



MITEINANDER ZUKUNFTSRELEVANT

Systembewertung von Maßnahmen für biomassebasierte Wärmenetze mittels Lebenszyklusanalysen

DI Martin Beermann

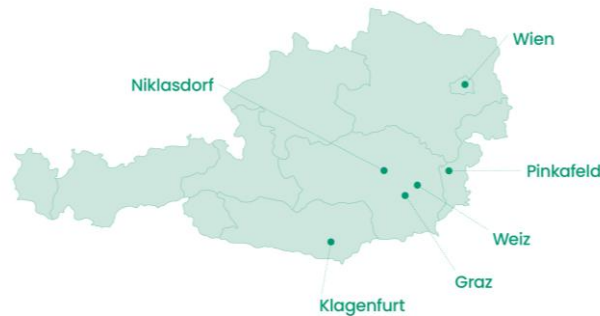
QM Fachtagung, Salzburg, 25.Juni 2026

MITEINANDER ZUKUNFTSRELEVANT



Wer ist die JOANNEUM RESEARCH?

Wir sind eine außeruniversitäre Forschungsgesellschaft
im Eigentum der Länder Steiermark, Kärnten und Burgenland



Geschäftsfelder



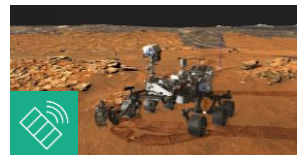
Produktion und Fertigung



Mobilität



Sicherheit und Verteidigung



Weltraum



Umwelt und Nachhaltigkeit



Politik und Gesellschaft



Gesundheit und Pflege

LIFE – Institut für Klima,
Energiesysteme und
Gesellschaft

Stärkung der Resilienz gegenüber
Klima- und Wetterrisiken

Übergang zu einer klimaneutralen
Wirtschaft /Gesellschaft mit einem
zukunftsfähigen Energiesystem

Team mit 20+ Jahren Erfahrung in
Öko- und Klimabilanzierung sowie in
Wertschöpfungsanalysen

Standorte: Graz, Klagenfurt

Kurze Einführung in die Lebenszyklusanalyse und Klimabilanzierung

CO₂-Bilanzierung der energetischen Biomassenutzung in der LCA

3 Beispiele von BM-Wärmenetzen in Salzburg Steiermark



Einführung Lebenszyklusanalysen

Was ist eine Lebenszyklusanalyse?

„Die Lebenszyklusanalyse – auch Ökobilanz genannt – ist eine Methode zur Abschätzung der Umweltauswirkungen eines Produktes, Dienstleistung oder Unternehmens.

Es werden die Umweltaspekte im Verlaufe des Lebensweges eines Produktes von der Rohstoffgewinnung, über die Herstellung, Vertrieb, Anwendung, Abfallbehandlung bis zur endgültigen Entsorgung untersucht, d.h. „von der Wiege bis zur Bahre“.



...folgt dem Produkt durch alle Lebensphasen



...ist systemisch – multidimensional – komplex



...erfordert das Teilen von Information und Daten

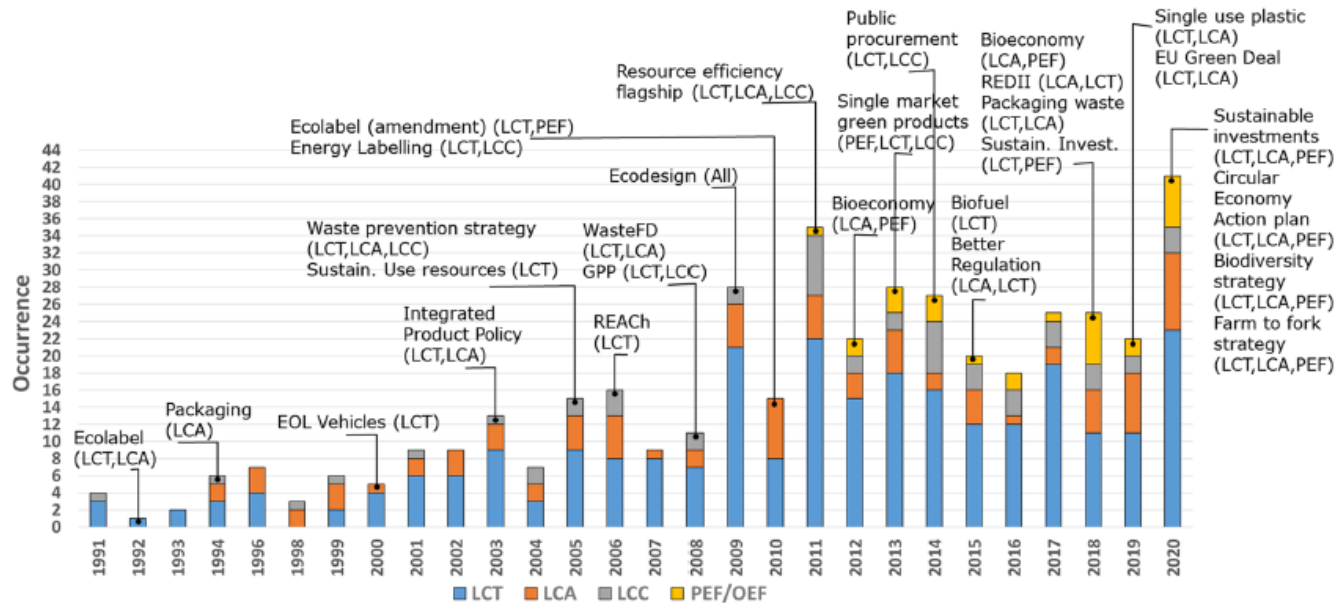


...erfordert Modelle und Datenbanken



Einführung Lebenszyklusanalysen

Lebenszyklusanalysen sind seit 30 Jahren Bestandteil in EU Strategien und Richtlinien



Quelle: Sala S. et al. 2020 The evolution of life cycle assessment in European policies over three decades. International Journal of Life Cycle Assessment

- Beginn der Standardisierung der LCA in den 90-er Jahren unter Führung der SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) und ISO
- 1997 Erster ISO 14040 Standard „Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework“

LCA als Bestandteil aktueller Richtlinien

- RED III Erneuerbare Energien Richtlinie (Anforderungen THG-Reduktion >7,5 MW)
- EBPD Gebäude-Richtlinie (EPC Energieausweis)
- CPR Bauprodukte-Verordnung (EPD Umweltproduktdeklaration)
- ESPR Ökodesign-Verordnung (DPP Digitaler Produktpass)
- Batterieverordnung (Digitaler Batteriepass)
- Taxonomie-Verordnung
- CSRD – Unternehmen Nachhaltigkeitsberichterstattung
- PEF – Produkt Umweltfußabdruck



Einführung Lebenszyklusanalysen

Begriffe, Ablauf, Datenerfordernisse

Zielfestlegung:

Systembilder und Vergleich
Funktion
Welche Umweltwirkungen

Datenerhebung:

„Vordergrunddaten“ aus dem
Unternehmen, Anlagenbetrieb
„Hintergrunddaten“ aus LCA-
Datenbanken

Modellrechnung:

Von Emissionen und
Ressourcenverbrauch
zur 16 Umweltwirkungen

Festlegung von Ziel und Untersuchungsrahmen

- Systemgrenzen von Produkt, Dienstleistung, Betriebsstandort → Darstellung in Systemfließbildern
- Welche Umweltwirkungen?
- Abschätzung oder Detailanalyse?
- Funktionelle Einheit (z. B. 1 t Produkt)
- Allokationsverfahren (Systeme mit mind. 2 Produkten)

Sachbilanz

- Input-Outputbilanz zu Ressourcenverbrauch, Produkten und Emissionen
- Erhebung produkt- und unternehmensspezifischer Daten zu Material- und Energieeinsatz
- Daten zu vorgelagerten Prozessen der Rohstoff- und Energiegewinnung aus LCA-Datenbanken

Wirkungsabschätzung

- Bewertung der Umweltwirkungen von Produkt, Dienstleistung, Betriebsstandort
- Umweltwirkung von Emissionen und Ressourcenverbrauch über Wirkungsindikatoren und Umweltwirkungskategorien (z.B. Treibhauspotenzial, Versauerungspotenzial)

Auswertung

- Beitrag einzelner Prozesse und Lebenszyklusphasen zur Umweltwirkung
- Vergleich unterschiedlicher Systeme auf Basis funktionelle Einheit
- Ableitung von Maßnahmen zur Verbesserung von Produkten, Prozessen
- Sensitivitätsanalysen, Belastbarkeit von Daten und Annahmen

Ergebnisse:
Beitragsanalyse
Hot Spots
Systemvergleich
Maßnahmen



Sachbilanz – Verknüpfung von Vordergrund- und Hintergrunddaten

Vordergrunddaten (Erhebung durch Heizwerk- bzw. Netzbetreiber)

- Jährliche Energiemengen MWh/a
 - zugeführte Biomasse, Strom, Erdgas, ...
 - erzeugte Wärme je Erzeugungsanlage
 - eingespeiste Wärme je Erzeugungsanlage
 - Im Netz verkaufte Wärme
- Sonstige Betriebsdaten z.B.
 - Betriebsstrom Heizwerk, Wärmenetz
 - Anlieferung Hackschnitzel (Transportmittel, Distanz)
- Daten zu bestehenden und neu errichteten Anlagen (z.B. Typ+Hersteller, Leistung, Technisches Datenblatt)
- Substituierte Wärmemengen und Energieträger durch Neu-Anschlüsse von Bestandsgebäuden und von Neubauten

Hintergrunddaten (Erhebung: JR)

- Vor und nachgelagerte Prozesse zur
 - Energieträgergewinnung (z.B. Forstwirtschaft, Holzhacken, Erdgasförderung, Transport, Herstellung von Baumaterialien und Betriebsstoffen)
 - Errichtung von Anlagen und Wärmenetz (Herstellung von Materialien wie Stahl und Beton, Bauarbeiten), durchschnittliche Lebenszeit von Anlagen
 - Behandlung von Abfällen, Reststoffen
- Quellen: JR-Projekte, Literatur, LCA-Datenbank ecoinvent



Ist Bioenergie CO₂-neutral bzw. klimaneutral? Ja bzw. Nein...

