



Fazit und Ausblick

8

Jakob Randow, Anke Bucher, Uwe-Jens Görke, Rüdiger Grimm, Nele Hastreiter, Olaf Kolditz, Katrin Lubashevsky, Simon Richter, Karsten Rink, Stephan Schönfelder, Haibing Shao, Thomas Vienken und H. Konstanze Zschoke

J. Randow (✉) · A. Bucher · K. Lubashevsky · S. Richter · S. Schönfelder
Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig, Leipzig, Deutschland
E-mail: jakob.randow@htwk-leipzig.de

A. Bucher
E-mail: anke.bucher@htwk-leipzig.de

K. Lubashevsky
E-mail: katrin.lubashevsky@htwk-leipzig.de

S. Richter
E-mail: simon.richter@htwk-leipzig.de

S. Schönfelder
E-mail: stephan.schoenfelder@htwk-leipzig.de

U.-J. Görke · N. Hastreiter · O. Kolditz · H. Shao · T. Vienken
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH – UFZ, Leipzig, Deutschland
E-mail: uwe-jens.goerke@ufz.de

N. Hastreiter
E-mail: nele.hastreiter@ufz.de

O. Kolditz
E-mail: olaf.kolditz@ufz.de

H. Shao
E-mail: haibing.shao@ufz.de

T. Vienken
E-mail: thomas.vienken@ufz.de

R. Grimm · H. K. Zschoke
geoENERGIE Konzept GmbH, Freiberg, Deutschland
E-mail: grimm@geoenergie-konzept.de

H. K. Zschoke
E-mail: zschoke@geoenergie-konzept.de

N. Hastreiter · T. Vienken
Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Technische Universität München, München, Deutschland

© Der/die Autor(en) 2024

275

A. Bucher et al. (Hrsg.), *EASyQuart – Energieeffiziente Auslegung und Planung dezentraler Versorgungsnetze von Stadtquartieren*,
https://doi.org/10.1007/978-3-662-67140-5_8

8.1 Fazit

Ein wesentlicher Teil des Innovationsgehalts von EASyQuart besteht darin, offene wissenschaftliche Fragestellungen bei der Optimierung großflächiger oberflächennaher Geothermienetzwerke klären zu helfen (z. B. durch Anpassung, Entwicklung und Bewertung standort- und prozessbezogener Erkundungs- und Monitoringverfahren, Sensitivitätsstudien, numerische Unsicherheitsanalysen sowie gekoppelte Simulationen des Gesamtsystems Untergrund-Haustechnik). Zudem wurden exemplarisch konkrete Prognoseinstrumentarien zur standortbasierten Analyse der Versorgungs- und Bedarfsseite für verschiedene Arbeitsschritte eines Auslegungs- und Planungsprozesses oberflächennaher geothermischer Anlagen zum Heizen und Kühlen erstellt und mit Daten realer Standorte validiert. Auf dieser Basis konnten vom Verbundvorhaben Empfehlungen für die Flexibilisierung von Auslegungsverfahren und regulativen Rahmenbedingungen für Errichtung und Betrieb der betrachteten Systeme formuliert werden. Wesentliche Projektergebnisse wurden in einem Entscheidungshilfesystem als Handlungsleitfaden für relevante Akteure im Auslegungsprozess zusammengefasst. Dabei wurde besonderer Wert auf die Erhebung und Nutzung standortbezogener Daten für die Charakterisierung des Gesamtsystems aus Komponenten für den Untergrund sowie die Haustechnik gelegt. Die Forschungsergebnisse von EASyQuart bieten gewerblichen sowie behördlichen Nutzern Unterstützung bei der Erstellung von Prognosen zur Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit von Nutzungsoptionen des oberflächennahen geologischen Raumes vom Einzelgebäude bis zur Quartierslösung.

Ein Modellvergleich zwischen verschiedenen kommerziellen und wissenschaftlichen Softwareplattformen für die Simulation der Vorgänge im Untergrund mit Daten eines realen Standorts gibt Aufschluss über die optimale Gestaltung und Einsatzgebiete von numerischen Annahmen, Methoden und Algorithmen. Das entwickelte Instrumentarium für die Simulation der Prozesse im Untergrund und in der Haustechnik wurde im Sinne eines Proof-of-Concept-Ansatzes umfassend mit Daten verschiedener Standorte auch in Kooperation mit externen Partnern validiert.

