

energy scripts

Eine Schriftenreihe des
Instituts für Erneuerbare Energie

heat_portfolio

(FFG-Nr. 848849)

Nachhaltigkeitsbewertung ausgewählter Fernwärme-
Szenarien

Bericht zu (Task 2.1, Task 3.3 und Task 7.3)

Susanne Schidler

Alexander Hirschl

Andrea Werner

Karin Fazeni

Simon Moser

Sebastian Goers



Susanne Schidler

Alexander Hirschl

Andrea Werner

Fachhochschule Technikum Wien, Institut für Erneuerbare Energie

Karin Fazeni

Simon Moser

Sebastian Goers

Energieinstitut an der Johannes Kepler Universität Linz

heat_portfolio

(FFG-Nr. 848849)

Nachhaltigkeitsbewertung ausgewählter Fernwärme-Szenarien

Bericht zu (Task 2.1, Task 3.3 und Task 7.3)

Impressum

energy scripts – Eine Schriftenreihe des Instituts für Erneuerbare Energie der FH Technikum Wien

2018: heat_portfolio - Nachhaltigkeitsbewertung

Susanne Schidler

susanne.schidler@technikum-wien.at

Herausgeber und Redaktion:

Institut für Erneuerbare Energie, FH Technikum Wien

Giefinggasse 6

1210 Wien

I: www.technikum-wien.at

Cover:

Schürz & Lavicka

Alle veröffentlichten Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Eine vorherige schriftliche Zustimmung der AutorInnen ist für jede vom Urheberrechtsgesetz nicht zugelassene Verwertung einzuholen.

© Institut für Erneuerbare Energie, FH Technikum Wien

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	9
2	Hintergrund	9
2.1	<i>Erneuerbare Energie und Nachhaltigkeit</i>	9
2.2	<i>Fernwärme - Szenarien in heat_portfolio</i>	10
3	Betrachtungsrahmen – Wertschöpfungskette	11
4	Bewertungssystem – Kriterienentwicklung	11
4.1	<i>Vorgangsweise</i>	12
4.1.1	Ausgangsbasis - der Kriterienvorschlag	12
4.1.2	Diskussion – der interdisziplinäre ExpertInnenworkshop.....	27
	Kategorie A: Gesundheits- und Umweltrelevante Impacts.....	28
	Kategorie B: Sicherung und Qualität der Beschäftigung	30
	Kategorie C: Wissen.....	31
	Kategorie D: Regionalentwicklung	32
	Kategorie E: Akteursinteraktionen.....	33
	Kategorie F: Wirtschaftlichkeit	34
	Diskussion zur Punktevergabe	36
4.1.3	Ergebnis – Bewertungstabelle	37
4.1.4	Beschreibung der Kriterien	47
5	Bewertung – die Nachhaltigkeitsperformance	61
5.1	<i>Klimabilanz – Vorgangsweise</i>	61
5.1.1	Datenqualität - Klimabilanz.....	61
5.2	<i>Nachhaltigkeitsbewertung – Vorgangsweise</i>	62
5.2.1	Fragebogen.....	62
5.2.2	Datenqualität - Fragebogen.....	62
5.3	<i>Unsicherheiten</i>	62
5.4	<i>Auswertung</i>	62
5.5	<i>Standort A</i>	63
5.5.1	Klimabilanz Standort A – Szenario 1 „Zentraler Pufferspeicher“	63
5.5.2	Klimabilanz Standort A – Szenario 2 „Zentrale Solarthermie“	65
5.5.3	Nachhaltigkeitsperformance Standort A	69
5.5.4	Zusammenführung der Ergebnisse - Standort A.....	83
5.6	<i>Standort B – Szenario 4</i>	84
5.6.1	Klimabilanz Standort B	85
	Grundlagen der Berechnungen	86
	Basisvariante - Waldhackgut	86
	Variante – Rauchgaskondensation (RGK).....	89

Ergebnisse.....	97
5.6.2 Nachhaltigkeitsperformance Standort B.....	99
5.6.3 Zusammenführung der Ergebnisse Standort B.....	109
5.7 Standort D.....	111
5.7.1 Klimabilanz Szenario D1 „Spot- und Regelenergiemarkt“.....	111
5.7.2 Standort D – Szenario D3 „Holzvergaser und Holzgas KWK“.....	113
5.7.3 Nachhaltigkeitsperformance Standort D.....	116
5.7.4 Zusammenführung der Ergebnisse Standort B.....	128
6 Generelle Anmerkungen.....	130
7 Literaturverzeichnis.....	130

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Vorgangsweise bei der Kriterienentwicklung.....	12
Abbildung 2: TeilnehmerInnen des Workshops.....	27
Abbildung 3: Ergebnis der Abfrage Kategorie A.....	28
Abbildung 4: Ergebnis der Abfrage Kategorie B.....	30
Abbildung 5: Ergebnis der Abfrage Kategorie C.....	31
Abbildung 6: Ergebnis der Abfrage Kategorie D.....	32
Abbildung 7: Ergebnis der Abfrage Kategorie E.....	33
Abbildung 8: Ergebnis der Abfrage Kategorie F.....	34
Abbildung 9: Ergebnisse A Umwelt und Gesundheit (Standort A).....	74
Abbildung 10: Ergebnisse B Sicherung und Qualität der Arbeit (Standort A).....	76
Abbildung 11: Ergebnisse C Wissen (Standort A).....	77
Abbildung 12: Ergebnisse D Regionalentwicklung (Standort A).....	79
Abbildung 13: Ergebnisse F Wirtschaftlichkeit.....	82
Abbildung 14: Nachhaltigkeitsperformance Standort A.....	83
Abbildung 15: Prozessablauf openLCA Waldhackgut.....	87
Abbildung 16: Prozessablauf openLCA Rauchgaskondensationsanlage.....	89
Abbildung 17: Aufbau Öko-Carbonizer (Carbonizer s.a.).....	91
Abbildung 18: Ergebnisse Umwelt und Gesundheit (Standort B).....	101
Abbildung 19: Ergebnisse Qualität der Arbeit (Standort B).....	104
Abbildung 20: Ergebnisse Wissen (Standort B).....	105
Abbildung 21: Ergebnisse Regionalentwicklung (Standort B).....	106
Abbildung 22: Ergebnisse Akteursinteraktionen (Standort D).....	107
Abbildung 23: Ergebnisse Kategorie F (Standort D).....	109
Abbildung 24: Nachhaltigkeitsperformance Standort B.....	110
Abbildung 25 Ergebnisse - Umwelt und Gesundheit (Standort D).....	120

Abbildung 26: Ergebnisse B	Sicherung und Qualität der Beschäftigung Standort D	122
Abbildung 27: Ergebnisse C	Wissen (Standort D).....	123
Abbildung 28: Ergebnisse D	Regionalentwicklung (Standort D)	125
Abbildung 29: Ergebnisse F	Wirtschaftlichkeit (Standort D).....	128
Abbildung 30: Nachhaltigkeitsperformance Standort D		129

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ziele und Regeln für eine nachhaltige Entwicklung.....		10
Tabelle 2: Kriterienvorschlag Kategorie A Gesundheits- und Umweltrelevante Impacts		14
Tabelle 3: Kriterienvorschläge Kategorie B Sicherung und Qualität der Beschäftigung		17
Tabelle 4: Kriterienvorschlag Kategorie C Wissen.....		18
Tabelle 5: Kriterienvorschlag Kategorie D Regionalentwicklung		19
Tabelle 6: Kriterienvorschlag Kategorie E Akteursinteraktionen.....		22
Tabelle 7: Kriterienvorschlag Kategorie F Wirtschaftlichkeit		22
Tabelle 8: Relevanz der Kriterien Kategorie A		28
Tabelle 9: Relevanz der Kriterien Kategorie B		30
Tabelle 10: Relevanz der Kriterien Kategorie C		31
Tabelle 11: Relevanz der Kriterien Kategorie D		32
Tabelle 12: Relevanz der Kriterien Kategorie E		33
Tabelle 13: Relevanz der Kriterien Kategorie F		35
Tabelle 14: Finaler Kriterienkatalog.....		38
Tabelle 15: Klimabilanzeingangsdaten –Standort A Szenario 1 – Materialeinsatz und Transporte.....		64
Tabelle 16: Klimabilanzeingangsdaten – Szenario 1 Standort A Einsparungen.....		65
Tabelle 17: Klimabilanzeingangsdaten – Standort A Szenario 2 – Materialeinsatz und Transporte.....		66
Tabelle 18: Klimabilanzeingangsdaten – Szenario 2 Standort A Einsparungen.....		69
Tabelle 19: Befragungsergebnisse A Gesundheits- und Umweltrelevante Impacts (Standort A).....		70
Tabelle 20: Befragungsergebnisse B Sicherung und Qualität der Arbeit (Standort A)		75
Tabelle 21: Befragungsergebnisse C Wissen (Standort A).....		77
Tabelle 22: Befragungsergebnisse D Regionalentwicklung (Standort A)		78
Tabelle 23: Befragungsergebnisse E Akteursinteraktionen (Standort A).....		80
Tabelle 24: Befragungsergebnisse F Wirtschaftlichkeit (Standort A).....		81
Tabelle 25: Anlagenteile Standort B Szenario 1.....		84
Tabelle 26: 350kW-Sommerkessel Binder.....		85
Tabelle 27: Grunddaten Rauchgaskondensationsanlage.....		85
Tabelle 28: Basisdaten Fichte, Tanne, Buche (Biomasseverband s.a.).....		88
Tabelle 29: Einzelteile Rauchgaskondensator (Angabe lt. Hersteller).....		92
Tabelle 30: Einzelteile Pumpe (Angabe lt. Hersteller).....		94

Tabelle 31: Einzelteile Rohrleitung (Angabe lt. Hersteller)	94
Tabelle 32: Absperrventil (Angabe lt. Hersteller)	95
Tabelle 33: Strommix Österreich 2016 (BMDW 2016)	96
Tabelle 34: Ergebnis Lebenszyklusanalyse - Waldhackgut	97
Tabelle 35: Ergebnis Lebenszyklusanalyse - Rauchgaskondensationsanlage	98
Tabelle 36: Befragungsergebnisse A Gesundheits- und Umweltrelevante Impacts (Standort B).....	99
Tabelle 37: Spezifischen Emissionen entlang des gesamten Lebenszyklus der Anlage (Standort B).....	103
Tabelle 38: Befragungsergebnisse B Sicherung und Qualität der Beschäftigung (Standort B)	103
Tabelle 39: Befragungsergebnisse Kategorie C Wissen (Standort B).....	104
Tabelle 40: Befragungsergebnisse D Regionalentwicklung (Standort B)	106
Tabelle 41: Befragungsergebnisse E Akteursinteraktionen (Standort B)	107
Tabelle 42: Befragungsergebnisse F Wirtschaftlichkeit (Standort D)	108
Tabelle 43 Klimabilanzeingangsdaten – Szenario 1 Standort D.....	112
Tabelle 44 Klimabilanz Eingangsdaten Szenario 1 Standort D	112
Tabelle 45 Klimabilanz Szenario D1 im Vergleich zu Basisszenario D0	112
Tabelle 46 Klimabilanz eingangsdaten – Szenario 3 Standort D.....	113
Tabelle 47 Klimabilanz Eingangsdaten Szenario D3.....	116
Tabelle 48 Klimabilanz Ergebnisse	116
Tabelle 49: Befragungsergebnisse A Umwelt- und Gesundheit (Standort D).....	117
Tabelle 50 Spezifische Luftschadstoffe in Szenario D1 und D3 im Vergleich zu Basisszenario D0.....	119
Tabelle 51: Befragungsergebnisse B Sicherung und Qualität der Beschäftigung (Standort D)	121
Tabelle 52: Befragungsergebnisse C Wissen (Standort D).....	122
Tabelle 53: Befragungsergebnisse D Regionalentwicklung (Standort D)	124
Tabelle 54: Befragungsergebnisse E Akteursinteraktionen (Standort D).....	125
Tabelle 55: Befragungsergebnisse F Wirtschaftlichkeit (Standort D).....	126

1 Einleitung

Der vorliegende Arbeitsbericht umfasst

- die Erstellung des Kriterienkataloges (Task 2.1),
- die Erstellung von Fragebögen zur Datenrecherche, die Datenrecherche zur Bewertung der Szenarien und Erstellung einer LCA (Task 3.3)
- Berechnungen und Darstellung der Nachhaltigkeitsperformance der ausgewählten Szenarien (Task 7.3).

2 Hintergrund

Der Begriff Nachhaltigkeit steht national und international auf der politischen Agenda. Nachhaltige Entwicklung zeigt einen Weg, die Effekte menschlicher Aktivität in allen Aspekten zu durchdenken und verantwortlich zu steuern – ein Weg, der lang anhaltende positive Ergebnisse und Vorteile für die menschliche Gesellschaft insgesamt verspricht (Strange und Bayley 2008).

2.1 Erneuerbare Energie und Nachhaltigkeit

Die Nutzung erneuerbarer Energien ist ein wichtiger Teil regionaler, nationaler und internationaler Nachhaltigkeitskonzepte (CSD 2001; BMLFUW 2002; Europäische Kommission 2002). Sie wird oft per se als nachhaltig eingestuft. Argumentiert wird mit der Stärkung regionaler Wirtschaftsräume, Ressourcenschonung, Umweltentlastung oder neuen Perspektiven für Unternehmen (Geissler et al. 2006). Volkswirtschaftliche Vorteile durch die Erhöhung der energetischen Versorgungssicherheit, der Verhinderung von Kaufkraftabflüssen oder die Entlastung der Devisenbilanz sind weitere genannte Gründe für die Förderung Erneuerbarer Energien (Stockinger und Obernberger 2005).

Es stellt sich jedoch die Frage, unter welchen Rahmenbedingungen ein solches Projekt als nachhaltig bezeichnet werden kann. Wichtige Themen im Zusammenhang mit nachhaltiger Entwicklung sind z.B.: das soziale Umfeld, wie AnrainerInnen, Angestellte, Zuliefernde. Volkswirtschaftliche Fragestellungen wie externe Kosten oder Gewinne, die sich aus den Anlagen erzielen lassen. Umweltfragen wie zum Beispiel die Frage der Transportwege oder der langfristigen Versorgungssicherheit (Schidler 2003) sind hier ebenfalls zu nennen wie aus technischer Sicht Adaptionfähigkeit und Fehlertoleranz (Schidler 2003; Geissler et al. 2006).

Die Brundlandtkommission definiert Nachhaltigkeit sehr allgemein: *„Unter dauerhafter Entwicklung verstehen wir eine Entwicklung, die den Bedürfnissen der heutigen Generation entspricht, ohne die Möglichkeiten künftiger Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen und ihren Lebensstil zu wählen. Die Forderung, diese Entwicklung 'dauerhaft' zu gestalten, gilt für alle Länder und Menschen. Die Möglichkeit kommender Generationen, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen, ist durch Umweltzerstörung ebenso gefährdet wie durch Umweltvernichtung durch Unterentwicklung in der Dritten Welt“* (Greis 2002). Diese Definition für die vorliegende Anlagenkombination anwendbar zu machen, und dazu Kriterien zu ihrer Erfüllung zu entwickeln ist das Ziel des vorliegenden Arbeitspakets.

Die Basis der Kriterienentwicklung bildete der integrative Ansatz nach Kopfmüller et al. (2001). Da nachhaltige Entwicklung nicht durch einzelne isolierte Änderungen erreicht werden kann, sondern nur durch ein integratives, das Gesamtziel verfolgendes Konzept (Schulte 2000), ist auch zu einer Bewertung ein integrativer Bewertungsrahmen nötig (Mühle 2000). Bei dem genannten Ansatz handelt es sich um ein dimensionsübergreifendes System, das nicht Säulen oder Dimensionen integriert, sondern auf Basis des

Gerechtigkeitspostulates Ziele und Mindestbedingungen (Regeln) für Nachhaltigkeit festlegt. Diese sind in Tabelle 1 angeführt.

Tabelle 1: Ziele und Regeln für eine nachhaltige Entwicklung

Ziele	Sicherung der menschlichen Existenz	Erhaltung des gesellschaftlichen Produktivpotenzials	Bewahrung der Entwicklungs- und Handlungsmöglichkeiten
Regeln	Schutz der menschlichen Gesundheit	Nachhaltige Nutzung erneuerbarer Ressourcen	Chancengleichheit im Hinblick auf Bildung, Beruf, Information
	Gewährleistung der Grundversorgung	Nachhaltige Nutzung nicht-erneuerbarer Ressourcen	Partizipation an gesellschaftlichen Entscheidungsprozessen
	Selbständige Existenzsicherung	Nachhaltige Nutzung der Umwelt als Senke	Erhaltung des kulturellen Erbes und der kulturellen Vielfalt
	Gerechte Verteilung der Umweltnutzungsmöglichkeiten	Vermeidung unvermeidbarer technischer Risiken	Erhaltung der kulturellen Funktion der Natur
	Ausgleich extremer Einkommens- und Vermögensunterschiede	Nachhaltige Entwicklung des Sach-, Human- und Wissenskapitals	Erhaltung sozialer Ressourcen

Quelle: nach Kopfmüller et al. (2001)

Zur Erfüllung des Nachhaltigkeitspostulates müssen diese Regeln (gleichzeitig) erfüllt werden. Dies wird anhand von Kriterien/Indikatoren überprüft, die die Erfüllung der Regeln für die aktuelle Fragestellung abbilden können.

2.2 Fernwärme - Szenarien in heat_portfolio

Gegenwärtig stehen viele Betreiber von Fernwärmenetzen vor wirtschaftlichen Schwierigkeiten aufgrund steigender Brennstoffpreise und sinkender Erlöse für Strom. Um den Brennstoffbedarf zu senken und damit die Versorgungssicherheit zu erhöhen gewinnt die Einbindung dezentraler (Ab-) Wärmequellen in Wärmenetze einzubinden zunehmend an Bedeutung. Hierfür kommen insbesondere erneuerbare Energiequellen wie Solar- oder Geothermie und industrielle Abwärme in Frage.

Ziel des Projektes war es daher, die technischen Grundlagen zu schaffen um den Anteil der Einspeisung oftmals dezentral vorliegender alternativer Wärmequellen mit z.T. fluktuierender Erzeugung und geringem Temperaturniveau (insbesondere industrielle Abwärme, Solarthermie und oberflächennahe Geothermie) in Wärmenetzen auf einen signifikanten Anteil der Gesamtenergieerzeugung zu erhöhen. Dazu wurden für 4 verschiedene Standorte mehrere unterschiedliche Szenarien zur Integration alternativer Wärmequellen entwickelt und simuliert.

Für die Nachhaltigkeitsbewertung wurden aus diesen Szenarien diejenigen ausgewählt deren Umsetzung aus technischen Gründen (erwiesene technische Machbarkeit und Tragfähigkeit in der Simulation) oder auch sozialen Gründen (die Durchsetzung zwingender Installation vieler dezentraler Pufferspeicher in Haushalten wurde seitens der BetreiberInnen als eher undurchführbar eingestuft) machbar erschien. Basis für diese Bewertung bildete der Bewertungskatalog auf Basis der gesamten Wertschöpfungskette der zusätzlich zu installierenden Anlagenteile.

3 Betrachtungsrahmen – Wertschöpfungskette

Die Wertschöpfungskette eines Anlagensystems betrachtet alle prozessrelevanten Stoffströme, welche in das Gesamtsystem hinein bzw. aus ihm hinaus geführt werden. Neben den direkten Input- und Outputströmen, müssen bei einer Stoffstromanalyse auch die zur Herstellung notwendigen Betriebs- und Hilfsmittel, wie beispielsweise das Holz beim Biomasse-KWK bzw. die solarthermischen Kollektoren, Wärmepumpen sowie notwendige Leitungen und Verrohrungen im Detail betrachtet werden.

Ein bedeutender Aspekt ist die optimale Nutzung bzw. Abstimmung der einzelnen Teilsysteme und damit das Vermeiden von suboptimalen Lösungen (vgl. Schidler et al. 2010). Um Kriterien für die einzelnen Teilsysteme bestimmen zu können, ist es notwendig die einzelnen Stoffflüsse zu kennen, diese abzugrenzen und zu benennen.

Es ist über die gesamte Wertschöpfungskette auf eine möglichst hohe Effizienz und Effektivität der einzelnen Teilprozesse zu achten. So sind beispielweise Transporte möglichst umweltschonend und auf kürzestem Wege durchzuführen. Für systemrelevante Prozesse sind möglichst hohe Wirkungsgrade anzustreben.

Die verschiedenen Kombinationen der Teilsysteme und die Zusammenführung der Wertschöpfungsketten ergibt die einzelnen Szenarien – welche auf ihre Nachhaltigkeitsperformance zu überprüfen sind (Adensam et al. 2009).

Die Recherche der Wertschöpfungsketten beinhaltet im Wesentlichen folgende Schritte:

1. Die Festlegung der Systemgrenzen,
2. Bestimmung relevanter Prozesse,
3. Ermittlung der wichtigsten möglichen Inputströme,
4. sowie die Ermittlung der wichtigsten möglichen Outputströme.

Ad 1 – Betrachtet werden im Rahmen der Bewertung ausschließlich die Veränderungen im Fernwärmenetz gegenüber der Ausgangssituation.

Ad 2 – Betrachtet werden ausschließlich zusätzliche oder veränderte Prozesse

Ad 3) - wie 2, z. B. Materialinput durch zusätzliche Anlagenteile, Veränderung der Brennstoffflüsse

Ad 4) - wie 2, z. B. Veränderungen im Energieoutput

4 Bewertungssystem – Kriterienentwicklung

Die im folgenden Kapitel vorgestellten Kriterien sind als Anforderungen im Sinne nachhaltiger Entwicklung an die Prozesse der gesamten Wertschöpfungskette zu verstehen. Diese umfassen quantitative und qualitative (makro)ökonomische, ökologische und soziale Aspekte. Abhängig von der jeweiligen Betrachtung der einzelnen Anlagensysteme, gibt es eine Vielzahl an Kriterien, welche die Basis für eine Bewertung des Gesamtsystems darstellen.

Der Bewertungsrahmen für die Nachhaltigkeitsperformance unterliegt einer grundsätzlichen Dynamik. So kann sich dieser unter unterschiedlichen Bedingungen unterschiedlich entwickeln. Dies hat zur Folge, dass ein Punkt der Zielerreichung bzw. ein absoluter Zielwert nicht festgelegt werden kann. Die Performance wird immer im Vergleich zu einem Referenzszenario betrachtet (Adensam et al. 2009). Im vorliegenden werden die Szenarien mit der Ausgangslage verglichen.

Ein Vorschlag für einen bildete die Grundlage für einen interdisziplinären ExpertInnenworkshop (Kap 4.1.2) der zur Absicherung der Kriterienauswahl abgehalten wurde

4.1 Vorgangsweise

Die Ausgangsbasis der vorliegenden Arbeit bildeten mehrere bestehende Kriterienkataloge (vgl. Bauer und Wild 2008; Adensam et al. 2009; Schidler et al. 2010; Sterrer et al. 2014), welche im Rahmen von Nachhaltigkeitsbewertungen unterschiedlicher erneuerbarer Energieträger entwickelt wurden. Diese Kriterien wurden unter der Anwendung des Ziel- und Regelsystems nach Kopfmüller et al. entwickelt (siehe Tabelle 1 und Abbildung 1). Neben der Erfüllung der Regeln (top down) werden auch bestehende Probleme nachhaltiger Entwicklung beachtet und in das Betrachtungssystem aufgenommen (Adensam et al. 2009; S.29).

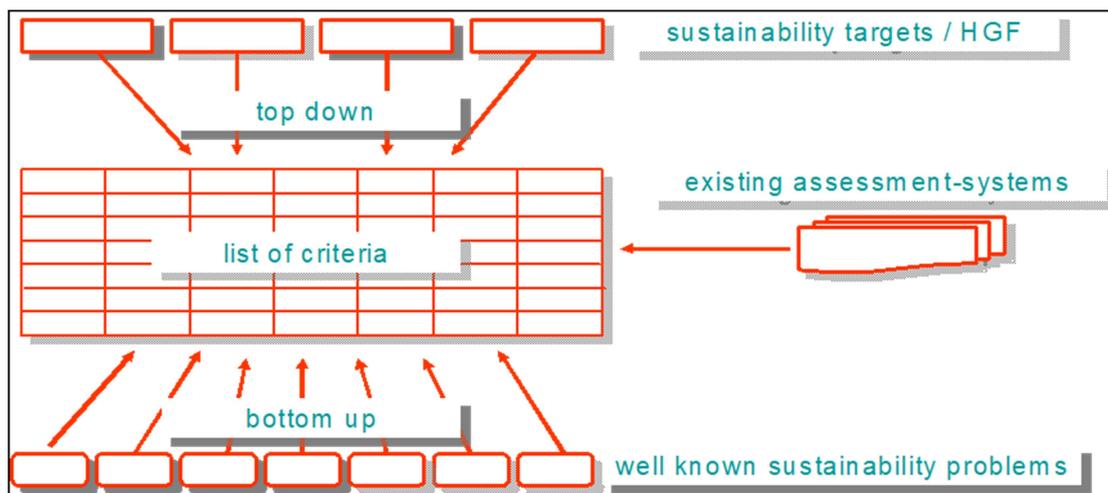


Abbildung 1: Vorgangsweise bei der Kriterienentwicklung

4.1.1 Ausgangsbasis - der Kriterienvorschlag

Die bestehenden Kriterienkataloge wurden auf die gegenständlichen Energiekonzept, bzw Szenarien adaptiert. Die Kriterienbildung erfolgt im Wesentlichen in folgenden Schritten:

- Entwicklung von Kriterien unter Adaptierung bestehender Kriterienkataloge für erneuerbare Energien als ersten Vorschlag für den darauffolgenden Schritt.
- Diskussion dieser Kriterien in einer interdisziplinären Kleingruppe.
- Zusammenführung der Ergebnisse zu einem finalen Kriterienkatalog, sowie die Erarbeitung von Vorschlägen zu Messgrößen bzw. Indikatoren nach denen die einzelnen Kriterien bewertet werden können.

Der für die Szenarien im Projekt entwickelte Kriterienvorschlag, welcher die Ausgangsbasis für die Erarbeitung eines nachfolgenden Bewertungsrasters bildete, basiert auf einem bewährten System, welches in mehreren Vorprojekten bereits erfolgreich zur Anwendung gekommen ist. Die Kriterien sind zu inhaltlichen Clustern und diese zu übergeordneten Kategorien zusammengefasst. Die Kategorien beinhalten folgende Themen:

- A Gesundheits- und Umweltrelevante Impacts
- B Sicherung und Qualität der Beschäftigung
- C Wissen

D Regionalentwicklung

E Akteursinteraktionen

F Wirtschaftlichkeit

Die folgende Tabelle zeigt den Vorschlag, der die Grundlage der Diskussionen bildete.

Tabelle 2: Kriterienvorschlag Kategorie A Gesundheits- und Umweltrelevante Impacts

Cluster	Z	Kriterien	Inhalt / Parameter Qualitativ	Inhalt / Parameter Quantitativ	Unterstützende Fragestellungen / Erklärung
Inputströme (Standort)	A1	Gesamtenergieverbrauch und Anteil nicht erneuerbarer Energieträger an der Energiezufuhr	> Kraft Wärme Kopplung [ja/nein]	> Energiefluss / Sankey Diagramm Energieinput / Energieoutput [kWh/kWh] > Erntefaktor [1] > Klimapotential [CO ₂ -äquiv./kWh] > Energetische Amortisation [a]	Quantitative Fragestellung: > Nutzungsdauer der Anlage (n-teile) [a] > Leistungsabfall [%/a]
	A2	Betriebsstoffe/ Prozesschemikalien (toxische und petrochemische)	> Toxizität der Stoffe [ja/nein]	> Menge (Prozess)Chemikalien/Produkt [mg/kWh] > Menge Betriebsstoffe/Produkt [mg/kWh]	Qualitative Fragestellung: > Substitutionsmöglichkeiten [ja/nein] > Kreislaufführungen [ja/nein]
	A3	Wasserverbrauch / Water Footprint	> Trinkwasser [ja/nein] > Grundwasser [ja/nein] > Prozesswasser [ja/nein] > Oberflächenwasser [ja/nein] > Kreislaufführung [ja/nein]	> Menge Wasser/Produkt [l/kWh]	
Inputströme (Standort)	A4	Stoffflussanalyse / Brennstoffeinsatz	> GMO [ja/nein] > Speicherbarkeit Energieressource (z.B. Holz) [ja/nein] > Speicherbarkeit Energieprodukt (z.B. Fernwärmesp.) [ja/nein] > Kaskadische Nutzung [ja/nein] > Energieträgerimport (außerhalb der Staatsgrenze) > Energieträgerimport (außerhalb der Regionsgrenze)	> Anteil kaskadische Nutzung [%] > Brennstoff/Produkt [mg/kWh]	

Cluster	Z	Kriterien	Inhalt / Parameter Qualitativ	Inhalt / Parameter Quantitativ	Unterstützende Fragestellungen / Erklärung
Outputströme (Standort)	A5	Emissionen an die Kompartimente Wasser, Luft und Boden (Anlage + Transporte)	<ul style="list-style-type: none"> > Art der Emissionen [Feinstaub, CO, CO₂, NO_x, usw.] > Wirkungskategorien [Klima, Versauerung, usw.] > Geruch störend [ja/nein] > Reflexion störend [ja/nein] > Lichtemissionen [ja/nein] 	<ul style="list-style-type: none"> > Emissionen [l/kWh] > Lärm/Substratschall [dB] > Klimapotenzial [CO₂equ/kWh] 	<ul style="list-style-type: none"> Qualitative Fragestellung: > Kohlenstoffspeicherung [ja/nein]
	A6	Abfälle, besonders Problemstoffe und deren Behandlung	<ul style="list-style-type: none"> > Art der Entsorgung [Deponie / Ausbringung] > Art der Deponie [versiegelt / unversiegelt] 	<ul style="list-style-type: none"> > Menge Asche [l/kWh] > Menge anderer Abfallstoffe [l/kWh] > Menge Sondermüll (div. Schrott) [l/kWh] > Menge Abwasser [l/kWh] 	<ul style="list-style-type: none"> > Substitutionsmöglichkeiten [ja/nein] > Kreislaufführung [ja/nein] > Vermeidungsmöglichkeiten [ja/nein]
Risiken (Standort)	A7	Fehlertoleranz der Anlage (technische Belange)	<ul style="list-style-type: none"> > Vorsorgemaßnahmen [ja/nein] > Angaben zur Fehlertoleranz [ja/nein] > Mögliche Schadenswirkung [groß/klein] > Mögliche Schadensdimension [groß/klein] 	<ul style="list-style-type: none"> > Unfallwahrscheinlichkeit [%] 	
Forstwirtschaft	A8	Auswirkung der Bewirtschaftungsform (Monokulturen, Verdichtung d. Maschineneinsatzes, usw.)	<ul style="list-style-type: none"> > standortgerechte/taugliche Aufforstung [ja/nein] > Monokulturen in der Aufforstung [ja/nein] > Gesamtpflanzennutzung (Nährstoffentzug) [ja/nein] > Maschineneinsatz (Bodenverdichtung) [schwer/leicht] 	<ul style="list-style-type: none"> > Verhältnis extensiv/intensiv [Kahlschlag/ Plantagenholz/ Schutzgebiete/ Vornutzung/ Schadholzaufarbeitung/ zertifizierte Flächen/ Sägewerkrückstände] > Emissionen: CO₂, NO_x, N₂O, NMVOC, Chemikalien (vor der Aufforstung) > Maschineneinsatz (Emissionen) [kg/kWh] 	

Cluster	Z	Kriterien	Inhalt / Parameter Qualitativ	Inhalt / Parameter Quantitativ	Unterstützende Fragestellungen / Erklärung
	A9	Änderungen der Bewirtschaftungsform / Flächenanteile (extensiv, intensiv....) sowie zu erwartender Trend	<ul style="list-style-type: none"> > Veränderung im Verhältnis der verschiedenen Flächenbewirtschaftungsformen > Veränderung in Richtung Intensivierung [ja/nein, stark/wenig] 	<ul style="list-style-type: none"> > Anteil Flächenumwidmung (Intensivierung) [%] 	
Herstellung der Anlagenteile- /komponenten	A10	Herstellung der Anlagenteile	<ul style="list-style-type: none"> > Verfügbarkeit der Rohstoffe [verfügbar/knapp] > Konfliktmaterialien [ja/nein] > Einsatz kritischer Rohstoffe [ja/nein] > Art der Emissionen entlang der Wertschöpfungskette [CO₂, NO_x, etc.] > Wirkungsgradkategorie [Klima, Versäuerung, ...] > Chemikalien und Betriebsstoffe Toxisch [ja/nein] > Geruch störend [ja/nein] > Lärm störend [ja/nein] > Ersatzteilverfügbarkeit [ja/nein] 	<ul style="list-style-type: none"> > Energieeinsatz entlang der Wertschöpfungskette [kWh/kWh] > Rohstoffeinsatz [t/kWh] > Chemikalieneinsatz [t/kWh] > Recyclinganteil [t/t] > Flächeninanspruchnahme Biomasse [m²/kWh] > Flächeninanspruchnahme Solarthermie [m²/kWh] > weitere relevante Erzeugungstechnologien ergänzen 	
Flächen	A11	Versiegelung durch Anlagenbau, Transportwege, temporäre Bau- / Lagerflächen, etc.	<ul style="list-style-type: none"> > Die Versiegelung entspricht den vereinbarten Zielen [ja/nein] > Möglichkeit zum Diskurs gegeben [ja/nein] 	<ul style="list-style-type: none"> > Flächenversiegelung Biomasse [m²/kW] > Flächenversiegelung Solarthermie [m²/kW] > Umnutzung unversiegelter Flächen [m²/kW] 	

Tabelle 3: Kriterienvorschläge Kategorie B Sicherung und Qualität der Beschäftigung

Cluster	Z	Kriterien	Inhalt / Parameter Qualitativ	Inhalt / Parameter Quantitativ	Unterstützende Fragestellungen / Erklärung
Sicherheit	B1	Sicherheit am Arbeitsplatz, Gefährdung für Betreiber bzw. Angestellte	<ul style="list-style-type: none"> > Vorsorgemaßnahmen geplant [ja/nein] > Unfallwahrscheinlichkeit [ja/nein; groß/klein] > Angaben über Fehlertoleranz [ja/nein] > Existenz von Umwelt- oder Energiemanagementsystemen [ja/nein] 		
Qualität	B2	Qualität der Arbeit entlang der Wertschöpfungskette	<ul style="list-style-type: none"> > Möglichkeit zum Diskurs ist gegeben [ja/nein] > Die Arbeitsbedingungen entsprechen den entwickelten Zielen [ja/nein] > Ausmaß der Belastungen am Arbeitsplatz [hoch/niedrig] > Arbeitsplatzqualität entlang der Wertschöpfungskette [hoch/niedrig] 		
	B3	Sicherung und Schaffung von (qualifizierten) Arbeitsplätzen entlang der Wertschöpfungskette	<ul style="list-style-type: none"> > Möglichkeit zum Diskurs ist gegeben [ja/nein] > Die Qualifikationsstruktur entspricht den Anforderungen der Region/des Diskurses [ja/nein] > Einbindung regionaler Gewerbebetriebe [ja/nein] > indirekte Beschäftigung [ja/nein] 	> Anzahl der Arbeitsplätze [Vollzeitäquivalente/kW]	
Qualität	B4	Gleichbehandlung entlang der Wertschöpfungskette	> Berücksichtigung von Gleichbehandlungsaspekten [ja/nein]		

Tabelle 4: Kriterienvorschlag Kategorie C Wissen

Cluster	Z	Kriterien	Inhalt / Parameter Qualitativ	Inhalt / Parameter Quantitativ	Unterstützende Fragestellungen / Erklärung
Bestehende Ressourcen	C1	Dokumentation/Nutzung/Weitergabe bestehenden Wissens und Erfahrungswissens	<ul style="list-style-type: none"> > Dokumentation [ja/nein bzw. viel/wenig] > Nutzung der Dokumentationsergebnisse [ja/nein bzw. viel/wenig] > Weitergabe [ja/nein] 		
Zu bildende Ressourcen	C2	Notwendigkeit von Zusatzqualifikationen entlang der Wertschöpfungskette	<ul style="list-style-type: none"> > Qualifikationsmodelle vorhanden [ja/nein] > Weiterbildungsmöglichkeiten angeboten [ja/nein] 		Qualitativ: – Finanzierungsangebote [ja/nein]
	C3	Begleitende Forschung im Rahmen des Betriebs der Anlage	<ul style="list-style-type: none"> > Forschungstätigkeit [ja/nein] 	> F&E Anteil [€ F&E / € Gesamtumsatz]; [€/kWh]	
	C4	Vernetzung von neu generiertem Wissen (betriebsintern sowie mit externen Instituten)	<ul style="list-style-type: none"> > Monitoring Konzepte [ja/nein] > Dokumentation [ja/nein bzw. viel/wenig] > Nutzung der Dokumentationsergebnisse [ja/nein bzw. viel/wenig] > Vernetzung der Ergebnisse [ja/nein] > Umweltmanagementsystem vorhanden [ja/nein] 		

Tabelle 5: Kriterienvorschlag Kategorie D Regionalentwicklung

Cluster	Z	Kriterien	Inhalt / Parameter Qualitativ	Inhalt / Parameter Quantitativ	Unterstützende Fragestellungen / Erklärung
Regionalwirtschaft	D1	Beitrag zur Versorgungssicherheit	<ul style="list-style-type: none"> > Änderung der Rolle des Energieerzeugers, Energieverteilers, des Energieverbrauchers [positiv/negativ] > Beitrag zur individuellen Versorgungssicherheit durch Reduktion des Risikos eines Versorgungsausfalls [groß/klein] > Versorgungssicherheit Energieträger > Versorgungssicherheit Endkunde 		
	D2	Verbleiben der Wertschöpfung in der Region	<ul style="list-style-type: none"> > Energieimportreduktion regional [ja/nein] 	<ul style="list-style-type: none"> > Importreduktion Primärenergie [€/a] > Importreduktion Primärenergie [kWh/a] 	definiere "Region": km-Anzahl, Bezirk, ...
	D3	Vernetzung: Stärkung der Wirtschaftskraft und Humankapital durch Wissensaustausch in der Region und mit anderen Regionen	<ul style="list-style-type: none"> > Diskurs [ja/nein] > Verstärkte Vernetzung findet statt [ja/nein] 		

Cluster	Z	Kriterien	Inhalt / Parameter Qualitativ	Inhalt / Parameter Quantitativ	Unterstützende Fragestellungen / Erklärung
Kulturelle und individuelle Identität	D4	Erhaltung der Kulturlandschaft als schützenswertes Gut	<ul style="list-style-type: none"> > Diskurs [ja/nein] > Wird die abgeschätzte/geplante Veränderung positiv bewertet [ja/nein] > Die Veränderung des Landschaftsbildes entspricht den vereinbarten Zielen [ja/nein] > Die Veränderung des Landschaftsbildes wird positiv beurteilt [ja/nein] > Die Veränderung des architektonischen Gesamtbildes entspricht den vereinbarten Zielen [ja/nein] > Die Veränderung des architektonischen Gesamtbildes wird positiv beurteilt [ja/nein] 		<p>Quantitativ:</p> <ul style="list-style-type: none"> > Erforderliche Waldfläche in der Region zur Deckung des Brennstoffbedarfs [ha] > Kollektorfläche [m²]
	D5	Unterstützung der regionalen (Versorgungs-) Infrastruktur	<ul style="list-style-type: none"> > Schaffung neuer Infrastruktur [ja/nein] > Möglichkeit zum Diskurs über erwünschte Infrastruktur [ja/nein] > Infrastruktur entspricht dem erwünschten Ziel [ja/nein] 	<ul style="list-style-type: none"> > Investitionen in Verkehrsinfrastruktur [€/kW] > Investitionen in Bildungs-/Ausbildungsinfrastruktur [€/kW] > Investitionen in institutionelle Infrastruktur (z. B. Schaffung eines regionalen Marktes für Holz und Holzprodukte als Energieträger usw.) [€/kW] 	

Cluster	Z	Kriterien	Inhalt / Parameter Qualitativ	Inhalt / Parameter Quantitativ	Unterstützende Fragestellungen / Erklärung
Kulturelle und individuelle Identität	D6	Berücksichtigung der Tradition und Selbstverständnis der Akteure	<ul style="list-style-type: none"> > Möglichkeit zum Diskurs [ja/nein] > Berücksichtigung entspricht dem erwünschten Ergebnis [ja/nein] > Innovationshemmnisse durch Traditionen [ja/nein] 		
	D7	Unterstützung der Existenzsicherung von regionalen Land- und Forstwirten	<ul style="list-style-type: none"> > Diskurs [ja/nein] > Einkommensverhältnisse entsprechen dem erwünschten Ergebnis [ja/nein] 	<ul style="list-style-type: none"> > Veränderung in der Verteilung der Einkommensbestandteile: Landwirtschaftlich/forstwirtschaftliches Erwerbseinkommen, Transferzahlungen Flächenprämien, Transferzahlungen ÖPUL, außerlandwirtschaftliches Erwerbseinkommen. [%] 	

Tabelle 6: Kriterienvorschlag Kategorie E Akteursinteraktionen

Cluster	Z	Kriterien	Inhalt / Parameter Qualitativ	Inhalt / Parameter Quantitativ	Unterstützende Fragestellungen / Erklärung
Akteursinteraktion	E1	Ermöglichung gleichberechtigter Mitsprache der Akteure durch entsprechende Kooperationsformen entlang der Wertschöpfungskette	<ul style="list-style-type: none"> > Diskurs [ja/nein] > rechtzeitige Einbindung, beeinflussende Mitsprache und Teilnahme am Entscheidungsprozess möglich [ja/nein] > Transparenz des Prozesses [ja/nein] > Die Verträge/Kooperationsformen entsprechen den vereinbarten/erwünschten Zielen [ja/nein] 		
	E2	Beteiligungsmöglichkeit Betroffener während Genehmigungsverfahren und Betrieb	<ul style="list-style-type: none"> > Möglichkeit zum Diskurs [ja/nein] > Einbindung rechtzeitig, echte Mitsprache möglich [ja/nein] > Transparenz des Prozesses [ja/nein] > Die Implementierung der Anlage entspricht den vereinbarten/erwünschten Ergebnisse [ja/nein] 		
	E3	Finanzielle Beteiligungsmöglichkeit	[ja/nein]		
	E4	Wahlfreiheit potentieller Energiekunden	> Wahlfreiheit über Anschluss an das Fernwärmenetz [ja/nein]	<ul style="list-style-type: none"> > Anteil der Bevölkerung einer Gemeinde/Region, der die Möglichkeit für einen Fernwärmeanschluss bzw. Strombezug vom dem Kraftwerk hat [%] > Bindungsfristen an die Fernwärme- bzw. Stromlieferung in Jahren [a] 	

Tabelle 7: Kriterienvorschlag Kategorie F Wirtschaftlichkeit

Cluster	Z	Kriterien	Inhalt / Parameter Qualitativ	Inhalt / Parameter Quantitativ	Unterstützende Fragestellungen / Erklärung
Wirtschaftlichkeit der Anlage	F1	Diverse Indikatoren für die Wirtschaftlichkeit der Anlage		<ul style="list-style-type: none"> > Dynamische Investitionsrechnung (annuisierter Kapitalwert, interner Zinssatz und Amortisationsdauer) der Anlage aus Sicht des Anlagenbetreibers/Investors [€/a]. > Strom/Wärmegestehungskosten [€/kWh] 	
	F2	Marktanalyse	<ul style="list-style-type: none"> > Markanalyse für Brennstoffmarkt, Fernwärmemarkt Anlagenmarkt und 		
Betriebswirtschaftliche Kriterien	F3	Wirtschaftlichkeit aus Betreibersicht		<ul style="list-style-type: none"> > Wärmegestehungskosten inkl. direkter Förderung [€/kWh] > Wärmegestehungskosten exkl. Förderung [€/kWh] > Amortisationsdauer [a] 	Vorgangsweise: dynamische Kostenrechnung unter Beachtung von Energieträgerkosten, Investitionen (Netz, Maschinen, Geräte, Gebäude, andere Anlagen), Personal, Versicherung (inkl. Ausfallkosten bzw. Ausfallkostenvermeidung), Betriebsmittel und Wartung, direkte Förderung in Form von Subventionen; ohne Gewinn und indirekte Förderungen.