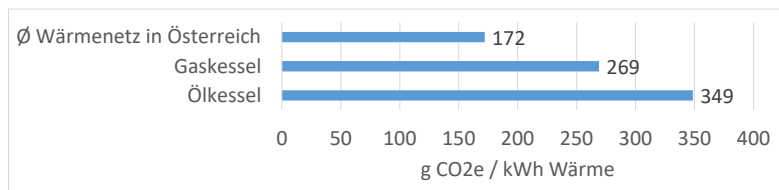
- „CO₂ -neutral“ bzw. „kohlenstoffneutral“ bezieht sich nur auf CO₂ als Treibhausgas.
- „**CO₂ -Neutral**“ bezieht sich bei Bioenergie auf den **biogenen Kohlenstoffkreislauf** von CO₂-Aufnahme im Holzwachstum und CO₂ -Emission bei seiner Verbrennung **(+1/-1 Ansatz)**.
- Der +1/-1 Ansatz einer symmetrischen CO₂-Bilanz wird in den meisten LCA-Studien verwendet.
- Dieser Ansatz entspricht auch der EU- und nationalen **gesetzlichen Vorgabe einer nachhaltigen Forstwirtschaft über die Gesamt-Waldfläche Österreichs** (Biomasseenergie-Nachhaltigkeits-Verordnung, Nachhaltige forstwirtschaftliche Biomasse-Verordnung, LULUCF-Verordnung)
- Der Ansatz einer **dynamischen „Realmodellierung“** der CO₂-Bilanz von Bioenergie unter Berücksichtigung eines einzelnen **Waldbestandes** und **zeitlicher Aspekte** (Verbrennungsemissionen gegenüber einer jahrzehntelangen CO₂-Aufnahme im Wachstum) wird in mehreren LCA-Studien diskutiert, erfordert jedoch sehr aufwändig zu erhebende Daten zu Baumbestand, Altersstruktur, Rotationszeit, zukünftige Effekte des Klimawandels...
- „**Klimaneutral**“ umfasst neben CO₂ auch **andere Treibhausgase** v.a. CH₄ und N₂O und kann zudem weitere Klimafaktoren wie z.B. Oberflächenalbedo einschließen. Es werden auch bei Bioenergie **THG-Emissionen der Vorkette** (z.B. Forstwirtschaft) bzw. direkte CH₄-, N₂O-Emissionen der Verbrennung (nahezu 0 in Heizwerken) berücksichtigt.



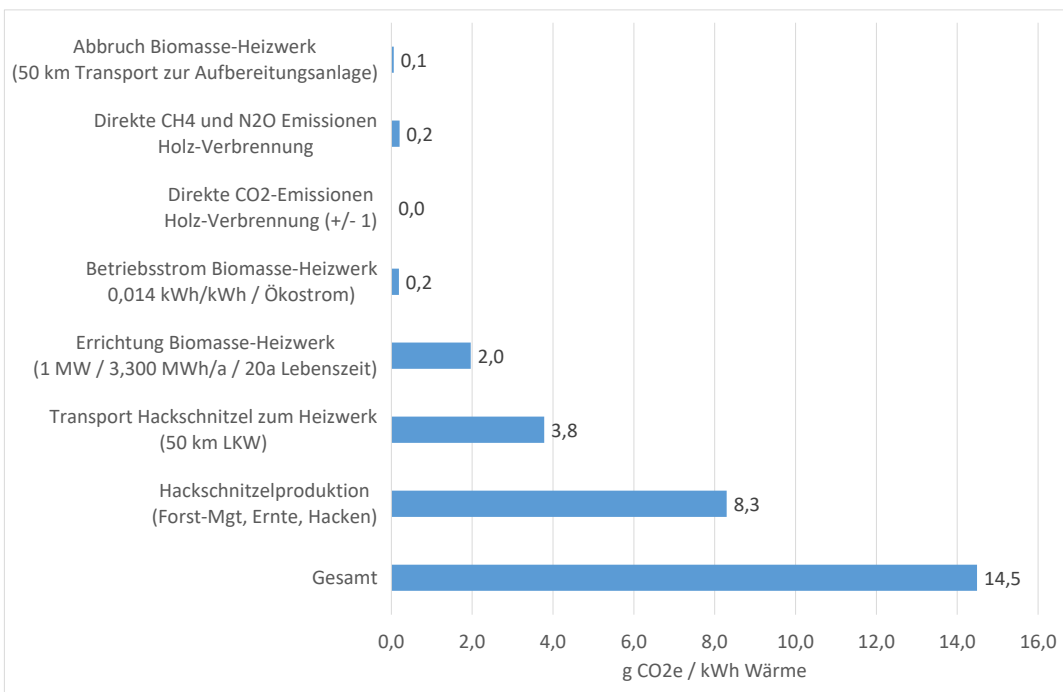
3 Fallbeispiele aus Salzburg und Steiermark

LCA - Hintergrunddaten

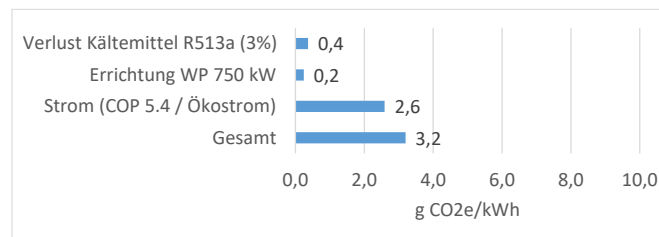
THG-Emissionen je kWh fossile Wärme & Ø THG in Wärmenetz



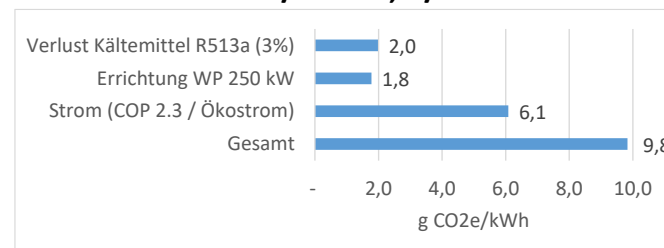
THG-Emissionen je kWh Wärme aus Forst-Hackschnitzel (1 MW BM-Kessel / 20a Lebenszeit / 3.300 MWh Wärme/a)



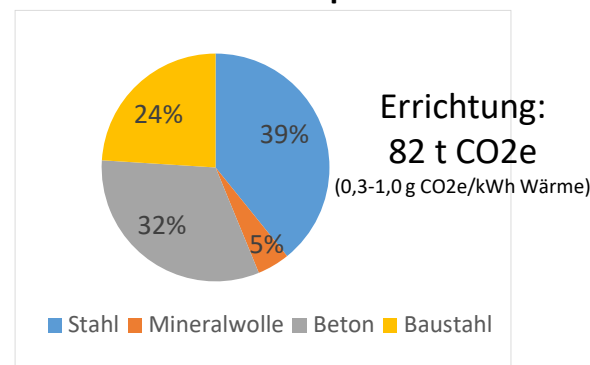
THG-Emissionen je kWh Wärme aus Wärmepumpe 750 kW / COP 5,4 / Ökostrom



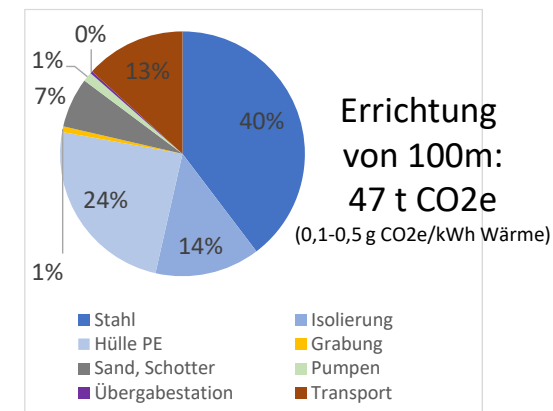
250 kW / COP 2,3 / Ökostrom



THG-Emissionen Wärmespeicher 150 m³



THG-Emissionen Wärmenetz (30 a Lebenszeit / pro 100 m)



Vauchez 2023, Life Cycle Assessment of District Heating Infrastructures: A Comparison of Pipe Typologies in France. Energies 2023



3 Fallbeispiele aus Salzburg und Steiermark

Bsp 1: Biomasse Heizwerk Saalfelden

Saalfelden



© Green Energy Lab

15.404 MWh/a
7.600 m Netz

Herausforderung

- Betrieb seit 1997 erforderte Modernisierung
- Zusätzlicher Wärmebedarf für neue Netzkunden

