

Multikriterielle Nachhaltigkeitsbewertung im Rahmen kommunaler Wärmetransformationskonzepte



IZES
Prof. Dr.
Katharina Gapp-Schmeling
gapp-schmeling@izes.de

DLR
Dr. Patrik Schönfeldt
patrik.schoenfeldt@dlr.de

KIT
Dr. Martina Haase
martina.haase@kit.edu

Dr. Christine Rösch
christine.roesch@kit.edu

Wuppertal Institut
Dietmar Schüwer
dietmar.schuewer@wupperinst.org

ZSW
Andreas Püttner
andreas.puettner@zsw-bw.de

Einleitung

Kommunale Wärmetransformationsprojekte verfolgen verschiedene Ziele gleichzeitig. In der Regel soll die Transformation einen Beitrag leisten, um die Treibhausgasemissionen der Wärmeversorgung zu senken. Gleichzeitig stehen aber weitere Ziele, u. a. die Sozialverträglichkeit, Akzeptanz und wirtschaftliche Tragfähigkeit im Fokus der Akteure. Dabei muss eine einseitige Zieloptimierung vermieden werden. Darüber hinaus erscheint es sinnvoll, den Beitrag der jeweiligen Konzepte zu den Nachhaltigkeitszielen im Blick zu behalten.

Im Kontext kommunaler Wärmetransformationsprojekte geht es auf der Bedarfsseite darum, die Energieverbräuche für Raum- und Prozesswärme zu senken. Die Akteure auf Seiten der Abnehmer und Wärmenutzer:innen sind u. a. gewerbliche Unternehmen, die Wohnungswirtschaft, die öffentliche Hand und die Bewohner:innen.

Auf der Versorgungsseite muss die Wärmebereitstellung von fossilen Energieträgern umgestellt werden auf regenerative Energien, wie Bioenergie, Solarthermie, Geothermie, Umgebungswärme und industrielle Abwärme. Daher treten hier als Akteure der Wärmewende nicht mehr nur Energieversorgungsunternehmen, Stadtwerke und Kommunen, sondern bspw. auch Industrieunternehmen als Abwärmequellen und Selbsterzeuger auf.

Dieser Beitrag ordnet zunächst eine multikriterielle Nachhaltigkeitsbewertung in das Vorgehen kommunaler Wärmetransformationsprojekte ein. Anschließend werden Ansätze einer multikriteriellen Nachhaltigkeitsbewertung aus Projekten von FVEE-Mitgliedereinrichtungen dargestellt. Der dritte Abschnitt schließlich zeigt, wie diese in der Interaktion und Kommunikation mit den Akteuren genutzt werden können.

Kommunale Wärmetransformationsprojekte sind durch vier Phasen geprägt:

1. Es müssen vor Ort lokal die vorhandenen Potenziale regenerativer Wärmequellen (inkl. nicht vermeidbarer Abwärme) identifiziert werden.

Bereits in dieser Phase ist es entscheidend, dass die Akteure vor Ort sich als Partner und Verbündete verstehen.

2. In der zweiten Phase müssen verschiedene Transformationsoptionen konzeptionell gegenübergestellt werden. In dieser Phase kann die Nachhaltigkeitsbewertung helfen, Stärken und Schwächen der einzelnen Konzepte zu erkennen und sie systematisch weiterzuentwickeln. Bei der Bewertung der einzelnen Varianten werden die Schlüsselakteure und ihre Interessen berücksichtigt.
3. In der dritten Phase ist die technische Machbarkeit detaillierter zu untersuchen.
4. In der Umsetzung sollte schließlich geprüft werden, ob die erwarteten Ergebnisse erreicht werden konnten. So können Verbesserungen für nachfolgende Wärmetransformationsprojekte initiiert werden.

Nachhaltigkeitsbewertung – Ansätze und Ergebnisse

In diesem Abschnitt werden Ansätze einer multikriteriellen Nachhaltigkeitsbewertung aus Projekten von FVEE-Mitgliedern vorgestellt. Dies sind der Ansatz zur multikriteriellen Entscheidungsanalyse des KIT (Karlsruher Institut für Technologie), die Nachhaltigkeitsbewertung kommunaler Wärmeversorgungs-lösungen aus dem KoWa-Projekt des IZES (Institut für Zukunftsenergie- und Stoffstromsysteme), eine multikriterielle Bewertung von Wärmeversorgungs-technologien durch das WI (Wuppertal Institut) im Rahmen des Kompetenzzentrums Virtuelles Institut Strom zu Gas und Wärme NRW und die zeitabhängige Bewertung erneuerbarer Energien durch das DLR (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V.).

