

Andrea Lück, Moritz Pollack, Mario Wolf & Eckhard Kraft

Innovative Ländliche Energiekonzepte

Sektorenkopplung von Land-, Abfall- und Abwasserwirtschaft

Kurzfassung

Das Projekt OLE zielte darauf ab, ländliche, strukturschwache Kommunen zu befähigen, innovative Energiekonzepte durch intra- und interkommunale Zusammenarbeit zu entwickeln und umzusetzen. Dazu wurden anhand der Modellkommune Am Ettersberg Modelle zur sektorübergreifenden Zusammenarbeit entwickelt und systematisch technische sowie institutionelle Voraussetzungen analysiert.

Das methodische Vorgehen zur Entwicklung der Energiekonzepte umfasste eine Bestands- und Potenzialanalyse, Konzeptualisierung sowie Bewertung der Konzepte. Der Fokus lag auf der energetischen Verwertung biogener Reststoffe und der Anwendung innovativer Technologien. Im Modellgebiet wurde die Nutzung vorhandener Infrastrukturen und Stoffströme in den Bereichen Energie, Abwasser und Landwirtschaft untersucht.

Die Übertragbarkeit der entwickelten Modelle auf andere ländliche Regionen wurde ebenfalls untersucht. Voraussetzung für den Erfolg sind unter anderem das Vorhandensein ausreichender Stoffströme und eine flexible Anpassung der Methodik an die lokalen Bedürfnisse.

Einleitung

Ziel des Projektes OLE war es, kommunale Entscheidungsträger in ländlichen, strukturschwachen Kommunen zu befähigen, innovative Energiekonzepte im Rahmen der intra- und interkommunalen Zusammenarbeit zu initiieren und umzusetzen. Damit sollen sie in die Lage versetzt werden, eine aktivere Rolle in der Bereitstellung und Bewirtschaftung ihrer Ressourcen einzunehmen. Hierfür wurden Modelle für eine Neuorganisation sektorübergreifender Zusammenarbeit der Daseinsvorsorge entwickelt, um Energie effizienter nutzen und regionale Wertschöpfung generieren zu können. Für solche Modelle wurden die technischen und institutionellen Voraussetzungen systematisch erhoben und beschrieben. Zudem wurde eine Methodik zur Auswahl geeigneter Konzepte und Modelle in spezifischen Betrachtungsräumen entwickelt und daraus Handreichungen zur konkreten Umsetzung in den Kommunen erstellt.

Die Erarbeitung und Verifizierung dieser Ergebnisse erfolgte anhand des Modellgebiets „Landgemeinde Am Ettersberg“, das wesentliche Merkmale der Situation in ländlichen, strukturschwachen Räumen in Deutschland aufweist.

Vorgehen

Um geeignete Energiekonzepte für das Untersuchungsgebiet zu identifizieren, wurde von den Forschern ein systematischer methodischer Ansatz gewählt (übernommen aus (Schluck und Sulzer 2017); (Schluck et al. 2017)). Dieser Ansatz basiert in erster Linie auf den empfohlenen Schritten für die kommunale Energieplanung ((Berger et al. 2020); (Antoni et al. 2022)), die die Durchführung einer gründlichen Bestandsanalyse, die Bewertung von Potenzialen und die Identifizierung von Handlungsoptionen beinhalten. Während frühere Modelle und Methoden für die erneuerbare Energieversorgung in Städten und Gemeinden verschiedene Arten von Biomasse berücksichtigt haben (z. B. (Hegger et al. 2015), (Caemmerer-Seibel et al. 2020), (Blesl et al. 2019)), fehlen Untersuchungen der Kombination von Rest-

stoffen in ländlichen Gebieten trotz ihres bedeutenden Potenzials ((Lück et al. 2019)).

Die Untersuchungen integrieren den konventionellen Ansatz der Ökobilanzierung (Ziel und Umfang - Lebenszyklusinventarisierung (von der Wiege bis zur Bahre) - Folgenabschätzung - Interpretation), der üblicherweise für die Bewertung von Abfallentsorgungspfaden (siehe (Zhang et al. 2021), (Sarigiannis et al. 2021)) und die Ressourcenplanung ((Hörnschemeyer et al. 2023)) verwendet wird. Diese etablierte Methodik soll auf die Bewertung von Biomasse im Zusammenhang mit der Versorgung von Kommunen mit erneuerbaren Energien angewendet werden und die dort bestehende Forschungslücke schließen. Dieser neuartige Ansatz erweitert nicht nur den bestehenden Rahmen, sondern fasst sich auch mit einem entscheidenden Aspekt der ländlichen Energieplanung, indem Stoffströme und ihre potenziellen Auswirkungen auf nachhaltige Energielösungen berücksichtigt werden.

