Leibniz-Institut
für ökologische
Raumentwicklung

# Forschungsprogramm
## 2022 – 2028

**Wir forschen für nachhaltigen Wandel**
in Quartieren, Städten und Regionen

www.ioer.de

Leibniz Gemeinschaft

DRESDEN concept

Leibniz-Institut
für ökologische
Raumentwicklung

# Forschungsprogramm 2022-2028

## Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung (IÖR)

Forschungsprogramm 2022-2028
01. Januar 2022

Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e. V.
Direktor: Prof. Dr. Marc Wolfram
Weberplatz 1
01217 Dresden

Tel.: +49 (0)351 46 79 0
Fax: +49 (0)351 46 79 212
Email: info@ioer.de
Internet: www.ioer.de

# Inhaltsverzeichnis

**1 Konzept und Ansatz 5**

**2 Forschungsbereiche 12**

2.1 Transformative Kapazitäten
(inklusive des Interdisziplinären Zentrums für transformativen Stadtumbau und der Forschungsgruppe Nachhaltige wirtschaftliche Dynamik und Innovation) 12

2.2 Landschaft, Ökosysteme und Biodiversität
(inklusive Forschungsgruppe Urbane Mensch-Natur Resonanz) 17

2.3 Gebaute Umwelt – Ressorcen und Umweltrisiken
(inklusive der Forschungsgruppe Anthropogene und natürliche Ressorcen) 21

2.4 Raumbezogene Information und Modellierung
(inklusive Koordination des IÖR-Forschungsdatenzentrums) 27

**3 Querschnittsaufgaben 31**

3.1 Knowledge Integration Hub 31

3.2 Forschungsinfrastruktur 34

3.3 Wissenschaftliches Netzwerk 35

3.4 Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchs 43

**IÖR Projekte 46**

**Im Forschungsprogramm zitierte Literatur 53**

# 1 Konzept und Ansatz

Das IÖR-Forschungsprogramm 2022-28 baut auf den langfristigen Orientierungen der Institutssatzung und des Leitbildes auf. Es spiegelt die Position des IÖR im deutschen Wissenschaftssystem und im Europäischen Forschungsraum sowie in Peer-Organisationen und Forschungsnetzwerken auf der ganzen Welt wider, um sowohl die Besonderheit als auch die Vernetzung der Forschungsagenda des Instituts zu gewährleisten. Darüber hinaus berücksichtigt es den entscheidenden Zeitrahmen bis 2030 für das Erreichen der gesellschaftlichen Transformationsziele und für das Setzen von Prioritäten, um hierfür Vorbedingungen zu erfüllen und Hebelpunkte anzugehen.

Das Programm bildet einen mehrjährigen Rahmen für **die Förderung und Umsetzung der räumlichen Nachhaltigkeitswissenschaften** am IÖR. Es legt den übergreifenden Forschungsgegenstand und die Ziele des Instituts fest, ebenso wie den Forschungs- und Transferansatz, die Forschungsethik und die Organisationsstruktur. Weitere detaillierte Programmplanungen werden für die vier Forschungsbereiche (FB) des IÖR sowie für wichtige Querschnittsbereiche wie den Knowledge Integration Hub (KIH), die Forschungsdateninfrastrukturen des IÖR sowie das Engagement des Instituts in Netzwerken für Wissenschaft und Gesellschaft und die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses erstellt.

## Herausforderungen

Die Welt steht im 21. Jahrhundert vor noch nie dagewesenen Herausforderungen. Entlang unseres derzeitigen Entwicklungspfads entwickelt sich eine planetarische **Mensch-Umwelt-Krise**. Die vom Menschen verursachten Faktoren stellen eine ernsthafte Bedrohung für das Erdsystem und seine Dynamik dar, die bereits zu erheblichen Störungen geführt hat. Das derzeitige Ausmaß der Umweltveränderung und -degradation überschreitet die planetarischen Grenzen und stellt eine Gefahr für Lebensgrundlagen, Wohlstand und Wohlfahrt dar. Es entstehen neue Muster der Nicht-Nachhaltigkeit, und sogar die Integrität der nicht-menschlichen Natur und des menschlichen Lebens wird in Frage gestellt, ebenso wie Themen wie Chancengleichheit und Gerechtigkeitsziele. Vor diesem beunruhigenden Hintergrund formuliert das IÖR seine Forschungsagenda für die nächsten sieben Jahre, die auf die Schnittstellen zwischen dem Erdsystem und der Anthroposphäre abzielt und sich auf deren **kritische räumliche Dimensionen** konzentriert.

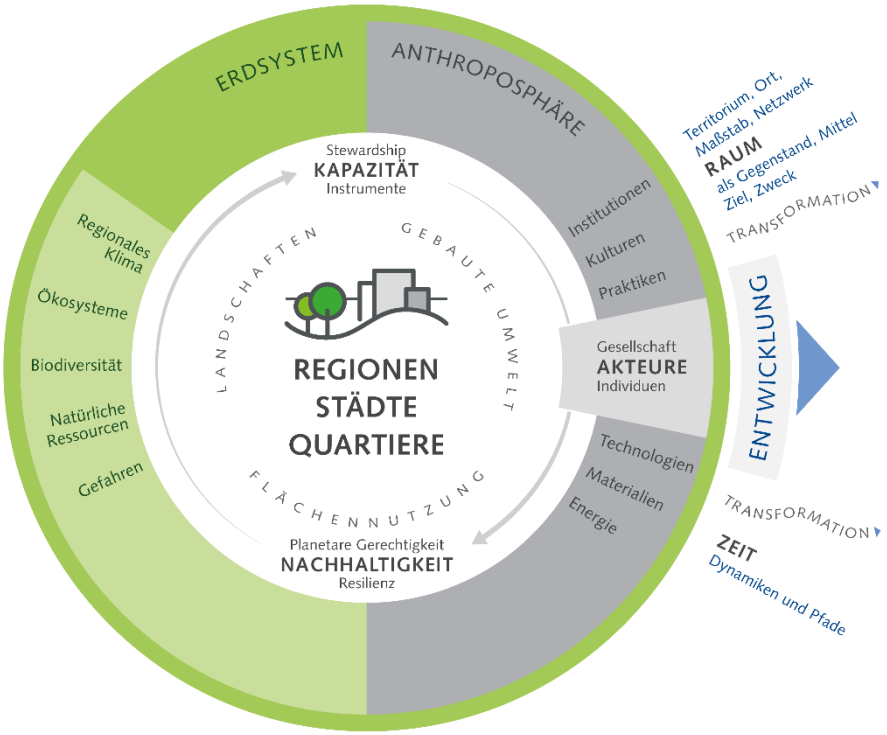
Aktuelle wissenschaftliche Erkenntnisse unterstreichen die **dringende Notwendigkeit eines sozial-ökologischen Wandels** in räumlicher Hinsicht, um grundlegende Nachhaltigkeitsziele zu erreichen. Menschliche Aktivitäten üben räumlich differenzierten Druck auf Ökosysteme auf allen Ebenen aus. Prozesse des demografischen Wandels, der ökonomischen und technologischen Entwicklung sowie Veränderungen in der Landnutzung führen zu übermäßigen lokalen oder räumlich gekoppelten Umweltbelastungen mit großen regionalen Unterschieden in der Wachstumsdynamik und den Auswirkungen auf die Nachhaltigkeit (UN SDSN, 2021; Elmqvist et al., 2018; UN DESA, 2019). Dies hat zu negativen Auswirkungen wie Klimawandel, Zerstörung von Ökosystemen, Aussterben von Arten, Ressourcenerschöpfung und Umweltverschmutzung geführt (IPCC, IPBES, UNEP, WBGU). Im Gegenzug sind menschliche Siedlungen in zunehmendem Maße verschiedenen Naturgefahren ausgesetzt, die geografisch sehr ungleichmäßig verteilt sind (CRED & UNDRR, 2020; IPCC, in press). In all diesen Bereichen spielen Technologien und insbesondere die Digitalisierung eine ambivalente Rolle, da sie Belastungen und Risiken sowohl verstärken als auch abmildern können und gleichzeitig räumliche

Strukturen, Verständnisse und Wahrnehmungen verändern (WBGU, 2019; Evans et al., 2019; Schwab, 2016).

Trotz politischer Verpflichtungen auf allen Ebenen haben die derzeitigen Strukturen und Paradigmen bisher zu **räumlichen Entwicklungen mit abnehmender Nachhaltigkeit und Resilienz** geführt. Dies spiegelt nicht nur grundlegende Interessenkonflikte, Machtasymmetrien und soziale Ausgrenzung innerhalb von Gesellschaften wider, sondern verweist auch auf eine vielfache Fragmentierung entlang territorialer, hierarchischer, sektoraler oder handlungsfeldbezogener Grenzen sowie auf einen Mangel an sinnvoller Stakeholder-Beteiligung, was die Integration von Wissen, Empowerment und verantwortungsvollem *„place stewardship"* behindert (Cars et al., 2018; Stissing Jensen et al., 2019).

## Forschungsgegenstand

Angesichts dieser großen gesellschaftlichen Herausforderungen und unter besonderer Berücksichtigung ihrer Räumlichkeit untersuchen wir die Merkmale, Muster und Dynamiken multiskalarer **sozial-ökologisch-technologischer Raumkonfigurationen**. Diese werden durch komplexe räumliche Beziehungen und Prozesse erzeugt und reproduziert, welche verschiedene gesellschaftliche und materielle Faktoren miteinander verknüpfen. Ausgehend von aktuellen Entwicklungen in den Nachhaltigkeitswissenschaften (Clark/Harley, 2020; Fang et al., 2018) und Beiträgen, die die Notwendigkeit betonen, bislang oft getrennte Forschungslinien zu sozio-ökologischen oder sozio-technischen Systemtransformationen miteinander zu verbinden (McPhearson et al., 2021; Markolf et al., 2018), befassen wir uns insbesondere mit den **verschiedenen Formen des Einflusses von Räumlichkeit auf diese Zusammenhänge**. Daher konzentriert sich unsere Forschung auf Landschaften, Landnutzung, die gebaute Umwelt sowie räumlich-ökonomische Interaktionen, um deren **Entwicklung und Transformation** im territorialen Kontext von Stadtvierteln, Städten und Agglomerationen, urbanisierten und ländlichen Gebieten sowie Regionen und Ländern – einschließlich grenzüberschreitender Aspekte – zu untersuchen. Wir erforschen wichtige Umweltfaktoren wie das regionale Klima, Ökosysteme, die biologische Vielfalt, Ressourcen und Naturgefahren. Als entsprechende physische Faktoren der Gesellschaft untersuchen wir Technologien, Materialien und Energie. Letztlich liegt unser Hauptaugenmerk auf der räumlichen Koevolution dieser Faktoren mit gesellschaftlichen Institutionen, Kulturen und Praktiken und den **Kapazitäten**, durch welche Umfang, Richtung und Geschwindigkeit von Entwicklungen in Bezug auf **Nachhaltigkeit**, **Widerstandsfähigkeit** gegenüber Umweltrisiken und **planetarische Gerechtigkeit** beeinflusst werden können. Dies bedeutet, dass wir die Rolle verschiedener Individuen und Akteure, ihre Interdependenz und Interaktionen sowie die Gesellschaft als Ganzes bei der Mitgestaltung des räumlichen Wandels berücksichtigen müssen. Wir definieren daher unseren Forschungsgegenstand als **räumliche Nachhaltigkeitstransformationen**, d. h. wir untersuchen, wie unterschiedliche räumliche Konfigurationen einen tiefgreifenden und umfassenden gesellschaftlichen Wandel in Richtung Nachhaltigkeit ermöglichen oder behindern (siehe Abbildung 1).




## Leitziele

Unsere Forschungsergebnisse unterstützen die Erreichung **wichtiger gesellschaftlicher Ziele im Zusammenhang mit der Raumentwicklung**, darunter die UN- und EU-Städteagenda, die Territoriale Agenda der EU, die Leipzig-Charta und die Baskische Erklärung sowie die SDGs der Vereinten Nationen und damit verbundene internationale Umweltverpflichtungen wie die UN-Konventionen zum Klimawandel (UN FCCC) und zur biologischen Vielfalt (UN CBD). Darüber hinaus sollen diese Forschungsergebnisse die Akteure des öffentlichen, privaten, zivilgesellschaftlichen und dritten Sektors auf allen Ebenen in die Lage versetzen, über die Einhaltung etablierter Ziele hinauszugehen und gemeinsam einen transformativen Wandel in den Beziehungen zwischen Mensch und Natur zu bewirken und eine kollektive Verantwortung für nachhaltige und widerstandsfähige Orte zu entwickeln. Gleichzeitig wollen wir mit neuen Konzepten, Erkenntnissen und Methoden einen Beitrag **zu den einschlägigen wissenschaftlichen Debatten** in und über ein breites Spektrum von Disziplinen leisten.

Unsere Leitziele sind im Einzelnen:

- Förderung des wissenschaftlichen Verständnisses des räumlichen Wandels der Nachhaltigkeit, seiner Merkmale, Dynamik und Geografien;
- Verstehen sozial-ökologisch-technologischer Raumkonfigurationen und Bewertung ihrer Nachhaltigkeit und Resilienz;

- Entwicklung von maßstabsübergreifenden räumlichen Informationen, Analysewerkzeugen und Kenntnissen sowie von Politik- und Planungsinstrumenten, die die Anpassungs- und Transformationsfähigkeit städtischer und regionaler Systeme verbessern;
- Beitrag zu gesellschaftlichen Agenda-Setting- und Umsetzungsprozessen, die nachhaltige und resiliente Regionen, Städte und Nachbarschaften gestalten;
- Unterstützung einer Raumentwicklung, die es den Menschen ermöglicht, sich innerhalb der ökologischen Grenzen zu entfalten und gleichzeitig die planetarische Gerechtigkeit zu gewährleisten.

## Forschung und Transferansatz

Wir stützen uns auf die Raum-, Umwelt-, Sozial-, Wirtschafts-, Planungs-, Rechts- und Ingenieurwissenschaften und verwenden Begriffe der **Räumlichkeit als gemeinsame Referenz**. Diese reichen vom physisch-materiellen Raum über Konzepte des relationalen und sozial konstruierten Raums bis hin zum subjektiven Erfahrungsraum, inneren Raum sowie zum digitalen Raum. Angesichts der Komplexität und Dynamik unseres Themas entwickeln und nutzen wir integrierte **disziplinäre** sowie **inter- und transdisziplinäre Forschungsansätze**. Wir entwickeln interdisziplinäre Forschungsdesigns und nehmen dabei disziplinäre Perspektiven ein, um einzelne Aspekte zu hinterfragen und ein umfassendes Verständnis zu fördern. Darüber hinaus gestalten wir gemeinsam mit öffentlichen, privaten und zivilgesellschaftlichen Akteuren transdisziplinäre Forschungsansätze wie Reallabore oder Bürgerwissenschaft, um Wissens-Koproduktion und Ko-Kreation zu ermöglichen. Dies gewährleistet das nötige Maß an Reflexivität in Bezug auf unsere Rolle als Wissenschaftler*innen in einem bestimmten räumlichen Entwicklungskontext. Zusammenfassend entspricht die IÖR-Forschung also im Wesentlichen dem vom Wissenschaftsrat skizzierten Konzept der **anwendungsorientierten Forschung** (WR, 2020) bzw. *„use-inspired basic research"* (Stokes, 1997), welche koevolutionären Prozessen folgt und multiple Modi der Wissens(ko)produktion kombiniert, um Ergebnisse von hoher gesellschaftlicher Relevanz zu entwickeln *und* die Grenzen der Wissenschaften zu erweitern.

Auf der Grundlage dieses Ansatzes generieren wir **Wissen über räumliche Konfigurationen**, ihre Vergangenheit und Gegenwart, ihre Veränderbarkeit sowie über mögliche und wünschenswerte Zukünfte. Wir leiten alternative räumliche Entwicklungspfade und die Bedingungen, Ansätze und Interventionen ab, die zur Förderung eines transformativen Wandels erforderlich sind. Dementsprechend entwickeln wir auch Konzepte, Methoden und Werkzeuge für Wissenschaft und Gesellschaft, um räumlichen Wandel zu verstehen, zu bewerten und zielgerichtet zu gestalten sowie die Rolle von Räumlichkeit als Gegenstand, Mittel oder Ziel von Nachhaltigkeitstransformationen. Diese Arbeit umfasst insbesondere räumliche Datenerhebung und -analyse, Monitoring-, Foresight- und Modellierungsverfahren, formelle und informelle Politik- und Planungsinstrumente im Raum- und Umweltbereich sowie Reflexivitätsformate zu individuellen oder gemeinschaftlichen Orientierungen und Praktiken.

Als strukturelle Maßnahme von übergreifender Bedeutung plant das Institut, seine Forschungsdateninfrastruktur und -kapazitäten durch die Einrichtung des **IÖR-Forschungsdatenzentrums** (IÖR-FDZ) im Zeitraum dieses Forschungsprogramms zu stärken und folgt damit auch den Empfehlungen des Senats der Leibniz-Gemeinschaft (2018). Aufbauend auf der etablierten Forschungsdateninfrastruktur (IÖR-Monitor) wird das IÖR-FDZ in allen vier Forschungsbereichen des Instituts verankert und ermöglicht so neuartige interdisziplinäre Ansätze und Anwendungen im Bereich der Geodatenerfassung, -weitergabe, -integration, -analyse und -interpretation (siehe Abschnitt 3.2).

### Wissenstransfer

Die gesellschaftliche Relevanz und Wirkung unserer Forschung ist uns ein Grundanliegen. Daher bildet der **Transfer** einen integralen Bestandteil des wissenschaftlichen Ansatzes des IÖR. In Anlehnung an Gottfried Wilhelm Leibniz' Wissenschaftsideal „theoria cum praxi" und das Transferleitbild der Leibniz-Gemeinschaft verstehen wir Transfer als „zielgruppenspezifische und qualitätsgesicherte Übersetzung wissenschaftlicher Erkenntnisse und umgekehrt die Integration gesellschaftlich generierter Fragestellungen in Forschungsprojekte" (Leibniz-Gemeinschaft, 2019).

Unsere übergreifenden **Transferziele** sind die Vermittlung von Wissen, die Sicherung des Verständnisses, die Identifizierung und Bearbeitung von Informationsbedarfen, die Beantwortung aktueller Fragestellungen sowie die Suche und Gestaltung neuer Transferräume – letztlich mit dem Ziel, die Entscheidungs- und Handlungsfähigkeit der Akteure zu stärken sowie Anpassungs- und Transformationskapazitäten für nachhaltige und resiliente Quartiere, Städte und Regionen zu entwickeln. Zentrale **Zielgruppen** sind politische Entscheidungsträger, öffentliche Verwaltungen, Planungspraktiker, die Privatwirtschaft, der dritte Sektor und zivilgesellschaftliche Akteure sowie Intermediäre.

Unsere **Transferthemen** bauen auf den Aktivitäten aller Forschungsbereiche auf. Sie beziehen sich auf drei **Formen von Wissen**, die für räumliche Nachhaltigkeitstransformationen besonders relevant sind: 1) Systemwissen zur Genese und möglichen Weiterentwicklung von Problemen sowie zu Probleminterpretationen in der realen Welt; 2) Zielwissen zur Ermittlung und Erklärung von Veränderungsbedarf und gewünschten Zielen; 3) Transformationswissen zu möglichen Handlungsansätzen, um bestehende Realitäten zu transformieren bzw. wünschbare herzustellen (Hirsch Hadorn/Pohl, 2007, S. 36; vgl. WR 2016).

Die zentralen Gestaltungsprinzipien für unsere Transferaktivitäten sind dialogisch, zielgruppenorientiert, kontextbezogen, transparent, evidenzbasiert und ergebnisoffen. Auf der Grundlage dieser Orientierungen kombinieren wir drei wesentliche **Transferansätze**:

- **Kommunikation** zielt auf einen Austausch zwischen Wissenschaft und Gesellschaft. Sie zielt darauf ab, wissenschaftliches Wissen in die Gesellschaft zu transferieren, um über Forschungsaktivitäten, -inhalte, -ergebnisse und Handlungsoptionen zu informieren, aber auch um das Bewusstsein zu schärfen, Empowerment zu fördern und Partizipation anzuregen. Ebenso soll diese Kommunikation Rückkopplungskanäle eröffnen, um sicherzustellen, dass nicht-akademisches Wissen in die Forschungsaktivitäten integriert werden kann.
- **Beratung** konzentriert sich auf Beiträge zu Entscheidungsprozessen, z. B. in schriftlicher Form oder durch Teilnahme an Beiräten, Expertengremien oder Netzwerken. Dies dient der Unterstützung formeller und informeller Prozesse der Planung und Politikgestaltung, der Normung oder Regulierung sowie von Entscheidungen im privaten, zivilgesellschaftlichen und dritten Sektor. Beratungstätigkeiten sind häufig in Forschungsprojekte eingebettet. Sie profitieren stark vom Aufbau langfristiger strategischer Partnerschaften mit Interessengruppen auf allen Ebenen.
- Die **Anwendung** zielt darauf ab, die Nutzung, Übernahme und Umsetzung von Forschungsergebnissen zu erleichtern, z. B. von Daten, Informationen, Werkzeugen, Verfahren oder Vorschlägen für Design, Politik oder Regulierung in den entsprechenden Entscheidungskontexten. Darüber hinaus ermöglichen transdisziplinäre Forschungsansätze wie Reallabore oder Bürgerwissenschaft die Ko-Produktion und Ko-Kreation von Wissen unter Einbeziehung verschiedener Zielgruppen.

Diese Ansätze entsprechen im Wesentlichen den **Transferwegen**, die derzeit in den deutschen Wissenschaftsorganisationen diskutiert werden. Darüber hinaus engagiert sich das IÖR auf der Grundlage der entsprechenden Leibniz-Leitlinien für die Karriereentwicklung (Leibniz-Gemeinschaft, 2020) auch im Transfer „über Personen", indem es die Karriereentwicklung in allen Phasen umfassend unterstützt, unter anderem durch die Dresden Leibniz Graduate School (DLGS).

Um die Integration des Transfers in die Forschungsaktivitäten zu operationalisieren und Synergien zu fördern, wird das IÖR auch eine **Transferstrategie** entwickeln. Dazu gehört insbesondere die Formulierung übergreifender **Transferthemen**, die die spezifischen Themen der einzelnen Forschungsbereiche miteinander verknüpfen und das Profil des IÖR auf die Bedürfnisse seiner Zielgruppen schärfen. Darüber hinaus wird ein praktischer Ansatz für die Planung und Gestaltung von Transferaktivitäten im Rahmen von Forschungsprojekten definiert, der sich auf das Konzept der **Transferketten** stützt (die die angestrebten Auswirkungen und Ergebnisse mit dem dafür erforderlichen Input, Prozess und Output verknüpfen). Dies wird auch die Festlegung von Standards für die **Überwachung und Bewertung** von Transferaktivitäten ermöglichen.

Die spezifischen Transferziele, Zielgruppen, Themen und Ansätze, die in diesem Forschungsprogramm für jeden Forschungsbereich festgelegt sind, werden in Abschnitt 2 näher erläutert.

## Forschungsethik

Unsere Forschung orientiert sich an den Grundsätzen **guter wissenschaftlicher Praxis** und folgt den vom IÖR verabschiedeten Leitlinien und dem entsprechenden Verhaltenskodex der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) (DFG, 2019). Wir halten uns an den **„Leitfaden Nachhaltigkeit"** (LeNa) für verantwortungsvolle Nachhaltigkeitsforschung (Fraunhofer-Gesellschaft et al., 2016) und an die von der Europäischen Kommission unterstützten **Leitlinien für verantwortungsvolle Forschung und Innovation** (RRI) (Wilford et al. 2016) und bemühen uns so, mögliche Auswirkungen unserer Forschung auf Wissenschaft, Gesellschaft und Umwelt zu antizipieren und zu bewerten. Dementsprechend fördern wir auch **Gleichberechtigung und Vielfalt** in unseren Forschungsdesigns und unserer Organisation. In umweltethischer Hinsicht verstehen wir das Leitprinzip der **starken Nachhaltigkeit**, welches die Nicht-Substituierbarkeit von Naturkapital postuliert und der Natur einen intrinsischen Wert zuschreibt (Ott, 2016; Dedeurwaerdere, 2014) als Referenz für die normative Ausrichtung unserer Forschung und beziehen dieses Prinzip auch in unsere Forschungsstrukturen und -abläufe mit ein.

## Organisationsstruktur

Nach der Verabschiedung seines neuen Leitbilds im Juli 2021 hat das IÖR die darin definierten Hauptforschungsrichtungen auch in seine Organisationsstruktur übersetzt. Darüber hinaus wurde die interdisziplinäre Zusammenarbeit weiter gestärkt, um spezifische Herausforderungen zu bewältigen. So verfügt das Institut nun über vier **Forschungsbereiche** (FB) mit folgenden thematischen Schwerpunkten:

- **Transformative Kapazitäten** (FB T) einschließlich:
  - Interdisziplinäres Zentrum für transformativen Stadtumbau (IZS)
  - Forschungsgruppe „Nachhaltige wirtschaftliche Dynamik und Innovation"
- **Landschaft, Ökosysteme und Biodiversität** (FB L) einschließlich:
  - Forschungsgruppe „Urbane Mensch-Natur-Resonanz"

- **Gebaute Umwelt – Ressourcen und Umweltrisiken** (FB R) einschließlich:
  - Forschungsgruppe „Anthropogene und Natürliche Ressourcen“
- **Raumbezogene Information und Modellierung** (FB M) einschließlich:
  - IÖR-Forschungsdatenzentrum (Koordination)

Die Forschungsbereiche sind die maßgeblichen Organisationseinheiten des Instituts und für die Konzeption und Durchführung des Forschungsprogramms mitverantwortlich. Die Beiträge der Forschungsgruppen sind voll in die Planung der jeweiligen Bereiche integriert. Darüber hinaus sind vier Querschnittsaufgaben hervorzuheben, die für den Auftrag des Instituts von übergreifender Bedeutung sind, aber unterschiedliche Organisationsstrukturen aufweisen (vgl. Abschnitt 3). Dies sind der **Knowledge Integration Hub** (KIH), die **Forschungsdateninfrastrukturen** des IÖR, das Engagement des Instituts in **Netzwerken in Wissenschaft und Gesellschaft** sowie die kontinuierliche **Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses** - auch durch die Dresden Leibniz Graduate School (DLGS).

# 2 Forschungsbereiche

## 2.1 Transformative Kapazitäten
(inklusive des Interdisziplinären Zentrums für transformativen Stadtumbau und der Forschungsgruppe Nachhaltige wirtschaftliche Dynamik und Innovation)

In diesem Forschungsbereich untersuchen wir den transformativen Wandel in Stadtvierteln, Städten und Regionen mit dem Ziel, dessen Voraussetzungen, Pfade und Auswirkungen auf die Nachhaltigkeit zu verstehen. Auf der Grundlage von Erkenntnissen über Muster und Dynamiken sozio-technischer, sozial-ökologischer und sozio-institutioneller Transformationen, räumlicher Entwicklung und städtischem/regionalem Wirtschaftswandel liegt unser Schwerpunkt auf der Überbrückung von Disziplinen und der (Ko-)Produktion von Wissen zur Konzeptualisierung, Bewertung und Entwicklung von Transformationskapazitäten in städtischen und regionalen Systemen. Dies erfordert inter- und transdisziplinäre Forschung in ausgewählten geografischen Kontexten, räumlichen Konfigurationen und über Skalen hinweg. Unser übergeordnetes Ziel ist es, räumlich informierte Governance-Ansätze, -Instrumente und -Methoden mitzugestalten, die in der Lage sind, einen transformativen Wandel in Richtung Nachhaltigkeit zu initiieren, zu steuern, zu beschleunigen und zu stabilisieren.

