DIE KÖNIGS-DISZIPLIN»



Why does FCL face up to the complexity of urban life? In this interview, the three directors explain what motivates – and challenges – them on a daily basis.

Weshalb stellt sich FCL der Komplexität des Urbanen? Die drei Direktoren erläutern im Gespräch, was sie täglich motiviert – und herausfordert.

■ *Future Cities Laboratory (FCL) is a collaboration between ETH Zurich and the three universities NUS, NTU, and SUTD in Singapore, which are jointly researching the development of sustainable settlement systems. The transfer into practice is also important: the results should generate direct practical added value in addition to scientific findings. Why this practical relevance?*

Sacha Menz: Time is pressing. Global crises – climate change, species extinction, social, economic and political conflicts – are on the rise; we need to make the transition to sustainable development before the tipping point is reached. Theory is of little use if it is not implemented effectively. The FCL modules convey an understanding of complex interrelationships and develop innovative, practical instruments. These include new approaches as well as models and tools for collecting, analysing, and evaluating data, in particular for data-based and scientifically robust forecasting. These enable decision-makers to prioritise and optimally deploy resources in order to promote sustainable and liveable settlement systems.

■ *Future Cities Laboratory (FCL) ist eine Kooperation zwischen der ETH Zürich und den drei Universitäten NUS, NTU und SUTD in Singapur, die gemeinsam die Entwicklung nachhaltiger Siedlungsstrukturen erforschen. Wichtig ist auch der Transfer in die Praxis: Die Ergebnisse sollen neben dem wissenschaftlichen auch einen direkten praktischen Mehrwert generieren. Weshalb der Praxisbezug?*

Sacha Menz: Die Zeit drängt. Globale Krisen – Klimawandel, Artensterben, soziale, ökonomische, politische Konflikte – nehmen zu; wir müssen den Wandel zu einer nachhaltigen Entwicklung schaffen, bevor der Kipppunkt erreicht ist. Dafür reicht keine Theorie, wenn sie nicht wirkungsvoll umgesetzt wird. Die FCL-Module vermitteln ein Verständnis von komplexen Zusammenhängen und erarbeiten innovative, praxistaugliche Instrumente. Dazu gehören etwa neue Betrachtungsweisen sowie Modelle und Tools für die Erfassung, die Analyse und Auswertung von Daten, insbesondere für datenbasierte und wissenschaftlich belastbare Prognosen. Diese ermöglichen es Entscheidungsträgern, Ressourcen zu priorisieren und optimal einzusetzen, um nachhaltige, lebenswerte Siedlungsstrukturen zu fördern.

6 (From left to right |
von links nach rechts)

Prof. Dr. Arno Schlüter
FCL Programme Director, Zurich

Prof. Sacha Menz
FCL Executive Director

Prof. Dr. Thomas Schröpfer
FCL Programme Director, Singapore

FOTO: YINGYING JIANG

**"Our concepts
and tools
can provide
decision-makers
with guidance
and practical
help."**

**«Unsere
Konzepte und
Tools können
Entscheidungs-
trägerinnen und
Entscheidungs-
trägern Orien-
tierung und
praktische Hilfe
geben.»**

Why do we need transdisciplinary research teams like those in the FCL modules?

Arno Schlüter: Settlement systems are complex systems, characterised by equally complex issues with a large number of actors, interdependencies, conflicting objectives, as well as contradictory boundary conditions and dynamics. There are no simple answers. However, a comprehensive approach is crucial for sustainable development. Its basis is a holistic, transdisciplinary view of the city that is often unfamiliar to specialised experts and therefore all the more valuable. This is the only way to open up new perspectives.

The Zurich and Singapore locations have different cultural, economic, political, and climatic conditions. The researchers focus on the respective context but also gain overarching insights. How is knowledge transferred into practice?

S.M.: Of our four pillars – science, design, engineering, and governance –, the latter is the key discipline. The transfer of research results to politics and the authorities is challenging. Legislation and standardisation – policymaking – are not the task of science. But we want to support the decision-makers; our concepts and tools can provide them with guidance and practical help. That is why we seek contact with the authorities. In Switzerland, we work with the Directorate of the Federal Office for Spatial Development, but also with cantonal and municipal planning offices. We do not carry out contract research, but some of our projects in Switzerland are conducted in collaboration with the authorities. We maintain an intensive dialogue with the city of Zurich, where ETH Zurich is located. There is a great deal of mutual interest, because there is a lot of valuable knowledge on both sides.

When is the right time to start the dialogue between research and practice?

A.S.: Ideally, the process begins with an exchange on where the specific issues lie locally. Our research is organised into modules with different thematic focuses, but they all work to generate knowledge in order to better understand the interactions. Only with this knowledge can we make meaningful decisions for the sustainable design of our living environment. For example, our students are working with the Zurich administration to investigate how technical innovations, sustainability, and planning processes influence each other. We do not decide whether new processes are implemented, but we can help to initiate them. Another example is digital tools: many modules are developing innovative tools that increasingly use artificial intelligence, such as machine learning. These tools are being tested in practice and should enable government agencies and offices to make pioneering decisions faster

Weshalb braucht es dafür transdisziplinäre Forschungsteams wie in den FCL-Modulen?

Arno Schlüter: Siedlungsstrukturen sind komplexe Systeme, geprägt von ebenso komplexen Fragestellungen, mit einer Vielzahl von Akteurinnen und Akteuren, Abhängigkeiten, Zielkonflikten sowie widersprüchlichen Randbedingungen und Dynamiken. Darauf gibt es keine einfachen Antworten. Entscheidend für eine nachhaltige Entwicklung ist allerdings diese umfassende Betrachtung. Die Grundlage ist ein holistischer, transdisziplinärer, für spezialisierte Fachleute oft ungewohnter und deshalb umso wertvollerer Blick auf die Stadt. Erst dieser öffnet neue Perspektiven.

Die Standorte Zürich und Singapur weisen unterschiedliche kulturelle, ökonomische, politische und klimatische Bedingungen auf. Die Forschenden fokussieren auf den jeweiligen Kontext, gewinnen aber auch übergeordnete Erkenntnisse. Wie erfolgt der Wissenstransfer in die Praxis?

S.M.: Von unseren vier Standbeinen – Science, Design, Engineering und Governance – ist letztere die Königsdisziplin. Der Transfer von Forschungsergebnissen in die Politik und die Behörden ist herausfordernd. Gesetzgebung und Normierung – Policy Making – sind nicht Aufgabe der Wissenschaft. Aber wir wollen Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger unterstützen; unsere Konzepte und Tools können ihnen Orientierung und praktische Hilfe geben. Deswegen suchen wir den Kontakt mit Behörden. In der Schweiz tauschen wir uns mit der Direktion des Bundesamts für Raumentwicklung, aber auch mit kantonalen und kommunalen Planungsämtern aus. Auftragsforschung betreiben wir nicht, aber einige unserer Projekte in der Schweiz führen wir in Zusammenarbeit mit Ämtern durch. Einen intensiven Dialog pflegen wir mit der Stadt Zürich, wo sich die ETH befindet. Das gegenseitige Interesse ist gross, weil auf beiden Seiten viel wertvolles Wissen vorhanden ist.

Wann ist der richtige Zeitpunkt, um den Dialog zwischen Forschung und Praxis aufzunehmen?

A.S.: Der Prozess beginnt idealerweise mit einem Austausch darüber, wo die konkreten Fragen vor Ort liegen. Unsere Forschung ist in Module mit unterschiedlichen thematischen Schwerpunkten gegliedert, doch alle arbeiten daran, Wissen zu erzeugen, um die Wechselwirkungen besser zu verstehen. Erst mit diesem Wissen kann man sinnvolle Entscheidungen für eine nachhaltige Gestaltung unseres Lebensraums treffen. Unsere Studierenden untersuchen zum Beispiel mit der Zürcher Verwaltung, wie sich technische Innovationen, Nachhaltigkeit und Planungsprozesse gegenseitig beeinflussen. Ob neue Prozesse implementiert werden, entscheiden nicht wir – aber wir können helfen, sie anzustossen. Ein anderes Beispiel sind digitale

and more reliably. As mentioned earlier, the ultimate objective is that our findings are also incorporated into the design of guidelines or standards.

There are also examples of this, particularly in Singapore.

Thomas Schröpfer: In Singapore, decision-making is more reactive than in Switzerland. Some of our findings have already been taken into account in legislation; we are keen to see what effect they have. Conversely, the authorities in Singapore are more involved in our research than in Switzerland, even more so than it would be the case in Germany or the USA. If you are doing research at a university in Singapore, the authorities know exactly what you are doing and contact you with questions. In the initial phase of research programmes, common goals are agreed upon. At the same time, the authorities are proud of FCL: we were invited to organise a specialist event together with the Ministry of National Development, which took place alongside the World Cities Summit, and to present an exhibition on the premises of the most important planning authority, the Urban Redevelopment Authority. Also, in Singapore, there are more and more research departments in the authorities themselves, which work more directly on the practical problems of the authorities than we do at the universities. This is where the distinction is particularly important: we analyse questions that go beyond pure problem-solving. Communicating this to the authorities is not always easy.

Why is it important to insist on academic freedom of research?

T.S.: FCL combines basic and applied research. While authorities work in a practical manner, we focus on long-term, overarching questions. Using specific case studies, we enter the field of applied research, develop innovative methods, analyse urban dynamics, and develop transferable findings that go beyond local challenges and can be applied worldwide.

A.S.: The radical interdisciplinarity of FCL is a strength that is difficult for authorities to achieve because they have to focus on their sectorial targets. This also distinguishes FCL from other research programmes. As one of the few teams in the world, we manage to cover a wide range of topics and still go into depth – also because we have the critical mass to do so. We can look at problems from different perspectives and find synergies. This is unique and necessary: thinking in disciplinary silos leads to conflicts of objectives.

Tools: Viele Module entwickeln innovative Werkzeuge, die zunehmend auch künstliche Intelligenz nutzen, etwa maschinelles Lernen. Solche Tools werden in der Praxis getestet und sollen es Ämtern und Büros ermöglichen, richtungsweisende Entscheidungen schneller und sicherer zu treffen. Wie bereits erwähnt, besteht das ultimative Ziel darin, dass unsere Erkenntnisse auch in die Ausarbeitung von Richtlinien oder Normen einfließen.

Auch dafür gibt es Beispiele, gerade in Singapur.

Thomas Schröpfer: In Singapur sind Entscheidungsfindungen reaktiver als in der Schweiz. Einige unserer Ergebnisse wurden bereits in der Gesetzgebung berücksichtigt; wir beobachten gespannt, was sie bewirken. Umgekehrt sind die Behörden in Singapur stärker in unsere Forschung eingebunden als in der Schweiz, auch stärker als es in Deutschland oder den USA üblich wäre. Wenn man in Singapur an einer Universität forscht, wissen die Behörden genau, was man tut, und melden sich mit Fragestellungen. In der Anfangsphase der Forschungsprogramme verständigt man sich über gemeinsame Ziele. Gleichzeitig sind die Behörden stolz auf das FCL: So wurden wir eingeladen, zusammen mit dem Ministry of National Development eine Fachveranstaltung zu organisieren, die parallel zum World Cities Summit stattfand, und eine Ausstellung in den Räumlichkeiten der wichtigsten Planungsbehörde, der Urban Redevelopment Authority, zu präsentieren. Darüber hinaus gibt es in Singapur zunehmend Forschungsabteilungen in den Behörden selbst, die direkter an den praktischen Problemen der Behörden arbeiten als wir an den Universitäten. Hier ist die Abgrenzung besonders wichtig: Wir untersuchen Fragen, die über ein reines Problem Solving hinausgehen. Dies den Behörden zu vermitteln, ist nicht immer einfach.

Warum ist es wichtig, dennoch auf die akademische Forschungsfreiheit zu bestehen?

T.S.: FCL kombiniert Grundlagen- und angewandte Forschung. Während Behörden praxisnah arbeiten, richten wir unseren Fokus auf langfristige, übergeordnete Fragen. Anhand konkreter Fallstudien betreten wir das Feld der angewandten Forschung, entwickeln innovative Methoden, analysieren urbane Dynamiken und erarbeiten übertragbare Erkenntnisse, die über lokale Herausforderungen hinausgehen und weltweit anwendbar sind.

A.S.: Die radikale Interdisziplinarität des FCL ist eine Stärke, die für Behörden schwierig ist, da sie primär ihre spezifischen Ziele verfolgen müssen. Das unterscheidet FCL auch von anderen Forschungsprogrammen. Als eines der weltweit wenigen Teams schaffen wir es, eine grosse thematische Breite abzudecken und

"We look further into the future and ask overarching questions."