Retrofit-Maßnahmen

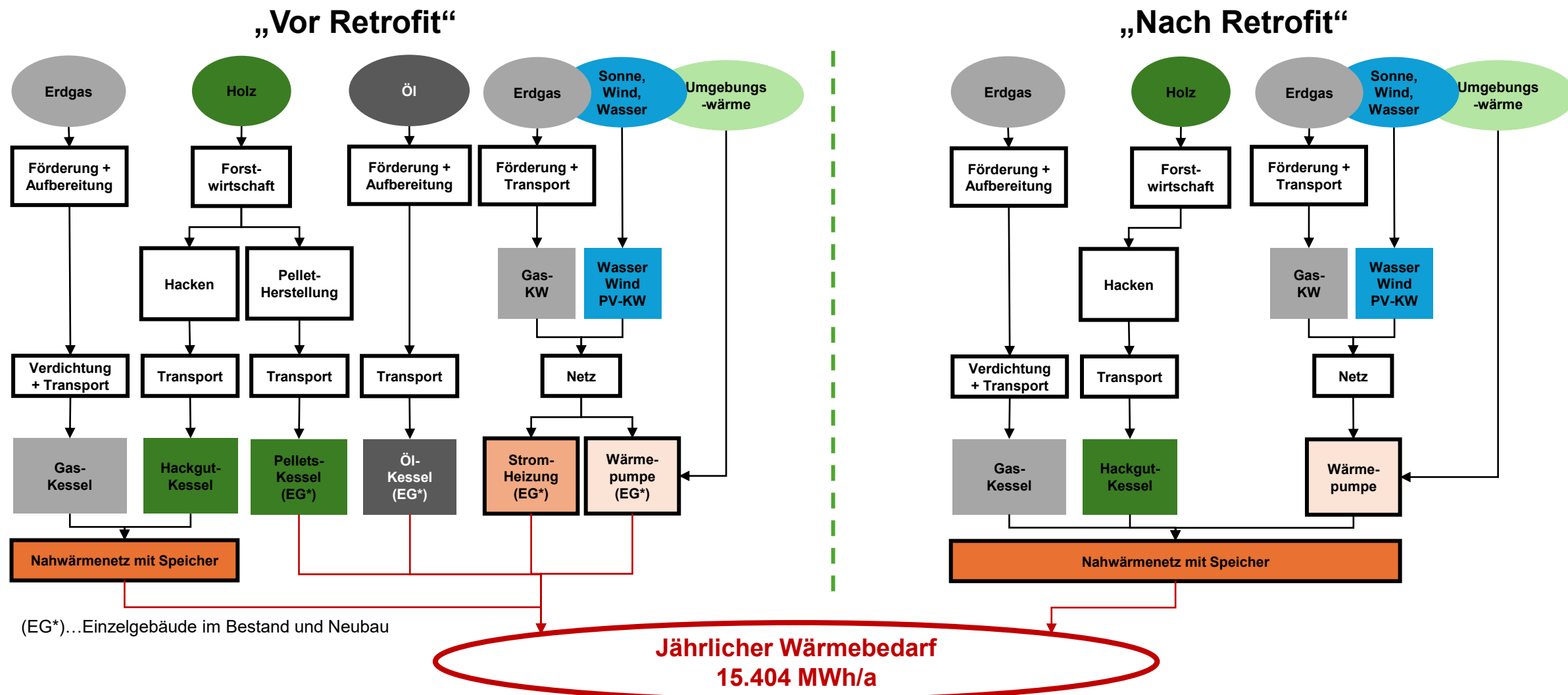
- + Aktive Rauchgas-Kondensation beim BM-Kessel mit einer Wärmepumpe ($750 \text{ kW}_{\text{th}}$, COP 5.5)
 - + Wärmespeicher 150 m^3
- + Optimierter Betrieb des BM-Kessels durch CO-Lambda-Regelung
- + Reduktion des Einsatzes des Gaskessels

Das Projekt BM Retrofit (FFG Nr.: 894563) wurde aus Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen der Forschungsinitiative "Green Energy Lab" als Teil der österreichischen Innovationsoffensive "Vorzweigeregion Energie" durchgeführt.



3 Fallbeispiele aus Salzburg und Steiermark

Bsp 1: Biomasse Heizwerk Saalfelden

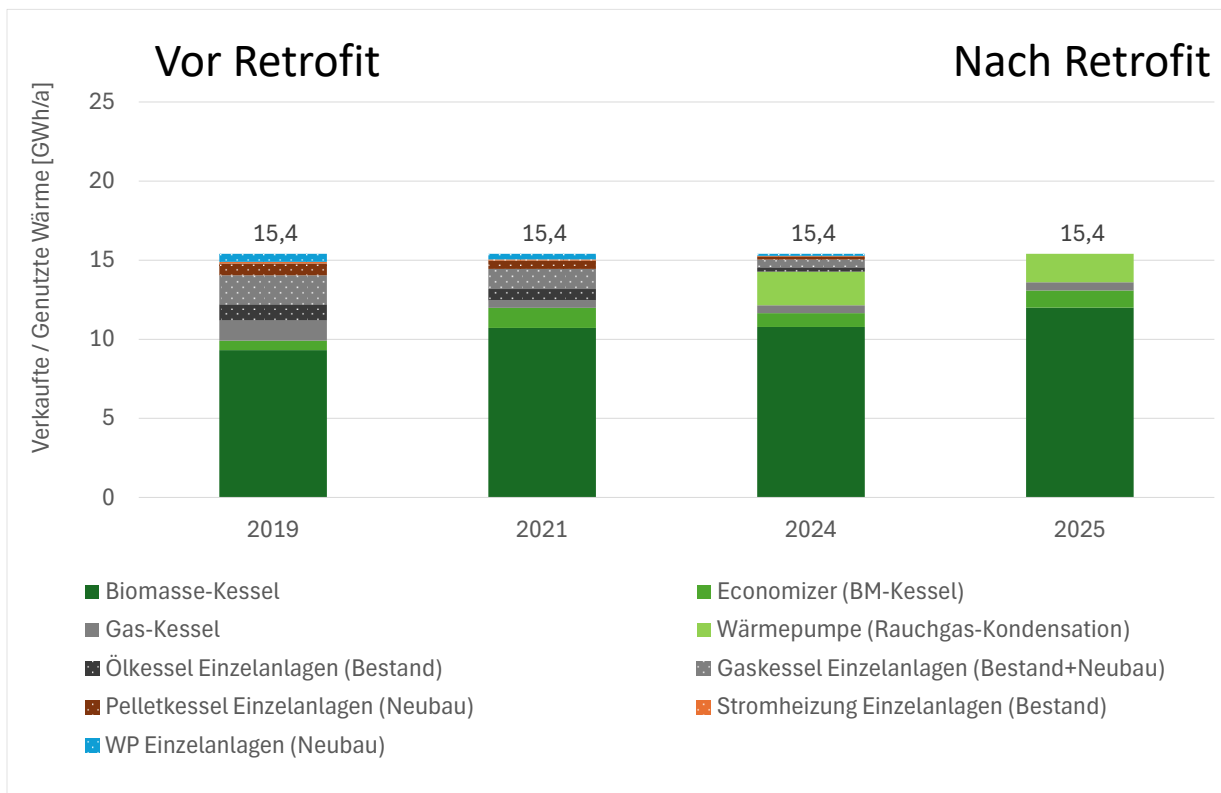




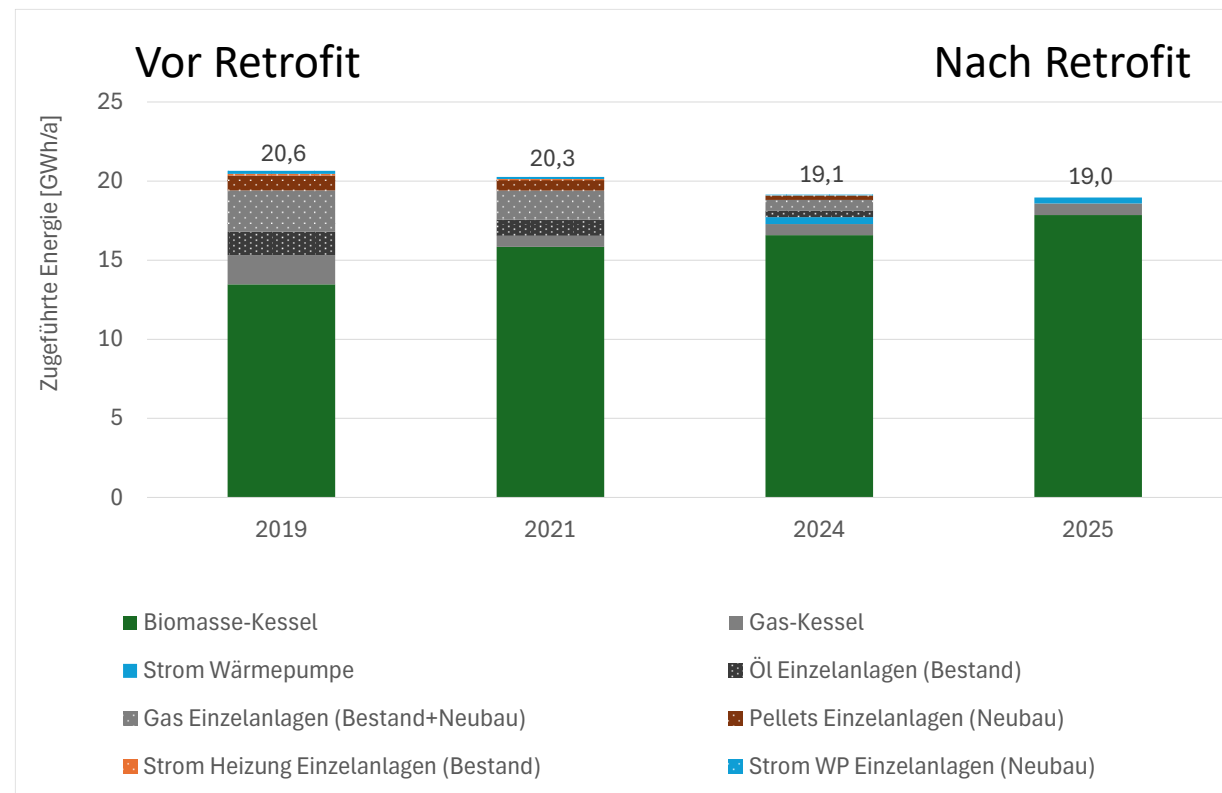
3 Fallbeispiele aus Salzburg und Steiermark