### Gesellschaftliche Herausforderungen und Stand der Forschung

In der heutigen Welt fehlt es den Gesellschaften an Wissen und Instrumenten, um tiefgreifende und pfadabweichende Transformationen (Ehnert et al., 2018; Augenstein et al., 2020) von nicht nachhaltigen Pfaden und Dynamiken hin zu nachhaltigen Pfaden und Dynamiken voranzutreiben und durchzuführen. In den letzten zehn Jahren wurde die kritische Bedeutung von Geografie und Räumlichkeit in diesem Zusammenhang zunehmend anerkannt, wobei viele Wissenschaftler*innen ihre vielfältigen fördernden und hemmenden Einflüsse auf Nachhaltigkeit und Transformation hervorheben (Elmqvist et al., 2021; Horlings et al., 2020; Binz et al., 2020). Insbesondere **urbane und regionale Transformationskapazitäten**, definiert als Fähigkeiten zur Systemtransformation über verschiedene Skalen (lokal bis global) und räumliche Konfigurationen (z. B. große und kleine Städte, urbane und ländliche Gebiete, wachsende und schrumpfende Regionen, grenzüberschreitende Regionen), wurden als Schlüssel für gesellschaftliche Übergänge in Richtung Nachhaltigkeit identifiziert (Ziervogel et al., 2016; Hölscher/Frantzeskaki 2021). Über die Fähigkeiten einzelner Akteur*innen und Organisationen hinaus bezieht sich dies auf eine Reihe von Merkmalen, die in Orte und ihre relationale sozio-materielle Konfiguration eingebettet sind (Wolfram, 2016). Besonders wichtig sind partizipative Governance-Modi und Empowerment, Systembewusstsein, die Koproduktion von Wissen, Visionsentwicklung und Foresight-Praktiken, sozial-ökologisch-technologisches Experimentieren und soziales Lernen, Ansätze für Innovation und Exnovation sowie intergenerationelle und interräumliche Gerechtigkeit. Es besteht jedoch nach wie vor eine große Kluft zwischen den wissenschaftlichen Disziplinen und zwischen Wissenschaft und Praxis in Bezug auf die Fähigkeit, solche Kapazitäten zu entwickeln. Diese Kluft hat drei verschiedene Aspekte:

Erstens gibt es eine Vielzahl aktueller politischer und planerischer Ansätze für eine **nachhaltige Stadt- und Regionalentwicklung**, die weltweit in die Praxis umgesetzt werden (z. B. Flächennutzungsplanung und Raumentwicklungsstrategien, Stadtentwicklungs- und Stadterneuerungskonzepte, Stadtklimakonzepte). Diese Ansätze stützen sich auf Erkenntnisse aus der Raumforschung, etwa zur Soziologie des Raums (Löw, 2001), zu Identitäten mit Orten und Räumen (Paasi 2004), zur Konstruktion von Raum (Otto, 2015), zu weichen Räumen und unscharfen Grenzen (Allmendinger und Haughton 2009), zum territorialen Zusammenhalt

(Davoudi, 2005; Faludi, 2007) und zur strategischen Raum- und Kooperationsplanung (z. B. Albrechts, 2004; Davoudi, 2009; Healey, 1997; Wiechmann, 2008). Die entsprechenden Institutionen, Akteur*innen, Ziele, Instrumente und Prozesse sind jedoch nicht im Hinblick auf eine transformative Kapazität konzipiert und haben daher bisher nur begrenzten Erfolg bei der Initiierung eines transformativen Wandels in Richtung Nachhaltigkeit gezeigt (Wolfram, 2018; von Wirth/Levin-Keitel, 2020; BBSR, 2020).

Zweitens findet aus **raumwirtschaftlicher Sicht** die Entwicklung von Städten und Regionen unter Bedingungen des Wettbewerbs zwischen verschiedenen Wirtschaftsakteur*innen um Marktzugang und Ressourcen statt. Konflikte zwischen individuellen und gesellschaftlichen Zielen im Zusammenhang mit einer nachhaltigen Entwicklung werden einerseits durch verschiedene marktliche und nicht-marktliche Instrumente und Steuerungsmechanismen (z. B. Subventionen für erneuerbare Energien oder $CO_2$-Steuern) angegangen. In der aktuellen Literatur zur Ökologischen Ökonomie werden auch weitergehende Ansätze diskutiert, die darauf abzielen, das gesamte Wirtschaftssystem zu beeinflussen (Jacob/Edenhofer, 2014). Diese sollen ökonomische Anreize verändern und damit Zielkonflikte auflösen (Ostrom, 2015), wobei die Auswirkungen auf die räumliche Verteilung der wirtschaftlichen Aktivitäten oft unklar sind. Andererseits ist es wichtig, die Fähigkeit von Städten und Regionen, **Nachhaltigkeitsinnovationen** von unten nach oben zu generieren, besser zu verstehen. Wir stellen insbesondere ein mangelndes Verständnis der Faktoren fest, die das Entstehen und die Verbreitung von Nachhaltigkeitsinnovationen beeinflussen (de Silva et al., 2017) und deren Bedeutung für die Gestaltung entsprechender politischer Instrumente.

Drittens haben sich auf der Grundlage der Forschung zu **Nachhaltigkeitstransition und -transformation** eine Reihe von Ansätzen herausgebildet, die sich mit transformativem Wandel befassen (z. B. Transition Governance, Transition Management, Strategisches Nischenmanagement, Transformative Innovationspolitik) und zum Teil auch erprobt wurden (Loorbach, 2009; Roorda et al, 2014; Schot/Steinmüller 2019). Darüber hinaus haben Wissenschaftler*innen verschiedene Hebelpunkte für den Systemwandel spezifiziert (Leventon et al., 2021; Abson et al. 2017; Meadows 1999), die die Prioritätensetzung und den Policy-Mix zur Initiierung eines transformativen Wandels beeinflussen können. Daher bieten diese Studien eine reichhaltige Wissensbasis für die Ermittlung von Schlüsselkomponenten zur Verbesserung der für die Transformation städtischer und regionaler Systeme verfügbaren Kapazitäten (z. B. Wolfram et al., 2019). Dennoch fehlt den meisten Studien zu transformativem Wandel und transformativen Kapazitäten eine explizite räumliche Betrachtungsweise (z. B. räumliche Muster der bestehenden bebauten und natürlichen Umwelt, soziodemografische Bedingungen oder raumbezogene Akteur*innen und Institutionen) (Truffer et al., 2015).

Es mangelt eindeutig an einem Verständnis dafür, wie urbane und regionale Transformationskapazitäten konzeptualisiert, empirisch identifiziert, bewertet/verglichen und in den derzeitigen Regierungssystemen auf der Grundlage einer systematischen Verknüpfung von Wissen aus der Raum-, Stadt- und Planungsforschung, der Transitions- und Transformationsforschung sowie Erkenntnissen aus der Raum- und Umweltökonomie gesteigert werden können.

Um diese Lücke zu schließen, ist eine inter- und transdisziplinäre Perspektive (Fazey et al., 2020) erforderlich, um Muster und Dynamiken des transformativen städtischen und regionalen Wandels zu verstehen, Hebelpunkte, Synergien und Kompromisse zwischen den Systemen zu identifizieren und die verfügbare Transformationskapazität praktisch zu erhöhen. Aus methodischer Sicht kann dies durch die Ergänzung bestehender Formen der Wissensproduktion im akademischen Sektor durch die Ko-Kreation von Wissen mit Akteur*innen aus der nichtakademischen Welt sowie durch transformative Forschungssettings (z. B. Real World Labs, Transitionsexperimente) erreicht werden (Schäpke et al., 2018; von Wirth et al., 2019).

## Leitfragen

(1) Wie können die transformativen Kapazitäten städtischer und regionaler Systeme verstanden und konzeptualisiert werden?

(2) Wie können die Transformationskapazitäten bestimmter städtischer und regionaler Systeme ermittelt, bewertet und verglichen werden?

(3) Wie können Governance-Konzepte, -Instrumente und -Methoden entwickelt werden, um die Fähigkeit zur Einleitung, Steuerung, Beschleunigung und Stabilisierung des transformativen Wandels in Städten und Regionen zu verbessern?

## Forschungsziele

Das übergeordnete Ziel ist die systematische Verknüpfung und Integration von Erkenntnissen aus drei Forschungsbereichen, nämlich Übergang und Wandel der Nachhaltigkeit, städtische und regionale Wirtschaftsstudien sowie Planungs- und Raumwissenschaften, sowie die gemeinsame Weiterentwicklung dieser Erkenntnisse mit den Beteiligten, um gleichzeitig transformative Kapazitäten zu konzipieren und aufzubauen. Unser Schwerpunkt liegt auf städtischen und regionalen Systemen, die im Hinblick auf ihre räumlichen Merkmale und Auswirkungen auf die Nachhaltigkeit ausgewählt werden (z. B. Flächennutzung, grün-blaue Infrastrukturen, Ökosysteme, Lebensmittel, die bebaute Umwelt, Mobilität, Energie).

Konkret wollen wir folgende Aspekte vorantreiben:

Zunächst werden wir eine **konzeptionelle Grundlage** für einen räumlich und wirtschaftlich sensiblen Rahmen für Transformationskapazitäten und ein solides Verständnis der einzelnen Komponenten und ihrer Wechselbeziehungen erarbeiten. Unsere konzeptionelle Arbeit wird sich auf Studien zu Mustern und Dynamiken von Nachhaltigkeitsübergängen stützen, die insbesondere die Rolle verschiedener Akteur*innen, Institutionen und Strukturen sowie die Entstehung, Skalierung und Einbettung von Innovationen, die nachhaltige Produktions- und Konsumweisen in städtischen und regionalen Systemen fördern, beleuchten. Wir werden uns darauf konzentrieren, wie sich diese Aspekte in verschiedenen räumlichen Konfigurationen auswirken, z. B. in Großstädten und Metropolregionen, kleinen und mittleren Städten sowie ländlichen und peripheren Gebieten mit ihren geografischen, kulturellen, demografischen und sozioökonomischen Besonderheiten, wobei wir geschlechtsspezifische Aspekte und Auswirkungen berücksichtigen. Besonderes Augenmerk wird auf die Frage gelegt, wie räumliche Aspekte (z. B. physische Infrastrukturen, Flächennutzungsmuster, gemeinsam genutzte Räume, Ortsbindung, Nähe oder räumliche Visionen) und unterschiedliche Konzeptualisierungen von Raum (z. B. administrativer Raum, relationaler Raum, physischer Raum) zu einem erweiterten Verständnis von Transformationsfähigkeit beitragen können.

Zweitens wollen wir eine Reihe von **Kriterien und Indikatoren** entwickeln, um die für verschiedene städtische und regionale Systeme verfügbaren Transformationskapazitäten empirisch zu bewerten und zu vergleichen sowie Veränderungen im Zeitverlauf zu beobachten. Die Identifizierung von Unterschieden und Gemeinsamkeiten zwischen verschiedenen räumlichen Konfigurationen, Maßstäben und politischen Kontexten in Deutschland, Europa und der Welt wird es uns ermöglichen, Belege für eine fortgeschrittene empirische Untermauerung von Transformationskapazitäten zu sammeln, um kontextspezifische Ansätze des Kapazitätsaufbaus zu informieren und Belege für ein verbessertes konzeptionelles Verständnis zu sammeln. Von besonderem Interesse sind dabei Fälle, die entweder vor ähnlichen Transformationsherausforderungen stehen, Unterschiede oder Gemeinsamkeiten hinsichtlich ihrer räumlichen Konfiguration aufweisen oder Fortschritte bzw. Misserfolge beim Kapazitätsaufbau (z. B. auf der Grundlage spezifischer Governance-Ansätze, Instrumente oder Methoden) gezeigt haben.

Drittens wollen wir **Governance-Ansätze, -Instrumente und -Methoden (mit-)gestalten**, die die Transformationskapazitäten städtischer und regionaler Systeme wirksam erhöhen, um zur Lösung zentraler gesellschaftlicher Herausforderungen beizutragen, die Transformationen erfordern (z. B. Klimaneutralität). Dabei stehen die Rolle formeller und informeller (Raum-)Planungsansätze (Akteure, Institutionen, Instrumente, Prozesse, Inhalte und Regelungen) und das Zusammenspiel unterschiedlicher Akteure aus Zivilgesellschaft, öffentlicher Verwaltung, Politik, Wissenschaft und Wirtschaft sowie intermediärer Akteure, die zwischen diesen Welten navigieren, im Vordergrund. Darüber hinaus zielen wir darauf ab, Governance-Ansätze zu entwickeln, die das Entstehen, die Skalierung und die Verankerung von Nachhaltigkeitsinnovationen fördern. Besonderes Augenmerk liegt dabei auf der Ableitung wirtschaftlicher Anreize und Mechanismen, um die Transformationsfähigkeit städtischer und regionaler Systeme zu erhöhen und die kreative Zerstörung in Richtung Nachhaltigkeit zu lenken.

Methodisch ist unsere Forschung durch eine interdisziplinäre Perspektive geprägt. Darüber hinaus werden wir **transdisziplinäre und transformative Forschungsansätze** sowohl für die gemeinsame Schaffung von Wissen als auch als Governance-Ansatz zur Steigerung der Transformationskapazitäten in Städten und Regionen umsetzen, reflektieren und weiterentwickeln (z. B. Reallabore, Experimente und Bürgerwissenschaft). Im Rahmen des IÖR-FDZ werden wir untersuchen, wie räumliche Datenwissenschaft (z. B. datengestützte Szenarien, Vorausschau, Modellierung, Visualisierungen und digitale Werkzeuge) partizipative Governance-Ansätze in Städten und Regionen informieren kann, z. B. die Koproduktion von Visionen, Transformationspfaden, Agenda-Setting und Experimenten sowie gemeinsame Reflexion und Lernen.

## Wissenstransfer

### Transferziele

Unser Ziel ist es, nicht-akademisches Wissen in die Wissenschaft und wissenschaftliches Wissen in verschiedene Teile der Gesellschaft zu transferieren, um deren **Fähigkeit zu erhöhen, langfristig einen transformativen Wandel zur Nachhaltigkeit in Städten und Regionen zu erreichen** (Impact). Wir **wenden uns insbesondere an lokale und regionale Gebietskörperschaften** und dort vor allem an Planungsakteure sowie an politische Entscheidungsträger und öffentliche Verwaltungen, die sich mit Umweltfragen, Nachhaltigkeit und Stadt- und Regionalentwicklung auf der Ebene von Kommunen, Landkreisen und Regionen oder Bundesländern (insbesondere Sächsisches Staatsministerium für Landesentwicklung), auf nationaler Ebene (insbesondere Bundesministerien für Umwelt, Inneres und Forschung), auf europäischer Ebene (GD F&I, GD Umwelt, GD Regio) oder innerhalb internationaler Organisationen (insbesondere Vereinte Nationen) und Netzwerke (insbesondere ICLEI, Eurocities) beschäftigen. Gemeinsam mit diesen Akteuren werden wir **Governance-Ansätze, -Instrumente und -Methoden** (Ergebnisse) entwickeln, die auf ihren spezifischen Kontext zugeschnitten sind und ihre Fähigkeiten zur **Transformation städtischer und regionaler Systeme** verbessern. Diese Ergebnisse werden spezifische Outputs aus unserem Projekt beinhalten, z. B. Nachhaltigkeitsvisionen, Übergangswege, Experimente, Prozessdesigns, datengestützte Instrumente und Szenarien, Best Practices und Policy Briefs sowie Handlungsempfehlungen, die sich aus unseren Projekten ergeben (Outputs). Darüber hinaus werden wir Wissen für und mit der **organisierten Zivilgesellschaft und den Bürger*innen** austauschen und gemeinsam schaffen, um ihre **Beteiligung an der Nachhaltigkeitstransformation zu verbessern** und ihre Befähigung dazu zu fördern (Ergebnis) und so eine gerechte Transformation auf der Grundlage demokratischer Prinzipien zu unterstützen. Konkret werden wir Prozessdesigns, Werkzeuge und Methoden für die Bürgerbeteiligung in transdisziplinären Forschungsumgebungen sowie in der Stadt- und Regionalentwicklungspolitik entwickeln (Ergebnisse).

**Transferthemen**

Wir vermitteln und verbreiten unser Wissen in gesellschaftlichen Debatten über ein breites Spektrum von Themenfeldern, vor allem in Bezug auf die Steuerung und Planung des transformativen Wandels, urbane Experimente, die Skalierung und Einbettung von Nachhaltigkeitsinnovationen und die Beteiligung und Befähigung der Bürger*innen. Weitere spezifische Beiträge befassen sich mit der Schaffung von Nachhaltigkeitsvisionen und Utopien, der Rolle von Szenarien und der Entwicklung von Wegen für eine nachhaltige Zukunft, der Wiederbelebung der Stadterneuerung und dem regionalen Strukturwandel.

**Transferansätze**

Unser Wissenstransfer stützt sich auf eine Vielzahl von Ansätzen, Formaten und Methoden, die den unterschiedlichen Kanälen und Wegen Rechnung tragen, über die gesellschaftliche Akteure interagieren, sich informieren und voneinander lernen, wobei sie ihre Sprache und Terminologie verwenden.

- Wo immer es möglich ist, beziehen wir die Beteiligten direkt in die Schaffung von Wissen und die Gestaltung der Ergebnisse ein, da dies deren Durchführbarkeit erhöht. Transdisziplinäre Settings (Forschungsprojekte), die das Wissen und die Erfahrungen mehrerer Akteur*innen aus dem nicht-akademischen Bereich einbeziehen, bilden daher eine wesentliche Säule unserer Transferaktivitäten.
- Im konkreten Fall von Dresden und Görlitz (Standorte von IÖR und IZS) bauen wir langfristige Partnerschaften mit den Kommunalverwaltungen dieser beiden Städte auf (formale Kooperationsvereinbarungen), die einen kontinuierlichen Wissensaustausch mit Politik und Verwaltung gewährleisten (regelmäßige Treffen, gemeinsame Veranstaltungsreihen wie „Denksalon“ und „Zurück oder Zukunft“) und es uns ermöglichen, urbane Transformationen in unterschiedlichen räumlichen Konfigurationen zu gestalten, zu erproben und zu erlernen (Real World Labs, Transitionsexperimente).
- Wir kooperieren mit strategischen Partnern aus außeruniversitären Netzwerken und Institutionen, die sich mit Stadt-/Regionalentwicklung und Nachhaltigkeit befassen (z. B. ICLEI, Transition Town Network, politische und private Stiftungen) und nutzen deren Veranstaltungen, Projekte und Vernetzungsaktivitäten (z. B. Informed Cities Forum) für den Wissenstransfer in andere Städte und Regionen in Deutschland, Europa und der Welt.
- Für den Wissenstransfer in die Politik nutzen wir etablierte Ansätze auf allen Ebenen (lokal bis international), z. B. durch maßgeschneiderte Policy Briefs, Vorträge in parlamentarischen Gremien, Workshops und Konferenzen, Mitgliedschaften in Beiräten oder das Dia-Loge-Format „Leibniz im Bundestag“.
- Um den Wissenstransfer in die Zivilgesellschaft und zu den Bürger*innen gewährleisten, kooperieren wir mit der organisierten Zivilgesellschaft und nutzen deren Erfahrungen, Sprachen und Formate, z. B. durch Präsentationen, Workshops, Ausstellungen, Videowettbewerbe, Crowd Voting und Storytelling.

## 2.2 Landschaft, Ökosysteme und Biodiversität
(inklusive Forschungsgruppe Urbane Mensch-Natur Resonanz)

Unsere Forschung konzentriert sich auf die Analyse und Bewertung von Prozessen des Landschaftswandels sowie auf die Entwicklung von Strategien, Konzepten, (rechtlichen) Instrumenten und Anreizen zu deren Orientierung und Steuerung. Dazu gehört auch die Untersuchung der Rolle von Landschaften innerhalb des transformativen Wandels. Wir beschäftigen uns mit der natürlichen Umwelt aus der Perspektive von Landschaften, Ökosystemen und Biodiversität, wobei ein besonderer Schwerpunkt auf einer sozial-ökologischen Betrachtung von Frei- und Grünräumen in Regionen, Städten und Stadtteilen liegt. Schlüsselkonzepte sind Ökosystemdienstleistungen (ESS), naturbasierte Lösungen, grün-blaue Infrastruktur und Mensch-Natur-Resonanz. Unser übergeordnetes Ziel ist die Sicherung der Nachhaltigkeit durch die Entwicklung attraktiver und durchlässiger Landschaften sowie die Erhaltung und Verbesserung der Ökosysteme und der biologischen Vielfalt sowie ihrer intrinsischen, relationalen und instrumentellen Werte.

### Gesellschaftliche Herausforderungen und Stand der Forschung

Das enorme Ausmaß der anthropogenen Umweltveränderungen der letzten Jahrzehnte hat zu einer **beschleunigten Degradation von Landschaften und Ökosystemen sowie zu einem Verlust an biologischer Vielfalt** geführt. Um diese drängenden Herausforderungen der gegenwärtigen globalen Mensch-Umwelt-Krise zu bewältigen, ist eine raumbezogene Forschung auf und über die verschiedenen Skalen von Regionen, Städten und Stadtvierteln erforderlich (ARL, 2021), die diese durch Ansätze mit Schwerpunkt auf Landschaften, Ökosystemen und biologischer Vielfalt miteinander verbindet. Auf der Grundlage einer solchen integrativen Perspektive konzeptualisieren, analysieren und bewerten wir den externen und internen transformativen Wandel von Landschaften, Ökosystemen und Biodiversität im Hinblick auf Steuerungs- und Governance-Instrumente und unsere internen Denkweisen in Bezug auf diesen Wandel. Damit greifen wir den Bedarf an weiterer Nachhaltigkeitsforschung zur intern-externen Nachhaltigkeit auf (Wamsler et al., 2021).

In einer ersten Forschungslinie besteht die zentrale Herausforderung darin, eine **zielgerichtete Landschaftsumgestaltung** für mehr Nachhaltigkeit zu erreichen (Zhou et al., 2019). Unter Bezugnahme auf die Europäische Landschaftskonvention wird „Landschaft" verstanden als „*a zone or area as perceived by local people or visitors, whose visual features and character are the result of the action of natural and/or cultural (that is, human) factors*" (CoE 2000). Dieser Begriff der Landschaft umfasst auch Ökosysteme und biologische Vielfalt, um eine ganzheitliche und integrative Perspektive zu ermöglichen, die ihre Wechselbeziehungen auf einer größeren regionalen räumlichen Ebene berücksichtigt. Wir verstehen Landschaften nicht nur als die Summe ihrer Ökosysteme, sondern – für die Zwecke der Landsystemwissenschaft – auch als kulturell und sozial geprägte Räume und Orte (Switalski/Grêt Regamey, 2020). Während Landschaften schon immer einem autonomen Wandel unterworfen waren, werden sie auch durch menschliche Faktoren wie Land- und Forstwirtschaft, Urbanisierung (Artmann et al., 2019), Ressourcenverbrauch und Energieproduktion, veränderte Landnutzung (vgl. Lintz/Wirth, 2020) sowie sich wandelnde Vorstellungen von Umwelt- und Naturschutz beeinflusst. In den letzten Jahrzehnten haben sich jedoch die Auswirkungen des durch menschliche Aktivitäten verursachten Wandels und der damit einhergehenden „großen Beschleunigung" (Steffen et al., 2015) in besonders negativer Weise verschärft. Es gibt deutliche Hinweise auf eine weit verbreitete Landschaftsdegradation (Wende et al., 2020), für die u. a. die Überbeanspruchung durch moderne technische Systeme/Infrastruktur und die demografische Entwicklung eine katalysierende Wirkung entfalten (vgl. WBGU, 2020). In der Folge werden Landschaften durch

Flächenverbrauch, zunehmende Fragmentierung, Homogenisierung und Schadstoffbelastung beeinträchtigt. Zudem beschreiben Landschaften keine geschlechtsneutrale Realität: Die Feminisierung von Umweltthemen (z. B. Bauhardt, 2016) erkennt, dass sich räumliche Strukturen durch räumliche Funktionalitäten (Arbeiten, Wohnen, Erholen, Verkehr) polarisiert haben, die die Sphären der bezahlten Produktion und der unbezahlten Reproduktion trennen. Daher muss sich die Landschaftsforschung auch mit den Auswirkungen auf die Geschlechter befassen.

Eine zentrale Herausforderung für die Umgestaltung von Landschaften von der regionalen bis zur lokalen Ebene ist der **Schutz und die nachhaltige Umgestaltung von Ökosystemen**. Dies wird auch durch die UN-Dekade zur Wiederherstellung von Ökosystemen 2021-2030 unterstrichen, die darauf abzielt, die Notwendigkeit einer deutlich verstärkten globalen Zusammenarbeit zur erfolgreichen Wiederherstellung degradierter und zerstörter Ökosysteme hervorzuheben. Eine Reihe von Ökosystemen zusammen mit sozial-ökologischen Faktoren bilden Landschaften. Der Begriff „Ökosystem" ist ein Leitbegriff für die integrative Betrachtung von ökologischen Einheiten. Der nachhaltige Schutz und die pluralistische Inwertsetzung von Ökosystemen erfordert einen Paradigmenwechsel in unserer wachstumsorientierten Gesellschaft, die der nicht-menschlichen Natur derzeit weitgehend instrumentelle, monetäre Werte zuweist und sich selbst nicht als Teil der Natur wahrnimmt. Dabei gilt es, die Zusammenhänge und Widersprüche zwischen Konzepten, die einer utilitaristischen Darstellung der Mensch-Natur-Beziehungen folgen, wie ESS (Grunewald et al., 2021) und relationalen Nachhaltigkeitsdiskursen, die eine Moral der Fürsorge gegenüber der Natur und ihren intrinsischen Werten fordern (Muradi-an/Gómez-Baggethun, 2021), kritisch zu beleuchten. Es ist wichtig, die Widersprüche, aber auch die verbindenden Aspekte verschiedener wissenschaftlicher Konzepte zur Beschreibung der Mensch-Natur-Beziehungen und ihren potenziellen Beitrag zur Stärkung der Nachhaltigkeitstransformationen umfassend zu reflektieren. Im Hinblick auf die Herausforderung der zunehmenden Degradation von Ökosystemen muss sich die künftige Forschung auf die Erhebung und Bewertung von Daten sowie die Entwicklung und Erprobung von Konzepten, Modellen und Indikatoren konzentrieren (vgl. Bonn et al., 2020), um die Komplexität sowie die Dynamik von Ökosystemen zu erfassen. In diesem Zusammenhang sollten sowohl die externen Reaktionen auf die ökologische Krise (z. B. die Kapazität der Planungsbehörden (Hossu et al., 2021)) als auch die Rolle der inneren Transformation (z. B. die Verschiebung von Weltanschauungen und Werten gegenüber der nicht-menschlichen Natur (Artmann et al., 2021; Ives et al., 2020)) berücksichtigt werden, wobei insbesondere nachhaltige städtische Mensch-Nahrungsmittel-Beziehungen zu berücksichtigen sind (Sartison/Artmann, 2020).

Eine dritte Herausforderung für den Landschaftswandel ist der **rasche Rückgang der biologischen Vielfalt**. Die biologische Vielfalt ist ein integraler und stabilisierender Bestandteil sowohl von Landschaften als auch von Ökosystemen und trägt zu einem zusätzlichen Raumbedarf zwischen Stadt und Land sowie auf lokaler Ebene bei. Biodiversität bezieht sich auf die Vielfalt der Lebensräume, der Arten und der genetischen Variabilität, wobei die ersten beiden Komponenten für die räumliche Forschung von zentraler Bedeutung sind. Das Übereinkommen über die biologische Vielfalt (Convention on Biological Diversity, CBD) erkennt bereits den intrinsischen Wert der biologischen Vielfalt sowie ihren ökologischen, sozialen, wirtschaftlichen, kulturellen und ästhetischen Wert an (UN, 1992). Der IPBES Global Assessment Report stellt fest, dass von den weltweit acht Millionen Pflanzen- und Tierarten etwa eine Million vom Aussterben bedroht sind (IPBES, 2019), wodurch die Stabilität der Ökosysteme gefährdet ist. Die gleiche Bedrohung gilt auch auf nationaler Ebene für die biologische Vielfalt (BfN, 2020). Um diese negativen Trends bis 2030 umzukehren, wollen die UN, die EU und die Bundesregierung den Schutz und die Wiederherstellung der Natur stärken. Dies soll durch die Verbesserung und Ausweitung des Schutzgebietsnetzes und durch die Entwicklung eines EU-Naturwiederherstellungsplans erreicht werden (KOM 2020). Die EU-Kommission hält die Einführung

eines europäischen Ordnungsrahmens und konkreter rechtlicher Wiederherstellungsziele für die biologische Vielfalt für unerlässlich (KOM 2020). Es ist jedoch noch nicht bekannt, wie diese Ziele erreicht und auf die nationale, regionale und lokale Planungsebene heruntergebrochen werden können (vgl. Mathey et al., 2018, 2020). Im Hinblick auf die biologische Vielfalt rückt derzeit auch der städtische Raum in den Fokus von Forschung und Politik. In Städten ist eine gut gestaltete grün-blaue Infrastruktur eine wichtige Voraussetzung für ein gesundes Lebensumfeld, eine erfolgreiche Anpassung an den Klimawandel sowie die Erhaltung und Entwicklung der Biodiversität (eu2020.de, Hemingway et al., 2019, Mathey et al., 2015). Zudem ist noch unklar, wie Zielkonflikte zwischen Ressourcennutzung und Biodiversitätserhalt gelöst werden können.