«Wir richten den Blick weiter in die Zukunft und stellen übergeordnete Fragen.»

Is there also a transfer of knowledge across continents?

S.M.: We have succeeded in encouraging planning authorities from Switzerland and Singapore to exchange ideas. We also bring together participants from all over the world at our annual summer school courses and workshops.

T.S.: One potential knowledge transfer concerns how to deal with urban heat islands, which we are researching in the Cooling Singapore project. Cooling the city has always been a problem in Singapore. Swiss cities are now also increasingly confronted with rising temperatures and extreme precipitation; issues such as sponge cities, well-being in outdoor spaces, and biodiversity are becoming more important.

To what extent can findings from Singapore be transferred to Zurich – and vice versa?

A.S.: Conversely, Swiss cities, which are many centuries old, are characterised by great typological diversity. This offers new perspectives. Due to the need to adapt our buildings to the cold climate, Switzerland is in a different situation in terms of materials and building technology. The experience gained in this context can also be helpful for the tropical climate.

And what are the goals for the future?

A.S.: In the next programme, we will extend the range. Zurich and Singapore are comparable, but they have completely different types of settlements and climate zones. We have already addressed these to some extent, but to what extent can we scale up our work and apply our findings to, say, Amsterdam, London, Toronto, Buenos Aires, or Mumbai?

T.S.: We call it global sandboxing: We want to learn which findings can be transferred and how. Can digital tools developed in a certain context also be used elsewhere? Do they work in places where there is little data? On the other hand, we can now process much larger amounts of data than in the past.

S.M.: What remains is the driving force behind the FCL research programme: people. People are at the centre – their well-being and the sustainability of their habitat.

Judit Solt, Editor-in-Chief TEC21, Zurich

trotzdem in die Tiefe zu gehen – auch, weil wir die kritische Masse dafür haben. Wir können Probleme aus verschiedenen Perspektiven betrachten und Synergien finden. Das ist einzigartig und notwendig: Das Denken in disziplinären Silos führt zu Zielkonflikten.

Gibt es auch einen Wissenstransfer über die Kontinente hinweg?

S.M.: Es ist gelungen, Planungsbehörden aus der Schweiz und Singapur zu einem Austausch anzuregen. Auch in unseren jährlichen Summer Courses und Workshops bringen wir Beteiligte aus aller Welt zusammen.

T.S.: Ein möglicher Wissenstransfer betrifft den Umgang mit urbanen Hitzeinseln, wie wir ihn im Projekt Cooling Singapur erforschen. Die Stadt zu kühlen, ist in Singapur seit jeher ein Problem. Nun werden auch Schweizer Städte zunehmend mit steigenden Temperaturen und extremen Niederschlägen konfrontiert; Themen wie Schwammstadt, Wohlbefinden im Aussenraum oder Biodiversität werden wichtiger.

Inwiefern lassen sich Erkenntnisse aus Singapur auf Zürich übertragen – und umgekehrt?

A.S.: Umgekehrt weisen Schweizer Städte, die viele Jahrhunderte alt sind, eine grosse typologische Vielfalt auf. Das eröffnet Perspektiven. Durch die Notwendigkeit, unsere Bauten dem kalten Klima anzupassen, ist die Schweiz im Bereich der Material- und Bautechnologie konstruktiv und technisch in einer anderen Situation. Die in diesem Kontext gewonnenen Erfahrungen können auch für das Bauen in einem tropischen Klima hilfreich sein.

Und was sind die Ziele für die Zukunft?

A.S.: Im nächsten Programm öffnen wir den Fächer. Zürich und Singapur sind vergleichbar, doch es gibt noch ganz andere Siedlungsformen und Klimazonen. Diese haben wir ansatzweise schon adressiert, aber inwiefern können wir unsere Arbeit skalieren und unsere Erkenntnisse beispielsweise in Amsterdam, London, Toronto, Buenos Aires oder Mumbai anwenden?

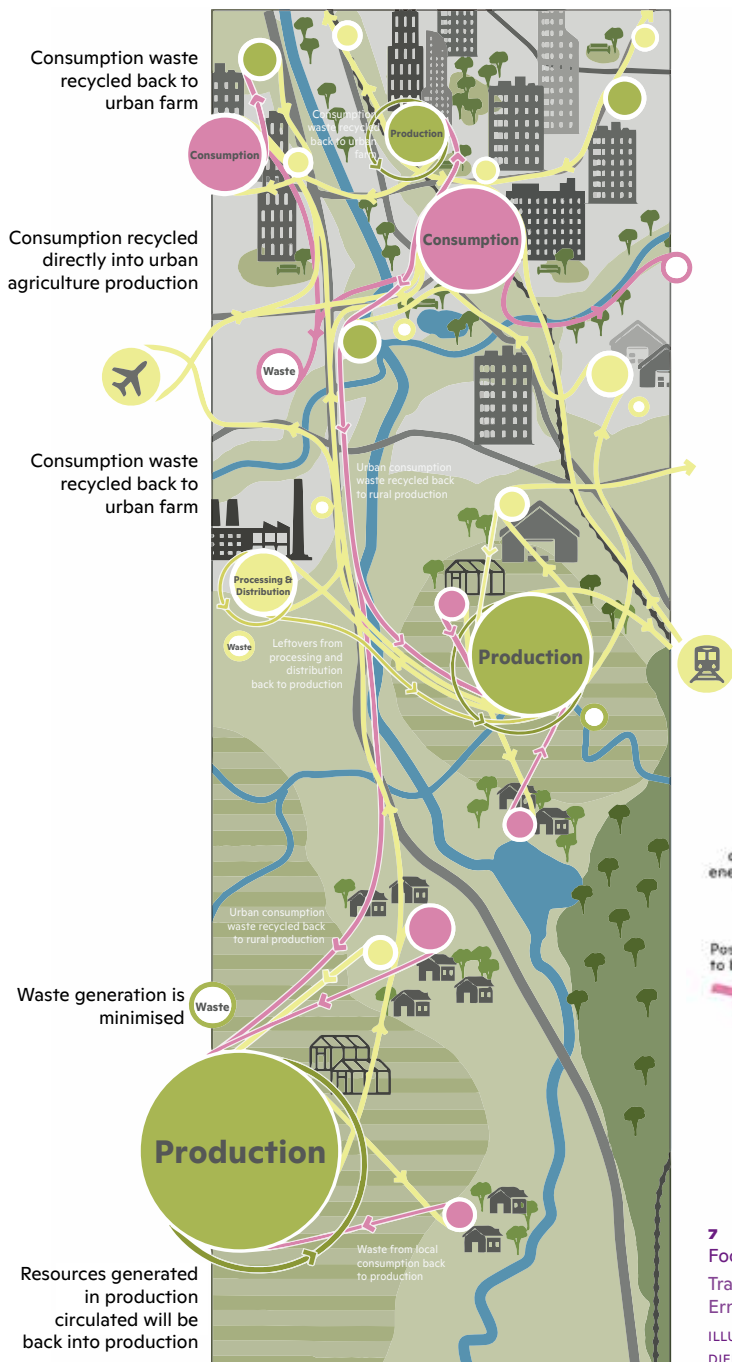
T.S.: Wir nennen es Global Sandboxing: Wir wollen lernen, welche Erkenntnisse wie transferierbar sind. Lassen sich in einem bestimmten Kontext entwickelte digitale Tools auch anderswo anwenden? Funktionieren sie an Orten, wo es nur wenige Daten gibt? Handkehrum können wir heute viel grössere Datenmengen verarbeiten als früher.

S.M.: Was bleibt, ist der Antrieb des FCL-Forschungsprogramms: der Mensch. Er steht im Zentrum – sein Wohlbefinden und die Nachhaltigkeit seines Lebensraums.

Judit Solt, Chefredaktorin TEC21, Zürich

"Can we scale our work? Can our tools be applied elsewhere?"

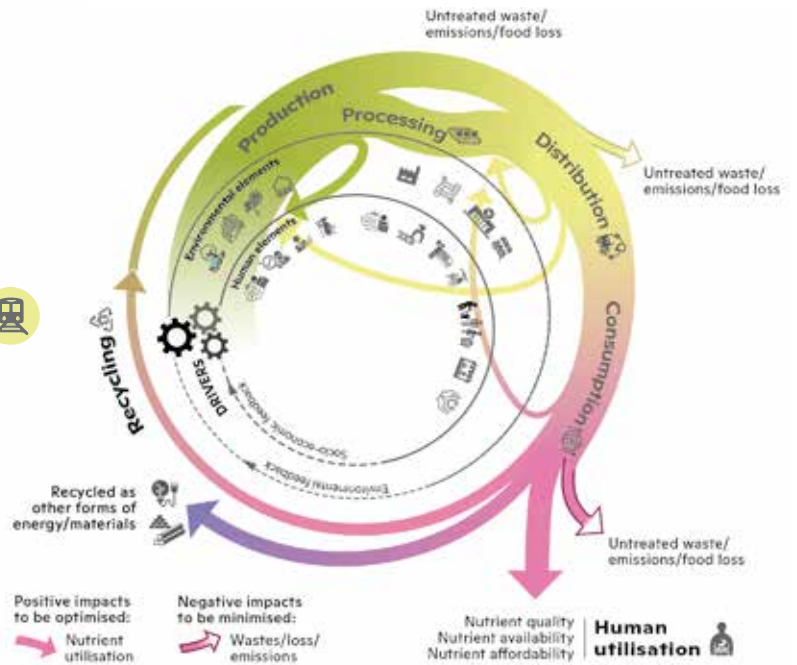
«Können wir unsere Arbeit skalieren? Lassen sich unsere Tools auch anderswo anwenden?»



8 Application of Agropolitan Food System Framework.

Anwendung des agropolitanen Ernährungssystem-Rahmens.

ILLUSTRATION: HELEN FAN LEI AND JESSICA DIEHL, AGROPOLITAN TERRITORIES, 2023



7 Transformation of Agropolitan Food System operation.

Transformation des agropolitanen Ernährungssystems.

ILLUSTRATION: HELEN FAN LEI AND JESSICA DIEHL, AGROPOLITAN TERRITORIES, 2023

SUSTAINABLE URBAN-RURAL ECOSYSTEMS

NACHHALTIGE STADT-LAND-ÖKOSYSTEME

Reconcile, revitalise, reevaluate: four FCL research modules investigate the complex interdependencies between cities and the hinterland that feeds them.

In Einklang bringen, wiederbeleben, aufwerten: Vier FCL-Module erforschen die komplexen Abhängigkeiten zwischen Städten und dem Hinterland, das sie ernährt.

■ Future Cities Laboratory (FCL) Global's aims of developing sustainable solutions for urbanisation, resource management, and food production imply an interdisciplinary approach that considers the interactions between the dimensions of sustainability on the one hand and the interdependencies between city, countryside, and nature on the other.

Healthier and more resilient

Grounded in urban ecology and urban system science disciplines, the module Comparative Ecology of Cities (CEC) explores pattern-process-function relationships across five critical urban functions.

Biodiversity: with the purpose of examining the relationship between the pattern of urban elements and biodiversity and of demonstrating that a good integration of built elements and landscape can enhance species richness, thus claiming that biodiversity conservation and urban growth can – and should – coexist.

Climate and energy: addressing the large energy consumption and emission amounts for which cities are responsible and aiming to show that tailored urban greening strategies can enhance climate resilience and energy sustainability, ultimately reducing the urban heat island effect.

Socio-economics: focusing on the analysis of the relationship between urban pattern and local economic vibrancy, with the goal of contributing to the design of environmentally sustainable and economically resilient urban areas.

Health: underscoring the importance of tree canopy configuration, beyond simply increasing canopy cover, to optimise the health benefits of urban greening initiatives towards healthier and more resilient habitats.

Hydrology: addressing the impacts of climate change and urban expansion that lead to increased pluvial flooding risk in cities and providing actionable insights for urban planners and policymakers, which emphasise the importance of adopting urban design principles that contribute to enhancing flood resilience.

Scaling and multi-stress perspective

Flood resilience is also a main topic of the module Sea-City Interface (SEA). The low-elevation coastal zone covers only 2% of the Earth's surface, but 13% of the global population live there, 350 to 400 million people in about 40 megacities. These coastal megacities are under a multitude of stresses. Nature-based solutions (NBS) or blue-green infrastructure (BGI) are an accepted measure to reduce urban stress, but two questions remain: are these approaches scalable? And how do we view them in a multi-stress perspective? SEA provides a holistic view of how coastal urban environments are exposed to and may adapt to the increasingly intense climate changes, such as heat, winds, floods, and sea level rise.

