

KLIMUR: Methodik für ein klimaresilientes urbanes Ressourcenmanagement zur Umsetzung einer lokalen Ressourcenkreislaufwirtschaft

Ernst Gebetsroither-Geringer, Roman Löffler, Stefan Geier, Theresa Fink, Maria Wirth, Tamara Vobruba, Daniel Podmirsek, Andreas Gugumuck, Martin Jung

(Dr. Ernst Gebetsroither-Geringer, AIT Austrian Institute of Technology, ernst.gebetsroither@ait.ac.at)
(DI Roman Löffler, Universität für Bodenkultur Wien, roman.loeffler@boku.ac.at)
(DI Stefan Geier, Universität für Bodenkultur Wien, stefan.geier@boku.ac.at)
(Theresa Fink MSc, AIT Austrian Institute of Technology, theresa.fink@ait.ac.at)
(Maria Wirth MSc, alchemia-nova GmbH, maria.wirth@alchemia-nova.net)
(Tamara Vobruba MSc, alchemia-nova GmbH, tamara.vobruba@alchemia-nova.net)
(Dr. Daniel Podmirsek, vertical farm institute, podmirsek@verticalfarminstitute.com)
(Mag. Andreas Gugumuck, Zukunftshof eG, gugumuck@zukunftshof.at)
(Mag. Martin Jung, AIT Austrian Institute of Technology, martin.jung@ait.ac.at)
(Helen Dolinsek BSc, alchemia-nova GmbH, helen.dolinsek@alchemia-nova.net)

1 ABSTRACT

KLIMUR leistet einen Beitrag zur Entwicklung resilienter klimaneutraler Stadtteile mit hoher Ressourcen- und Energieeffizienz, verstärkter Nutzung erneuerbarer Energieträger, sowie hoher Lebensqualität. Weiters wird zur Optimierung und Anpassung der städtischen Infrastruktur und des Dienstleistungsangebots beigetragen. Der hohe Ressourcenverbrauch des derzeitig vorherrschenden linearen Produktions- und Nutzungssystems stellt eine wesentliche Barriere für eine nachhaltige Entwicklung dar.

Für das Fallbeispiel Zukunftshof (ZKH) werden die Möglichkeiten ausgelotet, wie aus einem alten Gutshof ein Vorzeigeprojekt für innovative urbane Landwirtschaft und klimaresiliente Stadtentwicklung werden kann. Der Zukunftshof soll der Startpunkt für ein nachhaltiges Energie- und Ressourcenkreislaufsystem im Wiener Stadtentwicklungsgebiet Rothneusiedl werden.

KLIMUR entwickelt dazu die Methodik und Instrumente, um die Planungs- und Entscheidungsprozesse für die Realisierung lokaler Ressourcenkreislaufwirtschaft (Energie, Lebensmittel, Wasser) und integrierter Stadtteil-Energiekonzepte zu begleiten. Für das Fallbeispiel Zukunftshof werden neben den Energieflüssen (Wärme, Kälte und Strom) auch Ressourcenströme (Biomasse, Nährstoffe und Wasser) ermittelt, analysiert und simuliert.

Die dabei verwendeten multikriteriellen Analysemodelle für die Simulation und Bewertung lassen Einschätzungen hinsichtlich ökologischer und energetischer Indikatoren zu und berücksichtigen wirtschaftliche Rahmenbedingungen der Realisierungsvarianten. Ebenso lassen sich aus der zeitlich und räumlich hoch aufgelösten Simulation auch Empfehlungen hinsichtlich organisatorischer Optimierungen (z.B.: abgestimmte Produktions- und Öffnungszeiten) als auch baulicher und infrastruktureller Anforderungen zur Unterstützung eines umfassenden lokalen Kreislaufwirtschaftssystems, ableiten.

Dabei werden die teils in Konflikt stehenden Ziele dargestellt und in den Planungs- und Abstimmungsprozess mit den Stakeholderinnen und Stakeholdern diskutiert. Daraus werden mögliche Entwicklungsszenarien im Quartiersmaßstab für das Demonstrationsprojekt Zukunftshof sowie für den Stadtteil Rothneusiedl abgeleitet.

Das Paper präsentiert die entwickelte Methodik und Instrumente, um die Planungs- und Entscheidungsprozesse für die Realisierung lokaler Ressourcenkreislaufwirtschaft (Energie, Lebensmittel, Wasser) und integrierter Stadtteil-Energiekonzepte zu begleiten (Stadt Wien, 2019).

Keywords: Klimawandelanpassung, Ressourcenmanagement, Stadtplanung, Kreislaufwirtschaft, Urban Farming

2 EINLEITUNG

Der Klimawandel und die damit verbundenen Folgen stellen eine der größten globalen Herausforderungen unserer Zeit dar (IPCC, 2018). Vor diesem Hintergrund kommt gerade Städten eine besondere Bedeutung zu. Einerseits sind sie für etwa drei Viertel des weltweiten Energieverbrauchs und der damit verbundenen Treibhausgasemissionen verantwortlich (Gouldson et al., 2015) und damit ein wesentlicher Hebel zur Minderung des Klimawandels. Andererseits sind Städte aufgrund ihrer hohen Siedlungsdichte besonders anfällig für Auswirkungen des Klimawandels wie Hitzestress (Chapman et al., 2017) und

Starkregenereignisse (Arnbjerg et al., 2013) und bedürfen daher umfassender Strategien zur Klimawandelanpassung.