Multikriterielle Entscheidungsanalyse (KIT)

Die multikriterielle Entscheidungsanalyse (englisch: Multi Criteria Decision Analysis – MCDA) ermöglicht die frühzeitige Einbindung aller Akteursgruppen in den Entscheidungsprozess. Im Rahmen der MCDA

werden die zu bewertenden Transformationsoptionen und die verwendeten Bewertungskriterien zu Beginn und möglichst gemeinsam mit den unterschiedlichen Akteuren festgelegt. Dieses Vorgehen ermöglicht eine frühzeitige Berücksichtigung der verschiedenen Positionen und Interessen. Bei der Analyse der Alternativen werden mit Hilfe von technischen, ökonomischen, ökologischen und sozialen Kriterien quantitative und qualitative Informationen zu den Technologiealternativen generiert. Mit Hilfe von Methoden der MCDA können die Kriterien anschließend gewichtet und je Alternative aggregiert werden, um eine Aussage zur Vorteilhaftigkeit der Alternativen unter Einbeziehung aller gewählten Kriterien treffen zu können. Während des gesamten Bewertungsprozesses, insbesondere bei der Auswahl und Gewichtung der Bewertungskriterien, erfolgt die aktive Einbindung der Akteure. Unterstützt wird dieser Prozess durch ein Open-Source MCDA-Tool des KIT (<https://portal.iket.kit.edu/projects/MCDA/>). Dieser Ansatz kann nicht nur für die Bewertung von Wärmeversorgungslösungen, sondern grundsätzlich für die Bewertung von Technologiealternativen eingesetzt werden (Haase et al. 2021; Haase et al. 2022).

Nachhaltigkeitsbewertung kommunaler Wärmeversorgungsoptionen (IZES)

Im Rahmen des Forschungsprojektes KoWa (Wärme-wende in der kommunalen Energieversorgung) wurden in sechs Untersuchungsgebieten verschiedene Wärmeversorgungsoptionen konzipiert und anhand einer multikriteriellen Nachhaltigkeitsbewertung verglichen. Der Bewertungsrahmen wurde auf Basis der Theorie der Nachhaltigen Ökonomie entwickelt. Dabei wurde berücksichtigt, dass alle zum Einsatz kommenden Instrumente und Technologien wie Wärmeversorgungslösungen nach ihrem Beitrag zu den Zielen einer nachhaltigen Entwicklung beurteilt werden müssen (Rogall und Gapp-Schmeling 2021: Kap. 1 & 8). Neben dem Zielsystem der Nachhaltigen Ökonomie berücksichtigt der Bewertungsansatz außerdem die UN-Nachhaltigkeitsziele (UN 2015) und bietet so eine umfassende Möglichkeit zur Identifikation von Stärken und Schwächen der konzipierten Wärmeversorgungslösungen in allen drei Nachhaltigkeitsdimensionen. Auch dieser Ansatz kann nicht nur für die Bewertung von Wärmeversorgungslösungen, sondern grundsätzlich für die Bewertung von Technologiealternativen, Instrumenten oder auch zum Ländervergleich eingesetzt werden (Gapp-Schmeling 2022).

