

# Dialoggestützte Transformation lokaler Energiesysteme

*Pascal Häbig, Abdul Azzam, Johannes Beck, Marko Djuric, Harald Drück, Nils Egger, Tobias Fritz, Peer Huber, Adrian Kaiserauer, Franziska Lauth, Christian D. León, Stefanie Lott, Fabian Ostertag, Tim Schaffitzel, Kilian Türk, Uwe Wössner, Markus Blesl, Cordula Kropp, Michael Resch, Krzysztof Rudion, Konstantinos Stergiaropoulos und Kai Hufendiek*

*Die Transformation lokaler Energiesysteme ist mehr als eine technische Optimierungsaufgabe. Aufgrund der Vielfalt der beteiligten Akteure und ihrer unterschiedlichen Perspektiven bedarf es der Klärung gemeinsamer Ziele. Für den Erfolg von Projekten ist es entscheidend, dass es auf Basis von belastbaren Daten und einer fundierten energiewissenschaftlichen Analyse zur tragfähigen Abstimmung zwischen den beteiligten Akteuren kommt. Dieser Herausforderung widmet sich die Forschungsinitiative DiTEnS (Discursive Transformation of Energy Systems). Sie verbindet hierfür einen Werkzeugkasten in Form von Analysen und Visualisierungen mit einem Dialogprozess. Der folgende Beitrag fasst die Erkenntnisse aus der Erprobungsphase im Rahmen eines Wärmeprojekts im Umfeld des Campus Vaihingen der Universität Stuttgart zusammen und gibt einen Ausblick auf den weiteren Praxistransfer.*

Die Transformation lokaler Energiesysteme steht in vielen Kommunen, Quartieren und größeren Liegenschaften vor einer doppelten Herausforderung. Einerseits sind technische Optionen wie Effizienzmaßnahmen, Wärmenetze, Wärmepumpen, Abwärmenutzung, Speicher, erneuerbare Stromerzeugung und digitale Steuerung grundsätzlich bekannt, wenn auch in ihrer Heterogenität und gegenseitigen Abhängigkeit unübersichtlich. Andererseits zeigt die aktuelle Debatte, dass technische Transformationspfade nicht losgelöst von gesellschaftlichen, institutionellen und akteursbezogenen Bedingungen verstanden werden können. Aykut et al. [1] beschreiben genau hierin einen blinden Fleck technikzentrierter Energiewendebatten. Die Verfügbarkeit technischer Lösungen sagt noch wenig darüber aus, ob und wie diese in konkreten sozialen und infrastrukturellen Kontexten umgesetzt werden.

Dies gilt in besonderem Maße für lokale Energiesysteme und damit insbesondere Heizsysteme. Ihre Transformation hängt von heterogenen Gebäudestrukturen, Nutzungsprofilen, Eigentums- und Betreiberverhältnissen, Energieinfrastrukturen sowie lokalen Präferenzen ab (siehe Abb. 1).

Hinzu kommen individuelle Präferenzen, Interessenlagen und Risikowahrnehmungen der relevanten Akteure. Während für einzelne Akteure vor allem Investitionen im Vordergrund stehen, gewichten andere Versorgungssicherheit, potenzielle Abhängigkeiten, Flächenkonflikte, ästhetische Aspekte, den Erhalt bestehender



Der Universitätscampus Vaihingen bildete die erste Fallstudie zur praktischen Umsetzung des DiTEnS-Ansatzes  
Bild: Flight Photo Europe GmbH

baulicher Strukturen oder auch die kurzfristige Liquidität stärker.

Diese Vielfalt führt zu einem komplexen Informations- und Entscheidungsproblem. Eine rein top-down entwickelte, technologisch optimierte Lösung kann zwar technisch konsistent erscheinen, bleibt jedoch unvollständig, wenn sie das Nutzungs- und Entscheidungsverhalten einzelner Akteure sowie die wechselseitige Beeinflussung individueller Entscheidungen nicht berücksichtigt. Dies ist darin begründet, dass im Akteursverhalten implizite Informationen enthalten sind, die häufig nicht explizierbar und daher für Optimierungsansätze nicht direkt zugänglich sind.