Während in den letzten Jahrzehnten auf dem Gebiet der Steigerung der Energieeffizienz und der Integration erneuerbarer Energiequellen im Hinblick auf die Minderung des Klimawandels große Fortschritte erzielt wurden (Economidou et al., 2020), stecken Aspekte der Anpassung an den Klimawandel in Großstädten noch in den Kinderschuhen (Araos et al., 2016). Ausgehend von einer kombinierten Betrachtung der Aspekte Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel gewinnt der Übergang von einem linearen „take-make-dispose“-Ansatz zu einem Kreislaufmodell oder einer Kreislaufwirtschaft zunehmend an Bedeutung (Prendeville et al., 2018). Auf der Ebene von Produkten und Unternehmen ist dieser Ansatz bereits weitgehend etabliert (Bakker et al., 2014). In größerem Maßstab, z. B. auf der Ebene von Stadtteilen, werden Synergien, die sich aus einer ganzheitlichen Betrachtung der Ressourcenströme (Energie, Wasser, Lebensmittel, Materialien, Abfälle) und dem Einsatz von naturbasierten Lösungen ergeben können, bisher jedoch nicht ausreichend berücksichtigt (Stefanakakis et al., 2021). Dadurch bleiben die vorhandenen Potentiale (Seto et al., 2010), insbesondere in städtischen Ballungsräumen, zur Valorisierung von Ressourcen wie Biomasse oder Abwasser durch Schließung von Kreisläufen anstelle einer energieintensiven zentralen Behandlung, weitgehend ungenutzt.

Ein Grund für die zögerliche Umsetzung von Maßnahmen zur Etablierung oder Stärkung der Kreislaufwirtschaft auf Stadtebene ist der Mangel an validierten Leitlinien und erprobten Methoden. In diesem Bereich gibt es grundlegende Forschungslücken, die von der Erhebung des Kreislaufpotentials einer Region bis hin zu etwaigen Managementaspekten reichen (Levoso et al., 2020). Darüber hinaus besteht das Problem, dass es bisher keine Planungs- und Simulationswerkzeuge gibt, die die komplexen Wechselwirkungen der Kreislaufwirtschaft auf Stadt- oder Stadtebene abbilden können.

In den letzten Jahren hat die fortschreitende Anwendung von computergestützten Entwurfssystemen in städtebaulichen Entwurfspraktiken eine noch nie dagewesene und ganzheitliche Erkundung eines physischen Raums ermöglicht. Eine neue Art der digitalen Modellierung revolutioniert den Planungsprozess und die Methode, wie städtische Umgebungen entworfen werden können. Entgegen dem konventionellen Zugang, einzelne Entwurfslösungen zu erarbeiten, ist ein parametrisches Modell in der Lage unzählige Entwurfsiterationen zu erzeugen, die jederzeit bedarfsorientiert geändert, untersucht und bewertet werden können. Dadurch können eine hohe Transparenz und Zeitersparnis von Planungsprozessen und nutzerorientierte Ergebnisse in Szenarien entwickelt werden (Fink, 2018; Koenig et al., 2020)

Vor diesem Hintergrund ist es das Ziel des Sondierungsprojektes KLIMUR¹, das in diesem Artikel vorgestellt wird, eine Methode für eine Transformation der derzeit vorherrschenden linearen Produktions- und Nutzungskonzepte in eine Kreislaufwirtschaft mit kombinierten Rollen (z.B. Konsument ist auch Produzent ist auch Verteiler) zu entwickeln (siehe Abbildung 1). Der Zukunftshof als Fallbeispiel und das daran angrenzende neu entstehende Stadtentwicklungsgebiet Rothneusiedl bieten aufgrund der unterschiedlichen Nutzungen und Rollen, sowie der technischen und räumlichen Möglichkeiten, eine ideale Grundlage, um eine Methode für eine umfassende Ressourcenkreislaufwirtschaft mit Hilfe von parametrischen Modellen zu entwerfen und zu testen.



Abb. 1: Übergang vom linearen zum Distributed-Prosumer-Ansatz für Ressourcenmanagement © KLIMUR

¹ <https://www.ait.ac.at/themen/drc/projects/klimur> getestet am 26.09.2022

3 METHODENENTWICKLUNG

Um ein umfassendes Ressourcenmanagement im Sinne einer Kreislaufwirtschaft für einen ganzen Stadtteil aufzubauen, ist es notwendig die unterschiedlichen Arbeitsmethoden und Tools des interdisziplinären Projektteams in ein gemeinsames Framework zu integrieren.

Ein wichtiger Teil der Methodenentwicklung war es einen Untersuchungsraaster für die räumliche Zuordnung der Nutzungen zu den Ebenen und den Schnittstellen sowie Systemgrenzen zu erarbeiten (siehe Abbildung 2). Der Raster ist hierarchisch aufgebaut und umfasst die einzelnen Nutzungen bzw. Produktionseinheiten des Zukunftshofes und im Stadtentwicklungsgebiet Rothneusiedl. Durch die hierarchische Gliederung können die unterschiedlichen Energie- und Ressourcenströme auf den dazugehörigen Ebenen analysiert und optimiert werden. Auf Basis einer zeitlichen Auflösung (je nach Verfügbarkeit) können die Wechselwirkungen zwischen den Nutzungen und Ebenen betrachtet werden. Alle zur Verfügung stehenden Daten wie z.B. detaillierte Lastprofile, Simulationsergebnisse oder statistische Daten werden den Nutzungen zugeordnet und auf die jeweilige verfügbare zeitliche Auflösung normiert. Dadurch können infrastrukturelle Bedarfe wie z.B. Speichergröße, etc. abgeschätzt, aber auch die Basis für Diskussionen zu Produktions- und Nutzungszeiten etabliert werden.