Dieser Ansatz besteht aus den folgenden vier Schritten, die im Folgenden näher erläutert werden:

- Bestandsanalyse zur Bewertung der aktuellen technischen Infrastrukturen und biogenen Stoffströme in den analysierten Sektoren im Untersuchungsgebiet;
- Potenzialanalyse zur Identifizierung geeigneter Technologieoptionen, um biogene Reststoffe in energetische Potenziale zu überführen;

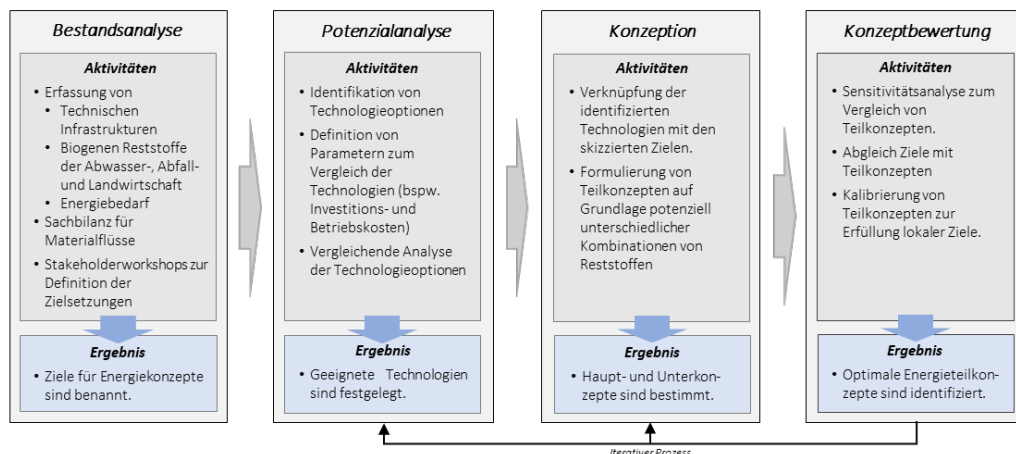
Das Projekt

„OLE – Organisation ländlicher Energiekonzepte“ ist ein Vorhaben der BMBF-Fördermaßnahme „Kommunen innovativ“.

In interkommunaler Zusammenarbeit wurden im nördlichen Landkreis Weimar innovative ländliche Energiekonzepte entwickelt. Die Konzepte bestehen aus der Kopplung von Land-, Abfall- und Abwasserwirtschaft. Auf Grundlage der Bestandsaufnahme sowie technischer Potenzialanalysen erarbeiteten die Projektbeteiligten passende Organisationsmodelle und überprüften die technischen und institutionellen Voraussetzungen für deren Umsetzung.

weitere Informationen zum Projekt:
» www.kommunen-innovativ.de/ole

Inhaltlicher Ablauf (Eigene Darstellung, übersetzt aus (Pollack et al. 2023)).



- Konzeptualisierung zur Definition von Energiekonzepten und deren Teilkonzepten;
- Konzeptbewertung zur Identifizierung der (Un-)Vorteile jedes Teilkonzeptes in Bezug auf das derzeitige System.