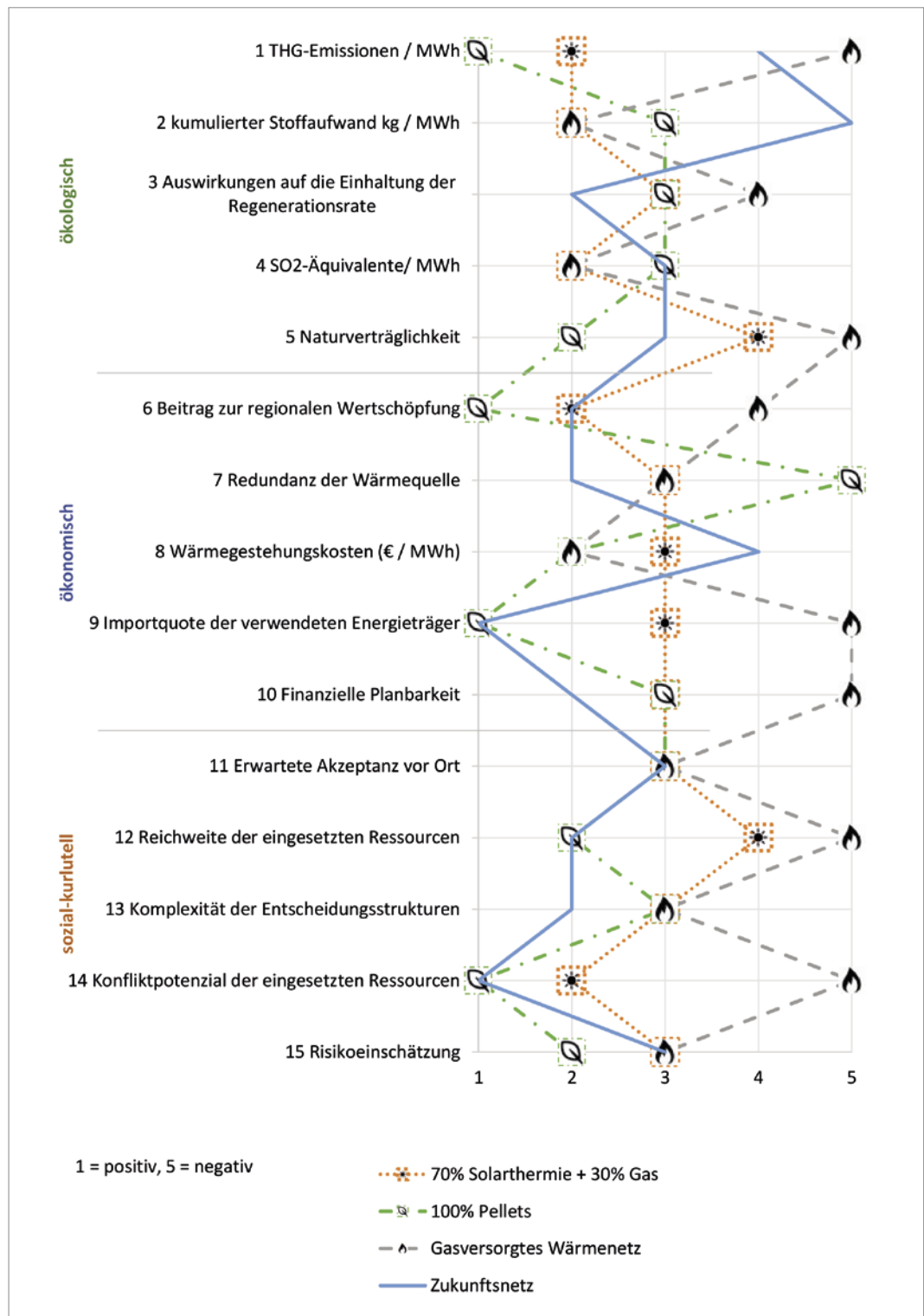
In jeder der drei Nachhaltigkeitsdimension wurden fünf Bewertungskriterien definiert und durch spezifische Indikatoren und Bewertungsregeln mit je fünf Bewertungsstufen operationalisiert. Die Indikatoren beruhen auf quantitativen und qualitativen Informationen. Um hinsichtlich der quantitativen Indikatoren, z. B. den Treibhausgasemissionen mit vergleichbaren Werten zu arbeiten, wurden die spezifischen Emissionen der jeweiligen Optionen mit Hilfe der Datenbank GEMIS (Globales Emissions-Modell integrierter Systeme) ermittelt (IINAS 2021) und in die Bewertungsstufen eingeordnet. Um die Stärken und Schwächen der einzelnen Versorgungsoptionen in den insgesamt 15 Kriterien vergleichen zu können, wird die Bewertung in einem Profilliniendiagramm dargestellt (► *Abbildung 1*) (Gapp-Schmeling 2022).