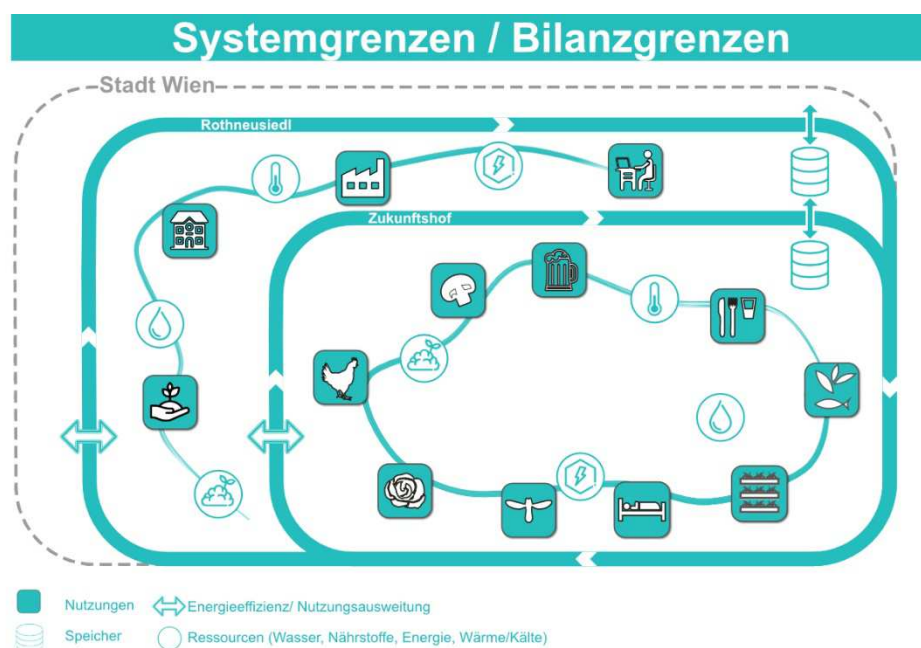


Abb.2: Darstellung der System- und Bilanzgrenzen © KLIMUR

Dieser räumliche und zeitliche Untersuchungsraaster dient auch dazu die unterschiedlichen Methoden und Werkzeuge der einzelnen Disziplinen zusammen zu führen. Der Raster bietet auch ein Gerüst, um Änderungen oder Erweiterungen der Nutzungen nachträglich integrieren zu können.

3.1 Methodenüberblick

Die in KLIMUR entwickelte Methode ist im Gedanken der Kreislaufwirtschaft in einem interaktiven Prozess aufgebaut. Um die Erkenntnisse aus den Simulationen mit den Zielvorgaben zu kombinieren, benötigt es ein kontinuierliches Qualitätsmanagement (Adaptive Management) und ganzheitliche Sicht auf das System von der Planungsphase angefangen, während der Umsetzung und im Betrieb. Die Veränderungen der äußeren Rahmenbedingungen (z.B. demografische Entwicklung, Wirtschaft, Energiepreise) müssen laufend in den Planungs- und Betriebsprozessen reflektiert werden. Die Entwicklung von Zukunftsszenarien soll dabei unterstützen, auf potentielle Wirkungen frühzeitig reagieren und das Quartier resilient zu gestalten. Die Synthese aus den Zielwerten und Rahmenbedingungen ist ein essentieller Schritt um die Entwicklungsszenarien daran zu orientieren. Die Entwicklungsszenarien (für Rothneusiedl und den ZKH) werden in weiterer Folge simuliert und auf deren Impact analysiert, um eine laufende Evaluierung und positive Wechselwirkungen zu gewährleisten. Die Schnittstellen zwischen den Entwicklungsszenarien und der Simulation wurden im Detail ausformuliert, um aussagekräftige Indikatoren für die Optimierung von Ressourcenströmen zu erreichen. Der laufende Diskurs des interdisziplinären Projektteams und die

Einbindung von Stakeholderinnen und Stakeholdern (z.B. Stadt Wien, Genossenschaft – Produzentinnen und Produzentinnen) bedarf einer koordinierten Abstimmung und klar definierten Prozessen. Um ein transparentes Bild der Analyseergebnisse für alle Beteiligten zu generieren, werden interaktive 3D Modelle sowie Flussdiagramme unter Einsatz der Toolbox des KLIMUR Projektes erstellt (siehe dazu die Prozessbeschreibung in Abbildung 3).