Die Lösung liegt in der Einbindung der Akteure und ihres expliziten und impliziten Wissens zur Vervollständigung von Informationen. Die Akteure können gemeinsame Zielbilder entwickeln, verschiedene Restriktionen verstehen, Zielkonflikte offenlegen und Zuständigkeiten klären. Für die Transformation hin zu einem klimaneutralen lokalen Energiesystem werden daher nicht nur belastbare energiewissenschaftliche Analysen, sondern auch eine Verknüpfung mit lokalem Erfahrungswissen und kollektiver Entscheidungsfindung benötigt [3]. Genau hier setzt die Forschungsinitiative DiTEnS an. Der vorliegende Beitrag baut auf dem Ergebnisbericht zur Fallstudie am Universitätscampus Vaihingen auf [4].



Abb. 1 Initiale Problemstellung der kommunalen Wärmeplanung: hohe Heterogenität im Gebäudebestand des Untersuchungsgebietes

Quelle: [2]

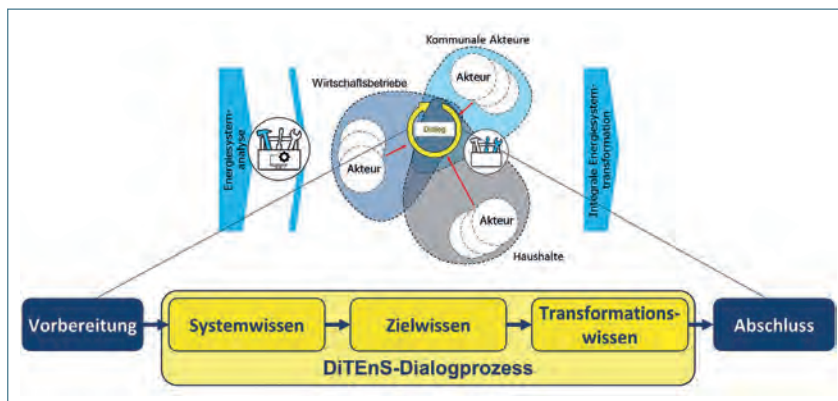


Abb. 2 DiTeNS-Dialogprozess: Umsetzung der dialogischen Konzeptentwicklung

Quelle: [6]

## Dialogische Konzeptentwicklung für lokale Energiesysteme

Im Mittelpunkt steht ein dialoggestützter Bottom-up-Dialogansatz, der energiewissenschaftliche Analysen in einen strukturierten Entscheidungsprozess einbettet [5]. Relevante Akteure werden frühzeitig beteiligt, damit implizites Wissen, lokale Randbedingungen und entscheidungsrelevante Präferenzen in die Entwicklung von Transformationsoptionen einfließen. DiTeNS verbindet hierfür die drei Ebenen: energiewissenschaftliche Analyse, zielgruppengerechte Visualisierungen und einen deliberativen Dialog zur kriteriengestützten Bewertung von Transformationspfaden. Wie in Abb. 2 dargestellt, folgt der Dialogprozess den drei Wissensarten transdisziplinärer Forschung [6]:

- Das Systemwissen beschreibt Ausgangslage, Infrastruktur, Energie-

flüsse, Potenziale, Restriktionen und Governance-Strukturen.

- Das Zielwissen umfasst Bewertungskriterien wie Klimaneutralität, Versorgungssicherheit, Wirtschaftlichkeit, Flexibilität, Flächenbedarf sowie die Zielvorstellungen der Akteure.
- Das Transformationswissen konkretisiert den Weg vom Ist- zum Soll-Zustand über Maßnahmen, Zuständigkeiten und Umsetzungslogiken.

