

Abschlussbericht

GREENING THE GAS – KOSTENBETRACHTUNG DER EINBINDUNG EXISTIERENDER BIOGASANLAGEN IN DAS ÖSTERREICHISCHE GASNETZ

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Thomas Kienberger

Dipl.-Ing. Christoph Sejkora

Dipl.-Ing. Matthias Greiml

Dipl.-Ing. Lukas Kriechbaum

Lehrstuhl für Energieverbundtechnik

Montanuniversitaet Leoben

Oktober 2019

KURZFASSUNG

Um die Klima- und Energieziele der Republik Österreich zu erreichen, müssen sämtliche Wirtschaftssektoren und Energieträger berücksichtigt werden. Aus diesem Grund wird im Auftrag der Österreichischen Vereinigung für das Gas- und Wasserfach (ÖVGW) im Projekt „Greening the Gas“ untersucht, wie weit der Anteil an erneuerbaren Gasen im bestehenden Erdgasnetz erhöht werden kann.

In der hier vorliegenden Studie werden die Kosten untersucht, welche durch die Umstellung bestehender Biogasanlagen zur Netzeinspeisung anfallen. Dabei wurden die Kosten von Einspeiseanlage, Verdichteranlage und Leitungen zur Berechnung der kumulierten bzw. spezifischen Gesamtanschlusskosten verwendet. Zur Minimierung der Anschlusskosten wurden geeignete Biogasanlagen von den Netzbetreibern zu Verbunden zusammengeschlossen, um eine bessere Auslastung der Infrastruktur zu ermöglichen. Dadurch konnten die Gesamtkosten für Leitungen und Verdichteranlage gesenkt werden.

Es wurden für jede Biogasanlage die Barwerte über den kalkulatorischen Betrachtungszeitraum von 20 Jahren ermittelt, aufsteigend sortiert und kumuliert. Dies zeigt, zu welchen Kosten welche Anschlussleistung möglich ist. So könnte bei einer Gesamtinvestition von 100 Mio. EUR der Netzanschluss von 74 Anlagen mit einer Gesamtanschlussleistung von 16 813 Nm³/h realisiert werden. In dieser Studie konnte ermittelt werden, dass bei Anschluss aller in dieser Studie berücksichtigten Biogasanlagen an das Gasnetz nur etwa 10 % der durchschnittlichen Biomethangestehungskosten inkl. Netzanschluss und Netzeinspeisung durch Bau und Betrieb der Einspeiseanlagen, Leitungen und Verdichteranlage verursacht werden.

Bei der Biogasaufbereitung müssen beträchtliche Mengen an CO₂ abgeschieden werden. Dieses CO₂ könnte in Zukunft in dezentralen Power-to-Gas Anlagen zur Methanisierung von erneuerbarem Wasserstoff eingesetzt werden.

INHALTSVERZEICHNIS

Abbildungsverzeichnis	I
Tabellenverzeichnis	V
1 Einleitung	1
2 Methodik.....	4
2.1 Datenerhebung.....	4
2.1.1 Anschlusskonzepte – Anbindung der Anlagen an das Netz	5
2.2 Kostenberechnung.....	10
2.2.1 Grundlagen der Kostenansätze	11
2.2.2 Verwendete Kostenansätze	15
2.2.3 Berechnungsmethodik	16
2.3 Ergebnisdarstellung	22
3 Ergebnisse	24
3.1 Berücksichtigte Anlagen	24
3.2 Gesamtkosten im Betrachtungszeitraum (CapEx & OpEx).....	25
3.3 Spezifische Gesamtanschlusskosten.....	27
4 Zusammenfassung	29
5 Literaturverzeichnis	31
6 Anhang	32
6.1 Ergebnisse je NUTS 1 Region	32
6.1.1 Region Ostösterreich.....	32
6.1.2 Region Südösterreich	40
6.1.3 Region Westösterreich.....	46

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1-1: Durchflussschema einer Biogasanlage mit Direktverstromung im BHKW und Einspeisung in das öffentliche Gasnetz (Quelle: eigene Darstellung)	1
Abbildung 2-1: Bestehende Biogasanlagen in Österreich (Quelle Biogasanlagen: Kompost & Biogas Verband, Quelle Bezirksgrenzen: Statistik Austria - data.statistik.gv.at)	4
Abbildung 2-2: Erdgasleitungen und Lagerstätten in Österreich (Quelle: Gas Connect Austria)	5
Abbildung 2-3: Verbund 1 mit mehreren Anlagen und mit einer temporären Verdichtung auf eine höhere Netzebene (Quelle: Eigene Darstellung)	6
Abbildung 2-4: Verbund 2 mit einer Anlage und mit einer temporären Verdichtung auf eine höhere Netzebene (Quelle: Eigene Darstellung).....	7
Abbildung 2-5: Verbund 3 mit mehreren Anlagen, keine Verdichtung auf eine höhere Netzebene notwendig (Quelle: Eigene Darstellung).....	7
Abbildung 2-6: Verbund 4 mit einer Anlage, keine Verdichtung auf eine höhere Netzebene notwendig (Quelle: Eigene Darstellung)	8
Abbildung 2-7: Verbund 5 mit mehreren Anlagen, permanente Verdichtung notwendig (Quelle: Eigene Darstellung).....	8
Abbildung 2-8: Verbund 6 mit einer Anlage, permanente Verdichtung notwendig (Quelle: Eigene Darstellung).....	9
Abbildung 2-9: Verbund 7 mit mehreren Anlagen, keine Verdichtung notwendig, Verteilerleitung zu anderem Netz (Quelle: Eigene Darstellung)	9
Abbildung 2-10: Verbund 8 mit einer Anlage, keine Verdichtung notwendig, Verteilerleitung zu anderem Netz (Quelle: Eigene Darstellung)	10
Abbildung 2-11: Mittelung nach Leistungsklassen und anschließende Berechnung einer Regressionsgerade	12
Abbildung 2-12: Kostenverlauf Druckwasserwäsche für unterschiedliche Aufbereitungskapazitäten [5]	14
Abbildung 2-13: Kostenverlauf Druckwechseladsorption für unterschiedliche Aufbereitungskapazitäten [5]	14
Abbildung 2-14: Kostenberechnung – Biogasanlage (Quelle: Eigene Darstellung).....	18
Abbildung 2-15: Kostenberechnung Biogasanlage im Verbund (Quelle: Eigene Darstellung)	19
Abbildung 2-16: Berechnung spezifischer Gesamtkosten einzelner Anlagenkomponenten (Quelle: Eigene Darstellung).....	20
Abbildung 2-17: Beispielhafte Darstellung der angeschlossenen Anlagen bzw. der Summenleistung über den spezifischen Gesamtanschlusskosten (Quelle: Eigene Darstellung)	23
Abbildung 3-1: Berücksichtigte Biogasanlagen je Bundesland (Quelle: Eigene Darstellung)	25

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3-2: Aufsummierte Barwerte von OpEx, CapEx und Gesamtkosten über der Summenleistung (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) (Quelle: Eigene Darstellung)	26
Abbildung 3-3: Aufsummierte Barwerte von OpEx, CapEx und Gesamtkosten über der Anzahl der Anlagen (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) (Quelle: Eigene Darstellung)	26
Abbildung 3-4: Spezifische Gesamtanschlusskosten (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) (Quelle: Eigene Darstellung)	28
Abbildung 4-1: Zusammensetzung der durchschnittlichen spezifischen Gesamtkosten (CapEx und OpEx) (Quelle: Eigene Darstellung).....	30
Abbildung 6-1: Aufsummierte Barwerte von OpEx, CapEx und Gesamtkosten über der Summenleistung für AT-1 Ostösterreich (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) (Quelle: Eigene Darstellung)	32
Abbildung 6-2: Aufsummierte Barwerte von OpEx, CapEx und Gesamtkosten über der Anzahl der Anlagen für AT-1 Ostösterreich (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) (Quelle: Eigene Darstellung).....	33
Abbildung 6-3: Spezifische Gesamtanschlusskosten (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) für AT-1 Ostösterreich (Quelle: Eigene Darstellung)	33
Abbildung 6-4: Aufsummierte Barwerte von OpEx, CapEx und Gesamtkosten über der Summenleistung für das Burgenland (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) (Quelle: Eigene Darstellung).	34
Abbildung 6-5: Aufsummierte Barwerte von OpEx, CapEx und Gesamtkosten über der Anzahl der Anlagen für das Burgenland (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) (Quelle: Eigene Darstellung).....	34
Abbildung 6-6: Spezifische Gesamtanschlusskosten (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) für das Burgenland (Quelle: Eigene Darstellung).....	35
Abbildung 6-7: Aufsummierte Barwerte von OpEx, CapEx und Gesamtkosten über der Summenleistung für Wien (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) (Quelle: Eigene Darstellung)	36
Abbildung 6-8: Aufsummierte Barwerte von OpEx, CapEx und Gesamtkosten über der Anzahl der Anlagen für Wien (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) (Quelle: Eigene Darstellung) ...	36
Abbildung 6-9: Spezifische Gesamtanschlusskosten (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) für Wien (Quelle: Eigene Darstellung)	37
Abbildung 6-10: Aufsummierte Barwerte von OpEx, CapEx und Gesamtkosten über der Summenleistung für Niederösterreich (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) (Quelle: Eigene Darstellung).....	38
Abbildung 6-11: Aufsummierte Barwerte von OpEx, CapEx und Gesamtkosten über der Anzahl der Anlagen für Niederösterreich (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) (Quelle: Eigene Darstellung).....	38
Abbildung 6-12: Spezifische Gesamtanschlusskosten (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) für Niederösterreich (Quelle: Eigene Darstellung)	39