Campus Straubing für Biotechnologie und Nachhaltigkeit, München, Deutschland

O. Kolditz

Technische Universität Dresden, Dresden, Deutschland

H. Shao

Technische Universität Bergakademie Freiberg, Freiberg, Deutschland

K. Rink

OpenGeoSys Kernentwicklerteam, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH – UFZ, Leipzig, Deutschland

E-mail: karsten.rink@ufz.de

Die Projektergebnisse ermöglichen ein verbessertes Verständnis der Prozesse, der verwendeten Methoden und der anwendungsorientierten Instrumentarien für realistische Zeit- und Längenskalen, um Planung, Ausführung und Betrieb von Erdwärmesondensystemen sicherer, zuverlässiger und effizienter gestalten zu können. Ein wichtiger Nutzen von Projektergebnissen des EASyQuart-Vorhabens liegt auch in der Übertragbarkeit der verwendeten Methoden und Instrumentarien auf andere geotechnologische Anwendungen (z. B. Energiespeicherung, Endlagerproblematik, Methoden zur hydraulischen Stimulation, konventioneller und unkonventioneller Ressourcenabbau oder Tunnelbau). Laufende Aktivitäten zielten auch darauf ab, die Zusammenarbeit mit weiteren Partnern und komplementären Forschungsvorhaben zu intensivieren, um der Oberflächennahen Geothermie als nahezu überall verfügbare, erneuerbare Ressource ein stärkeres Gewicht im Prozess einer Wärmewende hin zu klimaneutralen Technologien zu verleihen.

Ein wesentlicher Schwerpunkt in EASyQuart war die Anpassung und Bewertung numerischer Ansätze, die für andere geotechnologische Nutzungen des Untergrundes bereits weitgehend erforscht bzw. etabliert sind. Methoden für numerische Sensitivitäts- und Unsicherheitsanalysen zur Verbesserung der Zuverlässigkeit von Prognosesimulationen für die Vorhersage des Verhaltens des Untergrundes bei dessen langjähriger thermischer Nutzung standen dabei ebenso im Fokus wie eine Studie, inwieweit mathematische Optimierungsverfahren prinzipiell für eine weitgehend automatisierte Dimensionierung von Erdwärmesondensystemen geeignet sind. Vor- und Nachteile spezifischer Annahmen und Algorithmen wurden im Rahmen eines Softwarevergleichs identifiziert. Die verwendeten numerischen Verfahren und Softwareplattformen sind in diesem Buch ausführlich beschrieben. Zu den wichtigsten Ergebnissen von EASyQuart auf dem Gebiet der numerischen Simulation von Untergrundprozessen gehört die umfassende Implementierung und Validierung moderner Erdwärmesondenmodelle im Rahmen von Dual-Kontinuum-Ansätzen in die Open-Source-Simulationsplattform OpenGeoSys (OGS), die damit deutlich weiterentwickelt werden konnte.

Für das Verständnis solch komplexer Systeme wie oberflächennaher geothermischer Anlagen mit ihren wechselwirkenden ober- und untertägigen Komponenten ist neben Erkundung, Monitoring sowie numerischen Prozessanalysen auch ein effizientes Datenmanagement inklusive einer visuellen Datenanalyse von großer Bedeutung. Virtual-Reality-Konzepte ermöglichen die Kombination verschiedener, heterogener Arten von Daten und Modellen in einem georeferenzierten Kontext. Somit werden integrierte Virtual-Reality-Lösungen zu einem sinnvollen Planungswerkzeug z. B. für die Gestaltung von Infrastrukturen urbaner Systeme. Virtuelle Realitäten erleichtern den Zugang und das Verständnis von Planungsergebnissen für Experten und interessierte Laien, somit für ein breites Publikum.

Die EASyQuart-Webseite (<https://www.ufz.de/easyquart>) bietet einen Einstieg in das Forschungsprojekt und liefert Informationen über das Vorhaben. Regelmäßig werden Neuigkeiten zu laufenden Aktivitäten aktualisiert. Das Projektteam wird ebenso vorgestellt und EASyQuart-Veröffentlichungen sowie Konferenzbeteiligungen sind aufgelistet.