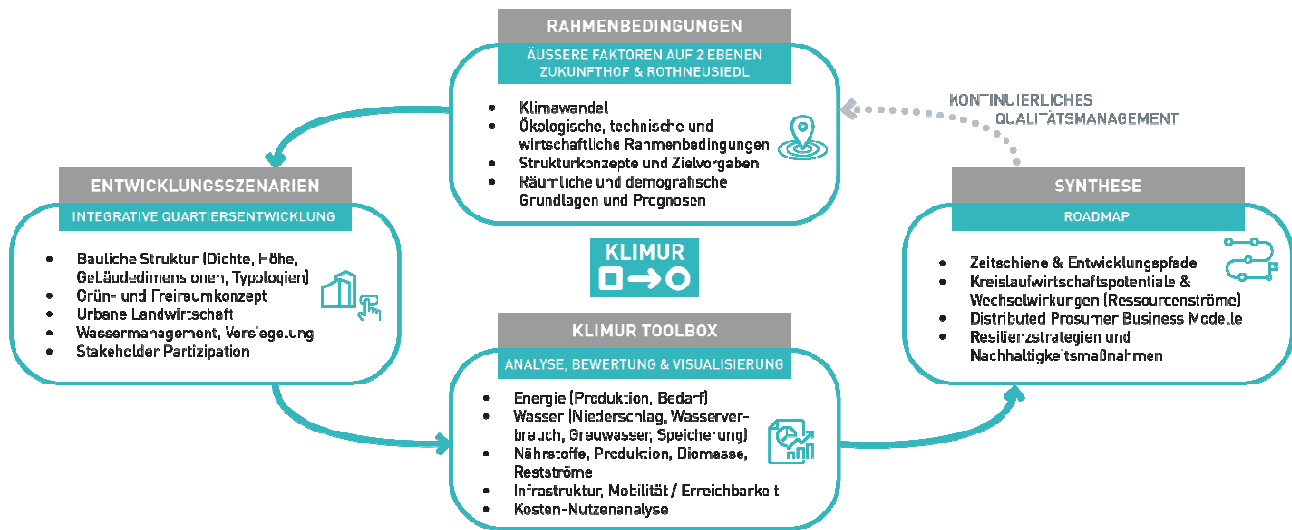


Abb. 3: KLIMUR-Framework-Übersicht (© KLIMUR)

Das Objekt der Untersuchung von KLIMUR bzw. deren Ableitungen auf dessen Skalierungspotential für das Stadtentwicklungsgebiet Rothneusiedl ist der Zukunftshof im Süden von Wien. Die Grundlage für die Entwicklung einer geeigneten Methode ist die Erhebung und Analyse der für das Untersuchungsgebiet relevanten Daten und Rahmenbedingungen.

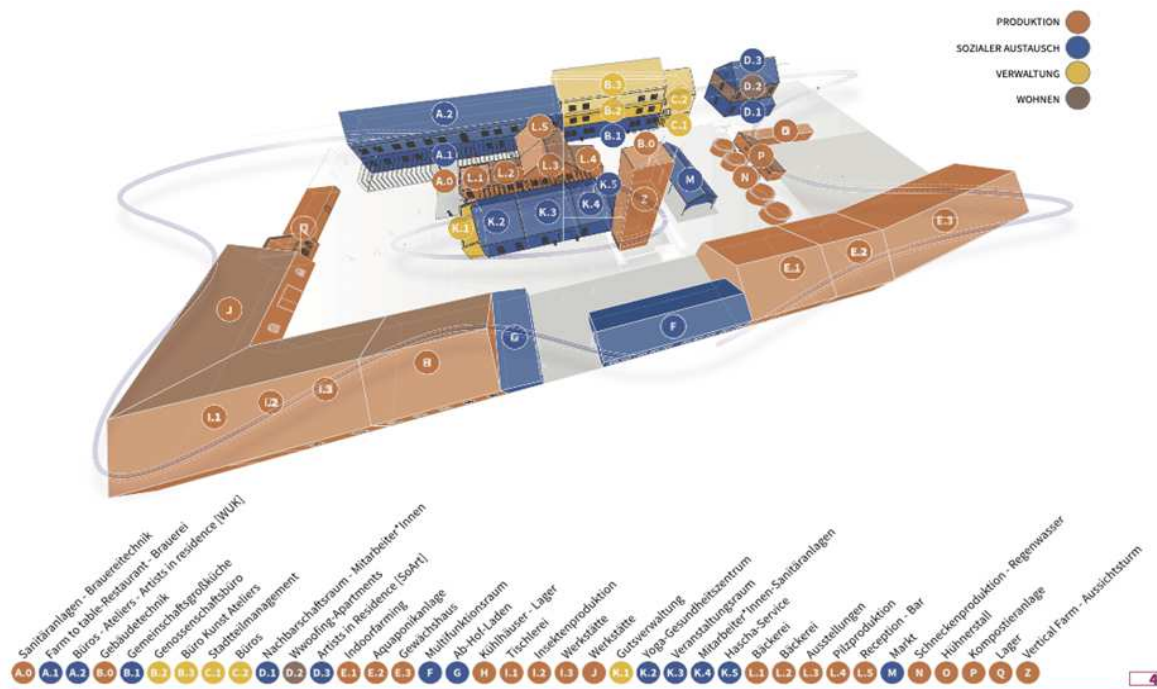


Abb. 4: Nutzungskonzept der Räumlichkeiten des Zukunftshofes (Quelle: Zukunftshof , ©Zukunftshof eG

3.2 Zukunftshof

Der Zukunftshof, welcher im Eigentum des wohnfonds_wien² steht, ist ein Projekt zur Neubelebung des ehemaligen Haschahofs, dem letzten Gutshof in Wien. Das Funktions- und Raumprogramm des Zukunftshofes setzt dabei auf die Verdichtung und Vertikalisierung urbaner Lebensmittelproduktion. Ziel ist

² <https://www.wohnfonds.wien.at/>

es, auf 10.000 m² Grundfläche sowie 7.400 m² Bruttogeschoßfläche etablierte und zukunftsweisende Lebensmittelproduktionsweisen zu integrieren, um neben einem genossenschaftlichen shared-facility Prinzip die Wirtschaftlichkeit urbaner Lebensmittelproduktion darzustellen und weiter zu entwickeln, sowie Skalierungspotentiale aus der Praxis für künftige Stadtentwicklungsgebiete ableiten zu können - urban farming als Teil nachhaltiger urbaner Lebens- und Wirtschaftsräume (KLIMAFONDS, 2020).