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 6-13: Aufsummierte Barwerte von OpEx, CapEx und Gesamtkosten über der Summenleistung für AT-2 Südösterreich (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) (Quelle: Eigene Darstellung).....	40
Abbildung 6-14: Aufsummierte Barwerte von OpEx, CapEx und Gesamtkosten über der Anzahl der Anlagen für AT-2 Südösterreich (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) (Quelle: Eigene Darstellung).....	40
Abbildung 6-15: Spezifische Gesamtanschlusskosten (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) für AT-2 Südösterreich (Quelle: Eigene Darstellung).....	41
Abbildung 6-16: Aufsummierte Barwerte von OpEx, CapEx und Gesamtkosten über der Summenleistung für Kärnten (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) (Quelle: Eigene Darstellung).....	42
Abbildung 6-17: Aufsummierte Barwerte von OpEx, CapEx und Gesamtkosten über der Anzahl der Anlagen für Kärnten (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) (Quelle: Eigene Darstellung).....	42
Abbildung 6-18: Spezifische Gesamtanschlusskosten (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) für Kärnten (Quelle: Eigene Darstellung)	43
Abbildung 6-19: Aufsummierte Barwerte von OpEx, CapEx und Gesamtkosten über der Summenleistung für die Steiermark (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) (Quelle: Eigene Darstellung).....	44
Abbildung 6-20: Aufsummierte Barwerte von OpEx, CapEx und Gesamtkosten über der Anzahl der Anlagen für die Steiermark (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) (Quelle: Eigene Darstellung).....	44
Abbildung 6-21: Spezifische Gesamtanschlusskosten (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) für die Steiermark (Quelle: Eigene Darstellung).....	45
Abbildung 6-22: Aufsummierte Barwerte von OpEx, CapEx und Gesamtkosten über der Summenleistung für AT-3 Westösterreich (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) (Quelle: Eigene Darstellung).....	46
Abbildung 6-23: Aufsummierte Barwerte von OpEx, CapEx und Gesamtkosten über der Anzahl der Anlagen für AT-3 Westösterreich (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) (Quelle: Eigene Darstellung).....	46
Abbildung 6-24: Spezifische Gesamtanschlusskosten (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) für AT-3 Westösterreich (Quelle: Eigene Darstellung)	47
Abbildung 6-25: Aufsummierte Barwerte von OpEx, CapEx und Gesamtkosten über der Summenleistung für Oberösterreich (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) (Quelle: Eigene Darstellung).....	48
Abbildung 6-26: Aufsummierte Barwerte von OpEx, CapEx und Gesamtkosten über der Anzahl der Anlagen für Oberösterreich (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) (Quelle: Eigene Darstellung).....	48

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 6-27: Spezifische Gesamtanschlusskosten (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) für Oberösterreich (Quelle: Eigene Darstellung).....	49
Abbildung 6-28: Aufsummierte Barwerte von OpEx, CapEx und Gesamtkosten über der Summenleistung für Salzburg (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) (Quelle: Eigene Darstellung).....	50
Abbildung 6-29: Aufsummierte Barwerte von OpEx, CapEx und Gesamtkosten über der Anzahl der Anlagen für Salzburg (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) (Quelle: Eigene Darstellung)	50
Abbildung 6-30: Spezifische Gesamtanschlusskosten (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) für Salzburg (Quelle: Eigene Darstellung).....	51
Abbildung 6-31: Aufsummierte Barwerte von OpEx, CapEx und Gesamtkosten über der Summenleistung für Tirol (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) (Quelle: Eigene Darstellung).....	52
Abbildung 6-32: Aufsummierte Barwerte von OpEx, CapEx und Gesamtkosten über der Anzahl der Anlagen für Tirol (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) (Quelle: Eigene Darstellung)	52
Abbildung 6-33: Spezifische Gesamtanschlusskosten (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) für Tirol (Quelle: Eigene Darstellung)	53
Abbildung 6-34: Aufsummierte Barwerte von OpEx, CapEx und Gesamtkosten über der Summenleistung für Vorarlberg (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) (Quelle: Eigene Darstellung).....	54
Abbildung 6-35: Aufsummierte Barwerte von OpEx, CapEx und Gesamtkosten über der Anzahl der Anlagen für Vorarlberg (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) (Quelle: Eigene Darstellung)	54
Abbildung 6-36: Spezifische Gesamtanschlusskosten (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) für Vorarlberg (Quelle: Eigene Darstellung).....	55

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 2-1: CapEx und OpEx der einzelnen Komponenten.....	16
Tabelle 2-2: Eingabevariablen für Kostenberechnung	17
Tabelle 2-3: Ergebnisvariablen der spezifischen Gesamtkostenberechnung	21
Tabelle 2-4: Ergebnisvariablen der Gesamtkostenberechnung	22
Tabelle 3-1: Anzahl der Anlagen, Summe der Nennleistungen sowie CapEx und OpEx je Investitionsvolumen.....	27
Tabelle 3-2: Anzahl der Anlagen und Summe der Nennleistungen je spez. Anschlusskosten.....	28

1 EINLEITUNG

Das österreichische Energiesystem soll bis 2050 weitgehend dekarbonisiert sein [1]. Bereits 2030 soll sich Österreich bilanziell zu 100 % mit erneuerbarem Strom versorgen. Zusätzlich hat es sich Österreichs Gaswirtschaft bis 2050 zum Ziel gesetzt, Erdgas im Raumwärmemarkt weitgehend durch erneuerbares Gas zu ersetzen [2]. Im Rahmen des Projekts „Greening the Gas“ untersucht der ÖVGW, welchen Beitrag das österreichische Gasnetz zu diesen Zielen leisten kann. Das Gesamtprojekt gliedert sich in drei Phasen:

- Phase 1: Umstellung bestehender Biogasanlagen zur Einspeisung von Biomethan in das Gasnetz (ab sofort)
- Phase 2: Heben von Potentialen sonstiger Biomasse-Reststoffströme zur Einspeisung von Biomethan (ab 2022)
- Phase 3: Erhöhen des eingespeisten Wasserstoffanteils im Gasnetz von 0 - 25 % (ab 2025)

Dieser Bericht fokussiert sich auf Phase 1 und stellt eine Kostenbetrachtung der Einbindung der bestehenden Biogasanlagen in das österreichische Gasnetz dar. Laut Kompost & Biogas Verband gibt es in Österreich 301 Biogasanlagen [3]. Beim überwiegenden Anteil der Anlagen wird das entstehende Rohbiogas gereinigt und direkt in einem Gasmotor (z.B. in einem Blockheizkraftwerk) verstromt (Abbildung 1-1, Verstromung in orange). Alternativ kann dieses Rohbiogas auch aufbereitet und als Biomethan in das öffentliche Gasnetz eingespeist werden (Abbildung 1-1, Biogaseinspeisung).