8.2 Ausblick

Nach der sehr stark methodisch orientierten Projektphase von EASyQuart soll in potenziellen Nachfolgeaktivitäten die praktische Anwendbarkeit der entwickelten Methoden und Instrumentarien unter realen Bedingungen demonstriert werden. Weiterhin sind partielle methodische Lücken insbesondere im Bereich der numerischen Methoden zu schließen. Spezifische methodische Weiterentwicklungen sind auf den Gebieten von Unsicherheitsanalysen und der optimalen Positionierung von Erdwärmesonden erforderlich, die zwar wissenschaftlich gut erforscht sind, jedoch für die eher mittelständisch geprägte Planungsbranche zeit- und kosteneffizient aufbereitet werden müssen. Gegenstand von Nachfolgeaktivitäten ist somit vorrangig die praxiswirksame Ertüchtigung und Umsetzung von Konzepten, Workflows und Instrumentarien eines standortbezogenen daten- und wissensbasierten Entscheidungshilfesystems in Bezug auf die thermische Versorgung zum Heizen und Kühlen unter Nutzung oberflächennaher geothermischer Ressourcen. Die in EASyQuart erarbeiteten Entscheidungshilfen sind von Handlungsempfehlungen hin zu einem ganzheitlichen digitalen Prognoseinstrumentarium zu entwickeln, welches die Grundlage für die Erstellung digitaler Zwillinge für geothermische Standorte bildet. Damit soll eine koordinierte geothermische Erschließung großer Einheiten wie z. B. Stadtquartiere ermöglicht werden.

Das avisierte digitale Prognoseinstrumentarium basiert auf der Entwicklung und Erweiterung von Workflows, Algorithmen, Schnittstellen und praxistauglichen Softwarekomponenten, die wesentlich über in der aktuellen Dimensionierungspraxis verwendete Mittel hinausgehen. Es soll perspektivisch in einer frühen Phase der Entwicklung von Quartiersprojekten für die Erstellung von Machbarkeitsstudien und auch im eigentlichen Planungsprozess zum Einsatz kommen. Kriterien für eine wirtschaftliche und nachhaltige Dimensionierung der betrachteten energetischen Systeme sind dabei die Einsparung von Primärenergie und Verminderung des CO₂-Ausstoßes durch optimierte Betriebsregimes der Haustechnik, die Wirtschaftlichkeit der lokalen Wärmenetze sowie die ökologische Ressourcennutzung, insbesondere bezüglich der nachhaltigen Nutzung von Grundwassersystemen. Damit können im Dimensionierungsprozess präzisere Aussagen zu Quantität, Qualität und Lokalisierung von Komponenten oberflächennaher Geothermiesysteme erwartet werden, als sie in der gegenwärtigen Praxis möglich sind. Außerdem werden damit wirtschaftlich nachteilige Über- oder Unterdimensionierungen derartiger Systeme vermieden. Zudem ist die weitere Flexibilisierung von Dimensionierungsverfahren und regulativen Rahmenbedingungen Ziel von Nachfolgeaktivitäten.

Die Projektergebnisse von EASyQuart ermöglichen es, in nachfolgenden Forschungsarbeiten innovative Verfahren für Erkundung und Monitoring im Untergrund und in der Haustechnik, für die numerische Simulation komplexer Vorgänge im Untergrund, den Netzwerken und in der Haustechnik, für die Gestaltung digitaler Zwillinge für Energiesysteme sowie für die integrierte 3D-Visualisierung heterogener Daten als wissenschaftliche bzw. technische Komponenten in das zuvor erwähnte digitale Planungsinstrumentarium und die Entscheidungshilfen einzubringen. Zur Demonstration seiner Leistungsfähigkeit ist das gesamte Instrumentarium zur Erstel-

lung und Parametrisierung des digitalen Zwillings eines realen Standorts zu nutzen und kann an diesem Modell kontinuierlich mit aktualisierten Daten erprobt werden.

Als wesentlicher und öffentlichkeitswirksamer Bestandteil von Nachfolgeaktivitäten wurden aus EASyQuart heraus Vorschläge für Forschungsarbeiten zur Entwicklung und Erprobung von Maßnahmen zur Kommunikation der Bedeutung und der Nutzungsmöglichkeiten oberflächennaher geothermischer Ressourcen für unterschiedliche Zielgruppen wie Entscheider, Nutzer und die breite Öffentlichkeit entwickelt. Diese Maßnahmen können durch Methoden der computergestützten integrierten Visualisierung heterogener Daten oberflächennaher geothermischer Systeme anschaulich unterstützt werden.