Die Abbildung 4 zeigt die geplante räumliche Verteilung der verschiedenen Funktionen des Zukunftshofs, unterteilt in Produktion, sozialen Austausch, Verwaltung und Wohnen.

3.2.1 Analyse der lokalen Ressourcenströme

Zur Erhebung der Ressourcenströme wurden aufbauend auf dem Nutzungskonzept des Zukunftshofes die wesentlichen Stoffströme, wie Abwasserproduktion, Wasserbedarf, organischer Abfall aus Gastronomie und Landwirtschaft, sowie landwirtschaftliche Produkte und Nährstoffe erfasst. Neben den personenbezogenen Stoffströmen (z.B. Abwasseranfall), welche aus der Nutzung der Gastronomie-, Veranstaltungs- und Büroräumlichkeiten resultieren, sind vor allem die landwirtschaftlichen Produktionsstätten und Lebensmittelverarbeitungsanlagen von besonderem Interesse. Die Wasserströme sind in Abbildung 5 exemplarisch dargestellt. Die identifizierten Stoffströme (Wasser, Nährstoffe und Biomasse) bilden die Basis für die Erstellung und Optimierung potentieller Entwicklungsszenarien zur Schliessung der Wasser und Nährstoffkreisläufe. So kann z.B. mittels einer Pflanzenkläranlage (constructed wetland in Abbildung 5) Abwasser aufbereitet werden, um es wieder in der Landwirtschaft einsetzen zu können (siehe Abbildung 5 Fluss von constructed wetland zu Urban farming). Dabei werden die Ressourcenströme für jedes Monat getrennt berechnet um den Wasserbedarf und die Abwasserproduktion monatlich bilanzieren zu können.

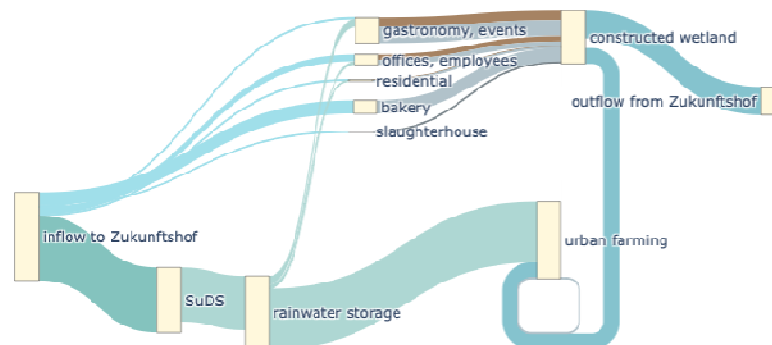


Abb. 5: Wasserstrom am Zukunftshof (© KLIMUR)

3.2.2 Szenariientwicklung für den Zukunftshof

Um einen Rahmen und eine Zielmatrix für die Auswertungen der Parameter aufbauen zu können, wurden unterschiedliche qualitative Szenarien erarbeitet und ausformuliert. Die drei Szenarien sind so gewählt, dass diese aufeinander aufbauend angewendet und erweitert werden können. Sie bieten so die Grundlage für die Umsetzung unterschiedlich intensiver Produktionsprozesse und Ressourcennutzungen, je nach bestehenden finanziellen Rahmenbedingungen und angepasst an die Umsetzungsphasen des neuen Stadtteils.

Szenario 1: Low-tech Lösungen und Fokus auf Regenwassermanagement

Der Fokus im Szenario 1 liegt auf kosteneffizienten und einfachen Lösungen, die wenig technischen Umbau bzw. Aufwand erfordern. Es soll das Regenwassermanagement optimiert werden, um einen möglichst hohen Anteil des Brauchwasserbedarfs am Zukunftshof zu decken. Zur Nährstoffrückgewinnung sollen organische Abfälle kompostiert werden, um einen Anteil des Nährstoffbedarfs in der lokalen Landwirtschaft zu decken.

Szenario 2: Bedarfsdeckung für lokale Lebensmittelproduktion am ZKH

Durch naturbasierte und kreislauffähige Lösungen soll der Wasser- und Nährstoffbedarf gänzlich gedeckt werden. Es werden einfache und kostengünstige Lösungen bevorzugt. Potentielle Überschüsse können in der umliegenden Landwirtschaft zur Bewässerung und Düngung verwendet werden.

Szenario 3: Maximierung der Ressourcenrückgewinnung

Hier soll das volle Potential zur dezentralen Wasser- und Nährstoffrückgewinnung ausgeschöpft werden, indem alle anfallenden organischen Abfälle und das gesamte Abwasser rückgeführt werden. Dabei werden naturbasierte kreislauffähige Lösungen erarbeitet, die den Wasser- und Nährstoffbedarf am Zukunftshof gänzlich decken. Etwaige Überschüsse sollen zur Erweiterung der Anbauflächen bzw. der Bewässerung und Düngung der umliegenden Landwirtschaft verwendet werden.

3.3 Einbettung bzw. Wechselwirkungen in die Region Rothneusiedl

Das Stadtentwicklungsgebiet Rothneusiedl umfasst eine ca. 124 ha große Fläche im Süden des 10. Wiener Gemeindebezirks direkt an der Grenze zu Niederösterreich. Die Grenzen des Gebiets stellen dabei die Rosiwalgasse im Norden, die Himbergerstraße im Osten, die Schnellstraße S1 im Süden und das Güterzentrum Wien Süd im Westen dar (Abbildung 6). Das Areal ist, mit Ausnahme von Teilen des ebenfalls im Stadtentwicklungsgebiets befindlichen Zukunftshofs, derzeit ausschließlich agrarisch genutzt.