Cluster	Z	Kriterien	Inhalt / Parameter Qualitativ	Inhalt / Parameter Quantitativ	Unterstützende Fragestellungen / Erklärung
Betriebswirtschaftliche Kriterien	F4	Nachfrage		<ul style="list-style-type: none"> > Mögliche zusätzliche Anschlussleistung [kW_{max}] > Entwicklung Gesamtwärmebedarf im Netz [kWh] 	<p>Vorgangsweise: Ableitung aus Anzahl EFH, MFH bzw. andere Gebäude, die zu spezifizieren sind. Ableitung aus Betreiberperspektive (Anschluss wirtschaftlich – Abwägung Netzausbau – Abnahme) und Kunden-Perspektive (Energiepreis-erwartung, individuelle Alternativsysteme, Wärmebedarfsentwicklung des Gebäudes, ökologische Einstellung)</p> <p>Erläuterung: Kunden entscheiden sich, ob sie sich dem Fernwärmenetz anschließen wollen. Sie haben eine Erwartung an Energiepreisentwicklungen sowie zur Wirtschaftlichkeit im Vergleich zu Alternativsystemen. Die Bereitstellung der Wärme über „umweltfreundliche“ Möglichkeiten wie Abwärme und Solarthermie können die Anschlussneigung weiter erhöhen.</p>
Betriebswirtschaftliche Kriterien	F5	Preisvolatilität		<ul style="list-style-type: none"> > Sensitivität der Wärmegestehungskosten auf Energie-Marktpreisschwankungen. 	<p>Erläuterung: Fernwärmeversorgung unterliegt aufgrund hoher Netzkostenanteile generell einer geringeren Preisvolatilität bei Energieträger-Marktpreis-Schwankungen. Werden nicht brennstoffgebundene Energien wie Solar oder Abwärme eingesetzt, ergeben sich weitere Auswirkungen auf die Sensitivität.</p>

Cluster	Z	Kriterien	Inhalt / Parameter Qualitativ	Inhalt / Parameter Quantitativ	Unterstützende Fragestellungen / Erklärung
Volkswirtschaftliche Kriterien	F6	Energieimportreduktion national (Energiebilanz)		> Importreduktion Primärenergie [€/a] > Importreduktion Primärenergie [kWh/a]	
	F7	Beschäftigungseffekte		> direkte zusätzliche Beschäftigung [VZÄ] > indirekte zusätzliche Beschäftigung [VZÄ]	> Vorgangsweise: Ableitung der direkten Beschäftigungseffekte aus Aussagen der Betreiber, Ableitung der indirekten Beschäftigungseffekte mit MOVE. > Anmerkung: zu Teilen besteht hier eine Überschneidung mit Kategorie Beschäftigung.
	F8	BIP-Effekte (Wirtschaftswachstum)		> BIP-Wachstum [Euro/a]	> Vorgangsweise: Ableitung der BIP-Effekte mit MOVE.
	F9	Kosteneffizienz der CO ₂ equ-Vermeidung (Klimaeffizienz)		> CO ₂ equ.-Vermeidungskosten [Euro/tCO ₂ equ.]	> Bestimmung der CO ₂ equ.-Intensität einer kWh bereitgestellter Wärme

Cluster	Z	Kriterien	Inhalt / Parameter Qualitativ	Inhalt / Parameter Quantitativ	Unterstützende Fragestellungen / Erklärung
Wirtschaftlichkeit aus Akteurssicht	F10	Individuelle Indikatoren für die Wirtschaftlichkeit aus Akteurssicht (Einzelakteure, regional, national, global)	<p>Regional: > Auswirkungen auf den regionalen Arbeitsmarkt [positiv/negativ]</p> <p>International: > Beitrag zur Erreichung internationaler Ziele wie z.B. Kyotoziel [ja/nein]</p> <p>Global: > Beitrag zur Verknappung der Ressourcen [ja/nein] > Beitrag zu Preisänderungen [ja/nein]</p>	<p>Einzelakteure: > Kapitalwert für den Anlagenbetreiber > Kosteneinsparung pro Jahr für den Kunden der Fernwärme und die Stromkunden (bei Direktvermarktung von Strom) [€/a] > Zusätzlicher Deckungsbeitrag pro Jahr [€/a] > Zusätzlicher Deckungsbeitrag pro Arbeitsstunden für den Brennstofflieferanten [€/h]</p> <p>Regional: > Zusätzlich erwartete Wertschöpfung [€/a] > Zusätzliche Budgetbelastung oder auch Entlastung der Gemeinde [€/a] > Auswirkungen auf den regionalen Arbeitsmarkt [input/output]</p> <p>National: > Vermiedene Strafzahlungen [€/a/kW] > Versorgungssicherheit mittels Veränderung des Import/Exportsaldos in der Veränderung der Handelsbilanz - Reduktion des Handelsbilanzdefizits [€/a]</p>	

4.1.2 Diskussion – der interdisziplinäre ExpertInnenworkshop

Ziel des Workshops war es, die vorgeschlagenen Kriterien mit einer interdisziplinären Gruppe von ExpertInnen (Abbildung 2) inhaltlich zu diskutieren, sowie Ergänzungen und notwendige Streichungen vorzunehmen.



Abbildung 2: TeilnehmerInnen des Workshops

In einem ersten Schritt wurden die Kriterienlisten vorgestellt und die TeilnehmerInnen gebeten im Rahmen einer offenen Diskussion aus ihrer Sicht notwendige Ergänzungen vorzunehmen. Anschließend wurde mittels Punktabfrage¹ die Relevanz der Kriterien festgelegt. Die wichtigsten Diskussionspunkte und Vorschläge der TeilnehmerInnen werden im folgenden Abschnitt beschrieben.

Im Anschluss wurden anhand der vergebenen Relevanzpunkte Schlüsselkriterien identifiziert, die in jedem Fall zur Bewertung herangezogen werden müssen. Als Schlüsselkriterien wurden diejenigen festgelegt, die mindestens 5 Relevanzpunkte aufwiesen.

¹ Methode: JedeR TeilnehmerIn erhielt 15 Klebepunkte (schwarz) die den Kriterien nach ihrer Wichtigkeit zugeordnet wurden. Es konnten entweder mehrere oder auch nur ein Punkt pro Kriterium vergeben werden. Es mussten jedoch alle Punkte vergeben werden. Dazu konnten mittels dreier Punkte Knock Out Kriterien bestimmt (rot) und weiterer drei Punkt irrelevante Kriterien (grün) gekennzeichnet werden

Kriterium	Relevanz (Schwarz)	Knock Out Kriterium (Rot)	Irrelevantes Kriterium (Grün)
Herstellung der Anlagenteile	3	0	0
Versiegelung durch Anlagenbau, Transportwege, temporäre Bau-/Lagerflächen, etc.	5	0	0

Folgende wichtige Diskussionspunkte sind zu nennen:

- Anmerkung Kriterium A1 – Inputströme – Indikator: wird Kraft Wärme Kopplung als positiver Faktor bewertet, da man eine größere Energieträgermenge als Inputstrom benötigt? (ja weil die Brennstoffnutzung effizienter ist, und das System gegenüber Änderung der Rahmenbedingungen flexibler, z.B. wenn der wärmebedarf sinkt oder ganz wegfällt)
- Anmerkung Kriterium A1 – ist eine kaskadische Nutzung betrachtet?(ja in A4)
- Anmerkung Kriterium A1 Hilfsenergie in der Kategorie 1 anzuführen (ist bereits inkludiert)
- Anmerkung Kriterium A1 Outputstrom – Energiegestehung Menge und Art anführen – Endenergiemenge beim Verbraucher (Brutto-Endenergie)(Es wurde ein neues Kriterium eingeführt A7)
- Anmerkung Kriterium A4 – Energieverbrauch durch den Transport – soll als quantitative Fragestellung im Rahmen der Stoffflussanalyse angeführt werden (ist bereits in a1 inkludiert)
- Anmerkung Kriterium A9 – wird eine Konkurrenznutzung (z.B. Pulp and Paper Industrie in der Biomassenutzung) in Bezug auf Produkte beachtet? (wird in F8 berücksichtigt)
- Anmerkung Kriterium A10 - Verfügbarkeit der Rohstoffe und Einsatz kritischer Rohstoffe – Vorsicht vor Doppelnennung (wurde berichtet)
- Anmerkung Kriterium A10 - Sicherheit und Qualität der Arbeit an der Produktionsstätte der Anlagenteile sollte ebenfalls Betrachtung finden (in B2 berücksichtigt)
- Anmerkung Kriterium A11 - Versiegelung durch Speicher – Indikator Quantitativ (sämtliche Flächen werden berücksichtigt)

Kategorie C: Wissen

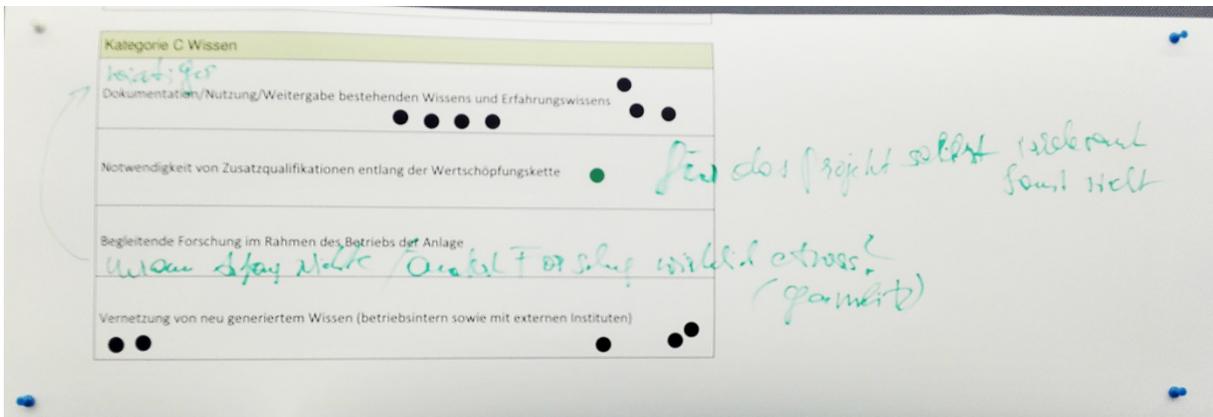


Abbildung 5: Ergebnis der Abfrage Kategorie C

Tabelle 10: Relevanz der Kriterien Kategorie C

Kriterium	Relevanz (Schwarz)	Knock Out Kriterium (Rot)	Irrelevantes Kriterium (Grün)
Dokumentation/Nutzung/Weitergabe bestehenden Wissens und Erfahrungswissens	7	0	0
Notwendigkeit von Zusatzqualifikationen entlang der Wertschöpfungskette	0	0	1
Begleitende Forschung im Rahmen des Betriebs der Anlage	0	0	0
Vernetzung von neu generiertem Wissen (betriebsintern sowie mit externen Instituten)	5	0	0

Folgende wichtige Diskussionspunkte sind zu nennen:

Die entsprechenden Diskussionspunkte in Kategorie C sind weiter unten angeführt.

Kategorie D: Regionalentwicklung

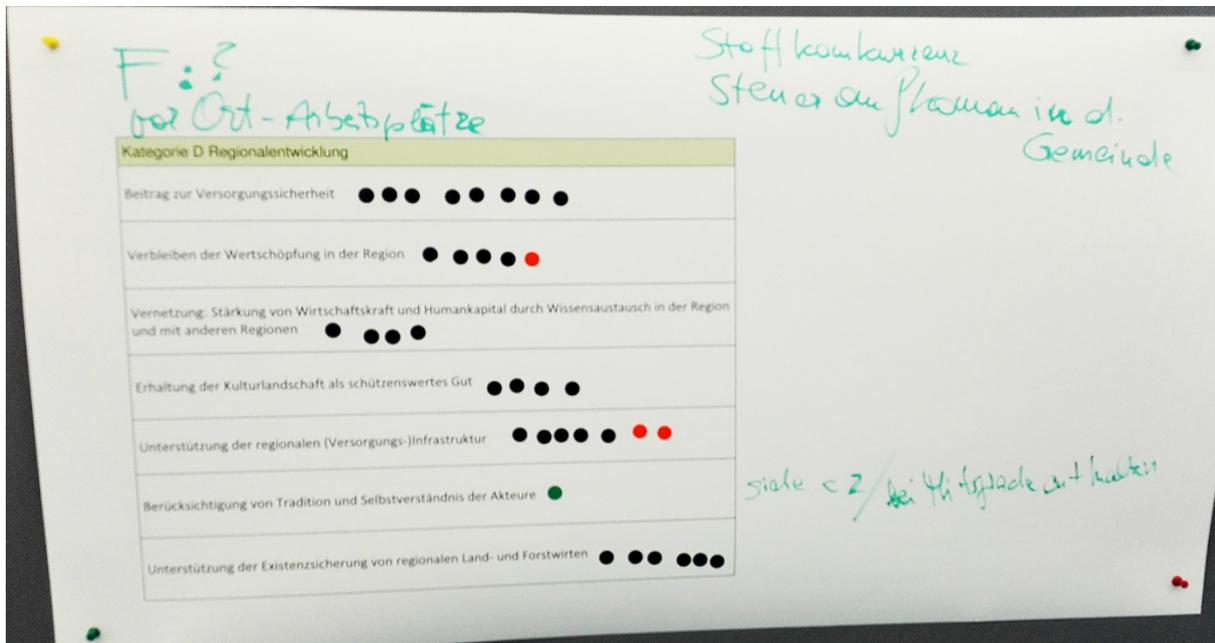


Abbildung 6: Ergebnis der Abfrage Kategorie D

Tabelle 11: Relevanz der Kriterien Kategorie D

Kriterium	Relevanz (Schwarz)	Knock Out Kriterium (Rot)	Irrelevantes Kriterium (Grün)
Beitrag zur Versorgungssicherheit	8	0	0
Verbleiben der Wertschöpfung in der Region	4	1	0
Vernetzung: Stärkung von Wirtschaftskraft und Humankapital durch Wissensaustausch in der Region und mit anderen Regionen	4	0	0
Erhaltung der Kulturlandschaft als schützenswertes Gut	4	0	0
Unterstützung der regionalen (Versorgungs-)Infrastruktur	5	2	0
Berücksichtigung von Tradition und Selbstverständnis der Akteure	0	0	1
Unterstützung der Existenzsicherung von regionalen Land- und Forstwirten	6	0	0

Folgende wichtige Diskussionspunkte sind zu nennen:

- Allgemeine Anmerkung - wo werden Beschäftigungseffekte berücksichtigt – ist der direkte Effekt abgebildet – ist in Punkt F7 (direkte Beschäftigung) berücksichtigt – jedoch ist die „Beschäftigung Vorort“ nicht berücksichtigt – kann in Kategorie F oder in der Kategorie D angeführt werden. (ist im Modell nicht vorgesehen ev. kann eine Aussage über Effekte qualitativ getroffen werden)
- Allgemeine Anmerkung – Konkurrenzsituation zwischen Produktionsprozessen, auf stofflicher Ebene, etc. – muss noch genau einer Kategorie zugeordnet sein (wird in F2 berücksichtigt)
- Anmerkung Kriterium D6 - Wie ist in Kriterium D6 das Selbstverständnis der Akteure zu interpretieren. – Vorschlag die Formulierung und Definition zu verfeinern (siehe Diskussion weiter unten – entfallen, da im vorliegenden Fall irrelevant)
- Anmerkung zusätzliches Kriterium/Indikator - Steuerliches Aufkommen fehlt im Bereich der Regionalentwicklung (ist in D.2 Berücksichtigt)

Kategorie E: Akteursinteraktionen

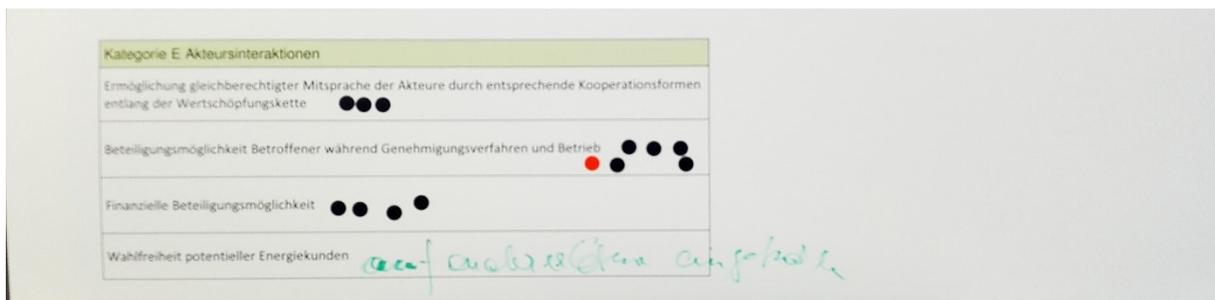


Abbildung 7: Ergebnis der Abfrage Kategorie E

Tabelle 12: Relevanz der Kriterien Kategorie E

Kriterium	Relevanz (Schwarz)	Notwendiges Kriterium (Rot)	Irrelevantes Kriterium (Grün)
Ermöglichung gleichberechtigter Mitsprache der Akteure durch entsprechende Kooperationsformen entlang der Wertschöpfungskette	3	0	0
Beteiligungsmöglichkeit Betroffener während Genehmigungsverfahren und Betrieb	5	1	0
Finanzielle Beteiligungsmöglichkeit	4	0	0
Wahlfreiheit potentieller Energiekunden	0	0	0

Tabelle 13: Relevanz der Kriterien Kategorie F

Kriterium	Relevanz (Schwarz)	Notwendiges Kriterium (Rot)	Irrelevantes Kriterium (Grün)
Diverse Indikatoren für die Wirtschaftlichkeit der Anlage	3	0	1
Marktanalyse	4	0	0
Wirtschaftlichkeit aus Betreibersicht	6	6	0
Nachfrage	4	0	0
Preisvolatilität	3	0	0
Energieimportreduktion national (Energiebilanz)	5	0	0
Beschäftigungseffekte	3	0	0
BIP-Effekte (Wirtschaftswachstum)	0	0	0
Kosteneffizienz der CO ₂ _{equ} -Vermeidung (Klimaeffizienz)	6	3	0
Individuelle Indikatoren für die Wirtschaftlichkeit aus Akteurs Sicht (Einzelakteure, regional, national, global)	6	1	0

Folgende wichtige Diskussionspunkte sind zu nennen:

- Anmerkung Kriterium F4: wie wird die Erlössituation betrachtet? (in F1 Berücksichtigt)
- Anmerkung zusätzliches Kriterium – Wirtschaftlichkeit aus der Sicht des dezentralen Einspeisers. (in den tatsächlich bewerteten Szenarien gab es keine dezentralen Einspeiser, der Aspekt wurde daher nicht weiter verfolgt)
- Anmerkung Kriterium F2 – Potentialanalyse für dezentrale Einspeiser (siehe oben)
- Anmerkung Kriterium F10 zu F6 zu F10 – der Indikator Versorgungssicherheit mittels Veränderung des Import/Exportsaldos ist genauer definieren bzw. als eigener Punkt/Kriterium anzuführen (VWL Kriterien wurden zusammengefasst und vereinfacht)
- Anmerkung Kriterium F10 zu F6 zu F10: Unterschied zwischen dem Indikator Versorgungssicherheit mittels Veränderung des Import und Exportsaldos in F10 zu F6 – F6 ist national betrachtet, F10 ist International betrachtet. (siehe oben)

Diskussion zur Punktevergabe

Wieso wurden bei manchen Kriterien keine Punkte vergeben:

- Kriterium E4 Wahlfreiheit potentieller Energiekunden: andere Kriterien erscheinen den TeilnehmerInnen wichtiger und es wurde argumentiert, dass dieses Kriterium bereits auf einer anderen Ebene mit eingebunden ist. Ebenfalls wird das Kriterium von den TeilnehmerInnen eher als ein Randthema im Bereich der Nachhaltigkeit erachtet – in der Diskussion hat sich aber auch klar gezeigt, dass die Einschätzung zur Wahlfreiheit potentieller Energiekunden stark auseinandergingen und das Thema von den TeilnehmerInnen nicht aus Sicht der Nachhaltigkeit für die VerbraucherInnen sondern auch aus Sicht des Ausbaus Erneuerbarer Energien diskutiert wurde. Da Wahlfreiheit im Zusammenhang mit Nachhaltigkeit jedoch als wichtige Grundlage gesehen wird (Renn et al. 2008; Kapeller et al. 2013) wurde das Kriterium im Katalog belassen.
- Kriterium F8 BIP Effekte – eine lokale Betrachtung ist wichtiger als eine nationale Betrachtung – wird ebenfalls nicht als geeignetes Nachhaltigkeitskriterium betrachtet (eine VWL Analyse in einem derart abgegrenzten räumlichen Rahmen birgt zu große Unsicherheiten und bringt keinen Mehrwert für die Nachhaltigkeitsanalyse)
- Kriterium C3 Begleitende Forschung im Rahmen des Betriebs der Anlage – bei ersten Projekten ist dieses Kriterium notwendig, bei einer Hochskalierung der Ergebnisse (Breitenwirksamkeit) wird dies nicht als relevantes Kriterium gesehen – hat einen begleitenden Charakter (Praxisbeispiel: Gamlitz – verändert eine begleitende Forschung etwas an der Anlage / Situation der Anlage)
- Kriterium A2 Betriebsstoffe/Prozesschemikalien (toxische und petrochemische) und Kriterium A6 Abfälle, besonders Problemstoffe und deren Behandlung: wird als gelöstes Problem erachtet und es besteht national eine klare Gesetzgebung. Hinsichtlich der gesamten Wertschöpfungskette könnte es aber ein Problem sein (Import) sowie bei der Verwendung alternativer Speichermaterialien könnten Problemstoffe auftreten. Sind jedoch auf den ersten Blick nicht für das Projekt relevant (da hauptsächlich wassergeführte Systeme betrachtet werden).
- **Irrelevant (Grüne Punkte):**
- Kriterium C2 Notwendigkeit von Zusatzqualifikationen entlang der Wertschöpfungskette - nicht relevant im Projekt
- Kriterium D6 Berücksichtigung von Tradition und Selbstverständnis der Akteure Selbstverständnis und Tradition der Akteure – wird nicht als relevant im Projekt erachtet falls dieses Kriterium im Bereich der Gleichbehandlung mitbetrachtet wird.
- Kriterium F1 Diverse Indikatoren für die Wirtschaftlichkeit der Anlage – der Grund ist die Doppelnennung des Kriteriums
- **Knock Out Kriterien:**
- Regionale Infrastruktur und Wertschöpfung in der Region: sonst bedingt dies ein Abwandern aus den Ortschaften

4.1.3 Ergebnis – Bewertungstabelle

Die folgende Tabelle zeigt das Ergebnis des Workshops und stellt gleichzeitig den endgültigen Bewertungsrahmen und die Grundlage für die Erstellung der Fragebögen zu den einzelnen Standorten dar. Die beiden rechten Spalten zeigen qualitative und quantitative Indikatoren zur Bewertung der Kriterien. Schlüsselkriterien sind unterstrichen. Diese müssen jedenfalls bewertet werden – damit über den Untersuchungsgegenstand eine Aussage zur Nachhaltigkeitsperformance getroffen werden kann. Das Kriterium „Herstellung der Anlagenteile“ wurde zwar im Rahmen des Workshops nicht als Schlüsselkriterium identifiziert, ist jedoch für die Erstellung der Klimabilanz unabdingbar und deshalb durch Unterstreichung gekennzeichnet.

Im Anschluss an die Tabelle erfolgt eine Beschreibung von Inhalt und Richtung der Kriterien.

Tabelle 14: Finaler Kriterienkatalog

Z	Kriterien	Qualitative Bewertung		Quantitative Bewertung	
		Indikator / Parameter Qualitativ		Indikator/ Parameter Quantitativ	
A1	<u>Gesamtenergieverbrauch und Anteil nicht erneuerbarer Energieträger an der Energiezufuhr</u>			Wärmeverluste der Anlage [kwh/kwh] oder [kWh/a]	
				Netzbezug [kWh/kWh] oder [kWh/a]	
		Transporte Brennstoff regional (Österreich)		Transporte Brennstoff regional [km]	
		Transporte Brennstoff überregional (ausserhalb Österreichs)		Transporte Brennstoff überregional [km]	
		Transporte Abfall		Transporte Abfall	
				Strecke Servicefahrt [km]	
A2	Betriebsstoffe/ Prozesschemikalien (toxische und petrochemische)	Toxizität der Stoffe [ja/nein]		Menge Prozess)Chemikalien/Produkt [mg/kWh]	
		Betriebsstoffe		Menge Betriebsstoffe/Produkt [mg/kWh]	
A3	Wasserverbrauch / Water Footprint	Trinkwasser [ja/nein]		Menge Wasser/Produkt [l/kWh]	
		Grundwasser [ja/nein]			
		Prozesswasser [ja/nein]		Anteil der Wasserqualitäten [%]	
		Oberflächenwasser [ja/nein]			
Kreislaufführung [ja/nein]					
A4	<u>Stoffflussanalyse / Brennstoffeinsatz</u>	GMO [ja/nein]		Anteil kaskadische Nutzung [%]	
		Speicherbarkeit Energieressource (z.B. Holz) [ja/nein]		Brennstoff/Produkt [kg/kWh] oder [t/a]	

Z	Kriterien	Qualitative Bewertung	Quantitative Bewertung
		Indikator / Parameter Qualitativ	Indikator/ Parameter Quantitativ
		Speicherbarkeit Energieprodukt (z.B. Fernwärmesp.) [ja/nein]	um in den jeweiligen Szenarien relevante Brennstoffe ergänzen
		Kaskadische Nutzung [ja/nein]	
		Energieträgerimport (außerhalb der Staatsgrenze) (ja/nein)	
		Energieträgerimport (außerhalb der Regionsgrenze) (ja/nein)	
A5	<u>Energieoutput der Anlage</u>	Kraft Wärme Kopplung [ja/nein]	
		Zusätzliche Energieerzeugung [ja/nein]	Wärmeerzeugung [kWh/a] Stromerzeugung [kWh/a]
A6	<u>Emissionen an die Kompartimente Wasser, Luft und Boden (Anlage + Transporte)</u>	Art der Emissionen [Feinstaub, CO, CO2, NOx, usw.]	Emissionen [l/kWh] bzw. [g/kWh]
		Wirkungskategorien [Klima, Versauerung, usw.]	Lärm/Substratschall [dB]
		Geruch störend [ja/nein]	Klimapotenzial [CO2equ/kWh]
		Reflexion störend [ja/nein]	
		Lichtemissionen [ja/nein]	
Vibrationen [ja/nein]			
A7	Abfälle, besonders Problemstoffe und deren Behandlung	Art der Entsorgung [Deponie / Ausbringung/Verbrennung.....]	Menge Asche [l/kWh] [kg/a]
		Art der Deponie [versiegelt / unversiegelt]	Menge anderer Abfallstoffe [l/kWh]
			Menge Sondermüll (div. Schrott) [l/kWh]
A8	Fehlertoleranz der Anlage (technische	Vorsorgemaßnahmen [ja/nein]	Menge Abwasser [l/kWh] Unfallwahrscheinlichkeit [%]

Z	Kriterien	Qualitative Bewertung	Quantitative Bewertung
		Indikator / Parameter Qualitativ	Indikator/ Parameter Quantitativ
	Belange)	Angaben zur Fehlertoleranz [ja/nein]	Ungeplante Standzeiten [h/a]
		Mögliche Schadenswirkung [groß/klein]	
		Mögliche Schadensdimension [groß/klein]	
A9	<u>Auswirkung der Bewirtschaftungsform (Monokulturen, Bodenverdichtung d. Maschineneinsatz)</u>	standortgerechte/taugliche Aufforstung [ja/nein]	Verhältnis extensiv/intensiv [Kahlschlag/ Plantagenholz/ Schutzgebiete/ Vornutzung/ Schadholzaufarbeitung/ zertifizierte Flächen/ Sägewerkrückstände]
		Monokulturen in der Aufforstung [ja/nein]	Emissionen: CO2, NOx, N2O, NMVOC, Chemikalien
		Gesamtpflanzennutzung (Nährstoffentzug) [ja/nein]	Maschineneinsatz [h/fm]
		Maschineneinsatz (Bodenverdichtung) [schwer/leicht]	Maschineneinsatz - Emissionen [kg/kWh]
A10	<u>Änderungen der Bewirtschaftungsform / Flächenanteile (extensiv, intensiv....) sowie zu erwartender Trend</u>	Veränderung im Verhältnis der verschiedenen Flächenbewirtschaftungsformen	Anteil Flächenbewirtschaftung (Intensivierung) [%]
		Veränderung in Richtung Intensivierung [ja/nein, stark/wenig]	
A11	<u>Herstellung der Anlagenteile</u>	Konfliktmaterialien [ja/nein]	Energieeinsatz entlang der Wertschöpfungskette [kWh/kWh]
		Einsatz kritischer Rohstoffe [ja/nein]	Rohstoffeinsatz [t/kWh]
		Art der Emissionen entlang der Wertschöpfungskette [CO2, Nox, etc.]	Chemikalieneinsatz [t/kWh]
		Wirkungskategorie [Klima, Versauerung, ...]	Recyclinganteil [t/t], [%]

Z	Kriterien	Qualitative Bewertung	Quantitative Bewertung
		Indikator / Parameter Qualitativ	Indikator/ Parameter Quantitativ
		Chemikalien und Betriebsstoffe toxisch [ja/nein]	
		Geruch störend [ja/nein]	
		Lärm störend [ja/nein]	
		Ersatzteilverfügbarkeit [gut/schlecht]	
A12	<u>Flächeninanspruchnahme und Versiegelung durch Anlagenbau, Transportwege, temporäre Bau-/Lagerflächen, etc.</u>		Flächeninanspruchnahme Biomasse [m ² /kWh]
			Flächeninanspruchnahme Solarthermie [m ² /kWh]>
		Möglichkeit zum Diskurs gegeben [ja/nein]	Flächenversiegelung Solarthermie [m ² /kW]
		Die Versiegelung entspricht den vereinbarten Zielen [ja/nein]	Umnutzung unversiegelter Flächen [m ² /kW]
			durch in den jeweiligen Szenarien relevante Technologien ergänzen
A13	<u>Zusammengesetzte Kriterien</u>	Diskurs zu den Themen: Flächen, Arbeitsplatzqualität, Vernetzung, Kulturlandschaft, Einkommen für LW und FW, Kooperationsformen und Beteiligungsmöglichkeit	KEA [kWh/kWh]
			KEV [kWh/kWh]
			Klimapotenzial [CO ₂ -äqu/kWh]
			Energetische Amortisation [a]
B1	Sicherheit am Arbeitsplatz, Gefährdung für Betreiber bzw. Angestellte	Vorsorgemaßnahmen geplant [ja/nein] Unfallwahrscheinlichkeit [ja/nein];	

Z	Kriterien	Qualitative Bewertung	Quantitative Bewertung
		Indikator / Parameter Qualitativ	Indikator/ Parameter Quantitativ
		groß/klein]	
		Angaben über Fehlertoleranz [ja/nein]	
		Existenz von Umwelt- oder Energiemanagementsystemen [ja/nein]	
B2	Qualität der Arbeit entlang der Wertschöpfungskette	Möglichkeit zum Diskurs ist gegeben [ja/nein]	
		Die Arbeitsbedingungen entsprechen den entwickelten Zielen [ja/nein]	
		Ausmaß der Belastungen am Arbeitsplatz [hoch/niedrig]	
		Arbeitsplatzqualität entlang der Wertschöpfungskette [hoch/niedrig]	
B3	<u>Sicherung und Schaffung von (qualifizierten) Arbeitsplätzen entlang der Wertschöpfungskette</u>	Die Qualifikationsstruktur entspricht den Anforderungen der Region [ja/nein]	Anzahl der Arbeitsplätze [Vollzeitäquivalente/kW]
		Einbindung regionaler Gewerbebetriebe [ja/nein]	
		indirekte Beschäftigung [ja/nein]	
B4	Gleichbehandlung entlang der Wertschöpfungskette	Berücksichtigung von Gleichbehandlungsaspekten [ja/nein]	
B5	<u>Soziale Absicherung der ArbeitnehmerInnen</u>	Art der Arbeitsverhältnisse [befristet/unbefristet][angestellt/freiberuflich]	
		Gehaltsniveau [Euro/a]	
C1	<u>Dokumentation/Nutzung/Weitergabe bestehenden Wissens und Erfahrungswissens</u>	Dokumentation [ja/nein bzw. umfassend/minimal]	
		Nutzung der Dokumentationsergebnisse [ja/nein bzw. viel/wenig]	
		Weitergabe [ja/nein]	

Z	Kriterien	Qualitative Bewertung	Quantitative Bewertung
		Indikator / Parameter Qualitativ	Indikator/ Parameter Quantitativ
C2	Notwendigkeit von Zusatzqualifikationen entlang der Wertschöpfungskette	Qualifikationsmodelle vorhanden [ja/nein]	
		Weiterbildungsmöglichkeiten angeboten [ja/nein]	
		Finanzierungsangebote [ja/nein]	
C3	Begleitende Forschung im Rahmen des Betriebs der Anlage	zusätzliche, zukünftige Forschungstätigkeit [ja/nein]	
C4	<u>Vernetzung von neu generiertem Wissen (betriebsintern sowie mit externen Instituten)</u>	Monitoring Konzepte [ja/nein]	
		Dokumentation [ja/nein bzw. viel/wenig] Nutzung der Dokumentationsergebnisse [ja/nein bzw. viel/wenig]	
		Vernetzung der Ergebnisse [ja/nein]	
D1	<u>Unterstützung der regionalen (Versorgungs)infrastruktur</u>	Schaffung neuer Infrastruktur [ja/nein]	Investitionen in Verkehrsinfrastruktur [zuordenbare €/kW]
		Möglichkeit zum Diskurs über erwünschte Infrastruktur [ja/nein]	Investitionen in Bildungs-/Ausbildungsinfrastruktur [zuordenbare €/kW]
		Infrastruktur entspricht dem erwünschten Ziel [ja/nein]	Investitionen in institutionelle Infrastruktur (z. B. Schaffung eines regionalen Marktes für Holz und Holzprodukte als Energieträger usw.) [zuordenbares Marktvolumen in €/kW]
D2	<u>Verbleiben der Wertschöpfung in der Region</u>		Wertschöpfung in der Region durch das Kraftwerk [€/kW/a]
			Steueraufkommen in der Standortgemeinde [€/a]
D3	<u>Beitrag zur Versorgungssicherheit</u>	Versorgungssicherheit Hauptenergieträger	

Z	Kriterien	Qualitative Bewertung	Quantitative Bewertung
		Indikator / Parameter Qualitativ	Indikator/ Parameter Quantitativ
		Versorgungssicherheit Endkunde	
D4	Verstärkung der Vernetzung in der Region und mit anderen Regionen	Diskurs [ja/nein]	
		Verstärkte Vernetzung findet statt [ja/nein]	
D5	Erhaltung der Kulturlandschaft als schützenswertes Gut	Diskurs [ja/nein]	Veränderung der erforderlichen Waldfläche in der Region zur Deckung des Brennstoffbedarfs [ha/kWh]
		Wird die abgeschätzte/geplante Veränderung positiv bewertet [ja/nein]	Kollektorfläche positioniert auf Kulturlandschaftsflächen [m ²]
		Die Veränderung des Landschaftsbildes entspricht den vereinbarten Zielen [ja/nein]	gegebenenfalls um weitere Technologien erweitern
		Die Veränderung des architektonischen Gesamtbildes entspricht den vereinbarten Zielen [ja/nein]	
		Die Veränderung des architektonischen Gesamtbildes wird positiv beurteilt [ja/nein]	
D7	<u>Unterstützung der Existenzsicherung von regionalen Land und Forstwirten</u>	Betrag zur Existenzsicherung [ja/nein]	Veränderung in der Verteilung der Einkommensbestandteile: landwirtschaftliches/forstwirtschaftliches Erwerbseinkommen, Transferzahlungen Flächenprämien, Transferzahlungen ÖPUL, außerlandwirtschaftliches Erwerbseinkommen. [%]
E1	Ermöglichung gleichberechtigter Mitsprache der Akteure durch entsprechende Kooperationsformen entlang der Wertschöpfungskette	Diskurs [ja/nein]	
		rechtzeitige Einbindung, beeinflussende Mitsprache und Teilnahme am Entscheidungsprozess möglich [ja/nein]	
		Transparenz des Prozesses [ja/nein]	

Z	Kriterien	Qualitative Bewertung	Quantitative Bewertung
		Indikator / Parameter Qualitativ	Indikator/ Parameter Quantitativ
		Die Verträge/Kooperationsformen entsprechen den vereinbarten/ erwünschten Zielen [ja/nein]	
E2	<u>Beteiligungsmöglichkeit Betroffener während Genehmigungsverfahren und Betrieb</u>	Möglichkeit zum Diskurs [ja/nein]	
		Einbindung rechtzeitig, echte Mitsprache möglich [ja/nein]	
		Transparenz des Prozesses [ja/nein]	
		Die Implementierung der Anlage entspricht den vereinbarten/ erwünschten Ergebnisse [ja/nein]	
E3	<u>Finanzielle Beteiligungsmöglichkeit</u>	[ja/nein]	
E4	Wahlfreiheit potentieller Energiekunden	Wahlfreiheit über Anschluss an das Fernwärmenetz [ja/nein]	Anteil der Bevölkerung einer Gemeinde/Region, der die Möglichkeit für einen Fernwärmeanschluss bzw. Strombezug vom dem Kraftwerk hat [%]
			Bindungsfristen an die Fernwärme- bzw. Stromlieferung in Jahren [a]
F1	<u>Diverse Indikatoren für die Wirtschaftlichkeit der Anlage</u>		Dynamische Investitionsrechnung (annuisierter Kapitalwert, interner Zinssatz und Amortisationsdauer) der Anlage aus Sicht des Anlagenbetreibers/Investors [€/a]
			Strom/Wärmegestehungskosten durch das Biomasse- / Solar KWK [€/kWh]
			Wärmegestehungskosten inkl. direkter Förderung [€/kWh]
			Wärmegestehungskosten exkl.