Aus EASyQuart heraus entwickelte und in nachfolgenden Vorhaben erweiterte sowie verbesserte Konzepte, Workflows, Verfahren, Formate, Maßnahmen, Plattformen und Softwarekomponenten sind als beispielhafte Lösungen konzipiert, deren Nutzung den Akteuren eines Dimensionierungsprozesses von Erdwärmesondensystemen für Machbarkeitsstudien und Planungen bzw. den verschiedenen Akteuren der Geothermiebranche für die Kommunikation zur Verbesserung von Kenntnis und Akzeptanz der Technologie empfohlen wird und die somit verbesserte Standards definieren sollen. Neue Erkenntnisse werden zur Verbesserung des Prozess-, Methoden- und Systemverständnisses der betrachteten geothermischen Anlagen als Voraussetzung für einen zuverlässigen Planungsprozess zur energieeffizienten und ökologisch nachhaltigen Gebäudeversorgung mit thermischer Energie basierend auf regenerativen Quellen erwartet. Zudem sind umfangreiche Analysen von Potenzialen und Limitierungen unterschiedlicher spezifischer Komponenten der technischen und digitalen Dimensionierungsinstrumentarien von Interesse (z. B. Erkundungs- und Monitoringverfahren, numerische Unsicherheitsanalysen und Optimierungskonzepte, gekoppelte numerische Simulationen von Untergrund, Netzwerken und Anlagentechnik). Ein auf Basis von Erkundungs- und Monitoringdaten eines realen Standorts erstellter digitaler Zwilling eines Erdwärmesondensystems ist geeignet, die Beurteilung des Leistungsumfanges der betrachteten Prognoseinstrumentarien zu unterstützen. Außerdem hilft er, mit seiner komplexen Modellgestaltung das Systemverständnis geothermischer Gesamtanlagen bestehend aus Untergrund- und Haustechnikkomponenten zu verbessern.

Nicht zuletzt trägt die 3D-Visualisierung eines digitalen Zwillings dazu bei, Dialog- und Kommunikationsformate zur Verbesserung von Bekanntheit und Akzeptanz geothermischer Nutzungen des oberflächennahen geologischen Raumes zu entwickeln und zu erproben.

Zukünftige Forschung beinhaltet idealerweise die folgenden Aspekte:

- Erarbeitung von Konzepten und Erprobung von Instrumentarien für die effiziente, hochaufgelöste hydrogeologische und geophysikalische Standorterkundung zur Verbesserung der geologischen Datenbasis,
- Aufbereitung von Methoden numerischer Unsicherheitsanalysen für Untergrundsimulationen zum praxiswirksamen Einsatz im Dimensionierungsprozess von Erdwärmesondensystemen,

- Entwicklung digitaler Instrumentarien für die optimierte Positionierung von Erdwärmesonden unter Berücksichtigung konkreter Standortbedingungen,
- Erstellung und kontinuierliche Anpassung digitaler Zwillinge für reale Standorte von Erdwärmesondensystemen,
- Medien-, Öffentlichkeits- und Expertenanalysen zur Untersuchung des Ist-Zustandes der Wahrnehmung der oberflächennahen Geothermie in der Bevölkerung sowie zur Untersuchung von Bedarfen für die Positionierung des Themas auf unterschiedlichen Ebenen,
- Entwicklung und Erprobung von Dialogformaten und Mitmachaktionen in öffentlichen und institutionellen Räumen für Kommunikationsmaßnahmen zur oberflächennahen Geothermie für unterschiedliche Zielgruppen,
- Bewertung von Konzepten und digitalen Planungsinstrumentarien für die Dimensionierung von Erdwärmesondensystemen bezüglich ihrer Potenziale zur Integration in übergeordnete Energiesystemanalysen und zur Nutzung bei der thermischen Versorgung von Bestandsbauten sowie
- Erarbeitung spezifischer Vorschläge für weitere Flexibilisierungen von Dimensionierungsverfahren und regulativen Rahmenbedingungen.