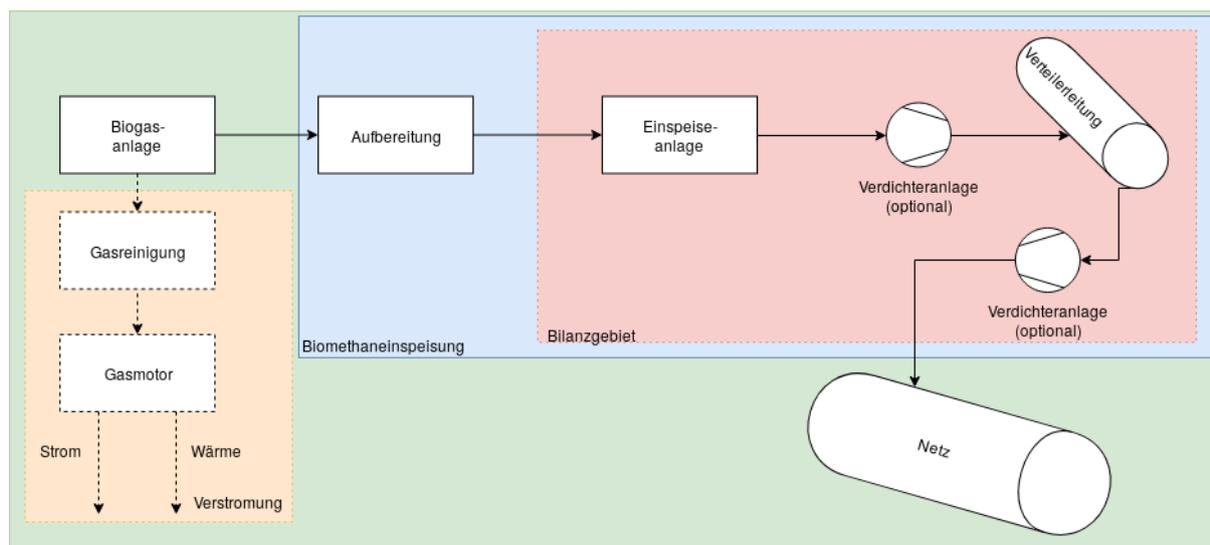


Abbildung 1-1: Durchflussschema einer Biogasanlage mit Direktverstromung im BHKW und Einspeisung in das öffentliche Gasnetz (Quelle: eigene Darstellung)

Vor der Einspeisung muss das Rohbiogas aufbereitet werden. Dabei gelten in Österreich die Regeln der ÖVGW Richtlinie G B220 [4]. Diese schreibt eine Reinigung (Schwefel, Wasserdampf) und eine Abtrennung des CO₂ aus dem Rohbiogas vor. Die CO₂-Abtrennung kann mittels Druckwasserwäsche, Druckwechseladsorption, Membrantrennverfahren, Aminwäsche oder Selexolverfahren durchgeführt werden [5]. All diese Prozesse werden in dieser Arbeit mit dem Terminus Aufbereitungsanlage bezeichnet.

Wenn der Ausgangsdruck der Aufbereitungsanlage größer als der Druck in der Verteilerleitung ist, kann im Fall, dass das Teilnetz¹ die gesamte eingespeiste Gasmenge aufnehmen kann, auf eine Verdichtung verzichtet werden. Ist dies nicht der Fall, ist eine Verdichteranlage für die Rückspeisung in die nächsthöhere Netzebene notwendig. Dabei wird die Verdichteranlage trotzdem als Teil des Bilanzgebietes berücksichtigt, da sie zur Realisierung der Netzeinspeisung der betreffenden Biogasanlage essentiell ist. Diese beiden Fälle sind durch die optionalen Verdichteranlagen in Abbildung 1-1 ersichtlich.

Die ÖVGW-Richtlinie G31 [6] definiert die Qualitätsanforderungen die für die Einspeisung und den Transport von Erdgas und biogenen Gasen im Gasnetz erforderlich sind. Für die Einspeisung von Biomethan schreibt die ÖVGW B220 eine kontinuierliche Messung von Methangehalt, Schwefel (z.B. als Schwefelwasserstoff) und Wassertaupunkt vor. Bei einer Einspeisung in Verteilnetze kann eine Gasodorierung, abhängig von der individuellen Netzsituation, notwendig sein. All diese beschriebenen Prozesse werden in dieser Arbeit unter dem Begriff der Einspeiseanlage zusammengeführt. Der Großteil der Biogasanlagen verfügt derzeit noch über keinen Gasanschluss. Dies bedeutet, dass auch noch die entsprechenden Anschlussleitungen (Hausanschlussleitung, Verteilerleitung) verlegt werden müssen. Wenn der Druck aus der Aufbereitungsanlage für eine Netzeinspeisung nicht ausreichend ist, ist zusätzlich eine Verdichteranlage notwendig.

All diese Anforderungen bedeuten, dass für eine Einspeisung von Biomethan ins Gasnetz zusätzliche Investitionen notwendig sind, welche sowohl von den Biogasanlageneigentümern als auch den Netzbetreibern getragen werden müssen. Diese Studie soll die Kosten, welche auf Seiten der Netzbetreiber anfallen, ermitteln. Aus diesem Grund wurde das Bilanzgebiet dieser Studie durch den Auftraggeber wie folgt definiert: Es umfasst die Einspeiseanlage², falls notwendig Verdichter, sowie benötigte Verteilerleitungen (rot markiertes Bilanzgebiet in Abbildung 1-1). Nicht Teil des Bilanzgebietes sind die Biogasanlage selbst, die

¹ Netzabschnitt mit gleichem oder niedrigerem Gasdruckniveau

²Die Einspeiseanlage inkludiert: Odorierung, Gasesstechnik, Gasanalysetechnik – Gaschromatograph, Sicherheitstechnik, Netzanschluss Strom, Behördenverfahren

Aufbereitungsanlage³ und etwaige strukturelle Änderungen im vorgelagerten Gasnetz (z.B. Anpassung vorhandener Reduzierstationen oder Hochdruckeinspeisung sofern keine Verdichteranlage vorhanden ist). Jeder Biogasanlage wird vereinbarungsgemäß eine eigene Aufbereitungs- sowie Einspeiseanlage zugeordnet.

Die Biogasanlagen in Österreich wurden überwiegend für die Ökostromerzeugung aus dem Rohbiogas errichtet. Die Nähe zu Erdgasnetzen sowie eine eventuelle ganzjährige Biomethaneinspeisung standen bei der Errichtung nicht im Fokus. Das Ziel dieser Studie ist daher eine Abschätzung der Kosten für die Einbindung der heute bereits existierenden Biogasanlagen in das öffentliche Gasnetz. Die Kosten der einzelnen, dafür notwendigen Komponenten und Anlagenteile wurden dabei in einem Abstimmungsprozess gemeinsam mit den österreichischen Gasnetzbetreibern⁴ bestimmt. Ziel dieser Vereinheitlichung der Kosten ist eine bessere Vergleichbarkeit der Ergebnisse. Nicht-Ziel der Studie ist die Ermittlung der tatsächlichen Anschlusskosten einzelner Anlagen im Sinne eines Planungsansatzes, wie er im Falle konkreter Anschlussprojekte verfolgt wird.

³Die Aufbereitungsanlage inkludiert: Behördenverfahren, Grundstück und Gebäude, Netzanschluss Strom

⁴Energie Graz GmbH & Co KG, Energienetze Steiermark GmbH, KNG – Kärnten Netz GmbH, Netz Burgenland Erdgas GmbH, Netz Niederösterreich GmbH, Netz Oberösterreich GmbH, Salzburg Netz GmbH, TIGAS-Erdgas Tirol GmbH, Vorarlberger Energienetze GmbH, Wiener Netze GmbH

2 METHODIK

In einem ersten Schritt wurden die Standorte sowie die Nennleistungen der Biogasanlagen in Österreich erhoben. Mit Hilfe dieser Daten wurden von den Gasnetzbetreibern die benötigten Längen- und Druckniveaus der Anschlussleitungen bereitgestellt. Geeignete Anlagen wurden zu einem Anlagenverbund zusammengeschlossen (siehe Kapitel 2.1.1). Anschließend wurden die Kosten für die Anbindung der Biogasanlagen an das Gasnetz bestimmt.

2.1 Datenerhebung

Die Standorte der Biogasanlagen sowie deren Nennleistungen wurden vom Kompost & Biogas Verband Österreich zur Verfügung gestellt. Diese Daten wurden geografisch verortet (Abbildung 2-1). Die Gasnetzbetreiber bestimmten das aus ihrer Sicht anzuwendende Anschlusskonzept für jede Anlage und übermittelten die dafür notwendigen Leitungslängen, -dimensionen und -drücke sowie gegebenenfalls einen Kostenvorschlag um die Biogasanlagen an das öffentliche Gasnetz anzuschließen (Abbildung 2-2).