## Leitfragen

Die wichtigsten Leitfragen für den Forschungsbereich L im Zeitraum 2022-2028 sind:

(1) Wie kann das Konzept der nachhaltigen Landschaften, der Ökosysteme und der Umgestaltung der biologischen Vielfalt theoretisch fundiert und praktisch umgesetzt werden?
(2) Wie können Landschaften, Ökosysteme und die biologische Vielfalt mit ihren Leistungen und inneren Werten methodisch so gestaltet werden, dass sie dauerhaft geschützt und entwickelt werden können?
(3) Welche Strategien und (Planungs-)Instrumente können zum Schutz, zur Wiederherstellung und zur qualitativen Verbesserung von Landschaften, Ökosystemen und biologischer Vielfalt in verschiedenen geografischen Kontexten beitragen?

## Forschungsziele

Vorrangiges Ziel für den Zeitraum 2022-2028 ist es, die Umwandlung von Landschaften, Ökosystemen und biologischer Vielfalt zu konzipieren, um nachhaltige Landnutzungsstrukturen und Landsysteme zu sichern. Zu diesem Zweck werden Landschaft, Ökosysteme und biologische Vielfalt in Beziehung zueinander und über verschiedene Maßstäbe hinweg gesetzt.

Wir werden disziplinäre sowie inter- und transdisziplinäre Ansätze anwenden, um zu untersuchen, **wie Formen des Regierens, der Raumplanung und deren Instrumente neu ausgerichtet werden können, um nachhaltige Landschaftsveränderungen zu unterstützen**. Dazu werden Landschaftsszenarien entwickelt und praktische Schritte identifiziert, um die Weiterentwicklung und Digitalisierung von rechtlichen Instrumenten wie der Raum- und Landschaftsplanung auf nationaler Ebene sicherzustellen. Wir werden die endogenen und kulturellen Potenziale von Landschaften für den Strukturwandel und Bergbaufolgelandschaften in ausgewählten Weltregionen (Asien, Mittel- und Osteuropa) untersuchen. Darüber hinaus wollen wir weitere Instrumente, wie z. B. strategische Umweltprüfungen, für die Anwendung im Kontext von Nachhaltigkeitstransformationen und Landsystemwissenschaften weiterentwickeln. Fragen der Umwelt- und Landschaftsgerechtigkeit in der Planung werden im Hinblick auf den physischen Zugang zu Landschaften sowie auf die nachgewiesene Beteiligung der Bürger*innen, Machtverhältnisse und geschlechtsspezifische Aspekte bei Entscheidungen über die Landnutzung operationalisiert. Im internationalen Kontext werden wir Phänomene der multiskaligen Telekopplung und deren (negative) Umweltauswirkungen untersuchen.

Wir wollen auch den **Schutz und die nachhaltige Umwandlung von Ökosystemen** unterstützen, die als integrale Bestandteile der Landschaft betrachtet werden. Im Zeitraum bis 2028 werden weitere nationale/internationale Indikatoren für ESS generiert. Darüber hinaus werden Ontologien der nicht-menschlichen Natur untersucht, die dazu dienen, ihre utilitaristische Repräsentation zu überwinden und verschiedene ethische und moralische Implikationen für den

(inneren) Wandel zur Nachhaltigkeit zu berücksichtigen. Dazu gehört auch die Konzeptualisierung und Bewertung verschiedener individueller und kollektiver Mensch-Natur-Beziehungen in der Stadt und deren Steuerung, wie die Ansätze der Mensch-Natur-Resonanz (Verknüpfung der Resonanztheorie von Rosa (2019) mit der Nachhaltigkeitswissenschaft), der nachhaltigen urbanen Landwirtschaft und der Mensch-Nahrung-Beziehungen. Da wir aber nicht nur Konzepte für den Schutz, sondern auch für die Wiederherstellung von Ökosystemen brauchen, werden diese vor allem auf europäischer Ebene entwickelt. Innovationen für naturbasierte und multifunktionale Lösungen zur Schaffung neuer grün-blauer Infrastrukturen und zur Wiederherstellung von Ökosystemen im Rahmen der Raum- und Landschaftsplanung werden ebenso aufgezeigt wie mögliche Zielkonflikte.

Zur Verwirklichung des Ziels, die **biologische Vielfalt als integralen Bestandteil von Ökosystemen** zu erhalten, werden wir über innovative Leitprinzipien wie lokale Schutz- und Aufwertungsstrategien im Rahmen einer Partnerschaft zwischen Mensch und Natur nachdenken und diese entwickeln. Darüber hinaus werden wir neue Steuerungsansätze analysieren, bewerten und generieren, zum Beispiel in Governance-Prozessen für kommunale Biodiversitätsstrategien. In diesem Zusammenhang und aufgrund der häufig hohen Flächennutzungsnachfrage ist ein besonderes Augenmerk auf Brachflächen sowie auf kleine Grundstücke mit einer Strategie der „urbanen Umweltakupunktur“ zu legen. Wir werden Potenziale und Hemmnisse für die Wiederherstellung der Biodiversität (Biodiversity Restoration/Offsets) sowie deren qualitative Verbesserung (Biodiversity Net Gain) im europäischen Kontext analysieren. Darüber hinaus sollen Strategien und Instrumente für die nachhaltige Entwicklung einer hochwertigen Biodiversität identifiziert werden, die auf die jeweiligen ländlichen und städtischen Lebensräume zugeschnitten sind. Darüber hinaus werden Analysen zu Stadt-Land-Verflechtungen (mit besonderem Fokus auf Asien) sowie zu planerischen und politischen Steuerungsmöglichkeiten für den Biodiversitätsschutz durchgeführt. Im Rahmen des IÖR-FDZ werden neue qualitative subjektive Ökosystem-/Biodiversitätsindikatoren, Benchmarks, Bewertungsinstrumente und Landschaftsszenarien entwickelt. Wir wollen zeigen, wie die Wechselwirkungen zwischen Stadt und Land praktisch gestaltet werden können, um ESS- und Biodiversitätsziele zu erreichen, und wie wir zu einer auf Öko-Suffizienz basierenden Innovation der Stadtentwicklung beitragen können. Gemeinsam mit den anderen Forschungsbereichen werden Vorschläge für eine Umkehrung der Trends bei der Flächennutzung und dem Flächenverbrauch (als Ursache für den Verlust der biologischen Vielfalt) entwickelt.

## Wissenstransfer

### Transferziele

Unser Ziel ist es, gemeinsam Systemanalysen, Szenarien und Transformationswissen für wichtige Zielgruppen zu generieren sowie Lernprozesse bei den verschiedenen Akteur*innen anzustoßen. Mittelfristig wollen wir das Handeln und die Entscheidungsfindung von Individuen und korporativen Akteuren (z. B. Stadt- und Regionalplanung in Dresden, Sachsen und/oder Deutschland, Non-Governmental Organisations wie BirdLife Europe) informieren und bidirektional beeinflussen. Der Schwerpunkt liegt dabei auf Umwelt- und Raumordnungsrecht, Planung, betrieblichem Umweltmanagement und schulischer, beruflicher oder universitärer Bildung. Langfristig wollen wir die Öffentlichkeit und wichtige Akteur*innen für die Bedeutung von Freiräumen und grün-blauer Infrastruktur im urbanen Raum für die Nachhaltigkeit sowie für den Erhalt von ESS und den Schutz der Biodiversität sensibilisieren. Wir werden auch den Wissenstransfer auf internationaler Ebene vorantreiben, indem wir uns an ausgewählte Kontexte wenden (z. B. innerhalb der EU sowie nach China und Russland).

**Transferthemen**

Wir werden die Rolle von Frei- und Grünräumen in Regionen, Städten und Stadtteilen in Zukunftsdiskussionen beleuchten. Dabei wird Landschaftsszenarien, die eine Nachhaltigkeitstransformation unterstützen sollen, eine zentrale Rolle eingeräumt. Darüber hinaus sollen das Konzept der ESS und die Eigen- und Beziehungswerte der Natur stärker im öffentlichen Diskurs verankert werden. Die Inhalte, Ziele und Chancen dieser abstrakten Konzepte müssen breit verstanden werden, begleitet von der Entwicklung positiver Narrative für die Nachhaltigkeitstransformation. Dies geschieht z. B. im Zusammenhang mit allgemeinen Anliegen wie Gesundheit und Lebensqualität. Schließlich werden wir die Aufmerksamkeit auf den Schutz und die Wiederherstellung der Artenvielfalt lenken. Einen wichtigen Beitrag dazu leistet auch die Forschungsgruppe „Urbaner Mensch-Natur Resonanz“, die explizit die inneren und äußeren Verbindungen zwischen menschlicher und nicht-menschlicher Natur untersucht.

**Transferansätze**

- Die Politikgestaltung wird durch Beratungsformate wie Expert*innengruppen („epistemische Gemeinschaften“, Think Tanks) angesprochen. Ein besonderes Ziel sind Regierungsministerien, die dazu ermutigt werden sollen, Aspekte der biologischen Vielfalt in die Umweltökonomischen Gesamtrechnungen zu integrieren;
- Der Austausch von Fachwissen mit Politik und Verwaltung erfolgt auch über Konsultationen, das IÖR-Forum oder Leibniz im Bundestag;
- Hilfestellungen für Verwaltungen werden in Form von Handbüchern, E-Learning-Tools, Policy Briefs sowie Kommentaren zu Gesetzen und Broschüren bereitgestellt. Wir wenden uns auch an Städte und deren Grünflächenämter, um Leitfäden für die Erstellung von lokalen Biodiversitätsstrategien zu entwickeln;
- Die Zivilgesellschaft wird durch Formate wie Reallabore und Bürgerwissenschaft kreativ mit einbezogen und durch unsere Öffentlichkeitsarbeit angesprochen;
- Wir verfolgen neue experimentelle Ansätze, um Erkenntnisse zu verbreiten und zu diskutieren, z. B. durch „Raumbilder“, Ausstellungen, Comics, Videos, Spiele, soziale Medien und die Zusammenarbeit mit Künstler*innen (Formate, die Menschen „berühren“ und Forschungsthemen, die berührt werden können). Wir arbeiten zum Beispiel mit Künstler*innen zusammen, um Ausstellungen zu entwickeln, die das Bewusstsein für Themen wie urbane Suffizienz oder Landschaften schärfen.

## 2.3 Gebaute Umwelt – Ressorcen und Umweltrisiken
(inklusive der Forschungsgruppe Anthropogene und natürliche Ressorcen)

Wir untersuchen Fragen der Nachhaltigkeit im Zusammenhang mit der Nutzung, Entwicklung, Materialität und Umweltrisiken der gebauten Umwelt und ihre räumlichen Beziehungen zur natürlichen Umwelt. Dabei verstehen wir die gebaute Umwelt als ein Element eines komplexen sozio-ökologisch-technischen Systems, dessen Physis Gebäude, Infrastrukturen und anthropogen veränderte Freiräume umfasst. Unser besonderes Augenmerk gilt den anthropogenen und natürlichen Ressourcen und deren Nutzung und Beeinträchtigung sowie den Risiken für den Fortbestand und die Nutzbarkeit der gebauten Umwelt durch Naturgefahren und Ressourcenerschöpfung, die durch Klimawandel und Urbanisierung verstärkt oder verursacht werden. Darüber hinaus erforschen wir soziale und technische Innovationen, die eine regionale und sektorale Abschwächung von Umweltbeeinträchtigungen sowie eine Anpassung an sich verändernde Umweltbedingungen ermöglichen. Unsere Forschung orientiert sich an der Errei-

chung von Nachhaltigkeits- und Klimaschutzzielen wie Minimierung des Verbrauchs natürlicher Ressourcen und Begrenzung der globalen Erwärmung sowie an der Resilienz der gebauten Umwelt, die ebenfalls eine wichtige anthropogene Ressource darstellt.

## Gesellschaftliche Herausforderungen und Stand der Forschung

Die **gebaute Umwelt bezieht sich auf die vom Menschen geschaffene Umwelt,** deren Physis im weitesten Sinne Gebäude, Infrastrukturen und anthropogen überformte Freiräume umfasst. Ihre Entwicklung steht aufgrund der sich verschärfenden globalen ökologischen Krise vor großen Herausforderungen, insbesondere im Hinblick auf Ressourcen und Umweltrisiken.

Der Ressourcenverbrauch für die bebaute Umwelt verursacht 35-45 % der globalen Materialflüsse (Mhatre et al., 2020). Zugleich ist die bebaute Umwelt ein enormes anthropogenes Ressourcenlager, das 30-40 % des weltweiten Abfallaufkommens freisetzt. Dennoch sind die **Materialflüsse im System der gebauten Umwelt** überwiegend linear organisiert (Ruiz et al., 2020). Dies hat Wirkungen auf Klima (grauen Emissionen) (Hertwich et al. 2020), Flächen, Landschaften und Biotope und führt zu lokalen aber auch räumlich entkoppelten Umwelteffekten (Telecoupling) (Maus et al. 2020, Göswein et al. 2021, EEA & FOEN 2020). Lösungen mit potenzieller Hebelwirkung liegen in einer Transformation der gebauten Umwelt zu zirkulären Systemen (Europäische Union 2020), doch eine Grundvoraussetzung dafür ist die Kenntnis und das Verständnis der Zusammensetzung und Dynamik des anthropogenen Materialbestands in der gebauten Umwelt (Schiller et al., 2017). Die Industial Ecology Forschung hat hier wertvolle Beiträge geleistet und stützt sich auf ein umfassendes Methodenset der Materialflussanalyse (MFA) (Ortlepp et al., 2016; 2018; Augiseau et al., 2017), während der anhaltende Trend der Digitalisierung neue Möglichkeiten eröffnet, die Materialität von Städten und Regionen in einem spezifischen räumlichen Kontext mit entsprechenden Materialkatastern abzubilden (Haberl et al., 2021; Lanau et al., 2020; Schiller et al., 2021). Bestehende Konzepte einer durchgehenden MFA dienen darüber hinaus dazu, verschiedene Ansätze unter Betrachtung des urbanen Metabolismus, der Siedlungsstrukturen und der Prozessketten miteinander zu verknüpfen (Schiller et al., 2017). Dies eröffnet Möglichkeiten der Anbindung von Analysen technischer und sozialer Innovationen, der Identifizierung relevanter Akteur*innen und deren Handeln und letztlich der Spezifizierung von Geschäftsmodellen im gesamten Entwicklungszyklus der gebauten Umwelt (Carra/Magdani, n.d.). Eine ressourcen- und klimabezogene Perspektive auf die gebaute Umwelt macht nicht an den Stadtgrenzen halt, sondern sollte alle Quellen und Senken in einem regionalen Kontext berücksichtigen, einschließlich der Städte und des städtischen Umlands (Schiller et al., 2020; Schiller et al., 2018).

Klimawandel und Urbanisierung erhöhen **die Anfälligkeit der gebauten Umwelt für Umweltgefahren und -krisen** (IPCC, 2021) und damit ihre Nutzbarkeit im Hinblick auf die negativen Folgen von Extremereignissen wie Überschwemmungen oder Hitze (Hutter et al., 2021a). Viele Veränderungen im Klimasystem sind aufgrund vergangener und zukünftiger Treibhausgasemissionen bereits Jahrhunderten bis Jahrtausenden irreversibel und werden sich in direktem Zusammenhang mit der zunehmenden globalen Erwärmung verstärken (IPCC, 2021). Dazu gehört die Zunahme der Häufigkeit und Intensität von Hitzeextremen, Starkregenereignissen oder Dürren. So sind beispielsweise die globalen Durchschnittstemperaturen seit Beginn des Industriezeitalters bis zum Jahr 2020 um 1,2 °C gestiegen; das Jahrzehnt 2011-2020 war sogar das „wärmste“ seit Beginn der Aufzeichnungen (Masson et al., 2018). Zu den negativen Folgen solcher Umweltrisiken gehören zum einen Gefahren für Leib und Leben der Bevölkerung, zum anderen aber auch Sach- und Vermögensverluste sowie Einbußen bei der Wertschöpfung (Kron et al., 2019; Koks et al., 2019). Dementsprechend gehören die **Analyse und**

**das Management von Umweltrisiken** (unter Berücksichtigung von Akteushandeln und rechtlichen Rahmenbedingungen) zu den wichtigsten Zielen einer nachhaltigen Entwicklung von Städten und Regionen (z. B. Hedelin et al., 2017).

Es liegt daher auf der Hand, dass die **Widerstandsfähigkeit lokaler städtischer und regionaler Systeme** gegenüber Umweltrisiken verbessert werden muss (Hutter et al., 2021b). Das Konzept der Resilienz wird weltweit zunehmend angewandt, um Städte und Regionen dabei zu unterstützen, mit den Risiken und Unsicherheiten umzugehen, die mit Gefahren im Zusammenhang mit dem Klimawandel verbunden sind (z. B. Coaffee et al., 2016; Meerow et al., 2016; Elmqvist et al., 2018; Hutter et al., 2021a). Insbesondere im Hinblick auf Anpassungsstrategien und -maßnahmen gibt es erhebliche Unterschiede im Wissensstand über die verschiedenen Arten von Umweltrisiken. Während zu Umweltrisiken wie Hitze oder Dürre noch erheblicher Forschungsbedarf besteht, gibt es zu Überschwemmungen, insbesondere Flussüberschwemmungen, bereits einen umfangreichen internationalen Wissensstand (z. B. Ruangpan et al., 2020). Insbesondere sind Ausweichen, Widerstehen und Anpassen allgemein akzeptierte Konzepte, um sicherzustellen, dass Gebäude eine ausreichende Resilienz gegenüber Überschwemmungen aufweisen (Schinke et al., 2016). Dabei ist es von entscheidender Bedeutung, dass Studien über Einzelrisiken hinausgehen und einander verstärkende Gefahren (wie bspw. Hitze und Dürre) sowie Pfadabhängigkeiten, die sich aus ihren Wechselwirkungen ergeben, berücksichtigen. Geeignete Lösungen für die Anpassung könnten beispielsweise multifunktionale Landnutzungen oder naturbasierte Lösungen (NBS) sein, einschließlich grünblauer Infrastruktuen. Es ist demzufolge unerlässlich, die gebaute Umwelt an bereits auftretende und unabwendbare Klimafolgen anzupassen und dabei auch Klimaschutz und Gerechtigkeit (inkl. Gender) mit zu berücksichtigen (Schünemann et al., 2020; Ortlepp et al., 2021a), wofür eine ausreichende Anpassungskapazität Voraussetzung ist (Bohensky et al., 2010).

Letztlich müssen transformative Lösungen sowohl die negativen Umweltauswirkungen abmildern als auch eine Anpassung an steigende Umweltrisiken ermöglichen und damit die **Resilienz des sozio-ökologisch–technischen Systems** der gebauten Umwelt erhöhen. Ressourcenfragen und Umweltrisiken für die bebaute Umwelt sind eng miteinander verwoben. Langfristige Widerstandsfähigkeit und Nutzbarkeit sind wesentliche Voraussetzugen für eine Wertschätzung der **gebauten Umwelt als anthropogene Ressource** über ihre aktuelle Nutzung hinaus. Hier sind drei Faktoren von besonderer Bedeutung: Erstens kann die Notwendigkeit, die Widerstandsfähigkeit gegenüber Umweltrisiken zu gewährleisten, zu Zielkonflikten in Bezug auf die Ressourcennutzung führen. Beispiele hierfür sind bauliche Vorsoregemaßnahmen gegen sommerliche Hitze, Erdbeben oder Überschwemmungen, die in der Regel zu einer Erhöhung des Ressourcenbedarfs führen. Solche Zielkonflikte sind bisher kaum thematisiert worden (Ortlepp et al., 2021b; Schiller et al., 2019). Zweitens übersteigt das rasante Tempo der urbanen Expansion die Verfügbarkeit von neuen Flächen und Materialien für den Bau von Siedlungen und Infrastrukturen. Dies führt zu Versorgungsengpässen, Landnutzungskonflikten und massiven Eingriffen in die natürliche Umwelt. Aktuelle Diskussionen beginnen, sich dieser Herausforderung zu stellen, indem sie Möglichkeiten der Ressourcensubstitution im Bausektor mit Rückkopplung auf die Versorgung mit lokalen Rohstoffen erforschen (Ortlepp, 2021; Schiller et al., 2019). Eine breitere Debatte über die Materialbereitstellung im Kontext der urbanen Resilienz ist jedoch noch nicht erkennbar. Drittens sehen wir in der zeitlichen Dimension der Nutzbarkeit des Gebäudebestands und einer damit verbundenen Verlangsamung des Stoffkreislaufs eine entscheidende Verbindung zwischen den Themen Ressourcen, Risiken und Resilienz. Diese Zusammenhänge wurden bisher nicht berücksichtigt, sollten aber untersucht werden, um mögliche Synergieeffekte zu identifizieren.

Die Forschung zu den oben genannten Themen befasst sich mit einer Reihe von neuen Herausforderungen. **Ressourcen- und Risikofragen sind eingebettet in sozio-ökologisch-technische Raumkonfigurationen** mit besonderen (lokalen) Charakteristika, die wesentliche Treiber und Barrieren für eine Nachhaltigkeitstransformation bilden können. Dies ist jedoch bisher weder in der Transformationsforschung noch in entsprechenden Studien zur gebauten Umwelt thematisiert worden (Köhler et al., 2019; Meerow et al., 2016). Um diese Einbettung adäquat zu erfassen, müssen sowohl physische als auch soziale Raumkonzepte berücksichtigt werden (Levin-Keitel et al., 2018). Während sich die aktuelle Forschung zudem überwiegend auf technische Systeme konzentriert, wurde dem Potenzial sozialer Innovationen bisher wenig Aufmerksamkeit geschenkt, obwohl diese dringend für die Erreichung der ehrgeizigen Ziele zu erreichen (z. B. IRP, 2020). Nicht zuletzt sind die Themen Ressourcen, Risiken und Resilienz in Bezug auf die gebaute Umwelt an sich schon hochkomplex. Diese Komplexität nimmt bei einer integrativen Sichtweise zu. Die Dynamik des komplexen sozio-ökologisch-technischen Systems der gebauten Umwelt in ihrer Materialität sowie den Umwelteffekten und -risiken zu verstehen ist eine Voraussetzung, um seine Transformation in Richtung Nachhaltigkeit und Resilienz zu ermöglichen. Systemische Ansätze können hier wichtige Beiträge leisten, nicht nur zur Reduktion von Komplexität, sondern auch zur Unterstützung der notwendigen Inter- und Transdisziplinarität dieser Forschung (Schünemann et al., 2021).

## Leitfragen

(1) Wie können Konzepte der Resilienz, der Ressourcenschonung und der Zirkularität entwickelt und zu einem integrativen Gesamtkonzept kombiniert werden, das eine Transformation hin zu nachhaltigen und regenerativen gebauten Umweltsystemen in verschiedenen geografischen Kontexten und über räumliche Maßstäbe hinweg ermöglicht?

(2) Wie kann die gebaute Umwelt in Richtung eines zirkulären Systems entwickelt werden, das die Ressourcenschonung maximiert und materialinduzierte Emissionen minimiert und dabei das Potenzial technischer und sozialer Innovationen sowie neuer politischer Ausrichtungen nutzt?

(3) Wie kann die Widerstandsfähigkeit der bebauten Umwelt angesichts von Umweltgefahren, Urbanisierung und daraus resultierenden Umweltrisiken, die durch anthropogene Einflüsse einschließlich des Klimawandels verursacht oder verstärkt werden, durch Anpassungs- und Abminderungskonzepte erhöht werden?

## Forschungsziele

Wir erarbeiten Ansätze, Methoden und Indikatoren, anhand derer zirkuläre und resilienzorientierte Entwicklungen der gebauten Umwelt in ihren sozio-ökologisch-technischen Parametern spezifiziert werden können.

Insbesondere entwickeln wir **digitale Materialkataster für Städte und Regionen**, um die materiellen Bestände bestehender Siedlungsstrukturen und deren Veränderungen zu quantifizieren, die z. B. durch siedlungspolitische Entscheidungen sowie durch technische oder soziale Innovationen bei der Bereitstellung und Nutzung von Gebäuden und Infrastrukturen eintreten können. Diese Datengrundlage wird mit Ansätzen der **durchgehenden Materialflussanalyse** kombiniert, welche die potenziell verfügbaren anthropogenen Ressourcen aus dem Abrissgeschehen mit einer Nachfrage nach Baumaterialien entlang von Prozessketten verknüpft. Anhand einer solchen Analyse können wir Effekte im Hinblick auf **Ressourcenkonsum, graue Emissionen und indirekte Flächennutzung** bewerten. Auf der Grundlage dieses Systemwissens wollen wir Geschäftsmodelle zur Umsetzung der Kreislaufwirtschaft in der gebauten Umwelt aufzeigen und initiieren, wobei räumliche Kontexte im physischen und sozialen Sinne (z. B.

Netzwerke oder Territorien) berücksichtigt werden. Unterschiedliche räumliche Ausprägungen, z. B. von Urbanisierung, geologischen Bedingungen, Wohlstand sowie Normen und Standards, werden berücksichtigt, um Transformationswissen und Handlungsansätze für die Entwicklung „zirkulärer Räume" (d. h. räumliche Konfigurationen, die die Zirkularität in der gebauten Umwelt ermöglichen) bereitzustellen. Darüber hinaus entwickeln wir **Methoden zur Analyse von Umweltrisiken, Vulnerabilität und Schäden** in Städten und Regionen. Mit diesen werden die Auswirkungen von Umweltgefahren wie Hitze, Starkregen, Überschwemmungen oder Dürre bewertet, die auf verschiedene Rezeptoren der gebauten Umwelt wirken wie z. B. auf Gebäude, grün-blauer Infrastruktur, Landwirtschaft und Verkehrsinfrastruktur sowie auf Menschen unterschiedlichen Genders und sozialen Status, die diese Räume bewohnen oder nutzen. Zu diesem Zweck verwenden wir typenbasierte Ansätze, die wir auf neuartige Weise mit sozialwissenschaftlichen Ansätzen kombinieren und integrieren. Auf dieser Grundlage leiten wir **Anpassungsmaßnahmen und –strategien** in Bezug auf spezifische Umweltgefahren auf Objekt- und Siedlungsstrukturebene ab.

Im Rahmen des IÖR-FDZ wollen wir Ansätze aus der Gebäudesimulation und GIS-Tools verknüpfen, um **Modellketten und Indikatoren als Baisis für eine Entscheidungsunterstützung** zu entwickeln. Ziel ist es, die genannten Ansätze und Typologien so zu verallgemeinern, dass sie auf unterschiedliche geografische Kontexte übertragbar sind, einschließlich der Berücksichtigung von Klimawandelszenarien und einander verstärkenden Gefahren. Auf dieser Grundlage wollen wir Transformationswissen generieren und Maßnahmen vorschlagen, um die Resilienz von Siedlungsstrukturen gegenüber Umweltrisiken zu stärken, wobei ihre Anpassungsfähigkeit berücksichtigt wird. Darüber hinaus wollen wir Ansätze zur Materialfluss-, Vulnerabilitäts-, Schadens- und Risikoanalyse und die zugrunde liegenden Objekt- und Siedlungsstrukturtypologien integrieren und verallgemeinern. Ziel ist es, **objekttypbasierte Modellierungsansätze mit GIS-basierten räumlichen Ansätzen skalenübergreifend zu verknüpfen**, um Fragen zu Materialbeständen, Ressourceneffizienz, Umweltrisiken und Resilienz auf regionaler bis nationaler Ebene mit einer hohen, objekttypspezifischen Auflösung zu beantworten. Diese Objekttypen werden in einem neuen „**Informationssystem Gebaute Umwelt**" als Teil der IÖR-Forschungsdateninfrastruktur implementiert. Wir werden räumliche Indikatoren der gebauten Umwelt anhand von Ursache-Wirkungs-Beziehungen der Siedlungs- und Materialflussdynamik sowie Risikoabschätzungen entwickeln. Auf dieser Basis werden wir im IÖR-FDZ Szenarioanalysen für virtuelle Realitäten der Siedlungsentwicklung mit parametrisierten Modellen durchführen.