An der Schnittstelle von Ziel- und Transformationswissen wird die multikriterielle Entscheidungsanalyse (Multi-Criteria Decision Analysis, MCDA) eingesetzt. Sie macht Energieversorgungsvarianten entlang technischer, ökonomischer, ökologischer und sozialer Kriterien vergleichbar, strukturiert Zielkonflikte und legt Akteurspräferenzen offen. Für Praktiker trennt diese Kombination die häufig vermischten Ebenen von Analyse, Bewertung und Umsetzung.

## Vom Modell zum gemeinsamen Entscheidungsraum

Ein zentrales Element des Projekts ist der DiTeNS-Werkzeugkasten (siehe Abb. 3). Dieser verbindet Daten zur Bestandssituation, zu lokalen Potenzialen, Infrastrukturen und Restriktionen mit Modellierungen, daraus resultierenden Szenarien, MCDA-gestützter Bewertung und Visualisierungen. Der digitale Zwilling dient dabei als Übersetzungs- und Integrationsinstrument und macht sichtbar, welche Wirkung technische Optionen für verschiedene Akteure haben können.

Der DiTeNS-Werkzeugkasten muss zugleich wissenschaftlich belastbar und praktisch anschlussfähig sein. Für die Analyse braucht es konsistente Annahmen, Daten und Modellgrenzen sowie für den Dialog Verständlichkeit, Transparenz und Nachvollziehbarkeit. Der Mehrwert entsteht durch die Rückkopplung in den DiTeNS-Dialogprozess. Akteure können Annahmen hinterfragen, Szenarien bewerten, Zielkonflikte erkennen und eigene Einschätzungen einbringen. Das angestrebte Resultat ist eine gemeinsam getragene, abgestimmte Transformationsentscheidung.

## Erste Fallstudie am Campus Vaihingen der Universität Stuttgart

Der Universitätscampus Vaihingen diente als erste Fallstudie zur praktischen Umsetzung des DiTeNS-Ansatzes. Das Untersuchungsgebiet ist dafür geeignet, weil ein technisch anspruchsvolles Energiesystem mit guter Datenverfügbarkeit, unterschiedlichen Gebäudetypen, mehreren Nutzungsgruppen und komplexen Governance-Strukturen vorliegt. Interessant sind zudem die exemplarische Nutzung der Abwärme eines Rechenzentrums, die in der Zukunft an vielen Orten in Deutschland denkbar ist, und das vorhandene, derzeit noch fossil betriebene Fernwärmenetz. Zugleich unterscheidet sich der Campus von typischen Wohn- und Mischquartieren, da viele Akteure institutionell miteinander verbunden sind.

Das Untersuchungsgebiet umfasst über 200 Nichtwohngebäude und etwa 100 Wohngebäude und damit deutlich mehr als der eng gefasste Universitätscampus. Die Wärmeversorgung erfolgt wesentlich

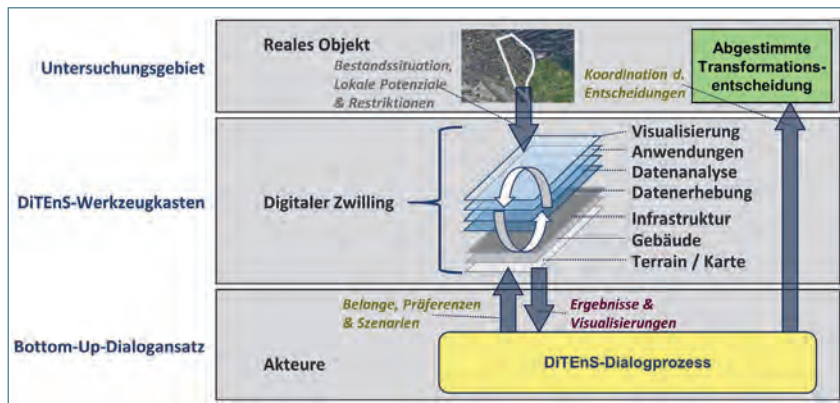


Abb. 3 DiEnS-Werkzeugkasten: verbindendes Element zwischen realem Untersuchungsgebiet und DiEnS-Dialogprozess  
Quelle: [7]