Z	Kriterien	Qualitative Bewertung	Quantitative Bewertung
		Indikator / Parameter Qualitativ	Indikator/ Parameter Quantitativ
			Förderung [€/kWh]
F2	<u>Marktanalyse für Fernwärme-Produktion</u>	Markanalyse für Brennstoffmarkt, Fernwärmemarkt Anlagenmarkt und Strommarkt durchgeführt [ja/nein] Rohstoffpotentialanalyse [ja/nein] Konkurrenznutzungen erhoben bzw. bedacht [ja/nein]	
F3	<u>Fernwärme-Nachfrage</u>		Mögliche zusätzliche Anschlussleistung [kWmax] Entwicklung Gesamtwärmebedarf im Netz [kWh]
F4	<u>Preisvolatilität für Endkunden</u>		Sensitivität der Wärmegestehungskosten auf Energie- Marktpreisschwankungen. [€/€]
F5	<u>Leistungsbilanzeffekte</u>		Importreduktion Primärenergie [€/a] Importreduktion Primärenergie [kWh/a] energetische Effekte [€/a] nicht energetische Effekte [€/a]
F6	<u>Beschäftigungseffekte</u>		direkte zusätzliche Beschäftigung [VZÄ] indirekte zusätzliche Beschäftigung [VZÄ] (direkte) Beschäftigung vor Ort [VZÄ]
F7	<u>BIP-Effekte (Wirtschaftswachstum)</u>		BIP-Wachstum [Euro/a]
F8	<u>Kosteneffizienz der CO₂equ-Vermeidung (Klimaeffizienz)</u>		CO ₂ -Vermeidungskosten [Euro/tCO ₂ equ.]

4.1.4 Beschreibung der Kriterien

Im folgenden Abschnitt werden die einzelnen Kriterien inhaltlich beschrieben. Der Unterpunkt „Richtung“ gibt einen Hinweis über die mögliche Ausrichtung im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung. Der Punkt „Daten“ gibt Aufschluss über die Möglichkeiten der Datensammlung bzw. -erhebung. Die dargestellten inhaltlichen Beschreibungen wurden teilweise von den in Kapitel 4.1 genannten Vorprojekten übernommen und gegebenenfalls adaptiert.

A Gesundheits- und Umweltrelevante Impacts

Die Kategorie gesundheits- und umweltrelevante Impacts enthält Kriterien, welche die möglichen gesundheitlichen und ökologischen Auswirkungen und Sicherheitsaspekte zum Inhalt haben. Dazu zählen folgende Kriterien:

- A.1 Gesamtenergieverbrauch und Anteil nicht erneuerbarer Energieträger an der Energiezufuhr
- A.2 Betriebsstoffe/Prozesschemikalien (toxische und petrochemische)
- A.3 Wasserverbrauch / Water Footprint
- A.4 Stoffflussanalyse / Brennstoffeinsatz
- A.5 Energieoutput der Anlage
- A.6 Emissionen an die Kompartimente Wasser, Luft und Boden (Anlage + Transporte)
- A.7 Abfälle, besonders Problemstoffe und deren Behandlung
- A.8 Fehlertoleranz der Anlage (Bedienfehler, technische Belange, Einwirkungen von Außen)
- A.9 Auswirkung der Bewirtschaftungsform (Monokulturen, Bodenverdichtung d. Maschineneinsatz)
- A.10 Änderungen der Bewirtschaftungsform / Flächenanteile (extensiv, intensiv....) sowie zu erwartender Trend
- A.11 Herstellung der Anlagenteile
- A.12 Flächeninanspruchnahme und Versiegelung durch Anlagenbau, Transportwege, temporäre Bau-/Lagerflächen, etc.
- A.13 Zusammengesetzte Kriterien

„Drei wichtige Themen in diesem Zusammenhang sind Biodiversität, Bodenverdichtung und Nährstoffentzüge. Da sich diese Größen jedoch nicht oder nur sehr aufwendig messen lassen sind sie durch Kriterien abgebildet, die bekanntermaßen Einfluss auf diese Größen haben.“ (Adensam et al. 2009).

A.1 Gesamtenergieverbrauch und Anteil nicht erneuerbarer Energieträger an der Energiezufuhr

Inhalt: angesprochen ist hier die am jeweiligen Standort, in der Anlage genutzte Hilfsenergie, z. B. zum Betrieb von Pumpen, Besonders wichtig ist hier der Anteil nicht erneuerbarer Energieträger, der z. B. bei Einsatz von elektrischer Energie aus dem Netz, oder von Generatoren ergibt. Diese Zahlen werden nicht explizit, sondern in die Berechnungen zur Klimabilanz einbezogen und damit im Klimapotenzial der Anlage bewertet.

Richtung: Die genutzte soll möglichst niedrig sein, der Anteil an erneuerbaren möglichst hoch.

Daten: Daten dazu werden können entweder aus der Anlagenplanung entnommen, im Rahmen des Monitorings gemessen oder im Rahmen der Simulation errechnet werden.

A.2 Betriebsstoffe/Prozesschemikalien (toxische und petrochemische)

Inhalt: Angesprochen sind hier alle öko- und humantoxischen sowie petrochemischen Substanzen, die für den Betrieb der Anlage benötigt werden. Toxische (Prozess)Chemikalien sind wichtig für die Beurteilung der Sicherheit am Arbeitsplatz und der Umweltsituation. Zu beachten ist dabei, ob eine Kreislaufführung solcher Stoffe stattfindet.

Richtung: Der Anteil toxischer Prozesschemikalien sollte möglichst klein sein. Hier ist auch wichtig, eine mögliche Substitution der Substanzen durch weniger gefährliche Stoffe zu beachten (sanfte Chemie).

Daten: Angaben über diese Chemikalien müssen in der Anlagenbeschreibung, bzw. -planung aufgeführt sein.

A.3 Wasserverbrauch / Water Footprint

Inhalt: Der Verbrauch von Wasser stellt besonders in ariden Regionen einen wichtigen Umweltfaktor dar. Der Water-Footprint gibt zudem noch Auskunft über die Qualität des eingesetzten Wassers. Unterschieden wird hier in Trinkwasser, Grundwasser, Prozesswasser und Oberflächenwasser. Berechnet werden hier sowohl der direkte als auch der indirekte Wasserverbrauch (virtuelles Wasser). In die vorliegende Bewertung wurde ausschließlich der direkte Wasserverbrauch am Standort einbezogen.

Richtung: Der Wasserverbrauch muss so gering wie möglich gehalten werden, Kreislaufführung verbessert die Bewertung wesentlich. Unbedingt zu vermeiden sind Trinkwasserverschwendung und die Beeinflussung lokaler Grundwasserspiegel.

Daten: Daten zu Wasserverbrauch und Qualitäten müssen in der Anlagenbeschreibung vorhanden sein.

A.4 Stoffflussanalyse / Brennstoffeinsatz

Inhalt: Angesprochen ist hier die qualitative Zusammensetzung im Sinne der Quelle des Brennstoffes. Unterschieden wird in Holz aus der Forstwirtschaft (Waldhackgut, Holz minderer Qualität, Durchforstung), aus der Abfallwirtschaft (Altholz aus Bau und Möbeln) sowie der Holzwirtschaft (Sägenebenprodukte). Darüber hinaus kann hier auch eine Aussage über die Materialeffizienz der Anlage getroffen werden.

Richtung: Positiv zu bewerten ist kaskadische Nutzung unter die Altholz und Sägenebenprodukte fallen. Darüber hinaus ist eine möglichst hohe Materialeffizienz anzustreben.

Daten: Aus Verträgen mit Zulieferern, bzw. aus der Anlagenplanung.

A.5 Energieoutput der Anlage

Inhalt: Angesprochen ist hier die Energieerzeugung in der Anlage, sowohl Wärme als auch Strom. Die Zahlen werden nicht explizit bewertet, sondern fließen in die Berechnung des Klimapotenzials mit ein.

Richtung: Die Erzeugung sollte möglichst effizient erfolgen.

Daten: Anlagenplanung oder Simulation.

A.6 Emissionen an die Kompartimente Wasser, Luft und Boden (Anlage + Transporte)

Inhalt: Zusammengefasst sind hier alle in dieser Anlage oder durch Transportwege relevanten Emissionen in die verschiedenen Umweltkompartimente und auch Abwasser. Es sind hier sowohl die Menge der Emissionen, als auch die Stoffe im Einzelnen zu beachten. Auch für das Abwasser ist das Ausmaß der Befrachtung mit Reststoffen maßgeblich. Ebenso wie bei den anderen Punkten ist die Einhaltung von Gesetzen kein Kriterium für Nachhaltigkeit. Ebenfalls hier zu nennen sind Geruch und Lärm. „Ausschlaggebend für die Entfaltung einer Wirkung ist die Empfindlichkeit der lokalen Umgebung gegenüber einer bestimmten Menge“ (Bachhiesl 2000). Deshalb ist bei einer Bewertung auch immer die Berücksichtigung der lokalen Verhältnisse nötig.

Bezogen auf die Solarthermie können Emissionen in Form von Lichtstrahlung z.B. durch Reflexionen auftreten.

Richtung: Anzustreben ist eine möglichst geringe Menge von Emissionen. Bei Trennung in direkte und indirekte Wirkungen müssen beide gleich gewichtet werden.

Daten: Angaben über Emissionen und Abwasser müssen in der Anlagenbeschreibung bzw. Planung aufgeführt sein. Für Angaben über Emissionen aus dem Transport von Gütern kann die Länge der notwendigen Transportwege herangezogen werden.

A.7 Abfälle, besonders Problemstoffe und deren Behandlung

Inhalt: Zusammengefasst sind hier alle Abfälle aus dem Betrieb und der Wartung der Anlage sowie einem allfälligen Rückbau, die nicht in einen Kreislauf (rück)geführt werden (können). Bei der Biomasseverwertung zählen hierzu die biogenen Reststoffe, beispielsweise Asche aus der Verbrennung. Organische Abfälle sind nicht standardisierbar und können auch (akkumulierte) Spurenschadstoffe enthalten. Die Ausbringung dieser Reststoffe auf pflanzenbauliche Flächen ist umstritten. Enthaltene Schadstoffe können auf diesem Weg in natürlichen Kreisläufen akkumulieren. Abfälle aus den Prozessen, hier besonders gefährliche Abfälle und Problemstoffe nach österreichischem Abfallrecht sollten im Zusammenhang mit Substitutionsmöglichkeiten im Bereich der Ausgangsstoffe betrachtet werden (siehe dazu auch A.2, sanfte Chemie).

Richtung: Anzustreben sind möglichst geringe Abfallmengen. Für organische Abfälle deren Ausbringung auf pflanzenbauliche Flächen vorgesehen ist, sind regelmäßige Schadstoffanalysen als positiv zu bewerten. Bei Deponierung ist die versiegelte Deponie vorzuziehen.

Daten: Daten zu Abfallmengen und Qualitäten können im Planungskonzept beschrieben sein. Genauere Aussagen lassen sich nach Erstellung einer Stoffstromanalyse treffen.

A.8 Fehlertoleranz der Anlage (Bedienfehler, technische Belange, Einwirkungen von Aussen)

Inhalt: Fehlertoleranz ist die Fähigkeit eines Betriebssystems auch unter abweichenden Betriebsbedingungen zu funktionieren. Die abweichenden Betriebsbedingungen können sowohl technisch bedingt sein, als auch durch Bedienungsfehler entstehen. Das heißt, Inhalt des Kriteriums sind die Vorkehrungen, die für mögliche Störfälle getroffen werden, und auch Vorkehrungen gegen noch nicht genau abzuschätzende Vorfälle, also allgemeine Vorsorge nach dem Vorsorgeprinzip. Hier ist keine quantitative Aussage möglich, das heißt die Frage nach der Berücksichtigung dieser Vorsorge im Anlagenkonzept kann nur mit Ja oder Nein beantwortet werden, ebenso die nach dem Vorhandensein von Angaben über die Fehlertoleranz.

Richtung: Positiv ist das Vorhandensein von Aussagen über Vorsorgemaßnahmen und Fehlertoleranz aber auch eine festgestellte geringe Unfallwahrscheinlichkeit.

Daten: Aussagen über diese Inhalte können anhand der Anlagepläne und des Anlagenkonzeptes getroffen werden.

A.9 Auswirkung der Bewirtschaftungsform (Monokulturen, Bodenverdichtung d. Maschineneinsatz)

Inhalt: Grob lassen sich die Bewirtschaftungsformen in intensive, extensive und zertifizierte Forstwirtschaft teilen. Zur intensiven Flächenbewirtschaftung zählen Energieplantagen und Kahlschläge. Sie stellt die Nutzung mit der größten Eingriffstiefe dar. An negativen Auswirkungen sind als wichtigste zu nennen: Emissionen und Bodenverdichtung durch Maschineneinsatz, Beeinträchtigung der Bodenfunktionen durch Chemikalieneinsatz und Monokulturen. Zur extensiven Flächenbewirtschaftung zählen Einzelstammentnahmen (Plenterung) und Vornutzung, sowie Schadholzaufarbeitung. Sie weist eine geringere Eingriffstiefe auf, zu beachten ist dabei allerdings auch die Vermeidung von Monokulturen und standortfremden Pflanzengemeinschaften (vgl. Reichholf 2007; S.257f). Zertifizierte Forstwirtschaft weist nachweislich geringe Eingriffstiefe auf und ist daher am höchsten zu bewerten. Importe müssen auf die Bewirtschaftungsbedingungen im Lieferland hin überprüft werden. Emissionen und Energieeinsatz der Importe sind bei A.13 – Klimabilanz zu berücksichtigen. Aufbauend auf der Annahme, dass extensive Flächenbewirtschaftung den Anforderungen der Nachhaltigkeit eher entspricht als intensive Flächenbewirtschaftung (Becker 2001), sind hier die Flächenanteile der unterschiedlichen Bewirtschaftungsformen an der für die Rohstoffproduktion eingesetzten Gesamt-Waldfläche angesprochen. Die Veränderung des Verhältnisses in einem Zeitverlauf kann die Einflussnahme der Biomasseverbrennung auf Bewirtschaftungsformen zeigen.

Richtung: „Anzustreben sind Standortgerechtigkeit, Erhaltung der Arten- und Flächendiversität, extensive Bewirtschaftungsformen und kurze Transportwege. Die Nutzung von Naturschutzflächen ist negativ zu bewerten ebenso wie Holz von illegalen Schlägerungen“ (Tritthart 2007). Anzustreben ist ein großer oder wachsender Anteil an extensiv-Flächen, wobei der Anteil an zertifizierten Flächen noch höher einzustufen ist.

Daten: das Einzugsgebiet und VertragspartnerInnen können aus den Verträgen bezogen werden. Die vorherrschenden Bewirtschaftungsformen können aus der Waldinventur, bzw. den zugrundeliegenden Datenbanken entnommen werden.

A.10 Änderungen der Bewirtschaftungsform / Flächenanteile (extensiv, intensiv....) sowie zu erwartender Trend

Inhalt: Angesprochen ist hier die Veränderung der Flächenanteile der in A.9 beschriebenen Bewirtschaftungsformen, hervorgerufen durch die Veränderungen der Fernwärmenetzes.

Richtung: Anzustreben ist die Erhöhung des Anteils extensiver Flächen.

Daten: Aktuell ist es nur möglich den Anteil zu einem bestimmten Zeitpunkt festzustellen. Durch Verträge oder Kooperationen können jedoch bereits Rahmenbedingungen festgelegt sein, die eine Extensivierung von Flächen fördern. Dadurch kann sich ein Trend abzeichnen, der als qualitative Größe in eine Bewertung einfließen kann.

A.11 Herstellung der Anlagenteile

Inhalt: Angesprochen sind hier die Prozesse zur Herstellung der neu implementierten Anlagenteile/-komponenten, vom Abbau der Rohstoffe bis zur Endfertigung und ihre Auswirkungen auf Umwelt und Gesundheit.

Richtung: Anzustreben ist eine möglichst geringe Beeinträchtigung der Umwelt, bzw. Gesundheit. Das heißt möglichst niedrige Emissionen, kurze Transportwege, etc.

Daten: Angaben über Anlagenteile geben einen Hinweis über die Herkunft der Produkte. Daten zu den Emissionen können teilweise den Faktoren in GEMIS, ecoinvent oder der Literatur entnommen werden

A.12 Flächeninanspruchnahme und Versiegelung durch Anlagenbau, Transportwege, temporäre Bau-/Lagerflächen, etc.

Inhalt: Hier ist sowohl der Flächenbedarf der Anlage (besonders freistehender Anlagen im Freiland als auch der für eventuell notwendige Transportwege (besonders bei Großanlagen) angesprochen. Unterschieden werden muss hier zwischen Flächeninanspruchnahme und echter Versiegelung. „Fläche stellt eine endliche Ressource dar und ist nicht künstlich vermehrbar „(Grosch 2001).

Die Flächeninanspruchnahme kann zu Nutzungskonkurrenzen und Veränderungen der Nutzung oder auch zu Einschränkungen der Nutzung führen. Auf versiegelten Oberflächen kann Regen- und Oberflächenwasser nicht mehr versickern, die Grundwassernachbildung wird gestört (ÖIN 1997; Universität Bremen 2000). Die natürlichen Funktionen des Bodens sind unterbunden, oft werden Naturräume

zerschnitten. Im Sinne des Gerechtigkeitspostulates bedeutet das Versiegeln von Fläche, dass in der gegenwärtigen Generation die Nutzungsmöglichkeiten der Natur eingeschränkt werden, die Reichweite der endlichen Ressource immer geringer wird und folgende Generationen einerseits weniger Fläche und Boden zur Verfügung haben und andererseits durch die unzureichende Möglichkeit zur Rückführung in funktionstüchtigen Boden in ihren Wahl- und Gestaltungsmöglichkeiten eingeschränkt sind.

Richtung: Einerseits sind kurze Transportwege auf schon vorhandenen Straßen anzustreben, andererseits kann Straßenbau die Infrastruktur fördern. Diese Abwägung ist im Diskurs vorzunehmen. Die Richtung ist auch in Abhängigkeit von der bereits versiegelten Fläche in der betreffenden Region zu sehen.

Daten: Daten über Versiegelungsfläche für die Anlage müssen im Planungskonzept vorhanden sein. Angaben über Vertragspartner können Auskunft über Entfernungen und vorhandene Straßen geben.

A.13 Zusammengesetzte Kriterien

Inhalt: **Beteiligungsverfahren** in ihren verschiedensten Ausprägungen stellen ein Instrument zur Demokratisierung von Entscheidungsprozessen dar. Unter diesem Punkt ist die Einbeziehung potenziell Betroffener wie z. B. AnrainerInnen angesprochen. Es sollen hier Instrumente gewählt werden, die eine echte Mitbestimmung ermöglichen. Insbesondere ist auf die zeitliche Komponente zu achten (Wurde die Mitsprachemöglichkeit bereits am Beginn während der Planungsphase eingeräumt oder erst kurz vor Fertigstellung der Anlage?) und die Transparenz des Prozesses. Die Abfrage zu Diskursen wird bei dem jeweiligen Thema vorgenommen, deren Bewertung erfolgt nur ein Mal.

Kumulierter energieaufwand (**KEA**) – Primärenergieverbrauch inkl. stofflicher Nutzung von Energieträgern, kumulierter Energieverbrauch (**KEV**) energetisch genutzte Primärenergieträger zeigen den Einsatz von Primärenergieträgern über den gesamten Lebenszyklus der Anlage an. Die energetische Amortisation stellt ebenfalls einen Zusammenhang zwischen Energie und Zeit her und gibt an wie lange (in Jahren) es dauert bis die Anlage die bei der Herstellung eingesetzte Energie im Betrieb wieder hergestellt hat. Abzuziehen ist hier der Eigenenergieverbrauch im Betrieb. .

Das Klimapotenzial gibt an welche CO₂-äqu Emissionen pro erzeugter kWh, berechnet über den gesamten Lebenszyklus der Anlage zuzurechnen sind (tiefere Ausführungen siehe Berechnungen zur Klimabilanz)

B Sicherung und Qualität der Beschäftigung

Die Kategorie Sicherung und Qualität der Beschäftigung hat folgende Kriterien zum Inhalt:

- B.1 Sicherheit am Arbeitsplatz, Gefährdung von Betreiber bzw. Angestellten
- B.2 Qualität der Arbeit
- B.3 Sicherung und Schaffung von (qualifizierten) Arbeitsplätzen entlang der Wertschöpfungskette
- B.4 Gleichbehandlung entlang der Wertschöpfungskette
- B.5 Soziale Absicherung der ArbeitnehmerInnen

B.1 Sicherheit am Arbeitsplatz, Gefährdung von Betreiber bzw Angestellten

Inhalt: Wie schon unter dem Punkt „Fehlertoleranz der Anlage“ erwähnt, können abweichende Betriebsbedingungen auch auf Bedienungsfehler zurückzuführen sein. Angesprochen ist hier die Wahrscheinlichkeit von Unfällen am Standort der Anlage, die durch Unachtsamkeit oder Unwissenheit der Betreiber entstehen können und eine Gefährdung für diese darstellen. Auch hier sind Vorkehrungen nach dem Vorsorgeprinzip wichtig. Hier ist ebenfalls keine quantitative Aussage möglich, sondern das Vorhandensein von Maßnahmen bzw. Aussagen über Unfallwahrscheinlichkeiten kann mit Ja/Nein beantwortet werden. Die Einhaltung von Gesetzen allein gilt nicht als Kriterium für Nachhaltigkeit. Weiters anzumerken ist, dass Kriterien für Arbeitssicherheit und Fehlertoleranz von Anlagen in einigen in der EU gebräuchlichen Sets nicht berücksichtigt sind.

Richtung: Positiv ist das Vorhandensein von Aussagen über Vorsorgemaßnahmen und Unfallwahrscheinlichkeit aber auch eine festgestellte geringe Unfallwahrscheinlichkeit.

Daten: Aussagen über diese Inhalte können anhand der Anlagepläne und des Anlagenkonzeptes getroffen werden.

B.2 Qualität der Arbeit

Inhalt: Angesprochen sind hier die Arbeitsbedingungen entlang der Wertschöpfungskette. Das heißt, dass mentale Belastungen wie zum Beispiel lang andauernde Konzentration, Zeitdruck oder physische Belastungen wie zum Beispiel körperliche Anstrengungen oder langes Stehen nicht ein Ausmaß erreichen, welches es den Betroffenen erschwert, über das Arbeitsleben hinausgehende Lebenspläne zu verwirklichen. Zu berücksichtigen sind hier auch im Besonderen Arbeitsplatzbedingungen beim Rohstoffabbau in Ländern mit niedrigen Sozialstandards. Quantitative Angaben zu diesem Punkt sind schwierig.

Richtung: Anzustreben ist eine Verringerung der Belastungen, die genaue Ausrichtung ist im Diskurs zu klären.

Daten: Angaben über Arbeitsbedingungen können im Anlagekonzept erfasst sein oder im Diskurs mit Entwicklern und/oder Betreibern geklärt werden. Ebenfalls können Daten durch Interviews, aus Literatur oder aus Diskursen gewonnen werden.

B.3 Sicherung und Schaffung von (qualifizierten) Arbeitsplätzen entlang der Wertschöpfungskette

Inhalt: Angesprochen sind hier die Arbeitsplätze, die direkt oder indirekt durch die Veränderung im Fernwärmenetz geschaffen, bzw. gesichert werden. Dazu gehört auch die Einbindung regionaler Betriebe in Errichtung und Wartung, da dies auch zur Sicherung der Arbeitsplätze beiträgt. Im Vordergrund steht dabei die dafür notwendige Qualifikation.

Richtung: Die geschaffenen Arbeitsplätze sollen, im Sinne der regionalen Entwicklung und der Vermeidung langer Anfahrtswege (=zusätzliche Belastung im Sinne von B.2) für die Arbeitnehmer weitestgehend der regionalen Qualifikationsstruktur entsprechen. Die kann auch die Abwanderungstendenzen in ländlichen Gegenden entgegenwirken.

Daten: So lange es die europäischen Teile der Wertschöpfungskette betrifft, können hier über die statistischen Erhebungen (EUROSTAT) Daten gewonnen werden. Darüber hinausgehende Teile der Wertschöpfungskette bedeuten einen erheblichen Mehraufwand für diese Recherche, bzw. kann es auch unmöglich sein, diese Daten zu erheben.

B.4 Gleichbehandlung entlang der Wertschöpfungskette

Inhalt: Angesprochen sind hier Benachteiligungen bezüglich des Geschlechts, des Alters, der Religion usw., beziehungsweise deren Vermeidung im Rahmen der Arbeitsverhältnisse. Während dies in der europäischen Union weitestgehend gesetzlich geregelt ist, ist die für den Rest der Wertschöpfungskette meist intransparent.

Richtung: Ungleichbehandlung ist zu vermeiden, Maßnahmen die Chancengleichheit herstellen (Arbeitszeiten, Kinderbetreuung, Barrierefreiheit, usw....) sind zu setzen.

Daten: Da es diesbezüglich oft nur lückenhafte bis gar keine Aufzeichnungen gibt, kann nur bei den BetreiberInnen der Fernwärmenetze nachgefragt werden, ob und in welcher Form mögliche Benachteiligungen thematisiert und z. B. bei der Beschaffung vermieden werden.

B.5 Soziale Absicherung der ArbeitnehmerInnen

Inhalt: Angesprochen sind hier die Art der Arbeitsverträge (befristet/unbefristet, angestellt/freiberuflich) und das Gehaltsniveau. Die Art des Arbeitsverhältnisses soll dabei den ArbeitnehmerInnen die nötige Sicherheit bieten um existenzielle Ängste zu vermeiden, das Gehaltsniveau soll ein gutes Leben vor Ort möglich machen.

Richtung: Prinzipiell sind sichere Arbeitsverhältnisse (unbefristet/angestellt) zu bevorzugen. Dies kann jedoch je nach Lebenssituation der ArbeitnehmerInnen unterschiedliche bewertet werden. Ein Mitspracherecht bei der Gestaltung der Verträge sollte eingeräumt werden. Das Gehaltsniveau ist vor dem Hintergrund der Region zu bewerten. Zahlung über Kollektivvertrag sind positiv zu bewerten.

C Wissen

Die Kategorie Wissen beschreibt die Auswirkungen veränderten Fernwärmeversorgung -Anlage auf Schaffung und Erhaltung von Wissen. Dazu gehören folgende Elemente:

- C.1 Dokumentation/Nutzung/Weitergabe bestehenden Wissens und Erfahrungswissens
- C.2 Notwendigkeit von Zusatzqualifikationen entlang der Wertschöpfungskette
- C.3 Begleitende Forschung im Rahmen des Betriebs der Anlage
- C.4 Vernetzung von neu generiertem Wissen (betriebsintern sowie mit externen Instituten)

C.1 Dokumentation/Nutzung/Weitergabe bestehenden Wissens und Erfahrungswissens

Inhalt: Auf dem Gebiet der energetischen Nutzung von Biomasse sowie jenem der solarthermischen Nutzung von Sonnenstrahlung existiert eine große Menge an so genanntem „alten Wissen“. Unter dem Blickwinkel intergenerativer Gerechtigkeit ist die Vorhaltung dieses Wissens für künftige Generationen als Wissens-Kapital zu sehen. Dieses traditionelle Wissen, sollte in innovativem Zusammenhang bzw. der Kombination mit neuen Anwendungen genutzt werden. Darüber wie weit der Einfluss gehen soll, bzw. wo die Systemgrenzen liegen, muss ein Diskurs geführt werden.

Richtung: Die Frage nach der Richtung muss im Diskurs geklärt werden.

Daten: Die Frage nach Ausmaß der Einbindung so genannten „alten Wissens“ ist im Diskurs mit den Entwicklern zu klären.

C.2 Notwendigkeit von Zusatzqualifikationen entlang der Wertschöpfungskette

Inhalt: Angesprochen sind hier die Notwendigkeit von Zusatzqualifikationen durch die Veränderung des Fernwärmenetzes und damit verbundenen Weiterbildungsangebote bzw. deren Finanzierung.

Richtung: Im Sinne einer Höherqualifizierung von ArbeitnehmerInnen und den damit verbundenen steigenden Chancen am Arbeitsmarkt, ist die Notwendigkeit der Qualifizierung dann positiv zu beurteilen, wenn entsprechende Qualifikationsmodelle und Weiterbildungsangebote vorhanden sind.

Daten: Auskünfte der BetreiberInnen

C.3 Begleitende Forschung im Rahmen des Betriebs der Anlage

Inhalt: Langfristige Forschungsprojekte im Bereich Technik und Umwelt sind Voraussetzung für echte Innovationen und Weiterentwicklungen. Deshalb ist es wichtig, im Rahmen des Betriebs des Fernwärmenetzes Kapazitäten für begleitende Forschung zu schaffen. „Hier ist der Ausbau interdisziplinärer Forschung ein wichtiger Punkt“ (ÖIN 1997; Schnitzer 1997). Eigene Forschungskapazitäten sind eher bei Betreibenden größerer Netze vorstellbar. Ansonsten kann auch die Teilnahme an Forschungsprojekten positiv bewertet werden. Darüber hinaus kann die Ressourcenbildung auch über Monitoring im ökologischen und technischen Bereich erfolgen.

Richtung: Positiv zu bewerten ist die Teilnahme an Forschungsprogrammen und/oder das Vorhandensein von Monitoringkonzepten, Präsentation verschiedener Erfahrungen und Erkenntnisse bei Seminaren und Konferenzen oder auch die Publikation im Internet. Positiv zu bewerten ist das Vorhandensein von Forschungskapazitäten im Planungskonzept.

Daten: Aussagen über geplante Begleitforschung können im Diskurs mit den Planenden gefunden werden.

C.4 Vernetzung von neu generiertem Wissen (betriebsintern sowie mit externen Instituten)

Inhalt: Über die Inhalt von C.1 hinausgehend, geht es hier um den Umgang mit neu erworbenem Wissen, sei es durch Forschung oder auch Erfahrung im Betrieb des Fernwärmenetzes. Die Vernetzung und die

Weitergabe dieses Wissens erhöht den allgemeinen Wissensstand und kann so zu weitergehenden Innovationen auf breiterer Basis führen.

Richtung: positiv zu bewerten sind Maßnahmen und Abläufe, die Vernetzung und Austausch im Sinne eines Know-How-Transfers fördern.

Daten: Angaben des Netzbetreibenden.

D Regionalentwicklung

Die Kategorie Regionalentwicklung betrachtet die Auswirkungen der Veränderung des Fernwärmenetzes in der Region. Dazu zählen folgende Kriterien:

- D.1 Unterstützung der regionalen (Versorgungs)infrastruktur
- D.2 Verbleiben der Wertschöpfung in der Region
- D.3 Beitrag zur Versorgungssicherheit
- D.4 Verstärkung der Vernetzung in der Region und mit anderen Regionen
- D.5 Erhaltung der Kulturlandschaft als schützenswertes Gut
- D.6 Unterstützung der Existenzsicherung von regionalen Land und Forstwirten

D.1 Unterstützung der regionalen (Versorgungs)infrastruktur

Inhalt: Angesprochen sind Erhaltung oder Schaffung bestehender oder neuer Infrastruktur. Dies kann wie schon weiter oben angesprochen die Abwanderung eindämmen oder auch die regionale Wertschöpfung verbessern

Richtung: Die Richtung ist im Diskurs zu klären. Eventuell bestehen Zielkonflikte mit Flächennutzung oder Kulturlandschaftsschutz.

Daten: Diskurs

D.2 Verbleiben der Wertschöpfung in der Region

Inhalt ; Eine lokal und regional-ökonomische Strategie verfolgt das Ziel, einen großen Teil des regionalen Bedarfs an Gütern und Dienstleistungen durch regionale Arbeit unter Nutzung regionaler Ressourcen zu decken und deshalb einen größeren Teil des regionalen Einkommens vor Ort zirkulieren, anstatt aus der Region abfließen zu lassen (nach Kanatschnig/Weber 1998; vgl dazu auch Schnitzer 1997).

Richtung: Positiv zu bewerten ist eine Steigerung der regionale Wertschöpfung.

Daten: Aussagen über diesen Punkt können anhand von Verträgen oder Businessplänen getroffen werden.

D.3 Beitrag zur Versorgungssicherheit

Inhalt: Das Fernwärmenetz trägt durch Wärmebereitstellung aus regenerativen, heimischen Quellen zur Energieautarkie Österreichs bei. Negative Auswirkungen birgt eine erhöhte Energieautarkie für etablierte Energieerzeugenden, da diese eventuell mit Umsatzverlusten konfrontiert sind. Darüber hinaus verändert sich eventuell die Rolle der Energieerzeugenden.

Richtung: Je höher der Selbstversorgungsgrad umso besser für die Versorgungssicherheit der Region und der Endverbraucher. Um ein vertretbares Ausmaß an negativen Auswirkungen der Energieautarkie festzulegen, ist ein Diskurs erforderlich.

Daten: Grundlagen zur Beurteilung der Energieautarkie aus der Anlagenplanung entnommen werden.

D.4 Verstärkung der Vernetzung in der Region und mit anderen Regionen

Inhalt: Über die in C.4 angesprochene Vernetzung zwischen Institutionen hinaus, ist hier die Regionen übergreifende Vernetzung des Wissen angesprochen. Dies kann Ressourcenschonung, Innovationen und Technologiesprünge unterstützen.

Richtung: Positiv zu bewerten sind Vernetzungsaktivitäten.

Daten: Netzbetreiber

D.5 Erhaltung der Kulturlandschaft als schützenswertes Gut

Inhalt: Die Erhaltung der Kulturlandschaft einer Region stellt ein vordringliches Ziel der Österreichischen Nachhaltigkeitsstrategie dar. Dazu gehört auch die Erhaltung bzw. positive Gestaltung des architektonischen Gesamtbildes. Zusätzliche Infrastruktur (bei Großanlagen) muss hier ebenfalls berücksichtigt werden.

Richtung: Die Auswirkungen der modifizierten Anlage auf Kulturlandschaft und/oder das architektonische Gesamtbild in der Region sowie die Richtung (Ist die Veränderung positiv oder negativ für die Region?) ist im Diskurs von Fall zu Fall zu klären. Die Auswirkungen des Kraftwerkes auf die Kulturlandschaft in der Region (z. B. Kollektorflächen, Waldfläche) sowie die Richtung (ist die Zunahme positiv oder negativ für die Region?) ist im Diskurs von Fall zu Fall zu klären.

Daten: Aussagen über Kollektorflächen, Pufferspeichervolumen usw., und ihre (zukünftige) Sichtbarkeit – und damit eine Abschätzung der künftigen Kulturlandschaftsveränderung – können den Planungsunterlagen entnommen werden. Daten über Waldflächen sind aus Statistiken und Flächennutzungsplänen zu entnehmen.

D.6 Unterstützung der Existenzsicherung von regionalen Land und Forstwirten

Inhalt: Angesprochen ist hier das Potenzial der technischen Veränderungen, die Existenzgrundlage der ansässigen Land- und Forstwirte zu sichern. Dies stellt über den möglichen Einfluss auf die Abwanderung in ländlichen Gebieten die zukünftige Her- und Bereitstellung von Brennstoffen sicher.

Richtung: Positiv zu bewerten ist eine Erhöhung des selbständigen Einkommens der BrennstoffherstellerInnen.

Daten: Aussagen dazu können über die Veränderungen des Brennstoffbedarfes getroffen werden..

E Akteursinteraktionen

Die Kriterien der Kategorie Akteursinteraktionen haben die Auswirkungen auf Zusammenleben, Kooperationen, gemeinsame Entscheidungsfindung und Wahlfreiheit aller AkteurInnen zum Inhalt. Dazu gehört:

- E.1 Ermöglichung gleichberechtigter Mitsprache der Akteure durch entsprechende Kooperationsformen entlang der Wertschöpfungskette
- E.2 Beteiligungsmöglichkeit Betroffener während Genehmigungsverfahren und Betrieb
- E.3 Finanzielle Beteiligungsmöglichkeit
- E.4 Wahlfreiheit potentieller Energiekunden

E.1 Ermöglichung gleichberechtigter Mitsprache der Akteure durch entsprechende Kooperationsformen entlang der Wertschöpfungskette

Inhalt: Angesprochen sind hier die Kooperationsformen der AkteurInnen entlang der Wertschöpfungskette und die damit verbundenen Mitsprachemöglichkeiten.

Richtung: Die Möglichkeit zur Mitsprache ist positiv zu bewerten

Daten: Verträge und Planungen der BetreiberInnen, Interviews entlang der Wertschöpfungskette.

E.2 Beteiligungsmöglichkeit Betroffener während Genehmigungsverfahren und Betrieb

Inhalt: Beteiligungsverfahren in ihren verschiedensten Ausprägungen stellen ein Instrument zur Demokratisierung von Entscheidungsprozessen dar. Unter diesem Punkt ist die Einbeziehung potenziell Betroffener wie z. B. AnrainerInnen angesprochen. Es sollen hier Instrumente gewählt werden, die eine echte Mitbestimmung ermöglichen. Insbesondere ist auf die zeitliche Komponente zu achten (Wurde die Mitsprachemöglichkeit bereits am Beginn während der Planungsphase eingeräumt oder erst kurz vor Fertigstellung der Anlage?) und die Transparenz des Prozesses.

Richtung: Positiv zu bewerten ist die Planung eines solchen Verfahrens im Rahmen der Anlagenplanung. Die Methode bzw. Gestaltung dieses Verfahrens muss im Diskurs geklärt werden.

Daten: Aussagen über Planung eines Beteiligungsverfahrens können im Entwicklungskonzept angeführt sein.

E.3 Finanzielle Beteiligungsmöglichkeit

Inhalt: „Die zentrale Herausforderung für den Ausbau erneuerbarer Energieträger besteht in der Überwindung wirtschaftlicher Barrieren (hohe Anschaffungskosten, etc.) sowie unsicherer Rahmenbedingungen (Ökostromgesetz, etc.). Beteiligungsmodelle sind eine Möglichkeit, Kapital für Investitionen in erneuerbare Energien bereit zu stellen, außerdem kann durch eine finanzielle Beteiligung der BürgerInnen an Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energie deren Akzeptanz vergrößert werden.“ (Bachmann et al. 2012). Damit kann auch, je nach Modell eine Beitrag zur Versorgungssicherheit geleistet werden.

Richtung: Beteiligungsmodelle sind positiv zu bewerten.