Zusammenfassend erforschen wir, inwieweit eine Transformation hin zu einer regenerativen gebauten Umwelt unterstützt werden kann, indem wir Resilienz-, Zirkularitäts- und Ressourcenschonungsansätze umfassend zusammenführen. Dabei verfolgen wir ein **systemisches Verständnis der gebauten Umwelt**. Wir beschreiben sie sowohl qualitativ als auch quantitativ und skalenübergreifend als sozio-ökologisch-technisches System (mit seinen verschiedenen Elementen, Beziehungen und Einflussfaktoren), simulieren ihre Veränderungsdynamik und bewerten Auswirkungen auf Ressourcen, Klima und Menschen. Dazu gehört auch die Betrachtung von **Zielkonflikten und Synergien zwischen Resilienz- und Effizienzkonzepten** sowie die Untersuchung, inwiefern die Rohstoffsicherung und die urbane Expansion einen neuartigen Risikotyp darstellen.

## Wissenstransfer

### Transferziele

Unser übergreifendes Transferziel ist es, die Beteiligten in die Lage zu versetzen, eine zukunftsfähige, anpassungsfähige, klimaneutrale und resiliente gebaute Umwelt zu entwickeln. Dies

erfordert ein gemeinsames Verständnis der notwendigen Veränderungen, die u. a. die Minimierung des Verbrauchs natürlicher Ressourcen und der grauen Emissionen, die Verringerung der Anfälligkeit für Umweltrisiken sowie ein besseres Wissen über Handlungsoptionen umfassen. Über die Bewusstseinsbildung hinaus bemühen wir uns daher um die Koproduktion dieses Wissens und die Förderung der erforderlichen Fertigkeiten in Bezug auf zirkuläres Bauen sowie Maßnahmen, um die gebaute Umwelt resilient zu gestalten. Gleichzeitig wollen wir auf eine Verringerung des Widerstands der Beteiligten u. a. aufgrund von Kosten, Aufwand oder Image zirkulärer Konzepte hinwirken.

Konkret wollen wir neue Ansätze zu Resilienz, Kreislaufwirtschaft und Ressourceneffizienz transdisziplinär zusammenführen und dabei formelle und informelle Planungsprozesse (z. B. Regional-, Stadt-, Bau- und Umweltplanung), Normungs- und Gesetzgebungsprozesse sowie Entscheidungsprozesse in der Privatwirtschaft und Zivilgesellschaft (z. B. ressourcenschonende unternehmerische Geschäftsmodelle, klimaangepasstes Nutzerverhalten) adressieren. Wir erforschen und erproben neue Wege, um neues Wissen in entsprechende Prozesse einzubringen. Dazu gehören die gemeinsame Erarbeitung eines umfassenden Systemverständnisses sowie die Initiierung von akteurs- und sektorübergreifenden Prozessen, um die Einbettung von Informationssystemen in Geschäftsmodelle zu ermöglichen.

**Transferthemen**

Wir befassen uns mit der $CO_2$-Neutralität und der Zirkularität von Städten und Stadtregionen und leisten damit unter anderem einen Beitrag zum politischen Diskurs über $CO_2$ neutrale Städte bzw. Post-Carbon Cities.

Ein weiterer Schwerpunkt ist die Anpassung der gebauten Umwelt an Wetterextreme wie Starkregen, Hitze und Dürren und deren Auswirkungen. Konkret geht es dabei nicht nur um bauliche Vorsorge- und Anpassungsmaßnahmen, sondern auch um verhaltensbezogene Vorsorge- und Anpassungsmaßnahmen sowie um Vorschläge zur Weiterentwicklung des rechtlichen Rahmens. Dies erfordert Methoden zur Integration von Planungen zur Risikominderung (z. B. durch multifunktionale, naturbasierte Lösungen) sowie eine stärkere Sensibilisierung für die Notwendigkeit und Wirksamkeit von Eigenvorsorge privater Akteur*innen.

Ein zentrales Thema ist auch das zirkuläre Bauen aus räumlicher Sicht. Hier geht es darum, technische und soziale Innovationen in Richtung Zirkularität aufzuzeigen, um eine nachhaltige, ressourcenschonende oder zirkuläre Baukultur zu fördern. Damit wird u. a. der politische Diskurs zur Ressourcenschonung im Bauwesen angesprochen. Darüber hinaus beleuchten wir das Spannungsfeld und die Zielkonflikte zwischen den Handlungsfeldern Klimaschutz, Klimaanpassung und Ressourcenschutz und führen so alle genannten Transferthemen zusammen.

**Transferansätze**

- Wir adressieren die Akteure durch transdisziplinäre Projekte und Aktionsforschung, die die konkrete Umsetzung von experimentellen Maßnahmen wie Pilotprojekte, Reallabore oder Capacity Building beinhalten.
- Wir konzipieren zielgruppenorientierte Formate und Veranstaltungen (z. B. Anwenderschulungen, IÖR-Forum), um mit ausgewählten (Gruppen von) Akteur*innen zu bestimmten Themen zu interagieren.
- Wir nutzen Expertengruppen und Beiräte, um Regelungs- und politische Gestaltungsvorschläge z. B. auf nationaler, regionaler oder lokaler Ebene zu unterbreiten.

- Wir kooperieren mit verschiedenen Akteur*innen wie Planer*innen oder politischen Entscheidungsträger*innen, aber auch mit zivilgesellschaftlichen Initiativen oder privatwirtschaftlichen Akteuren (z. B. Bau- und Recyclingindustrie, Immobilienwitschaft und -verwaltungen) im Rahmen gemeinsamer transdisziplinärer Projekte.
- Ergänzt wird dies durch vielfältige kreative Transferformate wie die Teilnahme an Aktionstagen und die Unterstützung von zivilgesellschaftlichen Initiativen (z. B. „Architects for Future“).

## 2.4 Raumbezogene Information und Modellierung
(inklusive Koordination des IÖR-Forschungsdatenzentrums)

Wir entwickeln und nutzen datenintensive und datenintegrierende Ansätze, um Trends der Siedlungs- und Freiraumenwicklung multiskalar und hochauflösend zu beschreiben, zu interpretieren und im Zuge eines raumbezogenen Monitorings zu bewerten. Hierzu fokussieren wir auf innovativen Forschungsfelder wie Spatial Data Science und Geospatial Artificial Intelligence, um in Kooperation mit Akteuren sozial robustes Wissen zu generieren und transformative Entscheidungsunterstützung zu leisten. Wir integrieren Prozesse des Co-Designs zur Entwicklung digitaler Werkzeuge sowie zur Generierung alternativer Zukunftsszenarien räumlicher Entwicklungen. Dazu wird, ausgehend vom bestehenden „Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung (IÖR-Monitor)“, ein national und international vernetztes Forschungsdatenzentrum (IÖR-FDZ) aufgebaut und betrieben. Das übergeordnete Ziel ist das Verständnis komplexer räumlicher Zusammenhänge und Dynamiken durch die handlungsorientierte Erschließung und Interpretation schnell wachsender und heterogener Datenbestände.

### Gesellschaftliche Herausforderungen und Stand der Forschung

Eine nachhaltige Landnutzung wird als einer der Schlüsselfaktoren für eine „Große Transformation“ zur Nachhaltigkeit verstanden (WBGU 2020). Die derzeit nicht nachhaltige Entwicklung erfordert **mehrdimensionale Ansätze der Modellierung und Simulation** von ökologischen, physischen, sozialen, ökonomischen, rechtlichen und ethischen Aspekten (vgl. Geels, 2011; Tolk et al., 2021). Um Hebelpunkte zu identifizieren und zu aktivieren (Abson et al., 2017), ist es notwendig, die Ursachen und Wirkungszusammenhänge nicht nachhaltiger Entwicklungen zu untersuchen und lösungsorientierte Ansätze für einen transformativen Wandel zu entwickeln. Nur durch den Dialog zwischen Gesellschaft und Wissenschaft sowie einer inter- und transdisziplinären Zusammenarbeit kann das Potenzial von raumbezogenen Indikatoren (Turnhout et al., 2007; Heink/Kowarik, 2010; Krüger et al., 2013), Modellierungsansätzen und Simulationen zur Generierung von sozial robustem Wissen (Scholz/Steiner, 2015) für transformative Entscheidungsunterstützung ausgeschöpft werden.

Als Grundlagen für evidenzinformierte Entscheidungen in Politik, Planung und Gesellschaft sind aktuelle und valide Informationen sowie daraus abgeleitetes empirisches Wissen notwendig (Behnisch et al., 2018; Jehling et al., 2021). Für die Erforschung von nicht nachhaltigen Entwicklungsmustern und ihrer Wirkungszusammenhänge, die Generierung von Trends und alternativen Zukünften der Siedlungs- und Freiraumentwicklung sowie die Ableitung von Bewertungsmaßstäben sind diachrone Forschungsansätze erforderlich (Lambin et al., 2001; Verburg et al., 2004). Die automatisierte Erhebung von Informationen zur bisherigen Siedlungs- und Freiraumentwicklung sind wesentliche Schlüsselvoraussetzungen für mehrdimensionale, mehrskalige und multitemporale Analysen, Modellierungen und Simulationen (Fuchs et al., 2013; Leyk/Uhl, 2018). Diese dienen im Sinne der Land Change Science (Rindfuss et al., 2004; Turner et al., 2007) dazu, Entwicklungspfade nachzuzeichnen, Korrelationen zwischen der

Landnutzung mit anderen Erdsystemparametern zu ermöglichen sowie unerwünschte zukünftige Entwicklungspfade (business-as-usual-Szenarien) aufzuzeigen (vgl. Herold, 2021). Unter dem Gesichtspunkt einer deutlich verbesserten Datenverfügbarkeit und -qualität in jüngster Zeit eröffnen sich Perspektiven, erweiterte raumwissenschaftliche Erkenntnisse zu gewinnen und adressatengerecht aufzubereiten. Beispiele für flächendeckende und inzwischen immer häufiger auch frei verfügbare Datenprodukte sind Geobasisdaten wie 3D-Gebäudedaten, Erdbeobachtungsdaten (Satelliten- und Luftbildmosaike sowie Laserscandaten), europaweite Produkte des Copernicus Land Monitoring Services (Bodenversiegelung, Wald, Grünland, Wasser und Feuchtgebiete) und globale Datensätze (z. B. Global Human Settlement Layer (GHSL), World Settlement Footprint (WSF)) sowie raumbezogene nutzergenerierte Daten aus VGI-Plattformen, Citizen-Science-Aktivitäten und Social-Media-Netzwerken.

Die größten methodischen Herausforderungen zur Datenanalyse, -verknüpfung und -visualisierung bestehen in stetig wachsenden und komplexer werdenden Datenmengen und deren kombinierter Verarbeitung (Lee/Kang, 2015; Robinson et al., 2017). Innovative Verfahren, Werkzeuge und Visualisierungstechniken – wie z. B. Big-Data-Technologien, Data Mining, Knowledge Discovery und Deep Learning – spielen als Werkzeuge der künstlichen Intelligenz eine zentrale Rolle und sind bezüglich flächenbezogener Fragestellungen anzuwenden und weiterzuentwickeln (Behnisch/Meinel, 2018; Behnisch et al., 2018; Hecht et al., 2020). Das betrifft insbesondere die Struktur und Dynamik von Städten und Regionen in Bezug auf Landnutzung, Bodenbedeckung, Siedlungsdichte, den Gebäudebestand sowie grün-blaue Infrastruktur. Für die kombinierte Verarbeitung der Daten aus verschiedenen Quellen, z. B. nutzergenerierter und amtlicher Geodaten wird es immer wichtiger, die spezifischen Datenunsicherheiten zu quantifizieren und im Verarbeitungsprozess zu berücksichtigen. Hier werden Erwartungen in die Nutzung von „Uncertainty Modelling“ gesetzt (Herold 2017). Zudem ist eine leicht verständliche Kommunikation der komplexen Sachverhalte und Analyseergebnisse durch nutzergruppenspezifische, interaktive Visualisierungsformate (Taylor, 2005) Teil einer evidenzinformierten Unterstützung transformativen Wandels. In diesem Zusammenhang müssen der Heterogenität und der spezifischen Datenqualitäten auch in der Visualisierung Rechnung getragen werden (MacEachren et al., 2005).

Letztlich ist die Generierung standardisierter Forschungsdatensätze, die Datenhaltung, -archivierung und persistente Datenbereitstellung in vernetzten, performanten FAIR-basierten Geodatenbanken sowie der Betrieb einer entsprechenden Forschungsdateninfrastruktur und deren Integration in nationale und internationale Forschungsdateninfrastrukturen Voraussetzung für eine vernetzte disziplinübergreifende empirische Arbeit (Bernard et al., 2014; Gray et al., 2018; Brand et al., 2019).

## Leitfragen

(1) Wie können aus heterogenen raumbezogenen (einschließlich sozialräumlichen und nutzergenerierten) Daten relevante Informationen zur nachhaltigen Siedlungs- und Freiraumentwicklung in verschiedenen raum-zeitlichen Skalenniveaus abgeleitet werden?

(2) Welche räumlichen Merkmale, Muster, Prozesse und Wirkungszusammenhänge der Siedlungs- und Freiraumentwicklung lassen sich herausarbeiten, wie lassen sich diese bewerten und wie können daraus alternative Szenarien zukünftiger räumlicher Entwicklungen generiert werden?

(3) Wie können die Daten, Informationen und Instrumente im Rahmen eines Forschungsdatenzen-rums breit verfügbar und für Wissenschaft und Gesellschaft nutzbar gemacht werden, um raumbezogene Nachhaltigkeitstransformation voranzutreiben?

## Forschungsziele

Die raumbezogene Informationsverarbeitung und Modellbildung ist von zentraler Bedeutung, um fundiertes Wissen und Entscheidungshilfen zu Merkmalen, Mustern sowie aktuellen und zukünftigen Trends und Tendenzen der Siedlungs- und Freiraumentwicklung in digitaler Form verfügbar zu machen. Wir entwickeln **neue Ansätze zur automatisierten Gewinnung von Informationen auf verschiedenen Maßstabsebenen aus heterogenen Daten** wie digitalen Geobasis- und Geofachdaten, Fernerkundungsdaten, Sensordaten, historischen topographischen Karten sowie nutzergenerierten und sozialräumlichen Daten mittels KI-basierter Geoanalyse und qualifizieren damit die bisher erarbeiteten Erhebungs-, Monitoring-, Analyse- und Visualisierungsverfahren durch eine breite Nutzung **und neue Anwendungsfälle**.

Dazu gehören insbesondere die **hochauflösende geometrische und semantische Beschreibung der Siedlungs- und Freiraumstruktur** hinsichtlich der Flächennutzung und -bedeckung, des Gebäudebestands und grün-blauer Infrastrukturen sowie die **Entwicklungsbeschreibung in robusten Zeitreihen** unter Berücksichtigung von Unsicherheiten. Wir wenden die Konzepte und Methoden der Spatial Data Science und der Geospatial Artificial Intelligence (GeoAI) auf Problemstellungen raumbezogener Nachhaltigkeitstransformationen sowie der nachhaltigen Landnutzung an und schaffen **empirische Grundlagen für evidenzinformierte Entscheidungen** in Politik, Planung und Gesellschaft. Schwerpunkte sind die Entwicklung raumbezogener Indikatoren (u. a. zur Veränderung des Gebäudebestandes, zur baulichen Dichte, zur Grünausstattung und -versorgung und Ökosystemleistungen), eine raumbezogene Analytik (Wirkungszusammenhänge und Landnutzungskonflikte), alternative Szenarien der Siedlungs- und Freiraumentwicklung (Flächenneuinanspruchnahme und Zersiedelung) sowie eine Bewertung hinsichtlich der Nachhaltigkeitsziele einschließlich der Geschlechtergerechtigkeit im Zusammenspiel mit den anderen Forschungsbereichen.

Wir **veröffentlichen die generierten raumbezogenen Daten und Produkte und visualisieren diese** in geeigneter Weise mit innovativen kartographischen und zukunftsweisenden geoinformatorischen Methoden (z. B. Web Mapping, Story Maps). Dabei werden auch die Unsicherheiten räumlicher Informationen einbezogen und die Inhalte nutzergruppenspezifisch transparent und in verständlicher Form bereitgestellt.

Wir stellen die gewonnenen Daten im IÖR-FDZ bereit. Ausgangspunkt und Kern ist der bestehende IÖR-Monitor, der nach den FAIR-Forschungsdatenprinzipien (Auffindbarkeit, Zugänglichkeit, Interoperabilität und Wiederverwendbarkeit) ausgebaut, um frühere Zeitstände und Informationen zur grauen und grün-blauer Infrastruktur ergänzt und um Applikationen zur Datennutzung und Entscheidungsunterstützung erweitert wird. Um eine breite Nutzung der Ergebnisse in anderen Wissenschaftsdisziplinen und die Anwendung von Data-Driven-Science-Ansätze in Zusammenarbeit insbesondere mit der Erdsystem-, Umwelt-, Sozial- und Wirtschaftswissenschaften zu ermöglichen, wird das IÖR-FDZ **in die im Aufbau befindliche nationale (NFDI) und internationale Forschungsdateninfrastruktur (EOSC) eingebunden**. Die flächendeckende hochauflösende Datensammlung für Deutschland wird im Rahmen der Drittmittelforschung um internationale Fallbeispiele ergänzt, so dass Entwicklungsvergleiche ermöglicht werden.

## Wissenstransfer

### Transferziele

Unser Transfer zielt auf die Bereitstellung und Vermittlung von datenbasiertem Grundlagenwissen und Entscheidungshilfen für eine nachhaltige Entwicklung und Transformation der Siedlungs- und Freiraumstruktur ab. Zielgruppen sind insbesondere Akteur*innen in den

Handlungsfeldern Flächennutzung, Boden, Stadtgrün und Klimaanpassung/-schutz (insbesondere Politikgestaltende), Raumplanung (Landes-, Regional-, Kommunal-/Stadtplanung, Landschaftsplanung), relevante Fachplanungen (u. a. Umwelt, Grün, Bodenschutz, Verkehr), Zivilgesellschaft sowie Smart City-Akteure und die Wissenschaft. Mittelfristig werden Informationen und Werkzeuge bereitgestellt, die von den o. g. Zielgruppen genutzt werden, die das Problembewusstsein und das Empowerment der Zivilgesellschaft stärken sowie die Datennutzung im Zuge von Digitalisierungsprozessen zielgerichtet unterstützen (Outcome). Langfristig werden veränderte Strategieentwicklungen und -umsetzungen auf verschiedenen Ebenen angestrebt (Impact).

**Transferthemen**

Wir tragen zu den IÖR Transferthemen mit folgenden Ergebnissen bei: Im Mittelpunkt stehen diverse Datennutzungen, insbesondere Informationen und Analysen zur Flächennutzungs-, Siedlungsdichte-, Gebäudebestands- und Stadtgrünentwicklung, Trends und Szenarien der Siedlungsentwicklung, kumulative Raumwirkungsanalysen von Planumsetzungen sowie Monitoringtechnologien unter Einbindung nutzergenerierter Daten, Tools für lokale und regionale Anwendungen (z. B. Innenentwicklungspotenziale, Grünausstattung und -erreichbarkeit) (Transferthema: Geodatenwelten). Darüber hinaus entwickeln wir digitale Planungswerkzeuge (Zersiedelung, PV-Gebäudepotenziale, Erreichbarkeiten, Standortbewertung) zur Gestaltung zukünftiger raumbezogener Entwicklungspfade (Transferthema: Stadt und Region der Zukunft). Durch Bürgerwissenschaft, Wissensvermittlung und Entscheidungsunterstützung leisten wir Beiträge zur Veränderung von Prozessen der Raumentwicklung (Transferthema: Transformative Planung und Governance). Wir stellen Indikatoren zum Stofflager sowie zur Flächenproduktivität bereit (Transferthema: zirkuläres Bauen und Wirtschaften). Darüber hinaus erweitern wir die Verfügbarkeit von Indikatoren zur Biodiversität und Ökosystemleistungen und adressieren die Wahrnehmung städtischer Grünflächen (Transferthemen: Mensch-Umwelt-Verhältnis) sowie die städtische Überwärmung (Transferthema: Klimaanpassung und Resilienz).

**Transferansätze**

- Der Ergebnistransfer erfolgt insbesondere über das entstehende Forschungsdatenzentrums mit seinen Daten- und Analyseangeboten, einem IÖR-Flächenreport, einer Metadatensammlung zur Flächenpolitik und -statistik sowie die Visualisierung alternativer Szenarien der zukünftigen Siedlungsentwicklungen.
- Das vom FB M jährlich ausgerichtete Dresdner Flächennutzungssymposium (DFNS) dient zur Vorstellung und Diskussion der Ergebnisse mit Vertreter*innen aus Wissenschaft und Praxis auf nationaler Ebene. Auf dem zweijährlich organisierten International Land Use Symposium (ILUS) erfolgt eine wissenschaftliche Diskussion der Ergebnisse auf internationaler Ebene.
- Weitere Formate sind ein jährlicher Expert*innenworkshop „Auf dem Weg zu einer besseren Flächenstatistik“, Indikatoren-Workshops und thematische Dialogformate mit Akteuren der nachhaltigen Siedlungsentwicklung sowie das IÖR-Forum.
- Unsere Daten und Indikatoren zur Flächennutzung werden u. a. in die NFDI-Konsortien NFDI4Biodiversity, NFDI4Earth, KonsortSWD, BERD und in der European Open Science Cloud EOSC eingebunden. Darüber hinaus werden gemeinsam mit Praxispartnern lokale und regionale Planungsinstrumente entwickelt.

# 3 Querschnittsaufgaben

## 3.1 Knowledge Integration Hub

Der Knowledge Integration Hub (KIH) des IÖR trägt dazu bei, theoretische und methodische Grundlagen für ein besseres Verständnis und die Mitgestaltung von räumlichen Nachhaltigkeitstransformationen zu schaffen. Der Fokus liegt auf der Identifizierung und Untersuchung von inter- und transdisziplinären Grundfragen mit übergreifender Relevanz für die Forschung des Instituts sowie auf der Reflexion und Weiterentwicklung von Konzepten, Methoden und Praktiken zur inter- und transdisziplinären Wissensintegration. Dazu bezieht das KIH alle Forschungsbereiche ein und engagiert sich in einschlägigen Forschungskooperationen.

Die Integration von Wissen ist eine wesentliche Aufgabe von Nachhaltigkeitstransformationen. Die wissenschaftliche Untersuchung der vielschichtigen und dynamischen Prozesse des realen Wandels hin zu gesellschaftlichen Zielen erfordert die inter- und transdisziplinäre Nutzung von Wissen aus zahlreichen Disziplinen sowie aus unterschiedlichen gesellschaftlichen Gruppen. Angesichts der heutigen globalen Umweltkrisen ist es sowohl aus der Perspektive wissenschaftlicher Innovation als auch aufgrund der hohen gesellschaftlichen Relevanz unerlässlich, unser gemeinsames Verständnis von Räumlichkeit bei Nachhaltigkeitstransformationen zu verbessern. Während die Nachhaltigkeitswissenschaft in den letzten Jahrzehnten an Resonanz gewonnen hat (vgl. Clark und Harley, 2020; Fang et al., 2018), befindet sich ihr Verständnis der komplexen Rolle von Räumlichkeit noch in einem frühen Stadium (vgl. Binz et al., 2020; Levin-Keitel et al., 2018; Wolfram et al., 2016). Es bedarf spezifischer Wege der Wissensintegration, um die Dimensionen und Phänomene von Räumlichkeit in Bezug auf die biophysischen Wirkungszusammenhänge, räumlichen Konfigurationen und Beziehungen, Skalen sowie zeitlichen Dynamiken berücksichtigen zu können (z. B. Eräranta & Mladenović, 2021; Zhou et al. 2021). Eine solche Forschung ist auf übergreifende und querschnittsorientierte theoretische und methodische Grundlagen jenseits thematischer und empirischer Studien angewiesen (z. B. Tretter und Simon 2018). Sie setzt sich zielgerichtet mit den Bezügen zwischen voneinander getrennt entstandenen und dadurch heterogenen theoretischen und methodischen Ansätzen in Prozessen auseinander und resultiert in emergenten neuen Wissensstrukturen (vgl. Berggren et al., 2011; Nagy et al., 2019). Im Hinblick auf die Räumlichkeit von Nachhaltigkeitstransformationen sind dabei Erkenntnisse aus den Natur-, Ingenieur- und Sozialwissenschaften, den Geisteswissenschaften sowie aus der Wahrnehmung und Erfahrung der realen Welt erforderlich.

**Forschungsziele**

Im Zeitraum 2022-2028 verfolgt der Knowledge Integration Hub in enger Zusammenarbeit mit den Forschungsbereichen des Instituts die folgenden übergeordneten Forschungsziele:

- Identifizieren von Konzepten, Methoden und Praktiken, die für die Wissensintegration in Bezug auf die Räumlichkeit von Nachhaltigkeitstransformationen geeignet sind;
- Auswerten und weiterentwickeln von ontologisch und epistemologisch integrativen Heuristiken für räumliche Nachhaltigkeitstransformationen, insbesondere unter Berücksichtigung von Systemen und Ansätzen für deren Einschätzung;
- Reflektieren der Normativität an der Schnittstelle von Wissenschaft und Politik zu räumlichen Nachhaltigkeitstransformationen;
- Erarbeiten von Perspektiven zur Generierung von Transformationswissen für ausgewählte sozio-ökologisch-technologische Raumkonfigurationen.

**Ansatz**

Fragen der Wissensintegration haben in der inter- und transdisziplinären Forschung des IÖR von Anfang an eine wesentliche Rolle gespielt und werden innerhalb der Forschungsbereiche und ihrer jeweiligen Themenfelder kontinuierlich, wenn auch getrennt, bearbeitet. Um die Wissensintegration darüber hinaus auf einer übergeordneten Ebene konsistent zu behandeln, ist es notwendig, die drei Wissenstypen, die der transdisziplinären und Transformationsforschung zugrunde liegen (System-, Ziel- und Transformationswissen), sowie deren Bezüge in den Blick zu nehmen und dabei Konzepte, Methoden und Praktiken zu berücksichtigen, die für räumliche Nachhaltigkeitstransformationen von zentraler Bedeutung sind. Der Knowledge Integration Hub greift diese Perspektive auf und strebt an, die vorhandene Expertise durch einen evolutionären Ansatz zu vertiefen und schrittweise zu erweitern, um Flexibilität zu gewährleisten und Innovationen zu ermöglichen. Er baut auf bisherigen Arbeiten des Instituts wie Literaturanalysen und explorativen Studien zu Systemansätzen (z. B. Schanze et al., forthcoming) und themenübergreifenden Rahmenkonzepten (z. B. Müller et al. 2020, 2021) auf, um ausgewählte theoretische und methodische Fragen zu untersuchen, die für das gesamte Institut relevant sind. Darauf aufbauend strebt er an, sequenziell weiterführende Erkenntnisse zu den oben genannten Forschungszielen zu gewinnen, indem die von den Forschenden des Instituts initiierten Bottom-up-Aktivitäten mit der strategischen Forschung und Vernetzung kombiniert werden. Um die Relevanz sowie die Übernahme und Verwertbarkeit für die verschiedenen Themenbereiche zu gewährleisten, werden die Aktivitäten des KIH kontinuierlich mit den Forschungsbereichen des Instituts, einschließlich des IÖR-FDZ, abgestimmt.