Modellgebiet

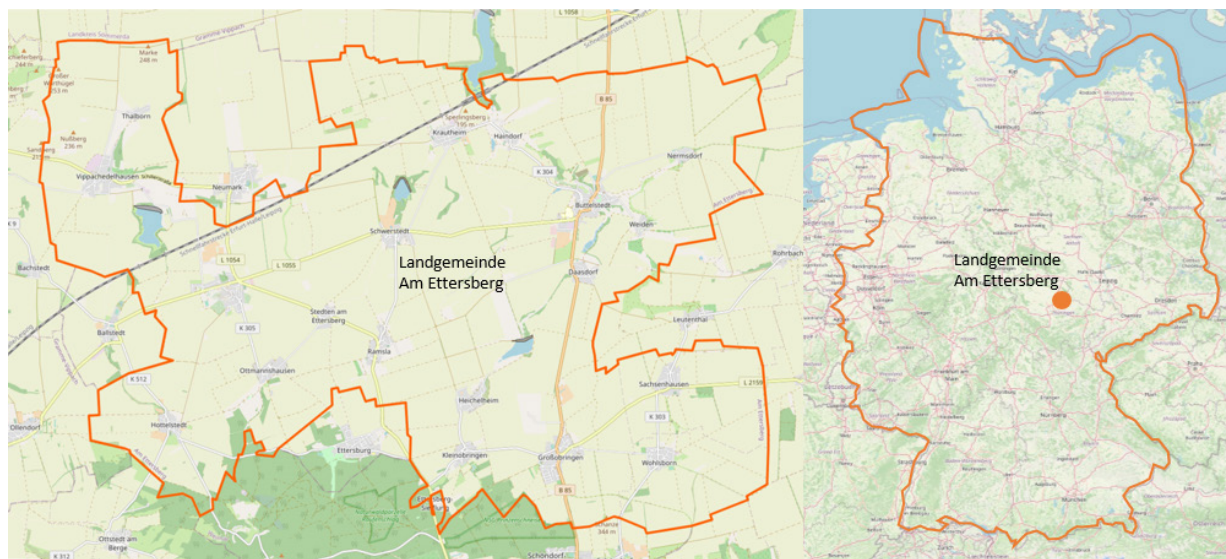
Die *Landgemeinde Am Ettersberg (LG AE)* liegt nördlich von Weimar und umfasst 92,42 km² mit einer Bevölkerung von 7.098 Einwohner*innen (Daten aus dem Jahr 2019) (Statistik 2024). Die Thüringer Landesregierung regte u.a. aufgrund des demographischen Wandels eine Gebietsreform auf Kreis- und Gemeindeebene in den Jahren 2018 und 2019 an, mit dem Ziel leistungsfähigere Verwaltungs-, Landkreis- und Gemeindestrukturen zu schaffen.

Lage der Landgemeinde Am Ettersberg (Quelle: Open-StreetMap).

Von diesen strukturellen Änderungen ist die LG AE betroffen: Im Zuge der Gebietsreform wurde die bis zum 31.12.2018 bestehende Verwaltungsgemeinschaft „Nordkreis Weimar“ aufgelöst. Seit dem 1.1.2019 besteht die Landgemeinde „Am Ettersberg“, zu der 19 Gemeinden zählen. Darüber hinaus ist die Landgemeinde erfüllende Gemeinde für die drei Gemeinden Ballstedt, Ettersburg und Neumark.

Der *Abwasserzweckverband Nordkreis Weimar (ANW)* ist im Modellgebiet ansässig. Er ist Aufgabenträger der Abwasserbewirtschaftung für dessen Verbandsmitglieder und somit zuständig für die Erstellung des Abwasserbeseitigungskonzepts in seinem Verbandsgebiet.

Das Verbandsgebiet umfasst 24 Siedlungsgebiete, die in den 5 Mitgliedsgemeinden



(Am Ettersberg, Ettersburg und Ballstedt, Stadt Neumark sowie die Gemeinde Ilmtal-Weinstraße mit den Ortschaften Leutenthal und Rohrbach) liegen.

Im Verbandsgebiet sind 4.000 Einwohner*innen ohne Anschluss an eine Abwasserbehandlung. Daher besteht akuter Handlungsbedarf und gleichzeitig die Möglichkeit der Umsetzung ressourceneffizienterer Systeme, die eine Synergie zwischen verschiedenen Sektoren ermöglichen. Für die bereits angeschlossenen 5.000 Einwohner*innen findet eine kostenintensive Entsorgung der Fäkal-schlämme ins 35 km entfernte Erfurt statt. Die Fäkalschlämme könnten jedoch Vorort zur Energiegewinnung eingesetzt werden.

Im Bereich der Abfallwirtschaft wurden insbesondere die biogenen Abfallfraktionen Bioabfall und Grünschnitt betrachtet. Im Landkreis Weimarer Land, in dem die LG AE liegt, erfolgt noch keine getrennte Erfassung des Bioabfalls. Dies wird begründet durch den zuständigen Abfallentsorger, die Kreiswerke Weimarer Land, mit der Zielsetzung einer „flächendeckenden Eigenkompostierung“. Daher existieren hier Potenziale zur energetischen Verwertung der in den Gemeinden entstehenden Ressourcen.