8.3 Erfolgte und geplante Veröffentlichungen der Ergebnisse

8.3.1 Publikationen in Fachzeitschriften

Bucher A, Kolditz O, Grimm R et al. (2021) *EASyQuart – Energieeffiziente Planung oberflächennaher geothermischer Systeme für Quartiere*. Geothermische Energie 99:16–17

Cai W, Wang F, Chen S et al. (2022) *Importance of long-term ground-loop temperature variation in performance optimization of Ground Source Heat Pump system*. Appl Therm Eng 204:art. 117945

Randow J, Chen S, Lubashevsky K et al. (2022) *Modeling neighborhood-scale shallow geothermal energy utilization – a case study in Berlin*. Geotherm Energy 10:art. 1

Randow J, Satke P, Bucher A et al. (2023) *A software interface for coupled underground and facility simulations between OpenGeoSys and Modelica*. (in Vorbereitung für Appl Therm Eng)

Richter S, Lubashevsky K, Randow, J et al. (2023) *Global Sensitivity Analysis and Uncertainty Quantification for Design Parameters of Shallow Geothermal Systems*. (in Vorbereitung für Geotherm Energy)

Rink K, Şen ÖO, Schwanebeck T et al. (2022) *An environmental information system for the exploration of energy systems*. Geotherm Energy 10:art. 4

8.3.2 Tagungsbeiträge mit Abstracts und/oder Publikationen in Tagungsbänden

Chen S, Randow J, Lubashevsky K et al. (2021) *Modeling neighborhood-scale shallow geothermal energy utilization – a case study in Berlin*. In: Book of abstracts of the EGU General Assembly 2021, online, 19–30 April 2021, EGU21-10082, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu21-10082>

Hastreiter N, Vienken T (2021) *Determining heat losses from buildings to better predict and quantify formation of groundwater urban heat islands*. In: Book of Abstracts of the 48th IAH Congress 2021, Brussels, 06–10 September 2021

Hastreiter N, Vienken T (2022) *An innovative temperature monitoring approach to ensure the sustainable use of shallow geothermal energy on quarter scale*. In: Book of abstracts of the EGU General Assembly 2022, Vienna, 23–27 May 2022, EGU22-11801, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu22-11801>. Zugegriffen: 05.07.2022

Hastreiter N, Vienken T (2022) *Investigating thermal stressors upon shallow urban aquifers*. In: Book of abstracts of the Sustain Valencia 2022 conference, Valencia, 06–08 October 2022, EGU22-11801, <https://drive.google.com/file/d/1C6oJZjss5tAvQUZoKAcbLvi2YiCZWbsb/view?pli=1>. Zugegriffen: 08.12.2022

Randow J (2020) *Wärmestromanalyse von Tief-Erdwärmesonden*. In: Tagungsband zu Der Digitale Geothermiekongress 2020.

Randow J, Satke P (2022) *Entwicklung einer Softwareschnittstelle für gekoppelte Untergrund- und Gebäudetechniksimulationen zwischen OpenGeoSys und Modella*. In: Book of abstracts of the European Geothermal Congress 2022, Berlin, 17–21 October 2022

Richter S, Lubashevsky K, Randow J et al. (2022) *Sensitivitäts- und Unsicherheitsanalysen für auslegungsrelevante Parameter oberflächennaher Erdwärmesonden*. In: Book of abstracts of the European Geothermal Congress 2022, Berlin, 17–21 October 2022

Satke P, Randow J, Richter S et al. (2022) *Dynamische Gebäudesimulationen auf Quartiersebene einschließlich Heiztechnik im geothermisch versorgten kalten Nahwärmenetz*. Vortrag zur GeoTHERM expo & congress, Offenburg, 02–03 June 2022

Vienken T, Hastreiter N, Pohle M et al. (2021) *Geothermal exploration on neighbourhood scale – potentials and limitations*. In: Book of Abstracts of the 48th IAH Congress 2021, Brussels, 06–10 September 2021

8.3.3 Studentische und wissenschaftliche Qualifikationen

Chen S (2022) *Numerical modelling of multiple borehole heat exchanger array for sustainable utilization of shallow geothermal energy*. Doktorarbeit, Technische Universität Dresden