Daten: NetzbetreiberInnen

E.4 Wahlfreiheit potentieller Energiekunden

Inhalt: Die Freiheit der EnergiekundInnen die AnbieterInnen zu wählen, darf auch von den durch die FernwärmeanbieterInnen gestalteten Rahmenbedingungen nicht beeinträchtigt werden.

Richtung: Wahlfreiheit ist unabdingbar für eine positive Bewertung.

Daten: Unterlagen der NetzbetreiberIn.

F Wirtschaftlichkeit

Die Kriterien der Kategorie Wirtschaftlichkeit haben die ökonomischen Auswirkungen auf die unterschiedlichen Akteure und die Volkswirtschaft zum Inhalt. Dazu gehören:

- F.1 Diverse Indikatoren für die Wirtschaftlichkeit der Anlage
- F.2 Marktanalyse für Fernwärme-Produktion
- F.3 Fernwärme-Nachfrage
- F.4 Preisvolatilität für Endkunden
- F.5 Leistungsbilanzeffekte
- F.6 Beschäftigungseffekte
- F.7 BIP-Effekte (Wirtschaftswachstum)
- F.8 Kosteneffizienz der CO₂equ-Vermeidung (Klimaeffizienz)

F.1 Diverse Indikatoren für die Wirtschaftlichkeit der Anlage

Inhalt:

Eine der Grundvoraussetzungen für die Errichtung und auch das Bestehen eines Unternehmens ist dessen (prognostizierte) Wirtschaftlichkeit. Das heißt, es ist wichtig, von Anfang an die Wirtschaftlichkeit der Anlage im Auge zu behalten. Zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit eines Produktionsbetriebes werden verschiedene

Indikatoren angeboten. Als Beispiele sollen hier Rentabilität (Gewinn/Kapital), Ressourcenproduktivität (Produkt/Ressourceneinheit) oder Output/Arbeitsstunde (Menge oder Ertrag) genannt werden. Welche Indikatoren zur Bewertung herangezogen werden, ist danach auszuwählen, welche Daten zum Zeitpunkt der Bewertung vorliegen. Mögliche Verschuldung muss unter dem Blickwinkel der Handlungs- und Wahlfreiheit der künftigen Generationen hier einfließen. Da betriebliche Daten zur Wirtschaftlichkeit nicht gerne von Unternehmen weitergegeben werden, hängt die Anwendbarkeit dieses Kriteriums vom Entgegenkommen des Anlagenbetreibenden ab, wenn kein Druckmittel wie z. B. von einem Fördergebenden vorhanden ist.

Richtung: Die Richtung im Sinne von Nachhaltigkeit ist je nach gewählter Messgröße festzulegen.

Daten: Daten zur Wirtschaftlichkeit können in Planungskonzept oder Businessplan angegeben sein.

Diverse Indikatoren für die Wirtschaftlichkeit aus Akteurlnensicht

Inhalt: Für die umfassende Beurteilung eines Kraftwerkes ist nicht nur die Wirtschaftlichkeit der Anlage und damit die Wirtschaftlichkeit für den Anlagenbetreibenden von Bedeutung. Auch für die anderen AkteurlInnen muss eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung durchgeführt werden. Unter „Akteure“ werden hier Betroffene im weitesten Sinne verstanden. Dazu zählen auf

individueller Ebene sowohl

- Brennstoffliefernde: Deckungsbeiträge für Forst- und LandwirtInnen aber auch Maßnahmen zur Minimierung des Risikos für Brennstoffliefernde in Form von langfristigen Abnahme- und Preisverträgen (F.2, F.3) als auch die
- KundInnen oder AbnehmerInnen: Kosteneinsparung bzw. Mehrkosten der Fernwärme und des Stromes (F.4)
- Anlagenbetreibende (F.2, F.3)

auf volkswirtschaftlicher Ebene ergeben sich Auswirkungen auf

- die energetische Versorgungssicherheit (in D.3 bewertet)
- Beschäftigungseffekte (F.6)
- BIP-Effekte (F.7, hier nicht betrachtet)
- die Erreichung internationaler Ziele (CO₂-Reduktion, Anteil erneuerbarer Energieträger) (F.8)
- die Handelsbilanz (F.5)

auf globaler Ebene zählen dazu

- Rohstoff- bzw. Flächenknappheit und damit verbundene Preisänderungen für Lebensmittel/Rohstoffe (hier nicht betrachtet)

Richtung: Die Richtung im Sinne von Nachhaltigkeit ist je nach gewählter Messgröße festzulegen.

Daten: Angaben über die Wirtschaftlichkeit für die einzelnen Akteure können in Verträgen oder im Diskurs mit Entwicklern, bzw. Betreibern gefunden werden.

5 Bewertung – die Nachhaltigkeitsperformance

Das folgende Kapitel zeigt die Datengrundlage, die Vorgangsweise und die Ergebnisse der Recherche zu den Fragebögen und der Berechnungen für die Klimabilanzen der einzelnen Standorte und der jeweiligen Szenarien. Grundlage für die Bewertungen und Berechnungen bildeten die Wertschöpfungsketten.

5.1 Klimabilanz – Vorgangsweise

Die Klimabilanz ist ein Teil der Nachhaltigkeitsbewertung im Bereich Umwelt- und Gesundheit und setzt sich aus verschiedenen Angaben aus dem Fragebogen zusammen. Prinzipiell betrachtet die Lebenszyklusanalyse in diesem Fall die gesamte Wertschöpfungskette aller neuen Anlagenteile von der Rohstoffgewinnung bis zum Betrieb. Dazu zählen auch die Transporte der Anlagenteile sowie deren Halbzeuge, die Brennstoffversorgung und Entsorgung von Abfällen. Die Berechnungen nach der Erhebung wurden mit den Programmen **openLCA** (Version 1.7) und **GEMIS** (4.95) durchgeführt. Berechnet wurden in allen Fällen die Veränderungen der CO₂-Äquivalente durch die Adaptierung der Wärmenetze. Energiebezogene Indikatoren wie KEA oder KEV wurden, wie auch die energetische Amortisation nicht berechnet. Die Bewertung wurde jedoch qualitativ im Rahmen der Nachhaltigkeitsperformance berücksichtigt.

5.1.1 Datenqualität - Klimabilanz

Berechnet wurden ausschließlich die Veränderungen, die Ausgangsanlage wurde nicht modelliert. Die Berechnung erfolgte jeweils für 20 oder 15 Jahre (Standort D). Die verwendeten Daten basieren zum einen auf Ergebnissen der Simulationen, bestehenden Datenbanken wie GEMIS oder ecoinvent (Version 3.3) und zum anderen auf Recherchen im Rahmen des Projektes, z. B: nach Produktionsstandorten um Transportentfernungen abzuschätzen. Zur Berechnung in den jeweiligen Tools wurde auf bestehende Prozesse mit den aktuellsten Daten – überwiegend 2020 – zurückgegriffen und wo möglich, der richtige geografische Bezug gewählt.

Die Ergebnisse der Simulationen, zu Betriebsergebnissen und Brennstoffverbräuchen liegen detailliert vor und können als relativ genau eingeschätzt werden. Energieeinsätze für Installation und Zusammenbau der Anlagen lagen nicht vor. Die Auswahl der eingesetzten Produkte erfolgte seitens der SimulationstechnikerInnen, die genauen Stoffströme waren Ergebnis aufwändiger Recherchen.

Die Angaben zum Energieeinsatz und Flächenverbrauch der Hackgutbereitstellung wurden GEMIS und ecoinvent (Version 3.3) entnommen, sowie aus vorangegangenen Studien (Schidler 2003; Adensam et al. 2009; Sterrer et al. 2014) übernommen und können als sehr gut eingestuft werden.

Für einige Materialien der neuen Anlagenteile lagen keine Informationen vor, hier wurden der Analyse Abschätzungen auf Basis vergleichbarer Materialien und eigene (stöchiometrische) Berechnungen zugrunde gelegt.

5.2 Nachhaltigkeitsbewertung – Vorgangsweise

Die Nachhaltigkeitsperformance wurde für alle drei Standorte und die jeweils gewählten Szenarien bewertet. Die Vorgangsweise war in allen Fällen gleich. Das Referenzszenario war in jedem Fall der Ausgangszustand vor der Veränderung. Im Falle mehrerer ausgewählter Szenarien wurden diese hinsichtlich ihrer Veränderungen gegenüber dem Ausgangszustand verglichen und bewertet.

5.2.1 Fragebogen

Aufbauend auf die Ergebnisse des ExpertInnen-Workshops wurde der Kriterienkatalog auf die in den jeweiligen Szenarien implementierten Technologien - z. B. Pufferspeicher, Wärmepumpe oder Solarthermie - adaptiert und jeweils um entsprechende Indikatoren und die Bewertung ergänzende Fragen erweitert. Ausgehend von diesen Kriterienkatalogen wurde für jeden bewerteten Standort ein Fragebogen erstellt. Er umfasste sowohl Fragen zu quantitativen als auch zu qualitativen Angaben. Zielgruppe für diesen Fragebogen waren einerseits die WärmenetzbetreiberInnen und andererseits SimulationstechnikerInnen. Die Auskünfte der Zielgruppe bildeten die Basis für die Bewertung der Nachhaltigkeitsperformance.

5.2.2 Datenqualität - Fragebogen

Die Angaben der BetreiberInnen, die die Anlagen direkt betreffen, können als relativ genau eingeschätzt werden, die zu den anderen Prozessen der Wertschöpfungskette beruhen eher auf Abschätzungen. Die wirtschaftliche Bewertung modelliert auf Produkt- und Betriebsangaben aus den Simulationen (siehe dazu Bericht heat_portfolio Bericht „Wirtschaftliche Nachhaltigkeit – volks- und betriebswirtschaftliche Analyse“). Die Zahlen im Bereich des Betriebs der Anlagen können als genau, die zu den eingesetzten Produkten als fundierte Schätzung eingestuft werden.

5.3 Unsicherheiten

Unsicherheiten bestehen für die genaue Wahl der Produkte, die Energieeinsätze für deren Herstellung und Montage, einige Herstellungsorte sowie für einige Materialien. Die Bewertung stellt daher in erster Linie einen Vergleich der Szenarien mit der Ausgangslage und damit eine Informationsgrundlage und eine Entscheidungshilfe für zukünftige Planungen im Sinne nachhaltiger Entwicklung dar.

5.4 Auswertung

Für die Auswertung wurden dort, wo es möglich war, die quantitativen Angaben vorgezogen. Die Auswertung der Fragebogen erfolgte nach einem Punktsystem mit der Skala -2 bis +2. Die Bewertung -2 stellt dabei eine deutliche Verschlechterung, +2 eine deutliche Verbesserung dar. Dadurch konnten qualitative und quantitative Aussagen gemeinsam in einem System bewertet werden. Zur Objektivierung der Bewertung wurde sie im interdisziplinären Team vorgenommen. Die Ergebnisse stellen also keine absolute Bewertung sondern eine **Relation zwischen den möglichen Szenarien**, in Bezug auf ihren Beitrag zu nachhaltiger Entwicklung dar.

Anschließend wurden die Werte zuerst auf Kriterienebene, dann auf Kategorieebenen aggregiert und grafisch dargestellt.

5.5 Standort A

Die beiden für den Standort A gewählten Szenarien unterscheiden sich vom Ausgangszustand grundsätzlich durch die Implementierung eines zentralen Pufferspeichers zur Entkoppelung von Erzeugung und Verbrauch (Szenario 1) bzw. durch die Implementierung zweier zentraler Pufferspeicher sowie einer zentralen Solarthermieanlage zur Abdeckung des Sommerbedarfs (Szenario 2). Die genauen Angaben zu den Anlagenteilen finden sich in Tabelle 15 bis Tabelle 18.

Für die Gegenüberstellung der CO₂ Werte wurde eine vergleichbare Anlage (Prozess) aus GEMIS verwendet.

Gegenübergestellt wurden die Klimabilanzen der Anlagenherstellung

- **Materialeinsatz:** Materialanteile in den einzelnen Anlagenteilen
- **Energieeinsatz:** keine Angaben vorhanden, soweit möglich aus GEMIS entnommen
- **Transporte:** von bekannten oder recherchierten Herstellungsorten, Annahmen zu Transportmitteln wurden aufgrund der zu transportierenden Massen getroffen

den Klimabilanzen der

- **Brennstoffeinsparungen:** Transporte, forstwirtschaftliche Maschinen, Holztransporte und Hacken und damit verbundenen
- **Ascheinsparungen:** zugehörige Transporte
-

5.5.1 Klimabilanz Standort A – Szenario 1 „Zentraler Pufferspeicher“

Für die Erstellung der Klimabilanz wurden in einem ersten Schritt die Materialien und deren Anteile an der Gesamtmasse recherchiert/berechnet. Die nachfolgende Tabelle zeigt die Basisdaten für die Eingabe in GEMIS. Die Tabelle zeigt die Produkte, deren Materialanteile, Transportkilometer und Tonnenkilometer sowie die gewählten Transportmittel. Systemgrenze war die Rohstoffgewinnung auf der einen Seite der Wertschöpfungskette, der Betrieb auf der anderen Seite. Gebäude und Montage- sowie Abbauaufwendungen wurden nicht berücksichtigt. Die Lebensdauer der Anlage wurde mit 20 Jahren angenommen.

Tabelle 15: Klimabilanzeingangsdaten –Standort A Szenario 1 – Materialeinsatz und Transporte

Einzelteile	Material	Anzahl	Masse kg	Transport km	Ort A Ort B	Quelle
Pufferspeicher (DeHaust - Oberirdisch 14m³ (Art.Nr.111026))						
Tank	verzinkter Stahl	1	2.300,00	325	Heidenau (DE) Standort A (AT)	(dehoust 2018)
Dämmung	Mineralwolle (200mm)	1	436,05			
Außenblech	Aluminium	1	252,77			
SUMMEN			2.988,82	971 tkm/LKW 3,5-7 t/DE		
Pumpe (Wilo Yonos - MAXO D)						
Gehäuse	Gusseisen	1	10,00	867	Dortmund (DE) Standort A (AT)	(WILO 2018)
Impeller Pumpenrad	PPS	1	1,00			
Welle	Rostfreier Stahl	1	7,00			
Kugellager	Metallimprägniertes Carbon	1	0,10			
SUMMEN			18,10	16 tkm/LKW 3,5-7 t/DE		
Rohrleitung (Isoplus)						
Mediumrohr DIN40	Verzinkter Stahl	1	210,00	571	Sondershausen (DE) Standort A (AT)	(Isoplus 2018)
Dämmung	PUR (Polyurethan-Hartschaum)	1	14,74			
Mantelrohr	PEHD	1	53,23			
SUMMEN			277,97	159 tkm/LKW 3,5-7 t/DE		
Betonplatte / Streifenfundament						
Betonplatte 36m²	Beton	1	21.600,00	23	Rapottenstein (AT) Standort A (AT)	(Jungwirth 2018)
Streifenfundament	Beton	1	2.448,58			Simulation
SUMMEN			Masse gesamt 27.333,47	24.048,58	553 tkm/LKW 25 - 40t/EU	

Im nächsten Schritt erfolgte die Berechnung der diesen Belastungen entgegenstehenden Einsparungen bei Aschetransporten und Brennstoffeinsatz – und den zugehörigen Transporten. Die folgende Tabelle zeigt die Datengrundlage dazu.

Tabelle 16: Klimabilanzeingangsdaten – Szenario 1 Standort A Einsparungen

Asche	Menge	Wegstrecke km	tkm	Transportmittel Annahme: 50% Traktor 50 % LKW/Müll/NÖ	
	-14.000t/20a	15	105.000	Traktor	
		15	105.000	LKW/Müll/NÖ	
	Menge t20a 60 % Hackschnitzel/ 40 % Sägenebenprodukte	Faktor*	kWh/20a	Wegstrecke km	Quelle
HS 20% Wassergehalt 840	4,03	3.385.200	720	GEMIS 4.95	
SNP getrocknet 560	5,20	107.692	30	GEMIS 4.95	

*Umrechnungsfaktoren (Biomasseverband 2018)

Die Ergebnisse der Berechnungen zeigen, dass gegenüber dem Ausgangsszenario, innerhalb von 20 Jahren eine Verringerung der CO₂-Äquivalente um ca. 76.000 kg möglich ist. Bezieht man diesen Wert auf die erzeugte Wärme ergibt dies eine **Verringerung** der spezifischen Emissionen um **2,46 g/kWh** oder **17 %** gegenüber Emissionen vergleichbarer Anlagen (GEMIS 4.95). Neben den in Tabelle 16 genannten Werten kommen hier auch die eingesparten, vorgelagerten Prozesse der Forstwirtschaft und der Trocknung der Sägenebenprodukte zum Tragen.

5.5.2 Klimabilanz Standort A – Szenario 2 „Zentrale Solarthermie“

Im zweiten Szenario wurde die bestehende Anlage um eine zentrale Solarthermieanlage und 2 zentrale Pufferspeicher ergänzt. Die Vorgangsweise erfolgte analog zu Szenario 1. Die folgenden 2 Tabellen zeigen die Eingangsdaten zu den Berechnungen mit GEMIS. Die Prozesse wurden zu einem großen Teil auf Basis der Herstellerangaben oder Simulationsergebnisse neu erstellt.

Tabelle 17: Klimabilanzeingangsdaten – Standort A Szenario 2 – Materialeinsatz und Transporte

Einzelteile	Material	Anzahl	Masse kg	Transport km	Ort A Ort B	Quelle
Pufferspeicher (DeHaust - Oberirdisch 96m)						
Tank	verzinkter Stahl	1	13.600	325	Heidenau (DE) Standort A (AT)	(dehoust 2018)
Dämmung	Mineralwolle (200mm)	1	2.000			
Außenblech	Aluminium	1	700			
SUMMEN			16.300	10.595 tkm/LKW 24-14 t/DE		
Pumpe (Wilo Yonos - MAXO D)						
Gehäuse	Gusseisen	1	10,00	867	Dortmund (DE) Standort A (AT)	(Wilo s.a.)
Impeller Pumpenrad	PPS	1	1,00			
Welle	Rostfreier Stahl	1	7,00			
Kugellager	Metallimpregniertes Carbon	1	0,10			
SUMME			18,10	16 tkm/LKW 3,5-7 t/DE		
Rohrleitung (Isoplus)						
Mediumrohr DIN50	Verzinkter Stahl	1	1.000,00	571	Sondershausen (DE) Standort A (AT)	(Isoplus 2018a)
Dämmung	PUR (Polyurethan- Hartschaum)	1	44,92			
Mantelrohr	PEHD	1	162,24			
SUMMEN			1.207,15	689 tkm/LKW 3,5-7 t/DE		
Betonbeschwerung Solarthermie						
	Modulgewicht			23	Rapottenstein (AT) Standort A (AT)	Annahme
SUMMEN			18.952,01	436 tkm/LKW 26 t/EU		
Solarkollektor GK3133-S (3x5 m Fläche)						

Einzelteile	Material	Anzahl	Masse kg	Transport km	Ort A Ort B	Quelle
Gehäuse, Oberfläche, Absorber, Rückwand	Aluminium	80	81,60	315	St. Veit (AT) Standort A (AT)	(Greenotech 2018), Simulation
Dämmung	Mineralwolle	80	5,00			
Abdeckung	gehärtetes Glas 3,2 mm	80	120,00			
Kleinteile	Stahl	80	10,00			
Verrohrung	Kupfer	80	20,30			
Absorberbeschichtung	Schwarzchrom	80	0,00			
SUMMEN			236,90	5.970 tkm/LKW 26t/EU		
Solarkreiselpumpe (PICO STG Wilo Yonos)						
Gehäuse	Gusseisen	7	1,20	867	Dortmund (DE) Standort A (AT)	(Wilo s.a.)
Impeller	PPS	7	0,10			
Welle	Rostfreier Stahl	7	1,00			
Kugellager	carbonimprägniertes Metall	7	0,01			
SUMMEN			2,31	14 tkm/LKW 3,5-7 t/DE		
Prozessflüssigkeit Solarkreislauf (3 m³)						
Arbeitsmedium	Propylenglykol 80%	1	2.700,00	79	keine Hersteller in Österreich - Herstellung in Europa	(Bramac 2018)
Arbeitsmedium	Wasser 20%	1	757,80			
SUMMEN			3.457,80	270 tkm/LKW 7 t/EU		
Rohrisolation Armacell AF-2-042 – vernachlässigt						
Rohrisolierung	Synthetischer Elastomerschaum	1	0,05	899	Münster (DE) Standort A (AT)	(ARMACELL 2018)
L-Profil 35x35x4 – 1400 m						

Einzelteile	Material	Anzahl	Masse kg	Transport km	Ort A Ort B	Quelle
Profil	Stahl	1	7.742,00	81	Linz (AT) Standort A (AT)	(Stahlhandel 2018)
SUMMEN			7.742,00	627 tkm/LKW 3,5-7t/DE		
Verrohrung(d42mm*1500m)						
Rohr	Kupfer	1	1.937,92	83	Amstetten (AT) Standort A (AT)	Buntmetall 2018
SUMMEN			1.937,92	160,85 tkm/LKW 3,5-7t/DE		
Profilschiene (Aufständigung – Schätzung - 1700m - Großhändler keine Produktion)						
Profilschiene	Aluminium	1	2.118,03	1.000	Italien-ohne Angabe Standort A (AT)	(Profiness 2018)
SUMMEN			2.118,03	2.118,03 tkm/LKW 3,5-7t/DE		
Massenausdehnungsgefäß (Reflex G 2000, 16bar)						
Gefäß	verzinkter Stahl	1	731,00	851	Ahlen (DE) Standort A (AT)	(Reflex 2018)
Membran	Botylmembran	1	16,75			
Füllgas	Stickstoff	1	8,75			
SUMMEN			756,50	644 tkm/LKW 3-7,5 t/DE		
Plattenwärmetauscher (Solarbayer - PWT 25 (AP100))						
Wärmetauscher Stahl	Edelstahl (verkupfert)/Annahme 5:1)	22	10,17	396	Pollenfeld (DE) Standort A (AT)	(Solarbayer 2018)
Wärmetauscher Kupfer	Kupfer Anteil (1/5)	22	2,54			
Dämmung	EPP	22	1,00			
SUMMEN			Masse gesamt 88.059,32	13,71	119 tkm/LKW 3,5-7tDE	

Die folgende Tabelle zeigt analog zu Szenario 1 die Einsparungen im Rahmen des Betriebs der erweiterten Anlage.

Tabelle 18: Klimabilanzeingangsdaten – Szenario 2 Standort A Einsparungen

Asche	Menge	Wegstrecke km	tkm	Transportmittel Annahme: 50% Traktor 50 % LKW/Müll/NÖ	
	-22.000t/20a	15	165.000	Traktor	
		15	165.000	LKW/Müll/NÖ	
	Menge t20a 60 % Hackschnitzel/ 40 % Sägenebenprodukte	Faktor*	kWh/20a	Wegstrecke km	Quelle
HS 20% Wassergehalt 1.320	4,03	5.319.600	720	GEMIS 4.95	
SNP getrocknet 880	5,20	4.576.000	30	GEMIS 4.95	

Die Ergebnisse zeigen, dass in diesem Szenario die CO₂-äqu. um ca. 38.900 kg/20a **erhöht** sind, das sind **+1,26 g/kWh oder +8 %**. Diese Erhöhung ist hauptsächlich auf den Materialaufwand für die solarthermische Anlage zurückzuführen, der aufgrund der unveränderten Höhe der Wärme-Produktion durch die möglichen Brennstoffeinsparungen nicht kompensiert werden kann.

5.5.3 Nachhaltigkeitsperformance Standort A

Im Folgenden sind die Ergebnisse der Befragung, geordnet nach Kategorien, tabellarisch zusammengefasst. Bewertet wird, wie bereits angemerkt das Δ zur Ausgangslage. Die Spalten enthalten die Kriterien, Indikatoren und die zugehörigen Antworten aus den Fragebögen. In den Spalten mit den Bezeichnungen „B“ findet sich die Bewertung. Falls die gegebenen Werte im Rahmen der Klimabilanz verwendet wurden, sind sie mit L bezeichnet. Anschließend sind die Ergebnisse grafisch dargestellt und erläutert. Die grafische Darstellung basiert auf der Mittelwertbildung über die Bewertung der Indikatoren pro Kriterium. Das Ausgangsszenario bildet dabei die 0-Linie (**schwarz**), Szenario 1 ist **blau**, Szenario 2 **orange** dargestellt. Eingangsdaten, Vorgangswise und Ergebnisse der Klimabilanz finden sich in Kap 5.1 und 5.5.2. Den Abschluss bildet die Zusammenfassung der Ergebnisse auf Kategorieebene. Diese Darstellung basiert auf der Mittelwertbildung über die Bewertung der Indikatoren pro Kategorie.

Tabelle 19: Befragungsergebnisse A Gesundheits- und Umweltrelevante Impacts (Standort A)

Kriterien	Indikator/ Parameter	Szenario 1		Szenario 2	
		Antwort	B	Antwort	B
Gesamtenergieverbrauch und Anteil nicht erneuerbarer Energieträger an der Energiezufuhr	Wärmeverluste der Anlage	-285.042 kWh/a	1	-445.000 kWh/a Biomassekessel; + 6.000 kW/a Solarspeicher	2
	Netzbezug	,+0 kWh/a	0	'+0 kWh/a	0
	Transporte Brennstoff regional	720 km, Traktor + Kipper (unterschiedlicher m ³), LKW	L	720 km, Traktor + Kipper (unterschiedlicher m ³), LKW	L
	Transporte Abfall	Schätzung lokal, 15 km, Traktor, Asche ca. 12 mal	L	Schätzung lokal, 15 km, Traktor, Asche ca. 12 mal	L
	Strecke Servicefahrt	keine	L	keine	L
	Lebensdauer der Anlage	Pufferspeicher und Speicherladepumpe 20 Jahre	L	Solarkollektor und Solarspeicher 20 Jahre	L
		Integration Pufferspeicher: erhöhte Volllaststunden Kessel - Minderung des Glutbettbetriebs, erhöhte jährliche Start/Stopp Vorgänge Kessel, vermutl. Verringerung Lebensdauer	-1	Biomassekessel fast den ganzen Sommer außer Betrieb, daher Lebensdauer verlängert	1
Betriebsstoffe/ Prozesschemikalien	Menge Prozess)Chemikalien/Produkt	zusätzlichen Chemikalien nicht erforderlich	0	zusätzlichen Chemikalien nicht erforderlich	0
	Menge Betriebsstoffe/Produkt [mg/kWh]	zusätzliche Betriebsstoffe nicht erforderlich	0	Propylenglykol 3 m ³ einmalig, im Kreislauf innerhalb des Fernwärmenetzes Korrosionsschutzadditive (keine Menge bekannt), Substitution im Augenblick nur durch toxische oder korrosive, bzw. technisch ungünstige Stoffe	-0,5
Wasser IN	Menge Wasser/Produkt	Pufferspeicher 14.000l aber nur 1 malig, Trinkwasser Kreislaufführung	-0,5	Trinkwasser als Prozesswasser, ca 200 m ³ einmalig, Kreislaufführung	-1
Brennstoff	Anteil kaskadische Nutzung	40 % Sägenebenprodukte	0	keine Angabe, Annahme - bleibt gleich	0,5
	Brennstoff einsparung	-70 t/a	1	ca. -110 t/a	2
	Speicherbarkeit	ja	0	ja	0

Kriterien	Indikator/ Parameter	Szenario 1		Szenario 2	
		Antwort	B	Antwort	B
	Energieträger				
	Speicherbarkeit Energieprodukt	ja	0,5	ja	1
	Energieträger import	nein	0	nein	0
	Energieträgerimp ort aus Region	ja, Bezirksgröße	L	ja, Bezirksgröße	L
Energieout put der Anlage	Kraft Wärme Kopplung	nein	0	nein	0
	Wärmerzeugung	0	0	0	0
	Stromerzeugung	0	0	0	0
Emissionen	Emissionen	TOPP-Äquivalent -1,4, SO2-äq. -1,2, SO2 -0,53, Nox 0,96, , HCl -0,044, HF 0, Staub -0,012, CO -1,18, NMVOC -0,014, H2S 0, NH3 0,004,	1	TOPP-Äquivalent -2,3, SO2-äq. -0,92, SO2 -0,08, NOx --1,62, HCl -0,06, HF + 0,005, Staub -0,08, CO 0,79, NMVOC 0,19, H2S+ 0,19 , NH3 -0,01	1
	Lärm/Substrat schall	nein, Pumpe nicht relevant	0	nein, Pumpe nicht relevant	0
	Klimapotenzial [gCO2-äqu/kWh]	-2,46	+1	+1,26	-1
	Geruch störend	nein	0	nein	0
	Reflexion störend	nein	0	ja, Solarkollektoren und Speicher	-1
	Lichtemissionen	nein	0	nein	0
	Vibrationen	nein	0	nein	0
Abfälle/Behandlung	Menge Asche [kg/a]	- 700 kg Deponie/Ausbringung, Deponie ist Müllabfuhr der Gemeinde, könnte durch optimierte Verbrennung vermieden werden	1	-1.100 kg - auf Deponie/ Ausbringung, Deponie ist Müllabfuhr der Gemeinde, könnte durch optimierte Verbrennung vermieden	2
	Menge anderer Abfallstoffe	keine	0	keine	0
	Menge Sondermüll (div. Schrott)	1 kg zusätzlicher Elektroschrott	-1	1 kg zusätzlicher Elektroschrott	-1
	Menge Abwasser	kein Abwasser	0	kein Abwasser	0

Kriterien	Indikator/ Parameter	Szenario 1		Szenario 2	
		Antwort	B	Antwort	B
Fehlertoleranz der Anlage (technische Belange)	Unfallwahrscheinlichkeit	keine	0	gering	-0,5
	Ungeplante Standzeiten	-400 h/a	1	keine Veränderung	0
	Möglicher Schaden	pH-Wert des Heizwassers, Leckagen, Druckveränderungen	0	Überhitzung, Leckage	0
	Vorsorgemaßnahmen [ja/nein]	Ausdehnungsgefäße, gute Planung,		ja	
	Angaben zur Fehlertoleranz	ja	1	nein	-1
	Mögliche Schadenswirkung	klein, Druckschwankungen	-0,5	klein	-0,5
	Mögliche Schadensdimension	klein	-0,5	klein	-0,5
Auswirkung der Bewirtschaftungsform	Verhältnis extensiv/intensiv [Kahlschlag/Plan tagenholz/ Schutz gebiete/Vornutzung /Schadholzaufarbeitung/ zertifizierte Flächen/ Sägewerkrückstände]	keine Ernte, nur Restholzaufbreitung (60 %), Sägewerkrückstände [40 %] Monokulturen? Gesamtpflanzennutzung	0	keine Ernte, nur Restholzaufbreitung (60 %), Sägewerkrückstände [40 %] Monokulturen? Gesamtpflanzennutzung	0
	Emissionen: CO ₂ , NO _x , N ₂ O, NMVOC, Chemikalien	in Gesamtemissionen enthalten	L	In Gesamtemissionen enthalten	L
	Maschineneinsatz [h/fm]	verringert in Forstwirtschaft	L	verringert in Forstwirtschaft	LCA
	Maschineneinsatz - Emissionen [kg/kWh]	verringert Forstwirtschaft	L	verringert Forstwirtschaft	L
Änderung Flächenanteil	Anteil Flächenbewirtschaftung (Intensivierung)	0	0	0	0
Herstellung der Anlagenteile	Energieeinsatz entlang der Wertschöpfungskette	zusätzlich Anlagenteile	L	zusätzlich Anlagenteile	LCA
	Konfliktmaterialien	nein	0	keine Lötungen angenommen (Zinn)	0

Kriterien	Indikator/ Parameter	Szenario 1		Szenario 2	
		Antwort	B	Antwort	B
Kriterien	Einsatz kritischer Rohstoffe	nein	0	nein	
	Rohstoffeinsatz	437.299,18 kg	-1	7.939.527,26 kg	-2
	Chemikalien einsatz	zusätzlich	-1	zusätzlich	-1
	Recyclinganteil [nicht bekannt	0	unbekannt	0
	Geruch störend	möglich	-0,5	möglich	-0,5
	Lärm störend	möglich	-0,5	möglich	-0,5
	Ersatzteilverfügbarkeit	gut, keine bewegten Teile am Pufferspeicher, Pumpen können getauscht bzw. ersetzt werden	1	keine bewegten Teile im Solarspeicher, Pumpen und Solarkollektoren können getauscht bzw ersetzt werden	1
Flächeninanspruchnung	Flächeninanspruchnahme Biomasse	Verringerung durch Einsparung	-0,5	Verringerung durch Einsparung	-1
	Fläche Solarthermie	0	0	3.500 m ² , davon 3.500 m ² versiegelt	-2
	Fläche Pufferspeicher	36 m ²	-1	70 m ²	-2
	Bodenveränderung/verdichtung/bewegung durch Grabungen für zusätzliche Verrohrungen	5 m ²	-1	50 m ²	-2

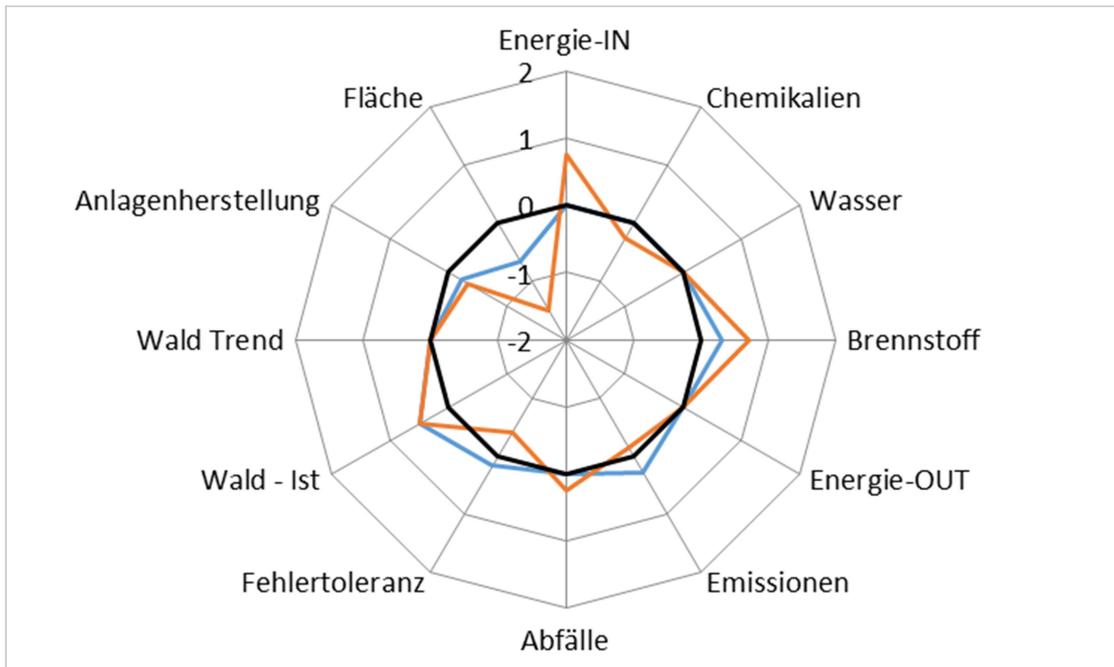


Abbildung 9: Ergebnisse A Umwelt und Gesundheit (Standort A)

Im Gegensatz zu den folgenden Kategorien, zeigt die Bewertung des Bereichs „Umwelt und Gesundheit“ ein differenziertes Bild. Szenario 1 zeigt Verbesserungen durch die Verringerung der genutzten Waldfläche, die verbesserte Sicherheit der Anlage, Brennstoffeinsparungen und damit verbundenen Ascheverminderungen. Die Ökobilanzierung zeigt, dass die Klimabilanz geringfügig verbessert werden kann und fast alle berechneten Luftschadstoffe in 20 Jahren Laufzeit durch die Einsparungen verringert, und die durch die Herstellung der Anlagenteile entstandenen kompensiert werden können. Dies gilt auch für Szenario 2 mit Ausnahme der Klimabilanz, die sich verschlechtert. Dazu sind die Reflexionen der solarthermischen Anlage, die störend wirken können, hier ebenfalls zu berücksichtigen. Verschlechterungen in Szenario 1 gibt es durch versiegelte Fläche für den Pufferspeicher, Belastungen durch die Herstellung der Anlagenteile, bzw. deren Halbzeuge entlang der Wertschöpfungskette. Verbesserungen in Szenario 2 betreffen neben den Brennstoffeinsparungen im Bereich Energie-Input vor allem die verringerten Wärmeverluste und die Verlängerung der Lebensdauer des Kessels. Der Einsatz von Wärmeträgerflüssigkeit zeigt sich in einer Verschlechterung im Bereich Chemikalien. Flächenverbrauch und Versiegelung für Pufferspeicher und Solarthermie, bzw. deren Beschwerung führen zu einer Verschlechterung im Bereich Flächen.

Tabelle 20: Befragungsergebnisse B Sicherung und Qualität der Arbeit (Standort A)

Kriterien	Indikator/ Parameter	Szenario 1		Szenario 2	
		Antwort	B	Antwort	B
Sicherheit am Arbeitsplatz	Gefährdung v. Personen	sehr wenig	0	sehr wenig	0
	Vorsorgemaßnahmen geplant	ja		ja	
	Unfallwahrscheinlichkeit	klein		gering	
	Angaben über Fehlertoleranz	nein	-1	nein	-1
	Existenz von Umwelt- oder Energiemanagementsystemen	nein	0	nein	0
Arbeitsplatzqualität	Ausmaß der Belastungen am Arbeitsplatz	niedrig	0	niedrig	0
	Arbeitsplatzqualität entlang der Wertschöpfungskette	mittel	-0,5	mittel	-0,5
Sicherung /Schaffung Arbeitsplätze	Anzahl der Arbeitsplätze	0-10 VZÄ	1	0-10 VZÄ	1
	Einbindung regionaler Gewerbebetriebe	ja	1	ja?	1
	indirekte Beschäftigung	0-10	1	0-10	1
Gleichbehandlung	Berücksichtigung von Gleichbehandlungsaspekten	nein	-0,5	nein	-0,5

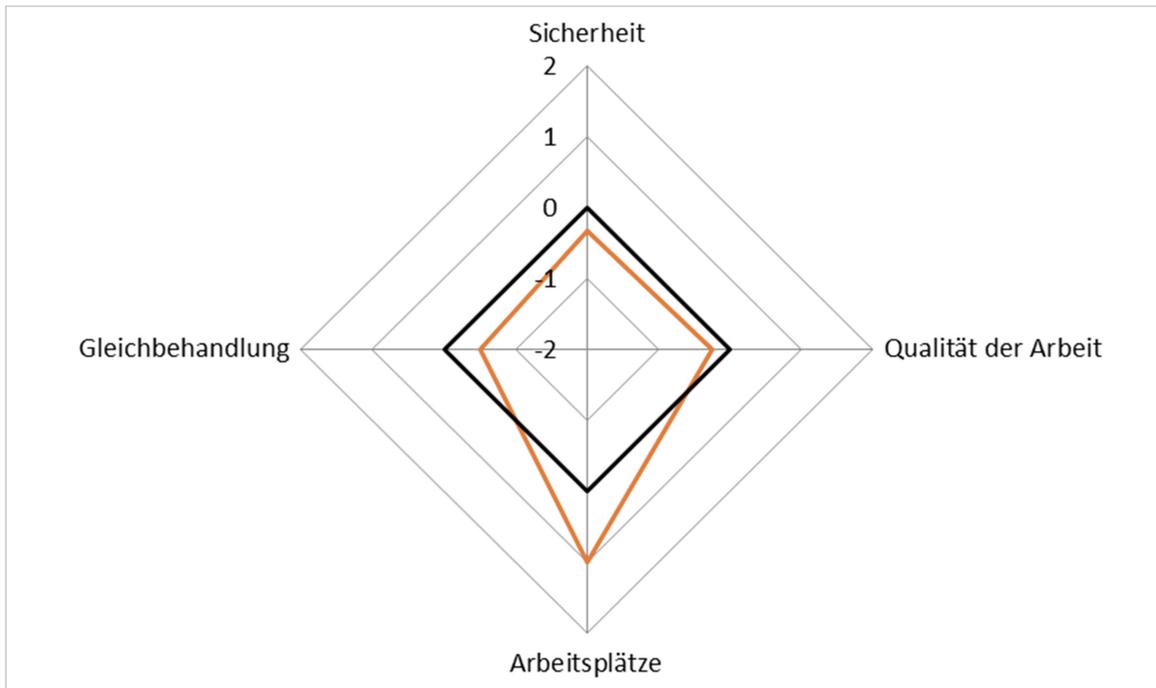


Abbildung 10: Ergebnisse B Sicherung und Qualität der Arbeit (Standort A)

Die Ergebnisse zeigen keine Unterschiede zwischen den beiden Szenarien. Beide weisen eine leichte Verbesserung im Bereich der Arbeitsplätze auf. Dies erklärt sich durch die Einbindung regionaler Gewerbebetriebe in Aufbau und Wartung sowie mögliche zusätzliche Beschäftigung (Modellrechnung). Entlang der Wertschöpfungskette kommen jedoch auch für die neuen Anlagenteile mangelnde Gleichbehandlung und Belastungen an den Arbeitsplätzen zum Tragen. Im Bereich der Sicherheit gibt es keine Veränderung, jedoch fehlen Angaben zur Fehlertoleranz der veränderten Anlage.