Drei prinzipielle Formate kennzeichnen die Aktivitäten des KIH:

- Gezielter Austausch zwischen Forschenden aus verschiedenen Disziplinen mit Mitteln, die den kreativen Dialog fördern;
- Strategische Zusammenarbeit mit führenden Forschungsverbünden und -netzwerken sowie virtuellen Forschungszentren;
- Vertiefte Forschung zu ausgewählten Themen durch Forschungsprojekte des Instituts und seiner Partner.

**Wissenstransfer**

Konzepte, Methoden und Praktiken zur Wissensintegration über Disziplinen, Sektoren, Ebenen und Gebiete hinweg bieten ein hohes Potenzial zur Unterstützung gesellschaftlicher Entscheidungen und Verhaltensänderungen. Aus diesem Grund bereitet das KIH explizit wichtige Erkenntnisse aus der inter- und transdisziplinären Forschung zur Wissensintegration für den Transfer und die gesellschaftliche Nutzung auf. Die sich daraus ergebenden gesellschaftlichen Effekte sowie der wissenschaftliche Fortschritt zur Wissensintegration werden die Positionierung des Instituts als Think Tank für räumliche sozio-ökologische-technische Forschung im Allgemeinen und räumliche Nachhaltigkeitstransformationen im Besonderen stärken.

Während die Ergebnisse des KIH generell für alle Stakeholder von Bedeutung sein werden, ist die explizite und damit systematischere Berücksichtigung von Fragen der Wissensintegration insbesondere für solche Akteur*innen relevant, die eine entscheidende Rolle bei räumlichen Nachhaltigkeitstransformationen spielen, wie z. B. Intermediäre (Einzelpersonen und Organisationen), Politikvorbereitende und –innovator*innen sowie Politikberater*innen im öffentlichen, privaten und zivilgesellschaftlichen Sektor. Dementsprechend verfolgt das KIH auf diese Zielgruppen zugeschnittene Ansätze des Wissenstransfers, von der lokalen bis zur internationalen Ebene. Von besonderer Bedeutung sind dabei die folgenden Punkte:

- Dialog- und Co-Creation-Formate, die verschiedene Zielgruppen einbeziehen, um das Bewusstsein für die Möglichkeiten einer fortgeschrittenen Wissensintegration zu schärfen und Kontexte für eine direkte Übernahme zu schaffen;
- Policy Briefs, Leitlinien, Verfahren und Ergebnisse der Wissensintegration für (verschiedene Aspekte der) räumlichen Nachhaltigkeitstransformationen;
- Pressemitteilungen, Medien-Briefings und Interviews informieren zusätzlich die interessierte Öffentlichkeit.

## 3.2 Forschungsinfrastruktur

### IÖR-Forschungsdatenzentrum (IÖR-FDZ)

Das IÖR-Forschungsdatenzentrum (IÖR-FDZ) entwickelt und stellt **digitale Informationswerkzeuge und Anwendungen** für eine nachhaltige Landentwicklung sowie eine transformative Stadt- und Regionalentwicklung bereit.

Das IÖR-FDZ will eine kritische Lücke in der deutschen und internationalen Forschungslandschaft schließen, indem es eine integrierte Sicht auf die komplexen sozio-ökologischen und technologischen Dynamiken der Raum- und Siedlungsentwicklung bietet und die Akteure dabei unterstützt, einen effektiven Beitrag zur Nachhaltigkeitstransformation zu leisten. Wir werden forschungs- und entscheidungsrelevante Informationen zur Landnutzung und Siedlungsstruktur aufbereiten und bereitstellen sowie maßstabs- und disziplinübergreifende räumliche Analysen, Modellierungen und Simulationen realisieren und ermöglichen. Dies erfordert die Integration heterogener Datenquellen und 3D-Geodatenprodukte sowie den Einsatz neuartiger Ansätze der Geodatenwissenschaft und der Geospatial Artificial Intelligence (GeoAI). Die Anwendungsmöglichkeiten reichen von der Rekonstruktion historischer Entwicklungen über die aktuelle, hochaufgelöste Beschreibung des Status Quo bis hin zur Erstellung alternativer Szenarien zukünftige Entwicklungspfade.

Zu diesem Zweck bündelt das IÖR-FDZ die **Expertise in Geoinformatik und Technologie mit Arbeiten aus allen unseren Forschungsbereichen** (z. B. Ökologie, Ingenieurwissenschaften, Planung, Ökonomie) und treibt so die interdisziplinäre Entwicklung innovativer Datenerhebungs-, Analyse- und Interpretationsmethoden voran. Gleichzeitig stärkt es den Wissenstransfer durch Aufbau und Betrieb einer umfassenden Geodateninfrastruktur sowie durch die Bereitstellung digitaler Werkzeuge und methodischer Innovationen.

**Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung (IÖR-Monitor)**

Ausgangspunkt für das IÖR-FDZ ist der „Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung“ (IÖR-Monitor), der ein Produkt der interdisziplinären Forschung ist. Der IÖR-Monitor stellt **webbasierte offene Daten und Dienste** zum Monitoring und Analyse der **Siedlungs- und Freiraumentwicklung** in Deutschland bereit. Er integriert multitemporale Datensätze in unterschiedlichen räumlichen Auflösungen und ermöglicht indikatorenbasierte Auswertungen. Der IÖR-Monitor unterliegt einer laufenden Qualitätssicherung, ist als Forschungsdatenzentrum beim Rat für Sozial- und Wirtschaftsdaten (RatSWD) akkreditiert und wird Teil der entstehenden Nationalen Forschungsdateninfrastrukturen (NFDI). Er wird durch den Ausbau von Datenbeständen und Indikatoren für die grauen und grün-blauen Infrastrukturen in enger Zusammenarbeit mit allen Forschungsbereichen des IÖR weiterentwickelt.

Innerhalb der Laufzeit dieses Forschungsprogramms werden wir das IÖR-FDZ **unter Beachtung der FAIR-Prinzipien** (Auffindbarkeit, Zugänglichkeit, Interoperabilität und Wiederverwendbarkeit) mit seinen Kernkomponenten und -diensten (IÖR-Monitor, Datenbanken zu Gebäuden und anderen Bauwerken, Geodienste und Verarbeitungsdienste, Werkzeuge etc.) entwickeln. Dazu gehören neben Analysen, Szenarien und Visualisierungen als zentrale Ergebnisse auch Maßnahmen des Wissenstransfers (Nutzerschulungen, Website, IÖR-Monitor Bericht, Öffentlichkeitsarbeit). Durch Aktivitäten und Projekte aller IÖR-Forschungsbereiche werden die Datensammlungen, Indikatoren, Werkzeuge und Analysen sukzessiv ergänzt.

Die **Infrastrukturaufgaben** beziehen sich insbesondere auf: (i) den laufenden Betrieb, Indikatorenergänzungen und Funktionserweiterungen des IÖR-Monitors einschließlich einer FAIR-konformen Datenbereitstellung; (ii) die kontinuierliche Bereitstellung und Veröffentlichung

von Forschungsdatensätzen; (iii) die Weiterentwicklung neuer Dienste zur vereinfachten Nutzung sozialwissenschaftlicher Paneldaten (SOEP, ALLBUS u. a.) für die raumwissenschaftliche Forschung (SoRa App); (iv) Bereitstellung von Datenbanken und Tools; (v) Dienste wie IÖR-Monitor-Bericht, IÖR-Flächenportal, Analysen/Szenarien, Visualisierungen, E-Learning-Angebote, Nutzerschulungen, Öffentlichkeitsarbeit; (vi) Einbindung des IÖR-Monitors in entstehende Nationale Forschungsdateninfrastrukturen (NFDI) und die European Open Science Cloud (EOSC).

**IÖR-Informationssystem Gebaute Umwelt (ISBE)**

Der gesamte **Gebäude- und Infrastrukturbestand** in Deutschland kann als ein Materiallager betrachtet werden, das sich jedes Jahr durch Neubauten sowie Renovierungs- und Abrissarbeiten verändert. Zugleich ist er erheblichen Umweltrisiken ausgesetzt. Unser „IÖR-Informationssystem Gebaute Umwelt“ (ISBE) als Teil des IÖR-FDZ unterstützt Wissenschaftler*innen, Stadt-, Regional- und Umweltplaner*innen, Industrie und Politiker*innen, indem es ihnen Informationen über die physikalischen Eigenschaften der gebauten Umwelt in Bezug auf ihre Materialität und Belastbarkeit liefert.

Diese Informationen basieren auf **empirisch ermittelten Referenzwerten ausgewählter Einzelobjekte** der bebauten Umwelt (Repräsentanten) und sind entlang einer **Typologie von Gebäuden und Infrastrukturen** wie Wohn-/Nichtwohngebäuden, Verkehrsinfrastrukturen sowie Ver- und Entsorgungsinfrastrukturen strukturiert.

Zu den **Zielen für die Erweiterung des ISBE** im Zeitraum 2022-28 gehören: (i) Erweiterung der bestehenden Datenbank um Basisdaten zu Gebäudetypen unter Berücksichtigung innovativer Bauweisen (z. B. kohlenstoffarme Bauweisen), innovativer Baumaterialien und Bauelemente (z. B. Beton) und die Erweiterung der Evidenzbasis für bestehende Typisierungsansätze für Elemente der gebauten Umwelt; (ii) Integration von kontinuierlichen Bewertungsmodulen (Verknüpfung von Dimensionen wie Material, Rohstoffe, Bau- und Abbruchabfälle, Emissionen und Flächennutzung) sowie Erweiterung der Funktionalität des Informationssystems (themenbezogene Abfragemechanismen); (iii) Entwicklung von Transferschnittstellen, z. B. für Indikatoren der in der Planungspraxis verwendeten Instrumente wie die Bereitstellung von Eingangsdaten für städtische Materialkataster sowie für das IÖR-FDZ z. B. die Bereitstellung von Eingangsdaten für virtuelle Realitäten.

## 3.3 Wissenschaftliches Netzwerk

### Leibniz-Gemeinschaft

Das IÖR ist Mitglied der **Sektion B „Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, Raumwissenschaften“** und assoziiertes Mitglied der **Sektion E „Umweltwissenschaften“** der Leibniz-Gemeinschaft. Von besonderer Bedeutung für unsere interdisziplinäre Forschung sind strategische Querschnittskooperationen im Rahmen von **Leibniz-Forschungsverbünden** (LFV) und Leibniz-Forschungsnetzwerken (LFN), an deren Bildung und Ausbau wir uns aktiv beteiligen. Dazu gehören derzeit (siehe Details unten):

- Leibniz-Forschungsverbund „INFECTIONS in an Urbanizing World - Humans, Animals, Environments“
- Leibniz-Forschungsnetzwerk „Wissen für nachhaltige Entwicklung“
- Leibniz-Forschungsnetzwerk „Räumliches Wissen für Gesellschaft und Umwelt“
- Leibniz-Forschungsnetzwerk „Integrierte Erdsystemforschung“

- Leibniz-Forschungsnetzwerk „Biodiversität“
- Leibniz-Forschungsnetzwerk „Umweltkrisen – Krisenumwelten“

Das IÖR nimmt auch regelmäßig am jährlichen **Leibniz-Wettbewerb** im Rahmen des Pakts für Forschung und Innovation teil. Darüber hinaus beteiligen wir uns an verschiedenen **Arbeitsgruppen** der Leibniz-Gemeinschaft wie Bürgerwissenschaft, Wissenstransfer, Internationale Vernetzung, Europaangelegenheiten, Mittel- und Osteuropa, Nachhaltigkeitsmanagement, Forschungsdatenmanagement, Bibliotheken, Chancengleichheit und Diversität sowie Verwaltung.

**LFV „INFECTIONS in an Urbanizing World - Humans, Animals, Environments“**

Der LFV bündelt die Expertise von 15 Leibniz-Partnerinstitutionen aus vier Sektionen der Leibniz-Gemeinschaft, drei Nicht-Leibniz-Institutionen, zwei Leibniz-Netzwerken und zwei weiteren LFVs, um eine starke interdisziplinäre und kooperative Infektionsforschungsagenda zu entwickeln und umzusetzen. Ziel ist es, langfristige Forschungssynergien zu schaffen, um die globale gesundheitliche und gesellschaftliche Herausforderung der Übertragung von Infektionskrankheiten zu bewältigen. Insbesondere konzentriert es sich auf die Ausbreitung antimikrobieller resistenter Mikroben (AMR) in einer urbanen Gesellschaft, um das aktuelle Wissen zu erweitern, zur Entwicklung von Gegenmaßnahmen beizutragen und maßgeschneiderte politische Empfehlungen zu geben. Ziel des IÖR als Leibniz-Partner ist es, die räumlichen Bedingungen und Konfigurationen gesellschaftlicher Bedrohungen durch umweltbedingte AMR-Mikroben zu konzeptualisieren und zu untersuchen. Dies beinhaltet die Identifizierung von räumlichen Mensch-Umwelt-Bedingungen, die das Auftreten, die Übertragung und die Bedrohung durch AMR-Keime beeinflussen. Auf dieser Grundlage werden die biophysikalischen und sozialräumlichen Faktoren für die Entwicklung von Anpassungskapazitäten und kollektiver Verantwortung in Bezug auf AMR-Infektionen und deren Übertragung analysiert, um eine Risikominderung zu ermöglichen.

**LFN „Wissen für nachhaltige Entwicklung“ (SUSTAIN)**

Ziel des 2020 gegründeten LFN ist es, die Forschungskompetenzen in den Nachhaltigkeitswissenschaften in der Leibniz-Gemeinschaft zu vernetzen, zu bündeln und weiterzuentwickeln, um die Wirksamkeit nachhaltigkeitsorientierter Forschung und ihre Beiträge zu gesellschaftlichen Nachhaltigkeitstransformationen zu verbessern und das Profil von Leibniz insgesamt zu stärken. Neben der konzeptionellen und methodischen Weiterentwicklung fördert das Netzwerk auch die Reflexivität und den Wandel im Wissenschaftssystem und in der Forschungspolitik im Hinblick auf die Anforderungen der Nachhaltigkeitswissenschaft. Zu diesem Zweck organisieren die fünf Kernmitglieder gemeinsam mit assoziierten Mitgliedern eine Reihe von maßgeschneiderten Formaten unterschiedlicher Reichweite und Größenordnung unter Einbeziehung anderer Leibniz-Institute sowie externer Partner aus Wissenschaft und Gesellschaft, darunter Zukunftsdialoge, Syntheseworkshops, Summer Schools und eine internationale Konferenz. Professor Wolfram, Direktor des IÖR, ist Mitbegründer und Co-Sprecher des Netzwerks.

**LFN „Räumliches Wissen für Gesellschaft und Umwelt“ (Leibniz R)**

Als ältestes Netzwerk in der Leibniz-Gemeinschaft (ehemals 5R-Netzwerk) vereint Leibniz R die wichtigsten Raumforschungszentren in Deutschland. Es konzentriert sich auf die Analyse sozialer, ökologischer und ökonomischer Prozesse und deren Wechselwirkungen in ihren räumlichen Kontexten und zeigt raumbezogene Handlungsoptionen auf. Damit trägt das Netzwerk dazu bei, räumliches Wissen breiter in Gesellschaft und Politik zu verankern und nutzbar zu machen. Besondere Ziele des Netzwerks sind die Schärfung der nationalen und

internationalen Sichtbarkeit der Raumforschung in der Leibniz-Gemeinschaft, die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses und die Stärkung der Wissenschaftskommunikation sowie des Wissenstransfers. Das Netzwerk veranstaltet alle zwei Jahre ein Raumwissenschaftliches Kolloquium, das Wissenschaftler*innen und Praktiker*innen ein wichtiges Forum zur Diskussion aktueller Fragen der Raumentwicklung bietet, sowie Sommerschulen und ein Journalist-in-Residence-Programm. Die LFN-Mitglieder IOER, ARL, IRS, ILS und IfL geben außerdem gemeinsam die renommierte Zeitschrift „Raumforschung und Raumordnung | Spatial Research and Planning" heraus, die Beiträge in englischer und deutscher Sprache frei zugänglich macht. Im Jahr 2020 sind zwei weitere Leibniz-Institute (ZALF und IAMO) dem Netzwerk beigetreten.

**LFN „Integrierte Erdsystemforschung" (iESF)**

iESF zielt darauf ab, Erkenntnisse über den Menschen im Erdsystem zu gewinnen, die für das Handeln der Gesellschaft relevant sind. Es befasst sich mit dem zunehmenden menschlichen Einfluss auf das Erdsystem und den sichtbaren Anzeichen des „An-Tropozäns". Es sollen die ökologischen Tragfähigkeiten des Erdsystems ermittelt und daraus nachhaltige Entwicklungspfade abgeleitet werden. Das Netzwerk entwickelt zum einen innovative Prinzipien der integrierten Erdsystemforschung, zum anderen nimmt es die Perspektive des Erdsystems ein, um die Ozeane (und ihre Nutzung), Süßgewässer, Biodiversität und Landsysteme sowie Potenziale für eine Bioökonomie, Stadt-Land-Verflechtungen und Umweltmigration zu untersuchen. Der Klimawandel wird durchgängig berücksichtigt. Das IÖR leistet einen Beitrag zu Ansätzen für die theoretische und methodische Integration von interdisziplinärem Erdsystemwissen sowie zu empirischen Studien über Süßwasser, Biodiversität, Landsysteme und Stadt-Land-Verflechtungen. Professor Schanze, leitender Wissenschaftler des IÖR, ist der Sprecher des Netzwerks.

**LFN „Biodiversität"**

Das LFN Biodiversität bündelt die Kompetenzen der Leibniz-Einrichtungen in den Umwelt-, Sozial-, Lebens-, Gesundheits- und Wirtschaftswissenschaften, um Empfehlungen für nachhaltige Lösungen zu erarbeiten. Wissenschaftler*innen aus Forschungsinstituten und Forschungsmuseen erfassen und dokumentieren die biologische Vielfalt, erforschen Themen mit hoher gesellschaftlicher Relevanz, informieren die Öffentlichkeit kompetent und beraten die Politik bei der Entwicklung und Umsetzung von Biodiversitätszielen. Strategisches Ziel des Netzwerks ist es, ein Konzept für die interdisziplinäre Zusammenarbeit in einem zukünftigen Leibniz-Forschungsverbund zur Biodiversität zu entwickeln. Im Rahmen des Netzwerks soll eine erste Beteiligung an nationalen und EU-weiten Verbundprojekten in diesem Themenfeld ermöglicht werden, um so die projektorientierte Vernetzungskompetenz bereichsübergreifend sichtbar zu machen. Das Netzwerk schafft damit die Voraussetzungen, die inter- und transdisziplinäre Biodiversitätsforschung als Alleinstellungsmerkmal der Leibniz-Gemeinschaft weiter zu verankern. Darüber hinaus unterstützt es den Wissenstransfer in politische Diskurse und in die Gesellschaft insgesamt durch Konferenzen, Projekte, Policy Briefs etc.

**LFN „Umweltkrisen – Krisenumwelten"**

Das LFN vereint umwelt-, sozial- und geisteswissenschaftliche Perspektiven aus den Leibniz-Einrichtungen der vier Leibniz-Sektionen. Interdisziplinäre Spitzenforschung und nutzerorientierter Wissenstransfer zielen darauf ab, wichtige Erkenntnisse über die Entstehung von Umweltkrisen und deren gesellschaftlichen Umgang durch ein breites Spektrum von Akteuren - vom Individuum bis zur globalen Regierung - zu gewinnen. Das Netzwerk konzentriert sich auf Reibungen und Chancen in der Wahrnehmung und im Handeln im Umgang mit plötzlichen und schleichenden Umweltveränderungen in Governance-Ansätzen. Die erwarteten Ergebnisse der gemeinsamen Arbeit werden Innovationen für die Nachhaltigkeitstransformation durch effektive Multi-Level-Governance von Umweltkrisen fördern. Das IÖR leistet insbeson-

dere einen Beitrag zur inter- und transdisziplinären Wissensintegration für die weitere Konzeptualisierung und Operationalisierung von Umweltkrisen. Darüber hinaus adressiert es mit seiner Expertise zu räumlichen Nachhaltigkeitstransformationen thematische Felder von Umweltkrisen.

### DRESDEN-concept – Campus für Wissenschaft und Innovation

Am Standort Dresden ist das IÖR eng in das **Netzwerk der wissenschaftlichen Einrichtungen** des DRESDEN-concept (DDc) eingebunden. Insbesondere mit der **TU Dresden** verbindet uns eine langfristige strategische Partnerschaft. Diese drückt sich durch das Interdisziplinäre Zentrum für transformativen Stadtumbau (IZS), die Dresden Leibniz Graduate School (DLGS) und durch **gemeinsame Berufungen von Professuren** an den Fakultäten für Umweltwissenschaften, Architektur und Wirtschaftswissenschaften sowie eine Honorarprofessur an der Fakultät für Geistes- und Sozialwissenschaften aus.

- Professur für Raumentwicklung und Transformation
  (Prof. Dr. Marc Wolfram)
- Professur für ökologischen und revitalisierenden Stadtumbau
  (Prof. Dr. Robert Knippschild)
- Professur für Volkswirtschaftslehre, insbesondere Umwelt-, Stadt- und Regionalökonomie
  (Prof. Dr. Artem Korzhenevych)
- Professur für Umweltentwicklung und Risikomanagement
  (Prof. Dr. Jochen Schanze)
- Professur für Siedlungsentwicklung
  (Prof. Dr. Wolfgang Wende)
- Honorarprofessor für Umwelt- und Planungsrecht
  (Prof. Dr. Gerold Janssen)

Das IÖR bereitet derzeit auch weitere gemeinsame Berufungen mit der TU Dresden zur Leitung von IÖR-Forschungsbereichen vor. Eine Professur für „Spatial Information and Modelling“ soll ab 2023 an der Fakultät Umweltwissenschaften eingerichtet werden. Eine weitere Professur für den Forschungsbereich „Transformative Capacities“ ist ebenfalls in Planung, voraussichtlich an der Fakultät für Geistes- und Sozialwissenschaften.

Darüber hinaus kooperieren wir mit der TU Dresden sowie weiteren DDc-Partnern in zahlreichen **Forschungsprojekten**, auch im Rahmen ausgewählter **Potenzialbereiche der Exzellenzstrategie der Universität**. So führt die TU Dresden derzeit die Maßnahme „Disruption and Societal Change“ (TUDiSC) als neues fakultätsübergreifendes Forschungszentrum im Rahmen des Zukunftsfeldes „Societal Change“ durch. Das IÖR trägt hierzu in einem von fünf Projekten bei („Die Disruptivität der Anderen: Eine interdisziplinäre Analyse der Ko-Konstitution von Außenseitern und Unterbrechungen in Transformationsprozessen“), das eng mit unserer Agenda zu urbanen Experimenten und Transformationen verbunden ist. Wir beteiligen uns auch weiterhin an strategischen Langzeitforschungsaktivitäten wie dem Projekt „ScaDS.AI - Competence Center for Scalable Data Analytics and Artificial Intelligence“ (gefördert vom BMBF) und spielen eine proaktive Rolle in DDc-Netzwerkformaten, z. B. in mehreren Scientific Area Networks (SAN) wie „Future of Cities and Rural Areas“ und dem Scientific Area Committee (SAC) zu „Culture and Societal Change“. Das IÖR engagiert sich auch aktiv im „PRISMA - Centre for Sustainability Assessment and Policy“, im Verwaltungs-/Infrastrukturausschuss oder in der

Arbeitsgruppe Forschungsdaten (gemeinsam mit Partnern außerhalb der DDc). Darüber hinaus trägt das Institut wesentlich zur postgradualen Lehre an der TU Dresden bei, insbesondere im Masterstudiengang Raumentwicklung und Management natürlicher Ressourcen (vgl. Kapitel 3.4).

Ein weiterer wichtiger Arbeitsbereich ist die Zusammenarbeit mit dem **Institut für integriertes Stoffstrom- und Ressourcenmanagement (UNU-FLORES)** der Universität der Vereinten Nationen. Die **Dresden Nexus Conference (DNC)**, die gemeinsam von IÖR, UNU-FLORES und der TU Dresden organisiert wird, ist das Herzstück dieser Kooperation. Sie findet alle zwei Jahre als global ausgerichtete wissenschaftliche Veranstaltung mit enger Anbindung an Politik und Gesellschaft statt. In den Jahren dazwischen richtet sich die Innovationsplattform DNCi an regionale Akteur*innen aus Wissenschaft und Praxis. Darüber hinaus wird UNU-FLORES zusammen mit dem IÖR und der TU Dresden ab 2023 ein neues gemeinsames Doktorandenprogramm zum Thema „Resource Nexus for Sustainability Transformations“ (NEXtra) starten, das vom DAAD (Entwicklungsbezogener Postgraduiertenstudiengang – EPOS) gefördert wird. Dieses auf 10 Jahre angelegte Programm wird mit der Dresden Leibniz Graduate School (DLGS) verbunden sein.

### Interdisziplinäres Zentrum für transformativen Stadtumbau

Das Interdisziplinäre Zentrum für transformativen Stadtumbau (IZS) ist eine **gemeinsame Forschungseinrichtung des IÖR und der TU Dresden mit Sitz in Görlitz**. An der Hochschule werden die Kooperationsaktivitäten insbesondere durch das Internationale Hochschulinstitut (IHI) Zittau, eine zentrale wissenschaftliche Einheit der TU Dresden, durchgeführt. Die Leitung des Zentrums ist mit einer gemeinsamen Berufung des IÖR und der TU Dresden zum Thema „Ökologischer und revitalisierender Stadtumbau“ verbunden.

Im Sinne eines **städtebaulichen Reallabors** befasst sich das IZS mit dem Wandel historischer Städte sowie von Klein- und Mittelstädten in peripheren Lagen, die sich im Spannungsfeld von ökologischer Entwicklung und demografischem Wandel sowie Revitalisierung und Denkmalschutz befinden. Der Standort des IZS in Görlitz sichert die internationale Ausrichtung des Themas. Insbesondere zu den polnischen und tschechischen Partnern bestehen enge Verbindungen.

Als Teil des IÖR-Forschungsbereichs „Transformative Kapazitäten“ (FB T) ist das IZS durch Projektkooperationen, Publikationen, Konferenzen und Transferleistungen eng mit allen unseren Forschungsbereichen verbunden. Eine wichtige Rolle für den wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Austausch spielt die jährliche **Workshop- und Diskussionsreihe „Denksalon“** zur transformativen Stadterneuerung. Ein weiteres Transferformat am IZS sind die „Europastadt-Gespräche“ als deutsch-polnisch orientierte, regionale Diskussionsplattform.

In den kommenden Jahren soll die Funktion des IZS als Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Praxis weiter ausgebaut werden. Thematisch liegt der Fokus auf **transformativen Antworten auf ökologische, demografische und soziale Herausforderungen** für bestehende Strukturen und Gebäude, insbesondere **in Klein- und Mittelstädten in peripheren Lagen** und in vom Strukturwandel betroffenen Regionen. Gemeinsam mit dem IHI Zittau der TU Dresden und weiteren Partnern wird eine forschungsbasierte Politikberatung für den transformativen Wandel, insbesondere am Standort Görlitz und der umliegenden Grenzregion, entwickelt. Mit dem Zentrum verfolgen wir einen transdisziplinären Ansatz, bei dem die Identifizierung von Forschungsbedarfen, die Produktion von Wissen, die Pilotanwendung neuer Lösungen sowie deren Reflexion und Weiterentwicklung gemeinsam mit Akteuren der Stadt- und Regionalentwicklung erfolgen.