Bsp 1: Biomasse Heizwerk Saalfelden

Wärmebedarf bei den Kunden = Vergleichsbasis



Zugeführte Energiemengen inklusive Erzeugungs- und Netz-Verluste



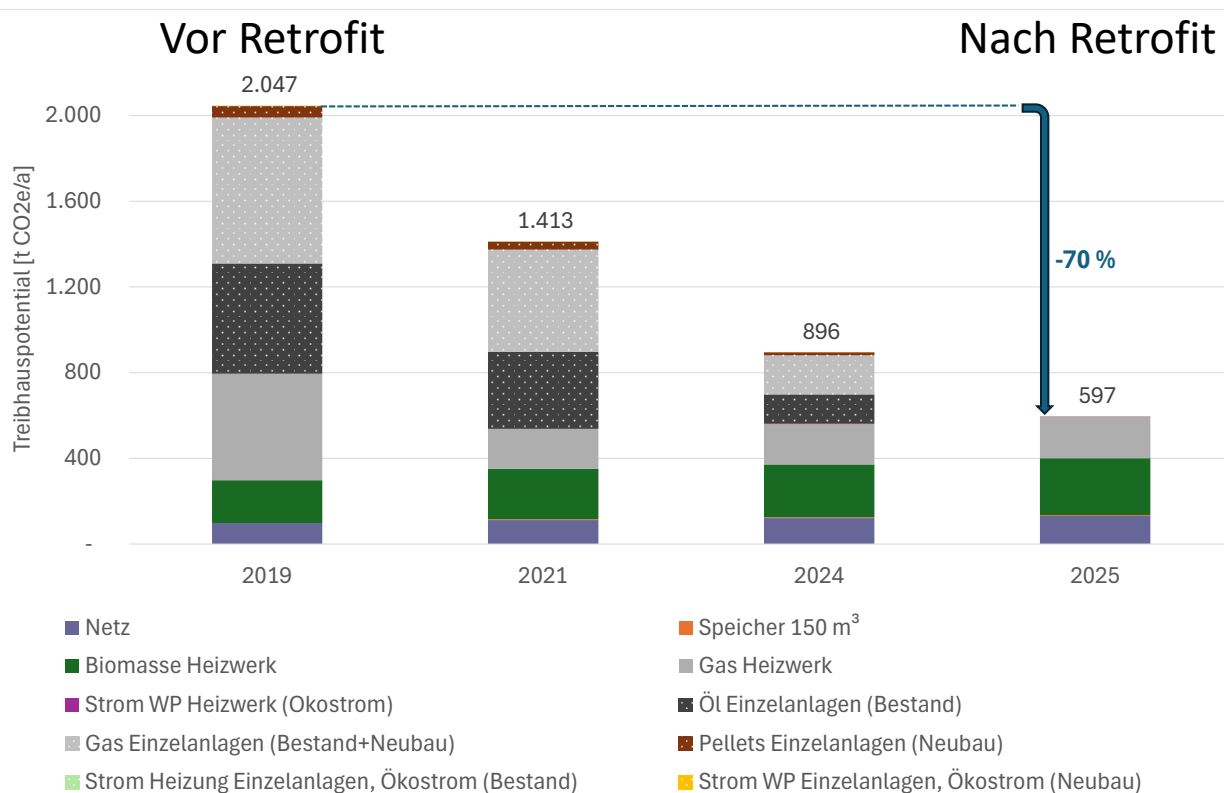
Erzeugungs-Verluste: Biomassekessel 73%, Gaskessel 80%, Einzelanlagen in Gebäuden 70-80%,
WP Heizwerk COP 5,4, WP Einzelgebäude COP 2,5; Netzverluste 11-16%



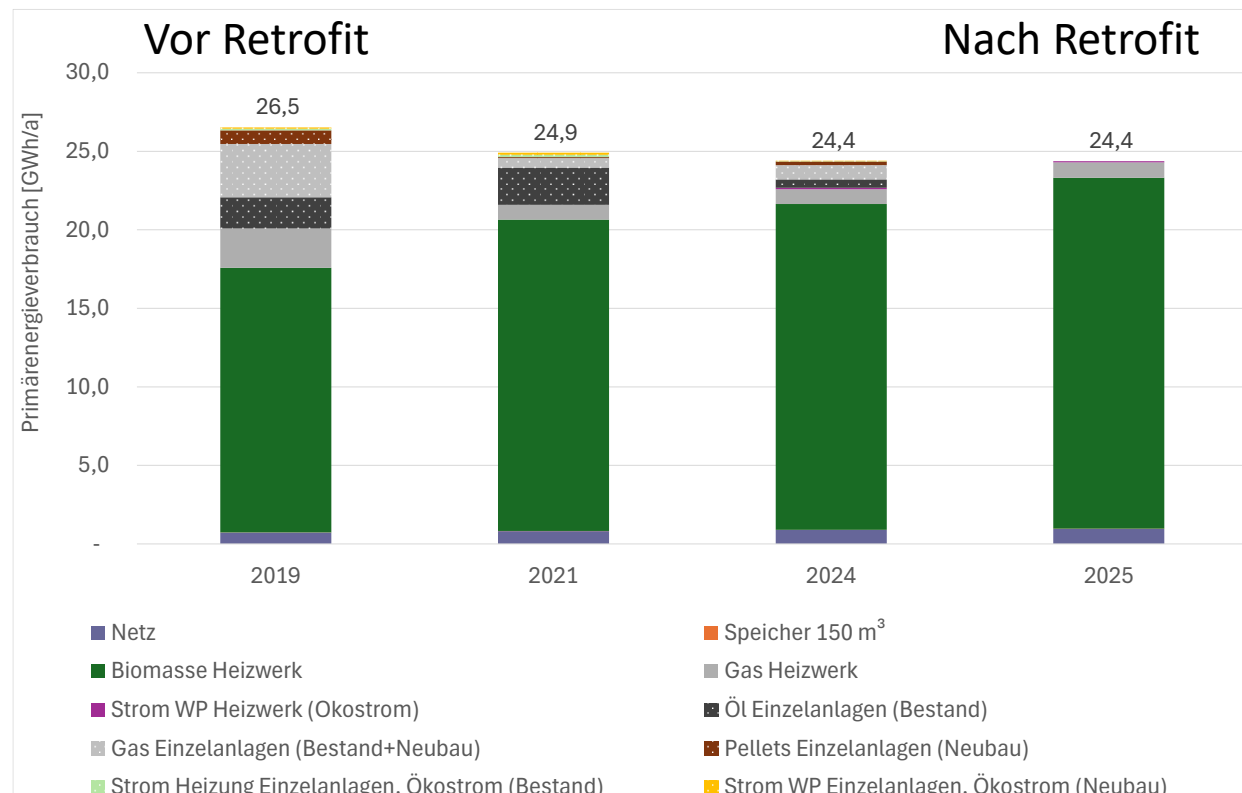
3 Fallbeispiele aus Salzburg und Steiermark

Bsp 1: Biomasse Heizwerk Saalfelden

Treibhauspotenzial [t CO₂e/a]



Primärenergieverbrauch [GWh/a]



Strom für Wärmepumpe sowie für substituierte Einzelanlagen aus Ökostrom



3 Fallbeispiele aus Salzburg und Steiermark

Bsp 2: Biomasse Heizwerk Wald im Pinzgau

Wald i. Pinzgau



©huber-fotografie.at

3.069 MWh/a
3.000 m Netz

Herausforderung

- Geringer Wärmebedarf im Sommer
- Ineffizienter Teillastbetrieb des BM-Kessels

Retrofit-Maßnahmen

- + Nutzung Abwärme einer Wasserkraft-Turbine mit einer Wärmepumpe (250 kW_{th}, COP 2.6)
- + Elektrischer Durchlauferhitzer (250 kW)
- + Wärmespeicher 30 m³
- + Reduktion des Einsatzes des Ölkessels

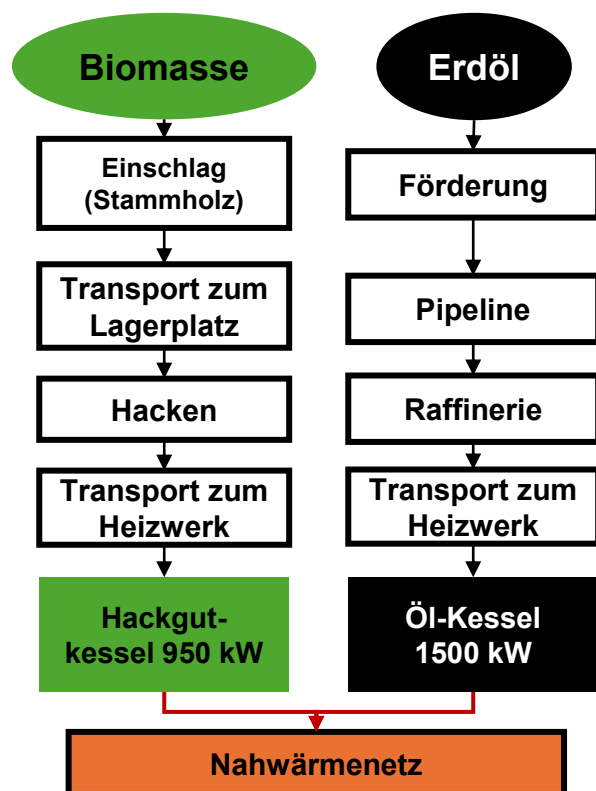
Das Projekt BM Retrofit (FFG Nr.: 894563) wurde aus Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen der Forschungsinitiative "Green Energy Lab" als Teil der österreichischen Innovationsoffensive "Vorzweigeregion Energie" durchgeführt.