über ein bestehendes Wärmenetz, das durch ein mit fossilen Brennstoffen betriebenes Heizkraftwerk gespeist wird. Zusätzlich existieren Kälte- und Strominfrastrukturen sowie das Höchstleistungsrechenzentrum Stuttgart als relevanter Verbraucher und potenzielle Abwärmequelle. Damit bildet der Campus ein sozio-technisches System ab, in dem technische, wirtschaftliche und organisatorische Fragen eng miteinander verbunden sind.

Für die Analyse wurden u. a. ein techno-ökonomisches Energiesystemmodell, ein Gebäudemodell, ein Stromnetzmodell, eine Betriebssimulation, eine multi-kriterielle Entscheidungsanalyse sowie immersive 3D-Visualisierungen in der CAVE genutzt. Bei der CAVE (CAVE Automatic Virtual Environment) handelt es sich um eine Virtual-Reality (VR)-Umgebung am Höchstleistungsrechenzentrum Stuttgart (HLRS). In einem würfel-

förmigen Raum dienen dessen Wände als Projektionsfläche. Mehrere Personen können mit speziellen Brillen gleichzeitig verschiedene Visualisierungen betrachten, erkunden und gemeinsam diskutieren.

In der Fallstudie wurden drei klimaneutrale Energieversorgungsoptionen für die Zieljahre 2030, 2035 und 2040 anhand ausgewählter Kriterien bewertet. Die MCDA zeigte, dass keine Versorgungsoption in allen Kriterien überlegen ist. Stattdessen wurden Zielkonflikte zwischen Treibhausgasemissionen, Kosten, Flächenbedarf, Energiebedarf, Flexibilität und Finanzierung offensichtlich und nachvollziehbar.

Während die MCDA die Bewertungslogik strukturiert, unterstützt die CAVE die räumliche und visuelle Verständlichkeit der Ergebnisse (siehe Abb. 4). Die CAVE ermöglicht die gemeinsame Betrachtung

von Daten auf Quartiers- und Gebäudeebene, Energieversorgungsstrukturen und Ergebnissen der energiewissenschaftlichen Analysen. Technische Maßnahmen und ihre räumlichen Auswirkungen werden dadurch unmittelbar erlebbar. Beteiligte Akteure können so sehen, wie sich Optionen im Untersuchungsgebiet darstellen und welche Konsequenzen sie haben können.

Im Ergebnis wurde gemeinsam mit den Stakeholdern Systemwissen zur Bestands-situation am Universitätscampus Vaihingen, Zielwissen zu Bewertungskriterien und Transformationswissen zu möglichen Maßnahmen erarbeitet. Zu den identifizierten Handlungsfeldern gehörten u. a. ein Niedertemperatur-Wärmenetz mit hybriden Anschlussoptionen, Großwärmepumpen und Abwärmenutzung, saisonale Speicher, die Senkung der Netztemperaturen, die energetische Gebäudesanierung, eine stabilere Dateninfrastruktur sowie die Fortführung der Akteureinbindung. Die Durchführung der Fallstudie mündete in ein mit allen beteiligten Akteursgruppen abgestimmtes Maßnahmenkonzept [9].

Inzwischen kann resümiert werden, dass die Fallstudie am Campus Vaihingen der Universität Stuttgart zwei Aspekte gezeigt hat: Technische Analysen, digitale Visualisierungen und Beteiligung lassen sich in einem Dialogprozess und in einem realen Anwendungskontext zusammenführen. Und dadurch entsteht eine höhere Qualität der Diskussion, weil Akteure Annahmen validieren, Datenlücken benennen, Zielkonflikte konkretisieren und Maßnahmen aus ihrer jeweiligen Umsetzungsperspektive bewerten können [10].