- Kroll P (2021) *Statistische Auswertung der Arbeitszahl von unterschiedlichen Sole-Wasser-Wärmepumpen einer seit 13 Jahren in Betrieb befindlichen Anlage*. Bachelorarbeit, Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur (HTWK) Leipzig
- Lubashevsky K (2021) *Globale Sensitivitätsanalyse mithilfe von Sobol'-Indizes*. Seminararbeit, Technische Universität Chemnitz
- Lubashevsky K (2022) *Sobol'-Sensitivitätsanalyse der Untergrundparameter bei der Simulation von oberflächennaher Geothermie mithilfe von Gauß-Prozess-Emulatoren*. Masterarbeit, Technische Universität Chemnitz
- Müller J (2022) *Untersuchungen zu Möglichkeiten und Grenzen einer geothermischen Quartiersversorgung am Beispiel des Baugebietes „Am Kirchfeld“ in Unterzeitldorn*. Masterarbeit, TU München Campus Straubing für Biotechnologie und Nachhaltigkeit
- Randow J (2020) *Heat flux analysis of deep borehole heat exchangers*. Masterarbeit, Hochschule für Wirtschaft, Technik und Kultur (HTWK) Leipzig
- Satke P (2022) *Entwicklung und Analyse von Modellen für energetische Gebäude- und Anlagensimulationen mit Geothermie auf Quartiersebene*. Masterarbeit, Hochschule für Wirtschaft, Technik und Kultur (HTWK) Leipzig

8.3.4 Sonstige Publikationen und/oder Tagungsbeiträge

- Bucher A (2021) *Einleitung und Vorstellung Projekt EASyQuart*. Vortrag zum Workshop: Status FE-Projekt EASyQuart. Der Geothermiekongress, Online-Veranstaltung, 30 November–02 December 2021
- Bucher A, Vienken T, Hastreiter N et al. (2022) *Das Verbundprojekt EASyQuart – Erste Anregungen aus den Projektergebnissen*. Vortrag zum Workshop der Projektgruppe Energie, Nachhaltiges Bauen und Gebäudeautomation der Ingenieurkammer Sachsen, Dresden, 30 June 2022
- Hastreiter N (2021) *Erkundung oder Literaturwerte?* Vortrag zum Workshop: Status FE-Projekt EASyQuart. Der Geothermiekongress, Online-Veranstaltung, 30 November–02 December 2021
- Hastreiter N, Vienken T (2022) *Projektergebnisse EASyQuart: Erkundung und Monitoring*. Vortrag zum EASyQuart-Anwenderworkshop. Leipzig, 06 September 2022
- Randow J (2021) *EASyQuart und seine Bedeutung für die Wohnungswirtschaft*. Vortrag zum geoENERGIE-Tag 2021, Freiberg, 30 September 2021
- Randow J (2022) *EASyQuart – Energieeffiziente Auslegung und Planung dezentraler Versorgungsnetze zum Heizen und Kühlen von Stadtquartieren unter Nutzung des oberflächennahen geologischen Raumes*. Vortrag zum Tag der Nachwuchsforschung 2022, HTWK Leipzig, 08 June 2021
- Randow J, Chen S, Lubashevsky K et al. (2021) *Modellierung der Nutzung oberflächennaher Geothermie auf Quartiersebene – Eine Fallstudie in Berlin*. Der Geothermiekongress, Online-Veranstaltung, 30 November–02 December 2021
- Randow J, Bucher A, Görke U J (2022) *EASyQuart – Energieeffiziente Planung oberflächennaher geothermischer Systeme für Quartiere* Postervortrag zum Geo-

symposium „150 Jahre Geologischer Dienst in Sachsen“, Freiberg, 22–23 June 2022

Richter S, Randow J (2021) *Wie (un)sicher sind Untergrundsimulationen?* Vortrag zum Workshop: Status FE-Projekt EASyQuart. Der Digitale Geothermiekongress, Online-Veranstaltung, 30 November–02 December 2021

Richter S, Lubashevsky K (2022) *Projektergebnisse EASyQuart: Sensitivitätsanalyse und Unsicherheitsanalyse* Vortrag zum EASyQuart-Anwenderworkshop. Leipzig, 06 September 2022

Satke P, Randow J, Schönfelder S (2021) *Die Last mit den Lastfällen.* Vortrag zum Workshop: Status FE-Projekt EASyQuart. Der Geothermiekongress, Online-Veranstaltung, 30 November–02 December 2021

Satke P, Randow J (2022) *Projektergebnisse EASyQuart: Kopplung zwischen Haustechnik- und Untergrundsimulation.* Vortrag zum EASyQuart-Anwenderworkshop. Leipzig, 06 September 2022

Open Access Dieses Kapitel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>) veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Kapitel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