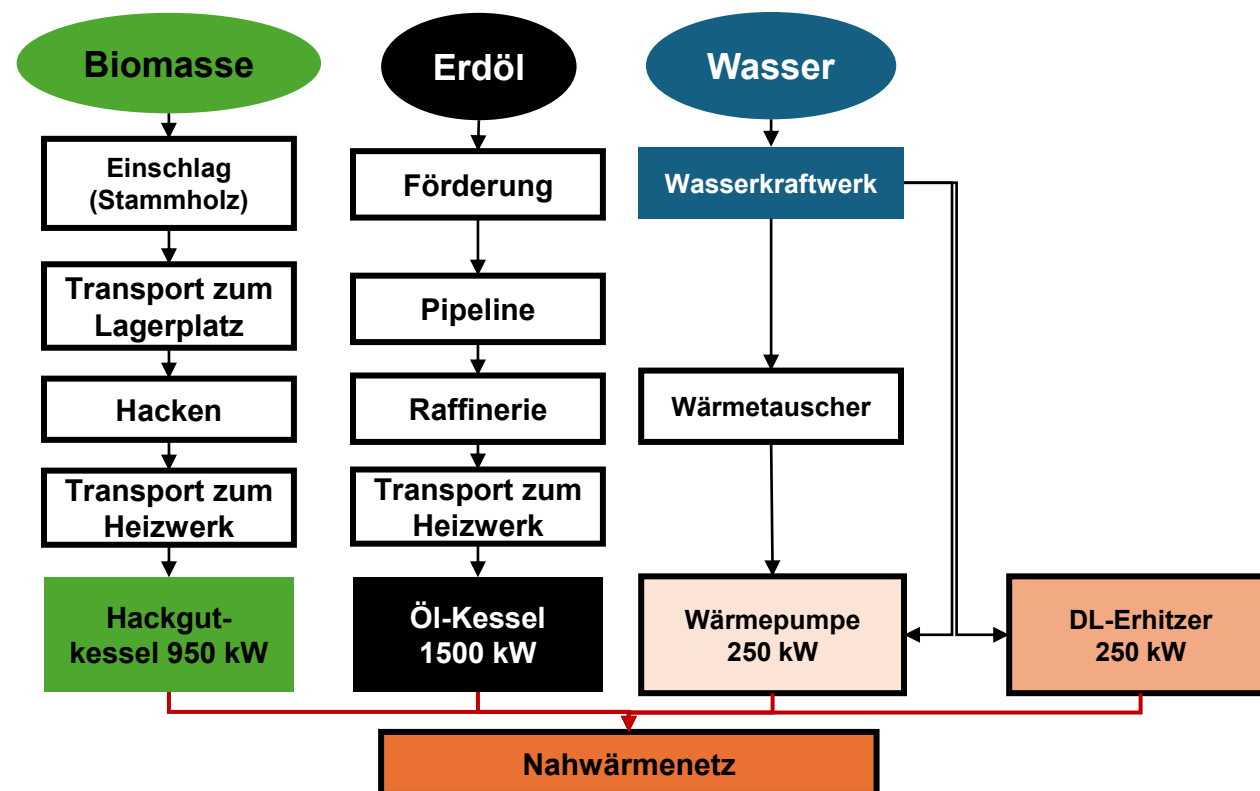
3 Fallbeispiele aus Salzburg und Steiermark

Bsp 2: Biomasse Heizwerk Wald im Pinzgau

„Vor Retrofit“



„Nach Retrofit“



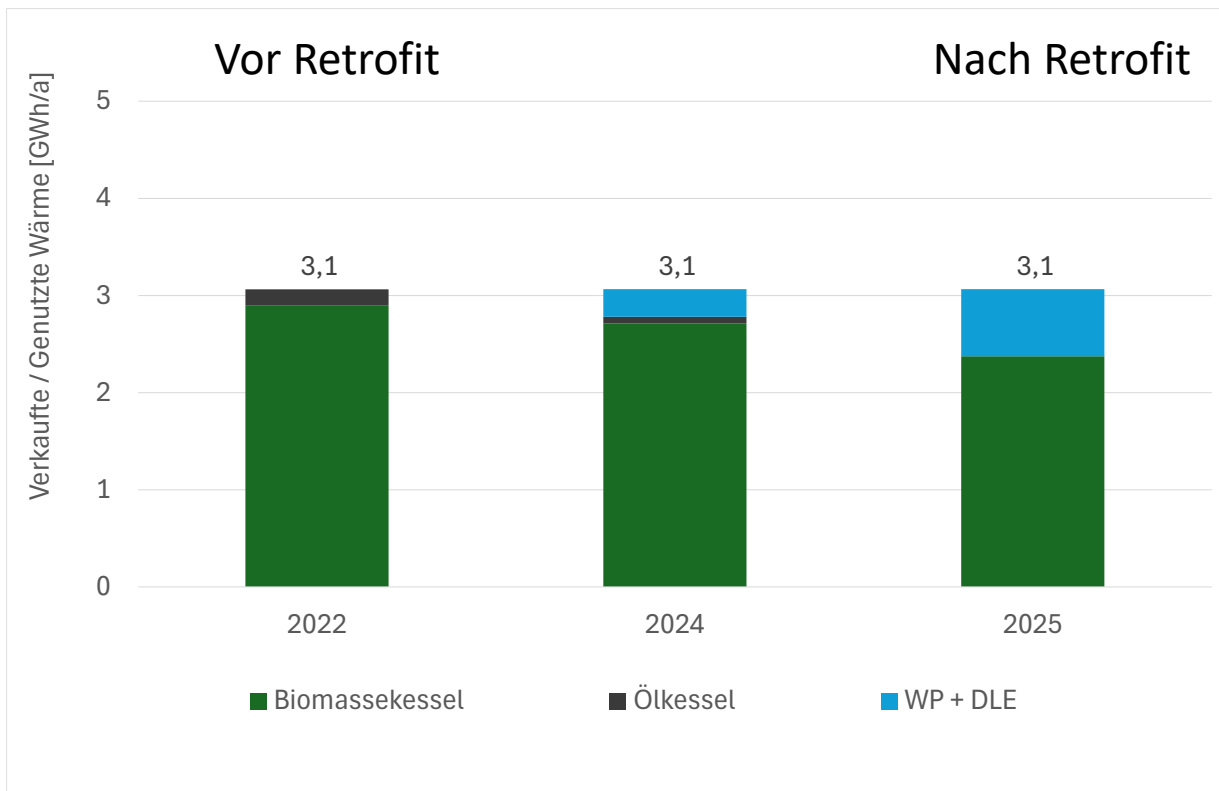
Wärmeverbrauch
3.065 MWh/a



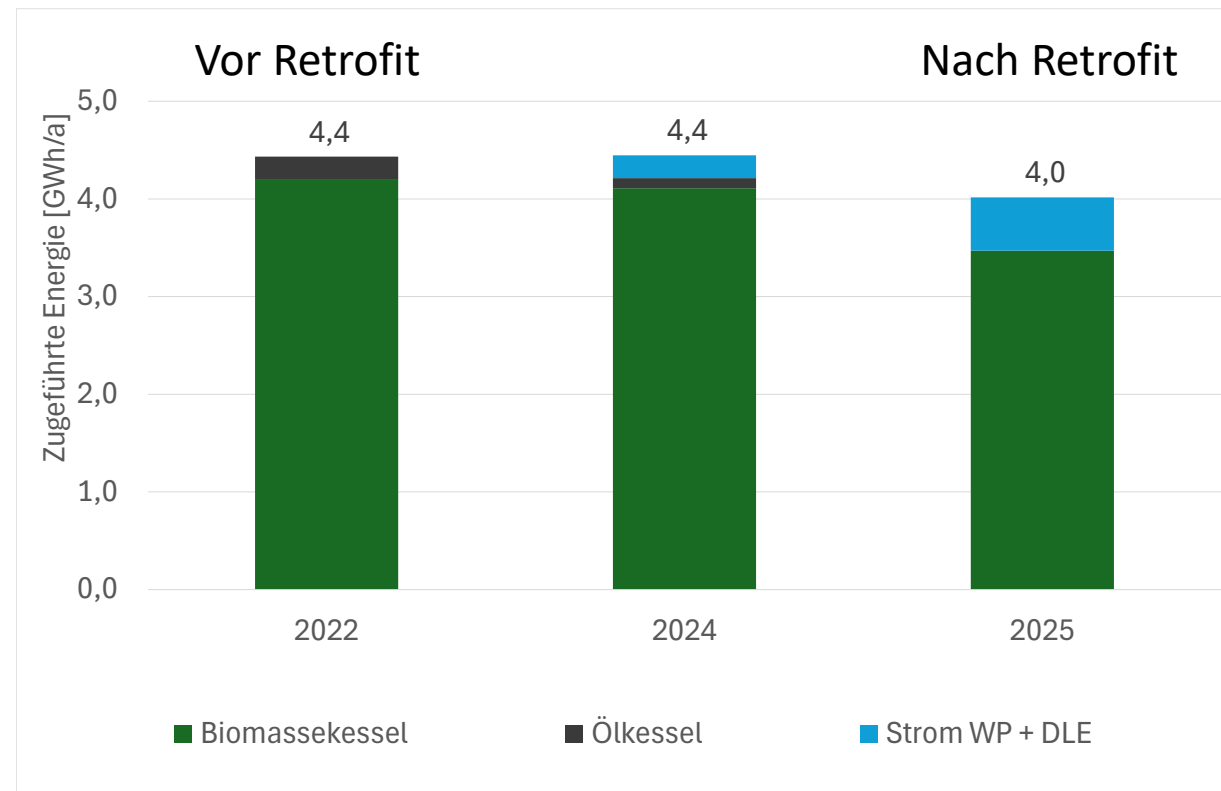
3 Fallbeispiele aus Salzburg und Steiermark