Abb. 6: Abgrenzung des Stadtentwicklungsgebietes Rothneusiedl (Quelle: basemap.at, MA 21 A © eigene Darstellung KLIMUR)

Im Zuge eines dialogorientierten Planungsprozesses wurden seit 2019 in einer Reihe von Workshops unter breiter Beteiligung von Bürgerinnen, Bürgern, Stakeholderinnen und Stakeholdern konkrete qualitativ und quantitativ formulierte Ziele für die zukünftige Stadtentwicklung in Rothneusiedl definiert und in der „Charta Rothneusiedl“ (Stadt Wien, 2021a) dokumentiert. Die Charta Rothneusiedl soll den neuen Stadtteil zu einem Modellprojekt für eine auf die Anpassung an den Klimawandel und den Klimaschutz ausgerichtete Stadtentwicklung machen. Zu diesem Zweck formuliert sie in neun verschiedenen Themenfeldern Anforderungen für eine klimafreundliche Entwicklung. Die Zielsetzungen umfassen Siedlungsentwicklung, Mobilität, Grün- und Freiflächen sowie die Versorgung mit Infrastruktur mit besonderem Fokus auf Klimawandelanpassung und Klimaschutz. Aus diesen Rahmenbedingungen wurden für die Methodenentwicklung die wesentlichen quantitativen und qualitativen Vorgaben aus dem Planungsprozess für das Stadtentwicklungskonzept Rothneusiedl (Stadt Wien, 2021b) berücksichtigt.

Quantitative Zielsetzungen:

Die nachfolgend dargelegten städtebaulichen Größenangaben wurden im Strukturkonzept Rothneusiedl als Mindestwerte definiert und beziehen sich auf einen angenommenen Bedarf, der von insgesamt 10.000 Wohneinheiten ausgeht. Demzufolge entfallen von den 124 ha, die das Gebiet des Stadtentwicklungsgebiets

Rothneusiedl aufweist, 60 % auf Nettobauland, 20 % auf Grünflächen, 16 % auf Erschließungsflächen und 4 % auf Sondernutzungen, wie die U-Bahn oder der Zukunftshof.

Qualitative Zielsetzungen:

Die qualitativen Zielsetzungen für das Stadtentwicklungsgebiet beinhalten u.a. die folgenden Schwerpunkte:

Lokale Prägung

Die „Charta Rothneusiedl“ beschreibt als Voraussetzung für die Entwicklung eines zukünftigen Stadtquartiers die Anknüpfung an den für das Stadtgebiet typischen landwirtschaftlichen Nutzungskontext, sowie die Erhaltung von Bezügen zur dominanten Kulturlandschaft.

Grün und Freiraum

Bei der Planung von Rothneusiedl als Modellstadtteil für Klimaschutz und Klimawandelanpassung ist die Freiraumgestaltung von zentraler Bedeutung. Die Zielsetzungen sollen dazu beitragen, dass klimawirksame Grün- und Freiräume den Quartierscharakter bestimmen.

Regenwassermanagement

Als Modellstadtteil für Klimaschutz und Klimawandelanpassung setzt die „Charta Rothneusiedl“ auf ein Konzept zur wassersensiblen und wärmeangepassten Entwicklung, bei dem die Nutzung der Ressource Wasser zur Kühlung eine wesentliche Rolle spielt.

- Entwässerung als quartiersbezogenes Handlungsfeld.
- Entwässerungsstrategie als ganzheitlicher Ansatz nach dem „Schwammstadt-Prinzip“ – rückhalten, speichern, verdunsten, kühlen.

3.3.1 Analyse der Rahmenbedingungen und Szenarien für Rothneusiedl

Um einen Referenzrahmen für die Bewertung unterschiedlicher städtebaulicher Konfigurationen und deren Auswirkungen auf die Voraussetzungen für Kreislaufwirtschaft am Zukunftshof und im Stadtteil Rothneusiedl zu haben, wurde in einem ersten Arbeitsschritt eine Basisvariante erstellt, die auf den quantitativen Zielen für Rothneusiedl basiert. Anschließend wurde die Variante als dreidimensionales Modell mit Rhino3D umgesetzt und anschließend hinsichtlich Nutzenergiebedarf und Solarpotential bewertet. Die Bewertung der energetischen Performance der Gebäude auf Ebene des neuen Stadtentwicklungsgebiets Rothneusiedl erfolgt mittels einer „bottom-up“ Methode, basierend auf der Simulation des Energiebedarfs auf Grundlage der physikalischen Eigenschaften der zu bewertenden Gebäude. Für die Bewertungen hinsichtlich Heiz- und Kühlenergiebedarfs, Beleuchtungsenergiebedarfs, Warmwasserwärmbedarfs sowie Strombedarfs wird EnergyPlus verwendet (Custódio et al., 2022).