■ Das Ziel von FCL Global, nachhaltige Lösungen für Urbanisierung, Ressourcenmanagement und Nahrungsmittelproduktion zu entwickeln, bedingt einen interdisziplinären Ansatz, der die Wechselwirkungen zwischen den Dimensionen der Nachhaltigkeit einerseits und den Interdependenzen zwischen Stadt, Land und Natur andererseits berücksichtigt.

Gesünder und widerstandsfähiger

Das Modul Comparative Ecology of Cities (CEC) basiert auf den Disziplinen Stadtökologie und Stadtsystemwissenschaften. Es untersucht die Beziehungen zwischen Mustern, Prozessen und Funktionen in fünf wichtigen städtischen Funktionen:

Biodiversität: Die Beziehung zwischen den Mustern städtischer Elemente und der Biodiversität wird untersucht; es wird aufgezeigt, dass eine gute Integration von baulichen Elementen und Landschaft die Artenvielfalt erhöhen kann, und belegt, dass der Erhalt der Biodiversität und städtisches Wachstum nebeneinander bestehen können und sollten.

Klima und Energie: Städte verursachen einen hohen Energieverbrauch und hohe Emissionen. Die Forschung zeigt, dass massgeschneiderte Strategien für die Stadtbegrünung die Klimaresilienz und die energetische Nachhaltigkeit verbessern und den städtischen Wärmeinseleffekt verringern können.

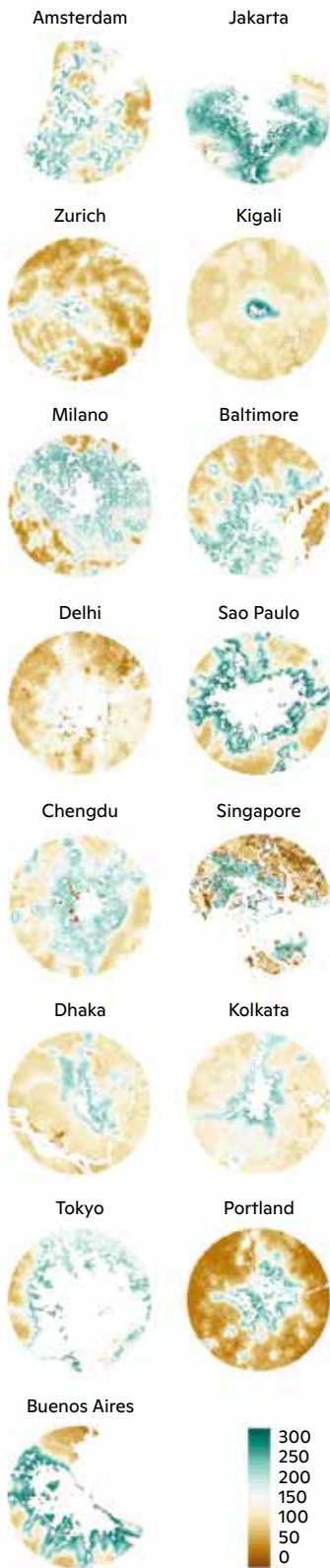
Sozioökonomie: Die Beziehung zwischen städtischen Strukturen und lokaler wirtschaftlicher Dynamik wird analysiert, mit dem Ziel, einen Beitrag zur Gestaltung ökologisch nachhaltiger und wirtschaftlich widerstandsfähiger städtischer Gebiete zu leisten.

Gesundheit: Aufgezeigt wird die Bedeutung der Baumkronenkonfiguration bei der Schaffung gesünderer und widerstandsfähigerer Grün- und Lebensräume; dies geht über die reine Vergrößerung der Baumkronen hinaus.

Hydrologie: Thematisiert wird das durch die Auswirkungen des Klimawandels und des Städtewachstums erhöhte Überschwemmungsrisiko in Städten. Stadtplanerinnen und Entscheidungsträgern werden Handlungsanweisungen zur Anpassung von Gestaltungsrichtlinien geliefert, die die Hochwasser-Resilienz der Städte erhöhen.

Skalierung und Multi-Stress-Perspektive

Die Widerstandsfähigkeit gegen Überschwemmungen ist auch ein Kernthema im Modul Sea-City-Interface (SEA). Die flachen Küstengebiete umfassen nur 2% der Erdoberfläche, aber 13% der Weltbevölkerung. 350 bis 400 Millionen Menschen leben dort in etwa 40 Megastädten. Diese Megastädte stehen unter einer Vielzahl von Belastungen. Naturbasierte oder blau-grüne Infrastrukturlösungen sind eine anerkannte Massnahme zur Verringerung des urbanen Stresses, aber zwei Fragen bleiben offen: Sind diese Ansätze



9 Rural-urban gradient (RUG) maps of agrarian-urban (AGURA) regions. Karten des Land-Stadt-Gefälles (RUG) der agrar-urbanen Regionen (AGURA).

ILLUSTRATIONS: YUHAO LU AND STEPHEN CAIRNS, AGROPOLITAN TERRITORIES

Since coastal cities are generally low-gradient areas, heavy rainfall can generate high surface run-off and flooding. SEA quantifies causal relations, combining satellite rainfall data with high-resolution urban topography and two-dimensional urban run-off modelling, to predict inundated areas and estimate risk. Green spaces are beneficial both in terms of rainwater regulation and temperature reduction. By analysing heat exposure, the research aims to understand how urban design strategies can mitigate increasing heat stress. As outdoor thermal comfort is also a function of airflow speed, the research team uses design studios to explore how the built environment can reduce wind speeds.

The ultimate goal is to provide decision-makers in coastal cities with a framework that will enable them to prioritise the future hazards to which they are most exposed and which have the greatest potential impact on them and thereby reduce vulnerability.

Sustainable food production

The research of the module Agropolitan Territories of Monsoon Asia (AGR) is situated at the intersection of urbanisation and agriculture. Industrial agriculture accounts for roughly 80% of global deforestation and about 70% of global freshwater withdrawals; more than 33% of the world's soils are considered degraded due to intensive agriculture, deforestation, and overgrazing. Industrial agriculture germinates from and serves the global, linear food system. It has led us to a dire current state, where uneven distribution of benefits and environmental impacts are exacerbating social and economic inequalities, and perpetuates the very problem of food insecurity that it sought to solve.

In contrast, agroecology integrates ecological principles into farming and combines traditional knowledge and scientific technological advancement to achieve sustainable and resilient food systems. Switching gears from industrial agriculture to agroecology, however, requires coordinated efforts on other levels of the system, including economics, spatial planning, and urbanisation.

The research aims to rethink and reconfigure the relationship between agriculture and urbanisation. What is the future of the manifold agricultural territories that support cities? How do we plan agropolitan regions that support healthy ecologies, robust economies, and resilient communities via sensitive policymaking, infrastructural planning, and settlement design?

Designing a sustainable agri-urbanism

The "urban" and the "rural" have long been conceived as separate fields of expertise, organised through distinct disciplinary approaches. However, urbanisation has affected ever vaster areas across the globe, highlighting the necessity for a paradigm shift and a critical reflection as proposed by the concept of planetary urbanisation:

skalierbar? Wie können wir sie in einer Multi-Stress-Perspektive betrachten? Das Modul untersucht ganzheitlich, wie städtische Küstengebiete den zunehmend intensiveren Klimaveränderungen wie Hitze, Wind, Überschwemmungen und dem Anstieg des Meeresspiegels ausgesetzt sind und wie sie sich daran anpassen können.

Da es sich bei Küstenstädten in der Regel um Gebiete mit geringem Gefälle handelt, können starke Regenfälle zu Überschwemmungen führen. SEA quantifiziert die Zusammenhänge, indem es zur Vorhersage und Risikoabschätzung von Überschwemmungsgebieten Satellitenniederschlagsdaten mit hochauflösender städtischer Topografie und zweidimensionaler Abflussmodellierung kombiniert. Grünflächen sind sowohl für die Regenwasserregulierung als auch für die Temperatursenkung von Vorteil. Durch Analyse der Hitzeexposition soll die Forschung erhellen, wie Strategien für die Stadtgestaltung den zunehmenden Hitzestress eindämmen können. Da das thermische Wohlbefinden im Freien auch von der Geschwindigkeit der Luftströmung abhängt, wird mit Hilfe von Architekturbüros untersucht, wie die gebaute Umwelt die Windgeschwindigkeit reduzieren kann.

Ziel ist es, Entscheidungsträgerinnen in Küstenstädten eine Grundlage zu bieten, um jene Risiken zu priorisieren, denen sie in Zukunft am stärksten ausgesetzt sein werden und die potenziell die grössten Auswirkungen haben – und so die Verwundbarkeit zu vermindern.

Nachhaltige Lebensmittelproduktion

Die Forschung des Moduls Agropolitan Territories of Monsoon Asia (AGR) ist an der Schnittstelle zwischen Urbanisierung und Landwirtschaft angesiedelt. Die industrielle Landwirtschaft ist für rund 80% der weltweiten Entwaldung und etwa 70% der weltweiten Süßwasserentnahme verantwortlich; mehr als 33% der Böden der Welt gelten aufgrund von intensiver Landwirtschaft, Entwaldung und Überweidung als degradiert. Die industrielle Landwirtschaft ist aus dem globalen, linearen Nahrungsmittelsystem hervorgegangen und dient diesem. Sie hat uns in eine katastrophale Lage gebracht, in der die ungleiche Verteilung der Vorteile und der Auswirkungen auf die Umwelt die sozialen und wirtschaftlichen Ungleichheiten verschärft – und genau jenes Problem der Ernährungsunsicherheit zementiert, das sie zu lösen versuchte.

Im Gegensatz dazu integriert die Agrarökologie ökologische Grundsätze in die Landwirtschaft und verbindet traditionelles Wissen mit wissenschaftlich-technischem Fortschritt, um nachhaltige und widerstandsfähige Nahrungsmittelsysteme zu schaffen. Die Umstellung von der industriellen Landwirtschaft auf die Agrarökologie erfordert jedoch koordinierte Anstrengungen auf anderen Ebenen des Systems, einschliesslich Wirtschaft, Raumplanung und Urbanisierung.

CEC
Comparative Ecology of Cities

Prof. Dr. Paolo Burlando
Assoc. Prof. Dr. Tan Puay Yok



SEA
The Sea-City Interface

Prof. Dr. Peter Molnar
Assoc. Prof. Dr. Rudi Stouffs



AGR
Agropolitan Territories of Monsoon Asia

Prof. Dr. Stephen Cairns



NEW
New Urban Agendas under Planetary Urbanisation

Asst. Prof. Dr. Naomi Hanakata
Prof. Dr. Christian Schmid
Prof. Dr. Milica Topalović



while concentrated urbanisation generates large agglomerations which often affect distant hinterlands, extended urbanisation spreads the urban fabric to ever more remote places, affecting an increasing proportion of agricultural territories. These territories are today at the core of the climate crisis, the biodiversity crisis, and the foreseen significant decline in agricultural yields.

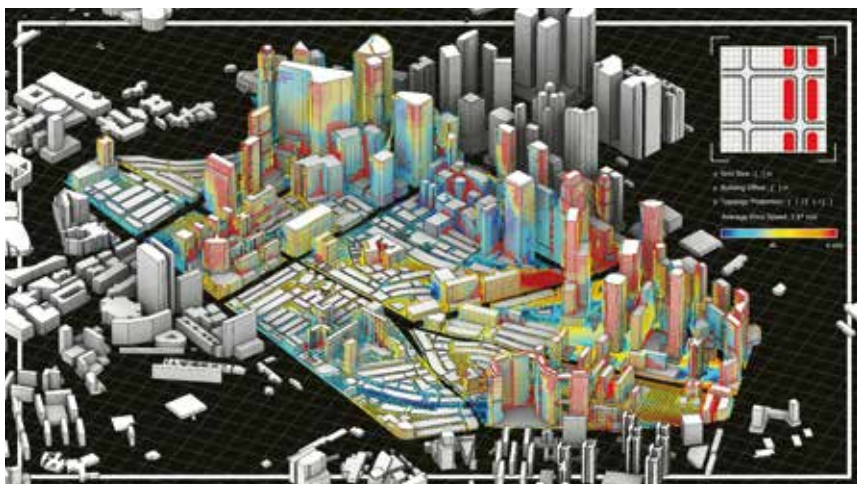
The module New Urban Agendas under Planetary Urbanisation (NEW) investigates the future of extended urbanisation in agricultural territories, addressing the research gap for agroecological design. The first aim is to better understand the urban transformations affecting agricultural regions. The second aim is to develop exemplary large-scale design proposals and new governance strategies for an agri-urbanism, based on the principles of agroecology and sustainable urban development. This territorial design process serves as a platform for synthesis and knowledge integration, developing practical solutions across interconnected disciplinary fields. The research compiles a comparative overview of five case studies across Europe and Asia and proposes new landscape typologies. The interdisciplinary design cluster Agroecological Design for the Zurich Region is producing a cartographic synthesis of the agri-territory Zurich and is providing novel design and governance proposals.