Bsp 2: Biomasse Heizwerk Wald im Pinzgau

**Wärmebedarf bei den Kunden
= Vergleichsbasis**



**Zugeführte Energiemengen inklusive
Erzeugungs- und Netz-Verluste**



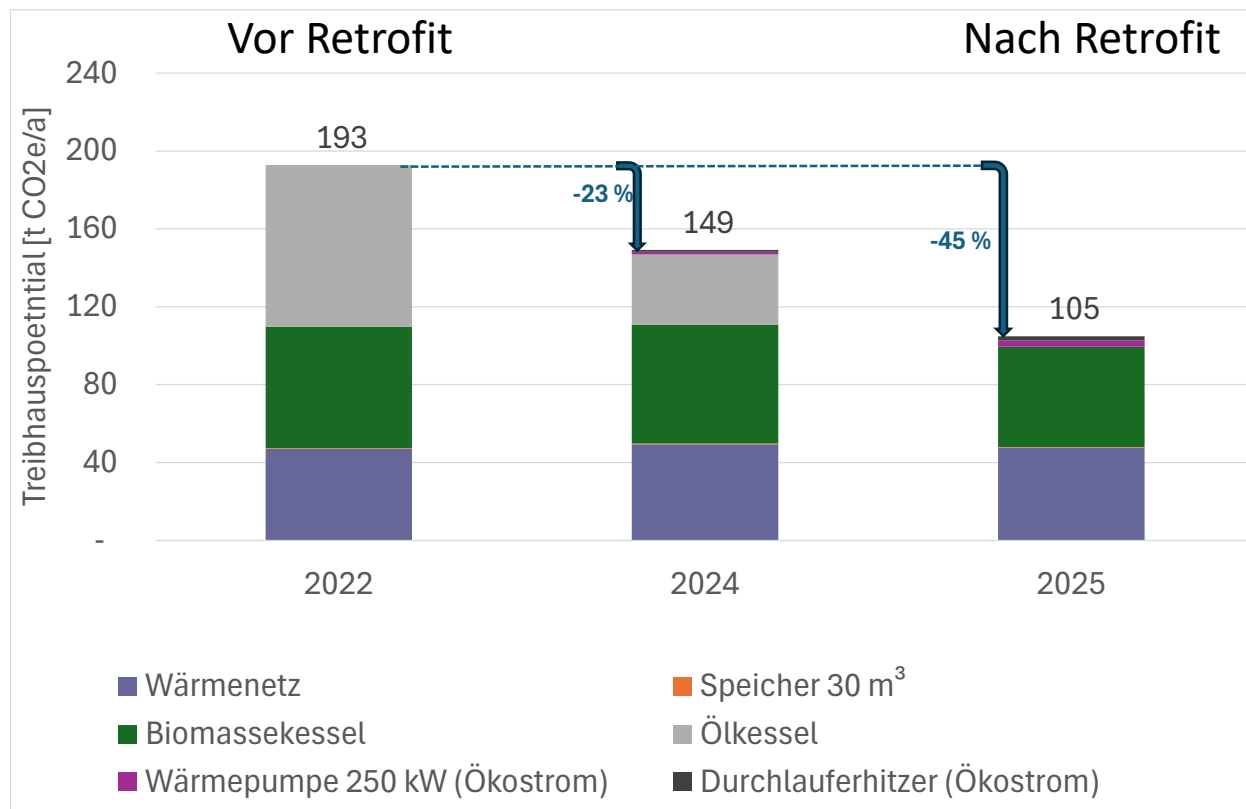
Erzeugungs-Verluste: Biomassekessel 85%, Ölkessel 85%, WP Heizwerk COP 2,6;
Netzverluste 17-22%



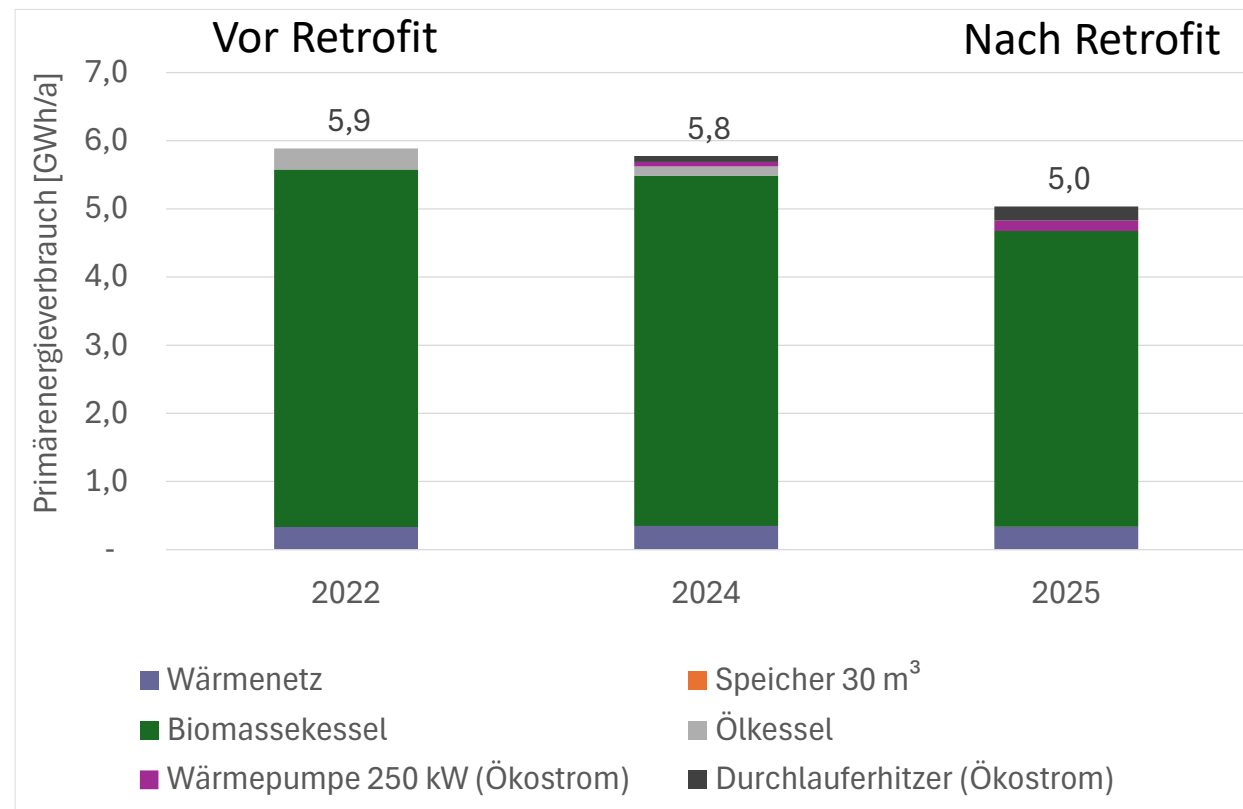
3 Fallbeispiele aus Salzburg und Steiermark

Bsp 2: Biomasse Heizwerk Wald im Pinzgau

Treibhauspotenzial [t CO₂e/a]



Primärenergieverbrauch [GWh/a]

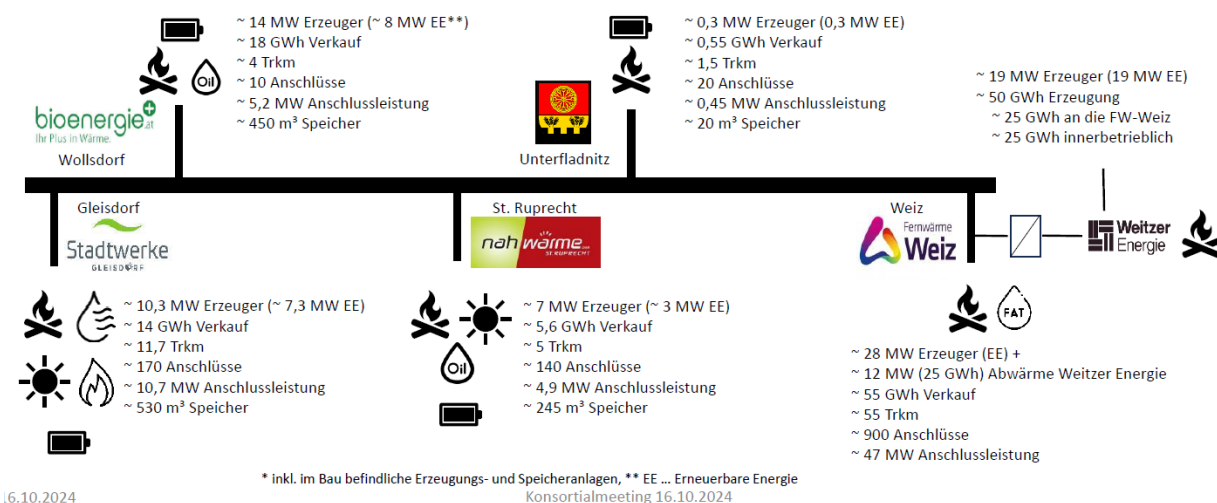


Strom für Wärmepumpe sowie für substituierte Einzelanlagen aus Ökostrom



3 Fallbeispiele aus Salzburg und Steiermark

Bsp 3: Interkommunaler Wärmenetzverbund Weiz - Gleisdorf



16.10.2024

Konsortialmeeting 16.10.2024

Vergleich von 2 Szenarien:

■ Szenario „IKW“:

- Interkommunaler Wärmenetzverbund in Betrieb,
- Netz versorgt zusätzliche Gebäude aus Bestand und Neubau,
- keine fossilen Wärmeerzeuger,
- Wärmeabnahme 200 GWh/a

■ Szenario „Kein IKW“:

- 5 derzeitige Wärmenetze werden weiterhin einzeln betrieben
- Zusätzliche Gebäude aus Bestand und Neubau sind nicht am Netz angeschlossen,
- fossile Wärmeerzeuger sind nach wie vor vorhanden,
- Wärmeabnahme 200 GWh/a

Das Projekt Fossilfree4Industry wird im Rahmen der Leitinitiative „100% erneuerbare Energie-Reallabore“ durchgeführt, wurde vom BMIMI (vormals BMK) initiiert und wird gemeinsam mit der FFG und dem Klima- und Energiefonds finanziert.