Multikriterielle Bewertung von Power-to-heat (PtH) und Vergleich zu anderen Wärmeversorgungsoptionen (WI)

Im Rahmen des Projektes „Virtuelles Institut Strom zu Gas und Wärme NRW“ wurde eine multikriterielle Bewertung von sieben Technologien mit insgesamt 13 Kriterien entwickelt, um PtH-Technologien (Power-to-Heat) mit anderen leitungsgebundenen Wärmeversorgungstechnologien zu vergleichen. Die ersten sechs Kriterien sind deskriptiv und dienen der Kurzbeschreibung der Technologien, sie beinhalten u.a. den thermischen Leistungs- und Temperaturbereich, Anwendungs- und Einsatzbereiche sowie Synergien und Optionen zur Sektorkopplung. Die übrigen sieben Kriterien werden in einem fünfstufigen System von sehr positiv bis sehr negativ bewertet. Die Visualisierung der Bewertungsergebnisse erfolgt durch eine Farbskala, bei der positive Bewertungen grün und negative rot dargestellt werden.

Die farblich zusammenfassende Kurzübersicht (► *Abbildung 2*) ermöglicht auch für interessierte Laien eine verständliche und schnell erfassbare multikriterielle Einordnung der Stärken und Schwächen der betrachteten Wärmeerzeugungsoptionen. Zusätzlich liegt als Ergebnis eine ausführlichere Matrix aus 91 Zellen mit jeweiliger individueller Bewertung und Kurz-Beschreibung vor. Darin werden auch die Bedingungen genannt, die zu einer teilweise großen Bandbreite bei der qualitativen Bewertung (z. B. bei Bioenergie von „++“ bis „-“) führen können (Emonts et al. 2022).

Abbildung 1
Bewertung der Beispielkonzepte in KoWa:
 Das Zukunftsnetz beruht auf 25 % Solarthermie, 60 % Umgebungswärme, 15 % Biomasse, Strom zu 50 % aus lokalen EE.
 (Quelle: IZES, nach Gapp-Schmeling 2022)



Zeitabhängige Bewertung erneuerbarer Energien (DLR)

Im Projekt Energetisches Nachbarschaftsquartier (ENaQ) lag der Schwerpunkt der Bewertung in der Zeitabhängigkeit von erneuerbaren Energien (EE). Über die Sektorenkopplung beeinflusst die Wärme-

erzeugung den Stromsektor. Dort ist eine dynamische Emissionsbewertung (Beispiel: <https://www.agora-energiewende.de/service/agorameter/>) sinnvoll. Dabei wurde die Wärmeerzeugung mit einem Blockheizkraftwerk (BHKW) einer Wärmepumpe indirekt gegenübergestellt. Bewertet wurde die zeitabhängige CO₂-Intensität der Stromerzeugung.

Für die Emission des BHKWs ist der Gasverbrauch angesetzt. Emissionen, die durch Wärmeerzeugung mit einer Wärmepumpe entstehen würden, wurden gutgeschrieben.

Es zeigt sich, dass ein BHKW nach dieser Metrik mit dem EE-Ausbau seltener (30% statt 50% der Zeit) eine ökologisch bessere Option ist. Zu beachten ist dabei, dass sich durch Wärmespeicher günstige Zeitpunkte bei ausreichend dimensionierten Wärmeerzeugern besser ausnutzen lassen. So kann mit einem Wärmespeicher von einem Tag das BHKW zu ca. 75% (mit EE-Ausbau: 45%) und die Wärmepumpe zu ca. 80% (mit EE-Ausbau 90%) zu ökologisch sinnvollen Zeitpunkten eingesetzt werden (Klement et al. 2022).

Nutzen der Nachhaltigkeitsbewertung zur Akteursaktivierung

Für konkrete Projekte braucht es die Einbindung der Schlüsselakteure. Durch eine multikriterielle Nachhaltigkeitsbewertung können die Akteure vor Ort eine fundierte Entscheidung treffen, welche Optionen in der Umsetzung priorisiert werden sollen. Zudem schafft sie Transparenz und ermöglicht eine klare Kommunikation zwischen den Interessengruppen, welche Aspekte aus ihrer Sicht jeweils lokal besonders wichtig sind.