Das Modellgebiet ist ländlich geprägt mit einer Vielzahl an landwirtschaftlichen Betrieben. Die *Erzeugergenossenschaft Neumark eG* (im Weiteren: EG Neumark) ist eines der größten landwirtschaftlichen Unternehmen im Gebiet mit 4.000 ha landwirtschaftlicher Fläche und 1.600 Kühen. Sie betreibt eine Biogasanlage (BGA) (Strom-output 4,2 Mio. kWh/Jahr) und eine Photovoltaikanlage (365 kWp). Aufgrund der Novellierungen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) sehen sich die Betreiber der BGA zunehmend dem Druck ausgesetzt, das bisherige Geschäftsmodell zu überdenken und hierbei weitere Substrate wie bspw. aus der Abwasser- oder Abfallwirtschaft in ihren Planungen zu berücksichtigen. Ebenfalls sehen sie Potenziale in der Herstellung von Biomethan zum Betrieb der landwirtschaftlichen oder kommunalen Fahrzeuge.

Ein weiterer, großer landwirtschaftlicher Akteur im Modellgebiet ist die *Agrargenos-*

schaft Großobringen eG. Die Genossenschaft steht für die Erzeugung, Lagerung, Verarbeitung und Vermarktung landwirtschaftlicher Produkte, sowie für den gemeinschaftlichen Einkauf von Material, Betriebsstoffen und anderen landwirtschaftlichen Bedarfsgegenständen. Es steht die gemeinschaftliche Bewirtschaftung der den Mitgliedern gehörenden, der genossenschaftseigenen und sonstigen angepachteten landwirtschaftlichen Nutzflächen im Mittelpunkt. Zudem werden landwirtschaftliche Dienstleistungen aller Art erbracht und die gemeinschaftliche Nutzung landwirtschaftlicher Betriebseinrichtungen und Maschinen ermöglicht.

Die AG Großobringen bewirtschaftet mit 17 Mitarbeiter*innen ca. 1.800 ha landwirtschaftliche Nutzfläche für die Pflanzenproduktion. Im Bereich der Tierproduktion verfügt die Genossenschaft über 650 Zucht-sauen. Die anfallende Gülle wird auf dem Gelände gesammelt und als organischer Dünger auf den Ackerflächen eingesetzt.

Ergebnisse im Modellgebiet

Die *Bestandsanalyse* im Modellgebiet umfasste verschiedene Stoff- und Energieströme sowie Infrastrukturen in den Sektoren Energie, Abwasser, Abfall und Landwirtschaft.

Für die intra- bzw. interkommunale Sektorenkopplung ergaben sich verschiedene Technologieoptionen zur energetisch optimierten Behandlung und Verwertung von Stoffströmen im Zuge der *Potenzialanalyse*. Besonderes Augenmerk wurde auf Technologien gelegt, die eine gemeinsame Behandlung mehrerer Stoffströme aus verschiedenen Sektoren ermöglichen. Manche Technologieoptionen sind bisher (noch) hauptsächlich Gegenstand der Forschung, andere finden bereits eine weite Verbreitung in der Praxis. Für die im Modellgebiet verfügbaren Stoffströme wurden die folgenden Technologieoptionen identifiziert.

Erfasste
Infrastruktur-
systeme und
Stoffströme im
Projekt OLE

Quelle: OLE

	Energie	Abwasser	Abfall	Landwirtschaft
Stoff-/ Energieströme	Energiebedarf (Strom, Wärme, Kraftstoff) • Private Haus- halte • Kommune • Gewerbe & Industrie	Klärschlamm	• Bioabfall • Privater Grün- schnitt • Kommunaler Grünschnitt	• Gülle • (Rest-)Stroh • Landschafts- pflegematerial
Infrastruktur	vorhandene Ener- gieerzeugungsan- lagen	• Vorbehand- lungen • Entsorgungs- pfade • Behandlungs- anlagen	• Sammelsys- teme • Entsorgungs- pfade • Behandlungs- anlagen	Biogasanlagen
Datenquellen	• Kommunale Wärmepla- nung • TRAIL	Abwasserentsor- ger*innen	Entsorger*innen	• Landwirt- schaftsbe- triebe • TRAIL • DBFZ