Abbildung 2-1: Bestehende Biogasanlagen in Österreich (Quelle Biogasanlagen: Kompost & Biogas Verband, Quelle Bezirksgrenzen: Statistik Austria - data.statistik.gv.at)

ERDGASLEITUNGEN UND -LAGERSTÄTTEN IN ÖSTERREICH

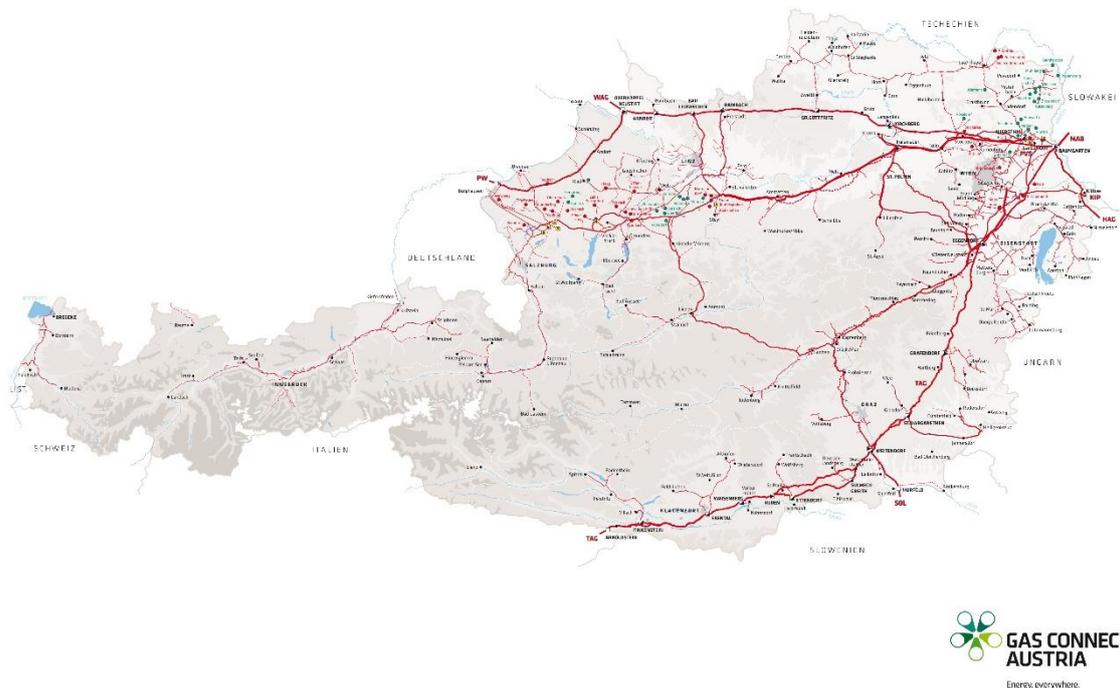


Abbildung 2-2: Erdgasleitungen und Lagerstätten in Österreich (Quelle: Gas Connect Austria)

2.1.1 Anschlusskonzepte – Anbindung der Anlagen an das Netz

Durch die Zusammenfassung mehrerer, nahegelegener Anlagen zu einem Biogasanlagenverbund können durch die gemeinsame Nutzung von Verteilerleitungen und (Rück-)Verdichtungsanlagen die Kosten für den Netzanschluss mehrerer Anlagen gesenkt werden. Dabei wird das aufbereitete Biomethan mehrerer Anlagen über zentrale Verteilerleitungen und eine gemeinsame Einspeiseanlage in das Netz eingespeist. Je nach Druckniveau im Zielnetz ist vor der Netzeinspeisung noch eine zentrale Verdichterstation notwendig.

Die Anbindung der Anlagen an das öffentliche Netz hängt von den topologischen Gegebenheiten (Nähe der Anlagen zueinander, Entfernung zum Gasnetz), dem Druck und der Aufnahmefähigkeit des gespeisten Teilnetzes ab. Die Aufnahmefähigkeit wird über die Last im Teilnetz⁵ definiert. Ist diese geringer als die Netzeinspeisung, so ist eine Rückverdichtung in die nächsthöhere Druckebene notwendig. Insgesamt konnten vier Verbunde für Einzelanlagen

⁵ Die Last ist in diesem Zusammenhang die minimale Netzlast im Zeitraum eines Jahres (in Nm³/h). Meist tritt die minimale Netzlast im Sommer auf.

(Verbunde 2, 4, 6, 8) sowie weitere vier für gekoppelte Anlagen (Verbunde 1, 3, 5, 7) identifiziert werden (Abbildung 2-3 bis Abbildung 2-10).

Die Verbunde 1 und 2 beschreiben eine Netzanbindung, bei der der Druck der Aufbereitungsanlage für eine Einspeisung ausreichend hoch ist. Da (temporär) der aufnehmbare Volumenstrom des Teilnetzes geringer als der eingespeiste Volumenstrom ist, ist eine Rückverdichtung des überschüssigen Gases in das vorgelagerte Verteilnetz notwendig.

Verbund 3 und 4 beschreiben die direkte Einspeisung von Einzel- sowie Verbundanlagen. Es ist keine Verdichtung notwendig, das Teilnetz kann das gesamte Biomethan aufnehmen. Verbund 5 und 6 bezeichnen einzelne bzw. mehrere zusammengeschlossene Anlagen, welche zur Netzeinspeisung aufgrund des Drucks im Teilnetz eine Verdichteranlage benötigen. Diese muss über die gesamte Betriebszeit der Biogasanlage im Einsatz sein.

Bei Verbund 7 und 8 erfolgt die Einspeisung hingegen ohne Verdichteranlage. Das Teilnetz, in welches eingespeist wird, wird mit einer Verteilerleitung mit einem anderen Teilnetz auf gleichem Druckniveau für eine erhöhte Aufnahmefähigkeit verbunden. Rückverdichtung ist daher auch temporär nicht notwendig.

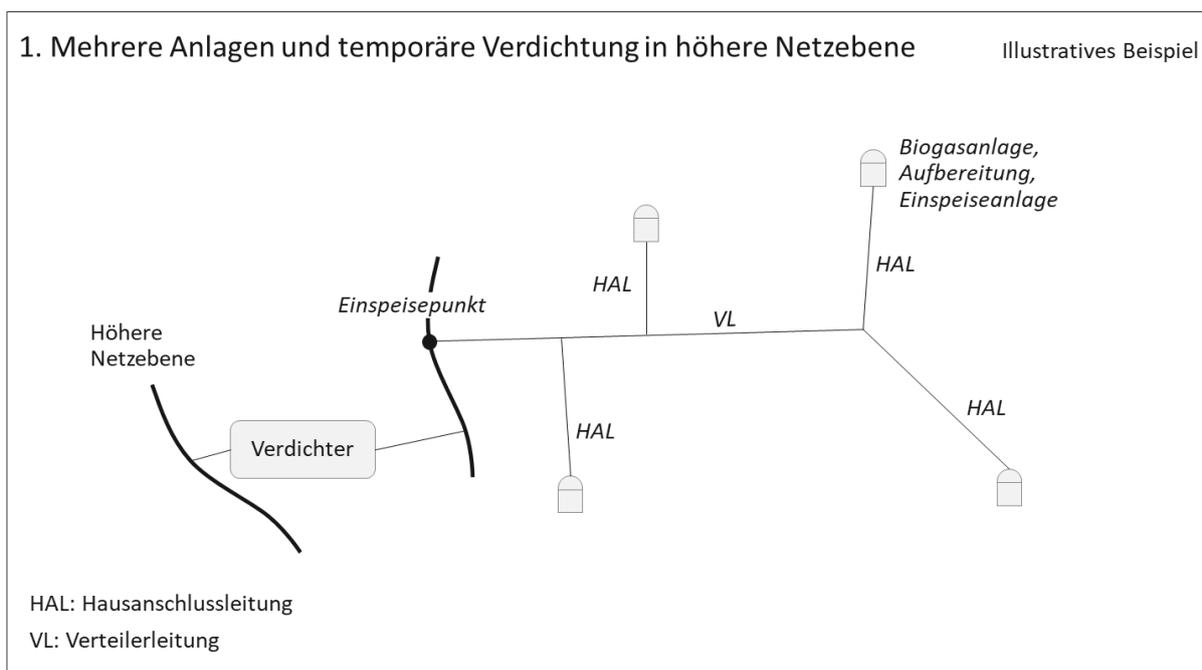


Abbildung 2-3: Verbund 1 mit mehreren Anlagen und mit einer temporären Verdichtung auf eine höhere Netzebene (Quelle: Eigene Darstellung)