Judit Solt, Editor-in-Chief TEC21, Zurich

10 Optimising the building typology within the urban grid structure based on wind effects.

Optimierung der Gebäudetypologie innerhalb der Stadtstruktur auf der Grundlage von Windefekten.

ILLUSTRATION: SHAUN MAK, PHOONG ZHIAWEN, MARIUS MUSZYNSKI, AND WEON JUNSEOK



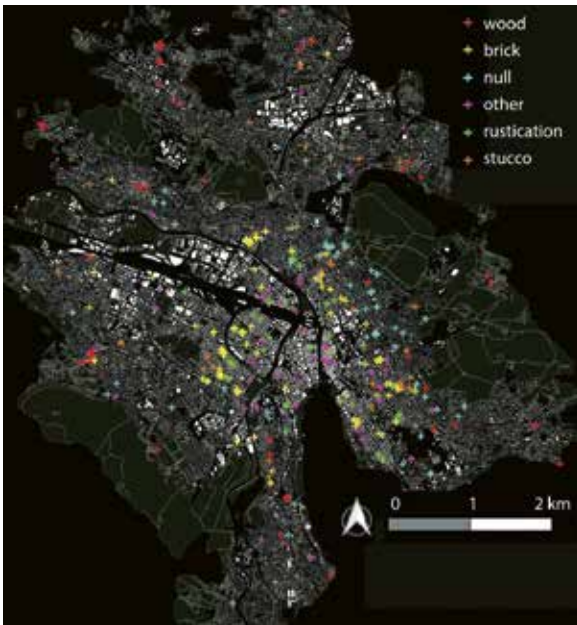
Die Forschung zielt darauf ab, die Beziehung zwischen Landwirtschaft und Urbanisierung zu überdenken und neu zu gestalten. Wie sieht die Zukunft der vielfältigen landwirtschaftlichen Gebiete aus, die die Städte unterstützen? Wie planen wir agropolitane Regionen, die durch eine sensible Politikgestaltung, Infrastrukturplanung und Siedlungsgestaltung eine gesunde Ökologie, robuste Volkswirtschaften und widerstandsfähige Gemeinschaften unterstützen?

Gestaltung eines nachhaltigen Agri-Urbanismus

Das «Urbane» und das «Rurale» wurden lange Zeit als getrennte Fachgebiete mit unterschiedlichen disziplinären Ansätzen behandelt. Die Verstädterung erfasst heute jedoch weltweit immer grössere Gebiete, was einen Paradigmenwechsel und eine kritische Reflexion im Sinne des Konzepts der planetaren Urbanisierung erfordert: Während auf der einen Seite die «konzentrierte Urbanisierung» grosse Agglomerationen hervorbringt, die sich auf das oft weit entfernte Hinterland auswirken, transformiert auf der anderen Seite die «ausgedehnte Urbanisierung» einen immer grösseren Teil der vorwiegend landwirtschaftlich genutzten Peripherien. Diese Räume stehen heute im Mittelpunkt der Klimakrise, der Biodiversitätskrise und des absehbaren erheblichen Rückgangs der landwirtschaftlichen Erträge.

Das Modul New Urban Agendas under Planetary Urbanisation (NEW) untersucht die Zukunft der ausgedehnten Urbanisierung in landwirtschaftlich geprägten Gebieten und befasst sich mit der Gestaltung von agrarökologischen Territorien. Erstes Ziel ist ein besseres Verständnis der urbanen Transformationen von landwirtschaftlichen Regionen. Zweites Ziel ist die Entwicklung beispielhafter grossräumiger Gestaltungsvorschläge und neuer Governance-Strategien für einen «Agri-Urbanismus», die auf den Prinzipien der Agrarökologie und der nachhaltigen Stadtentwicklung basieren. Dieser territoriale Gestaltungsprozess dient als Plattform für die Synthese und die Integration von Wissen, um praktische Lösungen in miteinander verknüpften Disziplinen zu entwickeln. Das Forschungsprojekt erstellt einen vergleichenden Überblick über fünf Fallstudien in Europa und Asien und schlägt neue Landschaftstypologien vor. Der interdisziplinäre Design-Cluster «Agrarökologisches Design für die Region Zürich» erstellt eine kartografische Synthese des Agrargebiets Zürich und unterbreitet neue Design- und Governance-Vorschläge.

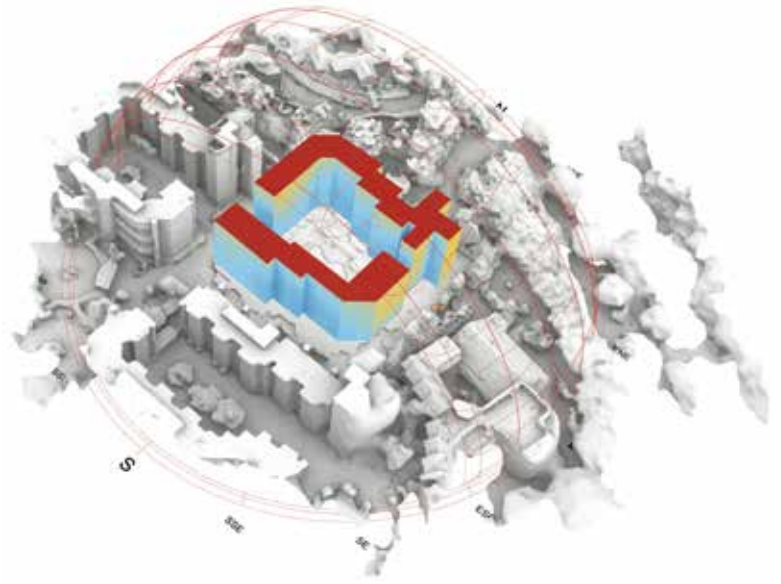
Judit Solt, Chefredaktorin TEC21, Zürich



11 Spatial distribution of building materials for a subset of buildings in Zurich.

Räumliche Verteilung von Baumaterialien für eine Auswahl von Gebäuden in Zürich.

SOURCE | QUELLE: DEEPIKA RAGHU, TOWARDS A "RESOURCE CADASTRE" FOR A CIRCULAR ECONOMY – URBAN-SCALE BUILDING MATERIAL DETECTION USING STREET VIEW IMAGERY AND COMPUTER VISION, 2024



12 Solar irradiation simulation of a typical HDB residential block from the 1990s in Singapore.

Solare Einstrahlungssimulation eines typischen HDB Wohnungsblockes der 1990er-Jahre in Singapur.

SOURCE | QUELLE: GESTER ET AL., UPSCALING POTENTIAL OF BIPV FOR PUBLIC HOUSING TYPOLOGIES IN SINGAPORE, 2023

SCARCITY, RENEWABLE RESOURCES, AND MATERIAL FLOWS

KNAPPHEIT, ERNEUERBARE RESSOURCEN UND MATERIALFLÜSSE

Trade-offs for higher availability: enough or scarce? Cities cannot supply themselves with energy and construction materials alone. Sustainable supply chains and more data are needed.

Kompromisse für höhere Verfügbarkeit: genug oder zu wenig? Die Städte können sich nicht selbst mit Energie und Baumaterialien versorgen. Es braucht nachhaltige Lieferketten und mehr Daten.

Research into sustainable urban development is no longer limited to exploring decarbonised building materials or renewable energy sources. Rather, the modules of Future Cities Laboratory (FCL) show how dynamic and interdisciplinary the demand for knowledge from politics and practice is. Decision-makers who are actively involved in the transformation of urban areas need additional data on material and energy flows. Equally promising are tools to simplify multivariable decision-making. There is also a growing interest in collaborative planning methods in order to broadly support the implementation of the paradigm shift towards a sustainable transition of cities worldwide.

Die Forschung zur nachhaltigen Stadtentwicklung beschränkt sich längst nicht mehr auf die Erforschung von dekarbonisierten Baumaterialien oder erneuerbaren Energiequellen. Vielmehr zeigen die Module des Future Cities Laboratory (FCL), wie dynamisch und interdisziplinär der Bedarf an Wissen aus Politik und Praxis ist. Entscheidungsträger, die aktiv an der Transformation urbaner Räume beteiligt sind, benötigen zusätzliche Daten zu Material- und Energieflüssen. Ebenso vielversprechend sind Werkzeuge zur Vereinfachung von Entscheidungen mit vielen Variablen. Und auch das Interesse an kollaborativen Planungsmethoden wächst, um die Umsetzung des Paradigmenwechsels hin zu einem nachhaltigen Wandel der Städte weltweit breit zu unterstützen.

Bemerkenswerte Solarpotenziale

Die Städte sind indes mit einem wachsenden Energiebedarf und begrenztem Platz konfrontiert. Gebäudeintegrierte oder -aufgesetzte Photovoltaikanlagen erzeugen Sonnenenergie dort, wo der Bedarf selbst steigt (z. B. für das Heizen mit Wärme-

Remarkable solar potentials

Nevertheless, cities face growing energy demand and limited space. Building-integrated or -attached photovoltaics produce solar energy on site, where the demand itself is increasing (e.g. heating with heat pumps, charging electric vehicles at home). Solar architecture can even bind the decentralised power generation to an existing infrastructure by using building surfaces and existing supply grids. The module Powering the City (POW) analysed the key issues for a broad implementation of solar design strategies at large urban scales in Zurich and Singapore.

The essential finding is that in both cities, there is remarkable potential to yield solar energy – on rooftops and building facades – and thus to produce electricity with a lower CO₂ footprint than the grid. However, there are differences in implementation: while Zurich envisages a rapid deployment of photovoltaics by ecologically optimised solutions on green rooftops, which set limits to the extension of photovoltaics on buildings, Singapore could adopt building-integrated photovoltaics (BIPV) extensively, meeting up to 20% of the local electricity demand. Despite its vertical orientation, building-integrated photovoltaics on facades can contribute significantly to the electricity needs of public housing, and could provide most of the cooling loads of a typical apartment.

POW Powering the City

Assoc. Prof. Dr. Francis Bu-Sung Lee
Prof. Dr. Arno Schlüter



CFC Circular Future Cities

Prof. Dr. Stefanie Hellweg
Assoc. Prof. Dr. Rudi Stouffs



BIO Urban BioCycles Mycelium Digitalisation

Prof. Dr. Philippe Block



Risks for landscapes

As the hinterland is already an additional or even the main supplier of energy and materials to metropolitan regions, the module New Urban Agendas under Planetary Urbanisation (NEW) examines the socio-spatial implications of the energy transition in the extended urban regions of Southeast Asia, which are shifting from agricultural use to energy production. A critical concern is the significant spatial demand of energy production from renewable resources – solar farms or biomass (sugar cane) plantations – which far exceeds that of fossil fuels. The shift is expected to displace agricultural practices, increase the pressure on protected landscapes, and change the configuration of stakeholders involved. The growing demand for renewable energy to power urban centres highlights the finite nature of land resources and intensifies competition for their use. Therefore, the NEW research is of practical use: to bring in the analysed risks and the identified key parameters for a fair and sustainable transformation of agricultural landscapes into energy landscapes.

Transparent material flows

Beyond the energy transition, the built environment must undergo a double transformation: first, its greenhouse gas emissions must be reduced in all supply and decommissioning chains, mainly by transforming linear consumption patterns into a circular metabolism with regenerative structures. Second, the construction industry must shorten its

pumpen oder das Laden von Elektrofahrzeugen). Die Solararchitektur kann die dezentrale Stromerzeugung sogar in eine bestehende Infrastruktur einbinden, indem sie Gebäudeflächen und bereits bestehende Versorgungsnetze nutzt. Das Modul Powering the City (POW) untersuchte die Schlüsselaspekte für eine breite Umsetzung von solaren Design-Strategien auf grossmasstäblicher Ebene in Zürich und Singapur.