Gewinnungsoptionen:

- Getrennte Bioabfallsammlung (Praxis)
- Strohballengewinnung (Praxis)

Verwertungstechnologien:

- Wärmenetz (Praxis)
- Mobiler Wärmespeicher (Forschung)
- Biomethaneinspeisung (Praxis)
- Biomethantankstelle (Praxis)

*Umwandlungstechnologien (inkl. Subs-
trataufbereitung/Hygienisierung):*

- Hydrothermale Carboni-
sierung (Forschung)
- Biogasanlage mit BHKW (Praxis)
- Biogasanlage mit Aufberei-
tung zu Biomethan (Praxis)
- Gasifikation (Forschung/Praxis)
- Pyrolyse (Forschung)
- Verbrennung (Praxis)

Entsorgungstechnologien (status-quo):

- Müllverbrennungsanlage (Praxis)
- Kompostierung (Praxis)
- Externe Klärschlamm-
entsorgung (Praxis)
- Direkte Gülleausbringung (Praxis)

Die Unterscheidung zwischen intra- und interkommunaler Sektorenkopplung ergab sich weniger aus den einzelnen Technologieoptionen selbst, sondern vielmehr

aus dem örtlichen Bezug der jeweiligen Stoffströme und der Verwertung der erzeugten Produkte. Es ist entscheidend, wie die Technologien in einem integrierten Ansatz eingesetzt werden, um eine effiziente intra- bzw. interkommunale Sektorenkopplung zu ermöglichen.

Für die *Konzeptentwicklung* erfolgte zunächst ein Abgleich der identifizierten Technologieoptionen mit den Zielsetzungen der regionalen Akteure. Hieraus leiten sich die Hauptkonzepte ab. Die drei für die Landgemeinde aufgestellten Hauptkonzepte mit ihren jeweiligen Zielsetzungen werden in der folgenden Tabelle aufgezeigt.

Durch Variation der jeweils zu berücksichtigenden Stoffströme und gleichwertiger Technologieoptionen können ausgehend von den Hauptkonzepten Unterkonzepte abgeleitet werden. Für die Landgemeinde Am Ettersberg ergaben sich dadurch 73 Unterkonzepte.

Die *Bewertung der entwickelten Konzepte* erfolgte hinsichtlich der identifizierten Kriterien (wie Kosten, Erlöse, Treibhausgasemissionen, Treibhausgasgutschriften und Energieaufwand. Dies ermöglicht eine systematische Analyse der Konzepte im Hinblick auf ihre Effizienz und Nachhaltigkeit. Die Berechnungsergebnisse hinsichtlich CO₂-Vermeidungskosten, CO₂-Vermeidungspotenzial und Investitionskosten für die Unterkonzepte

Konzepte	Zielsetzungen
Konzept 1 <ul style="list-style-type: none"> Nutzung der bestehenden Biogasanlage mit Wärmenetz für eine Ortschaft 	<ul style="list-style-type: none"> Möglichst hohe Wärmebereitstellung Kosten-/Emissionsoptimierung
Konzept 2 <ul style="list-style-type: none"> Neubau Biogasanlage 	<ul style="list-style-type: none"> Kaskadennutzung Schweinegülle Kosten-/Emissionsoptimierung
Konzept 3 <ul style="list-style-type: none"> Optimierte Klärschlammensorgung 	<ul style="list-style-type: none"> Kosten-/Emissionsoptimierung (Abwasserzweckverband)

Hauptkonzepte für die Landgemeinde Am Ettersberg
Quelle: OLE

des Modellgebiets sind in der folgenden Abbildung dargestellt dargestellt.