### Erkenntnisse für Stadtwerke, Kommunen und Infrastrukturbetreiber

Aus der ersten Fallstudie am Campus Vaihingen der Universität Stuttgart lassen sich fünf praxisrelevante Erkenntnisse ableiten:

1. Die Datenbasis bleibt ein kritischer Erfolgsfaktor. Auch in dem gut dokumentierten Untersuchungsgebiet zeigten sich Lücken, etwa hinsichtlich der Anlagenzustände, Tempera-



Abb. 4 Bestandteil der ersten Fallstudie: immersive Visualisierung des Campus Vaihingen in der CAVE  
Quelle: [8]

turanforderungen, Nutzungsmuster oder der Zuordnung von Datenquellen. In typischen Quartieren mit privaten Eigentümerstrukturen ist diese Herausforderung größer [11].

2. Technische Transformationspfade sind ohne Governance-Perspektive unvollständig. Investitionen in Wärmenetze, Gebäudesanierungen, Abwärmenutzung oder Dateninfrastrukturen betreffen unterschiedliche Zuständigkeiten, Finanzierungslogiken und operative Verantwortlichkeiten. Ein Dialogprozess löst diese Fragen nicht automatisch, kann sie aber aufzeigen und in die Bewertung einbeziehen.
3. Eine MCDA kann die Entscheidungsqualität erhöhen, ohne Entscheidungen zu automatisieren. Sie strukturiert Kriterien, macht Präferenzen unterschiedlicher Akteure sichtbar und legt Zielkonflikte offen. Die abschließende Bewertung eines Transformationspfades muss weiterhin Realisierbarkeit, Verantwortlichkeiten und Finanzierung berücksichtigen. Gerade darin liegt ihr praktischer Nutzen. Der Einsatz einer MCDA ersetzt Entscheidungen nicht, sondern macht deren Grundlagen transparenter.
4. Visualisierungen erhöhen die Anschlussfähigkeit komplexer Analysen. Entscheidend ist, dass Ergebnisse Zielkonflikte, robuste Optionen und Umsetzungsfolgen für Energieversorgungsunternehmen, kommunale Entscheidungstragende und die Wohnungswirtschaft adressatengerecht verständlich machen. Zugleich müssen Modelle akteurspezifische Parameter, Kriterien und Restriktionen flexibel abbilden können.
5. Die Einbindung relevanter Akteure darf keine kommunikative Begleitmaßnahme, sondern muss Teil der Methodik sein. Unstrukturierte Beteiligung kann Erwartungen erzeugen, ohne Entscheidungen vorzubereiten. Es geht weniger darum, Akteure an Entscheidungen zu beteiligen, sondern sie selbst in die Lage zu versetzen, für ihre Zielsetzungen geeignete eigene Entscheidungen zu treffen. DiTeNS zeigt demgegenüber, wie dies entlang von System-, Ziel- und Transformationswissen organisiert werden kann.

## Transfer in den nächsten realen Praxiskontext

Nach der Fallstudie am Campus Vaihingen wird der DiTeNS-Ansatz für zwei weitere Fallstudien in einem realen Anwendungskontext erprobt, wobei die Vorbereitungen für die zweite Fallstudie im Raum Stuttgart bereits angelaufen sind. Ziel ist es, die Übertragbarkeit des DiTeNS-Werkzeugkastens und Dialogprozesses in heterogenen Praxisumfeldern zu validieren. Für Stadtwerke, Kommunen, Wohnungsunternehmen, Netzbetreiber und Quartiersentwickler bietet dies die Möglichkeit, konkrete lokale Transformationsfragen strukturiert, datenbasiert und akteursorientiert zu bearbeiten.