Die wesentlichen Erkenntnisse sind: In beiden Städten gibt es hohe Potenziale für die Nutzung von Solarenergie – auf Dächern und an Gebäudefassaden –, um Strom mit einem kleineren CO₂-Fussabdruck als das Stromnetz zu liefern. Unterschiede gibt es bei der Umsetzung: Während Zürich einen raschen Einsatz von PV durch ökologisch optimierte Lösungen auf begrüntem Dächern vorsieht, die dem Ausbau von PV an Gebäuden Grenzen setzen, könnte Singapur gebäudeintegrierte Photovoltaik (BIPV) in grossem Umfang einsetzen, um bis zu 20% des lokalen Strombedarfs zu decken. Trotz der geografischen Lage kann BIPV an Fassaden einen erheblichen Beitrag zum Strombedarf des öffentlichen Wohnungsbaus leisten und könnte einen Grossteil des Strombedarfs für die Kühlung einer typischen Wohnung abdecken.

Risiken für Landschaften

Da das Hinterland bereits ein kritischer Energie- und Materiallieferant für die Metropolregionen ist, untersucht das Modul New Urban Agendas Under Planetary Urbanisation (NEW) die sozial-räumlichen Auswirkungen der Energiewende in den ausgedehnten urbanen Regionen Südostasiens, die von der landwirtschaftlichen Nutzung zur Energieproduktion übergehen. Ein Problem ist der hohe Raumbedarf für die Energieerzeugung aus erneuerbaren Energien (Solarparks oder Biomasseplantagen mit Zuckerrohr), der denjenigen von fossilen Brennstoffen bei weitem übersteigt. Es ist zu erwarten, dass die Umstellung landwirtschaftliche Praktiken verdrängen, den Druck auf geschützte Landschaften erhöhen und die Konstellation der Akteure verändern wird. Die wachsende Nachfrage nach erneuerbaren Energien zur Versorgung von Ballungszentren verdeutlicht die Endlichkeit der Landressourcen und verschärft den Wettbewerb um deren Nutzung. Daher ist die NEW-Forschung von praktischem Nutzen, um die analysierten Risiken und die identifizierten Schlüsselparameter für eine faire, nachhaltige Umwandlung von Agrar- in Energielandschaften einzubringen.

Transparente Materialflüsse

Über die Energiewende hinaus muss die gebaute Umwelt einen doppelten Wandel vollziehen: Erstens müssen ihre Treibhausgasemissionen in allen Liefer- und Rückbauketten reduziert werden, vor allem durch die Umwandlung linearer Verbrauchsmuster in einen Stoffkreislauf mit regenerati-



13 The hybrid mycelium composite is formed by layering organic fabrics with sparse hemp particles (prototype developed as part of a master's thesis, MAS ETH DFAB).

Der Hybridmycel-Verbundstoff wird durch Schichtung von organischen Geweben mit spärlichen Hanfpartikeln gebildet (Prototyp entwickelt im Rahmen einer Masterarbeit im MAS ETH DFAB).

FOTO: TIZIANO DERME



14 Removal of a high-density mycelium board from a heat press which is later tested for structural performance as an alternative to popular engineered wood products.

Entnahme einer hochdichten Myzelplatte aus einer Wärmepresse, die später auf ihre strukturelle Leistungsfähigkeit als Alternative zu gängigen Holzwerkstoffen getestet wird.

FOTO: SELINA BITTING

cycles for adopting technological innovations. The module Circular Future Cities (CFC) will catalyse the circular economy in sustainable cities with a specific information management system for the stakeholders involved. One research output could be a cadastre of resources in the built environment, digitally linked to city maps for localising urban mining potentials. This information would be useful for the collaborative implementation of circular principles by industry, academia, policy, and civil society. CFC research is also developing digital tools to track construction materials stocked in buildings in Switzerland over space and time. Other research issues concern the governance of the material information. The goal is to implement a decentralised data management system to improve the direct and transparent exchange of information within a shared network of different building stakeholders and authorities.

Upcycling biomass waste

Materials that are already in the natural cycle and locally available are crucial for circular buildings. A bio-based substitute for mineral building components could be mycelium, generated out of biomass from plants and trees. Mycelium-bound composites (MBCs) can be used as acoustic panels or thermal insulation, which makes them ideal for applications such as interior fit-outs. The module Urban BioCycles Mycelium Digitalisation (BIO) is exploring local agriculture as a source of raw materials for the production of MBCs. In Switzerland, the focus lays on straw, hemp, and industrial waste, while in Singapore the raw materials – such as rice husks and bamboo – are imported from nearby countries. An outstanding benefit – and the main topic in research – of MBCs is that they can be produced locally. However, different raw materials result in MBC types with different properties. That is why the research focuses on characterising these materials to optimise their performance for specific applications in architecture, construction, and digital fabrication, while leveraging their circular life cycle to promote sustainability through the use of waste-derived materials.

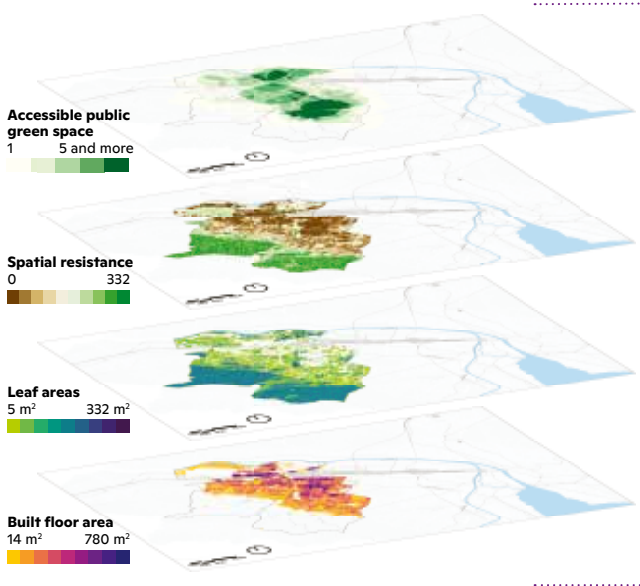
Paul Knüsel, Editor-in-Chief Faktor, Zurich

ven Strukturen. Zweitens muss die Bauindustrie ihre Zyklen für die Einführung technologischer Innovationen verkürzen. Das Modul Circular Future Cities (CFC) wird die Kreislaufwirtschaft in nachhaltigen Städten und für die beteiligten Akteure mit einem spezifischen Informationsmanagementsystem katalysieren. Ein Forschungsergebnis könnte ein Kataster der Ressourcen in der gebauten Umwelt sein, das digital mit Stadtplänen verknüpft ist, um städtische Urban-Mining-Potenziale zu lokalisieren. Diese Informationen wären hilfreich für die kollaborative Umsetzung von Kreislaufprinzipien durch Industrie, Wissenschaft, Politik und Zivilgesellschaft. CFC entwickelt auch digitale Werkzeuge, um die in Gebäuden gelagerten Baumaterialien in der Schweiz über Raum und Zeit zu verfolgen. Ein weiteres Forschungsthema betrifft die Verwaltung der Materialinformationen. Ziel ist die Einführung eines dezentralen Datenmanagementsystems, um einen direkten und transparenten Informationsaustausch zwischen einem gemeinsamen Netzwerk von verschiedenen Bauakteuren und Behörden zu ermöglichen.

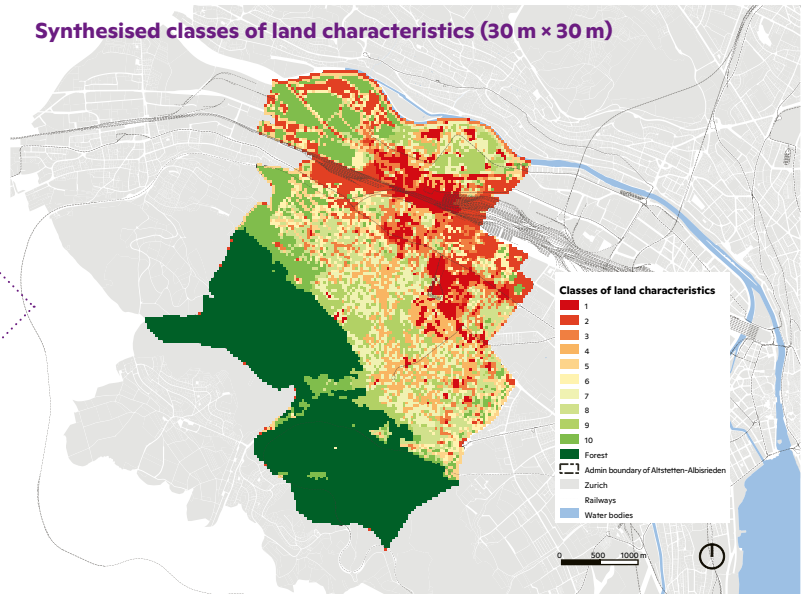
Upcycling von Biomasseabfällen

Materialien, die bereits dem natürlichen Kreislauf unterliegen und lokal verfügbar sind, sind entscheidend für zirkuläre Gebäude. Ein biobasierter Ersatz für mineralische Bauelemente könnte Myzel sein, das aus der Biomasse von Pflanzen und Bäumen gewonnen wird. Myzelgebundene Verbundwerkstoffe (MBC) eignen sich als Akustikplatten oder zur Wärmedämmung, was sie ideal für Anwendungen im Innenausbau macht. Das Modul Urban BioCycles Mycelium Digitalisation (BIO) erforscht die lokale Landwirtschaft als eine Quelle von Rohstoffen für die Herstellung von MBCs. In der Schweiz liegt der Schwerpunkt auf Stroh, Hanf und Industrieabfällen, während in Singapur das Rohmaterial – wie Reishülsen und Bambus – aus den Nachbarländern importiert wird. Ein herausragender Vorteil – und das Hauptthema in der Forschung – von MBCs ist, dass sie lokal produziert werden können. Aber unterschiedliche Rohmaterialien führen zu MBC-Typen mit unterschiedlichen Eigenschaften. Deshalb konzentriert sich die Forschung auf die Charakterisierung dieser Materialien, um ihre Leistung für spezifische Anwendungen in der Architektur, im Bauwesen und in der digitalen Fertigung zu optimieren und gleichzeitig ihren zirkulären Lebenszyklus zu nutzen, um die Nachhaltigkeit durch die Verwendung von aus Abfällen gewonnenen Materialien zu fördern.

Paul Knüsel, Chefredaktor Faktor, Zürich



Synthesised classes of land characteristics (30 m × 30 m)



15 Synthetically categorised land characteristics within the Altstetten-Albisrieden district in Zurich, derived from a multi-perspective urban evaluation.

Synthetisch kategorisierte Flächencharakteristiken innerhalb des Bezirks Altstetten-Albisrieden in Zürich, abgeleitet aus einer multiperspektivischen urbanen Bewertung.

ILLUSTRATION: YINGYING JIANG, DENSE AND GREEN CITIES

HIGH DENSITY, HIGH LIVEABILITY

HOHE DICHTE, HOHE LEBENSQUALITÄT

Navigating urban complexity with a holistic vision generates insights, methods, and tools that empower decision-makers to defuse conflicting goals.

Eine ganzheitliche Vision urbaner Komplexität generiert Erkenntnisse, Methoden und Werkzeuge, die Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger ermächtigen, Zielkonflikte zu entschärfen.

■ The good news: a holistic, data-driven, and innovative approach to urban planning can effectively address global challenges by harmonising the ecological, economic, and social dimensions of sustainability. Research comparing case studies across Europe, Asia, and the Americas provides not only context-specific results, but – despite local differences in climate and culture – also reveals globally applicable insights and generalisable findings. The knowledge and the tools derived from them, both locally and globally, can be a

■ Die gute Nachricht: Ein ganzheitlicher, datengestützter, innovativer Ansatz für die Stadtplanung kann globale Herausforderungen wirksam angehen, indem er die ökologischen, wirtschaftlichen und sozialen Dimensionen der Nachhaltigkeit in Einklang bringt. Forschungen, die Fallstudien in Europa, Asien und Amerika vergleichen, liefern nicht nur kontextspezifische Ergebnisse, sondern auch – trotz lokaler Unterschiede in Klima und Kultur – global anwendbare und verallgemeinerbare Erkenntnisse. Das Wissen und die daraus abgeleiteten Instrumente können sich auf lokaler und globaler Ebene als wertvolle Hilfe für politische Entscheidungsträger, Behörden, öffentliche Einrichtungen und Planende bei der Bewältigung komplexer urbaner Fragestellungen erweisen. Der innovative, interdisziplinäre Blick auf komplexe urbane Kontexte eröffnet Entscheidungsträgern neue Perspektiven.

valuable aid to policymakers, authorities, public entities, and planners in addressing complex urban issues. The innovative, interdisciplinary view of complex urban contexts also opens new perspectives for decision-makers.