Neben der Begleitung konkreter Projekte vor Ort kann eine Nachhaltigkeitsbewertung auch im Sinne eines Award-Systems zur Aktivierung verschiedener Akteursgruppen genutzt werden. So verfolgt das Projekt „Leitstern Energieeffizienz Baden-Württemberg“ das Ziel, die Sichtbarkeit der Energieeffizienz zu

steigern und die Akteure auf Ebene der Stadt- und Landkreise zum Austausch und zum Lernen über Best Practice voneinander zu motivieren. Dazu werden die teilnehmenden Stadt- und Landkreise mittels eines umfassenden Indikatorensystems analysiert (2020 waren dies 53 Indikatoren) und die besten Kreise sowie besonders innovative Aktivitäten durch das Land Baden-Württemberg prämiert. Die Indikatoren gliedern sich in die Bereiche politisches Engagement mit einer Gewichtung von 40% und messbaren Erfolgen mit einer Gewichtung von 60%. Die Aktivierung der Kreise erfolgt neben der eigentlichen Auszeichnung, die alle zwei Jahre stattfindet, durch begleitende Workshops. Sie dienen als Informationsplattform für die Stadt- und Landkreise und ermöglichen insbesondere den Austausch mit externen Expert:innen aus Wissenschaft, Verbänden, Landesorganisationen und Ministerien. Der Erfahrungsaustausch erfolgt anhand der Ergebnisse und Einzelindikatoren. Durch die Vorstellung von Erfolgsbeispielen und die Diskussion von Problemfeldern können die Vertreter:innen der Kreise voneinander lernen und sich zu Hemmnisse und Lernerfahrungen austauschen (MUKE-BW 2021).

Ausblick

Die Ansätze einer multikriteriellen Nachhaltigkeitsbewertung können dazu beitragen, Interessensgruppen zu aktivieren und eine einseitige Zieloptimierung zu vermeiden. Diese Ausrichtung wird in den kommenden Jahren für alle Akteursgruppen erfolgskritisch werden. Inzwischen haben fast alle Bundesländer eine Nachhaltigkeitsstrategie verabschiedet und überprüfen die Zielerreichung regelmäßig. Dabei

Abbildung 2
Multikriterielle Bewertung von PtH im Vergleich zu anderen innovativen Wärmeversorgungsoptionen (Übersichtstabelle mit qualitativen Kriterien 7 bis 13)

Quelle: Wuppertal Institut

KRITERIUM	0 PtH		1 KWK	2 Geothermie	3 Bioenergie	4 Abwärme	5 Solarthermie
	Direktelektrisch (Kessel)	Wärmepumpe	Motor-BHKW / GuD/GT/DT/BZ	tief (> 400 m, i.d.R. ohne WP)	Biomasse / Biogas	industriell / kommunal	Gebäude / Freifläche
7 Dekarbonisierungspotenzial	+	++	++ bis o	++	++ bis o	++ bis o	++ bis o
8 Lokale Verfügbarkeit und Flächenbedarf (nur Erneuerbare Energien)	++ bis -	+	--	++ bis o	++ bis --	++	++ bis o
9 Pfadabhängigkeiten (Lock-in-Risiko) im Sinne des Klimaschutzes bzw. der THG-Neutralität	+ bis --	+ bis o	+ bis -	++	o	o	++
10 Beitrag zur Energie-/Exergie-Effizienz	+ bis --	++ bis +	++ bis +	++	++ bis -	++	++
11 Regelbarkeit und Flexibilisierungspotenzial	++	+	++ bis +	o	+ bis o	o	-
12 Infrastrukturbedarf (Netze)	o	o bis -	+ bis -	-	+ bis -	o	+ bis -
13 Akzeptanz a) gesellschaftlich b) Markt	+ bis o	++ bis o	++ bis o	+ bis -	+ bis -	++ bis +	++ bis o

werden die Länder künftig auch stärker die Kreise und Kommunen involvieren. Auch dadurch ist es für kommunale Akteure im Kontext der Wärmewende sinnvoll, die Auswirkungen einer geplanten Wärmeversorgung anhand von Nachhaltigkeitskriterien zu bewerten.

Darüber hinaus entfaltet die vorausschauende Nachhaltigkeitsbewertung im Licht der CSRD Berichterstattungspflicht (Corporate Sustainability Reporting Directive) besondere Bedeutung. Unter die Nachhaltigkeitsberichterstattungspflicht fallen ab dem Berichtsjahr 2025 alle großen Unternehmen (mehr als 250 Beschäftigte, Bilanzsumme > 20 Mio. Euro oder Nettoumsatz > 40 Mio. Euro). Damit muss auch eine Reihe von lokalen und kommunalen Unternehmen künftig im Lagebericht über ihre Nachhaltigkeitsleistungen berichten. Für diese Berichterstattung gilt – wie für den Jahresabschluss – eine Pflicht zur externen Prüfung (durch Wirtschaftsprüfer). Ferner gilt eine kollektive Verantwortung der obersten Leitung. Die Berichtspflicht schafft also erhöhte Transparenz. Ferner greifen die Kriterien auf die EU-Taxonomie zurück. Die Nachhaltigkeitsleistung kann damit künftig die Finanzierungsbedingungen (z. B. bei der Hausbank) beeinflussen.