## Europäisches und internationales Netzwerk

Das IÖR und seine Forscher*innen sind aktiv an mehreren **internationalen wissenschaftlichen und transdisziplinären Netzwerken** beteiligt, die für die Forschung des Instituts von strategischer Bedeutung sind. Dazu gehören insbesondere:

- **Association of European Schools of Planning (AESOP):** AESOP ist ein Netzwerk der europäischen Planungsschulen. Es bringt sein Fachwissen in laufende Debatten und Initiativen zur Planungsausbildung ein und fördert seine Agenda bei Berufsverbänden und wichtigen Akteuren der Raum- und Stadtentwicklung. Das IÖR ist ein langjähriges Mitglied und trägt zu den jährlichen AESOP-Konferenzen und anderen Formaten bei.
- **European Forum for Geography and Statistics (EFGS):** Die EFGS, der Vertreter aus mehr als 40 Staaten und Territorien angehören, fördert räumliche Statistiken, die auf gut integrierten geografischen und statistischen Daten basieren. Sie ist relevant für die Entwicklung des IÖR-FDZ.
- **European Spatial Data Research Network (EuroSDR):** EuroSDR verbindet nationale Vermessungs- und Katasterämter mit Forschungsinstituten und Universitäten in Europa zum Zweck der angewandten Forschung im Bereich der Bereitstellung, Verwaltung und Lieferung von Geodaten sowie zur Entwicklung von Forschungsinfrastrukturen. Wir beabsichtigen, unsere Beteiligung an EuroSDR und seinen Partnerorganisationen wie ICA, AG-ILE, ISPRS weiter auszubauen
- **Ecosystem Service Partnership (ESP):** ESP ist ein weltweites Netzwerk, das die Wissenschaft, die Politik und die Praxis der Ökosystemleistungen für die Erhaltung und die nachhaltige Entwicklung fördern soll. Das IÖR strebt an, offizieller Partner in diesem Netzwerk zu werden, was uns helfen wird, neue Methoden zur Bewertung von Ökosystemleistungen zu erforschen und zu entwickeln, z. B. im Rahmen der Ökosystemleistungsbilanzierung.
- **Local Governments for Sustainability (ICLEI):** ICLEI ist ein globales Netzwerk von mehr als 2.500 Kommunen und Regionen, die sich für eine nachhaltige Stadtentwicklung einsetzen. Es ist ein wichtiger Partner für das IÖR bei der Koproduktion von transdisziplinärem Wissen über den Wandel der städtischen Nachhaltigkeit sowie bei der Kommunikation, Verbreitung und Nutzung unserer Ergebnisse für lokale politische Entscheidungsträger und Vertreter*innen öffentlicher Verwaltungen.
- **International Society of City and Regional Planners (ISOCARP):** ISOCARP ist eine nichtstaatliche globale Vereinigung von professionellen Stadt- und Regionalplaner*innen und verwandten Wissenschaftler*innen mit über 700 individuellen und institutionellen Mitgliedern aus mehr als 85 Ländern. Sie bietet ein wichtiges Forum für den Austausch zwischen Wissenschaft und Praxis sowie für Innovationen in den mit der Raumplanung verbundenen Berufen und Disziplinen.
- **International Society of Industrial Ecology (ISIE):** ISIE fördert die Industrieökologie als einen Weg zur Bewältigung der Herausforderungen der Nachhaltigkeit und zur Verwirklichung einer Kreislaufwirtschaft. Die Wissenschaft der industriellen Ökologie wendet eine Systemperspektive an, um zu untersuchen, wie Material und Energie von der Gesellschaft genutzt werden, und sucht so nach Lösungen für komplexe Umweltprobleme. ISIE ist für das IÖR ein wichtiges Netzwerk für den Austausch und die Entwicklung von Wissen über industrielle Ökologie.
- **International Sustainable Development Research Society (ISDRS):** ISDRS ist das führende globale Netzwerk in den Nachhaltigkeitswissenschaften. Es bietet eine Plattform für Diskussionen über alle Disziplinen hinweg und bezieht auch Praktiker*innen mit

ein. Das IÖR engagiert sich hier insbesondere durch die Organisation von zwei Themengruppen (urbane und regionale Transformationen; urbane und regionale Resilienz) und durch die Vorstandsmitgliedschaft von Prof. Marc Wolfram.

- **Regional Science Association International (RSAI) / European Regional Science Association (ERSA):** RSAI ist eine internationale Gemeinschaft von Wissenschaftler*innen, die sich mit den regionalen Auswirkungen nationaler oder globaler Prozesse des wirtschaftlichen und sozialen Wandels befassen. Sie ist eine wichtige globale Gemeinschaft, mit der das IÖR auf dem Gebiet der Stadt- und Regionalökonomie und der wirtschaftsgeographischen Forschung zusammenarbeitet.
- **Research Data Alliance (RDA):** RDA ist ein internationales Netzwerk, das sich dafür einsetzt, den Wert von Forschungsdaten zu erschließen, indem es die erforderlichen sozialen und technischen Brücken baut, um die gemeinsame Nutzung und Wiederverwendung von Daten zu ermöglichen. Das IÖR-FDZ-Team wird sich aktiv an Netzwerken und thematischen Arbeitsgruppen innerhalb der nationalen rda-deutschland.de- und der internationalen Go-FAIR-Community beteiligen. Dies bietet die Möglichkeit, Schlüsselkompetenzen im Bereich der Forschungsdatendienste zu erwerben und sich mit anderen Forschungsdatenanbietern zu vernetzen.
- **Society for Urban Ecology (SURE):** SURE hat die Aufgabe, Wissen zu fördern und zu entwickeln und die Stadtökologie weltweit zu implementieren, indem es Kontakte stärkt und den Dialog zwischen Forschenden und Praktiker*innen bereichert. Das IÖR hat nicht nur eine institutionelle Mitgliedschaft bei SURE und stärkt damit unsere Forschung zur Stadtökologie im Kontext der Nachhaltigkeitstransformation, sondern ist auch im Vorstand von SURE vertreten (Dr. Martina Artmann). Diese engen Verbindungen ermöglichen sowohl gemeinsame Forschung als auch Transferaktivitäten und Veranstaltungen.
- **Sustainability Transitions Research Network (STRN):** STRN ist ein internationales Netzwerk von Wissenschaftler*innen, die zu Nachhaltigkeitstransformationen forschen. Es fördert die Transformationswissenschaften durch ein Programm für Wissensentwicklung, Bildung, Austausch und Öffentlichkeitsarbeit. Für das IÖR ist es der wichtigste Verband in Bezug auf die Erforschung sich verändernder sozio-technischer Systeme und der Steuerung von Transformation. Hier ist auch die von Prof. Marc Wolfram mitbegründete *STRN thematic group* für urbane Transformationen (UTT) verankert.

Das IÖR organisiert auch verschiedene Großveranstaltungen und Formate für den internationalen Austausch, allein oder gemeinsam mit verschiedenen Partnern und verbunden mit gemeinsamen Forschungs- und Wissenstransferaktivitäten. Dazu gehören insbesondere regelmäßige halbjährliche Formate wie die Dresden Nexus Conference und das International Land Use Symposium, die beide 2015 ins Leben gerufen wurden. Darüber hinaus führt das IÖR seit 2021 eine eigene **Jahreskonferenz** als inter-/nationales Wissenschafts- und Praxisforum unter dem Titel „Raum & Transformation“ durch

Unsere **empirische Arbeit im internationalen Bereich** betrifft vor allem europäische Länder, insbesondere Mittel- und Osteuropa (einschließlich Russland) sowie Ost-, Süd- und Südostasien. Dabei sind wir über Projektkooperationen oder institutionalisierte Vereinbarungen mit zahlreichen Universitäten und Forschungseinrichtungen sowie mit der Raumplanungs- und Entwicklungspraxis verbunden. Im europäischen Kontext sind wir als Koordinator und Partner an EU-geförderten Verbundprojekten (Horizon Europe und Interreg) beteiligt und pflegen so enge Beziehungen zu Wissenschafts- und Praxispartnern in zahlreichen europäischen Ländern

sowie zu einschlägigen Fachverbänden auf EU-Ebene und darüber hinaus (z. B. Eurocities, ICLEI). Von zunehmender Bedeutung im globalen Kontext ist auch die Zusammenarbeit mit den Deutschen Zentren für Forschung und Innovation (DWIH) an verschiedenen Standorten.

### Nationales Netzwerk in Wissenschaft, Praxis, Wirtschaft und Zivilgesellschaft

Im nationalen Kontext kooperieren wir (über die Leibniz-Gemeinschaft und Dresden-concept hinaus; siehe Beschreibung oben) mit zahlreichen **Hochschulen und Forschungseinrichtungen** in Projekten und Netzwerken und sind an Verbundprojekten des BMBF und anderer Programme beteiligt. Unsere Mitarbeiter engagieren sich in verschiedenen Netzwerken, Akademien und Fachverbänden wie der Akademie für Raumentwicklung in der Leibniz-Gemeinschaft (ARL), Vereinigung für Stadt-, Regional- und Landesplanung (SRL), Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder (AdV), Deutsche Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation (DGPF), Deutsche Gesellschaft für Kartographie (DGFK), Deutsche UVP-Gesellschaft, DWA - Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall, Deutscher Verband für Wohnungswesen, Städtebau und Raumordnung, Stiftung Umwelt und Schadensvorsorge der SparkassenVersicherung.

Mit unserem „IÖR-Monitor“ und dem IÖR-FDZ sind wir auch am Aufbau der **Nationalen Forschungsdateninfrastruktur (NFDI)** beteiligt, die wissenschaftliche Datenbestände in Deutschland systematisch erschließen, sichern, zugänglich machen und vernetzen soll. Dies betrifft die Konsortien BERD@NFDI, NFDI4Biodiversity, NFDI4Earth und KonsortSWD, die von der Gemeinsamen Wissenschaftskonferenz (GWK) bestätigt worden sind.

Das IÖR verfügt auch über langjährige Erfahrungen in der engen **Zusammenarbeit mit Praxispartnern**. Ein wichtiges Element der Kooperationstätigkeit ist dabei die Zusammenarbeit mit Fachministerien und Ressortforschungseinrichtungen des Bundes und der Länder (z. B. Umweltbundesamt, Bundesamt für Naturschutz, Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung), mit Verbänden der Raum- und Umweltentwicklung, mit Kommunen und Regionen sowie mit Vertretern aus Wirtschaft und Zivilgesellschaft. Damit legen wir den Grundstein für eine transdisziplinäre Forschung. Der ständige und vertrauensvolle Dialog zwischen Wissenschaft und Praxis ist eine Voraussetzung, um das Wissen für eine transformative, nachhaltige Entwicklung zu generieren.

Mit dem **Dresdner Landnutzungssymposium** veranstalten wir seit 2009 die bedeutendste deutschsprachige Austauschplattform im Bereich der Flächennutzung und flächensparenden Siedlungsentwicklung. Gemeinsam mit der Stadt Dresden und Akteuren der lokalen Zivilgesellschaft führt das Institut die Wissensreihe „Zurück oder Zukunft?“ im Rahmen der Zukunftsstadt-Initiative des BMBF durch. Der jährliche „Denksalon“ in Görlitz ist ein Kommunikationsforum mit offener Atmosphäre für den Dialog zwischen Wissenschaft und Praxis. Darüber hinaus sind wir ein aktiver Partner des Sächsischen Zentrums für Baukultur (ZfBK) und beteiligen uns an dessen Veranstaltungen und Ausstellungen.

Im Rahmen bestehender strategischer Partnerschaften fungieren die **Stadtregionen Dresden und Görlitz** als "**Reallabore**" und bilden einen wichtigen Kontext für unsere Forschungsfragen. Kooperationsverträge verbinden das IÖR mit beiden Städten und bilden die Grundlage für transdisziplinäre Forschung, Wissenstransfer und gegenseitiges Lernen.

### Gastwissenschaftler*innen

Wir bieten herausragenden Wissenschaftler*innen aus aller Welt die **Möglichkeit, einen Forschungsaufenthalt am IÖR** zu verbringen – zur Förderung des fachlichen Austauschs und der gemeinsamen Arbeit an Projekten und Publikationen sowie zum Aufbau internationaler Kooperationen. Ebenso ermöglichen wir Mitarbeiter*innen des IÖR **einen Gastaufenthalt an anderen Einrichtungen**. Voraussetzung für Gastaufenthalte ist ein gewisser thematischer Bezug zu den Forschungs- oder Transferthemen des Instituts und das Potenzial für gegenseitige Inspiration. Die Dauer eines Gastaufenthaltes kann je nach Zielsetzung von wenigen Tagen oder Wochen bis zu mehreren Monaten oder einem Jahr reichen.

Kurzaufenthalte umfassen in der Regel Fachgespräche, Vorträge, Workshops mit Experten aus dem IÖR und unseren Netzwerken oder bei Bedarf ein individuelles Besuchsprogramm. Zielgruppen sind vor allem etablierte Wissenschaftler*innen oder Expert*innen auf dem Gebiet. Bei längerfristigen Aufenthalten bieten wir eine intensive Zusammenarbeit zu Themen, die für beide Seiten relevant sind. Dazu gehört auch eine individuelle fachliche Betreuung durch Mitarbeiter*innen des IÖR. Die Zielgruppe längerer Aufenthalte sind vor allem jüngere Wissenschaftler*innen, die sich weiter qualifizieren wollen, in der Regel gefördert durch strukturierte Programme.

Bei entsprechender inhaltlicher Ausrichtung und Motivation unterstützen wir die Bewerbung von Gastwissenschaftler*innen und eigenen IÖR-Forschenden um ein Stipendium durch fachlichen Austausch und organisatorische Abstimmung. Das IÖR hat **umfangreiche Erfahrungen als Gastgeber für Stipendiat*innen** der Alexander von Humboldt-Stiftung, der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) und des Erasmus+ Programms. Auch Stipendiat*innen der Marie-Skłodowska-Curie-Aktion der Europäischen Kommission sowie Stipendiat*innen anderer einschlägiger Programme sind bei uns willkommen. Wir beabsichtigen, unsere diesbezüglichen Aktivitäten weiter auszubauen.

## 3.4 Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchs

Die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses ist seit vielen Jahren ein wichtiges Anliegen des IÖR. Dieses Ziel wird seit 2003 durch eine **Betreibsvereinbarung** unterstützt, die 2007 und 2018 überarbeitet wurde. Im Rahmen unserer Forschung fördern wir herausragende Promovierende, Postdocs und Habilitand*innen. Mit der international ausgerichteten Dresden Leibniz Graduate School (DLGS), die das IÖR gemeinsam mit der TU Dresden betreibt, fördern wir auch unabhängige Doktorand*innen und erweitern damit unser Forschungsprofil.

### Strukturelle Unterstützung von Promovierenden

Das IÖR bietet ein anregendes wissenschaftliches Umfeld und eine umfassende **strukturierte Betreuung der Promovierenden**. Spezielle Unterstützungsstrukturen und -prozesse sorgen für die Qualifizierung und Erstellung von exzellenten und relevanten Dissertationen.

Zentrales Element der strukturierten Betreuung der Promovierenden ist das **individuell zusammengesetzte Begleitgremium**, das der Diskussion des Promotionsvorhabens dient und die Betreuung sicherstellt. Die Teilnahme an einem Trainingsprogramm, unter anderem in **Kooperation mit der Graduiertenakademie der TU Dresden**, ermöglicht die gezielte Weiterqualifizierung der Promovierenden. Weitere besondere Diskussionsformate sind der regionale PhD Day und eine **internationale Autumn School**. Um die Vernetzung der Promovierenden zu unterstützen, finanzieren wir z. B. die Teilnahme an nationalen und internationalen Konferenzen.

Wir bieten verschiedene Stellen für Promovierende an, darunter auch solche, die es erlauben, sich ganz auf die Promotion zu konzentrieren. Darüber hinaus können Promovierende am IÖR auch im Rahmen der Dresdner Leibniz Graduate School gefördert werden.

## Dresden Leibniz Graduate School (DLGS)

Die Dresden Leibniz Graduate School (DLGS) ist eine **gemeinsame interdisziplinäre Einrichtung des IÖR und der TU Dresdenmit internationaler Ausrichtung**. Promovierende werden nach einem wettbewerblichen Auswahlverfahren für einen Zeitraum von drei Jahren mit einem Vollzeitstipendium gefördert.

Die DLGS verfolgt den Anspruch, **neue Erkenntnisse und Ansätze zu entwickeln,** um einen Beitrag zur Bewältigung der räumlichen Nachhaltigkeitstransformation zu leisten. Sie ermutigt und unterstützt bahnbrechende Studien in einem breiten Spektrum von Disziplinen. Ziel der DLGS ist es, die nächste Generation von Führungspersönlichkeiten auf dem Gebiet der räumlichen Nachhaltigkeitswissenschaften vorzubereiten. Sie ist bestrebt, die akademischen und beruflichen Fähigkeiten zu fördern, die erforderlich sind, um die vielfältigen Herausforderungen im Zusammenhang mit der Dynamik des räumlichen Wandels und der globalen menschlich-ökologischen Krise zu bewältigen.

Mit der DLGS bieten wir ein breites Programm an, das **verschiedene Formate zur Entwicklung von theoretischem, methodischem und praktischem Wissen** umfasst; es gibt akademische Pflicht- und Wahlmodule sowie informelle Veranstaltungen. Die DLGS-Stipendien werden einmal im Jahr (Juni bis September) ausgeschrieben, eine erste Kohorte von in der Regel drei Kandidat*innen wird im darauf folgenden Frühjahr (März) aufgenommen. Studierende, die über eigene Mittel verfügen, können sich das ganze Jahr über um eine lang- oder kurzfristige Zulassung zur DLGS bewerben. Zusätzliche Stipendien werden ab 2023 durch das Programm „Resource Nexus for Sustainability Transformations“ (NEXtra) mit UNU-FLORES und TU Dresden zur Verfügung stehen.

## Förderung von Postdocs und Habilitationen

Das IÖR bietet **Postdoc-Stellen für selbständige Forschung** im Rahmen unseres Forschungsprogramms an. Außerdem unterstützen wir Postdocs aus Programmen der DFG, der EU (z. B. Marie Skłodowska-Curie Actions) und verschiedener Stiftungen. Die konkrete Förderung eines Postdocs wird in individuellen Zielvereinbarungen festgelegt. Ausgehend von den Bedürfnissen und Zielen des einzelnen Postdocs wird ein Förderprogramm zusammengestellt.

Postdocs arbeiten in einem unserer vier Forschungsbereiche und werden von einer Mentorin bzw. einem Mentor betreut. Von ihnen wird auch erwartet, dass sie Promovierenden am IÖR und an der DLGS unterstützen. Neben der Zusammenarbeit innerhalb des Instituts wird auch die Vernetzung mit Wissenschaftler*innen anderer Forschungseinrichtungen und Universitäten im In- und Ausland gefördert.

Das IÖR unterstützt auch **Habilitationen als besonderen Qualifizierungsschritt** für Mitarbeiter*innen, die auf eine Professur hinarbeiten. Zu diesem Zweck fördern wir individuelle Karrierepfade.

## Akademische Lehre

Das IÖR engagiert sich stark in der Lehre und bietet Studierenden vielfältige Optionen der zusätzlichen Qualifikation. Es besteht die Möglichkeit, am IÖR als **studentische oder wissenschaftliche Hilfskraft** zu arbeiten und so Erfahrungen in verschiedenen Disziplinen zu sammeln. Ebenso können Studierende **Qualifikations- und Abschlussarbeiten** anfertigen, die von

Wissenschaftler*innen des IÖR betreut werden. Außerdem sind die Studierenden eingeladen, an Veranstaltungen des IÖR teilzunehmen und unsere Bibliothek zu nutzen.

Die enge Verbindung zwischen der TU Dresden und dem IÖR wird insbesondere **durch gemeinsame Berufungen** hergestellt (siehe Kapitel 3.3). Die Zusammenarbeit mit verschiedenen Fakultäten der als eine von 11 Exzellenzuniversitäten Deutschlands ausgezeichneten Hochschule zeigt, in welcher disziplinären Bandbreite das IÖR die akademische Ausbildung der Studierenden unterstützt. Die Lehrleistungen des IÖR konzentrieren sich auf den **Masterstudiengang Raumentwicklung und Naturressourcenmanagement** sowie die Masterstudiengänge in den Bereichen Geographie, Architektur, Landschaftsarchitektur sowie Wirtschafts- und Hydrowissenschaften an der TU Dresden. Darüber hinaus beteiligen wir uns an dem internationalen Ausbildungsprogramm des **Centre for International Postgraduate Studies of Environmental Management (CIPSEM)**. Neben der TU Dresden lehren Mitarbeiter*innen des Instituts auch an anderen Hochschulen im In- und Ausland.

# IÖR Projekte

(Aus dem institutionellen Haushalt des IÖR finanzierte Projekte)

## Forschungsbereich „Transformative Kapazitäten“ (FB T)

(inklusive des Interdisziplinären Zentrums für transformativen Stadtumbau und der Forschungsgruppe Nachhaltige wirtschaftliche Dynamik und Innovation)

### Transformative Planung für Nachhaltigkeitstransformationen

Geplante Laufzeit: 01/2022 – 12/2024

Forschungsbereich(e): FB T (in Kooperation mit FB L, FB M, FB R)

Projektleitung: Dr. Markus Egermann

Das Hauptziel ist es, die Fähigkeit des deutschen Planungssystems mit seinen formellen und informellen Institutionen, Akteuren, Gesetzen, Instrumenten, Konzepten und Prozessen zu bewerten, um die Transformationsfähigkeit von Städten und Regionen zu verbessern. Das Projekt konzentriert sich auf die städtische und regionale Raum- und Fachplanung als Teil eines Mehrebenensystems (Bund, Länder und EU). Das Projekt wird Möglichkeiten und Engpässe des bestehenden Planungssystems identifizieren, um die Transformationskapazitäten von städtischen und regionalen Systemen zu verbessern. Auf der Grundlage wissenschaftlicher und praktischer Erkenntnisse und Erfahrungen aus der weltweiten Planung wird das Projekt Ideen entwickeln, wie die Fähigkeiten des deutschen Planungssystems verbessert werden können, um einen transformativen Wandel in Richtung Nachhaltigkeit zu initiieren und zu steuern.

Wissenstransfer: Planungssystem, Fähigkeiten, Transformativer Wandel, Städte, Regionen

### Stadterneuerung und transformative Kapazitäten - Konzepte, Referenzen, Synergien

Geplante Laufzeit: 01/2022 – 12/2025

Forschungsbereich(e): FB T

Projektleitung: Prof. Dr. Robert Knippschild

Ziel ist es, den Wissensaufbau über die Beziehungen zwischen Stadterneuerung und transformativen Kapazitäten zu fördern. Dazu werden Erkenntnisse aus Studien zu a) dem Einfluss von Charakteristika und Dynamiken in Klein- und Mittelstädten auf die Entwicklung transformativer Kapazitäten, b) den Zusammenhängen zwischen dem Aufbau transformativer Kapazitäten und regionalen Strukturwandelprozessen und c) der Fähigkeit etablierter und innovativer formeller und informeller Planungsinstrumente sowie urbaner Experimente, transformative Kapazitäten freizusetzen, integriert und in Beziehung gesetzt. Das im Rahmen des Projekts erarbeitete Wissen, insbesondere über die Wirkungen und den Abbau von Governance-Ansätzen, wird in die Politikberatung und die koproduktive Entwicklung, Erprobung und Reflexion von Lösungen einfließen.

Wissenstransfer: Regeneration von Klein- und Mittelstädten, Stadt- und Regionalverwaltung, Regionaler Strukturwandel, Stadtexperimente

### Die Rolle räumlicher Verflechtungen für die Entwicklung regionaler Transformationskapazitäten und für Nachhaltigkeitsinnovationen

Geplante Laufzeit: 01/2022 –12/2025

Forschungsbereich(e): FB T (in Kooperation mit FB M)

Projektleitung: Prof. Dr. Artem Korzhenevych

Das Projekt konzentriert sich auf Innovationen (sowohl technologische als auch soziale), die dazu beitragen, die Ressourcenintensität von Produktions- und Konsumaktivitäten zu verringern. Auf regionaler Ebene werden verschiedene räumliche Faktoren untersucht, die das Entstehen und die Verbreitung von Nachhaltigkeitsinnovationen beeinflussen (z. B. Agglomerationseffekte, interregionale Produktions- und Wissensnetzwerke, Handels- und Arbeitsmobilität, Infrastruktur und Erreichbarkeit). Die Forschungsmethoden sind hauptsächlich quantitativ, wobei Sekundärdaten, statistische Analysen und Wirtschaftsmodelle verwendet werden, aber auch qualitative Analysen und Fallstudien kommen zum Einsatz. Ziel ist es, Empfehlungen für die Gestaltung von Instrumenten und Methoden zur Förderung einer transformativen Innovationspolitik zu formulieren, insbesondere in Bezug auf relevante wirtschaftliche Anreize.

Wissenstransfer: Regionaler Strukturwandel, transformative Innovationspolitik, wirtschaftliche Anreize, Skalierung von Nachhaltigkeitsinnovationen

## Forschungsbereich „Landschaft, Ökosysteme und Biodiversität“ (FB L)

(inklusive der Forschungsgruppe Urbane Mensch-Natur-Resonanz)

### Konzeptualisierung der Transformation von Landschaft, Ökosystemen und biologischer Vielfalt

Geplante Laufzeit: 02/2022 – 12/2025

Forschungsbereich(e): FB L

Projektleitung: Prof. Dr. Wolfgang Wende, Dr. Juliane Albrecht, Dr. Martina Artmann, Dr. Alejandro de Castro-Mazarro, Dr. Karsten Grunewald, Dr. Neelakshi Joshi, Dr. Gerd Lintz, Dr. Juliane Mathey, Dr. Ralf-Uwe Syrbe

Vorrangiges Ziel ist es, die Umwandlung von Landschaften, Ökosystemen und biologischer Vielfalt zu konzipieren, um nachhaltige Landnutzungsstrukturen und Landsysteme zu sichern. Zu diesem Zweck werden Landschaft, Ökosysteme und biologische Vielfalt in Beziehung zueinander und über verschiedene Skalen hinweg gesetzt. Das Konzept des nachhaltigen Wandels von Landschaften, Ökosystemen und Biodiversität wird theoretisch fundiert und praktisch operationalisiert. Die Ergebnisse des Projekts dienen dann als Grundlage für die weitere Entwicklung von Methoden, Strategien und Instrumenten zum Schutz und zur Verbesserung der Biodiversität.

Wissenstransfer: Landschaft, Ökosysteme, Konzepte zur Veränderung der biologischen Vielfalt, Theorie, Rolle von Frei- und Grünflächen, Szenarien

### Methodischer Rahmen und strategische Ausrichtung von Schutz und Entwicklung von Landschaften, Ökosystemen und biologischer Vielfalt

Geplante Laufzeit: 06/2024 – 12/2027

Forschungsbereich(e): FB L

Projektleitung: Prof. Dr. Wolfgang Wende, Dr. Juliane Albrecht, Dr. Martina Artmann, Dr. Alejandro de Castro-Mazarro, Dr. Karsten Grunewald, Dr. Neelakshi Joshi, Dr. Gerd Lintz, Dr. Juliane Mathey, Dr. Ralf-Uwe Syrbe

Der FB L wird die Landschaft, die Ökosysteme und die biologische Vielfalt zusammen mit ihren Leistungen und relationalen/immateriellen Werten methodisch erfassen, um einen dauerhaften Schutz und eine Entwicklung und/oder Aufwertung zu ermöglichen. Es werden neue Bewertungsmethoden und (subjektive) Indikatoren entwickelt. Innovative räumliche Strategien und (Planungs-)Instrumente wie die Wiederherstellung der biologischen Vielfalt werden evaluiert und entwickelt, um Landschaften, Ökosysteme und die biologische Vielfalt in verschiedenen geografischen Kontexten zu schützen, wiederherzustellen und qualitativ zu verbessern.

Wissenstransfer: Bewertungsmethoden, räumliche Strategien, Planungsinstrumente, Indikatoren, Wiederherstellung

### Urbane Mensch-Natur-Partnerschaften für eine nachhaltige Transformation

Geplante Laufzeit: 01/2022 – 12/2024

Forschungsbereich(e): FB L

Projektleitung: Dr. Martina Artmann

Trotz des zunehmenden Bewusstseins, dass die sich verschärfende sozial-ökologische Krise das menschliche Leben rund um den Planeten beeinträchtigt, gelingt es den derzeitigen individuellen und kollektiven Antworten darauf noch nicht, eine signifikante Wende herbeizuführen. Aufgrund der physischen und mentalen Distanz zur nicht-menschlichen Natur werden die Auswirkungen der globalen Krise wie der Verlust der biologischen Vielfalt, die Erschöpfung der Ressourcen, der Klimawandel und die sozialen Schäden im Alltag der westlichen Stadtbevölkerung nur langsam sichtbar, auch wenn das Bewusstsein dafür stetig wächst. Dieses Projekt zielt darauf ab, herauszufinden, wie Individuen und kollektive Akteure (z. B. in ihrem Berufsleben) extern und intern von nicht-menschlicher Natur und den durch menschliche Aktivitäten verursachten Bedrohungen im städtischen Kontext betroffen sind. Ein besonderer Schwerpunkt liegt dabei auf der Notwendigkeit einer internen Transformation als Hebel für eine nachhaltige Umgestaltung. Zu diesem Zweck wird das Projekt die Rolle der inneren Welten städtischer individueller/kollektiver Akteur*innen sowie deren Weltanschauungen und Umweltwerte untersuchen, die die nicht-menschliche Natur als ein empfindungsfähiges und intelligentes Subjekt mit Eigenwert betrachten, das das Recht hat, sich in Mensch-Natur-Partnerschaften in Städten und darüber hinaus zu entfalten.