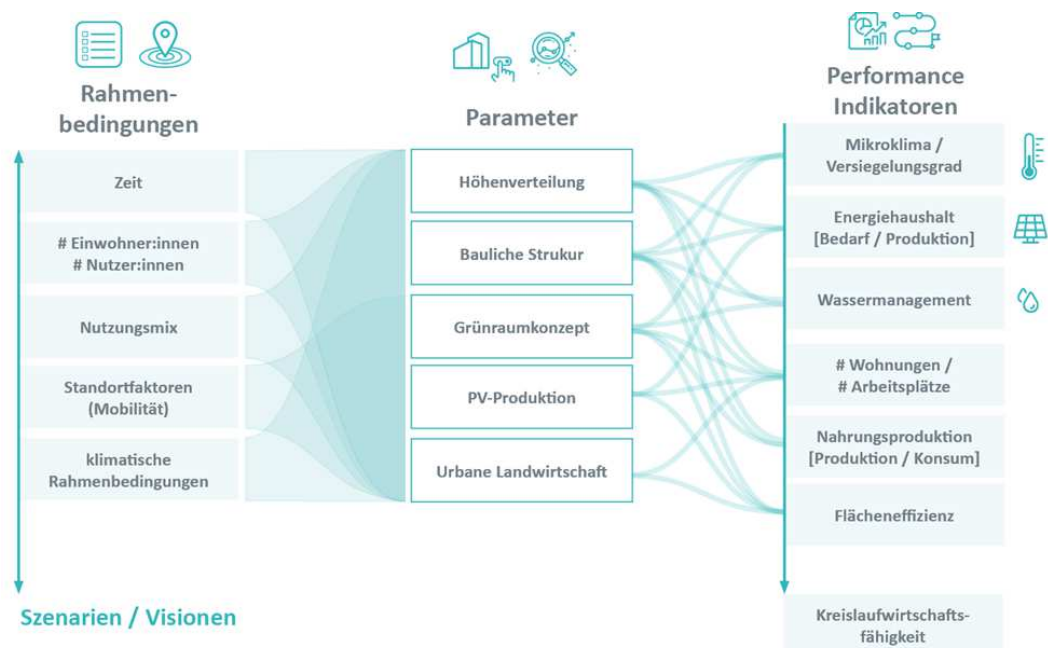


Abb. 7: Workflow für die Analyse der Entwicklungsszenarien © KLIMUR

Das beispielhaft erzeugte Gebäude- und Flächengerüst dient auch dazu wesentliche städtebauliche Kennwerte wie Versiegelungsgrad, Grün- und Freiflächenanteile und Baumassenverteilung zu berechnen. Des Weiteren können auf dieser Basis Regenwasserabfluss-, Wind- und Mikroklimasimulationen durchgeführt werden (siehe Abbildung 7).

3.4 Sonstige Rahmenbedingungen (wirtschaftlich und raumzeitlich)

Zur Analyse des Kreislaufwirtschaftssystems für den Zukunftshof in Wechselwirkung mit dem Stadtentwicklungsgebiet Rothneusiedl muss eine nachvollziehbare ganzheitliche Planung unter Einbeziehung der Faktoren (Energie, Ökonomie, Biomasse, Wasser) erfolgen. Die Bewertung hinsichtlich ökologischer und energetischer Indikatoren wird basierend auf den wirtschaftlichen Rahmenbedingungen und Auswirkungen für den Zukunftshof durchgeführt. Unter Einsatz multikriterieller Modelle können viele Aspekte gleichzeitig miteinbezogen werden (z.B. Herstellungskosten, Betriebskosten, Erträge). Daher werden für die einzelnen Realisierungsvarianten Annahmen aufgrund aktueller Zahlen getroffen, jedoch besteht die Möglichkeit auf äußere Veränderungen zu reagieren und diese Simulationen rasch anzupassen. Aufbauend auf zeitlich und räumlich hoch aufgelösten Simulationen können Optimierungen hinsichtlich der Planung- und Quartiersentwicklung als auch in weiterer Folge für den Betrieb definiert werden. Somit können die Ressourcenbedarfe mit den Produktionsmöglichkeiten (inkl. Kreislaufpotentialen) abgestimmt werden.

4 SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die dargestellte Methodik, entwickelt im Rahmen des KLIMUR Projektes, zur Kreislaufwirtschaft am ZKH in Wechselwirkung mit dem Stadtentwicklungsgebiet Rothneusiedl, stellt eine interdisziplinäre Methode zur Planung, Evaluierung und den Betrieb dar. Um die übergeordneten Ziele einer Stadtentwicklung unter Anbetracht der gegebenen Herausforderungen des Klimawandels erfüllen zu können, muss das Indikatorenset zur Bewertung breit aufgestellt sein. So können Synergien und Zielkonflikte zwischen unterschiedlichen Themen wie z.B. kompakte Siedlungsformen und Regenwassermanagement, PV-Potential und Mikroklima, aufgezeigt, bewertet und als Erkenntnisse in den Planungsprozess eingebracht werden.

Dieses digitale Planungsframework ermöglicht die gezielte Einbindung von Stakeholderinnen und Stakeholdern in Form von partizipativen Prozessen bereits in frühen Projektphasen, damit deren Bedürfnisse und Wünsche einfließen können. Die holistische Bewertung der Szenarien unterstützt Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger mit einer faktenbasierten Grundlage in Diskussionen und Entscheidungen.

Die Methodenentwicklung und die Diskussionen mit den Stakeholderinnen und Stakeholdern haben die Herausforderungen für die Umsetzung einer lokalen Kreislaufwirtschaft klar aufgezeigt. Zum einen waren Daten nicht bzw. in sehr unterschiedlicher Qualität und Auflösung vorhanden, wodurch eine Abschätzung der Wechselwirkungen in hoher zeitlicher Auflösung erschwert wurde. Für ein ökologisch und auch ökonomisch nachhaltiges Kreislaufwirtschaftssystem ist eine genaue Betrachtung der Ressourcenströme jedoch von hoher Bedeutung. Ein wichtiges Beispiel sind die Auswirkungen des Klimawandels auf den lokalen Wasserhaushalt, insbesondere von Starkregenereignissen und Dürren.