2. Einzelanlage und temporäre Verdichtung in höhere Netzebene

Illustratives Beispiel

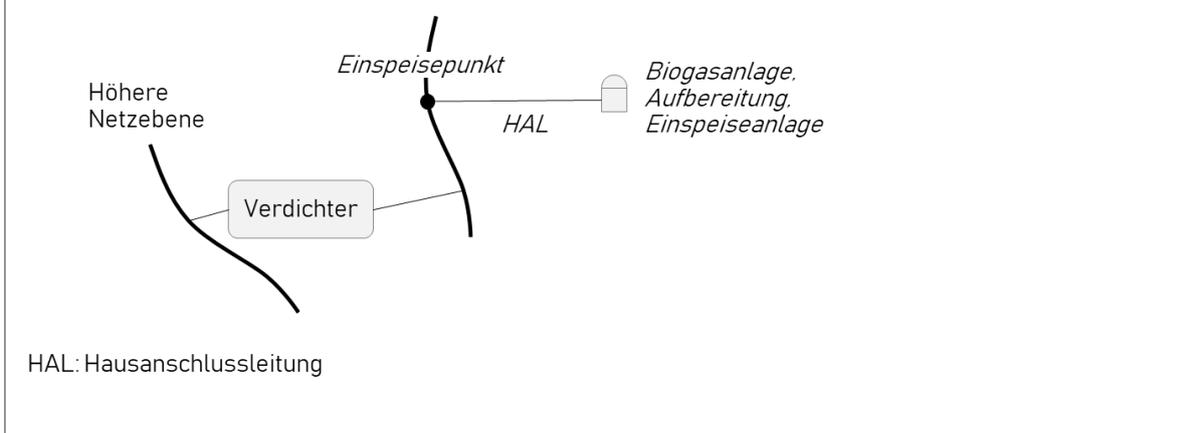


Abbildung 2-4: Verbund 2 mit einer Anlage und mit einer temporären Verdichtung auf eine höhere Netzebene (Quelle: Eigene Darstellung)

3. Mehrere Anlagen mit genügend Last im Netz – Keine Rückverdichtung notwendig

Illustratives Beispiel

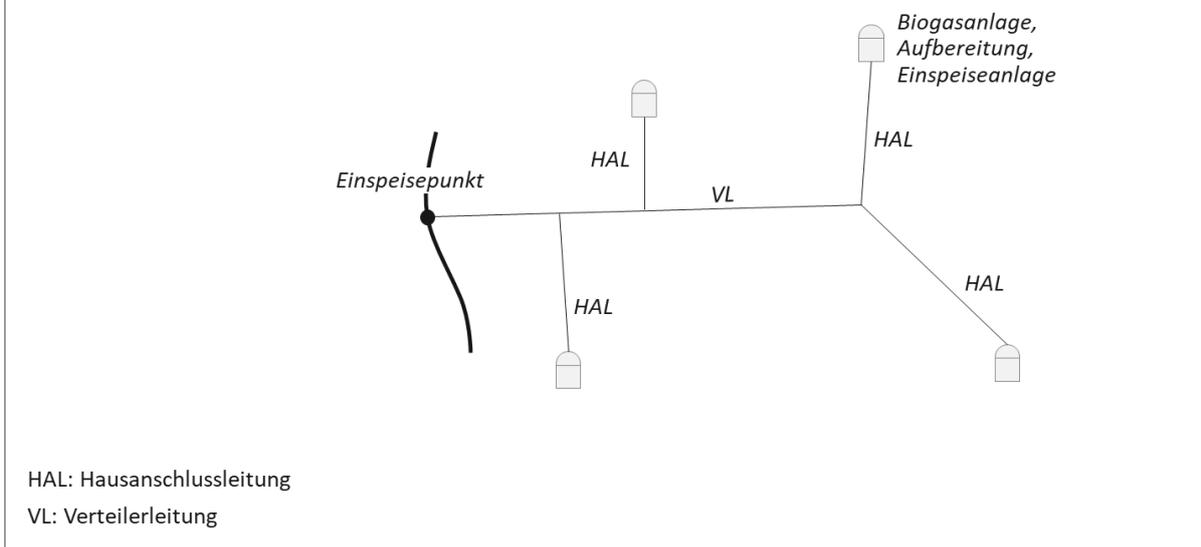
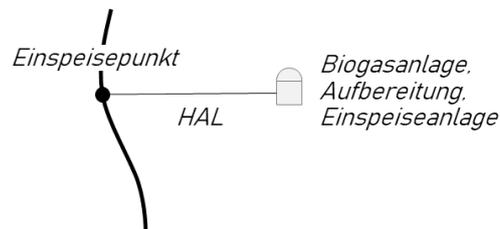


Abbildung 2-5: Verbund 3 mit mehreren Anlagen, keine Verdichtung auf eine höhere Netzebene notwendig (Quelle: Eigene Darstellung)

4. Einzelanlage mit genügend Last im Netz – Keine Rückverdichtung Illustratives Beispiel notwendig

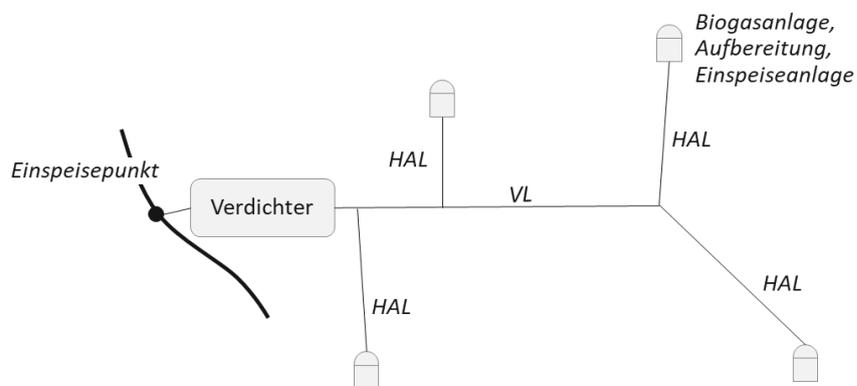


HAL: Hausanschlussleitung

Abbildung 2-6: Verbund 4 mit einer Anlage, keine Verdichtung auf eine höhere Netzebene notwendig (Quelle: Eigene Darstellung)

5. Mehrere Anlagen und permanente Verdichtung Illustratives Beispiel

Illustratives Beispiel



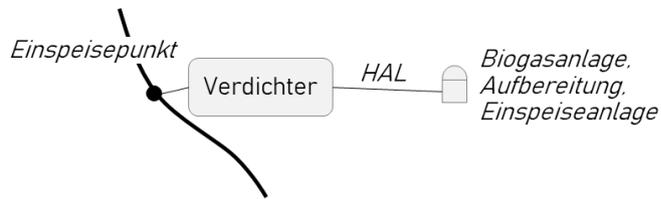
HAL: Hausanschlussleitung

VL: Verteilerleitung

Abbildung 2-7: Verbund 5 mit mehreren Anlagen, permanente Verdichtung notwendig (Quelle: Eigene Darstellung)

6. Einzelanlage und permanente Verdichtung

Illustratives Beispiel

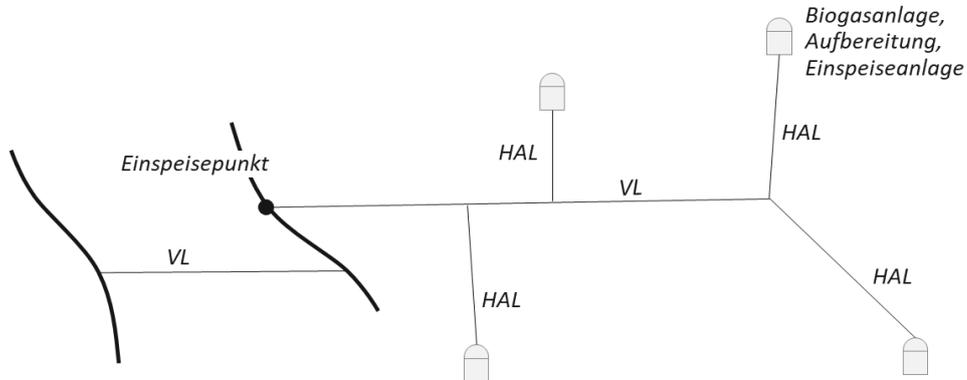


HAL: Hausanschlussleitung

Abbildung 2-8: Verbund 6 mit einer Anlage, permanente Verdichtung notwendig (Quelle: Eigene Darstellung)