Tabelle 21: Befragungsergebnisse C Wissen (Standort A)

Kriterien	Indikator/ Parameter	Szenario 1		Szenario 2	
		Antwort	B	Antwort	B
Bestehendes Wissen	Dokumentation [ja/nein bzw. umfassend/minimal]	ja	1	ja	1
	Nutzung der Dokumentationsergebnisse [ja/nein bzw. viel/wenig]	ja	1	ja	1
	Weitergabe [ja/nein]	ja	1	ja	1
Qualifikationen	Zusatzqualifikation entlang der Wertschöpfungskette notwendig?	nein	0	nein	0
	Qualifikationsmodelle vorhanden	nein	0	nein	0
Forschung	zusätzliche, zukünftige Forschungstätigkeit	ja	1	ja	1
Vernetzung neues Wissen	Monitoring Konzepte	ja	1	ja	1
	Dokumentation	ja	1	ja	1
	Nutzung der Dokumentationsergebnisse	ja	1	ja	1
	Vernetzung der Ergebnisse	ja	1	ja	1

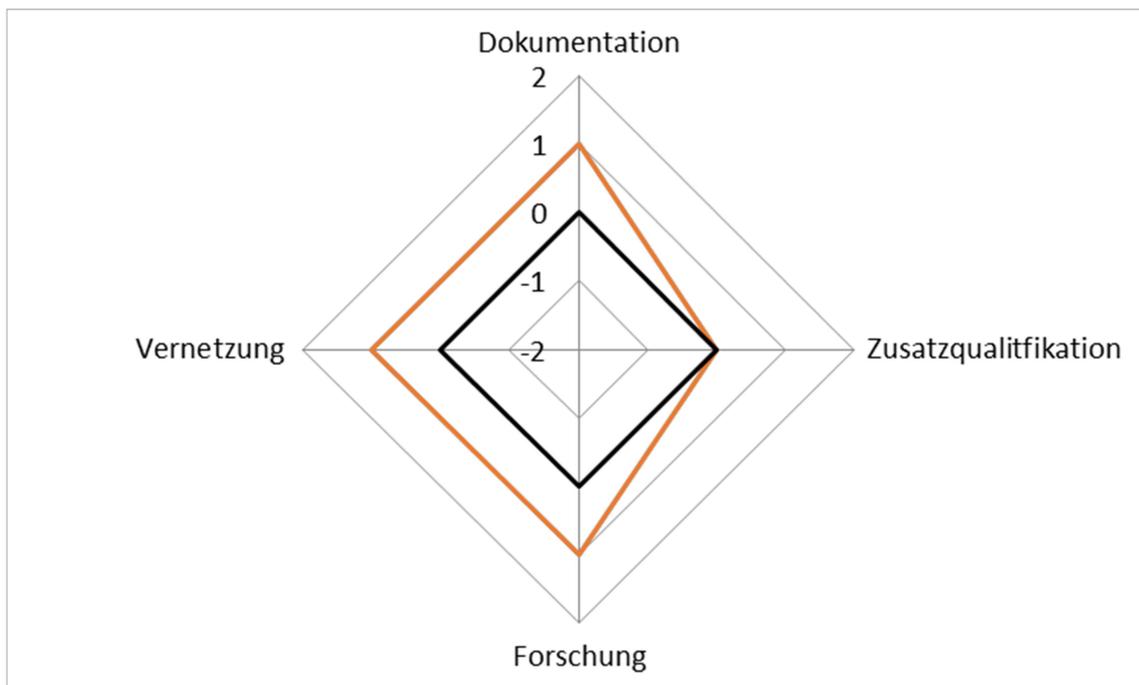


Abbildung 11: Ergebnisse C Wissen (Standort A)

Auch hier weisen die beiden Szenarien keine Unterschiede auf. Die Verbesserungen ergeben sich einerseits aus der Forschungstätigkeit im Rahmen des Projektes, andererseits aus der konsequenten Vernetzung des bestehenden und neu erworbenen Wissens im Rahmen von Publikationen und Workshops.

Tabelle 22: Befragungsergebnisse D Regionalentwicklung (Standort A)

Kriterien	Indikator/ Parameter	Szenario 1		Szenario 2	
		Antwort	B	Antwort	B
Infrastruktur	Investitionen in Verkehrsinfrastruktur	keine neue Infrastruktur geschaffen	0	keine neue Infrastruktur geschaffen	0
	Investitionen in Bildungs-/Ausbildungsinfrastruktur		0		0
	Investitionen in institutionelle Infrastruktur (z. B. Schaffung eines regionalen Marktes für Holz und Holzprodukte als Energieträger usw.)		0		0
Wertschöpfung in der Region	Wertschöpfung in der Region durch das Kraftwerk	steigt	s.u.	steigt	s.u.
	Steueraufkommen in der Standortgemeinde	0	0	1x Grunderwerbs- und Grundsteuer	0,5
Versorgungssicherheit	Versorgungssicherheit Hauptenergieträger	sehr gut	0	sehr gut	0
	Versorgungssicherheit Endkunde	sehr gut	0	sehr gut	0
Vernetzung Regionen	Verstärkung der Vernetzung mit anderen Regionen	nein	0	nein	0
Kulturlandschaft	Veränderung der erforderlichen Waldfläche in der Region zur Deckung des Brennstoffbedarf	geringer	0,5	geringer	1
	Pufferspeicher positioniert auf Kulturlandschaftsfläche	nein	0	Grünland	-1
	Pufferspeicher sichtbar positioniert in verbautem Gebiet	nein	0	3m , 35 m ³	-0,5
Existenzsicherung Land und Forstwirten	Veränderung in der Verteilung der Einkommensbestandteile: landwirtschaftliches/forstwirtschaftliches Erwerbseinkommen, Transferzahlungen Flächenprämien, Transferzahlungen ÖPUL, außerlandwirtschaftliches Erwerbseinkommen	keine Änderung	0	keine Änderung	0
	Betrag zur Existenzsicherung	nein	-0,5	nein	-0,5

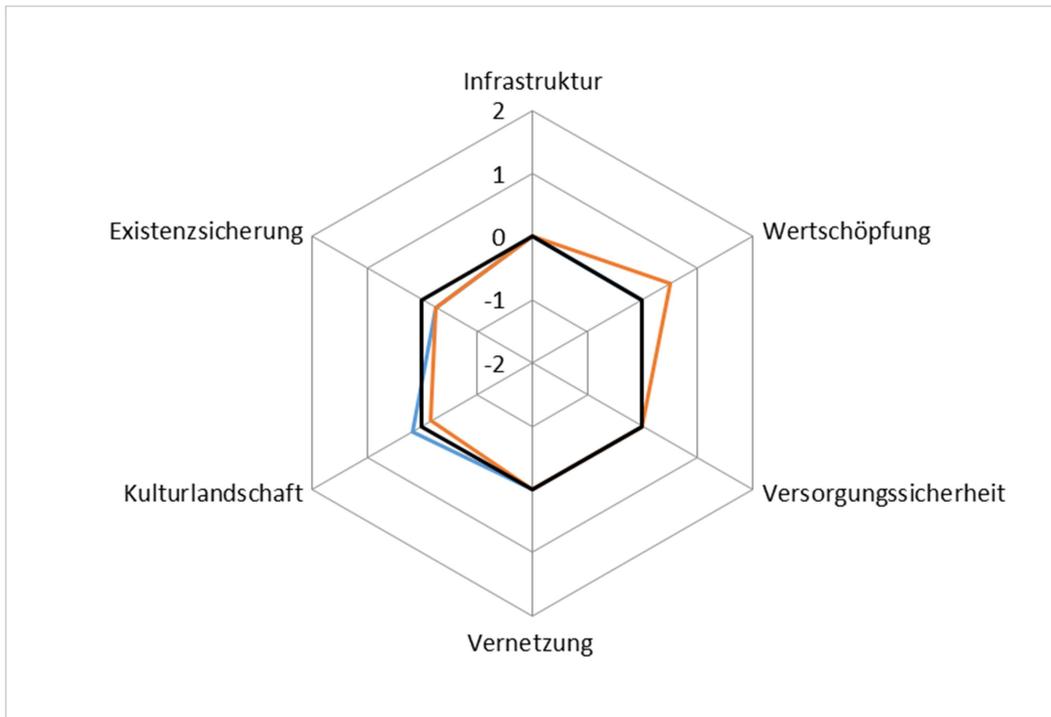


Abbildung 12: Ergebnisse D Regionalentwicklung (Standort A)

Im Bereich der Versorgungssicherheit gibt es aufgrund der guten Versorgungslage mit Holz und der Tatsache, dass zusätzliche Wärmeerzeugung nicht projiziert ist, keine Veränderung. Auch die Vernetzung mit anderen Regionen und die regionale Infrastruktur verändern sich durch die Anlagenerweiterung nicht. Die regionale Wertschöpfung wird durch das Steueraufkommen für die Flächen der Solarthermie in Szenario 2 geringfügig verbessert. Die Existenzsicherheit der regionalen Forstwirte erfährt in beiden Szenarien durch die Brennstoffeinsparungen eine geringfügige Verschlechterung. Diese Einsparung führt auch dazu, dass eine geringere Waldfläche für die Brennstoffgewinnung genutzt werden muss. Deshalb zeigt die Bewertung im Bereich Kulturlandschaft für Szenario 1 eine Verbesserung. Szenario 2 weist einerseits deutlich sichtbare Solarthermie Module im Grünland, andererseits sichtbare Pufferspeicher im verbauten Gebiet auf – dies führt zu einer Verschlechterung gegenüber dem Ausgangsszenario.

Tabelle 23: Befragungsergebnisse E Akteursinteraktionen (Strandort A)

Kriterien	Indikator/ Parameter	Szenario 1		Szenario 2	
		Antwort	B	Antwort	B
Mit sprache	Ermöglichung gleichberechtigter Mitsprache der Akteure durch entsprechende Kooperationsformen entlang der Wertschöpfungskette	nein	0	nein	0
Beteil igung	Finanzielle Beteiligungs möglichkeiten	nein	0	nein	0
Wahlfreiheit potentieller Energiekunden	Anteil der Bevölkerung einer Gemeinde/Region, der die Möglichkeit für einen Fernwärmeanschluss bzw. Strombezug vom dem Kraftwerk hat	30% unverändert gegenüber vorher, Wahlfreiheit ja	0	30% unverändert gegenüber vorher, Wahlfreiheit	0
	Bindungsfristen an die Fernwärme- bzw. Stromlieferung	10 Jahre wie vorher	0	10 Jahre wie vorher	0
Diskurse	Diskurs zu den Themen: Flächen, Arbeitsplatzqualität, Vernetzung, Kulturlandschaft, Einkommen für LW und FW, Kooperationsformen und Beteiligungsmöglichkeit	Kein Diskurs	0	Kein Diskurs	0

Wie auch aus der Bewertungstabelle zu erkennen ist, weisen die beiden Szenarien gegenüber dem Ausgangsszenario keine Veränderung in diesem Bereich auf.

Tabelle 24: Befragungsergebnisse F Wirtschaftlichkeit (Standort A)

Kriterien	Indikator/ Parameter Quantitativ	Szenario 1		Szenario 2	
		Antwort	B	Antwort	B
Diverse Indikatoren für die Wirtschaftlichkeit der Anlage	Dynamische Investitionsrechnung (annuisierter Kapitalwert, interner Zinssatz und Amortisationsdauer) der Anlage aus Sicht des Anlagenbetreibers/Investors	Annuität der Investition (exkl. Förderung): 1147 €/a; dynamische Amortisationsdauer: Wärmenetz ist bereits ab 2008 amortisiert (14 Jahre), Implementierung von Pufferspeicher beeinflusst dies nicht	0	Annuität der Investition (exkl. Förderung): 39479 €/a dynamische Amortisationsdauer: Wärmenetz amortisiert sich innerhalb der Lebensdauer nicht (Betrachtung bis 2050)	-2
	Strom/Wärmegestehungskosten durch das Biomasse- / Solar KWK		0		0
	Wärmegestehungskosten inkl. direkter Förderung	0,0726 €/kWh	0	0,091 €/kWh	-0,5
	Wärmegestehungskosten exkl. Förderung	0,073 €/kWh		0,1044 €/kWh	
Marktanalyse für Fernwärme-Produktion	Markanalyse für Brennstoffmarkt, Fernwärmemarkt Anlagenmarkt und Strommarkt durchgeführt	nein	0	ja, vereinfacht	1
	Rohstoffpotentialanalyse	keine Veränderung	0	keine Veränderung	0
	Konkurrenznutzungen erhoben bzw. bedacht	nein	0	nein	0
Fernwärmefachfrage	Mögliche zusätzliche Anschlussleistung	0	0		0
	Entwicklung Gesamtwärmebedarf im Netz	0	0		0
Preisvolatilität	Sensitivität der Wärmegestehungskosten auf Energie-Marktpreisschwankungen	gering	0	gering	0
Leistungsbilanz effekte	Importreduktion Primärenergie	Keine Effekte	0	Keine Effekte	0
	Importreduktion Primärenergie [kWh/a]		0		0
	energetische Effekte [€/a]		0		0

Kriterien	Indikator/ Parameter Quantitativ	Szenario 1		Szenario 2	
		Antwort	B	Antwort	B
Beschäftigungseffekte	nicht energetische Effekte [€/a]		0		0
	direkte zusätzliche Beschäftigung		0		0
	indirekte zusätzliche Beschäftigung		0		0
	(direkte) Beschäftigung vor Ort		0		0
BIP	BIP-Wachstum [Euro/a]		0		

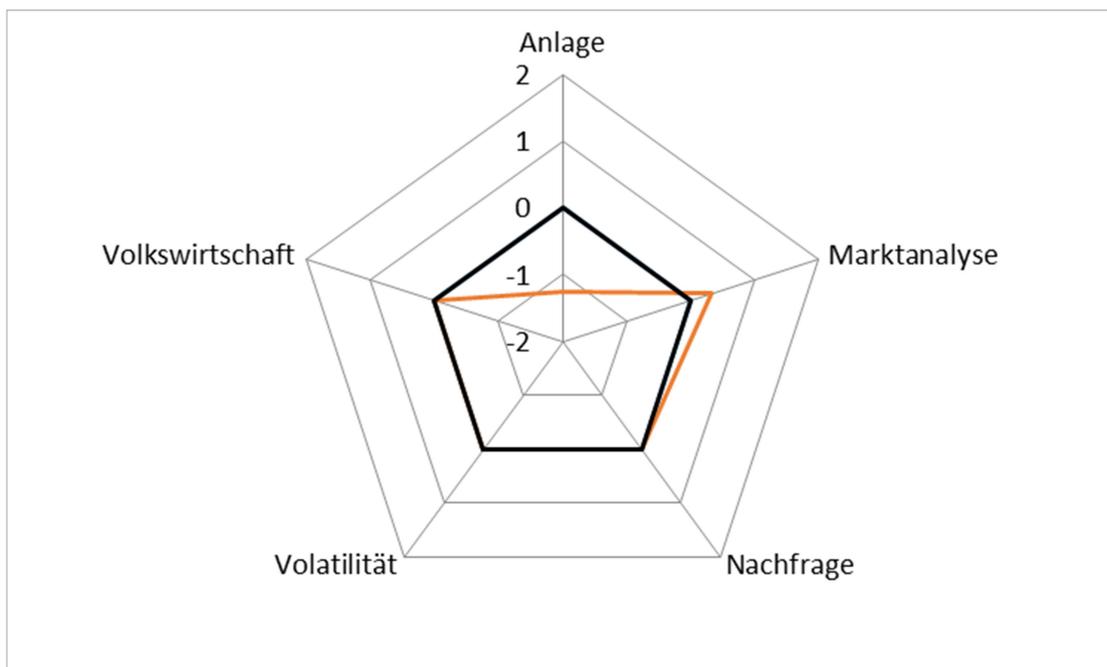


Abbildung 13: Ergebnisse F Wirtschaftlichkeit

Zu beachten ist hier einmal mehr, dass in beiden Szenarien nicht mehr Wärme produziert wird als im Ausgangsszenario. Szenario 1 weist gegenüber dem Ausgangsszenario keine darstellbaren Veränderungen auf. So ist beispielsweise die Anzahl von 1-10 Vollzeitäquivalenten regional noch von Bedeutung, jedoch ist diese Zahl volkswirtschaftlich nicht darstellbar. Für Szenario 2 wurde eine grobe Marktanalyse vorgenommen. Die Verschlechterung, die sich im Bereich der Wirtschaftlichkeit der Anlage ergibt, erklärt sich durch die Investitionskosten für die Erweiterung, die durch die Brennstoffeinsparungen nicht kompensiert werden können.

5.5.4 Zusammenführung der Ergebnisse - Standort A

Die folgende Abbildung zeigt die aggregierten Ergebnisse für die beiden Szenarien. Das Aggregieren erfolgte über Mittelwertbildung pro Kategorie. Die Ergebnisse zeigen leichte Abweichungen vom Ausgangsszenario.

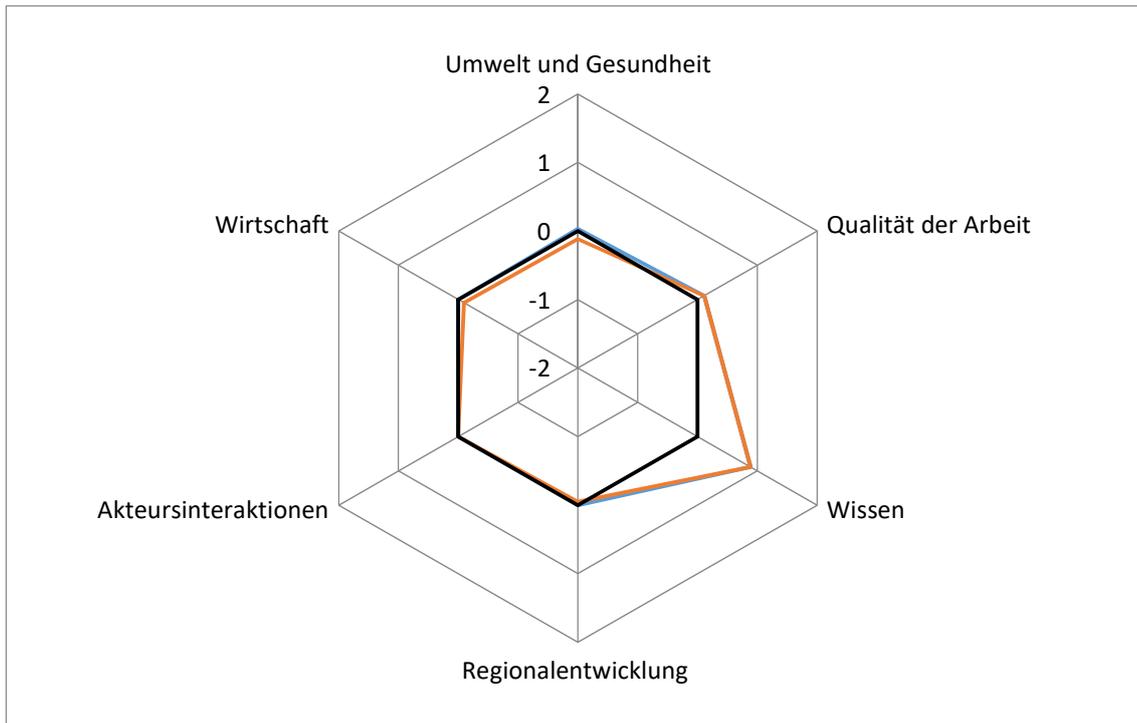


Abbildung 14: Nachhaltigkeitsperformance Standort A

Positive Aspekte zeigen beide Szenarien im Bereich „Sicherung und Qualität der Arbeit“ durch die Möglichkeit regionaler Arbeitsplätze. Im Bereich „Wissen“ werden die Forschungstätigkeit, Publikationen und Vernetzung der Ergebnisse in beiden Szenarien positiv bewertet. Im Bereich „Umwelt- und gesundheitsrelevante Impacts“ wird in Szenario 1 durch Brennstoffeinsparungen, Verringerung der genutzten Waldfläche und Verringerung der Luftschadstoffe, der Wärmeverluste sowie der Klimabilanz (-17 %) eine Verbesserung erreicht.

Die meisten dieser Faktoren gelten auch in Szenario 2, jedoch wird hier, als **negativer Aspekt**, durch den hohen Material- und Flächenverbrauch für die solarthermische Anlage der positive Effekt kompensiert und beispielsweise die Klimabilanz verschlechtert (+8 %). Dazu kommen Chemikalien für den Solarkreislauf und eventuell störende Reflexionen durch die Module. Im Bereich der Regionalentwicklung zeigt sich in Szenario 2 eine Verschlechterung durch die Veränderung der Kulturlandschaft, durch Aufstellung von Solarthermie und Pufferspeicher, die teilweise im Grünland erfolgen würde. Wirtschaftlich auf Anlagenebene hat Szenario 1 keine Auswirkung, in Szenario 2 ist durch die Investition in die solarthermische Anlage und die

gegenüber dem Ausgangsszenario gleichbleibende. Wärmebereitstellung eine Amortisation innerhalb der Anlagenlaufzeit nicht möglich. Volkswirtschaftliche Effekte sind in beiden Szenarien nicht zu erwarten.

Zielkonflikte zeigen sich zwischen Landschaftsschutz (Waldfläche, Brennstoffeinsparung) und Existenzsicherung der Forstwirte, oder Landschaftsschutz und Einsatz erneuerbarer Energie (Kulturlandschaft/Solarthermie im Grünland). Diskurse über die geplanten Veränderungen, bzw. Mitsprache bei Planungen oder Lösung der Zielkonflikte wären nicht vorgesehen, sollten jedoch im Sinne der Partizipation angedacht werden. **Insgesamt zeigt Szenario 1 kaum Veränderungen gegenüber dem Ausgangsszenario, Szenario 2 eher Verschlechterungen im Sinne von Nachhaltigkeit.**

5.6 Standort B – Szenario 4

Das Szenario für den Standort B beinhaltet die Reduktion des Brennstoffbedarfs durch die Rückgewinnung von Energie aus dem Rauchgas mit Hilfe einer Rauchgaskondensationsanlage (RGK). Das im Rauchgaskondensator kondensierende Wasser gibt die Restenergie aus dem Rauchgas an eine Wärmeträgerflüssigkeit (Prozesswasser) ab und wird durch eine Wärmepumpe auf ein höheres Wärmeniveau angehoben, um die Energie an das Wärmenetz abzugeben. Die dafür nötigen Anlagenteile sind in Tabelle 25 aufgelistet.

Tabelle 25: Anlagenteile Standort B Szenario 1

Produkt	Anzahl
Rauchgaskondensator	1
Pumpe	2
Rohrleitung	627 kg
Absperrventil DN 040	2
Wärmepumpe 100 kW	1

Für die Bewertung wurde der reduzierte Brennstoffbedarf des Sommerkessels, in welchen die Rauchgaskondensationsanlage eingebaut wird herangezogen.

5.6.1 Klimabilanz Standort B

Im vorliegenden Fallbeispiel wird ein Sommerkessel mit einer Rauchgaskondensationsanlage (RGK) aufgerüstet, welcher Am Standort B zwischen April und September den thermischen Energiebedarf abdeckt. Tabelle 26 zeigt die Grunddaten des Kessels ohne Kondensationsanlage, welcher bei Beschickung mit Waldhackgut eine Leistung von bis zu 500 kW abgibt und eine Rauchgastemperatur von knapp 100 °C erreicht. Die folgende Tabelle zeigt die Datengrundlage dazu.

Tabelle 26: 350kW-Sommerkessel Binder

Kesselnennleistung (Waldhackgut)	500	kW**
Kesselnennleistung (Miscantus)	350	kW
Minimale Kesselleistung	150	kW
Wirkungsgrad	90/60**	%
O ₂ - Gehalt	8/14**	
CO- Gehalt	160/220**	
Rauchgastemperatur	96+0,4·Q	°C
Kondensationsanteil	0	%
Brennstoffbedarf	1306,5	MWh/a

Der Kessel wird laut Angaben mit Waldhackgut befeuert, welches sich aus Fichten-, Tannen- und Buchenholz zusammensetzt. Der Feuchtegehalt bei der Verbrennung wird Mangels Angaben mit 20 % angenommen. Für die Versorgung aller VerbraucherInnen ohne RGK ist ein Brennstoffbedarf von 1.306,5 MWh/a nötig. In Tabelle 27 sind die Daten der Rauchgaskondensationsanlage angeführt. Diese zeigen, dass mit Hilfe der RGK, 35 % des Rauchgases kondensiert werden und der Brennstoffbedarf auf 1.126,1 MWh/a reduziert werden kann. Es müssen daher 180,4 MWh/a weniger Waldhackgut aus den umliegenden Forstflächen entnommen werden. Die Kondensationsanlage gibt jährlich einen Ertrag von 162,8 MWh/a ab, diese thermische Energie wird in das lokale Nahwärmenetz eingespeist. Die gesamte Anlage bestehend aus Wärmepumpe, Rauchgaskondensator, Verrohrung und Pumpen hat einen jährlichen Strombedarf von 36,3 MWh/a.

Tabelle 27: Grunddaten Rauchgaskondensationsanlage

Rauchgaskondensationsanteil	35	%
optimale Nennleistung	120	kW
Ertrag Rauchgaskondensation	162,8	MWh/a
Leistung Wärmepumpe	120	kW
Strombedarf Wärmepumpe	36,3	MWh/a
Reduzierter Brennstoffbedarf	180,4	MWh/a
Brennstoffbedarf (mit RGK)	1126,1	MWh/a

Grundlagen der Berechnungen

Rechnerisch können 180.400 kWh pro Jahr an Brennstoff (Waldhackgut) eingespart werden. Um abschätzen zu können ob das Einsparungspotential bei Miteinbeziehung der gesamten Wertschöpfungskette noch gegeben ist, wurde eine Lebenszyklusanalyse über eine Betriebsdauer von 20 Jahren durchgeführt. Dafür wurden zuerst die energetischen Aufwände sowie Emissionen für die Produktion und den Transport der einzelnen Komponenten in „openLCA“ berechnet.

Um die Variante mit Rauchgaskondensation vergleichbar zu machen, wurde als Vergleich nur der Anteil an Waldhackgut, welcher reduziert werden würde betrachtet. Beim Waldhackgut wurden der Maschineneinsatz für die Pflanzung, Aufzucht bzw. Pflege und Abholzung betrachtet. Zusätzlich wurde ebenfalls der Transportweg zum Kessel miteinbezogen. Die Systemgrenze liegt dabei bei der Herstellung des Waldhackguts. Die Emissionen, welche durch die Verbrennung des Waldhackguts entstehen wurden ebenfalls betrachtet.

Für die Rauchgaskondensationsanlage wurde die Systemgrenze bei der Herstellung (inkl. aller Vorketten) der Bauteile und deren Transport sowie der Energiebereitstellung für die Anlage gesetzt.

Prozessflüssigkeiten waren entweder bereits in bestehenden Prozessen vorhanden oder wurden gesondert betrachtet. Reparaturen, Wartungen und Montageaufwand wurde vernachlässigt.

In openLCA wurde darauf geachtet, dass wenn möglich, die den Prozessen zugrundeliegenden Daten sich auf Europa oder Österreich beziehen. Als Wirkungsabschätzungsmethode wurde CML 2001 gewählt.

Basisvariante - Waldhackgut

Um die ökologischen Auswirkungen der Rauchgaskondensationsanlage bewerten zu können ist es notwendig vorab ein Referenzszenario abzubilden. Dieses Szenario ist der durch die RGK reduzierte Bedarf an Waldhackgut, welcher 180,4 MWh/a beträgt. Der Betrachtungszeitraum für beide Szenarien beträgt 20 Jahre. Abbildung 15 zeigt den Prozessablauf für die Bewertung der Basisvariante ohne RGK. Die wesentlichen Prozesse sind die Herstellung des Waldhackguts (wood chips, hardwood, u=80%, at forest [RER]) der Transport des Waldhackguts (transport, lorry 20-28t, fleet average) und der Strombedarf für den Betrieb des Kessels (electricity, low voltage, at grid). Aus dem Prozess Hackschnitzel-Herstellung-Transport-Verbrennung resultieren die Emissionen aus Produktion, Transport und Verbrennung sowie von zusätzlichem Energiebedarf.

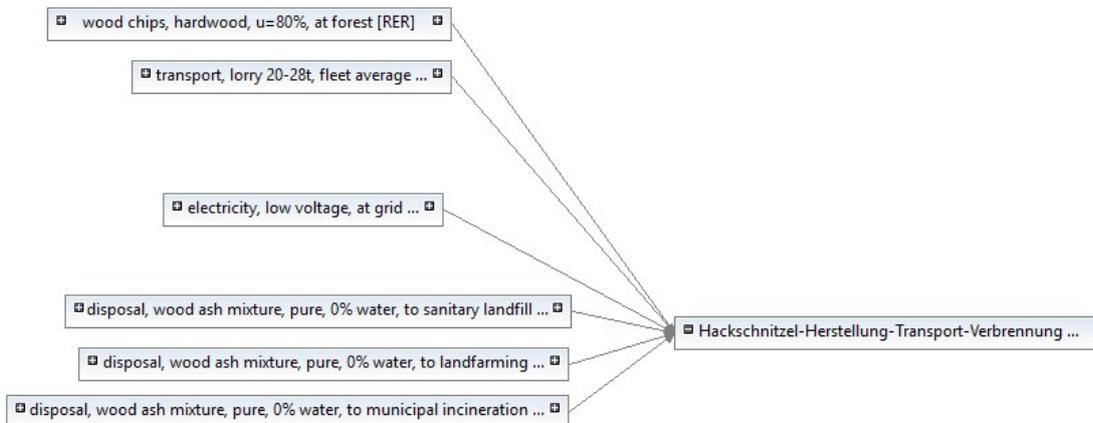


Abbildung 15: Prozessablauf openLCA Waldhackgut

Biomasseherstellung

Im Prozess „wood chips, hardwood, u=80%, at forest“ aus openLCA werden folgende Vorketten, die für die Produktion des Waldhackguts notwendig sind für die Berechnung der entstehenden Emissionen miteinbezogen:

- Zuwegung/ Forstaufbereitung – Treibstoffeinsatz (Diesel) von Baumaschinen
- Pflanzung/ Aufzucht – Maschineneinsatz
- Wachstum – aus Luft entnommenes CO₂ für Wachstum
- Die Werte beziehen sich auf Buchenholz und werden für andere Holzarten als konstant angenommen.
- Sägen, Rücken, Freischneiden – Werkzeugeinsatz (Motorsäge)
- Durchforstung - Werkzeugeinsatz (Motorsäge)
- Schlägerung - Werkzeugeinsatz (Motorsäge)
- Transport Forststraße – Fahrzeug (Diesel)
- Holzerhacker – Kraftstoffeinsatz (Diesel) für Zerhacken und Fahrt durch Wald

Der Eingabeparameter für den Prozess sind die insgesamt in 20 Jahren geernteten Schüttraummeter mit einem Feuchtegehalt von 80 %. Daher wurde vorab der Heizwert für die drei eingesetzten Holzarten mit 80 % Feuchtegehalt ermittelt. Der Feuchtegehalt gibt dabei das Verhältnis aus enthaltenem Wasser zur gesamten Trockenmasse wieder. Tabelle 28 zeigt den Heizwert und die Schüttraummeter für verschiedene Feuchtegehalte. In den Ursprungsdaten der Tabelle ist der Wassergehalt des Holzes angegeben, dieser wurde in den Holzfeuchtegehalt nach folgender Formel umgerechnet:

$$\text{Holzfeuchte} = \frac{\text{Wassergehalt} (\%)}{100 - \text{Wassergehalt} (\%)} \cdot 100 [\%]$$

Anhand der Tabelle wurden der gesuchte Heizwert und die Schüttraummeter interpoliert und für jede Holzart ermittelt. Dabei ergab sich bei gleicher Aufteilung aller Holzarten ein mittlerer Heizwert von 2,58 kWh/kg und eine Schüttraumdichte von 311,4 kg/Srm bei jeweils 80 % Holzfeuchte.

Tabelle 28: Basisdaten Fichte, Tanne, Buche (Biomasseverband s.a.)

Holzfeuchte	Fichte		Tanne		Buche	
	kWh/kg	kg/Srm	kWh/kg	kg/Srm	kWh/kg	kg/Srm
0%	5,28	172	5,28	164	5	268
25%	4,09	193	4,09	184	3,86	283
45%	3,49	217	3,49	207	3,3	317
55%	3,19	233	3,19	223	3,01	341
70%	2,9	253	2,9	242	2,73	369
100%	2,3	303	2,3	290	2,16	443

Nach Adensam et al. (2009) können 24.024 kWh Holz (absolute Trockenmasse) pro Hektar und Jahr geerntet werden. Bei einem Bedarf von 180.400 kWh/a ergibt das einen jährlichen Flächenbedarf von 8 ha. Bei gegebener Schüttraumdichte bei 80 % Holzfeuchte und dem jährlichen Energiebedarf, werden 69.922 kg/a bzw. 225 Srm/a Hackschnitzel bestehend aus Fichte, Tanne und Buche jährlich geerntet. Für den Betrachtungszeitraum von 20 Jahren ergeben sich dadurch 1.398.450 kg bzw. 4.491 Srm Hackschnitzel. Für die Berechnung der Emissionen bei der Waldhackgutherstellung wurden die im Betrachtungszeitraum abgebauten 4.491 Srm als Eingabeparameter verwendet. Dabei liegt bei diesem Prozess die Systemgrenze an der Forststraße.

Transport – Wald-Biomassekessel

Der Transport des Holzes wurde mit einer Strecke von 15 km angenommen, da es in der Nähe des Standorts B ausreichend Waldfläche gibt, welche für den Biomasseabbau zur Verfügung steht. In „openLCA“ wurde für den Transport der Prozess „transport, lorry 20-28t, fleet average“ verwendet, welcher einen LKW zwischen 20 und 28 t entspricht und einen Ausstoß von 194 g CO₂/tkm hat. Verbrennung – Biomassekessel

Der aus der Luft im Holz gebundene Kohlenstoff wird bei der Verbrennung wieder als Emission in Form von CO₂ an die Atmosphäre abgegeben. Dafür wurde der Prozess „wood chips, from forest, hardwood, burned in furnace 300kW – CH“ verwendet, welcher dem aktuellen Sommerkessel von den Spezifikationen ähnlich ist. Der Energiebedarf, welcher für die Herstellung des Sommerkessels nötig ist wurde exkludiert, weil dies über die Systemgrenzen der Betrachtungsszenarien reicht. Als Eingabeparameter werden die im Betrachtungszeitraum verbrannten 3.608 MWh Waldhackgut herangezogen. Emissionen an die Luft, welche durch die Verbrennung entstehen sind in diesem Prozess ebenfalls inkludiert sowie der Energiebedarf und die Emissionen bei der Entsorgung der Asche.

Variante – Rauchgaskondensation (RGK)

Um den Bedarf an Hackschnitzel zu reduzieren, soll beim Sommerkessel eine Rauchgaskondensationsanlage RGK eingesetzt werden. In der Lebenszyklusanalyse der RGK wurden der gesamte Betriebszeitraum, welcher mit 20 Jahre angenommen wird, sowie der energetische Bedarf und die Vorketten Produktion und Transport miteinbezogen. Abbildung 16 zeigt die Aufteilung der Prozesse. Die Basis bilden die Prozesse für die Herstellung und den Transport der einzelnen Komponenten. Im finalen Prozess (Betrieb Kondensationsanlage) werden die Emissionen der Komponenten zusammengefasst und die Emissionen für den energetischen Bedarf (Strombedarf) der Anlage berücksichtigt.

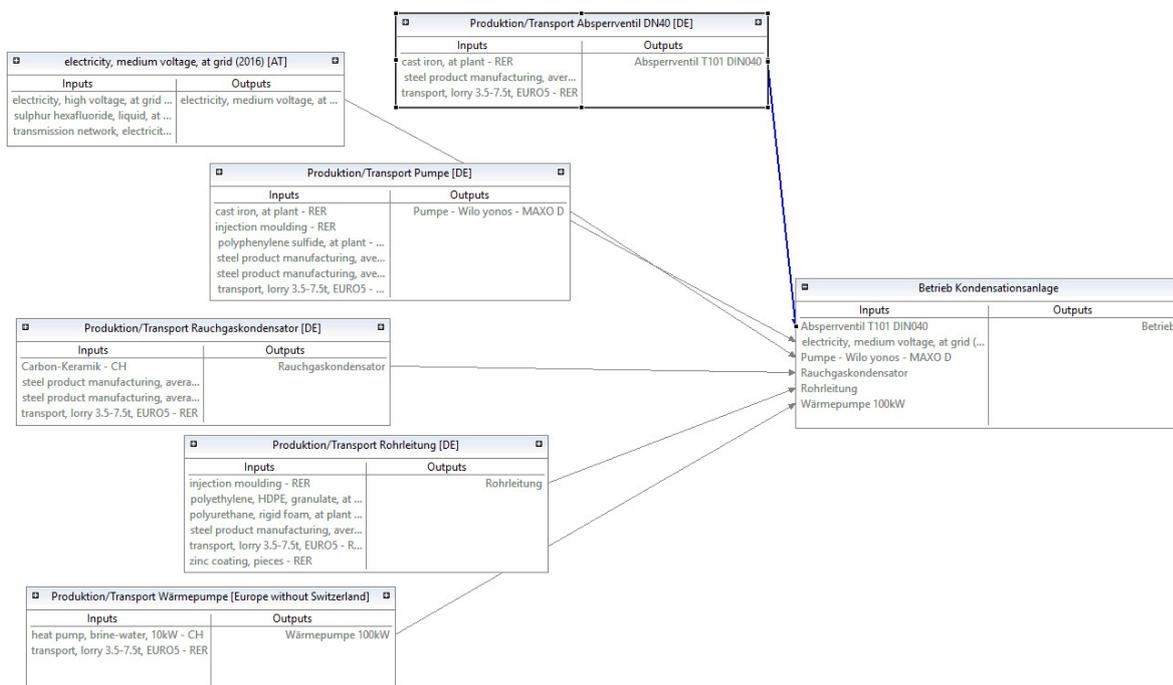


Abbildung 16: Prozessablauf openLCA Rauchgaskondensationsanlage

Die gesamte Anlage besteht aus fünf folgenden Produkten:

- 1x Rauchgaskondensator – Öko-Carbonizer 014 (Bschör GmbH)
- 2x Pumpe – Wilo Yonos MAXO D
- 90 m Rohrleitung – Isoplus DIN4
- 2x Absperrventil – Armaturenfabrik – Typ 101 DIN 040
- 1x Wärmepumpe – Viessmann 352. AHT058

Die einzelnen verwendeten Materialien und Massenanteile sowie Herstellungsprozesse wurden entweder von den HerstellerInnen eingeholt und recherchiert bzw. falls vorhanden wurden passende Prozesse in openLCA verwendet.

Rauchgaskondensator

Der für die Wärmerückgewinnung verwendete Rauchgaskondensator der Firma Bschör GmbH besteht aus drei wesentlichen Bauteilen, welche den größten Massenanteil aufweisen. Kleinere Bauteile, wie zum Beispiel Schrauben und Dichtungen wurden in dieser Lebenszyklusanalyse nicht betrachtet.