Wissenstransfer: Mensch-Natur-Resonanz, Städte, Innerer Wandel, Sozial-ökologische Transformationen

## Forschungsbereich „Gebaute Umwelt – Ressorucen und Umweltrisiken“ (FB R) (inklusive der Forschungsgruppe Anthropogene und Natürliche Ressourcen)

### Integrative Konzepte zu Ressourcenschutz, Klimaschutz und Resilienz (IntR²)

Geplante Laufzeit: 09/2022 – 08/2026

Forschungsbereich(e): FB R

Projektleitung: Dr.-Ing. habil. Regine Ortlepp, Dr.-Ing. Georg Schiller

IntR² zielt darauf ab, Resilienz, Kreislaufwirtschaft und ressourcenschonende Ansätze in einer umfassenden Weise zu betrachten. Das Projekt wird untersuchen, inwieweit ein Wandel hin zu einer regenerativen gebauten Umwelt durch ein solches systemisches Verständnis unterstützt werden kann. Ziel ist es, die gebaute Umwelt sowohl qualitativ/quantitativ als auch skalenübergreifend als sozio-ökologisch-technisches System mit seinen Elementen, Beziehungen und Einflussfaktoren zu beschreiben, um so ein tieferes Verständnis seiner Dynamik zu ermöglichen und seine Auswirkungen auf Ressourcen, Klima und Menschen abschätzen zu können. Dabei werden unter anderem Zielkonflikte und Synergieeffekte zwischen Resilienz und Effizienz untersucht.

Wissenstransfer: Urbane Resilienz, Klimaanpassung, zirkuläres Bauen, $CO_2$-neutrale Stadt, Governance

### Zirkuläre Räume

Geplante Laufzeit: 01/2022 – 12/2025

Forschungsbereich(e): FB R

Projektleitung: Dr.-Ing. Georg Schiller

Ziele des Projekts sind, zirkuläre Räume zu verstehen, zu beschreiben und zu deren Entwicklung beizutragen. Es werden digitale Kataster für Städte und Regionen entwickelt, um die Materialbestände bestehender Siedlungsstrukturen und deren Veränderungen durch Siedlungspolitik und technische oder soziale Innovationen zu quantifizieren. Methoden wie die durchgehende Materialflussanalyse (MFA) werden weiterentwickelt und mit Methoden der Prozesskette- und Umweltbewertung kombiniert, um Auswirkungen auf Materialien, Ressourcen, Emissionen, Abfälle und Flächennutzung auf regionaler Ebene zu ermitteln.

Wissenstransfer: Zirkuläres Bauen, $CO_2$-neutrale Stadt, Soziale Innovationen

### Wissensintegrative Synthese der methodischen Grundlagen für die Risikoanalyse (Methode R)

Geplante Laufzeit: 01/2022 – 12/2025

Forschungsbereich(e): FB R

Projektleitung: Dr.-Ing. habil. Regine Ortlepp

Die Methode R zielt darauf ab, Ansätze zur Vulnerabilitäts-, Schadens- und Risikoanalyse und die zugrundeliegenden Objekt- und Siedlungsstrukturtypologien skalenübergreifend zu kombinieren und zu verallgemeinern, um ihre Übertragbarkeit auf unterschiedliche geografische Kontexte zu ermöglichen, einschließlich der Berücksichtigung von Klimawandelszenarien sowie einander verstärkender Gefahren. Ziel ist die Beantwortung von Fragen zu Umweltrisiken und Resilienz auf regionaler bis nationaler Ebene mit einer hohen, objekttypenspezifischen Auflösung. Dazu sollen räumliche Indikatoren für die gebaute Umwelt entwickelt werden, die auf Ursache-Wirkungs-Beziehungen basieren.

Wissenstransfer: Risikovorsorge, urbane Resilienz, Klimaanpassung

### Informationssystem Gebaute Umwelt (ISBE)

Geplante Laufzeit: 09/2021 – 12/2028

Forschungsbereich(e): FB R

Projektleitung: Dr.-Ing. habil. Regine Ortlepp, Dr. Georg Schiller

ISBE zielt darauf ab, die bestehende Datenbank um Basisdaten zu Gebäudetypen zu erweitern und dabei neue Bauweisen sowie innovative Baumaterialien und Bauteile zu berücksichtigen, um so die Evidenzbasis für bestehende Typisierungsansätze für Elemente der gebauten Umwelt zu erhöhen. Kontinuierliche Bewertungsmodule und die Verknüpfung von Dimensionen wie Material, Rohstoffe, Bau- und Abbruchabfälle, Emissionen und Landnutzung werden schrittweise integriert. Insgesamt ist es unser Ziel, die Funktionalität des Informationssystems zu erweitern. Dazu gehört auch die Entwicklung von Übergabeschnittstellen zu Instrumenten der Planungspraxis wie z. B. Stadtstoffkatastern sowie zum IÖR-FDZ, z. B. als Eingangsdaten für virtuelle Realitäten.

Wissenstransfer: Zirkuläres Bauen, Risikovorsorge, bauliche Anpassung, Daten und Dienstleistungen

## Forschungsbereich „Raumbezogene Information und Modellierung" (FB M) (inklusive der Koordination des IÖR-Forschungsdatenzentrums)

### Datengestützte und nutzergenerierte Erfassung räumlicher Informationen (DaSIA)

Geplante Laufzeit: 01/2022-12/2025

Forschungsbereich(e): FB M (mit Input von FB R, FB L, FB T)

Projektleitung: Dr. Robert Hecht, Dr. Hendrik Herold

In DaSIA entwickeln wir innovative Ansätze zur automatisierten Extraktion von Informationen auf unterschiedlichen Skalen aus heterogenen Daten wie (offenen) Geodaten, Fernerkundungsdaten, Sensordaten und historischen topographischen Karten bis hin zu nutzergenerierten und sozialräumlichen Daten unter Anwendung von Geospatial Artificial Intelligence (GeoAI). Dies umfasst insbesondere die hochauflösende geometrische und semantische Beschreibung von Siedlungen und Freiräumen in Bezug auf Landnutzung und Landbedeckung, graue Infrastruktur und grün-blaue Infrastruktur sowie die Identifikation von Trends über robuste Zeitreihen unter Berücksichtigung von Unsicherheiten. Forschungsschwerpunkte sind die Datenqualität verschiedener offener und VGI-Geodaten, neue Methoden zur Klassifizierung, semantischen Anreicherung und Veränderungsdetektion von Gebäuden sowie Methoden zur urbanen Grünkartierung und zur Extraktion multitemporaler Siedlungsmasken. Dies bildet die Grundlage für die Aktivitäten im TrIAM zur Indikatorenentwicklung, Analytik und Modellierung sowie eine transferspezifische Bereitstellung der Daten und Methoden über das IÖR-FDZ.

Wissenstransfer: Öffentliche Bereitstellung von Daten, Methoden und Code zur freien Weiterverwendung in Wissenschaft, Praxis und Zivilgesellschaft (Geodatenwelten, Open Science), Einbindung von Bürgern in die Informationsbeschaffung (Future Cities, Bürgerwissenschaft)

### Transformative Indikatoren, Analytik und Modellierung (TrIAM)

Geplante Laufzeit: 01/2022-12/2025

Forschungsbereich(e): FB M (mit Input von FB R, FB L, FB T und KIH)

Projektleitung: Dr. Martin Behnisch, Dr. Mathias Jehling

TrIAM zielt darauf ab, räumliche Daten und Informationen für die Entwicklung von Transformationsindikatoren sowie in der Analytik und Modellierung zu verfeinern. Konzepte und Methoden der Spatial Data Science werden auf Probleme des gesellschaftlichen Wandels angewandt, um eine nachhaltige Landnutzung zu ermöglichen. Durch Analyse werden empirische Ergebnisse gewonnen, die transformative Lösungen unterstützen (transformative Entscheidungsunterstützung). Kollaborative Formate wie transdisziplinäre Indikatoren-Workshops und die Generierung von Hypothesenmodellen werden die Konzeption und Umsetzung von räumlichen Indikatoren, Analysen und Modellierungen verbessern. Trends und Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge, Bewertungsmaßstäbe sowie Szenarien für alternative Zukünfte sind von besonderem Interesse und unterstützen die akteursorientierte Integration des IÖR-FDZ.

Wissenstransfer: Trends und Szenarien für die Entwicklung von Siedlungsstrukturen, Lokale und regionale Instrumente zur Analyse von Zersiedelung und Verdichtung, Potenziale für Photovoltaik und Dach- und Fassadenbegrünung, Nachhaltige Entwicklung des Gebäudebestands, Grundlagen für Indikatoren zur Transformationsfähigkeit und städtischen Grünflächen

### Konzeption, Aufbau und Betrieb des Forschungsdatenzentrums des IÖR (IÖR-FDZ)

Geplante Laufzeit: 01/2022-12/2028

Forschungsbereich(e): FB M (mit Unterstützung aller Forschungsbereiche und dem KIH)

Projektleitung: Dr. Gotthard Meinel, Dr. Tobias Krüger, Dr. Sujit Sikder

In diesem Projekt wird das IÖR-Forschungsdatenzentrum (IÖR-FDZ) mit seinen Kernkomponenten und -diensten (IÖR-Monitor, Landportal, Datenbanken zu Gebäuden und anderen Strukturen, Geodienste und Verarbeitungsdienste, Werkzeuge etc. ), Ergebnissen (IÖR-Monitor-Bericht, Ergebnisse von Analysen und Szenarien, Visualisierungen, Nutzerschulungen), Maßnahmen zur Öffentlichkeitsarbeit und zum Transfer (Website, Nutzerbeirat, nationale und internationale Kooperationen) sowie gemeinsamen Projektentwicklungen mit den anderen IÖR-Forschungsbereichen (Datenprodukte, Indikatoren, Werkzeuge, Analysen). Als Herzstück des IÖR-FDZ wird der IÖR-Monitor durch den Ausbau des Datenbestandes und der Indikatoren für graue, grün-blaue Infrastrukturen in enger Zusammenarbeit mit den IÖR-Forschungsbereichen weiterentwickelt. Aktuelle Daten zusammen mit retrospektiven Informationen ermöglichen die Erstellung von Alternativszenarien. Die Benutzerfreundlichkeit wird durch die Integration der Daten des IÖR-FDZ in andere Benutzerkontexte durch die Schaffung von Application Programming Interfaces (API) verbessert. Dazu gehört die kontinuierliche Entwicklungsunterstützung und Integration der SoRa-App-Dienste für eine verbesserte Interoperabilität von sozialwissenschaftlichen Umfrageergebnissen (SOEP, GESIS) mit räumlichen Daten. Das IÖR-FDZ wird auch die Ergebnisse der anderen FB M-Projekte DaSIA und TrIAM sowie der anderen IÖR-Forschungsbereiche (FBs) integrieren. Darüber hinaus wird das IÖR-FDZ mit der entstehenden Nationalen Forschungsdateninfrastruktur (NFDI) und der European Open Science Cloud (EOSC) vernetzt und integriert werden.

Wissenstransfer: Daten und Analyseergebnisse zu Flächennutzung, Siedlungsdichte, Gebäudebestand und Stadtgrün, kumulative Raumwirkungsanalysen von

Planumsetzungen, Visualisierung von Alternativszenarien zukünftiger Siedlungsentwicklungen, IÖR-Monitorbericht, digitale Planungswerkzeuge zur Gestaltung zukünftiger Raumentwicklungspfade (Innenentwicklungspotenziale, Grünversorgung und Erreichbarkeit, Zersiedelung, Fragmentierung), Bereitstellung von Indikatoren und thematischen Layern zu Materialbestand und Flächenproduktivität, Biodiversität, Ökosystemleistungen, Wissenstransfer und Entscheidungsunterstützung für die Transformation von Raumentwicklungsprozessen

## Knowledge Integration Hub (KIH)

### System- und Bewertungsansätze für die Wissensintegration im Kontext der räumlichen Nachhaltigkeitstransformation (SAKI)

Geplante Laufzeit: 01/2022 – 12/2025

Forschungsbereich(e): KIH

Projektleitung: Prof. Dr. Jochen Schanze

Das Projekt zielt darauf ab, Konzepte, Methoden und Praktiken der Wissensintegration zu übernehmen und weiterzuentwickeln, die für ein verbessertes Verständnis und eine praktische Berücksichtigung von Räumlichkeit in Nachhaltigkeitstransformationen relevant sind. Der Fokus liegt dabei auf ontologisch und epistemologisch integrativen Heuristiken, insbesondere unter Berücksichtigung von System- und Bewertungsansätzen. Letztere erscheinen besonders bedeutsam, wenn es um die komplexen Themen und vielschichtigen normativen Aufgaben räumlicher Nachhaltigkeitstransformationen in Wissenschaft und Gesellschaft sowie an deren Schnittstellen geht. Die Forschung umfasst die Identifikation, Überprüfung sowie Weiterentwicklung und Erprobung ausgewählter Ansätze. Grundsätzlich adressiert das KIH gesellschaftliche, technische und ökologische Zusammenhänge, deren Dynamik sowie Management- und Governance-Interventionen für ausgewählte Konfigurationen räumlicher Nachhaltigkeitstransformationen. Eine inkrementelle und explorative Forschungsstrategie bindet alle Forschungsbereiche des Instituts, externe wissenschaftliche Partner und Praktiker in multi- und transdisziplinäre Dialoge ein.

Wissenstransfer: Nachhaltigkeitstransformationen, Räumlichkeit, Wissensintegration, Systemdenken, Nachhaltigkeitsbewertung, Entscheidungshilfe, Umweltmanagement und Governance

# Im Forschungsprogramm zitierte Literatur

## Konzept und Ansatz

Cars, G., Healey, P., Madanipour, A., Magalhães, C.S. de (Eds.), 2018. Urban governance, institutional capacity and social milieux. Routledge, London New York.

Clark, W.C., Harley, A.G., 2020. Sustainability Science: Toward a Synthesis. Annual Review of Environment and Resources, 45(1), 331–386. https://doi.org/10.1146/annurev-environ-012420-043621

CRED & UNDRR, 2020. The Human Cost of Disasters: An Overview of the last 20 years (2000-2019). https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/Human%20Cost%20of%20Disasters%202000-2019%20Report%20-%20UN%20Office%20for%20Disaster%20Risk%20Reduction.pdf

Dedeurwaerdere, T., 2014. Sustainability Science for Strong Sustainability. Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing. https://doi.org/10.4337/9781783474561

DFG – Deutsche Forschungsgemeinschaft, 2019. Guidelines for Safeguarding Good Research Practice. Code of Conduct. Informal English translation. DFG, Bonn, September 2019. https://zenodo.org/record/3923602#.YaEwc7oxmUk [24.11.2021]

Elmqvist, T., Bai, X., Frantzeskaki, N., Griffith, C., Maddox, D., McPhearson, T., Parnell, S., Romero-Lankao, P., Simon, D., Watkins, M. (Eds.), 2018. Urban Planet: Knowledge towards Sustainable Cities. Cambridge: Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781316647554

Evans, J., Karvonen, A., Luque-Ayala, A., Martin, C., McCormick, K., Raven, R., Palgan, Y.V., 2019. Smart and sustainable cities? Pipedreams, practicalities and possibilities. Local Environ, 24(7), 557–564.

Fang, X., Zhou, B., Tu, X., Ma, Q., Wu, J., 2018. "What Kind of a Science is Sustainability Science?" An Evidence-Based Re-examination. Sustainability, 10(5): 1478. https://doi.org/10.3390/su10051478

Fraunhofer-Gesellschaft, Helmholtz-Gemeinschaft, Leibniz-Gemeinschaft (Eds.), 2016. Nachhaltigkeitsmanagement in außeruniversitären Forschungsorganisationen. LeNa. Handreichung. Retrieved from: https://www.nachhaltig-forschen.de/fileadmin/user_upload/LeNa-Handreichung_final.pdf [24.11.2021]

Hirsch Hadorn, G., Pohl, C., 2007. Principles for designing transdisciplinary research. Proposed by the Swiss Academies of Arts and Sciences. Oekom, Munich. https://doi.org/10.14512/9783962388638

IPCC, in press. Climate Change 2021 – The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press (in Press)

Leibniz Association, 2018. Stellungnahme zum Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung, Dresden (IÖR). Der Senat der Leibniz-Gemeinschaft. 27 November 2018. Retrieved from: https://www.leibniz-gemeinschaft.de/fileadmin/user_upload/ARCHIV_downloads/Archiv/Evaluierung/Senatsstellungnahmen/I%C3%96R_-_Senatsstellungnahme__27-11-2018__mit_Anlagen.pdf [24.11.2021]

Leibniz Association, 2019. Leitbild Leibniz-Transfer. Retrieved from: https://www.leibniz-gemeinschaft.de/fileadmin/user_upload/Bilder_und_Downloads/Neues/Mediathek/Publikationen/Brosch%C3%BCren/Leitbild_Transfer_Einzelseiten.pdf [24.11.2021]

Leibniz Association, 2020. Leibniz Guidelines on Career Development. https://www.leibniz-gemeinschaft.de/fileadmin/user_upload/Bilder_und_Downloads/%C3%9Cber_uns/Karriere/Broschuere-Leibniz-Leitlinie-Karriereentwicklung-2020_WEB.pdf [24.11.2021]

Markolf, S.A., Chester, M.V., Eisenberg, D.A., Iwaniec, D.M., Davidson, C.I., Zimmerman, R., Miller, T.R., Ruddell, B.L., Chang, H., 2018. Interdependent infrastructure as linked social, ecological, and technological systems (SETSs) to address lock-in and enhance resilience. 'Earth's Future, 6(12), 1638– 1659. https://doi.org/10.1029/2018EF000926

McPhearson, T., Raymond, C.M., Gulsrud, N., Albert, C., Coles, N., Fagerholm, N., Na-gatsu, M., Olafsson, A.S., Soininen, N., Vierikko, K., 2021. Radical changes are needed for transformations to a good Anthropocene. npj Urban Sustain, 1: 5. https://doi.org/10.1038/s42949-021-00017-x

Ott, K., 2016. Starke Nachhaltigkeit, in: Ott, K., Dierks, J., Voget-Kleschin, L. (Eds.): Handbuch Umweltethik. Stuttgart: J.B. Metzler: Stuttgart, 190–195. https://doi.org/10.1007/978-3-476-05193-6_30

Schwab, K., 2016. The Fourth Industrial Revolution. New York: Crown Business.

Stissing Jensen, J., Späth, P., Cashmore, M. (Eds.), 2019. The politics of urban sustainability transitions: knowledge, power and governance.

Stokes, D.E., 1997. Pasteur's Quadrant. Basic Science and Technological Innovation. Washington, D.C.: Brookings Institution Press.

UN DESA, 2019. 2018 Revision of World Urbanization Prospects. https://population.un.org/wup/

UN SDSN, Sachs, J., Kroll, C., Lafortune, G., Fuller, G., Woelm, F., 2021. Sustainable Development Report 2021. UN Sustainable Development Solutions Network, Cambridge: Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781009106559

Wilford, S., Fisk, M. and Stahl, B., 2016. Guidelines for Responsible Research and Innovation. Centre for Computing and Social Responsibility, De Montfort University, Leicester.

WBGU, 2019. Unsere gemeinsame digitale Zukunft. Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU), Berlin.

WR, 2016. Wissens- und Technologietransfer als Gegenstand institutioneller Strategien (Positionspapier Drs. 5665-16). Wissenschaftsrat, Berlin.

WR, 2020. Anwendungsorientierung in der Forschung (Positionspapier Drs. 8289-20). Wissenschaftsrat, Berlin.

## Forschungsbereich "Transformative Kapazitäten" (FB T)

(inklusive des Interdisziplinären Zentrums für transformativen Stadtumbau und der Forschungsgruppe Nachhaltige wirtschaftliche Dynamik und Innovation)

Abson, D.J.; Fischer, J.; Leventon, J.; Newig, J.; Schomerus, T.; Vilsmaier, U.; von Wehrden, H.; Abernethy, P.; Ives, C. D.; Jager, N.W.; Lang, D.J., 2017. Leverage points for sustainability transformation. Ambio, 46, 30-39 (2017). https://doi.org/10.1007/s13280-016-0800-y

Albrechts L., 2004. Strategic (Spatial) Planning Reexamined. Environment and Planning B: Planning and Design, 31(5), 743-758. https://doi.org/10.1068%2Fb3065

Allmendinger, P.; Haughton, G., 2009. Soft Spaces, Fuzzy Boundaries, and Metagovernance: The New Spatial Planning in the Thames Gateway. Environment and Planning A: Economy and Space, 41(3), 617–633. https://doi.org/10.1068/a40208

Augenstein, K.; Bachmann, B.; Egermann, M.; Hermelingmeier, V.; Hilger, A.; Jaeger-Erben, M.; Kessler, A.; Lam, D. P.M.; Palzkill, A.; Suski, P.; von Wirth, T., 2020. From niche to mainstream: the dilemmas of scaling up sustainable alternatives. GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society, 29(3), 143-147. https://doi.org/10.14512/gaia.29.3.3

Binz, C., Coenen, L., Murphy, J.T., Truffer, B., 2020. Geographies of transition – From topical concerns to theoretical engagement: A commentary on the transitions research agenda. Environmental Innovation and Societal Transitions, 34, 1-3. https://doi.org/10.1016/j.eist.2019.11.002

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hrsg.), 2020. Vom Stadtumbau zur städtischen Transformationsstrategie. BBSR-Online-Publikation. 09/2020, Bonn, September 2020.

Davoudi S., 2005. Understanding territorial cohesion, Planning Practice & Research, 20:4, 433-441, https://doi.org/10.1080/02697450600767926

Davoudi, S.; Strange I., 2009. Conceptions of Space and Place in Strategic Spatial Planning.

De Silva, D. G., Hubbard, T. P., McComb, R. P., Schiller, A. R., 2017. Entry, Growth and Survival in the Green Industry. Regional Studies, 51(12), 1774-1785.

Ehnert, F., Frantzeskaki, N., Barnes, J., Borgström, S., Gorissen, L., Kern, F., Strenchock, L., Egermann, M., 2018. The acceleration of urban sustainability transitions: a comparison of Brighton, Budapest, Dresden, Genk, and Stockholm. Sustainability, 10(3): 612. http://dx.doi.org/10.3390/su10030612

Elmqvist, T., Andersson, E., McPhearson, T., Bai, X., Bettencourt, L., Brondizio, E., Colding, J., Daily, G., Folke, C., Grimm, N., Haase, D., Ospina, D., Parnell, S., Polasky, S., Seto, K.C., Van Der Leeuw, S., 2021. Urbanization in and for the Anthropocene. npj Urban Sustain, 1: 6. https://doi.org/10.1038/s42949-021-00018-w

Faludi A., 2007. Territorial Cohesion Policy and the European Model of Society. European Planning Studies, 15:4, 567-583, https://doi.org/10.1080/09654310701232079

Fazey et al., 2020. Transforming knowledge systems for life on Earth: Visions of future systems and how to get there. Energy Research & Social Science, 70: 101724. https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101724

Healey, P., 1997. Collaborative Planning: Shaping Places in Fragmented Societies. UBC Press.

Hölscher, K.; Frantzeskaki, N., 2021. Perspectives on urban transformation research: transformations in, of, and by cities. Urban Transformations, 3: 2. https://doi.org/10.1186/s42854-021-00019-z

Horlings, L.G., Roep, D., Mathijs, E., Marsden, T., 2020. Exploring the transformative capacity of place-shaping practices. Sustainability Science, 15, 353–362. https://doi.org/10.1007/s11625-020-00787-w

Jacob, M.; Edenhofer, O., 2014. Green growth, degrowth, and the commons. Oxford Review of Economic Policy, 30(3), 447–468. https://doi.org/10.1093/oxrep/gru026

Leventon, J., Abson, D.J., Lang, D.J., 2021. Leverage points for sustainability transformations: nine guiding questions for sustainability science and practice. Sustainability Science, 16, 721–726. https://doi.org/10.1007/s11625-021-00961-8

Loorbach, D., 2009. Transition Management for Sustainable Development: A Prescriptive, Complexity-Based Governance Framework. Governance, 23(1), 161-183. https://doi.org/10.1111/j.1468-0491.2009.01471.x

Löw, M., 2001. Raumsoziologie. Frankfurt a. M.: Suhrkamp.

Meadows, D., 1999. Leverage Points: Places to Intervene in a System. Hartland: The Sustainability Institute.

Ostrom, E., 2015. Governing the commons: the evolution of institutions for collective action, Canto classics. Cambridge: Cambridge University Press.

Otto, M., 2015. 2. Die Bedeutung von ‚'Raum' aus einer konstruktivistischen Perspektive. In: Zwischen lokaler Integration und regionaler Zugehörigkeit: Transnationale Sozialräume oberschlesienstämmiger Aussiedler in Nordrhein-Westfalen. Bielefeld: transcript Verlag, 17-36. https://doi.org/10.1515/9783839432679-001

Paasi, A., 2004. Place and region: looking through the prism of scale. Progress in Human Geography, 28(4), 536–546. https://doi.org/10.1191/0309132504ph502pr

Roorda, C., Wittmayer, J., Henneman, P., Steenbergen, F. van, Frantzeskaki, N., Loorbach, D., 2014. Transition Management in the Urban Context: Guidance Manual. Rotterdam: DRIFT, Erasmus University Rotterdam.

Schäpke, N., Bergmann, M., Stelzer, F., Lang, D.J., 2018. Labs in the Real World: Advancing Transdisciplinary Research and Sustainability Transformation: Mapping the Field and Emerging Lines of Inquiry. GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society, 27(1), 8-11. https://doi.org/10.14512/gaia.27.S1.4

Schot, J., Steinmüller, W.E., 2019. Transformative change: What role for science, technology and innovation policy?: An introduction to the 50th Anniversary of the Science Policy Research Unit (SPRU) Special Issue. Research Policy, 48(4), 43-848. https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.12.005

Truffer, B., Murphy, J.T., Raven, R., 2015. The geography of sustainability transitions: Contours of an emerging theme. Environmental Innovation and Societal Transitions, 17, 63-72. https://doi.org/10.1016/j.eist.2015.07.004

Wiechmann, T., 2008. Planung und Adaption. Strategieentwicklung in Regionen, Organisationen und Netzwerken. Dortmund: Rohn.

Wirth, T. von, Fuenfschilling, L., Frantzeskaki, N., Coenen, L., 2019. Impacts of urban living labs on sustainability transitions: mechanisms and strategies for systemic change through experimentation. European Planning Studies, 27(2), 29-257. https://doi.org/10.1080/09654313.2018.1504895

Wirth, T. von, Levin-Keitel, M., 2020. Local sustainability experiments as spatially effective interventions. Theoretical foundations and strategic guidance. GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society, 29(2), 98-105. https://doi.org/10.14512/gaia.29.2.7

Wolfram, M., 2016. Conceptualizing urban transformative capacity: A framework for research and policy. Cities, 51, 121-130. https://doi.org/10.1016/j.cities.2015.11.011

Wolfram, M., 2018. Urban Planning and Transition Management: Rationalities, Instruments and Dialectics. In: Frantzeskaki, N.; Bach, M.; Hölscher K.; Avelino, F. (Eds.): Co-creating Sustainable Urban Futures. Cham: Springer, 103-125. https://doi.org/10.1007/978-3-319-69273-9_5

Wolfram, M., Borgström, S., Farrelly, M., 2019. Urban transformative capacity: From concept to practice. Ambio, 48, 437–448. https://doi.org/10.1007/s13280-019-01169-y

Ziervogel, G., Cowen, A., Ziniades, J., 2016. Moving from Adaptive to Transformative Capacity: Building Foundations for Inclusive, Thriving, and Regenerative Urban Settlements. Sustainability, 8(9): 955. https://doi.org/10.3390/su8090955

## Forschungsbereich "Landschaft, Ökosysteme und Biodiversität" (FB L)
(inklusive der Forschungsgruppe Urbane Mensch-Natur-Resonanz)

ARL – Akademie für Raumentwicklung in der Leibniz Gemeinschaft (Hrsg. 2021): Der Beitrag nachhaltiger Raumentwicklung zur großen Transformation – Impulse für neue Strategien. Hannover. = Positionspapier aus der ARL 121.