7. Mehrere Anlagen und Verbindungsleitung zu anderem Netz

Illustratives Beispiel



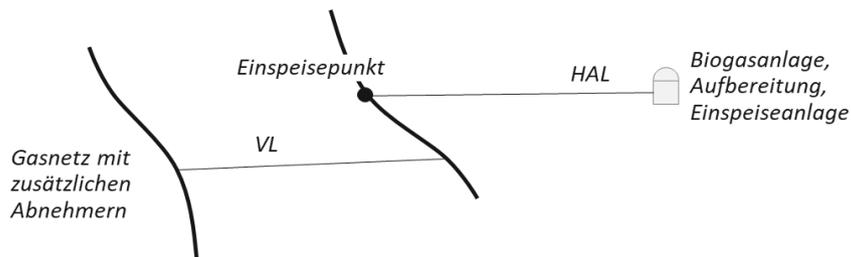
HAL: Hausanschlussleitung

VL: Verteilerleitung

Abbildung 2-9: Verbund 7 mit mehreren Anlagen, keine Verdichtung notwendig, Verteilerleitung zu anderem Netz (Quelle: Eigene Darstellung)

8. Einzelanlage und Verbindungsleitung zu anderem Netz

Illustratives Beispiel



HAL: Hausanschlussleitung

VL: Verteilerleitung

Abbildung 2-10: Verbund 8 mit einer Anlage, keine Verdichtung notwendig, Verteilerleitung zu anderem Netz
(Quelle: Eigene Darstellung)

2.2 Kostenberechnung

Die benötigten Anlagen, um Biomethan in die bestehende Erdgasinfrastruktur einspeisen zu können, werden ökonomisch mit Investitionskosten (CapEx) und Betriebskosten (OpEx) bewertet. Es wurden Verdichteranlagen (VD), Aufbereitungsanlagen (AB), Einspeiseanlagen (ESA), Hausanschlussleitungen (HAL) sowie Verteilerleitungen (VL) berücksichtigt (siehe Abbildung 1-1). Gemäß Abbildung 1-1 liegt die Aufbereitungsanlage nach Absprache mit den Netzbetreibern nicht im betrachteten Bilanzgebiet und wird deshalb in den Auswertungen nicht berücksichtigt. Zur Ermittlung der Kosten der einzelnen Anlagenkomponenten wurden Literaturwerte und Angaben der einzelnen Netzbetreiber (Kapitel 2.2.1) herangezogen. Darauf aufbauend wurden in Gesprächen mit den Gasnetzbetreibern (siehe Kapitel 2.2.2) die Kosten für die einzelnen Anlagenkomponenten durch die Gasnetzbetreiber festgelegt. Die Kosten sind in Tabelle 2-1 dargestellt und wurden für die Berechnung der Anschlusskosten verwendet.

2.2.1 Grundlagen der Kostenansätze

In diesem Kapitel werden die Grundlagen der Kostenermittlung für die Anlagenkomponenten Verdichter, Aufbereitungsanlage, Einspeiseanlagen und Leitungen beschrieben. Gleichzeitig wird eine Übersicht von Literaturwerten, sofern verfügbar, dargestellt.

Verdichteranlage

Die angegebenen Kosten in Tabelle 2-1 beinhalten alle zur Errichtung und Betrieb einer Verdichteranlage notwendigen Investitionskosten. Die Verdichteranlagekosten $CapEx_{VD}$ können einer oder mehreren Biogasanlagen zugeordnet werden, je nach Anschlusskonzept. Diese berücksichtigen die Kosten für:

- Verdichter
- Grundstück und Gebäude
- Behördenverfahren
- Sicherheitstechnik
- Infrastruktur (z.B. Stromanschluss)

In der Literatur werden lediglich die Kosten für Verdichter selbst, nicht aber jene für die zusätzlich benötigte Infrastruktur (balance of plant) geführt.

Aus diesem Grund wurden die Verdichteranlagekosten aus den Angaben der Netzbetreiber ermittelt. Alle von den Netzbetreibern übermittelten Verdichteranlagekosten wurden, je nach Anlage, in Biomethan-Leistungsklassen zu 50 Nm³/h, 100 Nm³/h, 150 Nm³/h, usw. eingeteilt. Für jede Leistungsklasse wurde ein Kostenmittelwert gebildet. Durch all diese Kostenmittelwerte wurde eine Regressionsgerade gelegt (Abbildung 2-11), welche die Kosten $CapEx_{VD}$ (in EUR) in Abhängigkeit von der Verdichterleistung beschreibt (Gleichung 1). Die Verdichterleistung P_{VD} ist in Nm³/h einzusetzen. Wichtig ist anzumerken, dass bei diesem Ansatz durch die Mittelung keine unterschiedlichen Eingangs- und Ausgangsdrücke der Verdichteranlage oder andere Besonderheiten (z.B. besonders hohe Kosten für die Bereitstellung des Stromanschlusses) berücksichtigt werden. Aus diesem Grund kann es im Einzelfall zu deutlichen Abweichungen der Verdichteranlagekosten kommen.

$$CapEx_{VD} = 386802 + 995.8 P_{VD} \quad (1)$$

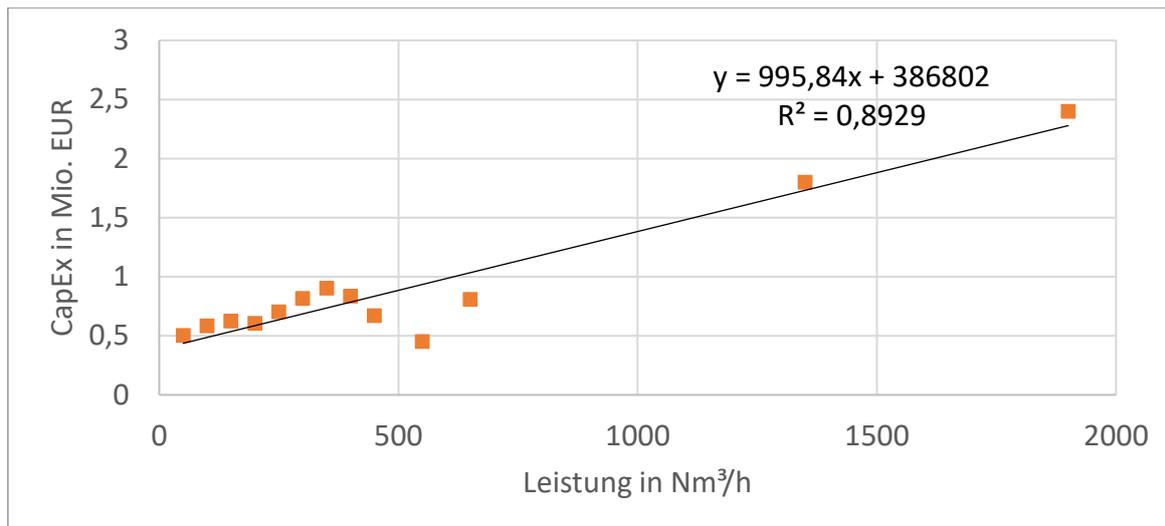


Abbildung 2-11: Mittelung nach Leistungsklassen und anschließende Berechnung einer Regressionsgerade

Die OpEx beinhalten Kosten für Energie und Wartung des Verdichters. Die Energiekosten sind vorwiegend von der benötigten Druckdifferenz abhängig. Für diese Studie wird von einer isentropen Verdichtung von 4 bar auf 20 bar ausgegangen. Mit einem kombinierten Kompressor- und Elektromotorwirkungsgrad von 40 % und Stromkosten in der Höhe von 10 ct/kWh ergeben sich somit spezifische Energiekosten in der Höhe von 0.007 EUR/Nm³. Durch Multiplikation dieses Faktors mit der Leistung (in Nm³/h) sowie den Jahresvolllaststunden (in h) können die Stromkosten pro Jahr berechnet werden. Gibt es keine Angabe zu den jährlichen Betriebsstunden t_{VD} , werden diese mit 8000 h/a angenommen. Zusätzlich werden jährliche Wartungskosten von 2.5 % der CapEx angesetzt (Gleichung 2).