Gefördert durch

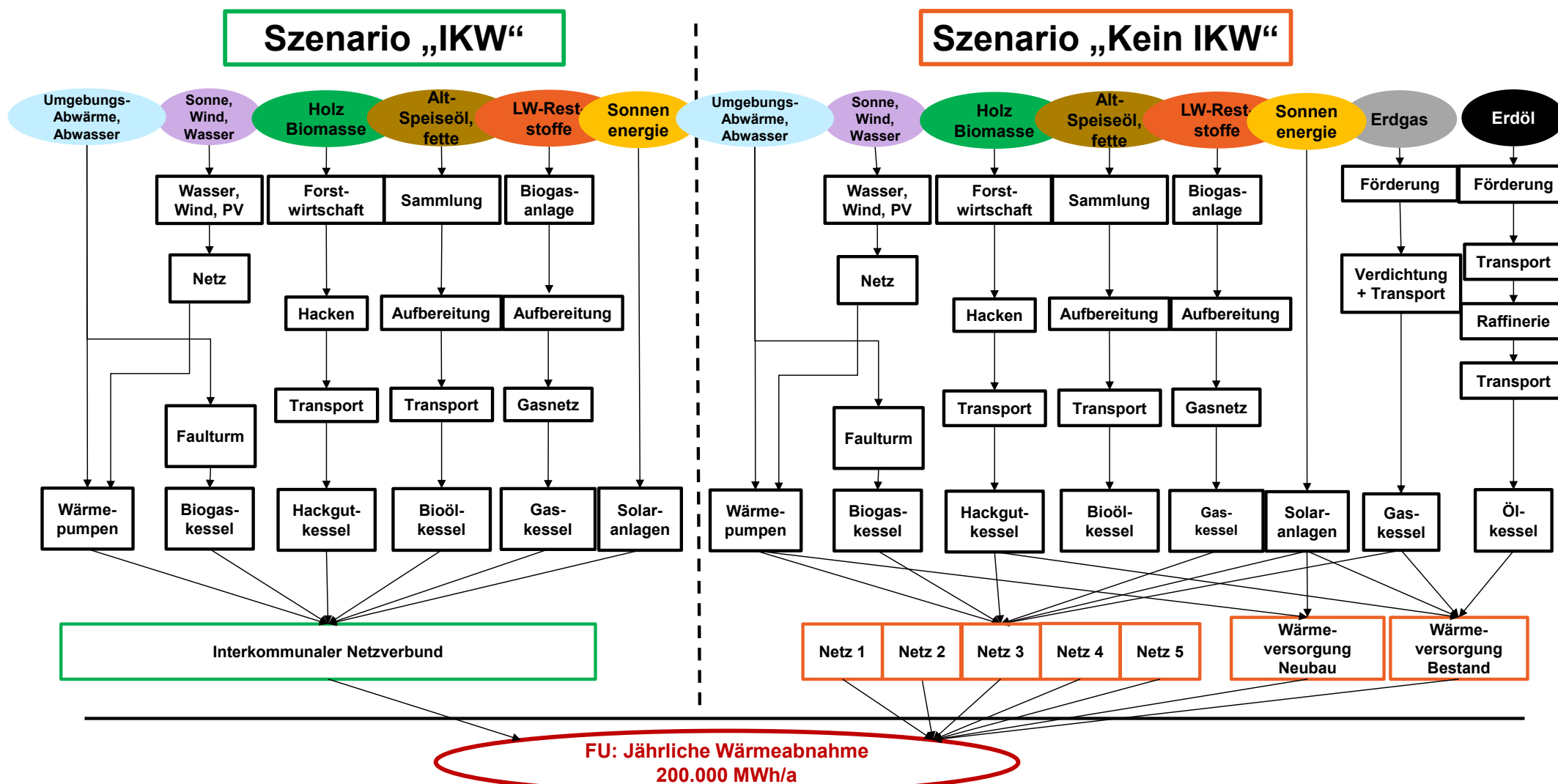
Bundesministerium
Innovation, Mobilität
und Infrastruktur





3 Fallbeispiele aus Salzburg und Steiermark

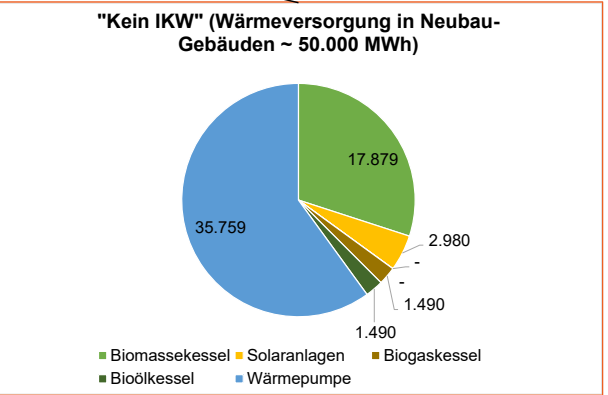
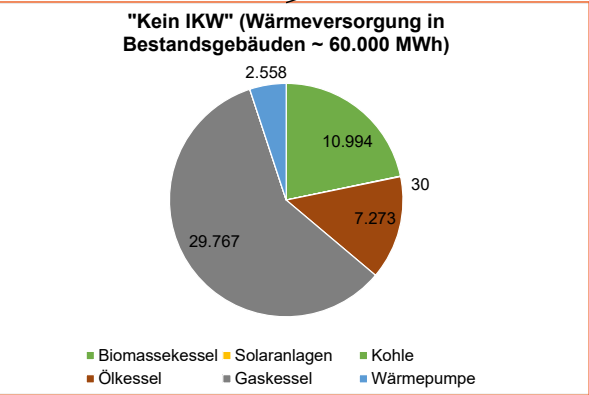
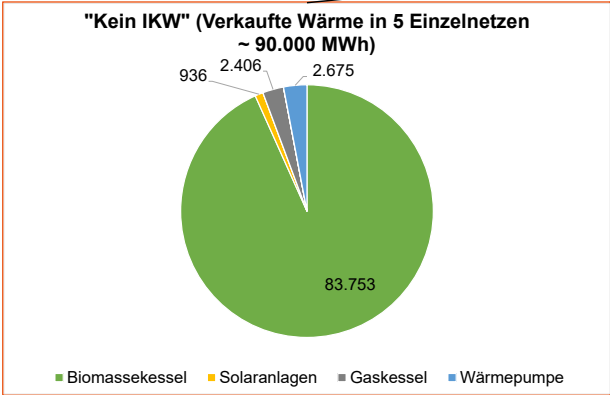
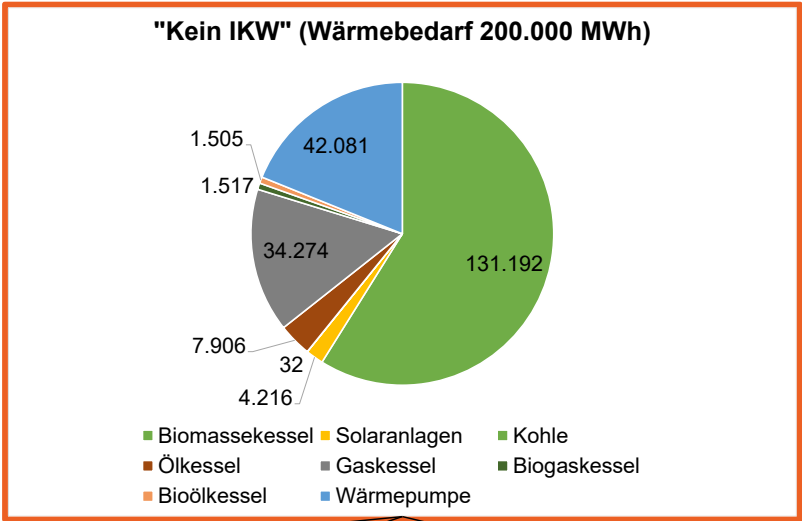
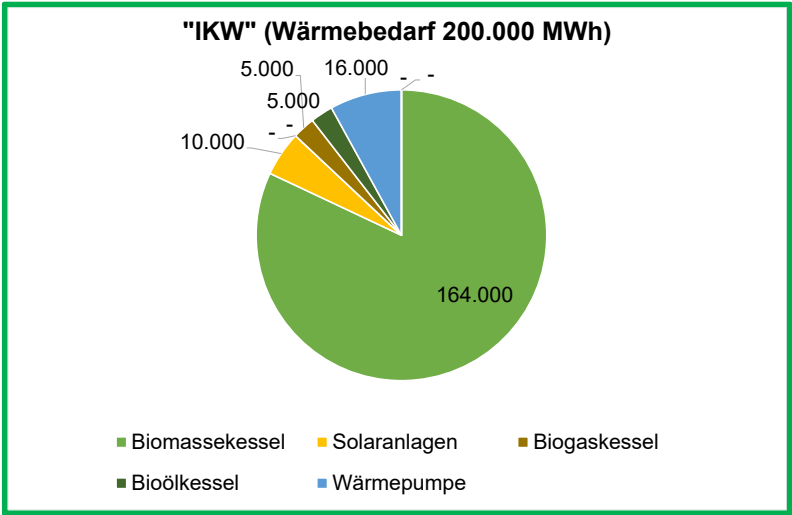
Bsp 3: Interkommunaler Wärmenetzverbund Weiz - Gleisdorf