Social interaction without wasting resources

Urban densification is only viable if it enhances quality of life and fosters acceptance among residents. The module Resource-Efficient Urban Intensification (EFF) investigates how the spatial organisation of cities can intensify socio-spatial interactions – essential for liveability and local economies – while minimising resource use.

The researchers aim to identify urban forms that sustain and enhance social interactions while optimising land and energy use. Their work integrates urban complexity science, modelling, and bottom-up surveys in order to develop real-world solutions for vibrant urban environments. EFF is divided into three main work packages:

Work package 1 uses urban data analytics to assess how urban functions are organised in spatial clusters and analyses how different degrees of clustering are related to social spatial interactions.

Work package 2 further analyses the influence of spatial distribution of urban functions on efficiency from the perspective of quantitative urban economics.

Work package 3 investigates, using an online survey, the personal experiences and well-being of citizens in densifying urban environments in different cultural contexts.

The results underscore the importance of an integrated and holistic approach to urban development, both in planning and design. By harmonising efficient land use with ecological and social considerations, these insights offer actionable strategies for creating more sustainable, vibrant, and resilient cities.

Adaptable and sustainable districts

Enhancing liveability in dense urban areas is at the heart of the module Dense and Green Cities (DEN). This research examines district models that successfully integrate sustainability's three dimensions. It presents a comprehensive analysis of strategies for achieving high-density, high-quality urban development through case studies in cities including Singapore, Zurich, London, Amsterdam, and Toronto – both historically evolved and newly planned – and identifies best practices.

Environmental issues: efficient land use, green infrastructure, renewable energy, low-carbon transport, and climate resilience strategies.

Social issues: affordable housing, diverse communities, accessible amenities, vibrant social spaces.

Economic issues: innovation hubs that attract to businesses and create job opportunities.

Soziale Interaktion ohne Ressourcenverschwendung

Städtische Verdichtung ist nur dann sinnvoll, wenn sie die Lebensqualität steigert und die Akzeptanz der Bewohnenden fördert. Das Modul Resource-Efficient Urban Intensification (EFF) untersucht, wie urbaner Raum die räumlich-sozialen Interaktionen – die für die Lebensqualität und die lokale Wirtschaft von entscheidender Bedeutung sind – intensivieren und gleichzeitig den Ressourcenverbrauch minimieren kann.

Ziel der Forschenden ist es, urbane Formen zu identifizieren, die soziale Interaktionen verbessern und gleichzeitig den Flächen- und Energieverbrauch optimieren. Ihre Arbeit integriert urbane Komplexitätsforschung, Modellierung und Bottom-up-Erhebungen, um reale Lösungen für ein lebendiges städtisches Umfeld zu entwickeln. Das Modul ist in drei Hauptthemen unterteilt:

Thema 1 nutzt Datenanalyse, um zu prüfen, wie städtische Funktionen in räumlichen Clustern organisiert sind und untersucht, wie unterschiedliche Clusterungsgrade mit sozialen Interaktionen zusammenhängen.

Thema 2 erforscht vertieft den Einfluss der räumlichen Verteilung städtischer Funktionen auf die Effizienz aus Sicht der quantitativen Stadtökonomie.

Thema 3 untersucht die persönlichen Erfahrungen und das Wohlbefinden von Menschen in sich verdichtenden urbanen Umgebungen in unterschiedlichen kulturellen Kontexten mittels einer Online-Umfrage.

Die Resultate zeigen, wie wichtig ein integrierter und ganzheitlicher Ansatz für die Stadtentwicklung ist, sowohl in der Planung als auch der Gestaltung. Eine effiziente Flächennutzung, die im Einklang mit ökologischen und sozialen Überlegungen steht, liefert wertvolle Erkenntnisse für Strategien zur Schaffung nachhaltigerer, lebendigerer und resilienterer Städte.

Anpassungsfähige und nachhaltige Stadtteile

Die Verbesserung der Lebensqualität in dichten städtischen Gebieten steht im Mittelpunkt des Moduls Dense and Green Cities (DEN). In dieser Forschungsarbeit werden Stadtteilmodelle untersucht, die die drei Dimensionen der Nachhaltigkeit erfolgreich integrieren. Anhand von Fallstudien in Städten wie Singapur, Zürich, London, Amsterdam und Toronto – sowohl in historisch gewachsenen als auch in neu geplanten Gebieten – werden Strategien für eine dichte und qualitativ hochwertige Stadtentwicklung umfassend analysiert und bewährte Verfahren aufgezeigt:

Umwelt: Effiziente Flächennutzung, grüne Infrastruktur, erneuerbare Energien, CO₂-Verkehr und Strategien zur Klimaresilienz.

Soziales: Erschwinglicher Wohnraum, vielfältige Gemeinschaften, zugängliche Einrichtungen und lebendige soziale Räume.

In Zurich, the analysis examines an urban transformation process aimed at balancing population growth with the creation of a dense, liveable city. In Singapore, the research focuses on the performance of sustainable integrated districts (SIDs), an urban model that integrates cutting-edge systems and solutions. Key findings reveal that SIDs outperform conventional urban districts in pedestrian connectivity, urban vibrancy, ecological sustainability, and thermal comfort. Contributing factors include human-scale design, mixed land use, well-planned walking routes, and diverse visual environments.

The research synthesises insights to provide a multidimensional perspective on urban development, addressing building and urban design, community engagement, environmental sustainability, ecological balance, and governance.

EFF
Resource-Efficient Urban
Intensification

Assoc. Prof. Dr. Siew Ann Cheong
Prof. Dr. Peter Egger



DEN
Dense and Green Cities

Prof. Sacha Menz
Prof. Dr. Thomas Schröpfer



ACP
Architectural Cognition in
Practice

Prof. Dr. Christoph Hölscher
Assoc. Prof. Dr. Zdravko Trivic



Understanding and acting: human-centred design

Anticipation is key to sustainability. The module Architectural Cognition in Practice (ACP) investigates how architectural and urban features foster positive human behaviours, translating these insights into design tools for architects and decision-makers. By combining behavioural studies with design and by integrating architectural cognition into design through collaboration between scientists and practitioners, it improves design processes and outcomes. ACP focuses human-centred research questions.

Fundamental research: How do built environments affect cognition and behaviour? For example, ACP studies how the design of emergency care units at Zurich University hospital affects staff interactions and healthcare performance.

Reflective research: How can designers use these insights to improve spatial design? One approach involves researcher placements within international design firms – observing design workflow, interviewing architects, and introducing new methods for user-centred design.

Translational research: How can design teams be equipped to create spaces that support complex user needs? For example, ACP developed the Spatial Cognition Thinking Cards, to interactively convey key concepts and tools from cognitive sciences.

Analysing the interplay between people and their environments, ACP aims to empower designers to create spaces that enhance daily life, from districts to ultra mixed-use buildings.

Judit Solt, Editor-in-Chief TEC21, Zurich

Ökonomisch: Innovative Zentren, die Unternehmen anziehen und Arbeitsplätze schaffen.

In Zürich wird ein städtischer Transformationsprozess untersucht, der auf ein Gleichgewicht zwischen Bevölkerungswachstum und der Schaffung einer dichten, lebenswerten Stadt abzielt. In Singapur konzentriert sich die Untersuchung auf die Leistung von Sustainable Integrated Districts (SIDs), einem Stadtmodell, das modernste Systeme und Lösungen integriert. Sie belegt, dass SIDs herkömmliche Stadtviertel in Bezug auf Fussgängerverbindungen, städtisches Leben, ökologische Nachhaltigkeit und thermischen Komfort übertreffen. Faktoren, die dazu beitragen, sind ein menschlicher Massstab bei der Gestaltung, eine gemischte Flächennutzung, gut geplante Fusswege und eine vielfältige visuelle Umgebung.

Die Forschung fasst die Erkenntnisse zusammen, um eine mehrdimensionale Perspektive auf die Stadtentwicklung zu bieten, die sich mit Gebäude- und Stadtgestaltung, gesellschaftlichem Engagement, ökologischer Nachhaltigkeit, ökologischem Gleichgewicht und Governance befasst.

Verstehen und Handeln: Menschenzentriertes Design

Antizipation ist der Schlüssel zur Nachhaltigkeit. Das Modul Architectural Cognition in Practice (ACP) untersucht, wie architektonische und städtebauliche Merkmale positives menschliches Verhalten begünstigen, und setzt diese Erkenntnisse in Planungswerkzeuge für Architekten und Entscheidungsträgerinnen um. ACP kombiniert Kognitionswissenschaft und Umweltpsychologie, um die Wirkung von Räumen auf die Nutzenden zu messen und zu verbessern.

Grundlagenforschung: Wie wirkt die gebaute Umwelt auf Wahrnehmung und Verhalten? ACP untersucht, wie die Gestaltung von Notfallstationen am Universitätsspital Zürich die Interaktionen des Personals und die Patientenbetreuung beeinflusst.

Reflektierende Forschung: Wie können diese Erkenntnisse genutzt werden, um die Planung zu verbessern? Hier beobachten Forschende in internationalen Planungsbüros Arbeitsabläufe, befragen Planende und testen Methoden zur nutzerzentrierten Planung.

Translationale Forschung: Wie können Architekten lernen, Räume zu schaffen, die komplexe Nutzerbedürfnisse unterstützen? ACP hat die Spatial Cognition Thinking Cards entwickelt, die in Workshops als interaktive Methode zur Wissensvermittlung eingesetzt werden.

Durch die Analyse des Zusammenspiels zwischen Menschen und ihrer Umgebung will ACP Planende befähigen, Räume zu schaffen, die das tägliche Leben verbessern – von Stadtvierteln bis hin zu Gebäuden mit stark gemischter Nutzung.

Judit Solt, Chefredaktorin TEC21, Zürich



16 Perspective section of the agricultural landscape and earthworks along the Ikopa River in Antananarivo, designed using point cloud modelling and tested through hydrological simulation. Perspektivischer Schnitt der Agrarlandschaft und der Erdarbeiten entlang des Ikopa-Flusses in Antananarivo, entworfen mit Punktwolkenmodellierung und getestet durch hydrologische Simulation.

DESIGN | ENTWURF: ALAN VON ARX, QIANER ZHU

RESILIENT INFRASTRUCTURE, TECHNOLOGIES, AND STRATEGIES

RESILIENTE INFRASTRUKTUR, TECHNOLOGIEN UND STRATEGIEN

■ In the face of global environmental crises and pandemics, urbanised areas are under constant pressure to adapt. Changes in social trends and user behaviour become more frequent and are difficult to predict. Since this results in a noticeable impact on urban infrastructure, strategies for the sustainable and adaptable design of cities must therefore recognise diverse and dynamic influences. The integration of mutual, cross-thematic interactions is becoming an essential planning task in urban development. At the decision-making and implementation levels, computer-aided design methods are required which can take into account a variety of additional information and data sources. In the Future Cities Laboratory (FCL)

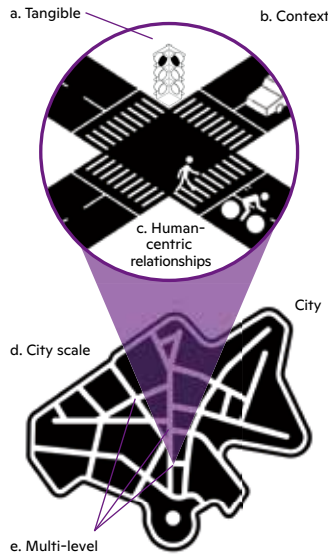
Collaborative concepts for walkable cities, safe landscapes, sustainable mobility, and participatory design approaches are reliant on data analytics and multi-level modelling.

Kollaborative Konzepte für fussgängerfreundliche Städte, sichere Landschaften, nachhaltige Mobilität und partizipative Gestaltung stützen sich auf Datenanalyse und Multi-Level-Modellierung.