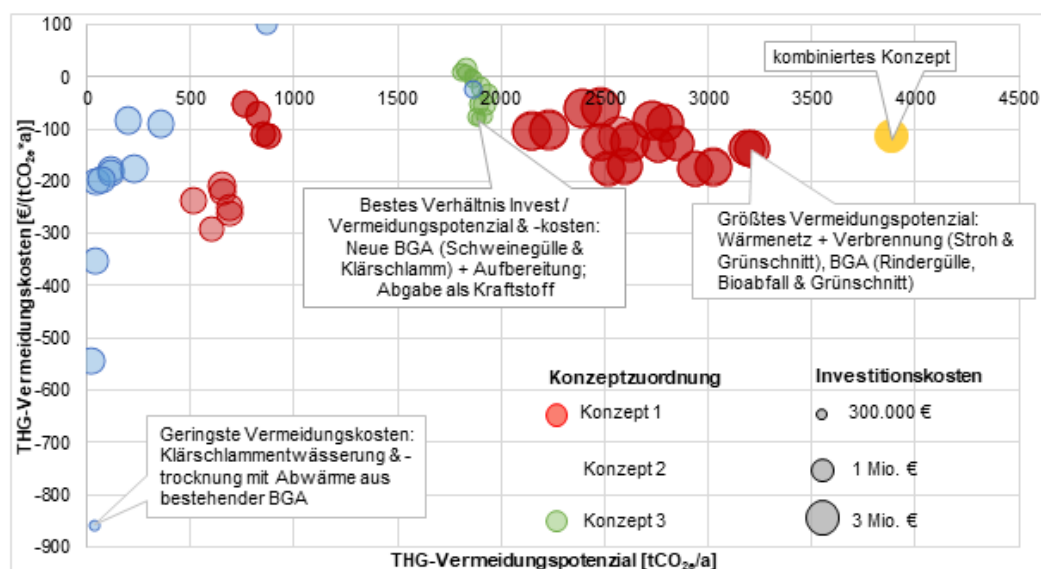
Es ist wichtig sicherzustellen, dass die Haupt- und Unterkonzepte den spezifischen Anforderungen und Zielen des Modellgebiets entsprechen. Die Beteiligung der regionalen Akteure in diesem Prozess ist entscheidend, um sicherzustellen, dass die ausgewählten Technologieoptionen die lokalen Bedürfnisse und Zielsetzungen berücksichtigen. Die Bewertung der Konzepte sollte unter Berücksichtigung der zuvor identifizierten Kriterien erfolgen, um eine umfassende und vergleichbare Analyse zu ermöglichen.

Übertragbarkeit

Um die erarbeitete Methodik und die entwickelten Modelle erfolgreich in vergleichbaren Kommunen bzw. Regionen anzuwenden, sollten bestimmte Kriterien erfüllt sein.

Die entwickelte Methodik wurde gezielt für kleinere ländliche Gemeinden konzipiert und ist daher besonders geeignet für Regionen mit ähnlichen Merkmalen, wie begrenzte Ressourcen und eine ländliche Struktur.

Ein wesentlicher Fokus der Methodik liegt auf der Optimierung der Verwertungswege durch die Kombination verschiedener Stoffströme. Daher ist die Anwendung der Methodik insbesondere zielführend, wenn organische Stoffströme in der Gemeinde noch nicht



Ergebnisse des Konzeptvergleichs für das Modellgebiet
Quelle: OLE

optimal verwertet werden und es entsprechend Potenzial für Verbesserungen gibt.

Ein weiteres wichtiges Kriterium ist das *Vorhandensein der relevanten Stoffströme in ausreichenden Mengen*. Dies ist entscheidend für die wirtschaftliche und nachhaltige Umsetzung der entwickelten Modelle.

Zudem ist zu beachten, dass die *Anwendung der Methodik flexibel* ist und sich an die spezifischen Zielsetzungen der lokalen Akteure anpassen kann. Je nach den individuellen Zielen und Prioritäten der Gemeinde können unterschiedliche Konzepte resultieren, die anhand der Methodik bewertbar sind.

Zur Kommunikation und Zugänglichkeit der erarbeiteten Ergebnisse wurde eine Mixed-Reality-Anwendung erarbeitet. Diese ist unter <https://360-degree.education/OLE/> abrufbar.

Die Autor*innen

Andrea Lück; Bauhaus-Universität Weimar, Wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Professur Betriebswirtschaftslehre im Bauwesen; andrea.lueck@uni-weimar.de

Moritz Pollack; Bauhaus-Universität Weimar, Wissenschaftlicher Mitarbeiter an den Professuren Bauphysik und Ressourcenwirtschaft; moritz.pollack@uni-weimar.de

Mario Wolf; Bauhaus-Universität Weimar, Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Professur Ressourcenwirtschaft; ulrich.mario.wolf@uni-weimar.de

Eckhard Kraft; Bauhaus-Universität Weimar, Leiter der Professur Ressourcenwirtschaft, waste@bauing.uni-weimar.de

Zum Weiterlesen

Biastoch, G. (2021): Potentialanalyse zur integrierten Behandlung kommunaler Organikstoffströme in Thüringen. Vortrag 13. Nordhäuser Sekundärrohstoff-Workshop, 28. - 29. Oktober 2021 in Nordhausen

Lück, A. (2022): Modell zur Wahl von Geschäftsmodellen für Produkte neuartiger Sanitärsysteme. Dissertation, Weimar.