Artmann, M., Inostroza, L., Fan, P., 2019. Urban sprawl, compact urban development and green cities. How much do we know, how much do we agree? In: Ecological Indicators, 96, Part 2, 3-9. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.10.059

Artmann, M.; Sartison, K.; Ives, C.-D., 2021. Urban gardening as a means for fostering embodied urban human–food connection? A case study on urban vegetable gardens in Germany. Sustainability Science, 16, 967-981. https://doi.org/10.1007/s11625-021-00911-4

Bauhardt, C., 2016. Ökofeminismus. In: Ott, K., Dierks, J., Voget-Kleschin, L. (Eds.): Handbuch Umweltethik. Stuttgart: J.B. Metzler.

BfN (Bundesamt für Naturschutz), 2020. Rote Liste und Gesamtartenliste der Säugetiere (Mammalia) Deutschlands. Bonn-Bad Godesberg. (= Naturschutz und Biologische Vielfalt, Heft 170 (2)).

Bonn, A., Darbi, M., Kim, H., Marquard, E., 2020. Conservation goals in international policies. In: Sutherland, W.J., Brotherton, P.N.M., Davies, Z.G., Ockendon, N., Petorelli, N., Vickery, J.A., (Eds.): Conservation research, policy and practice. Ecological Reviews. Cambridge: Cambridge University Press, 241-262.

CoE (Council of Europe), 2000. Explanatory report for the European Landscape Convention. Strasbourg.

COM (European Commission), 2020. EU Biodiversity Strategy for 2030 – Bringing nature back into our lives. European Commission. 380 final, Brussels, 20.5.2020.

eu2020.de, 2020. The New Leipzig Charter – The transformative power of cities for the common good.

Grunewald, K., Hartje, V., Meier, S., Sauer, A., Schweppe-Kraft, B., Syrbe, R.-U., Zieschank, R., Ekinci, B., Hirschfeld, J., 2021. National accounting of ecosystem extents and services in Germany: a pilot project. In: La Notte, A., Grammatikopoulou, I., Grunewald, K., Barton, D.N., Ekinci, B. (Eds.): Ecosystem and ecosystem services accounts: time for applications. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 34-48. http://dx.doi.org/10.2760/01033

Hemingway, J.; Mathey, J.; Wirth, P., 2019. Urbane Akupunktur: Ein Ansatz zur städtischen Grünentwicklung? Transforming Cities 3|2019, 76-80.

Hossu, C. A.; Mitincu, C. G.; Artmann, M.; Hersperger, A. M., 2021. Assessing planning implementation using the conformance and performance approach: The case of 'Romania's local environmental action plans. Journal of Environmental Management. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113680

IPBES, 2019. Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. IPBES secretariat, Bonn, Germany.

Ives, C. D., Freeth, R., Fischer, J., 2020. Inside-out sustainability: The neglect of inner worlds. *Ambio*, *49*, 208–217. https://doi.org/10.1007/s13280-019-01187-w

Lintz, G., Wirth, P., 2020. Sanierung alter Industrieregionen in Ostdeutschland. In: Becker, S., Naumann, M. (Hrsg.): Regionalentwicklung in Ostdeutschland. Dynamiken, Perspektiven und der Beitrag der Humangeographie. Berlin: Springer Spektrum, 467-480. http://doi.org/10.1007/978-3-662-60901-9_36

Mathey, J., Arndt, T., Banse, J., Rink, D., 2018. Public perception of spontaneous vegetation on brownfields in urban areas – results from surveys in Dresden and Leipzig (Germany). Urban Forestry & Urban Greening, 29, 384-392. http://dx.doi.org/10.1016/j.ufug.2016.10.007

Mathey, J., Rößler, S., Banse, J., Lehmann, I., Bräuer, A., 2015. Brownfields as an element of green infrastructure for implementing ecosystem services into urban areas. In: Journal of Urban Planning and Development 141(3): A4015001-1. http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000275

Mathey, J., Seiwert, A., Rößler, S., Werner, P., Wieland, J., 2020. Mehr biologische Vielfalt in Städten und Gemeinden – Eine Arbeitshilfe zur Erstellung kommunaler Biodiversitätsstrategien. Radolfzell: DUH.

Muradiana, R., Gómez-Baggethun, E., 2021. Beyond ecosystem services and 'nature's contributions: Is it time to leave utilitarian environmentalism behind? Ecological Economics 185: 107038. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.107038

Rosa, H., 2019. Resonance: A sociology of the relationship to the world. Cambridge, Medford: Polity Press.

Sartison, K., Artmann, M., 2020: Edible cities – An innovative nature-based solution for urban sustainability transformation? An explorative study of urban food production in German cities. Urban Forestry & Urban Greening, 49: 126604. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126604

Steffen, W., Broadgate, W., Deutsch, L., Gaffney O., Ludwig, C., 2015. The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration. The Anthropocene Review, 2(1), 81-98.

Switalski, M., Grêt-Regamey, A., 2020. Operationalising place for land system science. Sustainability Science, 16, 1–11. https://doi.org/10.1007/s11625-020-00827-5

UN (United Nations), 1992: Convention on Biological Diversity (CBD), concluded at Rio de Janeiro on 5 June 1992.

Wamsler, C., Osberg, G., Osika, W., Herndersson, H., Mundaca, L., 2021. Linking internal and external transformation for sustainability and climate action: Towards a new research and policy agenda. Global Environmental Change, 71: 102373. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2021.102373

WBGU, 2020. Landwende im Anthropozän: Von der Konkurrenz zur Integration. https://www.wbgu.de/de/publikationen/publikation/landwende

Wende, W., Walz, U., Stein, C., 2020. Evaluating municipal landscape plans and their influence on selected aspects of landscape development – An empirical study from Germany. Land Use Policy, 99, 104855. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104855

Zhou, B.-B., Wu, J. Anderiesa, J.-M., 2019. Sustainable landscapes and landscape sustainability: A tale of two concepts. Landscape and Urban Planning, 189, 274-284. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2019.05.005

## Forschungsbereich "Gebaute Umwelt – Ressorucen und Umweltrisiken" (FB R)

(inklusive der Forschungsgruppe Anthropogene und Natürliche Ressourcen)

Augiseau, V., Barles, S., 2017. Studying construction materials flows and stock: A review. Resources Conservation and Recycling, 123, 153-164.

Bohensky E., Stone-Jovicich S., Larson S., Marshall N., 2010. Adaptive Capacity in Theory and Reality: Implications for Governance in the Great Barrier Reef Region. In: Armitage D., Plummer R. (Eds.) Adaptive Capacity and Environmental Governance. Springer Series on Environmental Management. Berlin, Heidelberg: Springer, 23-41. https://doi.org/10.1007/978-3-642-12194-4_2

Carra, G., Magdani, N., no date. Circular Business Models for the built Environment. https://www.arup.com/perspectives/publications/research/section/circular-business-models-for-the-built-environment

Coaffee, J., Lee, P., 2016. Urban resilience. Planning for risk, crisis, and uncertainty. Palgrave: London.

EEA and FOEN, 2020. Is Europe living within the limits of our planet? An assessment of 'Europe's environmental footprints in relation to planetary boundaries. Joint EEA/FOEN Report, European Environment Agency.

Elmqvist, T., Andersson, E., Frantzeskaki, N., McPhearson, T., Olsson, P., Gaffney, O., Takeuchi, K., Folke, C., 2019. Sustainability and resilience for transformation in the urban century. Nature sustainability, 2(4), 267-273. https://doi.org/10.1038/s41893-019-0250-1

European Union, 2020: Circular Economy Action Plan – For a cleaner and more competitive Europe. https://ec.europa.eu/environment/strategy/circular-economy-action-plan_de

Göswein, V., Reichmann, J., Habert, G., Pittau, F., 2021. Land availability in Europe for a radical shift toward bio-based construction. Sustainable Cities and Society, 70: 102929. https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102929

Haberl, H., Wiedenhofer, D., Schug, F., Frantz, D., Virág, D., Plutzar, C., Gruhler, K., Lederer, J, Schiller, G., Fishman, T., Lanau, M., Gattringer, A., Kemper, T., Liu, G., Tanikawa, H., van der Linden, S., Hostert, P., 2021. High-Resolution Maps of Material Stocks in Buildings and Infrastructures in Austria and Germany. Environmental Science & Technology 55 (5), 3368–3379. https://doi.org/10.1021/acs.est.0c05642

Hedelin, B., Evers, M., Alkan-Olsson, J., Jonsson, A., 2017. Participatory modelling for sustainable development: Key issues derived from five cases of natural resource and disaster risk management. Environmental Science & Policy. 76, 185-196. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.07.001

Hillier, B., 2008. Space and spatiality: what the built environment needs from social theory. Building research & information, 36(3), 216-230. https://doi.org/10.1080/09613210801928073

Hutter G., Olfert A., Neubert M., Ortlepp R., 2021b. Building Resilience to Natural Hazards at a Local Level in Germany – Research Note on Dealing with Tensions at the Interface of Science and Practice. Sustainability, 13(22): 12459. https://doi.org/10.3390/su132212459

Hutter, Gérard; Neubert, Marco; Ortlepp, Regine (Eds.), 2021a. Building Resilience to Natural Hazards in the Context of Climate Change. Knowledge Integration, Implementation and Learning. Studien zur Resilienzforschung. Wiesbaden: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-33702-5

IPCC, 2021. Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (Eds.), in Press. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge: Cambridge University Press.

IRP, 2020. Hertwich, E., Lifset, R., Pauliuk, S., Heeren, N., 2020. Resource Efficiency and Climate Change: Material Efficiency Strategies for a Low-Carbon Future. A report of the International Resource Panel. United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya. https://doi.org/10.5281/zenodo.3542680

Köhler, J., Geels, F. W., Kern, F., Markard, J., Onsongo, Wieczorek, E., A., Alkemade, F., Avelino, F., Bergek, A., Boons, F., Fünfschilling, L., Hess. , D., Holtz, G., Hyysalo, S., Jenkins, K., Kivimaa, P., Martiskainen, M., McMeekin, A., Mühlemeier, M. S., Nykvist, B., Pel, B., Raven, R., Rohracher, H., Sandén, B., Schot, J., Sovacool, B., Turnheim, B., Welch, D., Wells, P., 2019. An agenda for sustainability transitions research: State of the art and future directions. Environmental Innovation and Societal Transitions, 31, 1-32. https://doi.org/10.1016/j.eist.2019.01.004

Koks, E. E., Thissen, M., Alfieri, L., De Moel, H., Feyen, L., Jongman, B., Aerts, J. C. J. H., 2019. The macroeconomic impacts of future river flooding in Europe. Environmental Research Letters, 14(8): 084042.

Kron, W., Eichner, J., Kundzewicz, Z.W., 2019. Reduction of flood risk in Europe – Reflections from a reinsurance perspective. Journal of Hydrology, 576, 197-209. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.06.050

Lanau, M., Liu, G., 2020. Developing an Urban Resource Cadaster for Circular Economy: A Case of Odense, Denmark. Environmental Science & Technology, 54(7), 4675-4685. https://doi.org/10.1021/acs.est.9b07749

Levin-Keitel, M., Mölders, T., Othengrafen, F., Ibendorf, J., 2018. Sustainability Transitions and the Spatial Interface: Developing Conceptual Perspectives. Sustainability, 10(6): 1880. https://doi.org/10.3390/su10061880

Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pörtner, H.-O., Roberts, D., Skea, J., Shukla, P. R., Pirani, A., Moufouma-Okia, W., Péan, C., Pidcock, R., Connors, S., Matthews, J. B. R., Chen, Y., Zhou, X., Gomis, M. I., Lonnoy, E., Maycock, T., Tignor, M., Waterfield, T. (Eds.), 2018. Global warming of 1.5°C. An IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. World Meteorological Organization: Geneva/Switzerland.

Maus, V., Giljum, S., Gutschlhofer, J. et al., 2020. A global-scale data set of mining areas. Scientific Data, 7: 289. https://doi.org/10.1038/s41597-020-00624-w

Meerow, S., Newell, J.P., Stults, M., 2016. Defining urban resilience: A review. Landscape and Urban Planning 147, 38-49. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.11.011

Mhatre, P., Gedam, V., Unnikrishnan, S., Verma, S., 2020. Circular economy in built environment – Literature review and theory development. Journal of Building Engineering, 35: 101995. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101995

Ortlepp, R., 2021. Resource-saving in buildings through material substitution – a preliminary study of structural dependencies. Civil Engineering Design, 3(1-2), 13-22. https://doi.org/10.1002/cend.202000023

Ortlepp, R., Gruhler, K., Schiller, G., 2016. Material stocks in 'Germany's non-domestic buildings: a new quantification method. Building Research & Information, 44(8), 840-862. http://dx.doi.org/10.1080/09613218.2016.1112096

Ortlepp, R., Gruhler, K., Schiller, G., 2018. Materials in 'Germany's domestic building stock: calculation model and uncertainties. Building Research & Information 46(2), 164-178. http://dx.doi.org/10.1080/09613218.2016.1264121

Ortlepp, R., Rawan, A., 2021b. Sustainable Building Construction: Tension between Material Efficiency and Earthquake Risk. ASCE-ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems, Part A: Civil Engineering, 7(3), https://doi.org/10.1061/AJRUA6.0001144

Ortlepp, R., Schünemann, C., Brzoska, P., Schiela, D., Westermann, J. R., Richter, B., Kunze, S., Sinning, H., 2021a. Building Heat-Resilient Neighborhoods – Testing the Implementation on Buildings and in Open Spaces in Two Sample Quarters Dresden and Erfurt. In: Hutter, Gérard; Neubert, Marco; Ortlepp, Regine (Eds.): Building Resilience to Natural Hazards in the Context of Climate Change. Knowledge Integration, Implementation and Learning. Studien zur Resilienzforschung. Wiesbaden: Springer, 113-156. https://doi.org/10.1007/978-3-658-33702-5_6

Ruangpan, L., Vojinovic, Z., Di Sabatino, S., Leo, L.S., Capobianco, V., Oen, A. M. P., McClain, M.E, Lopez-Gunn, E., 2020. Nature-based solutions for hydro-meteorological risk reduction: a state-of-the-art review of the research area. Natural Hazards and Earth System Sciences, 20, 243-270. https://doi.org/10.5194/nhess-20-243-2020

Ruiz, L. A. L., Ramón, X. R., Domingo, S. G., 2020. The circular economy in the construction and demolition waste sector – a review and an integrative model approach. Journal of Cleaner Production, 248: 119238. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119238

Schiller, G., Lehmann, I., Gruhler, K., Hennersdorf, J., Lützkendorf, T., Mörmann K., Knappe, F., Muchow, N. ,Reinhardt, J., 2021. Kartierung des anthropogenen Lagers IV: Erarbeitung eines Gebäudepass- und Gebäudekatasterkonzepts zur regionalisierten Erfassung des Materialhaushaltes mit dem Ziel der Optimierung des Recyclings. UBA-Texte 00 (submitted and accepted).

Schiller, G., Bimesmeier, T., 2019. Stones sand and clay – raw material availability and building material demand in the Hanoi urban region – and how to deal with them. ICBM 2019 – International Conference on Building Materials, Science and Technology of Building Materials for Sustainable Development. Hanoi, Vietnam, Oct 31st-Nov 02nd 2019. Conference Proceedings Full Papers, 203-213.

Schiller, G., Bimesmeier, T., Anh, P. T. V., 2020. Method for quantifying supply and demand of construction minerals in urban regions – a case study of Hanoi and its hinterland. Sustainability, 12 (11): 4358. https://doi.org/10.3390/su12114358

Schiller, G.; Bimesmeier, T.; Tran, H. T., 2018. Bridging urban rural dichotomy following building material flows of urbanization. In: Proceedings of 12th World Congress of RSAI. Goa, India, May 29 - June 01, 2018, 1596-1602.

Schiller, G., Gruhler, K., Ortlepp, R., 2017. Quantification of anthropogenic metabolism using spatially differentiated continuous MFA. Change and Adaptation in Socio-Ecological Systems, 3(1), 119-132. https://doi.org/10.1515/cass-2017-0011

Schiller, G., Miatto, A., Gruhler, K., Ortlepp, R., Deilmann, C., Tanikawa, H., 2019. Transferability of material composition indicators for residential buildings: A conceptual approach based on a German-Japanese comparison. Journal of Industrial Ecology, 23(4), 796-807. https://doi.org/10.1111/jiec.12817

Schiller, G., Müller, F., Ortlepp, R., 2017. Mapping the anthropogenic stock in Germany: Metabolic evidence for a circular economy. Resources, Conservation and Recycling, 123, 93-107. http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.08.007

Schinke, R., Kaidel, A., Golz, S., Naumann, T., López-Gutiérrez, J.S., Garvin, S., 2016. Analysing the effects of flood-resilience technologies in urban areas using a synthetic model approach. ISPRS International Journal of Geo-Information, 5(11): 202. https://doi.org/10.3390/ijgi5110202

Schünemann, C., Olfert, A., Schiela, D., Gruhler, K.; Ortlepp, R., 2020. Mitigation and adaptation in multifamily housing: overheating and climate justice. Buildings and Cities, 1 (1), 36-55. http://doi.org/10.5334/bc.12

Schünemann, C.; Sidorova, A.; Gkini, C.; Kopainsky, B., 2021. Using system dynamics modelling to analyse the interplay of policies and societal motivation for promoting energetic renovation. In: System Dynamic Society (ed.): Proceedings of the 2021 System Dynamics Conference, Virtually Chicago, USA, July 26-30 2021.

### Forschungsbereich "Raumbezogene Information und Modellierung" (FB M)
(inklusive der Koordination des IÖR-Forschungsdatenzentrums)

Behnisch, M. et al., 2019. Editorial: Urban big data analytics and morphology. Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science, 46(7), 1203-1205. https://doi.org/10.1177/2399808319870016

Behnisch, M., Meinel, G., 2018. Trends in spatial analysis and modelling: Decision-support and planning strategies. Geotechnologies and the Environment, Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-52522-8

Behnisch, M., Kretschmer, O., Meinel, G. (Eds.), 2018. Flächeninanspruchnahme in Deutschland: Auf dem Wege zu einem besseren Verständnis der Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung. Berlin: Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-662-50305-8

Behnisch, M., Krüger, T., Jaeger, J.A.G.: Urban sprawl on the rise: Global hotspots and trends since 1990. (PLOS Sustainability and Transformation, submitted).

Behnisch, M.; Schorcht, M.; Kriewald, S.; Rybski, D., 2019. Settlement percolation: A study of building connectivity and poles of inaccessibility. Landscape and Urban Planning, 191: 103631. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2019.103631

Bernard, L., Mäs, S., Müller, M., Henzen, C., Brauner, J., 2014. Scientific geodata infrastructures: challenges, approaches and directions. International Journal of Digital Earth, 7(7), 613-633. https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17538947.2013.781244

Brand, O., Jagusch, G., Stille, W., 2019. Neuer Archipel oder gemeinsame Verstetigung? Wie Landesinitiativen zum Forschungsdatenmanagement und die Nationale Forschungsdateninfrastruktur (NFDI) verzahnt werden können – und müssen! O-Bib. Das Offene Bibliotheksjournal / Herausgeber VDB, 6(2): 142149. https://doi.org/10.5282/o-bib/2019H2S142-149

Engin, Z., van Dijk, J., Lan, T., Longley, P. A., Treleaven, P., Batty, M., Penn, A., 2020. Data-driven urban management: Mapping the landscape. Journal of Urban Management, 9(2), 140-150. https://doi.org/10.1016/j.jum.2019.12.001

Fuchs, R., Herold, M., Verburg, P.H., and Clevers, J. G.P.W., 2013. A high-resolution and harmonized model approach for reconstructing and analysing historic land changes in Europe. Biogeosciences, 10(3):1543–1559. https://doi.org/10.5194/bg-10-1543-2013

Gray J., Gerlitz C., Bounegru L., 2018. Data infrastructure literacy. Big Data & Society, 5(2). https://doi.org/10.1177/2053951718786316

Haber W., 2007. Energy, Food, and Land – The Ecological Traps of Humankind. Environmental Science and Pollution Research, 14(6), 359–365. https://doi.org/10.1065/espr2007.09.449

Hecht, R., Behnisch, M., Herold, H., 2020. Innovative approaches, tools and visualization techniques for analysing land use structures and dynamics of cities and regions (Editorial). Journal of Geovisualization and Spatial Analysis, 4(2): 19. http://doi.org/10.1007/s41651-020-00060-9

Heink, U., Kowarik, I., 2010. What are indicators? On the definition of indicators in ecology and environmental planning. Ecological Indicators, 10(3), 584-593. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2009.09.009

Henzen, C., Della Chiesa, S., Bernard, L., 2021. Recommendations for Future Data Management Plans in Earth System Sciences. AGILE: GIScience Series, 2, 31. https://doi.org/10.5194/agile-giss-2-31-2021

Herold, H., 2018. Geoinformation from the past – computational retrieval and retrospective monitoring of historical land use. Dissertation. Wiesbaden: Springer Spektrum. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-20570-6

Herold, H., 2021. Big Historical Geodata for Urban and Environmental Research. In: Werner, Martin; Chiang, Yao-Yi (Eds.): Handbook of Big Geospatial Data. Cham: Springer, 475-486. https://doi.org/10.1007/978-3-030-55462-0_18

Jehling, M., Hecht, R., 2021. Do land policies make a difference? A data driven approach to trace effects on urban form in France and Germany. Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science. https://doi.org/10.1177/2399808321995818

Jehling, M., Krehl, A., Krüger, T., 2021. The more the merrier? Questioning the role of new commercial and industrial locations for employment growth in German city regions. Land Use Policy, 109: 105653. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105653

Krüger, T., Meinel, G., Schumacher, U., 2013. Land-use monitoring by topographic data analysis. Cartography and Geographic Information Science, 40(3), 220–228. https://doi.org/10.1080/15230406.2013.809232

Lee, J.G., Kang M., 2015. Geospatial big data: challenges and opportunities. Big Data Research, 2(2), 74–81. https://doi.org/10.1016/j.bdr.2015.01.003

Leyk, S., Uhl, J., 2018. HISDAC-US, historical settlement data compilation for the conterminous United States over 200 years. Scientific Data, 5: 180175. https://doi.org/10.1038/sdata.2018.175

MacEachren A.M, Robinson A., Hopper S., Gardner S., Murray R., Gahegan M., Hetzler E., 2005. Visualizing Geospatial Information Uncertainty: What We Know and What We Need to Know. Cartography and Geographic Information Science, 32(3), 139–160. https://doi.org/10.1559/1523040054738936

Meadows, D., 1999. Leverage points: Places to intervene in a system. Hartland: The Sustainability Institute.

Meinel, G., Sikder, S., Krüger, T., 2021. IOER Monitor: A Spatio-Temporal Research Data Infrastructure on Settlement and Open Space Development in Germany. Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik. https://doi.org/10.1515/jbnst-2021-0009.

Miller, H. J., Goodchild, M.F., 2015. Data-driven geography. GeoJournal, 80(4), 449-461. https://doi.org/10.1007/s10708-014-9602-6

Nass, A. et al., 2021. Facilitating reuse of planetary spatial research data – Conceptualizing an open map repository as part of a Planetary Research Data Infrastructure. Planetary and Space Science, 204: 105269. https://doi.org/10.1016/j.pss.2021.105269

Rindfuss, R.R., Walsh, S.J., Turner, B.L., Fox, J., Mishra, V., 2004. Developing a science of land change: challenges and methodological issues. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 101(39):13976–81.

Robinson, A., Demšar, U., Moore, A.B., Buckley, A., Jiang, B., Field, K., Kraak, M.-J., Camboim S.P., Sluter, C.R., 2017. Geospatial big data and cartography: research challenges and opportunities for making maps that matter. International Journal of Cartography, 3(1), 32-60, https://doi.org/10.1080/23729333.2016.1278151

Scholz, R.W., Steiner, G., 2015. The real type and ideal type of transdisciplinary processes: part I – theoretical foundations. Sustainability Science, 10, 527–544, https://doi.org/10.1007/s11625-015-0326-4

Taylor D.R.F., 2005, Cybercartography: Theory and practice. London: Elsevier.

Tolk, A., Harper, A., Mustafee, N., 2021. Hybrid models as transdisciplinary research enablers. European Journal of Operational Research, 291(3), 1075-1090. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2020.10.010

Turner, B.L., Lambin, E.F., Reenberg, A., 2007. The emergence of land change science for global environmental change and sustainability. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 104(52), 20666-20671. https://doi.org/10.1073/pnas.0704119104

Turnhout, E., Hisschemöller, M., Eijsackers, H., 2007. Ecological indicators: Between the two fires of science and policy. Ecological Indicators 7(2), 215-228. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2005.12.003

Verburg, P. H., Schot, P. P., Dijst, M. J., Veldkamp, a., 2004. Land use change modelling: current practice and research priorities. GeoJournal, 61(4), 309–324. https://doi.org/10.1007/s10708-004-4946-y

WBGU, 2020. Landwende im Anthropozän: Von der Konkurrenz zur Integration, https://www.wbgu.de/de/publikationen/publikation/landwende

## Knowledge Integration Hub (KIH)

Berggren, C., Bergek, A., Bengtsson, L., Hobday, M., Söderlund, J. (Eds.), 2011. Knowledge integration and innovation. Oxford, United Kingdom: Oxford University Press.

Eräranta, S., Mladenović, M.N., 2021. Networked dynamics of knowledge integration in strategic spatial planning processes: a social network approach. Regional Studies, 55(5), 870-882. https://doi.org/10.1080/00343404.2020.1739637

Fang X., Zhou B., Tu X., Ma Q., Wu J., 2018. "What Kind of a Science is Sustainability Science?" An Evidence-Based Reexamination. Sustainability, 10(5): 1478. https://doi.org/10.3390/su10051478

Levin-Keitel M., Mölders T., Othengrafen F., Ibendorf J., 2018. Sustainability Transitions and the Spatial Interface: Developing Conceptual Perspectives. Sustainability, 10(6): 1880. https://doi.org/10.3390/su10061880

Müller A., Avellan T., Schanze J., 2020. Risk and sustainability assessment framework for decision support in 'water scarcity – water reuse' situations. Journal of Hydrology, 591: 125424. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125424

Müller, A., Avellan, T., Schanze, J., 2021. Translating the 'water scarcity – water reuse' situation into an information system for decision-making. Sustainability Science. (accepted)

Nagy, E., Ransiek, A., Schäfer, M., Lux, A., Bergmann, M., Jahn, T., Marg, O., Theiler, L., 2019. Transfer as a reciprocal process: How to foster receptivity to results of transdisciplinary research. Environmental Science and Policy, 104, 148–160. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2019.11.007

Schanze J., Müller A., Esswein W., Kosmol L., Mensing-de Jong A., Otto L., forthcoming. City as system – A systematic literature review. Journal Environment Systems and Decisions.

Schanze, J., Müller, A., Esswein, W., Kosmol, L., Mensing-de Jong, A., Otto, L., forthcoming. City as system – A systematic literature review. Environmental Systems & Decisions.

Tretter, F., Simon K.-H., 2018. About Knowledge Integration from a Human Ecological Perspective. Report of the Annual Conference 2018 of the German Society for Human Ecology. GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society, 27(2), 260–261. https://doi.org/10.14512/gaia.27.2.18

Zhou W., Pickett S.T.A., McPhearson T., 2021. Conceptual frameworks facilitate integration for transdisciplinary urban science. npj Urban Sustainability 1: 1. https://doi.org/10.1038/s42949-020-00011-9