■ Angesichts globaler Umweltkrisen und Pandemien stehen verstädterte Gebiete unter ständigem Anpassungsdruck. Änderungen gesellschaftlicher Trends und des Nutzerverhaltens werden häufiger und sind schwer vorhersehbar. Da dies spürbare Auswirkungen auf die städtische Infrastruktur hat, müssen Strategien für eine nachhaltige und anpassungsfähige Gestaltung von Städten vielfältige, dynamische Einflüsse berücksichtigen. Die Integration von themenübergreifenden Wechselwirkungen wird zu einer wesentlichen Planungsaufgabe in der Stadtentwicklung. Für die Entscheidungs- und Umsetzungsebene werden computergestützte Entwurfsmethoden benötigt, mit denen eine Vielzahl von

modules, innovative tools are being tested that allow the responsive, polymathic design of legitimate and resilient development paths for urbanised areas.

Semantic urban element



17 A design+science paradigm to enable human-centric cities (2025). *In progress*

Ein Design+Wissenschaftsparadigma, um menschenzentrierte Städte zu ermöglichen (2025). *In Arbeit*

ILLUSTRATION: MATIAS QUINTANA ET AL., SEMANTIC URBAN ELEMENTS

Simulating urban complexity

The module Semantic Urban Elements (SUE) makes complex urban entities and relations tangible for planners and designers. It simulates urban complexity with human-centred technologies to optimise the walkability in cities or evaluate multimodal shared streets. It extends technocratic data-driven processes for policy and city planning with a socio-technical approach for more user-recognised solutions in urban areas.

SUE defines a basic urban space that is digitally captured with various corresponding multi-level information. A main specialty of this method is to build bridges from evidence-based human perception to participative design solutions. Therefore, it is based mainly on data analytics to provide an urban search engine for designers and a tool for intervention and/or impact simulations.

Urban analytics is a central asset of SUE, based on an innovative use of human-generated sensing: street view imagery becomes a better source of data than sensors. It allows a crowdsourcing of billions of visual features worldwide that represent individual information about the urban environment and human activity in cities, e.g. from the perspective of pedestrians, cyclists, or car drivers. FCL, in collaboration with the National University of Singapore, has released a street view image dataset of Zurich, Singapore, and over 650 other cities worldwide. It contains more than ten million images and 340 contextual and spatio-temporal features and can serve as an urban knowledge library for specific design studies or perception analyses.

Sustainable and adaptive mobility

The quality of transport systems is subjectively judged by users according to the current situation. Traffic jams, train delays, overcrowded trams at rush hour, or a lack of electric vehicle charging points are among the most common complaints. A more objective assessment is based on dynamic interactions: the needs of stakeholders change, and the continually modified infrastructure is sometimes adapted later than expected. Therefore, owners, operators, or providers need better tools to plan an adaptive transport system. The module Adaptive Mobility, Infrastructure, and Land Use (AMI) addresses this issue by investigating how transport infrastructure planning processes can be improved to meet societal needs or to anticipate economic and environmental impacts. The research aims to develop responsive infrastructure planning and the implementation of resilient transport systems. AMI has for the first time modelled the Swiss transport infrastructure planning process, critically assessing

zusätzliche Informationen und Datenquellen berücksichtigt werden können. In den Modulen des Future Cities Laboratory (FCL) werden innovative Werkzeuge erprobt, die einen reaktionsfähigen, polymathischen Entwurf von legitimen und belastbaren Entwicklungspfaden für städtische Gebiete ermöglichen.

Städtische Komplexität simulieren

Das Modul Semantic Urban Elements (SUE) macht komplexe urbane Strukturen und Beziehungen für Planende greifbar. Es simuliert urbane Komplexität mit menschenzentrierten Technologien, etwa um die Fußgängerfreundlichkeit von Städten zu optimieren oder die gemeinsame Nutzung von Strassen durch unterschiedliche Verkehrsträger zu evaluieren. Es erweitert technokratische, datengetriebene Prozesse für Politik und Stadtplanung um ein sozio-technisches Konzept, um nutzungsorientierte Lösungen im urbanen Raum zu ermöglichen.

SUE definiert einen städtischen Raum, der mit verschiedenen Informationen auf mehreren Ebenen digital erfasst wird. Eine Besonderheit dieser Methode besteht darin, eine Brücke von der evidenzbasierten menschlichen Wahrnehmung zu partizipativen Entwurfslösungen zu schlagen. Sie stützt sich hauptsächlich auf Datenanalyse, um eine urbane Suchmaschine für Planerinnen und ein Werkzeug für Interventions- und/oder Auswirkungssimulationen bereitzustellen.

Die urbane Analytik ist ein zentraler Bestandteil von SUE, basierend auf einem innovativen Gebrauch von menschengenerierten Wahrnehmungen: Street-View-Bilder werden zu besseren Datenquellen als Sensoren. Sie ermöglichen ein Crowdsourcing von Milliarden von visuellen Merkmalen weltweit, die individuelle Informationen über die städtische Umwelt und menschliche Aktivitäten in Städten darstellen, etwa aus der Perspektive von Fußgängern, Radfahrerinnen oder Autofahrern. FCL hat in Zusammenarbeit mit der National University of Singapore einen Street-View-Bilddatensatz aus Zürich, Singapur und weiteren über 650 Städten weltweit veröffentlicht. Er enthält mehr als zehn Millionen Bilder und 340 kontextuelle und räumlich-zeitliche Merkmale und kann als urbane Wissensbibliothek für spezifische Entwurfsstudien oder Wahrnehmungsanalysen dienen.

Nachhaltige, anpassungsfähige Mobilität

Die Qualität der Verkehrssysteme wird von den Nutzern subjektiv nach der aktuellen Situation beurteilt. Staus, Zugverspätungen, überfüllte Strassenbahnen in der Rushhour oder fehlende Ladestationen für Elektroautos gehören zu den häufigsten Beschwerden. Eine objektivere Bewertung beruht aber auch auf dynamischen Interaktionen: Die Bedürfnisse der Beteiligten ändern sich, und die ständig angepasste Infrastruktur wird manchmal später als erwartet fertiggestellt.

SUE Semantic Urban Elements

Asst. Prof. Dr. Filip Biljecki
Prof. Dr. h.c. Dirk Helbing



AMI Adaptive Mobility, Infrastructure, and Land Use

Asst. Prof. Dr. Prateek Bansal
Prof. Bryan T. Aday



RES Resilient Blue-Green Infrastructures

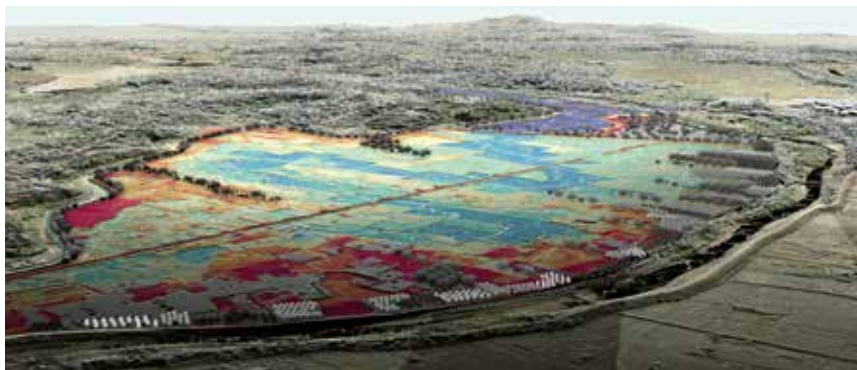
Prof. Dr. Adrienne Grêt-Regamey
Assoc. Prof. Dr. Michiel van Breugel



18 Bird's-eye view of a proposal to restore green and blue infrastructure in the peri-urban area of Antananarivo, Madagascar. The 3D model consists of 300+ million measurement points scanned and edited with centimeter accuracy.

Vogelperspektive eines Entwurfs zur Erneuerung von grüner und blauer Infrastruktur in der Stadtrandzone von Antananarivo, Madagaskar. Das 3D-Modell besteht aus 300+ Millionen Messpunkten, die mit Zentimetergenauigkeit erfasst und verarbeitet wurden.

DESIGN | ENTWURF: LAURA KLINNER, AUDREY WURGES



its ability to meet societal needs and proposing improvements. Advanced planning methods are also being used in exemplary ways to support the roll-out of electric charging infrastructure in Singapore and the extension of tram lines in metropolitan areas in Switzerland.

Design: collaborating with stakeholders

Adapting to climate change requires cities and urbanised areas to weave resilient structures into their future design. In order to mitigate flood risks while strengthening food security, this transformation must be based on socio-ecological inclusiveness. Therefore, the module Resilient Blue-Green Infrastructures (RES) focuses on a highly site-specific design approach that considers the physical terrain and soil as the primary infrastructure of urbanised landscapes. The study site is the flood-prone capital city of Madagascar, Antananarivo. On site, landscape architects from the Department of Architecture at ETH Zurich conducted a design research studio, while researchers from Switzerland, Singapore, and Madagascar are documenting the site through large-scale surveys and three-dimensional modelling methods.

The paradigm shift towards inclusive urban design and spatial planning – also implemented by RES – enables a holistic vision for local adaptation: designers take into account the current land use and stakeholder needs. The qualities of communities and the peri-urban landscape are respected and even promoted by this design approach. RES shows that design is as important as engineering in enabling socially acceptable solutions.

Paul Knüsel, Editor-in-Chief Faktor, Zurich

Daher benötigen Eigentümer, Betreiberinnen oder Anbieter bessere Instrumente für die Planung eines adaptiven Verkehrssystems. Das Modul Adaptive Mobility, Infrastructure and Land Use (AMI) befasst sich mit diesem Thema, indem es untersucht, wie Planungsprozesse für Verkehrsinfrastrukturen verbessert werden können, um gesellschaftliche Bedürfnisse zu gewährleisten oder wirtschaftliche und ökologische Auswirkungen zu antizipieren. Ziele dieses Forschungsprojekts sind die Entwicklung einer reaktionsfähigen Infrastrukturplanung und die Implementierung von belastbaren Verkehrssystemen.

AMI hat erstmals den Planungsprozess der Schweizer Verkehrsinfrastruktur modelliert, indem es dessen Fähigkeit, gesellschaftliche Bedürfnisse zu erfüllen, kritisch bewertet und Verbesserungsvorschläge unterbreitet hat. Fortgeschrittene Planungsmethoden werden auch beispielhaft eingesetzt, um die Einführung von Elektroladeinfrastruktur in Singapur und den Ausbau von Strassenbahnlinien in Ballungsräumen in der Schweiz zu unterstützen.

Entwurf: Kollaboration mit Stakeholdern

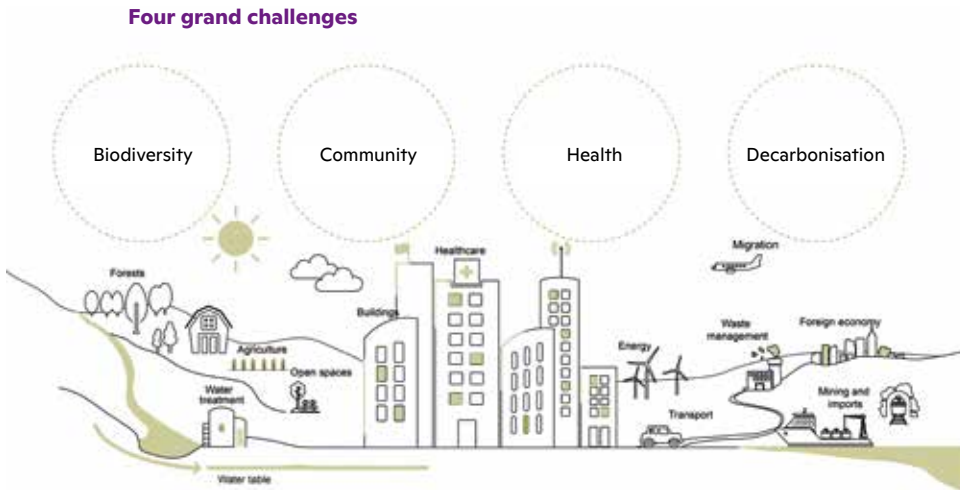
Die Anpassung an den Klimawandel zwingt Städte und urbanisierte Gebiete dazu, ihre künftige Gestaltung auf widerstandsfähige Strukturen auszurichten. Um Überschwemmungsrisiken zu mindern und die Ernährungssicherheit zu stärken, muss dieser Wandel auf sozio-ökologischer Inklusion erfolgen. Daher konzentriert sich das Modul Resilient Blue-Green Infrastructures (RES) auf einen standortspezifischen Gestaltungsansatz, der das physische Terrain und den Boden als primäre Infrastruktur urbanisierter Landschaften betrachtet. Der Studienort ist Antananarivo, die überschwemmungsgefährdete Hauptstadt von Madagaskar, ein etabliertes Thema für das Design Research Studio DRS am Departement Architektur der ETH. Dort arbeiten Forscherinnen und Forscher aus der Schweiz, Singapur und Madagaskar zusammen und erfassen das Gebiet mit grossflächigen Vermessungen und dreidimensionalen Modellierungsmethoden.