Lück, A. (2023): Modell zur Wahl von Geschäftsmodellen für neuartige Sa-

nitärsysteme. Deutsche Gesellschaft für Abfallwirtschaft e.V..In Zusammenarbeit mit dem CREM Institute – Circular I Resource I Engineering I Management der Technischen Universität Hamburg (Hg.) (2023). S. 109-114. <https://doi.org/10.15203/99106-095-6>

Lück, A.; Pollack, M.; Bieschke, N.; Wolf, M.; Reinhardt, S. (2024): Leitfaden zur Erstellung ländlicher Energiekonzepte, Bauhaus-Universität Weimar, Weimar. Link: <https://www.uni-weimar.de/de/bau-und-umwelt/forschung/projekt-ole/ergebnisse/>

Pollack, M.; Lück, A.; Wolf, M.; Kraft, E.; Völker, C. (2023): Energy and Business Synergy:

Leveraging Biogenic Resources from Agriculture, Waste, and Wastewater in German Rural Areas. Sustainability 2023, 15, 16573. <https://doi.org/10.3390/su152416573>

Wehking, Florian, Wolf, Mario, Pollack, Moritz, Lück, Andrea: Mixed-Reality-Anwendung: <https://360-degree.education/OLE/>

Wolf, M.; Pollack, M.; Lück, A. (2023): Erkenntnisse aus dem BMBF-Projekt OLE: Organisation sektorübergreifender Energiesysteme für ländliche Gemeinden. In Konferenz: Thüringer Nachhaltigkeitsforum 2023. 25. Oktober, Workshop, Apolda.

Wolf, M.; Bieschke, N. (2023): Erkenntnisse aus dem BMBF-Projekt OLE: Organisation ländlicher Energiekonzepte. In Konferenz: 13. Kommunale Informations-Börse Thüringen. 27. September, Vortrag, Erfurt.

Wolf, M. (2023): Praxisbeispiel: Energiegewinnung aus Abwasser mit Regen-, Grau- und Schwarzwasser. In Konferenz: Future 4 Now. Immobilien. machen.Zukunft.jetzt. 20. April 2023, Vortrag, ZIA Akademie, Berlin.

Literatur

» Antoni, Oliver; Kluge, Christian; Knies, Jürgen; Balling, Victoria; Benz, Steffen; Schneller, Andreas; Wegner, Nils (2022): Handlungsempfehlungen für ein Planungsmodell der kommunalen Wärmeplanung auf Grundlage kommunaler Erfahrungswerte und dessen rechtlicher Implementierung. Unter Mitarbeit von Universität Bremen. Online verfügbar unter <https://>