In Betracht kommen auch Gebiete, in denen technische Transformationsoptionen, wie etwa im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung, zwar bereits identifiziert wurden, ihre Bewertung und Umsetzung jedoch durch Akteursvielfalt, Datenlücken, Zielkonflikte oder Governance-Fragen erschwert wird und möglicherweise noch unterschiedliche Optionen realistisch erscheinen. Der Nutzen liegt nicht in einer weiteren isolierten Machbarkeitsstudie, sondern in der Ermöglichung eines moderierten Dialogprozesses durch die Kombination von Datenaufbereitung, Modellierung, MCDA-gestützter Bewertung und Visualisierung. Damit kann der DiTeNS-Ansatz an bestehende Wärmepläne anschließen oder auch davon unabhängig lokale Akteure dabei unterstützen, Versorgungsoptionen zu konkretisieren, Maßnahmen zu priorisieren, die Voraussetzungen der Umsetzung zu klären und ihren Vollzug so vorzubereiten.

## Transformation wird entscheidbar

Die weiteren Fallstudien liefern damit nicht nur weitere Demonstratoren, sondern einen Transferbaustein. Der DiTeNS-Ansatz wird unter neuen Rahmenbedingungen getestet, weiterentwickelt und für unterschiedliche kommunale Kontexte adaptierbar gemacht. Für potenzielle Partner der dritten Fallstudie eröffnet sich die Möglichkeit, einen wissenschaftlich begleiteten Prozess zu nutzen, der technische Analyse mit Entscheidungsunterstützung und akteursorientierter Kommunikation verbindet.

Die Transformation lokaler Energiesysteme braucht technische Lösungen, wird aber durch viele Einzelentscheidungen umgesetzt. Für Praktiker liegt der Mehrwert des DiTeNS-Ansatzes in der verbesserten Entscheidungsqualität. Dieser Bottom-up-Dialogansatz kann Stadtwerke, Kommunen, Infrastrukturbetreiber sowie organisierte Bürgerinnen dabei unterstützen, aus komplexen Möglichkeiten robuste und gemeinsam tragfähige Entscheidungen für klimaneutrale lokale Energiesysteme zu entwickeln.

## Literatur

- [1] S. C. Aykut et al.: „Energiewende ohne gesellschaftlichen Wandel? Der blinde Fleck in der aktuellen Debatte zur „Sektorkopplung“, in „et“, 69. Jg. (Heft 3) 2019, S. 20–24.
- [2] Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg (LGL): Satellitenaufnahmen der Stadt Stuttgart, 2026, online abrufbar unter [www.lgl-bw.de](http://www.lgl-bw.de)
- [3] C. Kropp und F. Lauth, F.: „Den Ausstieg aus fossilen Energieträgern partizipativ bewerkstelligen: Exnovation und Partizipation in der Wärmewende“, in J. Radtke (Hrsg.): Handbuch Energiewende und Partizipation, 2. Aufl., Wiesbaden: Springer (im Druck).
- [4] P. Häbig et al.: Ergebnisbericht zum Mock-Up des DiTeNS-Dialogprozesses am Universitätscampus Vaihingen, hg. v. Stuttgart Research Initiative „Discursive Transformation of Energy Systems“ (SRI DiTeNS), Stuttgart 2026, abrufbar unter: <https://doi.org/10.18419/opus-18264>
- [5] F. Lauth et al.: Vortrag „Participatory District Energy Planning Supported by Urban Digital Twins“ auf der Tagung „Urban Digital Twins for a Sustainable Transformation of Cities“ im City Science Lab der HafenCity Universität Hamburg am 03.04.2025, abrufbar unter: <https://youtu.be/Wb7ToID8T0k>
- [6] C. Pohl und G. Hirsch Hadorn: Gestaltungsprinzipien für die transdisziplinäre Forschung. Ein Beitrag des td-net, München: oekom 2006.
- [7] K. Hufendiek und C. Kropp: Stuttgart Research Initiative Discursive Transformation of Energy Systems (SRI DiTeNS). Präsentation beim CZS-Statussymposium „Energiesysteme der Zukunft“ am 16./17.04.2026. Stuttgart.
- [8] Fotoaufnahme in der CAVE von K. Türk.
- [9] C. D. León et al.: Empfohlene Maßnahmen für eine klimaneutrale Energieversorgung des Campus Vaihingen: Ergebnisse des DiTeNS-Dialogprozesses am Campus Vaihingen/Stuttgart, hg. v. Stuttgart Research Initiative „Discursive Transformation of Energy Systems“ (SRI DiTeNS), Stuttgart 2026, abrufbar