Tabelle 29 zeigt die laut Hersteller im Rauchgaskondensator verbauten Bauteile sowie deren Masseanteile. Der Kondensator (siehe Abbildung 17) besteht aus druckimprägnierter Carbon-Keramik mit einer Gesamtmasse von 250 kg. Da es in openLCA für Carbon-Keramik keinen eigenen Prozess gibt, wurde das Verhältnis von Carbonfasern und Keramik (Siliziumcarbid) recherchiert. Die im industriellen Bereich genutzte Carbon-Keramik besteht zu mindestens 20 % aus Carbonfasern mit einer Mindestlänge von 30 cm, der restliche Anteil ist Siliziumcarbid. (EPO 2009)

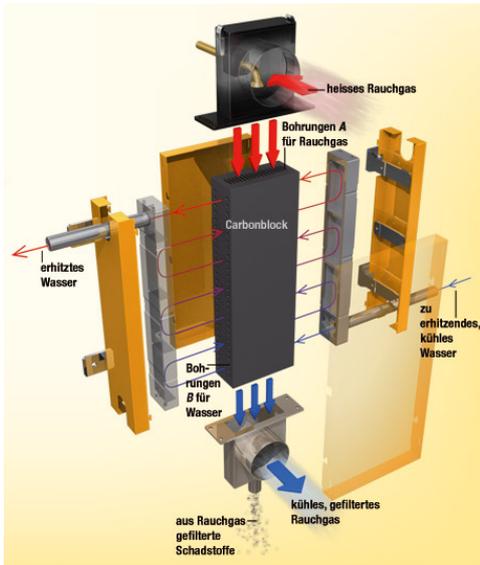


Abbildung 17: Aufbau Öko-Carbonizer (Carbonizer s.a.)

Demnach besteht der Kondensator aus 200 kg Siliziumcarbid und 50 kg Carbonfasern. Für die Herstellung des fertigen Materials wurde der Prozess „silicon carbide, at plant - RER“ verwendet, welcher der Herstellung von Siliziumcarbid in Europa mit Transport der Rohstoffe entspricht. Für die Herstellung der Carbonfasern wurde der Prozess „carbon black, at plant – GLO“ verwendet, welcher der Bereitstellung von Kohlenstoff für die Faserproduktion von global verteilten HerstellerInnen entspricht.

Die Rauchgashauben haben ein Gewicht von 80 kg und die Emissionen wurden durch den Prozess „steel product manufacturing, average metal working – RER“ berechnet. Dieser Prozess beschreibt allgemein die Herstellung eines Kilogramms Stahl in Europa. Die Emissionen für die Herstellung des Gehäuses mit einer Masse von 15 kg wurden mit demselben Prozess ermittelt.

Tabelle 29: Einzelteile Rauchgaskondensator (Angabe lt. Hersteller)

Einzelteile	Material	Anzahl	Masse kg
Kondensator	Druckimprägnierte Carbon-Keramik	1 Siliziumcarbid	200
		1 Carbonfaser	50
Rauchgashauben	V4A-Edelstahl	1	80
Gehäuse	Stahlblech	1	15

Das Unternehmen Bschör GmbH hat seinen Sitz in Höchstädt (Deutschland) was einen Transportweg von 273 km zum Standort B ergibt. Für den Transport wurden die Tonnenkilometer (tkm) aus Gesamtmasse des Rauchgaskondensators und der Transportstrecke ermittelt. Für den Transport wurde der Prozess „transport, lorry 3.5-7.5t, EURO5 – RER“ gewählt welcher einem Transporter zwischen 3,5 und 7,5 Tonnen mit EURO5-Diesel entspricht. Es werden insgesamt 72,3 TKM transportiert.

Zusammengefasst wurden folgende Prozesse sowie Unterprozesse für den Rauchgaskondensator verwendet:

- Carbon-Keramik
 - Carbonfaser – „carbon black, at plant – RER“
 - Siliziumcarbid – „silicon carbide, at plant – RER“
- Rauchgashauben – „steel product manufacturing, average metal working – RER“
- Gehäuse – „steel product manufacturing, average metal working – RER“
- Transport – „transport, lorry 3.5-7.5t, EURO5 – RER“

Pumpe

In der Rauchgaskondensationsanlage werden zwei Pumpen für den Umlauf des Prozesswassers benötigt. Die Massen der Einzelteile der Pumpen vom Typ Wilo Yonos – MAXO D sind in

Tabelle 30 aufgelistet. Das Gehäuse der Pumpe macht dabei den größten Massenanteil mit 10 kg aus und dessen Emissionen wurden mit dem Prozess „cast iron, at plant – RER“ ermittelt da es sich um Gusseisen handelt. Für den Impeller der Pumpe wurde der Prozess „polyphenylene sulfide, at plant – RER“ welcher der Herstellung und aller stofflichen Vorketten für das Ausgangsmaterial PPS (Polyphenylsulfid) entspricht. Um die Emissionen die beim Spritzguss des Impellers entstehen miteinzubeziehen, wurde der Prozess „injection moulding – RER“ hinzugefügt. Für die Herstellung der Welle wurde der Prozess „steel product manufacturing, average metal working – RER“ gewählt, welcher allgemeine Metallarbeiten sowie die Herstellung repräsentiert. Da zum Kugellager keine genauen Daten gefunden wurden, wurde die Annahme getroffen, dass es sich bei der Lagerung um handelsübliche Kugellager aus Stahl handelt. Demnach wurde derselbe Prozess wie bei der Welle gewählt. (Wilo s.a.)

Tabelle 30: Einzelteile Pumpe (Angabe lt. Hersteller)

Einzelteile	Material	Anzahl	Masse kg
Gehäuse	Gusseisen	2	10
Impeller Pumpenrad	PPS	2	1
Welle	Rostfreier Stahl	2	7
Kugellager	Metallimpregniertes Carbon	2	0,1

Der Transport der Pumpe wurde mit dem Prozess „transport, lorry 3.5-7.5t, EURO5“ analysiert, welcher einen Kleintransporter der EURO5 Klasse repräsentiert. Die Recherche hat ergeben, dass der Zusammenbau der Pumpen sowie der Firmensitz in Dortmund (Deutschland) sind und es dadurch zu einem Transportweg von 761 km kommt. Bei einem Gesamtgewicht der beiden Pumpen von 36,2 kg ergeben sich dadurch insgesamt 27,5 TKM (Tonnenkilometer).

Zusammengefasst wurden folgende Prozesse sowie Unterprozesse für die Pumpe verwendet:

- Gehäuse – „cast iron, at plant – RER“
- Impeller – “polyphenylene sulfide, at plant – RER”
 - Spritzguss – “injection moulding – RER”
- Welle – “steel product manufacturing, average metal working – RER”
- Kugellager – “steel product manufacturing, average metal working – RER”
- Transport – “transport, lorry 3.5-7.5t, EURO5 – RER”

Rohrleitung

Das Prozesswasser von der Wärmepumpe wird über Rohrleitungen der Firma Isoplus rückgeführt. Die Dimension der Verrohrung wurde mit DIN 40 (40 mm Innenrohrdurchmesser angenommen). Etwaige Reduzierer zu größeren Armaturen wurden in dieser Lebenszyklusanalyse vernachlässigt. Für das gesamte System wurden Verrohrungen mit einer Gesamtlänge von 90 m berechnet. Es ergeben sich nach den vom Hersteller angegebenen Massen des Rohrs (5,06 kg/m gesamt) folgende Massenaufteilungen laut Tabelle 31 (Isoplus 2018a).

Tabelle 31: Einzelteile Rohrleitung (Angabe lt. Hersteller)

Einzelteile	Material	Anzahl	Masse kg
Mediumrohr DIN40	Verzinkter Stahl	1	500
Dämmung	PUR (Polyurethan-Hartschaum)	1	27
Mantelrohr	PEHD (Polyethylen hohe Dichte)	1	100

Die durch die Herstellung des DIN40 Stahlrohrs entstehenden Emissionen wurden mit dem Prozess „steel product manufacturing, average metal working – RER“ berechnet. Die Verzinkung des Rohrs wurde mit dem

Prozess „zinc coating, pieces - RER“ beschrieben. Die zu verzinkende Oberfläche (Eingabeparameter) beträgt 27 m² bei einem Außendurchmesser von 48 mm und einer Länge von 90 m (Isoplus 2018a) .

Die Dämmung besteht aus Polyurethan-Hartschaum (PUR). Dabei sind ausgehend von einer Dichte mit 33 kg/m³ insgesamt 27 kg PUR für die Verrohrung nötig. Die Herstellung des Schaums wurde mit dem Prozess „polyurethane, rigid foam, at plant – RER“ beschrieben. (Wärmedämmstoffe s.a.)

Die Herstellung des Grundmaterials (Granulat) des Mantelrohrs, welches Polyethylen mit hoher Dichte (HDPE) ist, wurde mit dem Prozess „polyethylene, HDPE, granulate, at plant – RER“ beschrieben. Bei einer Dichte von 963 kg/m³ ergibt sich insgesamt eine Masse von 100 kg HDPE. Emissionen welche durch das Spritzen des Granulats entstehen, wurden im Prozess „injection moulding“ berücksichtigt (Kern s.a.) .

Die Herstellung der Rohre liegt in Sonderhausen (Deutschland), der Vertrieb jedoch in Rosenheim. Es wurde angenommen, dass der Transport direkt vom Produktionsstandort (Sonderhausen) erfolgt. Daher ergibt sich eine Transportstrecke von 605 km uzm Standort B. Bei insgesamt 627 kg Gesamtgewicht der Verrohrung werden 379 tkm transportiert. Die Emissionen des Transports wurden mit dem Prozess „transport, lorry 3.5-7.5t, EURO5 – RER“ beschrieben, was einem Transporter der Diesel EURO5 Klasse entspricht (Isoplus 2018b).

Zusammengefasst wurden folgende Prozesse sowie Unterprozesse für die Verrohrung verwendet:

- Verzinktes Eisenrohr – “steel product manufacturing, average metal working – RER”
 - Verzinken – “zinc coating, pieces – RER”
- PUR-Dämmung – “polyurethane, rigid foam, at plant – RER”
- HDPE-Mantelrohr – “polyethylene, HDPE, granulate, at plant - RER”
 - Spritzguss – “injection moulding – RER”
- Transport – “transport, lorry 3.5-7.5t, EURO5”

Absperrventil

Für das Absperrn der Rohre wurden Ventile der Firma Armaturenfabrik gewählt. Es wurden in der Lebenszyklusanalyse die zwei größten Bauteile der Absperrventile vom Typ 101 DN040 betrachtet. Tabelle 32 zeigt, dass das Ventilgehäuse aus gegossenem Stahl mit einer Masse von 9,4 kg besteht. Die Emissionen für die Herstellung des Gehäuses wurden mit dem Prozess „cast iron, at plant – RER“ berechnet. Der Kegel zum Verschließen des Ventils besteht aus Edelstahl und dessen Emissionen bei der Herstellung wurden mit dem Prozess „steel product manufacturing, average metal working - RER“ berechnet.

Tabelle 32: Absperrventil (Angabe lt. Hersteller)

Einzelteile	Material	Anzahl	Masse kg
Gehäuse	Stahlguss GP240GH+N	2	9,4
Kegel	Edelstahl	2	1,6

Da zwei Ventile benötigt werden muss eine Gesamtmasse von 22 kg vom Standort der Firma Armaturenfabrik in Großzöberitz (Deutschland) zum Standort B über 601 km transportiert werden. Daraus

ergeben sich 13,2 tkm mit einem Kleintransporter, wessen Emissionen mit dem Prozess „transport, lorry 3.5-7.5t, EURO5 – RER“ berechnet wurden (Armaturenfabrik s.a.).

Zusammengefasst wurden folgende Prozesse sowie Unterprozesse für das Absperrventil verwendet:

- Gehäuse - „cast iron, at plant – RER“
- Kegel - „steel product manufacturing, average metal working - RER“
- Transport - „transport, lorry 3.5-7.5t, EURO5 – RER“

Wärmepumpe

Damit die Energie aus dem Rauchgas nutzbar ist, muss das Temperaturniveau mit einer Wärmepumpe angehoben. Dafür wurde eine Wärmepumpe mit 107 kW Leistung vom Typ alphainnoTec WWP 1100X mit einer Masse von 610 kg gewählt. Für die Berechnung der Emissionen die bei der Herstellung entstehen, wurde der Prozess „heat pump, brine-water, 10kW – CH“ verwendet, welcher die Herstellung einer Wärmepumpe mit 10 kW in der Schweiz beschreibt. Dieser Prozess wurde mit dem Faktor 10 multipliziert, um näherungsweise die Emissionen für die Herstellung einer Wärmepumpe mit 100 kW zu berechnen (alpha-innotec 2014).

Laut Angaben des Herstellers, werden die Wärmepumpen in Kasendorf in Deutschland hergestellt, was eine Transportstrecke von 416 km bedeutet. Demnach wurden die Emissionen für die daraus resultierenden 253 tkm mit dem Prozess „transport, lorry 3.5-7.5t, EURO5“ berechnet.

Betrieb RGK-Anlage

Die Betriebsdauer der Kondensationsanlage wurde mit 20 Jahren angenommen, wobei der Strombedarf der Anlage laut vorhergehenden Berechnungen in diesem Zeitraum bei 726 MWh liegt. Der Energiebedarf der Pumpen wurde vernachlässigt. Die durch den Bezug elektrischer Energie entstehenden Emissionen wurden mit Hilfe des Prozesses „electricity, medium voltage, at grid“ berechnet, welcher die Emissionen durch Erzeugung, Verteilung und Umformung in Trafostationen auf Mittelspannungsebene berücksichtigt. Der ursprüngliche Datensatz bezieht sich auf den Strommix von Österreich aus dem Jahr 2004. Die Werte wurden nach Tabelle 33 für den Strommix aus dem Jahr 2016 angepasst. Dabei ergeben sich 210 g CO₂ für die Produktion und Verteilung einer kWh Strom.

Tabelle 33: Strommix Österreich 2016 (BMDW 2016)

Biomasse	7%
Wind	9%
Kohle	6%
Wasserkraft	61%
Gas	13%
Öl	2%
PV	1%
Abfall	1%

Die Emissionen welche durch die Herstellung aller Einzelteile und deren Transport entstehen, wurden ebenfalls dem Prozess beigefügt. Die Emissionen durch Zugabe von Prozesswasser für die Füllung der zusätzlichen Verrohrung und Armaturen, wurde mit dem Prozess „Water, turbine use, unspecified natural origin, AT“ berechnet. Die gesamte Verrohrung benötigt 0,11 m³ Prozesswasser. Die Befüllung der Wärmetauscher in den Anlagen wurde aufgrund mangelnder Daten vernachlässigt.

Zusammengefasst wurden folgende Prozesse sowie Unterprozesse für die Gesamtbetrachtung verwendet:

- Herstellung/Transport Rauchgaskondensator
- Herstellung/Transport Pumpe
- Herstellung/Transport Absperrventil
- Herstellung/Transport Rohrleitung
- Herstellung/Transport Wärmepumpe
- Zugabe Prozesswasser
- Strombedarf 20 Jahre Betrieb

Das Ergebnis des Prozesses sind 3.256 MWh Wärmeenergie kumuliert über 20 Jahre, sowie Emissionen aus allen Prozessen und Unterprozessen.

Ergebnisse

Als Vergleichsbasis der Variante mit und ohne RGK dienen die in der Herstellung, dem Transport und dem Betrieb angefallenen CO₂-äquivalenten Emissionen bezogen auf 100 Jahre.

Der Basisfall, welcher keine Installation einer Rauchgaskondensationsanlage vorsieht betrachtet die Bewirtschaftung und Nutzung von 8 ha Wald die nötig sind, um den Heizbedarf zu decken. Da die Rauchgaskondensationsanlage eine Effizienzmaßnahme ist, die nur einen Teil der Biomasse substituiert, wird nur dieser Teil in der Lebenszyklusanalyse verglichen. Tabelle 34 zeigt die prozentuelle und numerische Aufteilung der CO₂-äquivalenten Emissionen für die Prozesse der Bewirtschaftung und thermischen Nutzung von 8 ha Wald in Form von Hackschnitzel.

Tabelle 34: Ergebnis Lebenszyklusanalyse - Waldhackgut

Beitrag	Prozess	Menge	Einheit
100%	Hackschnitzel-Herstellung-Transport-Verbrennung	46.984	kg CO ₂ -äqu.
21%	Emissionen Heizkessel 300 kW	9.807	kg CO ₂ -äqu.
32%	Holzhacken, mobiler Hacker, im Wald - RER	14.913	kg CO ₂ -äqu.
12%	Traktor, Forstfahrzeug	5.496	kg CO ₂ -äqu.
5%	Diesel, Nutzung in Forstmaschinen	2.225	kg CO ₂ -äqu.
4%	Forstbereitung, Pflanzung, Rücken, Baumschnitt - RER	1.714	kg CO ₂ -äqu.
1%	Sägen - RER	599	kg CO ₂ -äqu.

Beitrag	Prozess	Menge	Einheit
0%	Hartholz - Baumbestand - RER	0	kg CO ₂ -äqu.
17%	Strom - Niederspannung - AT	8.049	kg CO ₂ -äqu.
9%	Transport, LKW 20-28t - CH	4.082	kg CO ₂ -äqu.
0,1%	Entsorgung, Holz Asche, 0% Wasser, Deponie	61	kg CO ₂ -äqu.
0,1%	Entsorgung, Holz Asche, 0% Wasser, Müllverbrennung	37	kg CO ₂ -äqu.
0,0%	Entsorgung, Holz Asche, 0% Wasser, Landwirtschaft	2	kg CO ₂ -äqu.

Es zeigt sich, dass ein wesentlicher Anteil der CO₂-äquivalenten Emissionen durch die Zerkleinerung des Holzes und die Bewirtschaftung des Waldes mit Maschinen entsteht. Die Pflege und Pflanzung des Baumbestandes nimmt mit insgesamt 4 % einen geringen Anteil an. Der Transport führt im Vergleich zur Holzverarbeitung ebenfalls zu geringen Emissionen. Insgesamt führt die Bewirtschaftung von 8 ha Wald über 20 Jahre bzw. die Verarbeitung zu 4.491 Srm Hackschnitzel und die thermische Nutzung insgesamt zu 46.984 kg CO₂-äquivalenten Emissionen.

Tabelle 35 zeigt eine prozentuelle und numerische Gewichtung der einzelnen Prozessschritte für die Rauchgaskondensationsanlage. Die Herstellung und der Transport aller Komponenten außer der Wärmepumpe führen im Vergleich zum Betrieb und der Herstellung der Wärmepumpe zu geringen Emissionen, welche gesamt unter 3 % der Gesamtemissionen liegen. Die Wärmepumpe hat mit 16 t CO₂-äquivalenten Emissionen von allen Komponenten die größten Emissionen aufgrund von stahlverarbeitenden und chemischen Prozessen. Den größten Anteil hat der Betrieb der Rauchgaskondensationsanlage bedingt durch den österreichischen Strommix, welcher sich nicht zur Gänze aus erneuerbaren Energie zusammensetzt, sondern auch Energieimporte bzw. inländische Produktion aus Gas und Kohle beinhaltet und somit zu 210 g CO₂/kWh führt. 88 % der Emissionen der RGK entstehen im Betrieb. Insgesamt werden im Betrachtungszeitraum 173.987 kg CO₂-äquivalente Emissionen verursacht, was zu vier Mal höheren Emissionen als bei weiterer Nutzung des Waldes führt.

Tabelle 35: Ergebnis Lebenszyklusanalyse - Rauchgaskondensationsanlage

Beitrag	Prozess	Menge	Einheit
100%	Betrieb Kondensationsanlage	173.987	kg CO ₂ -Eq
88%	Strom - Mittelspannung (2016) - AT	153.512	kg CO ₂ -Eq
10%	Produktion/Transport Wärmepumpe - RER	16.985	kg CO ₂ -Eq
1%	Produktion/Transport Rauchgaskondensator - DE	1.771	kg CO ₂ -Eq
1%	Produktion/Transport Rohrleitung - DE	1.694	kg CO ₂ -Eq
0,01%	Produktion/Transport Pumpe - DE	21	kg CO ₂ -Eq
0,00%	Produktion/Transport Absperrventil DN40 - DE	4	kg CO ₂ -Eq

Im Vergleich zum Basisszenario (weitere Nutzung von Hackschnitzel) sind die Emissionen bei der RGK um 127.003 kg CO₂-äquivalente Emissionen höher. Dabei hat sich gezeigt, dass der Großteil der Emissionen durch Gas, Kohle und Biogas entstehen obwohl diese Energieträger nur 20 % vom Gesamtstromverbrauch ausmachen. Wenn der Betrieb der RGK-Anlage zur Gänze mit erneuerbaren Energieträgern durchgeführt werden würde, könnten die Emissionen wesentlich gesenkt werden.

5.6.2 Nachhaltigkeitsperformance Standort B

Im Folgenden sind die Ergebnisse der Befragung, geordnet nach Kategorien, tabellarisch zusammengefasst. Bewertet wird, wie bereits angemerkt das Δ zur Ausgangslage. Die Spalten enthalten die Kriterien, Indikatoren und die zugehörigen Antworten aus den Fragebögen. In der Spalte mit der Bezeichnung „B“ findet sich die Bewertung, falls die gegebenen Werte im Rahmen der Klimabilanz verwendet wurden, sind sie mit L bezeichnet. Anschließend sind die Ergebnisse grafisch dargestellt (Ausgangsszenario **schwarz**, Adaptierte Anlage **orange**) und erläutert. Eingangsdaten, Vorgangswerte und Ergebnisse der Klimabilanz finden sich in 0. Den Abschluss bildet die Zusammenfassung der Ergebnisse auf Kategorieebene.

Tabelle 36: Befragungsergebnisse A Gesundheits- und Umweltrelevante Impacts (Standort B)

Kriterien	Indikator/ Parameter	Szenario RGK	
		Antwort	B
A1- Gesamtenergieverbrauch und Anteil nicht erneuerbarer Energieträger an der Energiezufuhr	Wärmeverluste der Anlage	-160 MWh/a	1
	Netzbezug	Holz 0,75 MWh/a RGK 36,5 MWh/a	-2
	Transporte Brennstoff regional	-15 km LKW	L
	Transporte Brennstoff überregional	5 % (vernachlässigt) LKW	0
	Transporte Abfall	Asche lokal 30 km	L
		1/a Transport LKW	L
	Strecke Servicefahrt	keine	0
	Lebensdauer der Anlage	20 Jahre Lebensdauer	-1
0 % Leistungsabfall		0	
A2 - Betriebsstoffe/ Prozesschemikalien (toxische und petrochemische)	Menge Chemikalien	0 mg/kWh	0
	Menge Betriebsstoffe	Kältemittel R134A (30kg) Kreislaufgeführt [ja]	-0,5
		Substitutionsmöglichkeit [ja]	
A3 - Wasserverbrauch / Water Footprint	Menge Wasser	50 m ³ Trinkwasser	-0,5
A4 - Stoffflussanalyse / Brennstoffeinsatz	Kaskadische Nutzung	0%	0
	Brennstoffproduktion	-50 t/a	1

Kriterien	Indikator/ Parameter	Szenario RGK	
		Antwort	B
	Speicherbarkeit Ressource	ja (Holz; Heizöl)	1
	Speicherbarkeit Energie	ja (Fernwärmespeicher)	0
	Energieimport	ja (Heizöl)	0
A5 - Energieoutput der Anlage	Kraft-Wärme-Kopplung	nein	0
	Zusätzliche Wärmeerzeugung	0 kWh/a	0
	Zusätzliche Stromerzeugung	0 kWh/a	0
A6 - Emissionen an die Kompartimente Wasser, Luft und Boden (Anlage + Transporte)	Emissionen (gesamte Prozesskette)	Emissionen weniger durch reduzierten Brennstoff	L
	Lärm/Substratschall	keine Änderung	0
	Klimapotenzial	173.987 kg CO ₂ -equ. (20a)	L
	Geruch störend	geringer	1
	Reflexion störend	nein	0
	Lichtemissionen	nein	0
	Vibration	nein	0
A7 - Abfälle, besonders Problemstoffe und deren Behandlung	Asche	-500 kg/a	1
	Abfallstoffe	0,25 t Kondensatschlamm	-1
	Sondermüll	0	0
	Abwasser	neutral	0
A8 - Fehlertoleranz der Anlage (technische Belange)	Unfallwahrscheinlichkeit		0
	Ungeplante Standzeiten	sehr gering	0
	Angaben zur Fehlertoleranz	keine	-0,5
	Mögliche Schadenswirkung	sehr gering	
	Mögliche Schadensdimension	sehr gering	
A9 - Auswirkung der Bewirtschaftung (Monokulturen, Bodenverdichtung)	Verhältnis extensiv/intensiv	100% lokales Holz weniger	0
	Emissionen	134.479 kg(CO ₂), 143 kg (NO _x), 12 kg(N ₂ O), 50 kg(NM ₂ VOC)	L
	Maschineneinsatz	Motorsäge 12 h/Srm weniger	L
	Maschineneinsatz Emissionen	Motorsäge 0,09 kgCO ₂ /kWh weniger	L
A10 - Änderungen der	Flächenbewirtschaftung	+/- 0 km ² Veränderung	0

Kriterien	Indikator/ Parameter	Szenario RGK	
		Antwort	B
Bewirtschaftungsform		0 km ² Anlagenerweiterung	0
A11 - Herstellung der Anlagenteile	Energieeinsatz	0,055 kWh/kWh/a (kWh Input/ kWh Output/a)	L
	Rohstoffeinsatz	1,6 t/kWh	L
	Chemikalieneinsatz	0 t/kWh	L
	Recyclinganteil	95% Anlagenteile	1
		0 % wiederverwertbar	1
	Geruch störend	nein	L
	Lärm störend	nein	L
Ersatzteilverfügbarkeit	gut	0	
A12 - Flächeninanspruchnahme und Versiegelung durch Anlagenbau	Flächeninanspruchnahme	0 m ² Biomasse	0
		0 m ² /kWh Anlagenerweiterung	0
	Flächenversiegelung	0 m ² /kW	0
	Umnutzung versiegelter Boden	0 m ² /kW	0



Abbildung 18: Ergebnisse Umwelt und Gesundheit (Standort B)

In sind die gesundheits- und umweltrelevanten Impacts bewertet worden. In Abbildung 18 zeigt sich bei Kategorie A1, dass die Gesamtwärmeverluste der Anlage pro Jahr um ca. 160 MWh/a verringert werden, was eine Verbesserung zum Basisszenario bedeutet. Jedoch steigt im Betrieb der Rauchgaskondensationsanlage der Strombedarf an. Der Pumpen- und Gebläsebetrieb für die reduzierte Menge Holzschnitzel benötigt 0,75 MWh/a elektrische Hilfsenergie. Die Wärmepumpe und periphere Geräte benötigen für die Wärmerückgewinnung 36,6 MWh/a an elektrischer Hilfsenergie, was einer deutlichen Steigerung des Strombedarf in Bezug zum Basisszenario bedeutet. Zusätzlich wird die Lebensdauer der Anlage von 20 Jahren durch erhöhte Schaltvorgänge um 10 % verkürzt. Eine positive Entwicklung ist jedoch, dass weniger lokaler Brennstoff transportiert und hergestellt werden muss. Insgesamt ist jedoch für diese Unterkategorie eine leichte Verschlechterung der Situation zu verzeichnen.

Betriebsstoffe (A2, A3) toxischer Art werden bei der Erweiterung des Sommerkessels mit der Rauchgaskondensationsanlage nicht eingesetzt bzw. nicht verringert. Die Menge an Betriebsstoffen wie das Kühlmittel (R134a) und ein erhöhter Prozesswasserbedarf führen jedoch zu einer Verschlechterung in Bezug auf die Ausgangslage ohne Rauchgaskondensation.

Bei der Stoffflussanalyse (A4) hat sicher herausgestellt, dass es zu Verbesserungen infolge einer Reduktion des Brennstoffbedarfs um 180 MWh/a kommt. Sämtliche andere Parameter wie die Speicherbarkeit des Brennstoffs bleibt bestehen.

Im Punkt A5 kommt es zu keiner Änderung, weil es zuvor keine Kraft-Wärme-Kopplung gegeben hat und sich der Energieoutput der Anlage in Summe nicht ändert.

Da die Emissionen in Bezug auf die Klimawirkung in der Lebenszyklusanalyse gesondert betrachtet werden, ergibt sich eine Verbesserung bei den Emissionen in der Unterkategorie für die Kompartimente Wasser, Luft und Boden (A6). Durch die Rauchgaskondensation wird die Dampfschwadenbildung beim Rauchfang des Sommerkessels verringert und somit auch die direkten Emissionen an die Luft. Da es sich bei der RGK-Anlage um ein geschlossenes System handelt ist hier mit keinen Einträgen in Grundwasser und Boden zu rechnen. Insgesamt ist dadurch mit einer Verbesserung zu rechnen.

Abfälle (A7) werden durch die RGK-Anlage um insgesamt 250 kg reduziert, denn durch den geringeren Brennstoffbedarf fällt weniger Asche an. Es wird der Ascheanfall um 500 kg/a reduziert, jedoch fallen durch die Kondensation 250 kg/a mehr Kondensatschlämme an. Sondermüll und Abwässer bleiben durch die Maßnahme unverändert.

Das Risiko für Unfälle und Personenschäden (A8) wird durch die Erweiterung mit der Kondensationsanlage als sehr gering eingeschätzt und wird daher als unverändert angenommen. Da es keine Angaben zu Fehlertoleranz gibt und es im Falle eines technischen Gebrechens mit zumindest geringen Schäden gerechnet wird, ist von einer leichten Verschlechterung der Situation auszugehen.

Im Punkt Auswirkungen der Bewirtschaftung (A9) zeigen, sich keine Veränderung zur Ausgangslage. Der einzige Bewertungspunkt betrifft die Holzaufforstung. In beiden Fällen (keine RGK und RGK) wird der bewirtschaftete Wald wieder aufgeforstet, was keiner Veränderung entspricht.

Tabelle 37 zeigt die gesamten Emissionen der Rauchgaskondensationsanlage (Variante RGK) und der Holzbereitung, welche durch die Kondensationsanlage reduziert wird (Basisvariante). Dabei sind die Emissionen auf die Betriebsdauer von 20 Jahren ermittelt worden. In Summe zeigt sich, dass die Emissionen bei der Rauchgaskondensationsanlage höher sind als bei der Basisvariante.

Tabelle 37: Spezifischen Emissionen entlang des gesamten Lebenszyklus der Anlage (Standort B)

	kg CO2 (20a)	kg NOx (20a)	kg N2O (20a)	kg NMVOC (20a)
Basisvariante	15.359	1.917	34	114
Variante RGK	134.479	143	12	50

Die Flächenbewirtschaftung (A10) ändert sich durch die Rauchgaskondensationsanlage nicht, da die Anlage auf dem Fundament des bestehenden Sommerkessels integriert wird.

Bei der Herstellung (A11) der Anlagenteile wurde darauf geachtet, dass die Produktion in Europa bzw. in der Nähe des Anlagenstandortes erfolgt. Dabei werden 1,6 Tonnen an Anlagenkomponenten hergestellt und transportiert. Dies führt zu einem Verhältnis von Produktionsenergie zu jährlich erbrachter Energie von 0,214 kWh/kWh. Bei den Ausgangsmaterialien handelt es sich größtenteils um Metalle, weshalb die Komponenten zu 70 % aus Recyclingmaterialien bestehen. Daher können die Materialien auch nach der Nutzungsdauer zu 50 % wieder weiterverwertet werden. Aus diesem Grund ist bei der Herstellung eine Verbesserung zur Ausgangssituation festzustellen.

Die Flächeninanspruchnahme (A12) ändert sich nicht da die RGK in den Sommerkessel integriert wird. Es werden jedoch durch die RGK 8 ha weniger Wald bewirtschaftet. Die Bewirtschaftung des Waldes sieht jedoch vor, dass der Wald nach der Nutzung wieder aufgeforstet wird. Insgesamt führen diese Umstände zu keiner Verbesserung oder Verschlechterung.

Tabelle 38: Befragungsergebnisse B Sicherung und Qualität der Beschäftigung (Standort B)

Kriterien	Indikator/ Parameter	Szenario RGK	
		Antwort	B
B1 - Sicherheit am Arbeitsplatz, Gefährdung für Betreiber bzw. Angestellte	Gefährdung	nein	0
	Schutz der Betroffenen	ja	0
	Unfallwahrscheinlichkeit	sehr gering	0
	Fehlertoleranz	nein	-0,5
	Umwelt- Energiemanagement	nein	0
B2 - Qualität der Arbeit (Wertschöpfungskette)	Belastung am Arbeitsplatz	sehr gering	0
	Belastung in Wertschöpfungskette	sehr gering	0
B3 - Sicherung und Schaffung von Arbeitsplätzen	Anzahl neue Arbeitsplätze	0	0
	Einbindung regionaler Betriebe	ja	1
	indirekte Beschäftigung	0-10	0
B4 - Gleichbehandlung (Wertschöpfungskette)	Gleichbehandlungsaspekte	nein	-0,5

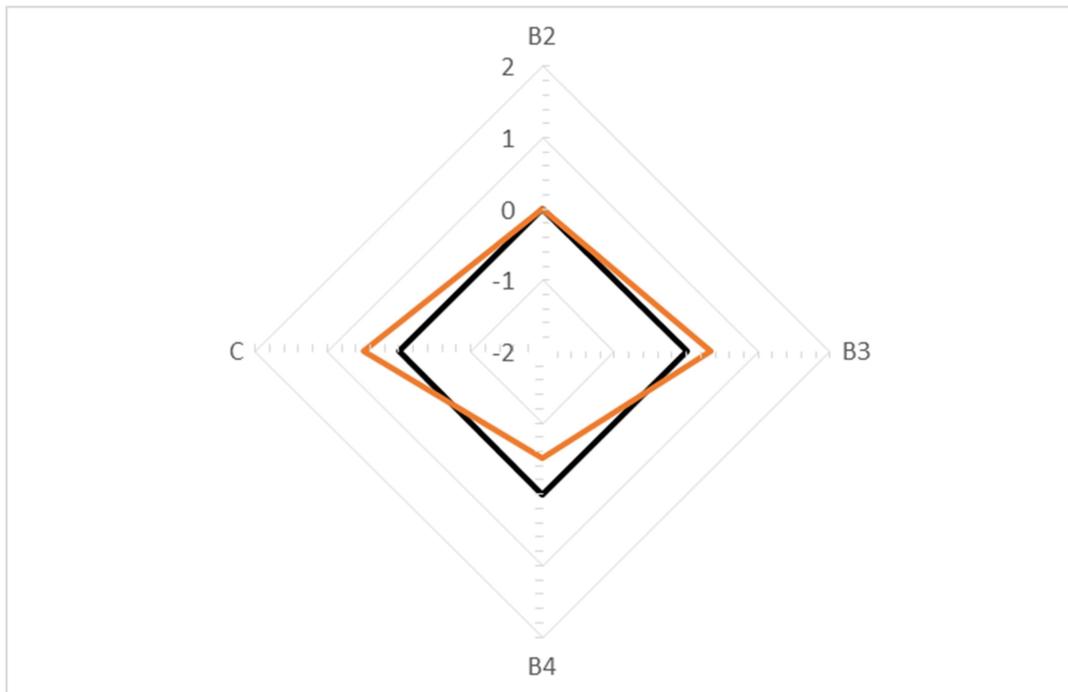


Abbildung 19: Ergebnisse Qualität der Arbeit (Standort B)

Tabelle 38 zeigt die Bewertungsergebnisse der Kategorie B für Sicherung und Qualität bei der Arbeit, dabei haben leichte Verschlechterungen in der Unterkategorie B1 und B4 in Bezug zum Ausgangsszenario zu verzeichnen. Abbildung 19 gibt einen Überblick über die Veränderungen in Kategorie B, dabei fällt auf, dass es bei Kategorie B1-Sicherheit und B4-Gleichbehandlung zu Verschlechterungen kommt. Aufgrund fehlender Angaben zur Fehlertoleranz ist hier mit einem leicht erhöhten Sicherheitsrisiko zu rechnen. Negativ bewertet wurde ebenfalls, dass Gleichbehandlungsaspekte bei der Integration der Anlage nicht miteinbezogen wurden. Bei Kategorie B3 kommt es zu einer Verbesserung der Situation, denn die Einbindung von lokalen Betrieben in der Aufbauphase führt zu einer Verbesserung Beschäftigungssituation.

Tabelle 39: Befragungsergebnisse Kategorie C Wissen (Standort B)

Kriterien	Indikator/ Parameter	Szenario RGK	
		Antwort	B
C1 - Dokumentation/Nutzung/Weitergabe bestehenden Wissens und Erfahrungswissens	Dokumentation	ja	1
	Nutzung Dokumentationsergebnisse	ja	1
	Weitergabe	ja	1
C2 - Notwendigkeit von Zusatzqualifikationen entlang der Wertschöpfungskette	Qualifikationsmodelle	ja	1
	Weiterbildungsmöglichkeiten	ja Schulungen	1
	Finanzierungsangebote	Kosten von Firma übernommen	1

Kriterien	Indikator/ Parameter	Szenario RGK	
		Antwort	B
C3 - Begleitende Forschung im Rahmen des Betriebs der Anlage	zukünftige Forschung	ja	1
		nein	-1
C4 - Vernetzung von neu generiertem Wissen (betriebsintern sowie mit externen Instituten)	Monitoring	ja	1
	Dokumentation Monitoring	ja	1
	Nutzung Dokumentationsergebnisse	ja	1
	Vernetzung Ergebnisse	ja	1

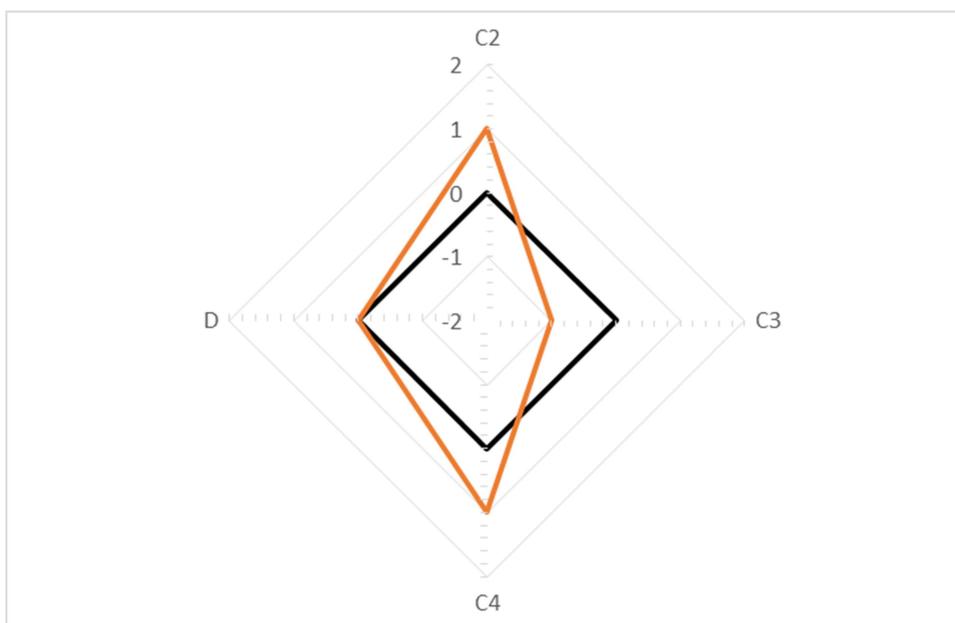


Abbildung 20: Ergebnisse Wissen (Standort B)

Kategorie C beschreibt den Zuwachs, die Handhabung und Vermittlung von Wissen, die Ergebnisse sind in Tabelle 39 aufgelistet. In Abbildung 20 sind die Ergebnisse grafisch aufbereitet, wobei sich zeigt, dass in den Unterkategorien C1, C2 und C4 deutliche Verbesserungen erreicht werden. Die detaillierte Dokumentation und Weitergabe der Daten zur Anlage führen zu einem deutlichen Mehrwert für alle Beteiligten in Kategorie C1. Schulungen und Weiterbildungsmöglichkeiten sowie finanzielle Anreize führen auch zu Verbesserungen in der Zukunft, wie dies in Kategorie C2 ersichtlich ist. Das Monitoring und die Weitergabe der Dokumentationsergebnisse führen ebenfalls zu einer deutlichen Verbesserung in Kategorie C4. Das nicht Vorhandensein von begleitender Forschung wurde jedoch negativ bewertet, weil dadurch mögliche wichtige Erkenntnisse in Kategorie C3 verloren gehen.