Der Paradigmenwechsel für eine integrative Stadt- und Raumplanung – umgesetzt auch durch das RES-Modul – ermöglicht eine ganzheitliche Vision für lokale Anpassungen: Die Planerinnen und Planer gehen von den aktuellen Landnutzungen und den qualitativen Bedürfnissen der Stakeholder aus. Das Ergebnis ist, dass die bestehenden Qualitäten der Gemeinden und der peri-urbanen Landschaft durch diesen Planungsansatz respektiert und sogar gefördert werden. Das RES-Modul zeigt, dass die Gestaltung ebenso wichtig ist wie die Technik, um Diskussionen über sozialverträgliche Lösungen zu ermöglichen.

Paul Knüsel, Chefredaktor Faktor, Zürich

FCL GLOBAL: AN OUTLOOK

FCL GLOBAL: EIN AUSBLICK



19 FCL is refining its focus and laying the groundwork for future research in four key areas: biodiversity, community, decarbonisation, and health.

FCL schärft seinen Fokus und legt die Grundlagen für zukünftige Forschung in vier zentralen Bereichen: Biodiversität, Gemeinschaft, Dekarbonisierung und Gesundheit.

ILLUSTRATION: JULIO PAULOS, JOANNA SLEIGH

■ Cities are a work in progress, shaped by the future as much as by the past. Because we cannot assume the future form or character of cities, continued vigilant and strategic urban monitoring is imperative to creating and securing healthier, more sustainable places. Thanks to the work of projects like FCL Global, we now know more than ever about how to shape the urban transition. There is massively greater data capacity than a decade ago, better design, much more sophisticated technology, and, critically, a heightened awareness of the need for collective action to tackle complex urban problems. But just as we celebrate the knowledge, capacity, and willingness to make cities greener, better, and fairer, we also note that there is still work to be done.

Interpreting the urban palimpsest to guide the path of future development requires diverse skills and perspectives, such as those forged through the work of FCL Global. Its message is clear: we have made progress, but we have not done enough to future-proof our cities from dysfunctional excesses and known harms. There is no room for complacency, especially in the face of heightened political, economic, and ecological uncertainties that exacerbate the challenges that are and will continue to be faced by the custodians of cities.

Prof. Dr. Susan Parnell, Co-Chair FCL Global Scientific Advisory Committee, Professor at the University of Bristol, Emeritus Professor at the University of Cape Town

■ Städte sind in ständiger Entwicklung, die Zukunft prägt sie ebenso wie die Vergangenheit. Da wir die künftige Form oder den Charakter von Städten nicht vorhersehen können, ist eine aufmerksame und strategische Überwachung unabdingbar, um gesündere und nachhaltigere Orte zu schaffen und zu sichern. Dank Projekten wie dem FCL Global wissen wir heute mehr als je zuvor darüber, wie wir den städtischen Wandel gestalten können. Heute gibt es massiv bessere Datenkapazitäten als noch vor einem Jahrzehnt, besseres Design, viel ausgefeiltere Technologien und vor allem ein gesteigertes Bewusstsein für die Notwendigkeit, komplexe städtische Probleme gemeinsam anzugehen. Doch so sehr wir uns über das Wissen, die Fähigkeit und die Bereitschaft freuen, die Städte grüner, besser und gerechter zu machen, so stellen wir auch fest, dass es noch viel zu tun gibt.

Die Interpretation des städtischen Palimpsestes als Wegweiser für die künftige Entwicklung erfordert vielfältige Fähigkeiten und Perspektiven, wie sie das FCL Global entwickelt hat. Die Botschaft ist klar: Wir haben Fortschritte gemacht, aber nicht genug getan, um unsere Städte vor dysfunktionalen Auswüchsen und bekannten Schäden zu schützen. Es gibt keinen Grund zur Selbstzufriedenheit, vor allem angesichts der zunehmenden politischen, wirtschaftlichen und ökologischen Unsicherheit, die die Herausforderungen, denen sich die Verantwortlichen der Städte stellen müssen, noch verschärft.

Prof. Dr. Susan Parnell, Co-Chair des FCL Global Scientific Advisory Committee, Professor an der University of Bristol, Emeritus Professor an der University of Cape Town

IMPRINT | IMPRESSUM

Special issue by

espazium – The Publisher for Building Culture

Supplement to TEC21 no 9/2025, TRACÉS no 5/2025,
and Archi no 3-4/2025

Sonderpublikation von

espazium – Der Verlag für Baukultur

Beilage zu TEC21 Nr. 9/2025, TRACÉS Nr. 5/2025
und Archi Nr. 3-4/2025

Conception and editing | Konzept und Redaktion

Judit Solt, TEC21, Zürich, Editor-in-Chief | Chefredaktorin
Michèle Rüegg Hormes, FCL Global, Zurich Hub,
Associate Director Communications

Martina Wundling, TEC21, Zürich, Editor | Redaktorin
Sonja Winkler, Frauenfeld, Proofreader German |
Korrektorat Deutsch

Stämpfli Kommunikation, Bern, Proofreader English |
Korrektorat Englisch

Anna-Lena Walthert, TEC21, Zürich, Art Director
Elke Schultz, Brand Design, Zürich, Design | Layout
Studio Joost Grootens, Amsterdam, CI/Branding
FCL Conference 2023

Translation | Übersetzung

Michèle Rüegg Hormes, FCL Global, Zurich Hub,
Associate Director Communications

Editor | Redaktion

TEC21 – Schweizerische Bauzeitung, Zweierstrasse 100,
Postfach, CH-8036 Zürich, Switzerland | Schweiz
Tel. +41 44 288 90 60, redaktion@tec21.ch, espazium.ch

Publisher | Herausgeber

espazium – The Publisher for Building Culture
espazium – Der Verlag für Baukultur
Zweierstrasse 100, CH-8003 Zürich, Tel. +41 44 380 21 55
Katharina Schober, Director | Verlagsleiterin
Ariane Nübling, Assistant | Assistentin

Print | Druck

Stämpfli Kommunikation, Bern

Reproduction of images and text, including excerpts,
only with the written permission of the editors and with
exact reference to the source. | Nachdruck von Bild und
Text, auch auszugsweise, nur mit schriftlicher Genehmi-
gung der Redaktion und mit genauer Quellenangabe.



futurecitieslab.world



fcl.ethz.ch

(FCL) FUTURE
CITIES
LABORATORY
GLOBAL

ETH zürich

(SEC) SINGAPORE-ETH
CENTRE

CREATE



MEMBERS OF FCL GLOBAL

LEADERSHIP TEAM

Sacha Menz, Arno Schlüter, Thomas Schröpfer, Sentill Ananthan,
Adrien Bressan, Sean Eu, Srilalitha Gopalakrishnan, Nicolo Guariento,
Erik Hagander, Estefania Ibanez Moreno, Julio Paulos, Michèle Rüegg Hormes,
Joanna Sleigh, Esra Suel, Joshua Vargas

ACP Christoph Hoelscher, Zdravko Trivic, Leonel Aguilar Melgar,
Freyaan Anklesaria, Raphael Baur, Lara Gregorians, Azrin Jamaluddin,
Panagiotis Mavros, Yuqin Zhong

AGR Stephen Cairns, Jessica Diehl, Agustin Escobar, Helen Fan Lei, Denise Lee,
Janice Ser Huay Lee, Yuhao Lu, Niraly Mangal, Victoria Marshall, Johan Six,
Daliana Suryawinata, Evi Syarifuddin, Dorothy Tang, Joshua Vargas

AMI Bryan T. Adey, Prateek Bansal, Kay W. Axhausen, Canh Xuan Do,
Arnor Elvarsson, Pieter Fourie, Orlando Roman Garcia, Zhuan Jin,
Tanvi Maheshwari, Dang Khoa Vo, Jin Rui Yap, Qiming Ye

BIO Philippe Block, Selina Bitting, Serban Bodea, Tiziano Derme,
Benjamin Dillenburger, Dirk E. Hebel, Hortense Le Ferrand, Deepak Sharma,
Eugene Soh, Jia Heng Teoh

CEC Paolo Burlando, Tan Puay Yok, Dengkai Chi, Simone Fatichi, Amy Hahs,
Yun Hye Hwang, Brenda Lin, Gabriele Manoli, Mark McDonnell, Naika Meili,
Yeshan Qiu, Daniel Richards, Jing Wang, Jun Yang, Zhang Ye, Yue Zhu

CFC Stefanie Hellweg, Rudi Stouffs, Heiko Aydt, David Bucher,
Catherine De Wolf, Bibek Gupta, Guillaume Habert, Daniel Hall,
Pieter Herthogs, Kamila Krych, Wanyu Pei, Deepika Raghu, Carlo Schmid,
Goran Sibenik, Francesco Tizzani, Aurel von Richthofen, Shuyan Xiong

DEN Sacha Menz, Thomas Schröpfer, Ivan Beliaev, Lynette Cheah,
Seppe De Blust, Gabriela Debrunner, Yuming Fu, Tongcharan Gao,
Srilalitha Gopalakrishnan, Nicolo Guariento, Roderic Günter,
Christoph Hölscher, Yingying Jiang, David Kaufmann, Samson Lim,
Irina Orleňko, Ana Peric, Freek Persyn, Leonie Pock, Junyao Ren,
Anjanaa Devi Srikanth, Gordon Tan, Caspar Trüb, Sibylle Wälty,
Daniel Kin Heng Wong, Lei Xu, Ruby Zhang Xuan

EFF Siew Ann Cheong, Peter Egger, Felicity Chan, Lock Yue Chew,
Tianyu Dong, Einar Kjenstad, Markus Schlaepfer, Patricia Wepfer

EPP Adrienne Grêt-Regamey, Sean Eu, Jens Fischer, Marcelo Galleguillos,
Manuel Gschwend, Nicolo Guariento, Susanne Herms, Michael Joos,
Mei Yi Liew, David Neudecker, Preya Devi D/O Rajagopal, Orencio Robaina

NEW Naomi Hanakata, Christian Schmid, Milica Topalović, Nitin Bathla,
Nancy Couling, Evelyn Gordon, Adrienne Grêt-Regamey, Hans Hortig,
Hiromi Inagaki, Nikos Katsikis, Karoline Kostka, Christoph Kueffer,
Metaxia Markaki, Matteo Riva, Johan Six, Kevin Vega

POW Francis Bu-Sung Lee, Arno Schlüter, Roger Boltshauser, Ayca Duran,
Yuming Fu, Alina Galimshina, Max Gester, Alexander Hollberg, Jidong Kang,
Justin McCarty, Markus Schlaepfer, Renate Schubert, Yean Seanglidet,
Tien Foo Sing, Christoph Waibel, Jiazu Zhou

RES Adrienne Grêt-Regamey, Michiel van Breugel, Nary Andriamananjatovo,
Valérie Andriamanga, Ntsiva Andriatsitohaina, Constance Brouillet,
Perrine Burnod, Lars Buur, Fabrizia Fappiano, Christophe Giro, Joao Leitao,
Max Maurer, Peter Messerli, Hoby Nambinontsoa Nomenjanahary,
Bruno Ramamonjisoa, Nantenaina Ravoahangilalao, Nicolas Salliou,
Luc Schmid, Philipp Urech, Fanny Voélin, Julie Zähringer

SEA Peter Molnar, Rudi Stouffs, Jovan Blagojevic, Jeroen Borst, Qian Cao,
Oscar Carracedo, Yuan Chao, Jiongye Li, Shuyang Li, Siyu Li, Pengyuan Liu,
Abraham Noah Wu, Zhang Ye, Jean You, Xing Zheng

SUE Filip Biljecki, Dirk Helbing, Javier Argota Sánchez-Vaquerizo, Chenyi Cai,
Rohit K. Dubey, Youlong Gu, Pieter Herthogs, Christoph Hoelscher,
Markus Kraft, Kosuke Kuriyama, Shiyong Li, Stefan Müller Arisona,
Matias Quintana, Gerhard Schmitt, Aurel von Richthofen