unter DOI: <https://doi.org/10.18419/opus-18195>.

- [10] N. Egger et al.: „How Urban Digital Twins Structure Participatory Planning in Urban Heat Transitions: Digitally-supported Deliberation in Practice“, in: Journal of Urban Technology, Special Issue „Urban Digital Twins for a Sustainable Transformation of Cities“, 2026, im Review.
- [11] S. Lott et al.: „Vorstellung eines Ansatzes zur diskursiven Transformation von Energiesystemen und ausgewählte Ergebnisse dessen erster Anwendung“, in: Tagungsband zum Symposium Zukunft Wärme, Bad Staffelstein 2025, abrufbar unter DOI: <https://doi.org/10.18419/opus-17805>.

*P. Häbig, M. Sc., A. Azzam, M. Sc., A. Kaiserauer, M. Sc., F. Ostertag, M. Sc., T. Schaffitzel, M. Sc., Wissenschaftliche Mitarbeiter, apl. Prof. Dr.-Ing. M. Blesl, Abteilungsleiter, Prof. Dr.-Ing. K. Hufendiek, Institutsleiter, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER) der Universität Stuttgart & STRise – Stuttgart Research Initiative on Integrated Systems Analysis for Energy, J. Beck, M. Sc., Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Prof. Dr.-Ing. K. Rudion, Institut für Energieübertragung und Hochspannungstechnik (IEH) der Universität Stuttgart, M. Djuric, T. Fritz, K. Türk, Wissenschaftliche Mitarbeiter, Dr.-Ing. U. Wössner, Abteilungsleiter, Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Dr. h.c. Prof. Eh. M. Resch, Höchstleistungsrechenzentrum Stuttgart (HLRS), Dr.-Ing. H. Drück, Koordinator Forschung, P. Huber, M. Sc., S. Lott, M. Sc., Wissenschaftliche Mitarbeiter, Prof. Dr.-Ing. K. Stergiaropoulos, Institutsleiter, Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE) der Universität Stuttgart, M.A. N. Egger, M.A. F. Lauth, Dipl.-Ing. C. D. León, Wissenschaftliche Mitarbeiter, Prof. Dr. C. Kropp, Direktor, Zentrum für Interdisziplinäre Risiko- und Innovationsforschung der Universität Stuttgart (ZIRIUS) & STRise – Stuttgart Research Initiative on Integrated Systems Analysis for Energy*  
[pascal.haebig@ier.uni-stuttgart.de](mailto:pascal.haebig@ier.uni-stuttgart.de)

Das Projekt Stuttgart Research Initiative „Discursive Transformation of Energy Systems“ (SRI DiTEnS) wird durch die Carl-Zeiss-Stiftung gefördert. Weitere Informationen unter: <https://www.ditens.de>

## DIGITALFACTORY NEWSLETTER

Jetzt kostenfrei registrieren!



Der kostenfreie Newsletter berichtet über aktuelle Trends, Neuigkeiten und Lösungen rund um industrielle IT und Industrie 4.0.

[www.digital-factory-journal.de/newsletter](http://www.digital-factory-journal.de/newsletter)



Bild: adobestock\_ Елена Бутусова