$$OpEx_{VD} = 0.007 P_{VD} \cdot t_{VD} + 0.025 \cdot CapEx_{VD} \quad (2)$$

Bei realen Anlagen können sowohl CapEx als auch OpEx aufgrund der spezifischen Anlagenkonfiguration und Betriebsweise von den hier dargestellten Kosten abweichen (z.B. aufgrund von Verdichtung von 4 bar auf 70 bar, von unterschiedlichen Wirkungsgraden oder von anderen Strombezugskosten). Für Zielnetzdrücke von bis zu 4 bar wurde, sofern die Leistung der Biogasanlage kleiner der minimalen jährlichen Netzlast ist, keine Verdichteranlage berücksichtigt, da in unterschiedlichen Aufbereitungsanlagen Prozessdrücke größer als 4 bar möglich sind [5, 7]. Die Kosten für eine eventuell notwendige redundante Verdichteranlage sind nicht berücksichtigt.

Aufbereitungsanlage

Jede Biogasanlage benötigt eine eigene Aufbereitungsanlage. Die verschiedenen Aufbereitungsverfahren wie beispielsweise Membrantrennverfahren, Aminwäsche oder Druckwechseladsorption unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Prozessparameter (z.B. Druck, Strom- und Wärmebedarf, Methanschluß, erreichbare Methankonzentration, Wasser- und

Chemikalienbedarf oder Teillastverhalten). Aufgrund dieser Vielzahl an Prozessparametern kann ein geeignetes Aufbereitungsverfahren nicht ausschließlich aufgrund der minimalen Kosten ausgewählt werden. Die in Tabelle 2-1 angegebenen Kosten für eine Aufbereitungsanlage beinhalten folgende Kostenpositionen:

- Aufbereitungsanlage
- Behördenverfahren
- Grundstück und Gebäude
- Netzanschluss Strom

In Faustzahlen Biogas [5] sind die Kosten für Biogasaufbereitungsverfahren in Abhängigkeit des Verfahrens zwischen 1.27 Mio. EUR CapEx und 327 000 EUR/Jahr OpEx (Aminwäsche) und 1.54 Mio. EUR CapEx und 399 000 EUR/Jahr OpEx (CO₂-Abtrennungsverfahren) für eine Leistung von 400 Nm³/h Rohbiogas angegeben. Dabei wurden bei diesem Vergleich die Aufbereitungsverfahren mit minimalen sowie mit maximalen Kosten gewählt, um die Spannweite der Kosten aufzuzeigen. Betrachtet man die Kostenentwicklung von leistungsabhängigen Skaleneffekten (economy of scale) für Aufbereitungsanlagen mit Leistungen von 400 Nm³/h, 700 Nm³/h und 1400 Nm³/h Rohbiogas, erkennt man, dass die Verringerung der Leistung der Aufbereitungsanlage um die Hälfte die jeweiligen CapEx und OpEx um etwa ein Drittel senkt [5]. Dieser Zusammenhang ist in Abbildung 2-12 für das Aufbereitungsverfahren Druckwasserwäsche sowie in Abbildung 2-13 für das Aufbereitungsverfahren Druckwechseladsorption dargestellt. Im Vergleich dazu weisen die in dieser Studie untersuchten Biogasanlagen eine durchschnittliche Leistung von 139 Nm³/h Biomethan auf, wodurch die angegebenen Kosten für eine durchschnittliche Aufbereitungsanlage etwas geringer ausfallen, als sie in der Literatur angegeben sind.

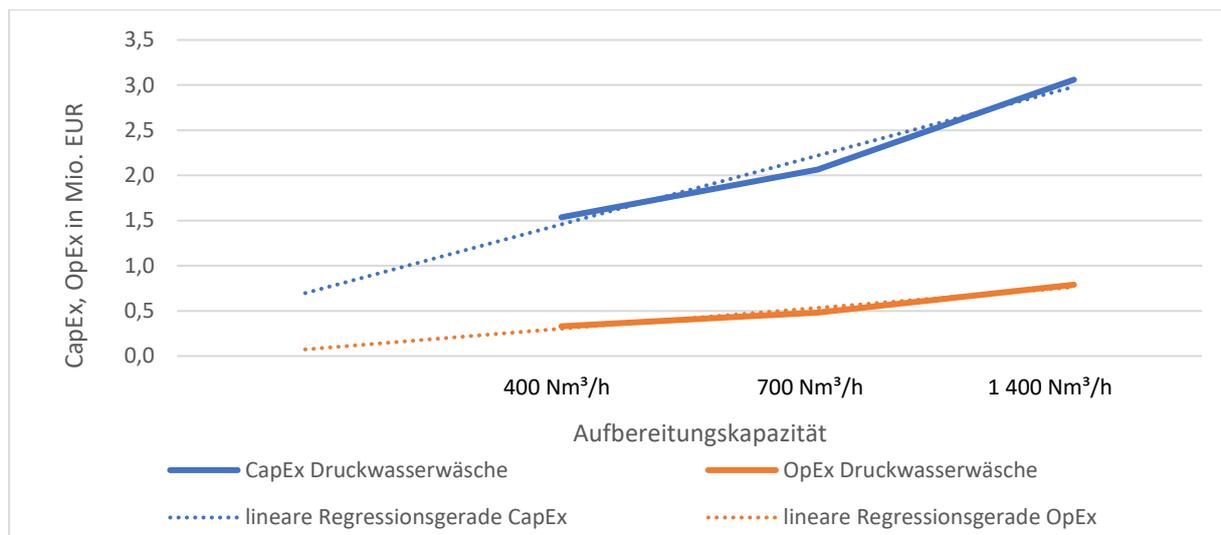


Abbildung 2-12: Kostenverlauf Druckwasserwäsche für unterschiedliche Aufbereitungskapazitäten [5]

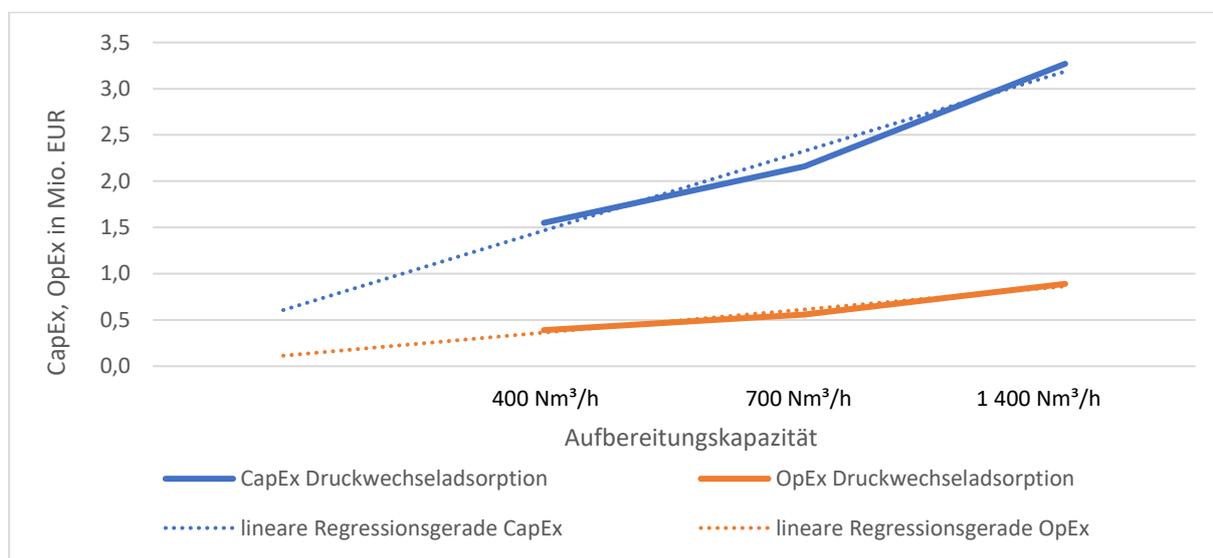


Abbildung 2-13: Kostenverlauf Druckwechseladsorption für unterschiedliche Aufbereitungskapazitäten [5]

Einspeiseanlage

Eine Einspeiseanlage wird für jede einzelne Biogasanlage benötigt. Die in Tabelle 2-1 angegebenen Kosten für eine Einspeiseanlage beinhalten folgende Kostenpositionen:

- Einspeiseanlage
- Odorierung
- Gasmesstechnik
- Gasanalysetechnik – Gaschromatograph
- Sicherheitstechnik
- Netzanschluss Strom

- Behördenverfahren

Zum Vergleich betragen die Kosten für eine reine Einspeiseanlage mit Odorierung, Gasmesstechnik und Gaschromatograph (ohne Grundstück, Gebäude, Sicherheitstechnik) gemäß biogas-netzeinspeisung.at 70 000 EUR CapEx und 5 000 EUR/Jahr OpEx (ohne Stromverbrauch i.H.v. 1 000 kWh/Jahr). Die angegebenen Kosten können für einen Leistungsbereich von 70 bis 400 Nm³/h konstant betrachtet werden [7].