Tabelle 40: Befragungsergebnisse D Regionalentwicklung (Standort B)

Kriterien	Indikator/ Parameter	Szenario RGK	
		Antwort	B
D1 - Unterstützung der regionalen (Versorgungs)-infrastruktur	Investition in Verkehrsinfrastruktur	0	0
	Investition in Bildungsinfrastruktur	0	0
	Investition in institutionelle Infrastruktur	0	0
D2 - Verbleiben der Wertschöpfung in der Region	Wertschöpfung der Region durch Kraftwerk	0	0
	Steueraufkommen	0	0
D3 - Beitrag zur Versorgungssicherheit	Versorgungssicherheit Hauptenergieträger	sehr gut	0
	Versorgungssicherheit Endkunde	sehr gut	0
D4 - Verstärkung der Vernetzung in der Region und mit anderen Regionen	Diskurs	ja	0
	Verstärkte Vernetzung	nein	0
D5 - Erhaltung Kulturlandschaft	Veränderung Waldfläche	-8 ha	L
	Anlagenerweiterung auf Kulturlandschaft	0	0
	Anlagenerweiterung in Siedlungsgebiet	0	0
D7 - Unterstützung der Existenzsicherung von regionalen Land und Forstwirten	Beitrag Existenzsicherung	ja - durch effizienten Betrieb	0
	Veränderung Einkommen	keine Veränderung	0

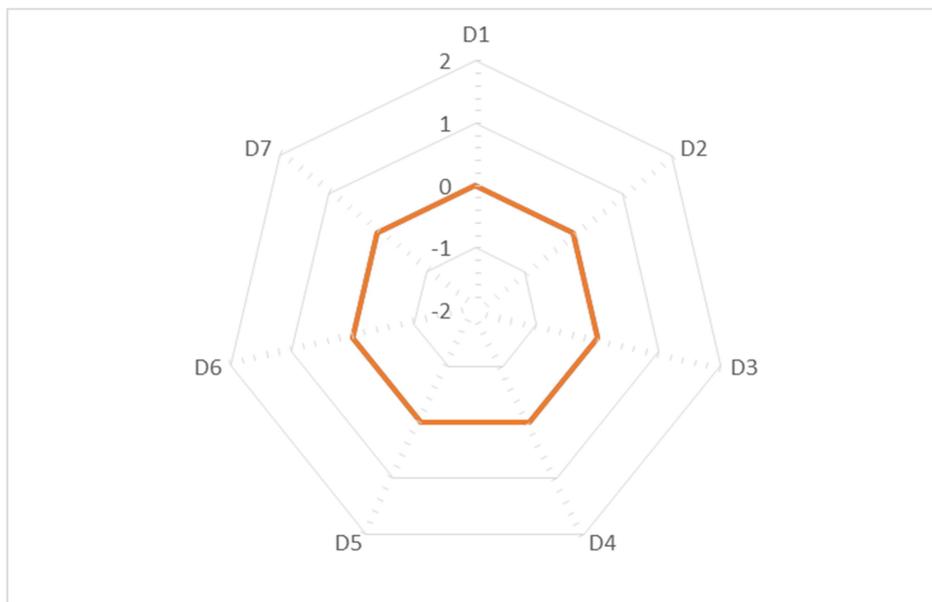


Abbildung 21: Ergebnisse Regionalentwicklung (Standort B)

Tabelle 40 und Abbildung 21 beschreiben die Regionalentwicklung und den Einfluss der Rauchgaskondensationsanlage auf diese. Durch die Anlage wird keine Änderung der regionalen Wertschöpfung, Existenzsicherung, Kulturlandschaft usw. erreicht. Es werden jedoch durch die Brennstoffreduktion 8 ha weniger Wald bewirtschaftet.

Tabelle 41: Befragungsergebnisse E Akteursinteraktionen (Standort B)

Kriterien	Indikator/ Parameter	Szenario RGK	
		Antwort	B
E1 - Ermöglichung gleichberechtigter Mitsprache der Akteure	Möglichkeit zur Diskurs	nein	0
		ja	-
E2 - Beteiligungsmöglichkeit Betroffener während Genehmigungsverfahren und Betrieb	Diskurs	ja	-
	Rechtzeitige Einbindung	ja	-
	Transparenz	ja	-
	Anlage entspricht Wünschen	ja	-
E3 - finanzielle Beteiligungsmöglichkeit		nein	0
E4 - Wahlfreiheit potentieller Energiekunden	Anteil der Bevölkerung mit Möglichkeit zu Fernwärmeanschluss	bleibt gleich	0
	Bindungsfrist	10-15 Jahre	0
E5 - Zusammengesetzte Kriterien	Diskurs Fläche, Arbeitsplatzqualität, Vernetzung, Kulturlandschaft, etc.	teilweise möglich	0,5

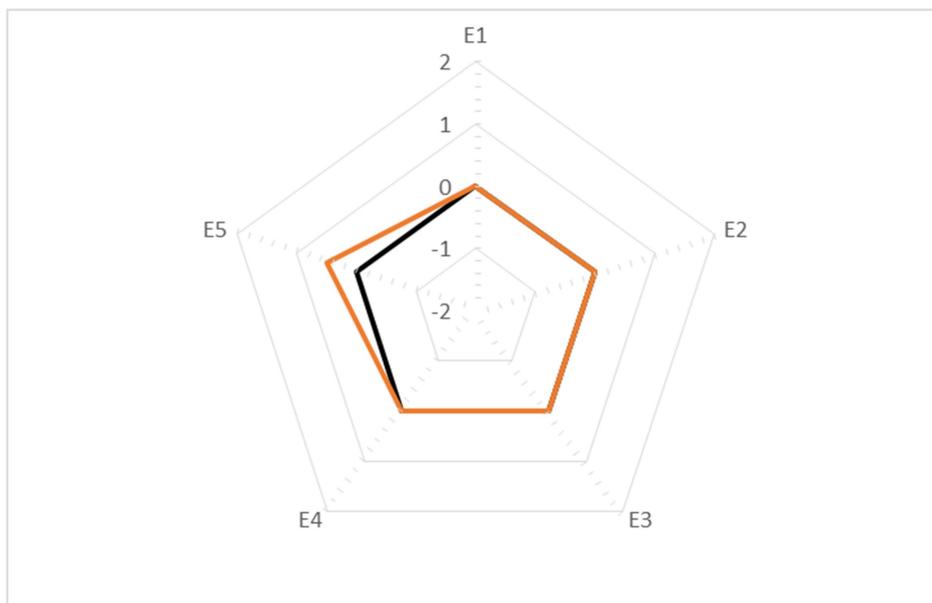


Abbildung 22: Ergebnisse Akteursinteraktionen (Standort D)

Tabelle 41 und Abbildung 22 zeigen die Ergebnisse der Bewertung der Akteursinteraktionen, wobei auffällt, dass es zu keinen wesentlichen Änderungen kommt. Es gibt keine besonderen Änderungen bei den Möglichkeiten zum Diskurs sowie für finanzielle Beteiligungsmöglichkeiten. Auf Punkt E2 wurde nicht näher eingegangen, da es in E1 keine wesentliche Änderung gibt. Bei der Wahl der potentiellen Energiekunden (E4) gibt es ebenfalls keine Änderung, da es sich um eine Effizienzmaßnahme handelt und sich der Anschluss der Kunden dadurch nicht ändert. Die Zusammensetzung der Kriterien (E5) zeigt, dass sich aufgrund des möglichen Diskurs zur Rauchgaskondensationsanlage sich eine Verbesserung bei allen beteiligten Personen ergibt. Zusätzlich hat die Lebenszyklusanalyse ergeben, dass für die Herstellung ein kumulierter Energieaufwand von 34 MWh nicht erneuerbarer Energie inklusive aller Vorketten nötig ist. Im Betrieb über 20 Jahre ergibt sich ein kumulierter Energieverbrauch von 593 MWh an nicht erneuerbarer Energie inklusive aller Vorketten. Mangels einer zweiten Variante steht für diese Werte jedoch kein Vergleichswert zur Verfügung. Eine energetische Amortisation ist in diesem Fall nicht berechnet worden, weil die Erträge bei der Basisvariante und der Variante mit Rauchgaskondensation gleich bleiben.

Tabelle 42: Befragungsergebnisse F Wirtschaftlichkeit (Strandort D)

Kriterien	Indikator/ Parameter	Szenario RGK	
		Antwort	B
F1 - Diverse Indikatoren für die Wirtschaftlichkeit der Anlage	Annuität der Investition	Annuität 1147 € / 10 Jahre	-0,5
	Strom/Wärmegestehungskosten	Keine Effekte	0
	Wärmegestehungskosten inkl. Förderung		0
	Wärmegestehungskosten exkl. Förderung		0
F2 - Marktanalyse für Fernwärme-Produktion	Marktanalyse für Brennstoffmarkt	nicht vorhanden	0
	Regionale Rohstoffpotentialanalyse		0
	Konkurrenznutzungen		0
F3 - Fernwärme-Nachfrage	Zusätzliche Anschlussleistung		0
	Gesamtwärmebedarf im Netz	bis 2020: 200.000 kWh; bis 2030: 300.000 kWh	1
F4 - Preisvolatilität für Endkunden	Sensitivität der Wärmegestehungskosten	mittel	0
F5 - Leistungsbilanzeffekte	Importreduktion Primärenergie	Keine Effekte	0
	energetische Effekte		0
	nicht energetische Effekte		0
F6 - Beschäftigungseffekte	zusätzliche Beschäftigung direkt	Keine Effekte	0
	zusätzliche Beschäftigung indirekt		0
	Beschäftigung vor Ort		0
F7 - BIP-Effekte	BIP-Wachstum		0

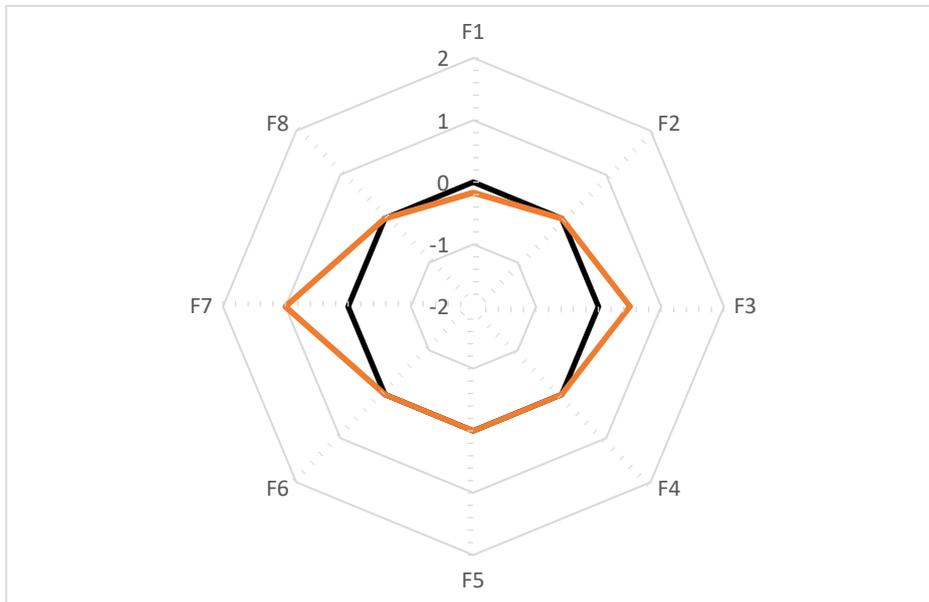


Abbildung 23: Ergebnisse Kategorie F (Standort D)

Die Wirtschaftlichkeit (F1) der Gesamtanlage wird Aufgrund der Abzahlung der Investitionskosten für die Effizienzmaßnahme anfangs verschlechtert. Es fallen jährliche Kosten, exklusive einer Förderung von 1.147 € über einen Zeitraum von 10 Jahren an. Gleichzeitig steigen auch die Kosten für die Hilfsenergie, was sich auf die allgemeine Wirtschaftlichkeit negativ auswirkt.

Da der Brennstoffbedarf und die Ascheproduktion reduziert und es in der Umgebung keine Konkurrenznutzung gibt, wurde keine Marktanalyse durchgeführt und keine Änderung für die Unterkategorie F2 verzeichnet.

Die Effizienzmaßnahme wurde als ein wirtschaftlicher Vorteil bewertet, weil die Fernwärme Nachfrage (F3) in den nächsten Jahren steigen wird und hier durch die RGK-Anlage Brennstoff substituiert werden wird. Bei den restlichen Unterkategorien wurden keine nennenswerten Effekte festgestellt.

In Abbildung 23 sind die Ergebnisse der Bewertung aus Tabelle 42 für die Wirtschaftlichkeit der Rauchgaskondensationsanlage abgebildet. F1

5.6.3 Zusammenführung der Ergebnisse Standort B

Abbildung 24 zeigt die Zusammenfassung aller Kategorien. Hierfür wurde aus allen Unterkategorien das arithmetische Mittel für jede einzelne der folgenden Hauptkategorien gebildet und der Basisvariante gegenübergestellt.

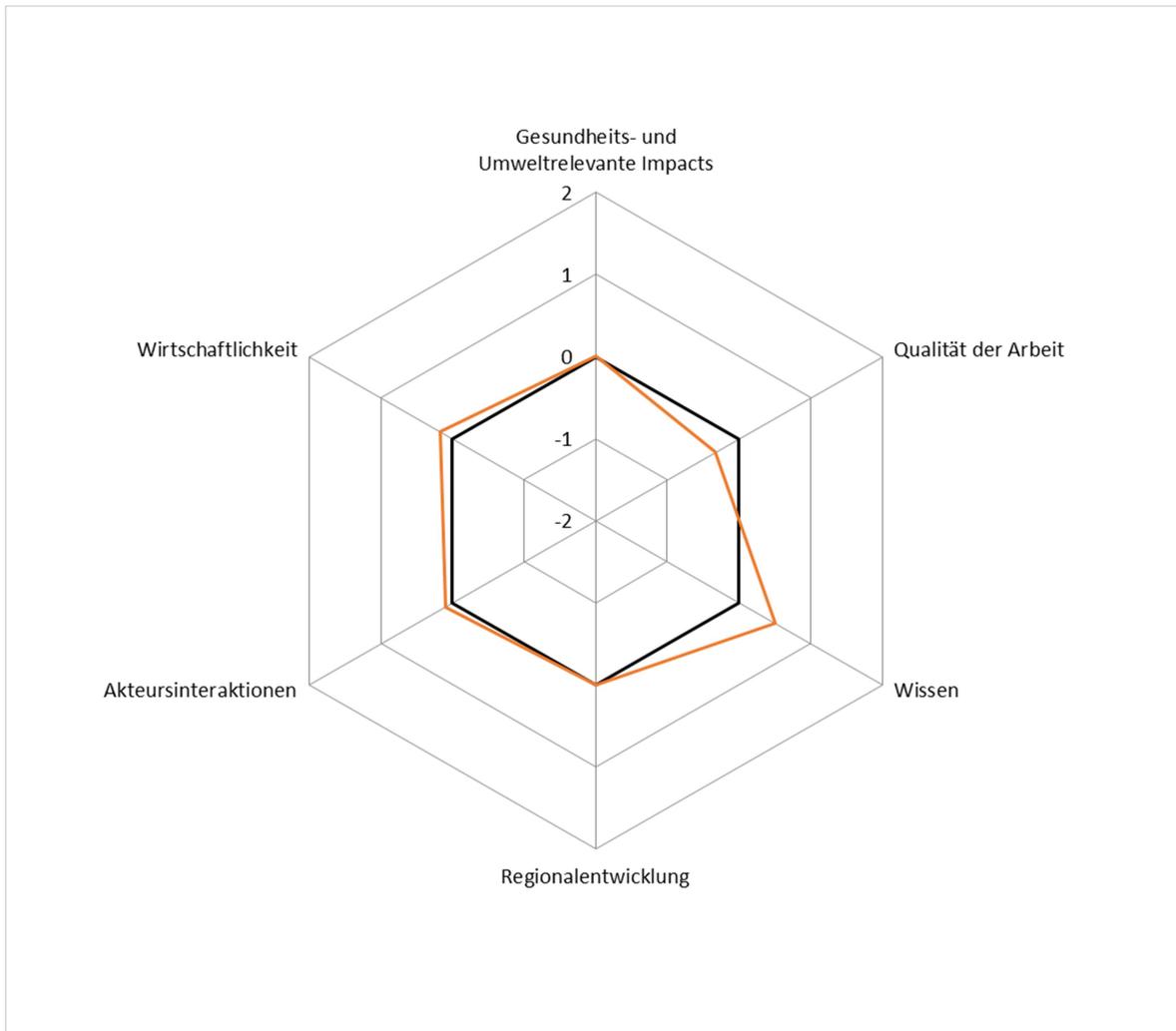


Abbildung 24: Nachhaltigkeitsperformance Standort B

Positive Aspekte durch die Installation der Rauchgaskondensationsanlage sind in den Kategorien Wissen, zu verzeichnen. Diese sind auf die aktuelle Forschungstätigkeit und die damit verbundene Wissensvernetzung zurückzuführen, weitere Forschung ist nicht geplant. Die Akteursinteraktionen zeigen durch die Möglichkeit einige Fragen im Diskurs mit Betroffenen zu klären eine leichte Verbesserung gegenüber der Ausgangslage. Indirekte Beschäftigungseffekte und die Einbindung regionaler Betriebe in die Wartung sind hier ebenfalls zu nennen. Die Wirtschaftlichkeit der Anlage kann durch steigende Fernwärmenachfrage verbessert werden. Die Umweltsituation zeigt insgesamt keine Veränderung jedoch ist zu berücksichtigen, dass Brennstoffbedarf, Wärmeverluste, Ascheabfälle und einige Emissionen sinken, darüber hinaus erhöht sich die Lebensdauer des Biomassekessels. Der hohe Recyclinganteil in den neuen Anlagenteilen ist ebenfalls positiv zu bewerten. **Negativ** zu vermerken ist, dass der Netzbezug der Anlage steigt. Die Lebenszyklusanalyse zeigt, dass die Rauchgaskondensationsanlage zu wesentlich höheren CO₂-äquivalenten Emissionen durch den Betrieb führt als die Basisvariante mit Holzhackschnitzel. Im Bereich Regionalentwicklung ist keine Veränderung zu verzeichnen. Fehlende Angaben zur Fehlertoleranz der

Anlage sind ebenfalls negativ bewertet. ***Insgesamt zeigt die Adaptierung eine Verbesserung im Sinne von Nachhaltigkeit.***

5.7 Standort D

Für den Standort D wurden für das vorhandene Biogas KWK mit Biogas Fermentern 3 mögliche Szenarien für den Wegfall der Ökostromförderung entworfen. In Szenario D1 wird die bestehende Anlage weitergeführt und der Strom über Spot- und Regelenergiemarkt direkt vermarktet. In Szenario D3 wird die bestehende Biogas Anlage abgebaut und durch einen Holzvergaser sowie ein Holzgas KWK ersetzt.

Für die Auswertung der Klimabilanz wurde für Szenario D1 eine vergleichbare Anlage (Prozess) aus GEMIS verwendet und adaptiert. Die Anlage für Szenario D3 wurde laut Angaben zu Anlagenteilen und Materialien zusammengestellt und modelliert. Auf Grund von lückenhaften Angaben in den Stück- und Materiallisten, wurden fehlende Daten durch Schätzungen und Annahmen aus technischen Zeichnungen, Herstellerangaben, Studien zu ähnlichen Anlagen etc. übernommen. Da in allen Szenarien der Biomassekessel zur Deckung der Spitzenlast bestehen bleibt, wurde dieser nicht in die Berechnungen miteinbezogen. Zudem wurde der Szenarienvergleich, laut Angabe der SimulationstechnikerInnen auf eine Nutzungszeit von 15 Jahren ausgelegt.

Gegenübergestellt wurden die Klimabilanzen von D1:

- Materialeinsatz: Materialanteile in den einzelnen neuen Anlagenteilen aus Simulation und GEMIS
- Transporte: von bekannten oder recherchierten Herstellungsorten, Annahmen zu Transportmitteln wurden aufgrund der zu transportierenden Massen getroffen
- Brennstoffeinsatz: Einsatz von Maissilage und Hackgut, Transporte, forstwirtschaftliche Maschinen

den Klimabilanzen D3:

- Brennstoffeinsatz: Einsatz von Maissilage und Hackgut, Transporte, forstwirtschaftliche Maschinen

Die Referenz war jeweils das Ausgangsszenario D0.

5.7.1 Klimabilanz Szenario D1 „Spot- und Regelenergiemarkt“

Im ersten Szenario wird die bestehende Anlage mit Biogas Fermentern und Biogas BHKW weiter betrieben, jedoch in so, dass die Vermarktung der Elektrizität am Spot- und Regelenergiemarkt stattfindet.

Dementsprechend sind ausschließlich die Veränderungen im Brennstoffinput zu berücksichtigen. Die Anlage an Standort D wurde auf Basis einer bestehenden, vergleichbaren Anlage, auf Basis der Angaben aus der Simulation in GEMIS umdimensioniert und berechnet. Die Anlagenteile sind in Tabelle 43 dargestellt. Da in allen Szenarien der Biomassekessel zur Deckung der Spitzenlast bestehen bleibt, wurde dieser nicht in die Berechnungen miteinbezogen.

Tabelle 43 Klimabilanzeingangsdaten – Szenario 1 Standort D

Einzelteile	Material	Anzahl	Masse kg	Transport km	Ort A Ort B	Quelle
Fermenter Erzeugung Biogas, 1500m³ Volumen						
	Beton	1	3159760			GEMIS
	PVC Granulat	1	5071,22			
	Steinwolle	1	5454,02			
	Stahl, warmwalz	1	10 253,08			
SUMMEN			3180538,32			

Im nächsten Schritt erfolgte die Eingabe der Brennstoffe umgerechnet auf 15 Jahre siehe Tabelle 44. Diese Angaben wurden aus der Simulation übernommen. Für die Wahl der Transportmittel wurden die Angaben aus einer Studie von Sterrer et al. (2014) übernommen. Sowohl für die Maissilage als auch die Hackschnitzel wurde ein durchschnittlicher Transportweg von 50 km angenommen, da eine regionale Bereitstellung der Ressource sichergestellt werden kann.

Tabelle 44 Klimabilanz Eingangsdaten Szenario 1 Standort D

Brennstoff Maissilage (Biogas) D1			Brennstoff Hackschnitzel D1		
Gasverbrauch	1 768 000,00	Nm³	Menge	226 160,00	kg
Menge	9 541,28	t	Menge in srm	1 028,00	srm
Energie / Jahr	10 608 000,00	kWh/a	Energie / Jahr	1 087 829,60	kwh/a
Gasverbrauch/15a	26 520 000,00	Nm³/15a	Hackgutverbrauch/ 15 Jahre	3 392 400,00	kg/ 15a
Energie / 15a	159 120 000,00	kWh/15a	Energie / 15a	16 317 444,00	kWh/15a
Transport 50km/ 15a	1 431 192,66	tkm	Transport 50km/ 15a	169 620,00	tkm
Transporter	Traktor		Transporter	Traktor/ LKW	
Distanz	50,00	km	Distanz	50,00	km

Die Ergebnisse der Klimabilanz aus Szenario D1 im Vergleich zum Basisszenario D0 finden sich in Tabelle 45:

Tabelle 45 Klimabilanz Szenario D1 im Vergleich zu Basisszenario D0

	D0 Basisszenario	D1 Regelenergie- und Spotmarkt	Veränderung
CO ₂ -Äquivalent (kg)	14 730 130,00	13 728 130,80	- 1 001 999,20

Die Ergebnisse der Berechnungen zeigen, dass gegenüber dem Ausgangsszenario D0, innerhalb von 15 Jahren eine **Verringerung der CO₂-Äquivalente um mehr als 1.000 t** möglich ist. Bezieht man diesen Wert auf die erzeugte Energie ergibt dies eine Verringerung der spezifischen Emissionen um 0,7 g/kWh **oder ca 1 %**.

5.7.2 Standort D – Szenario D3 „Holzvergaser und Holzgas KWK“

Für die Erstellung der Klimabilanz wurden in einem ersten Schritt die Materialien und deren Anteile an der Gesamtmasse recherchiert/ berechnet. Die nachfolgende Tabelle zeigt die Basisdaten für die Eingabe in GEMIS. Die Tabelle zeigt die Produkte, deren Materialanteile, Transportkilometer und Tonnenkilometer, sowie die gewählten Transportmittel. Die Prozesse wurden zu einem großen Teil auf Basis der Herstellerangaben oder Simulationsergebnisse neu erstellt. Wo diese unvollständig waren wurden Massenverhältnisse von vergleichbaren Studien in Analogie verwendet.

Außerhalb der Systemgrenze sind die Rohstoffgewinnung, das Gebäude sowie der Innenbunker und deren Errichtung, sowie Montageaufwendungen für die Anlage wurden nicht berücksichtigt. Ebenso wurde, wie schon erwähnt, der Spitzenlast Biomassekessel nicht berechnet.

Tabelle 46 Klimabilanzeingangsdaten – Szenario 3 Standort D

Einzelteile	Material	Zahl	Masse kg	Transport km	Ort A Ort B	Quelle
Lager (Hackschnitzel) (Länge 10m, Breite 15m, Höhe 5m)						
Dach Wellblech	Aluminium	1	500	156	Grammatneusiedl (AT) - Standort D	(Taborksy 2018)
Pfosten	Fichtenholz	30	4 200,00			
SUMMEN			4.700,00	733,20 tkm/ LKW 3,5 - 7,5 Solo DE 2020		
Betonplatte / Streifenfundament Lager und Pufferspeicher						
Lager 150m ²	Beton	1	100 200,00	157	Parndorf (AT) - Standort D	
Pufferspeicher 36m ²	Beton	1	24 048,00			
SUMMEN			124 248,00	19506 tkm/LKW Diesel 40t Zug DE 2020		
Pufferspeicher (DeHoust - Oberirdisch 14m³ (Art.Nr.111026)						
Tank	verzinkter Stahl	1	2.300,00	610	Heidenau (DE) - Standort D	(dehoust 2018)
Isolierung	Mineralwolle (200mm)	1	436,05			
Außenblech	Aluminium	1	252,77			
SUMMEN			2.988,82	1823 tkm/LKW Diesel 12t Solo De 2020		
Rohrleitungen (Isoplus)						
Mediumrohr DIN40	Verzinkter Stahl	1	210	171	Hohenberg (AT) - Standort D	(Isoplus 2018)
Dämmung	PUR (Polyurethan-Hartschaum)	1	10			
Mantelrohr	PEHD	1	20			

Einzelteile	Material	Zahl	Masse kg	Transport km	Ort A Ort B	Quelle
Mediumrohr DIN150	Verzinkter Stahl	1	1050			
Dämmung	PUR (Polyuretha n- Hartschau m)	1	50			
Mantelrohr	PEHD	1	100			
Absperrventi le	Stahlguss	1	210			
SUMMEN			1650	282,15 tkm/ LKW 2020 mix DE		
Pumpe (Wilo Yonos - MAXO D)						
Gehäuse	Gusseisen	1	10	149	Wiener Neudorf (A) - Standort D	Wilo
Impeller Pumpenrad	PPS	1	1			
Welle	Rostfreier Stahl	1	7			
Kugellager	Metallimprä gniertes Carbon	1	0,1			
SUMMEN			18,1	2,7 tkm/ LKW 2020 mix DE		
Satztrockner 280 kW						
Wärmetausc her	Stahl	1	18,04	734	Alfdorf (AT) - Standort D	(Lauber 2018; Käppler 2017)
	Kupfer	1	42,09			
Gebläße	Stahl	1	204			
	Kupfer	2	72			
Pumpe	Gusseisen- Gehäuse	1	20			
	PPS-Impeller	1	2			
	Welle-Stahl	1	14			
	Kugellager-Stahl	1	0,2			
Anschlussc hlauch	PUR PIR geschäumt	2	5,13			
	Polyamid	4	5,13			
Energiezent rale	Trapezblech Aluminium	1	174,85			
Abrollcontai ner	Stahl blech	1	7860			
Belüftungsb oden	Stahl blech	1	22000			
SUMMEN			30427,71	22600,79 tkm/ LKW 3,5 - 7,5 Solo DE 2020		
Schubboden Beschickung 18*8m						
	Stahl	1	10840	190	Völkermarkt (AT) - Standort D	Schidler et al. 2014
	Hydrauliköl		vernachlässigt			

Einzelteile	Material	Zahl	Masse kg	Transport km	Ort A Ort B	Quelle
SUMMEN	Masse gesamt		10840	2059,6 tkm/LKW- Diesel - 40t - ZUG DE 2020- Basis		
Fördereinrichtung Schräg- und Längsförderband (26m)						
	Stahl, gewalzt	26	3800	190	Völkermarkt (AT) - Standort D	Ecoinvent
	Gummi, synthetisch	26	200			
SUMMEN			4000	0,76 tkm/ LKW- Diesel - 40t - ZUG DE 2020- Basis		
Gleichstromfestbettvergaser						
	Stahl	1	67200	190	Völkermarkt (AT)- Standort D	(Käppler 2017)
	Aluminium	1	1400			
	Kupfer	1	1400			
	Steinwolle	1	12000			
	Keramik	1	14			
SUMMEN			82014	15582,66 tkm/LKW-Diesel - 40t - ZUG DE 2020- Basis		
BHKW 400kWel + 650kWth						
	Eisen	1	4000	190	Völkermarkt(A T) - Standort D	(Käppler 2017)
	Stahl	1	5210			
	Aluminium	1	0,15			
	Kupfer	1	10,8			
	Polyethylen	1	78,5			
	Steinwolle	1	480			
	Wellpappe	1	2,2			
SUMMEN			9781,65	1858,51 tkm/ LKW- Diesel - 40t - ZUG DE 2020- Basis		

Im nächsten Schritt erfolgte die Eingabe der Brennstoffe umgerechnet auf 15 Jahre siehe Tabelle 48. Diese Angaben wurden aus der Simulation übernommen. Für die Wahl der Transportmittel wurden die Angaben aus einer Studie von Sterrer et al. (2014) übernommen. Sowohl für die Maissilage als auch die Hackschnitzel wurde ein durchschnittlicher Transportweg von 50km angenommen, da eine regionale Bereitstellung der Ressource sichergestellt werden kann.

Tabelle 47 Klimabilanz Eingangsdaten Szenario D3

Brennstoff Hackschnitzel D3		
Menge	1 760 000,00	kg
Menge in srm	8 000,00	srm
Energie / Jahr	8 465 600,00	kwh/a
Hackgutverbrauch/ 15 Jahre	26 400 000,00	kg/ 15a
Energie / 15a	126 984 000,00	kWh/15a
Transport 50km/ 15a	1 320 000,00	tkm
Transporter	Traktor/ LKW	
Distanz	50,00	km

Die Ergebnisse der Klimabilanz aus Szenario D3 werden im Vergleich zum Basisszenario D0 dargestellt in Tabelle 49:

Tabelle 48 Klimabilanz Ergebnisse

	D0 Basisszenario	D3 Holzgasszenario	Veränderung
CO ₂ -Äquivalent (kg)	14 730 130,00	12 178 123,00	- 2 552 007,00

Die Ergebnisse der Berechnungen zeigen, dass gegenüber dem Ausgangsszenario D0, innerhalb von 15 Jahren eine Verringerung der CO₂-Äquivalente um ca. 2.500.000 kg möglich ist. Bezieht man diesen Wert auf die erzeugte Energie ergibt dies jedoch eine Erhöhung der spezifischen Emissionen um **17,27 g/kWh oder 22 %**. Bei der Interpretation dieser Werte ist zu beachten, dass in Szenario D3 hauptsächlich die Errichtung der neuen Anlage zum Tragen kommt. Darüber hinaus wird im Vergleich zum Ausgangsszenario weniger Strom produziert, was die spezifische Belastung der kWh erhöht. .

5.7.3 Nachhaltigkeitsperformance Standort D

Im Folgenden sind die Ergebnisse der Befragung, geordnet nach Kategorien, tabellarisch zusammengefasst. Bewertet wird, wie bereits angemerkt das Δ zur Ausgangslage. Die Spalten enthalten die Kriterien, Indikatoren und die zugehörigen Antworten aus den Fragebögen. In der Spalte mit der Bezeichnung „B“ findet sich die Bewertung, falls die gegebenen Werte im Rahmen der Klimabilanz verwendet wurden, sind sie mit L bezeichnet. Anschließend sind die Ergebnisse grafisch dargestellt und erläutert (D0 **schwarz**, D1 **blau**, D3 **orange**). Eingangsdaten, Vorgangsweise und Ergebnisse der Klimabilanz finden sich in Kapitel 5.1. Den Abschluss bildet die Zusammenfassung der Ergebnisse auf Kategorieebene.

Tabelle 49: Befragungsergebnisse A Umwelt- und Gesundheit (Standort D)

Kriterien	Indikator/ Parameter	Szenario D1		Szenario D3	
		Antwort	B	Antwort	B
Gesamtenergieverbrauch und Anteil nicht erneuerbarer Energieträger an der Energiezufuhr	Wärmeverluste der Anlage	+ 6.000 kWh/a	-1	-1.162.000 kWh/a	1
	Zusätzlicher Netzbezug	0	0	0	0
	Transporte Brennstoff regional	10km mit dem Traktor	0	10km mit den Traktor	0
	Transporte Brennstoff überregional	0	0	0	0
	Transporte Abfall	10 km mit dem Traktor Keine Angaben zur Behandlung	0	10 km mit dem Traktor, mehr Asche -weniger Biogasgülle, keine Angaben zur Beahndlung	0
	Strecke Servicefahrt	1000 km/a mit dem PKW	-1	2.000 km/a mit dem PKW	-2
	Lebensdauer der Anlage	keine zusätzlichen Anlagenteile	0	15 a	LCA
	Zusatzfragen - Lebensdauer	BHKW durchschnittlich einmal pro Tag ein- und ausgeschaltet (anstatt Dauerbetriebs)	-1	bestehende Anlage abgebaut	-0,5
Chemikalien	(Prozess)Chemikalien	Keine Veränderung	0	0	0
	Menge Betriebsstoffe		0	Schmiermittel (Förderband usw.)	-1
Wasser	Menge Wasser		0	Wassereinsparung gegenüber Biogas	1
	Anteil der Wasserqualitäten [%]		0	Trinkwasser	
Stoffflussanalyse / Brennstoffeinsatz	Anteil kaskadische Nutzung [%]		0	nein	0
	Brennstoff	Biomasse: 10 t/a zusätzlich; Biogas: 13200 Nm3/a eingespart		Holz '+ 7.972 srm Biomasse für Gas '-x Biogas (1.900.000 Nm3/a) völlig ersetzt durch Biomasse. Biomassezusatz 1452 t/a	
	Speicherbarkeit Energieressource (z.B. Holz)	Holz: ja Gas: nein	0	Holz: ja Gas: nein	0
	Speicherbarkeit Energieprodukt (z.B. Fernwärmesp.)	Wärme teilweise (Pufferspeicher) Strom nein	0	Wärme teilweise (Pufferspeicher) Strom nein	0
	Energieträgerimport (außerhalb der Staatsgrenze)	nein, auch nicht ausserhalb der Region	0	nein alles aus der Region - siehe oben	0
Energieoutput	Kraft Wärme Kopplung	bleibt gleich	0	ja	0
	Änderung Wärmeerzeugung	0	0	0	0
	Änderung Stromerzeugung	- 18.000 kWh/a	-1	- 1.229.000 kWh/a	-2
Limitationen	Klimapotenzial	13 728 130,80 CO ₂ -Äquivalent (kg)	+1	12 178 123,00 CO ₂ -Äquivalent (kg)	-1
	Emissionen	Siehe Tabelle 50	+ 1	Siehe Tabelle 50	+1

Kriterien	Indikator/ Parameter	Szenario D1		Szenario D3	
		Antwort	B	Antwort	B
	Lärm/Substratschall	Keine Veränderungen	0	gering, Entfernung vom Wohngebiet 50 m	0
	Geruch störend		0	Wegfall von Geruchsbelästigung	+1
	Reflexion		0	nein	0
	Lichtemissionen [ja/nein]		0	nein	0
	Vibrationen [ja/nein]		0	nein	0
Abfälle	Menge Asche	+ 100kg/a	-0,5	+ 600 kg/a, Ausbringung als Dünger	-1,0
	Menge anderer Abfallstoffe	0	0	weniger Biogasgülle	-0,5
	Menge Sondermüll (div. Schrott)	keine	0	keine	0
	Menge Abwasser	0	0	0	0
Fehlertoleranz	Unfallwahrscheinlichkeit	0	0	keine Angabe zu Art der Unfälle und keine Angaben zur Wahrscheinlichkeit	0
	Ungeplante Standzeiten	0	0	keine Angabe	0
	Angaben zur Fehlertoleranz	0	0	keine Angaben	0
	Mögliche Schadenswirkung		0	keine Angaben	0
	Mögliche Schadensdimension		0	keine Angabe	0
Bewirtschaftungsform	Verhältnis extensiv/intensiv [Kahlschlag/ Plantagenholz/ Schutzgebiete/ Vornutzung/ Schadholzaufarbeitung/ zertifizierte Flächen/ Sägewerkrückstände]	Keine Änderung	0	Keine Änderung	0
	Maschineneinsatz	ca. 7€/srm	L	ca. 7€/srm	L
	standortgerechte/taugliche Aufforstung	keine Änderung		Keine Änderung	
	Monokulturen in der Aufforstung	ja /Mais Silage	0	Anderen Brennstoff, standorttauglich	2
	Emissionen: CO2, NOx, N2O, NMVOC, Chemikalien	Siehe Tabelle 50	1	Siehe Tabelle 50	2
	Gesamtpflanzennutzung (Nährstoffentzug)	Mais ja	0	nicht mehr völlig	1
	Maschineneinsatz (Bodenverdichtung)	Bringung-Hacken – Transport, neue Techniken- extrem breite Reifen mit wenig Bodendruck		weniger Verdichtung in der Forstwirtschaft	0,5
	Maschineneinsatz - Emissionen	+/-gleich	L	geringer	1
Flächenbewirtschaftung	Anteil Flächenbewirtschaftung (Intensivierung) IST	gleich	0	bleibt gleich	0
	Anteil Flächenbewirtschaftung (Intensivierung) TREND	0	0	bleibt	0

Kriterien	Indikator/ Parameter	Szenario D1		Szenario D3	
		Antwort	B	Antwort	B
Herstellung der Anlagenteile	Energieeinsatz entlang der Wertschöpfungskette	keine neuen Anlagenteile	L		L
	Konfliktmaterialien		0	nein	0
	Einsatz kritischer Rohstoffe		0	eher nein	0
	Rohstoffeinsatz		0	höher	-1
	Chemikalieneinsatz		0	höher	-1
	Recyclinganteil		0	0	0
	Ersatzteilverfügbarkeit		0	gut	0
Flächen	Flächeninanspruchnahme Biomasse	Keine Veränderung	0		0
	Flächeninanspruchnahme neues Gebäude		0	186 m2	-1
	Flächenversiegelung neues Gebäude		0	186 m2 Versiegelung	0
	Umnutzung unversiegelter Flächen		0	0	0
	Erweiterung in Kulturlandschaft oder Siedlungsgebiet		0	186 m2 - 5 m	-1

In der folgenden Tabelle sind die in den 15 Jahren Betrieb der unterschiedlichen Anlagenvarianten emittierten Luftschadstoffe aufgelistet. Es zeigt sich, dass in beiden Szenarien diese Emissionen gegenüber dem Ausgangsszenario verringert sind wobei diese bei Szenario D3 trotz des Neubaus der Anlage deutlicher ausfällt.