3 Fallbeispiele aus Salzburg und Steiermark

Bsp 3: Interkommunaler Wärmenetzverbund Weiz - Gleisdorf

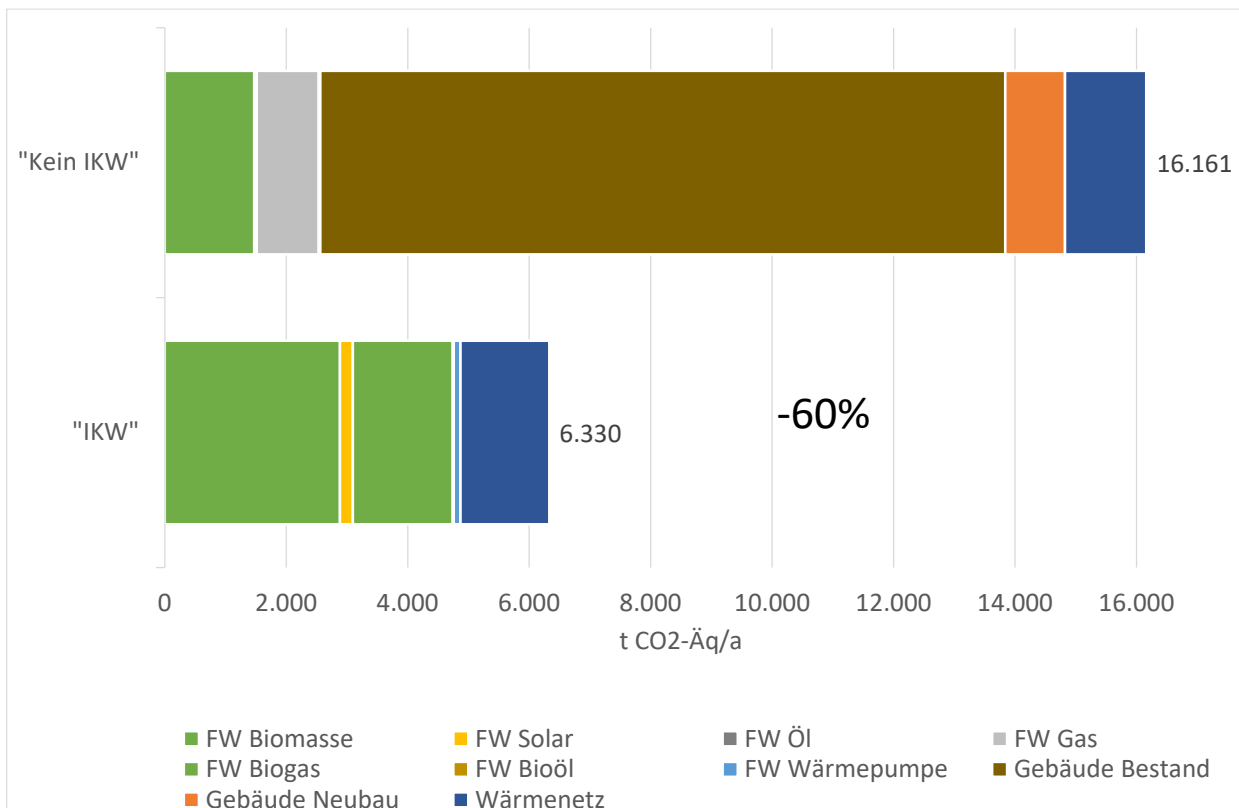




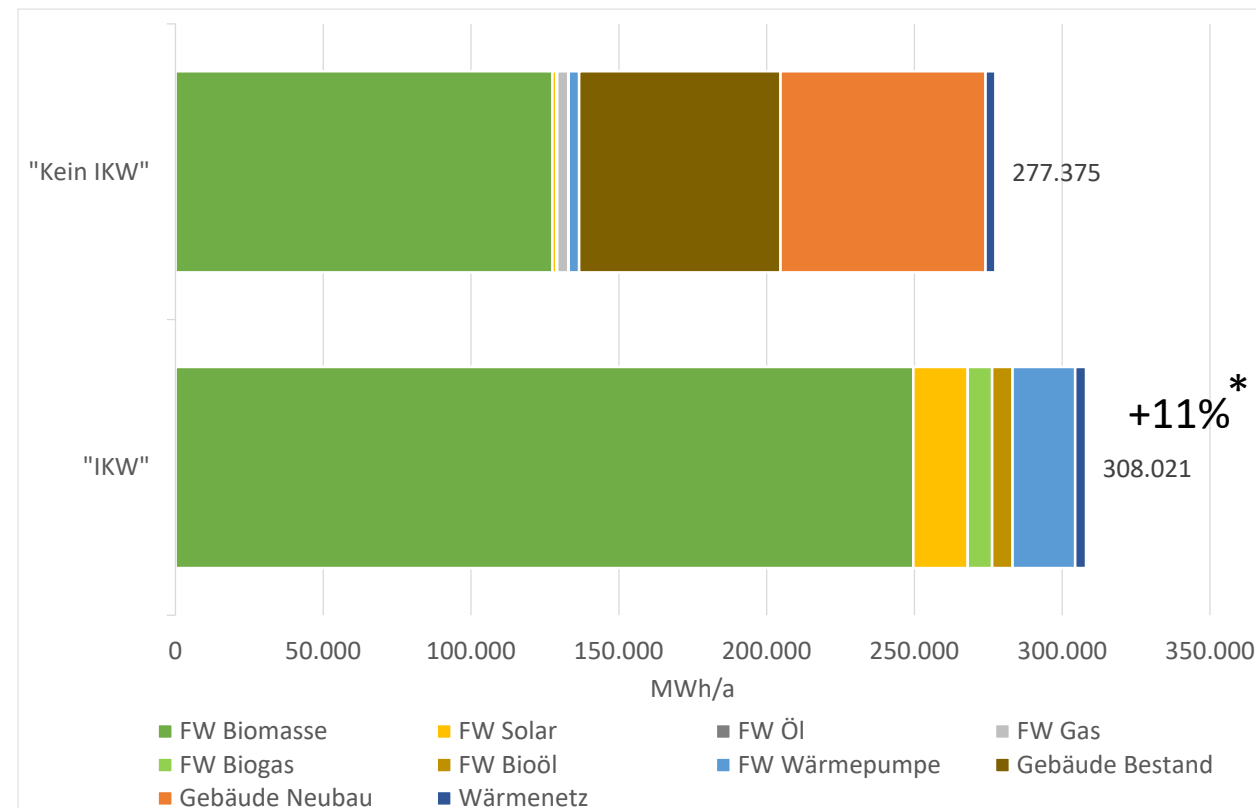
3 Fallbeispiele aus Salzburg und Steiermark

Bsp 3: Interkommunaler Wärmenetzverbund Weiz - Gleisdorf

Treibhauspotenzial [t CO₂e/a]



Primärenergieverbrauch [MWh/a]



* Zunahme Primärenergieverbrauch im IKW-Szenario durch höhere Netzverluste, geringerer Anteil der Wärme aus Wärmepumpen / **ABER: minus 59 % fossiler Primärenergieverbrauch**



Systembewertung von Retrofit-Maßnahmen für biomassebasierte Wärmenetze

- Retrofit Maßnahmen von Biomasse-Heizwerken und Nahwärmenetzen führen zu teils signifikanten Einsparungen von THG-Emissionen, insbesondere durch eine
 - Erhöhung des Anteils erneuerbarer Wärmequellen und Phase-Out von Gas- und Öl-Kesseln im Wärmenetz durch Integration von Wärmepumpen und Wärmespeichern
 - Effizienzsteigerung durch Nutzung von am Standort vorhandenen Abwärmepotentialen und Einsparung von Primärenergie aus Biomasse und damit verbundenen Vorleistungen (z.B. Transporte)
 - Reduktion von THG-Emissionen durch Substitution fossiler Wärme aus Öl- und Gaskesseln am Standort des Biomasse-Heizwerks sowie durch Substitution fossil betriebener Einzelheizungsanlagen in Gebäuden, die zusätzlich ans Netz angeschlossen werden können
- Zusätzlich wurde in zusätzlichen wirtschaftlichen Systembewertungen bestätigt, dass die Maßnahmen auch einen positiven Effekt haben auf die Steigerung der regionalen / inländischen Wertschöpfung haben
- JOANNEUM RESEARCH begleitet gerne auch Ihr Projekt und die Maßnahmenumsetzung mit einer Systembewertung!

VIELEN DANK

MITEINANDER
ZUKUNFTSRELEVANT

DI Martin Beermann

martin.beermann@joanneum.at

0316 876 7632

www.joanneum.at/life