Auf Basis dieses Zuganges können auch andere Maßnahmen zur „Optimierung“ von Energie- und Ressourcenflüssen wie z.B. Anpassungen von Öffnungs- oder Produktionszeiten, untersucht werden. Jedoch sind solche Maßnahmen nur schwer organisatorisch umsetzbar. Sofern solche Anpassungen möglich sind, bedürfen sie eines erheblichen Abstimmungs- und Koordinationsaufwandes.

Durch eine ganzheitliche Kreislaufwirtschaft angewandt auf ein ganzes Quartier entstehen auch Verschiebungen der Kostenstrukturen. Zum einen zwischen privaten und öffentlichen Kosten z.B. im Bereich der Infrastruktur (Regenwassermanagement), aber auch zwischen Investitionen und Betrieb. Aber auch die Möglichkeit aus Abfällen eine neue Ressource zu machen, wirft neue Fragen für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen auf. Diese neuen Organisations- und Kostenstrukturen lassen sich nur schwer darstellen und bedürfen noch erheblichen weiteren Forschungs- und Entwicklungsaufwand.

5 LITERATUR

ARAOS, M., Berrang-Ford, L., Ford, J. D., Austin, S. E., Biesbroek, R., & Lesnikowski, A.: Climate change adaptation planning in large cities: A systematic global assessment. *Environmental Science & Policy*, 66, 375-382, 2016

- ARNBJERG-NIELSEN, K., Willems, P., Olsson, J., Beecham, S., Pathirana, A., Bülow Gregersen, I., ... & Nguyen, V. T. V.: Impacts of climate change on rainfall extremes and urban drainage systems: a review. *Water science and technology*, 68(1), 16-28, 2013.
- BAKKER, C., Wang, F., Huisman, J., & Den Hollander, M.: Products that go round: exploring product life extension through design. *Journal of Cleaner Production*, 69, 10-16, 2014
- CHAPMAN S., Watson, J. E., Salazar, A., Thatcher, M., & McAlpine, C. A.: The impact of urbanization and climate change on urban temperatures: a systematic review. *Landscape Ecology*, 32(10), 1921-1935, 2017
- CUSTÓDIO I., De Castro Quevedo T., Melo A., Rüter, R.: A holistic approach for assessing architectural integration quality of solar photovoltaic rooftops and shading devices. *Solar Energy*, 237, 432-446. 10.1016/j.solener.2022.02.019. 2022
- ECONOMIDOU, M., Todeschi, V., Bertoldi, P., D'Agostino, D., Zangheri, P., & Castellazzi, L.: Review of 50 years of EU energy efficiency policies for buildings. *Energy and Buildings*, 225, 110322, 2020
- FINK, T.: On urban planning and procedural modeling, TU Graz, Graz, 2018.
- GOULDSON, A., Colenbrander, S., Sudmant, A., McAnulla, F., Kerr, N., Sakai, P., ... & Kuylensstierna, J.: Exploring the economic case for climate action in cities. *Global Environmental Change*, 35, 93-105, 2015
- IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change, United Nations Environment Programme, World Meteorological Organization, 1,5 °C Globale Erwärmung Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger 2018.
- KLIMAFONDS 2020: Strategiedokument Smart Cities Initiative Periode 2020-2024. https://www.klimafonds.gv.at/wp-content/uploads/sites/16/200623_Strategiedokument_Smart_Cities_2020_BF_v1.0_final.pdf, getestet am 16.8.2022
- KOENIG, R., Bielik, M., Dennemark, M., Fink, T., Schneider, S., Siegmund, N.: Levels of Automation in Urban Design Through Artificial Intelligence 46, 21. 2020.
- LEVOSO, A. S., Gasol, C. M., Martínez-Blanco, J., Durany, X. G., Lehmann, M., & Gaya, R. F.: Methodological framework for the implementation of circular economy in urban systems. *Journal of Cleaner Production*, 248, 119227, 2020
- PRENDEVILLE, S., Cherim, E., & Bocken, N.: Circular cities: Mapping six cities in transition. *Environmental innovation and societal transitions*, 26, 171-194, 2018
- SETO, K. C., Sánchez-Rodríguez, R., & Fragkias, M.: The new geography of contemporary urbanization and the environment. *Annual review of environment and resources*, 35(1), 167-194, 2010
- STADT WIEN 2019: Fachkonzept Energieraumplanung. Unter Mitarbeit von Bernd VOGL, Stefan GEIER und Andrea KINSPIERGER. Wien: Magistratsabteilung 20 - Energieplanung (Werkstattbericht). Online verfügbar unter V:AT-OBV;B:AT-UBTUW application/pdf http://media.obvsg.at/AC15452878-2001_TUW_Volltext.
- STADT WIEN 2021a: Strukturkonzept Rothneusiedl. Modellstadtteil für Klimaschutz und Klimaanpassung.-61.STEK, download: <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/projekte/pdf/stek-rothneusiedl-2021.pdf> , getestet am 16.08.2022
- STADT WIEN 2021b, MA21 A Stadtteilplanung und Flächennutzung Innen-Südwest: Strukturkonzept Rothneusiedl, Wien, 2021
- STEFANAKIS, A. I., Calheiros, C. S., & Nikolaou, I.: Nature-based solutions as a tool in the new circular economic model for climate change adaptation. *Circular Economy and Sustainability*, 1(1), 303-318, 2021
- VUCKOVIC, M., Loibl, W., Tötzer, T. and Stollnberger, R.: Potential of Urban Densification to Mitigate the Effects of Heat Island in Vienna, Austria, *Environments*, 6, 82. Vienna, 2019.