Tabelle 50 Spezifische Luftschadstoffe in Szenario D1 und D3 im Vergleich zu Basisszenario D0

	kg TOPP Äquivalent	kg SO ₂	kg NO _x	kg CO	kg NMVOC
D0	41 776,61	98 148,46	28 268,45	17 138,00	5 280,02
D1	38 911,61	91 350,51	26 328,26	15 959,54	4 919,94
D3	3 932,93	2 450,66	2 438,82	1 441,45	732,15

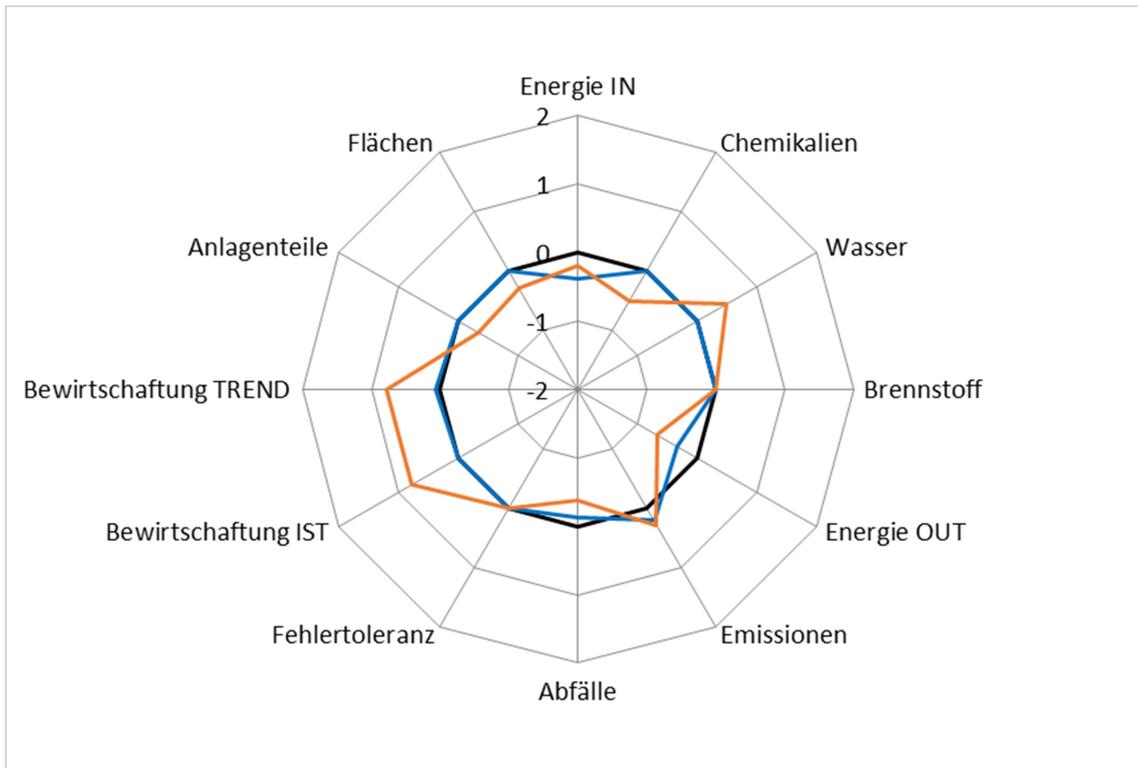


Abbildung 25 Ergebnisse - Umwelt und Gesundheit (Standort D)

Szenario 1 zeigt nur geringe Abweichungen vom Ausgangsszenario Verschlechterungen durch die geänderte Betriebsführung zeigen sich vor allem im Bereich der höheren Wärmeverluste und der Verkürzung der Anlagenlebensdauer durch eine erhöhte Zahl von Abschaltvorgängen in der Anlage. Die Stromerzeugung sinkt leicht wogegen der Ascheanfall steigt. Eine leichte Verbesserung gibt es im Bereich der Emissionen und auch die spezifischen CO₂-Äquivalente sinken leicht.

Szenario 2 zeigt durch den Wegfall der landwirtschaftlichen Produkte einerseits Verbesserungen der brennstoffbereitstellenden Bewirtschaftungsform (Forstwirtschaft statt intensiver Landwirtschaft). Andererseits sinken dadurch auch die Vorläuferemissionen aus diesem Teil der Prozesskette und der Wasserverbrauch. Zusätzlicher Betriebsmitteleinsatz für die Förderbänder, der Einsatz für die Herstellung der Anlagenteile und der höhere Ascheanfall bringen hier eine leichte Verschlechterung der Bewertung mit sich. Die erhöhte Anzahl von Servicefahrten sowie der Abbau der bestehenden Anlage schlagen sich in einer Verschlechterung im Bereich Energieeinsatz am Standort nieder. Im Bereich Flächen sind die zusätzlich notwendigen Versiegelungen negativ bewertet.

Tabelle 51: Befragungsergebnisse B Sicherung und Qualität der Beschäftigung (Standort D)

Kriterien	Indikator/ Parameter	Szenario D1		Szenario D3	
		Antwort	B	Antwort	B
Gefährdung für Betreiber bzw. Angestellte	Gefährdung der AnlagenbetreiberInnen	keine Veränderungen	0	keine Angaben	0
	Vorsorgemaßnahmen geplant	nicht relevant	0	keine Angaben	0
	Unfallwahrscheinlichkeit	nicht relevant	0	gering	0
	Angaben über Fehlertoleranz	nicht relevant	0	ja	0
	Umwelt- und Energiemanagementsystem vorhanden	ja	0	ja	0
	Belastung am Arbeitsplatz	keine Angaben	0	keine Angaben	0
Qualität der Arbeit	Möglichkeiten zum Diskurs gegeben	keine Veränderungen	0	0	0
	Arbeitsplatzqualität entlang Wertschöpfungskette	keine Veränderungen	0	gut	0
Sicherung Arbeitsplätzen	Anzahl der Arbeitsplätze	0	0	1	1
	Qualifikationsstruktur	0	0	Facharbeiter	1
	Regionale Betriebe für Erweiterung und Wartung involviert	keine Veränderungen	0	Ja	1
	Indirekte Beschäftigung	0	0	0 - 10	1
Gleichbehandlung	Berücksichtigung von Gleichbehandlungsaspekten	nein	-0,5	nein	-0,5
Absicherung	Art der Arbeitsverhältnisse, Gehaltsniveau	0	0	KV	0

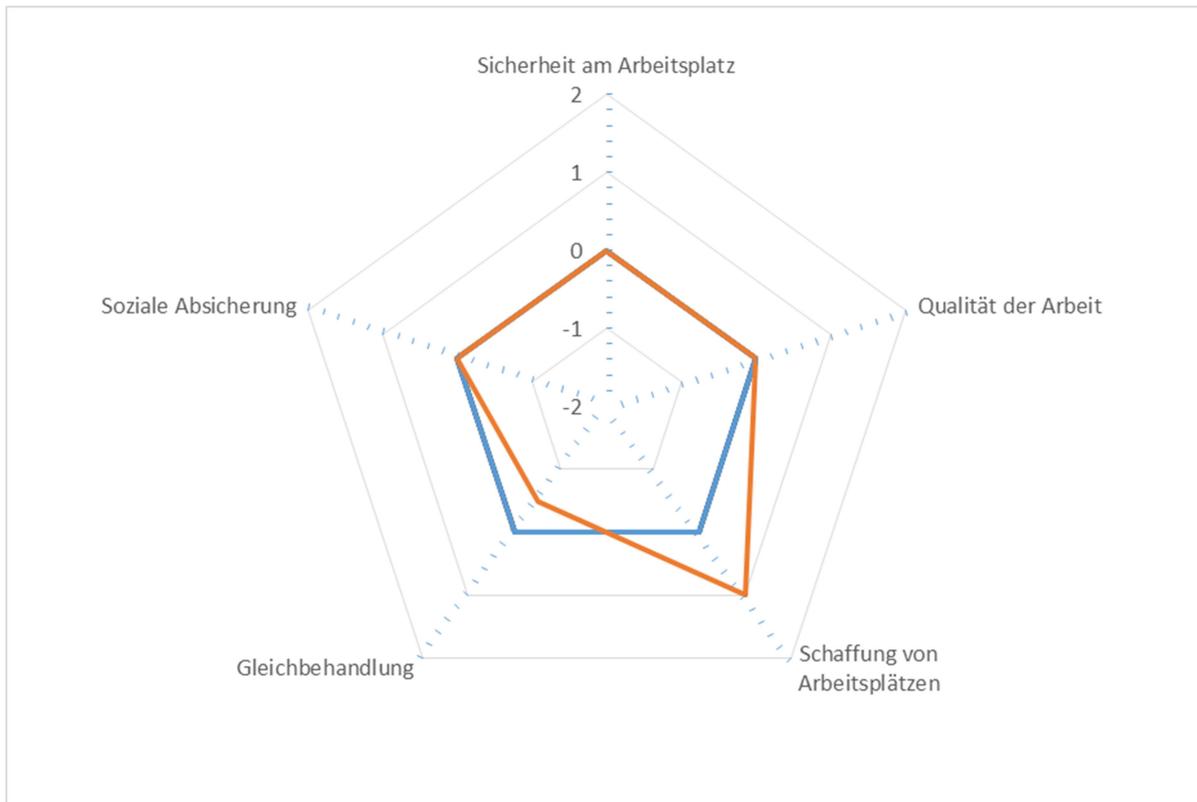


Abbildung 26: Ergebnisse B Sicherung und Qualität der Beschäftigung Standort D

Szenario 1 zeigt keine Veränderung gegenüber dem Ausgangsszenario. Szenario 3 eine Verschlechterung im Bereich Gleichbehandlung, welche auch im Bereich der neuen Wertschöpfungskette nur eine untergeordnete Rolle spielt. Eine Verbesserung zeigt das Szenario im Bereich der Arbeitsplätze durch Schaffung eines Arbeitsplatzes und Sicherung von Arbeitsplätzen durch die Einbeziehung von regionalen Betrieben in die Wartung der neuen Anlage.

Tabelle 52: Befragungsergebnisse C Wissen (Standort D)

Kriterien	Indikator/ Parameter	Szenario D1		Szenario D3	
		Antwort	B	Antwort	B
Wissen	Dokumentation neues Wissen	0	1	ja	1
	Nutzung der Dokumentationsergebnisse	0	1	ja	1
	Weitergabe des Wissens	0	1	ja	1
Zusatzqualifikationen	Qualifikationsmodelle vorhanden	0	0	ja	1
	Weiterbildungsmöglichkeiten vorhanden	0	0	ja	1
	Finanzierung für Weiterbildung		0	Im Rahmen der Arbeitszeit	1

Kriterien	Indikator/ Parameter	Szenario D1		Szenario D3	
		Antwort	B	Antwort	B
	vorhanden				
Forschung	Zusätzliche Forschungstätigkeit während Betrieb geplant?	0	0	ja	1
Vernetzung Wissen	Monitoring Konzepte	nein	1	ja	1
	Dokumentation der Monitorinergebnisse	nein	1	ja	1
	Nutzung der Dokumentationsergebnisse	ja	1	ja	1
	Vernetzung der Ergebnisse	nein	0,5	ja	1

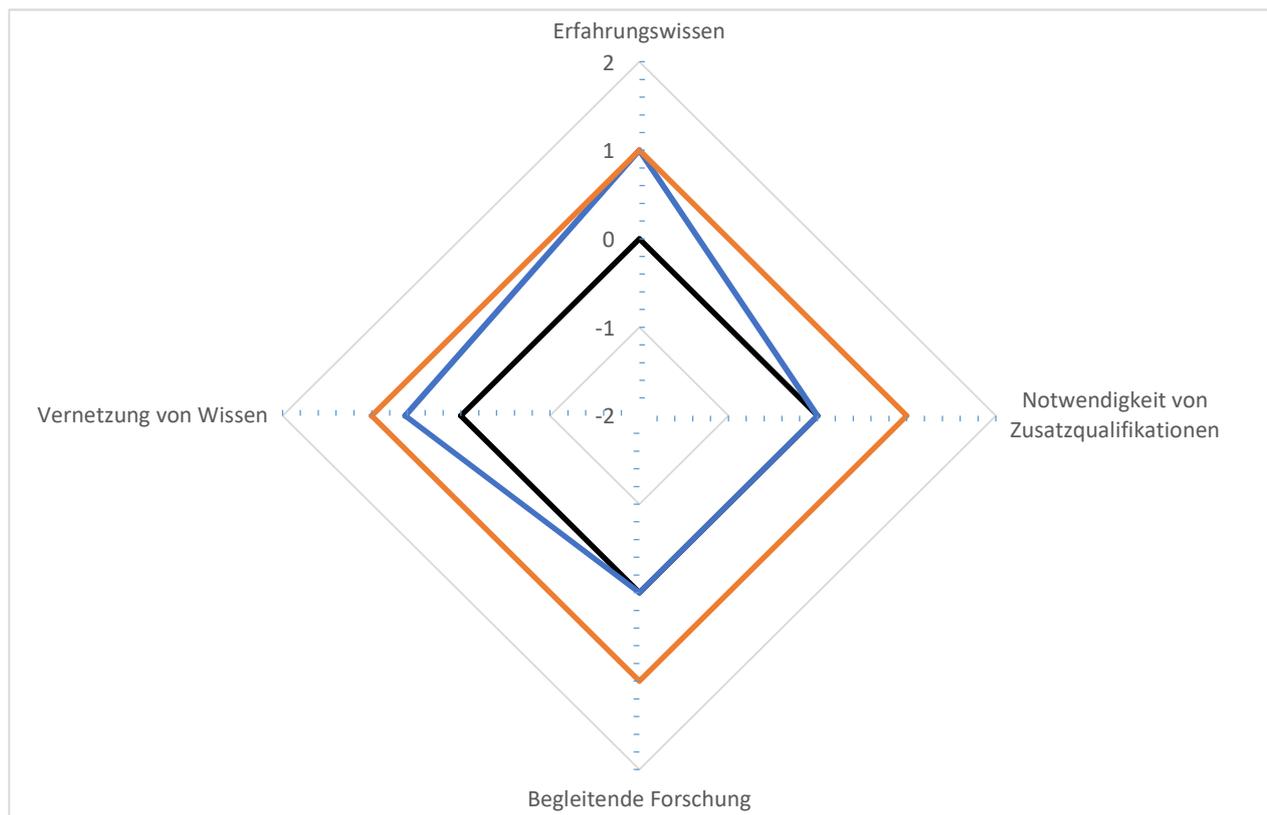


Abbildung 27: Ergebnisse C Wissen (Standort D)

Die Verbesserungen in Szenario 1 beziehen sich auf die Vernetzung von Wissen. In Szenario 3 wird diese Vernetzung ergänzt um Forschungstätigkeit, die Notwendigkeit von Zusatzqualifikationen und deren Erlangung im Rahmen von Weiterbildungsmöglichkeiten am Arbeitsplatz.

Tabelle 53: Befragungsergebnisse D Regionalentwicklung (Standort D)

Kriterien	Indikator/ Parameter	Szenario D1		Szenario D3	
		Antwort	B	Antwort	B
regionalen (n)frastruktur	Diskurs über Entwicklung der Infrastruktur	keine Veränderung	0	Behörde, Anrainanhörung zur Bewilligung (Siehe oben)	s.o.
	Investitionen in Verkehrsinfrastruktur		0		0
	Investitionen in Bildungs- /Ausbildungsinfrastruktur		0		0
	Investitionen in institutionelle Infrastruktur		0		0
Wertschöpfung i.	Wertschöpfung in der Region	unklar	0	unklar	0
	Steueraufkommen in der Standortgemeinde		0	ca. € 1.000,-	0,5
Beitrag zur Versorgungssicherheit	Versorgungssicherheit Hauptenergieträger	sehr gut	0	sehr gut	0
	Versorgungssicherheit Endkunde	sehr gut	0	sehr gut	0
Vernetzung Regionen	Möglichkeit zum Diskurs gegeben	nein	0	ja	s.u.
	Verstärkte Vernetzung findet statt	nein	0		0
Kulturlandschaft	Veränderung der Waldfläche zur Deckung des Brennstoffbedarf	größer	-1	größer	-2
	Neue Gebäude auf Kulturlandschaftsflächen	nein	0	nein	0
	Neue Gebäudeflächen in Siedlungsgebiet	nein	0	ja, kein Diskurs	-1
Existenzsicherung	Beitrag zur Stärkung der Existenzsicherung von Land- und Forstwirten	geringfügig (10 t/a)	0,5	ja	1

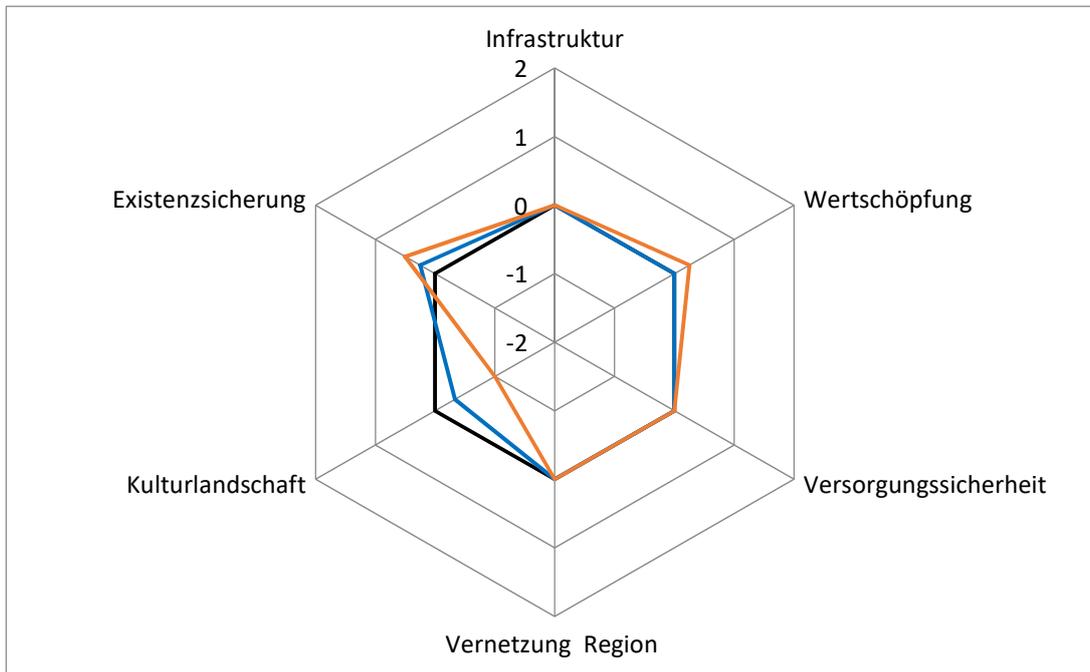


Abbildung 28: Ergebnisse D Regionalentwicklung (Standort D)

Szenario D1 zeigt Veränderungen als Verschlechterung durch die Vergrößerung der genutzten Waldfläche, die jedoch direkt die Existenzsicherung der Forstwirte unterstützt. Szenario D3 erhöht das Steueraufkommen in der Gemeinde geringfügig und auch hier wirkt die Nutzung einer größeren Waldfläche direkt auf die Existenzsicherung der Forstwirte. Um genau zu klären, wie diese Flächennutzungsveränderungen im Verhältnis zum Kulturlandschaftsschutz von den Betroffenen wahrgenommen und bewertet werden, wäre ein Diskurs notwendig.

Tabelle 54: Befragungsergebnisse E Akteursinteraktionen (Standort D)

Kriterien	Indikator/ Parameter	Szenario D1		Szenario D3	
		Antwort	B	Antwort	B
Mitsprache der entlang Wertschöpfungskette	Diskurs	nein	0	j	s.o.
	Rechtzeitige Einbindung und Mitsprache in Entscheidungsprozess	nein	0	n	
	Transparenz des Prozesses	nein	0	n	
	Verträge/Kooperationsformen entsprechen den vereinbarten/ erwünschten Zielen		0	0	
Mitsprache	Möglichkeit zum Diskurs		0	nein	s.o.

Kriterien	Indikator/ Parameter	Szenario D1		Szenario D3	
		Antwort	B	Antwort	B
	Einbindung rechtzeitig, echte Mitsprache möglich	0		nein	
	Transparenz des Prozesses	0		nein	
	Implementierung der Anlage entspricht den vereinbarten/ erwünschten Ergebnisse	0		nicht klar	
Beteiligung	Möglichkeiten zur finanziellen Beteiligung	nein	0	nein	0
Wahlfreiheit	Anteil der Bevölkerung mit Möglichkeit Strom oder Wärme aus Anlage zu beziehen	100% bei Wahlfreiheit	0	100% bei Wahlfreiheit	0
	Bindungsfristen für den Anschluss an die erweiterte Anlage	0	0	0	0
Diskurs	Diskurs zu den Themen: Flächen, Arbeitsplatzqualität, Vernetzung, Kulturlandschaft, Einkommen für LW und FW, Kooperationsformen und Beteiligungsmöglichkeit	keine Veränderungen	0	ja, da vorgeschrieben	0,5

Die einzige Veränderung ist hier in Szenario D3 zu erkennen, da hier ein Diskurs ermöglicht wird. Die bloße Erfüllung von Gesetzen ist jedoch nur gering positiv bewertet.

Tabelle 55: Befragungsergebnisse F Wirtschaftlichkeit (Standort D)

Kriterien	Indikator/ Parameter	Szenario D1		Szenario D3	
		Antwort	B	Antwort	B
Diverse Indikatoren für die Wirtschaftlichkeit der Anlage	Dynamische Investitionsrechnung		0	Annuität der Investition (exkl. Förderung): 151.979 €; dynamische Amortisationsdauer: Wärmenetz ist ab 2027 amortisiert (18 Jahre)	-0,5
	Strom/Wärmegestehungskosten durch das Biomasse- / Solar KWK				0
	Wärmegestehungskosten inkl. direkter Förderung		0	0,183 €/kWh	-1
	Wärmegestehungskosten exkl. Förderung		0	0,161 €/kWh	-1

Kriterien	Indikator/ Parameter	Szenario D1		Szenario D3	
		Antwort	B	Antwort	B
Marktanalyse	Markanalyse für Brennstoffmarkt, Fernwärmemarkt Anlagenmarkt und Strommarkt durchgeführt		1	n	0
	Rohstoffpotentialanalyse	j	1	j	1
	Konkurrenznutzungen erhoben bzw. bedacht	j	1	j	1
Fernwärmefachfrage	Mögliche zusätzliche Anschlussleistung		0	12 KW	1
	Entwicklung Gesamtwärmebedarf im Netz		0	15.000-100.000 kWh	1
Preisstabilität	Sensitivität der Wärmegestehungskosten auf Energie-Marktpreisschwankungen		0		0
Leistungsbilanzeffekte	Importreduktion Primärenergie	Keine Effekte	0	Keine Effekte	0
	Importreduktion Primärenergie [kWh/a]				
	energetische Effekte [€/a]				
	nicht energetische Effekte [€/a]				
Beschäftigungseffekte	direkte zusätzliche Beschäftigung [VZÄ]	Keine Effekte	0	Keine Effekte	0
	indirekte zusätzliche Beschäftigung [VZÄ]				
	(direkte) Beschäftigung vor Ort [VZÄ]				
BIP-	BIP-Wachstum [Euro/a]				

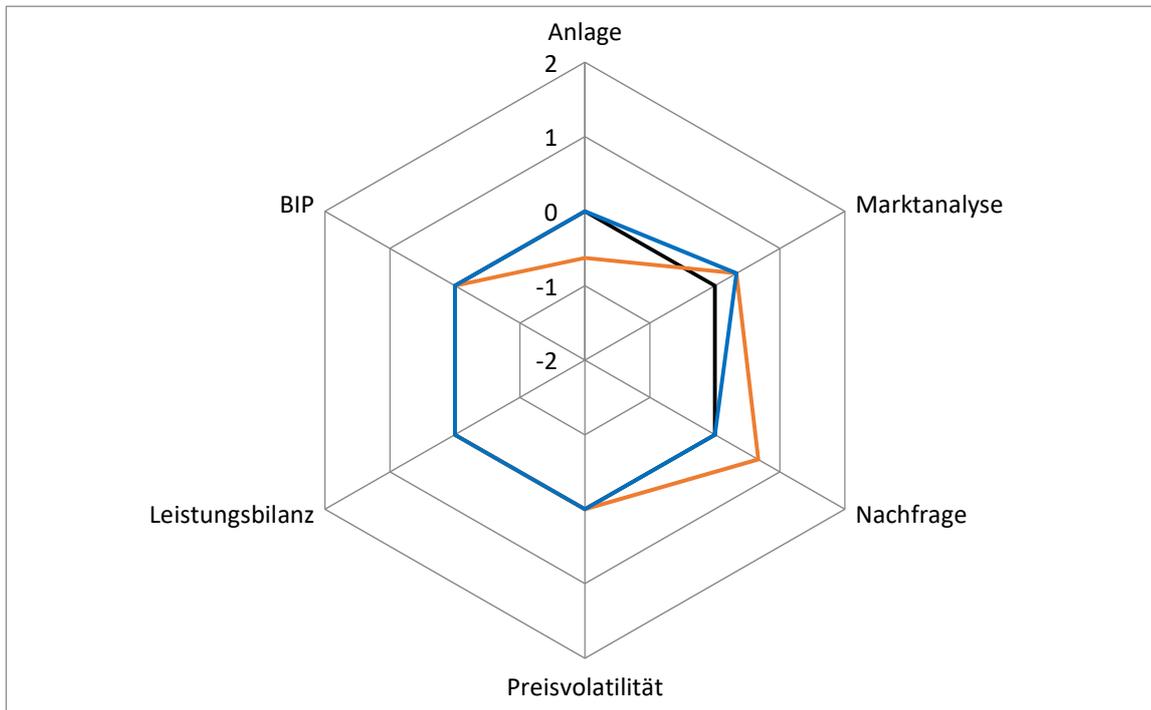


Abbildung 29: Ergebnisse F Wirtschaftlichkeit (Standort D)

In Bezug auf die Wirtschaftlichkeit ist Szenario 3D im Bereich der Amortisation negativ bewertet. Für D1 fallen keine zusätzlichen Kosten an. Marktanalysen wurden für beide Szenarien durchgeführt. In Szenario3 wirkt sich die Steigerung der Fernwärme-Nachfrage, bzw. der Anschlussleistung positiv aus. volkswirtschaftliche Effekte sind nicht zu erwarten.

5.7.4 Zusammenführung der Ergebnisse Standort B

Abbildung 30 zeigt die Zusammenfassung aller Kategorien. Hierfür wurde aus allen Unterkategorien das arithmetische Mittel für jede einzelne der folgenden Hauptkategorien gebildet und der Basisvariante gegenübergestellt.



Abbildung 30: Nachhaltigkeitsperformance Standort D

Positive Aspekte zeigen sich in beiden Szenarien in allen Bereichen. Im Bereich Wissen einerseits aufgrund der aktuellen Forschung und der dadurch induzierten Wissensvernetzung und andererseits, in Szenario D3 durch notwendige Qualifizierung für die Arbeit in der neuen Anlage. Durch die neue Anlage werden ein Arbeitsplatz geschaffen und durch den erhöhten Wartungsaufwand, für den regionale Betriebe herangezogen werden auch ev. Arbeitsplätze in der Region gesichert. Darüber hinaus verbessert der erhöhte Brennstoffbedarf die Existenzsicherung forstwirtschaftlicher Akteure. Akteursinteraktionen erfahren in D3 eine leichte Verbesserung, da ein Beteiligungsverfahren durchgeführt werden müsste. Durch die Möglichkeit zusätzlicher Fernwärmeanschlüsse in D3 verbessert sich die Wirtschaftlichkeit auf Anlagenebene etwas. Verbesserungen im Umweltbereich zeigen sich durch eine Verringerung von Emissionen und auch CO₂-Äquivalente in beiden Szenarien. Der Wechsel von Biomasse aus intensiver Landwirtschaft zu forstlicher Biomasse verringert Vorläuferemissionen aus der Brennstoffbereitstellung.

Dieser Wechsel bringt jedoch auch wirtschaftliche Verschlechterungen für die landwirtschaftlichen BiomassenbereiterInnen mit sich. Weitere **negative Aspekte** finden sich im Bereich der Wirtschaftlichkeit in der negativ bewerteten Amortisationszeit und der Wärmegestehungskosten in D3. Die Nutzung einer größeren Waldfläche für die Brennstoffbereitstellung kann negative Auswirkungen auf die Kulturlandschaft haben. Die Versiegelung zusätzlicher Flächen ist ebenfalls negativ zu werten. Die Verringerung der Anlagenlebensdauer durch eine erhöhte Zahl von Abschaltvorgängen in D1 ist hier ebenfalls zu nennen. Erhöhter Aschanfall und Emissionen durch höhere Zahl von Servicefahrten in D3 schlagen im Bereich der Umwelt zu Buche. Dies ist auch vor dem Hintergrund der in beiden Szenarien niedrigeren Energieerzeugung zu betrachten.

Zielkonflikte zeigen sich z. B. im Bereich der Brennstoffbereitstellung zwischen land- und forstwirtschaftlichen Interessen oder auch durch den erhöhten Bedarf an Wartung in D3 der einerseits Arbeitsplätze positiv beeinflussen kann andererseits jedoch über die dafür notwendigen Fahrten Emissionen und Energiebedarf erhöht. **Insgesamt zeigt D3 die etwas bessere Nachhaltigkeitsperformance.**

6 Generelle Anmerkungen

Die **Nachhaltigkeitsperformances** der verschiedenen Standortvarianten zeigen ein differenziertes Bild. Die Abhängigkeit von spezifischen Standortfaktoren - wie zum Beispiel bereits verbauten oder bestehenden Kulturlandschaftsflächen, den betroffenen Personen- wie zum Beispiel Forstwirten und deren Existenzsicherung oder spezifischen Umweltfaktoren wie vorhandene Ressourcen und daraus resultierende Transportwege zeigen die **Komplexität des Themas**. Darüber hinaus sind hier auch die Ansprüche künftiger Generationen zum beispielsweise in Bezug auf Bereich der Investitionen, Flächen- oder Ressourcenverbrauch zu beachten.

Was sich jedoch gezeigt hat ist, dass verschiedene Anlagen- oder Adaptierungsvarianten durchaus in unterschiedlichen Bereichen einen **Beitrag zu nachhaltiger Entwicklung leisten können**. Die Unterschiede zwischen den Varianten zeigen, dass es aus Sicht der Nachhaltigkeit jedenfalls wichtig ist, mögliche Auswirkungen, einander gegenüberzustellen und die Ergebnisse **in die technische Entscheidungsfindung miteinzubeziehen**. Auftretende **Zielkonflikte** zwischen unterschiedlichen Bereichen müssen angesprochen und – oft im Sinne eines „trade off“ gelöst werden. Eine wichtige Maßnahme im Sinne der, allen Nachhaltigkeitskonzepten inhärenten, **Partizipation** ist die Einbeziehung betroffener Personen(gruppen) in die Entwicklung von Konzepten oder Planungen von Anlagen. Einerseits um über Fragen wie wieviel Kulturlandschaft jedenfalls geschützt werden muss, wieviel in einem Abwägungsprozess „zur Verfügung gestellt werden“ kann, zu diskutieren. Andererseits können in einem diskursiven Prozess gefundene **Lösungen tragfähiger und langfristiger** wirken (Kopfmüller et al. 2001).

7 Literaturverzeichnis

Adensam, H., Schidler, S., Büchsenmeister, R., Jandl, R., Volk, B., 2009, Nachhaltigkeitsaspekte bei der Standortwahl von Biomasse (Heiz)Kraftwerken. Endbericht. BFW, Wien.

Alpha-innotec 2014, Wärmepumpen. http://www.alpha-innotec.fi/uploads/Preisliste_2014_CH_DE.pdf; 14.12.2017

Armaturenfabrik, s.a., Absperrventile. <http://www.armaturenfabrik.eu/dl/absperrventile.pdf>; 20.01.2018

Bachhiesl, M., 2000, Systemansatz zur Asuwahl von Stoffen mitumweltrelevanter Konzentration bei Umweltverträglichkeitsprüfungen. Verbund, Technische Universität Graz, Wien

Becker, A., 2001, Zukunftsfähige Politik. Volkswirtschaftliche, ökologische und soziale Aspekte vernetzt. München, ökom verlag

Betonwerk Jungwirth GmbH, s.a., Betonwaren. <http://jungwirth.co.at/produkte>; 15.1.2018

Biomasseverband, s.a., Umrechnungstabelle Brennstoffe. http://www.biomasseverband-ooe.at/uploads/media/Downloads/ Publikationen/ Umrechnungstabellen_Brennstoff_Holz-BMV-OOe.pdf, 26.01.2018

BMDW, 2016, https://www.bmdw.gv.at/EnergieUndBergbau/Energieeffizienz/Documents/Energiestatus_2016_barrierefrei_Impressum%20korr.pdf, 09.02.2018 (Zugriffsdatum)

BMLFUW, 2002, Die österreichische Strategie zur Nachhaltigen Entwicklung. Wien, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.

Bramac, s.a., Solarflüssigkeiten. <https://www.bramac-solar.at/solar/solkomponenten/solarfluessigkeit.html>; 22.1.2018

Buntmetall amstetten GmbH, s.a.,
http://www.buntmetall.at/internet/de/produkte/kupferrohre/kupferrohre_1.jsphhttp://www.reflex.de/produkte/produkt-detail/?tx_esreflexproducts_pi2%5Bartikelnr%5D=8527100&cHash=5577cfdc342987117da73311fd78e6be;
15.1.2018

Carbonizer, s.a., <http://www.carbonizer.de/content.php?id=75;>, 24.01.2018

CSD, 2001: Indikatorensystem.
https://www.nachhaltigkeit.info/artikel/csd_indikatoren_fuer_nachhaltige_entwicklung_1996_1357.htm; 12.3.2016.

Dehoust, s.a. Wärmespeicher für die regenerative Energieversorgung, Energie nachhaltig speichern. Wärmespeicher für die regenerative Energieversorgung; 18.1.2018

EPO 2009, <https://data.epo.org/publication-server/rest/v1.0/publication-dates/20100106/patents/EP1640633NWB1/document.pdf>; 27.01.2018

Europäische Kommission, 2002, Strategie der Europäischen Union für nachhaltige Entwicklung. Europäische Kommission: 134.

Ferhatbegovic, T., Gawlik, W., Haas, R., Hartl, M., Hauer S., Heimberger, M., Henein, S., Hiesl, A., Jasek, P., Klug, R., Kodre, B., Kozek, M., Kupzog, F., Leitner, M., Leobner, I., Ponweiser, K., Schidler, S., Schirrer, A., Stockinger, J., Taus, H., Volcic, M., Zucker, G., 2015, SmartCityGrid: CoOpt, Koordinierte Optimierung von erneuerbarer Energie in Netz und Gebäude bei Planung und Betrieb. Eneruerbare Energien 2020, Endbericht.

Geissler, S., Mussak, R., Bechtold, T., Klug, S., und Vogel-Lahner, T., 2006: Nachwachsend = nachhaltig? Eine Analyse am Beispiel pflanzlicher Textilfärbung. GAIA 15/1 (2006): 44-54.

Greis, F., 2002, Wörterbuch zur lokalen Agenda 21. Uni Mainz

Greenotec, s.a., Großflächenkollektor.
http://www.greenonotec.com/sites/default/files/downloads/3002_de_pdb_2018-01_0.pdf; 20.1.2018

Grosch, B., 2001, Strategien zur Reduzierung der Flächenversiegelung in der räumlichen Planung sowie flankierende Instrumente –mit Schwerpunkt „gesplittete Abwassergebühren. Institut für Wasserversorgung, Abwassertechnik, Abfalltechnik Umwelt – und Raumplanung (WAR), Technische Universität Darmstadt, Darmstadt

Isoplus 2018a, <http://www.isoplus.de/fileadmin/data/downloads/documents/germany/products/isoplus-EinzelrohrKONTI-Detail.pdf?PHPSESSID=8f0344e37de48788fe1b5f3016b4047e>; 12.01.2018

Isoplus, 2018b, <http://www.isoplus.de/de/kontakt/deutschland/?PHPSESSID=8f0344e37de48788fe1b5f3016b4047e>; 12.01.2018

- Käppler, E., 2017, Lebenszyklusanalyse der Strom- und Wärmeerzeugung einer Holzvergasungsanlage inklusive Nahwärmenetz - Am Beispiel des Schwebefestbettvergasers des Energiewerk Ilg, Dornbirn. Masterarbeit, Fachhochschule Vorarlberg, Energietechnik und Energiewirtschaft.
- Kern, s.a, Polyethylen hoher Dichte. https://www.kern.de/de/technisches-datenblatt/polyethylen-pe-hd?n=1411_1; 21.01.2018
- Lauber, 2017, Hackschnitzeltrockner. <https://www.lauber-holztrockner.de/l-enz-hackschnitzeltrockner.html>, 12.12.2017
- Kapeller, J., Schütz, B., Tamesberger, D., 2013, Die Regulation der Routine: Über die regulatorischen Spielräume zur Etablierung nachhaltigen Konsums. *Wirtschaft und Gesellschaft*, 39/2 207-232
- Kopfmüller, J.; Brandl, V.; Jörissen, J.; Paetau, M.; Banse, G.; Coenen, R.; Grunwald, A., 2001, Nachhaltige Entwicklung integrativ betrachtet. Konstitutive Elemente, Regeln, Indikatoren. Berlin, Edition Sigma.
- ms-Stahlhandel, s.a., Stahlrohre. <http://www.ms-stahlhandel.at/>; 15.1.2018
- Mühle, H., 2000, Der Syndrom-Ansatz – eine Möglichkeit für die Entwicklung von Nachhaltigkeitsindikatoren. ITAS, Karlsruhe, https://www.tatup-journal.de/tadn002_mueh00a.php; 31.3.2013.
- Renn, O., Deuschle, J., Jäger, A., Weimer Jehle, W., 2008, Leitbild Nachhaltigkeit: Eine normativ-funktionale Konzeption und ihre Umsetzung. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden
- Reichholf, J., H., 2007, Eine kurze Naturgeschichte des letzten Jahrtausends. Ficsher Verlag, Frankfurt
- Reflex, s.a., Ausdehnungsgefäß. http://www.reflex.de/produkte/produkt-detail/?tx_esreflexproducts_pi2%5Bartikelnr%5D=8527100&cHash=5577cfdc342987117da73311fd78e6be; 15.1.2018
- Stockinger, H., Obernberger, I., 2005, Systemanalyse der Nahwärmeversorgung mit Biomasse. Institut für Ressourcenschonende u. Nachhaltige Systeme, Techn. Univ. Graz
- Schidler, S., 2003, Technikfolgenabschätzung der grünen Bioraffinerie. Institut für Technikfolgen der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien.
- Schidler et al., 2014: BIOconSOLAR KWK Kombination von konzentrierender Solarthermie und einer Biomasse KWK-Anlage mit ORC-Technologie, Arbeitsbericht - 5. Ausschreibung NEUE ENERGIEN 2020.
- Schidler, S., Adensam, H., Kimla, V., und Volk, B., 2010: Nachhaltigkeitsassessment einer PV-Anlage mit Speicher, Endbericht. Wien.
- Schulte, E., 2000: TA-Projekt "Nachhaltige Landwirtschaft und Grüne Gentechnik - Fazit und Ausblick." BATS, Zürich, Schweiz, http://www.bats.ch/bats/publikationen/nachhaltige_landwirtschaft/nachhaltige_landwirtschaft.pdf; 31.3.2013.
- Solarbayer GmbH, s.a., Plattenwärmetauscher. <https://www.solarbayer.de/plattenwaermetauscher.html>; 22.1.2018
- Sterrer, R., Schwandt, O., Schidler, S., Forstinger, M., Hammerschmied, A., 2014, BIOconSOLAR KWK. Kombination von konzentrierender Solarthermie und einer Biomasse KWK-Anlage mit ORC-Technologie. Neue Energien 2020, Wien. Endbericht

Strange, T. and Bayley, A. (2008) OECD Insights Sustainable Development Linking Economy, Society, Environment. OECD Report, Geneva.

Taborsky, 2018, Trapezprofile <http://www.taborskyprofil.com/> , 26.01.2018

Tritthart, W., 2007, Evaluation report on the experiences with the pilot application of biomass standards. Inter-University Research Centre of Technology, Work and Culture, Graz

Universitätsrat Bremen, 2000, Wasser-Wissen-Lexikon für Wasser und Abwasser. <http://www.wasser-wissen.de/abwasserlexikon.htm>; 10.1.2016

Wärmedämmstoffe, s.a., <http://www.waermedaemmstoffe.com/htm/pur.htm>; 05.02.2018

Wilo, s.a., Pumpe - Yonos MAXO-D 40/0,5-12. https://wilo.com/ng/en/Products-and-expertise/Series-Finder/Yonos-MAXO-D-40-0-5-12_3674.html; 11.01.2018