- stiftung-umweltenergierecht.de/wp-content/uploads/2022/12/KoWaP_Handlungsempfehlungen_kommunale-Waermeplanung_2022-12-15.pdf, zuletzt geprüft am 21.05.2024.
- » Berger, Karl; Hauer, Stefan; Peters-Anders, Jan et al. (2020): Digitale Energieplanung & Optimierung urbaner Regionen - Herausforderungen, Best-Practice-Beispiele & Handlungsempfehlungen.
 - » Blesl, M.; Stehle, M.; Brodecki, L.; Groß, P.; Grassl, G.; Reiser, S. et al. (2019): Systemanalyse für die städtische Energieplanung mit einem modularen Planungsinstrument - methodische Grundlagen und Fallbeispiele: Endbericht: Universität Stuttgart. Online verfügbar unter <https://books.google.de/books?id=JAQHzwECAAJ>.
 - » Caemmerer-Seibel, Uwe; Lück, Andrea; Osman, Ammar; Kiesel, Gerd; Völker, Conrad; Alfen, Hans Wilhelm; Cebulla, Daniel (2020): Energy Transition in Rural Areas – Supporting Local Energy Planning by the Development of an Online-Tool for Identification and Promotion of Energy-Efficiency and the Use of Renewables. In: Vincenzo Corrado, Enrico Fabrizio, Andrea Gasparella und Francesco Patuzzi (Hg.): Proceedings of Building Simulation 2019: 16th Conference of IBPSA. Building Simulation 2019. Rome, Italy, 02.09.2019 - 04.09.2019: IBPSA (Building Simulation Conference proceedings), S. 2619–2626.
 - » Hegger, Manfred; Dettmar, Jörg; Meinberg, Thomas; Drebes, Christoph; Schulze, Joachim; Sieber, Sandra; Sylla, Ousmane (2015): EnEff:Stadt - UrbanReNet Phase 2: Weiterführung und inhaltliche Vertiefung des Forschungsprojektes UrbanReNet - Vernetzte regenerative Energiekonzepte im Siedlungs- und Landschaftsraum. Technische Universität Darmstadt. Darmstadt. Online verfügbar unter https://www.researchgate.net/profile/Christoph-Drebes/publication/311100484_UrbanReNet_II_-_Weiterentwicklung_des_Bilanzmodells_der_Phase_I_zu_einem_quartiersbezogenen_Vernetzungsmodell/links/583d7c9308aeda696806d93f/UrbanReNet-II-Weiterentwicklung-des-Bilanzmodells-der-Phase-I-zu-einem-quartiersbezogenen-Vernetzungsmodell.pdf, zuletzt geprüft am 21.05.2024.
 - » Hörnschemeyer, Birgitta; Söfker-Rieniets, Anne; Niesten, Jan; Arendt, Rosalie; Kleckers, Jonas; Stretz, Celestin et al. (2023): Leitfaden RessourcenPlan – Teil I: Konzeption RessourcenPlan. Ergebnisse des Projekts R2Q RessourcenPlan im Quartier.
 - » Lück, Andrea; Haupt, Thomas; Kraft, Eckhard; Londong, Jörg (2019): Energetische und Stoffliche Potentiale der Synergetischen Verwertung von Abwasser und Abfall in Thüringen. In: DWA Landesverband Sachsen/Thüringen (Hg.): DWA Landesverbandstagung Sachsen/Thüringen. Leipzig, 9. Juni 2019.
 - » Pollack, Moritz; Lück, Andrea; Wolf, Mario; Kraft, Eckhard; Völker, Conrad (2023): Energy and Business Synergy: Leveraging Biogenic Resources from Agriculture, Waste, and Wastewater in German Rural Areas. In: *Sustainability* 15 (24), S. 16573. DOI: 10.3390/su152416573.
 - » Sarigiannis, D. A.; Handakas, E. J.; Karakitsios, S. P.; Gotti, A. (2021): Life cycle assessment of municipal waste management options. In: *Environmental research* 193, S. 110307. DOI: 10.1016/j.envres.2020.110307.
 - » Schluck, T.; Sulzer, M. (2017): Towards a Holistic Methodology: A Practical Approach to Local Energy Planning. World Sustainable Built Environment Conference 2017, Hong Kong, China, 5–7 June 2017. In: Construction Industry Council und Hong Kong Green Building Council Limited (Hg.): Transforming Our Built Environment through Innovation and Integration: Putting Ideas into Action. World Sustainable Built Environment Conference. Hong Kong, 5-7. Juni 2017.
 - » Schluck, Thomas; Hangartner, Diego; Facchinetti, Emanuele; Sulzer-Worlitschek, Sabine; Mennel, Stefan; Sulzer, Matthias (2017): The Uettligen Case – A Step Towards a Role Model in Energy Concept Development. In: *Energy Procedia* 122, S. 1069–1074. DOI: 10.1016/j.egypro.2017.07.441.
 - » Statistik, Thüringer Landesamt für (2024): Thüringer Landesamt für Statistik. Online verfügbar unter <https://statistik.thueringen.de/datenbank/portrait.asp?TabelleID=GG000102&auswahl=gem&nr=71102>, zuletzt aktualisiert am 21.05.2024, zuletzt geprüft am 21.05.2024.
 - » Zhang, Junting; Qin, Quande; Li, Guangming; Tseng, Chao-Heng (2021): Sustainable municipal waste management strategies through life cycle assessment method: A review. In: *Journal of environmental management* 287, S. 112238. DOI: 10.1016/j.jenvman.2021.112238.