Diese Berichterstattungspflicht ist letztlich ein Ausdruck des stärkeren gesellschaftlichen Interesses an der Nachhaltigkeitsleistung von Unternehmen und Organisationen. Die multikriterielle Nachhaltigkeitsbewertung von Wärmeversorgungskonzepten bietet die Möglichkeit die Auswirkungen einer Wärmeversorgung auf die Zielerreichung von Nachhaltigkeitszielen bereits frühzeitig zu berücksichtigen.

Quellen

- Emonts, B.; Keller, R.; Müller, M.; Hehemann, M.; Rauls, E.; Senner, J.; Redicker, C.; Imberg, C.; Herrmann, F.; Riese, J.; Schüwer, D.; Schneider, C.; Merten, F.; Meijer T.; Gardemann, U.; Theves, L.; Steffen, M. (2022): Virtuelles Institut Strom zu Gas und Wärme NRW, Abschlussbericht Kompetenzzentrum Virtuelles Institut – Strom zu Gas und Wärme, Band IV – Optimierung, Modellierung und Scale-up von PtX – Flexibilitätsoptionen. http://strom-zu-gas-und-waerme.de/wp-content/uploads/2022/07/KoVI-SGW_Abschlussbericht-Band-IV-M%C3%A4rz-2022-final_V1.pdf
- Gapp-Schmeling, K. (2022): Nachhaltigkeitsbewertung kommunaler Wärmeversorgungskonzepte, in: Rogall, H., Gapp-Schmeling, K. et. al. (2022): Jahrbuch Nachhaltige Ökonomie 2022 / 2023. Im Brennpunkt: Kommunale Wärmewende, S. 49-60, Marburg (Metropolis-Verlag).
- Gapp-Schmeling, K., Hewelt, F., Meyer, M., Rogall, H., Schmidt, C., Waldhoff, C., Welz, A., Wern, B. (2021): Nachhaltigkeitsbewertung kommunaler Wärmeversorgungsoptionen. KoWa-Berichte.
- Haase, M.; Wulf, C.; Baumann, M.; Ersoy, H.; Koj, J. C.; Harzendorf, F.; Mesa Estrada, L. S. (2022): Multi criteria decision analysis for prospective sustainability assessment of alternative technologies and fuels for individual motorized transport 2022. Clean technologies environmental policy. doi:10.1007/s10098-022-02407-w.
- Haase, M.; Baumann, M.; Wulf, C.; Rösch, C.; Zapp, P. (2021): Multikriterielle Analysen zur Entscheidungsunterstützung in der Technikfolgenabschätzung in: S. Bösch: Technikfolgenabschätzung, S. 306–320, Baden Baden (Nomos Verlagsgesellschaft).
- IINAS – Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien (2021): GEMIS: Globales Emissions-Modell integrierter Systeme.
- Klement, Peter, Tobias Brandt, Lucas Schmeling, Antonieta Alcorta de Bronstein, Steffen Wehkamp, Fernando Andres Penaherrera Vaca, Mathias Lanezki, Patrik Schönfeldt, Alexander Hill, and Nemanja Katic (2022): Local Energy Markets in Action: Smart Integration of National Markets, Distributed Energy Resources and Incentivisation to Promote Citizen Participation in: Energies 15, no. 8: 2749. <https://doi.org/10.3390/en15082749>.
- MUKE-BW – Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (27.09.2021): Leitstern Energieeffizienz – konzeption, URL: <https://um.baden-wuerttemberg.de/de/energie/informieren-beraten-foerdern/leitstern-energieeffizienz/konzeption>.
- Rogall, H., Gapp-Schmeling, K. (2021): Nachhaltige Ökonomie. Grundlagen der Wirtschaftswissenschaft Bd. 15. 3. Aufl. Marburg (Metropolis-Verlag).
- UN - United Nations (UN) (21.10.2015): Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. Aktenzeichen: A/RES/70/1.