Leitung

Die in Tabelle 2-1 angegebenen Kosten für eine Hochdruck- (HD) und Mitteldruck- (MD) Leitung beinhalten folgende Kostenpositionen:

- Grundstücksablöse
- Leitung + Grabungsarbeiten
- Behördenverfahren

Die Kosten für Erdgasleitungen können im individuellen Fall sehr stark von den in Tabelle 2-1 angegebenen Werten abweichen. Sehr kurze Leitungen, unterschiedliche Drücke und Durchflüsse oder eine anspruchsvolle Topografie sind Einflussfaktoren für die tatsächlichen Kosten. In der Literatur werden CapEx Leitungskosten in einem Bereich von 40 EUR/m bis zu 225 EUR/m angegeben [7, 8]. Für OpEx liegen den Verfassern keine Literaturdaten vor, die in Tabelle 2-1 angeführten OpEx für Leitungen basieren auf Angaben von Netzbetreibern.

2.2.2 Verwendete Kostenansätze

Die Kosten (CapEx und OpEx) der einzelnen Anlagenkomponenten wurden auf Basis von Kostenvorschlägen aus einer Literaturrecherche und aus Angaben der einzelnen Netzbetreiber (siehe Kapitel Grundlagen der Kostenansätze 2.2.1) ermittelt. In einer darauf aufbauenden, weiterführenden Diskussion mit allen Netzbetreibern wurden die zu verwendenden Kostensätze für die Berechnung der Anschlusskosten festgelegt (Tabelle 2-1).

Tabelle 2-1: CapEx und OpEx der einzelnen Komponenten

	CapEx	OpEx
Verdichteranlage	Gleichung 1	Gleichung 2
Aufbereitungsanlage ⁶	800 000 EUR	157 000 EUR/a
Einspeiseanlage	200 000 EUR	5 000 EUR/a
Leitung HD > 10 bar	300 EUR/m	1 EUR/(m * a)
Leitung MD ≤ 10 bar	150 EUR/m	1 EUR/(m * a)

2.2.3 Berechnungsmethodik

Im folgenden Kapitel wird die Berechnungsmethodik zur Ermittlung der spezifischen Gesamtanschlusskosten, der spezifischen Anschlusskosten und des Barwerts des kalkulatorischen Betrachtungszeitraums beschrieben. Ein sinnvolles Anschlusskonzept inkl. des Zusammenschlusses von einzelnen Biogasanlagen zu Verbunden sowie die benötigten Leitungslängen wurden von den Netzbetreibern erarbeitet und übernommen. Auf den Informationen der Netzbetreiber aufbauend wurden Investitionskosten sowie jährliche Betriebskosten berechnet (CapEx und OpEx). In Abbildung 2-14 bis Abbildung 2-16 ist die Methodik zur Berechnung der spezifischen Gesamtanschlusskosten in EUR/MWh sowie der durchschnittlichen spezifischen Gasgestehungskosten⁷ in Cent/kWh dargestellt. Für die Berechnung notwendige Eingabeparameter sind in Tabelle 2-2 angeführt. In Abbildung 2-14 bis Abbildung 2-16 sind Eingabeparameter als blaue Felder hinterlegt. Zwischenergebnisse sind in den genannten Abbildungen grau hinterlegt. Die unterschiedliche Farbgebung der Pfeile dient ausschließlich zur eindeutigen Rückverfolgbarkeit der gewählten Berechnungsrouten (z.B. bei Überkreuzungen).

⁶ Diese Kosten für Aufbereitungsanlage und Einspeiseanlage beziehen sich auf typische berücksichtigte Anlagen im Biomethan Leistungsbereich bis 500 Nm³/h (Mittelwert 139 Nm³/h. 185 Anlagen fallen in diesen Leistungsbereich. Daneben gibt es noch zwei Ausreißer mit einmal 885 Nm³/h (Industrielle Restholzverwertung) und einmal 1450 Nm³/h (Mülldeponie Wien). Bei diesen beiden Anlagen wurden die Kosten für Aufbereitungs- und Einspeiseanlage (sowohl CapEx als auch OpEx) mal 1.5 bzw. mal 2 gerechnet.

⁷ Sie setzen sich aus der Summe der spezifischen Gesamtkosten (CapEx und OpEx) der Einzelanlagen (Verdichter, Leitungen, Einspeiseanlage, Biogasanlage, Aufbereitungsanlage) zusammen.

Tabelle 2-2: Eingabevariablen für Kostenberechnung

Parameter	Einheit	Beschreibung
Druck HAL	Bar	Betriebsdruck der Hausanschlussleitung
Länge HAL	M	Länge der Hausanschlussleitung
Vol.strom BGA	Nm ³ /h	Erzeugte Volumenstrom an Biomethan der Biogasanlage in Nm ³ /h
Betriebsstunden / Jahr	h/a	Angenommene Betriebsstunden der BGA pro Jahr. Angenommener Wert: 8 000 h/Jahr.
Brennwert Biomethan	kWh/Nm ³	Brennwert Biomethan je Nm ³ . Angenommener Wert: 11 kWh/Nm ³ .
CapEx HAL MD	EUR/m	Investitionskosten je Meter Hausanschlussleitung für Mitteldruck
OpEx HAL Meter	EUR/(m * a)	Jährliche Betriebskosten pro Meter HAL
CapEx HAL HD	EUR/m	Investitionskosten je Meter Hausanschlussleitung für Hochdruck
CapEx ESA	EUR	Investitionskosten Einspeiseanlage
OpEx ESA	EUR/a	Jährliche Betriebskosten der Einspeiseanlage
CapEx AB	EUR	Investitionskosten Aufbereitungsanlage
OpEx AB	EUR/a	Jährliche Betriebskosten der Aufbereitungsanlage
CapEx VD	EUR	Investitionskosten Verdichter
OpEx VD	EUR/a	Jährliche Betriebskosten des Verdichters
Mindestdruck für Verdichter	Bar	Der Parameter beschreibt den Druck, ab dem ein Verdichter zur Einspeisung von Biomethan ins Netz erforderlich ist. Angenommener Wert: 4 bar.
Min. Verbundlast	Nm ³ /h	Der Parameter beschreibt den minimalen Gasbedarf im Netz innerhalb eines Jahres innerhalb eines BGA-Verbundes. Ist der minimale Gasbedarf kleiner als die Einspeiseleistung der Biogasanlagen, ist ein Verdichter notwendig.
Druck VSL	Bar	Betriebsdruck der Verbindungsleitung
CapEx VSL MD	EUR	Investitionskosten je Meter Verbindungsleitung für Mitteldruck.
CapEx VSL HD	EUR	Investitionskosten je Meter Verbindungsleitung für Hochdruck.
Länge VSL	M	Länge der Verbindungsleitung

Parameter	Einheit	Beschreibung
OpEx VSL Meter	EUR/(m * a)	Jährliche Betriebskosten pro Meter VSL
Nutzungsdauer	A	Anzahl der Jahre über die OpEx abgezinst werden. Angenommener Wert: 20 Jahre.
WACC	%	Durchschnittliche Kapitalkosten. Angenommener Wert: 5.03 %.

Die folgende Abbildung 2-14 zeigt die notwendigen Zwischenberechnungsschritte zur weiteren Betrachtung einer Biogasanlage in einem Verbund.

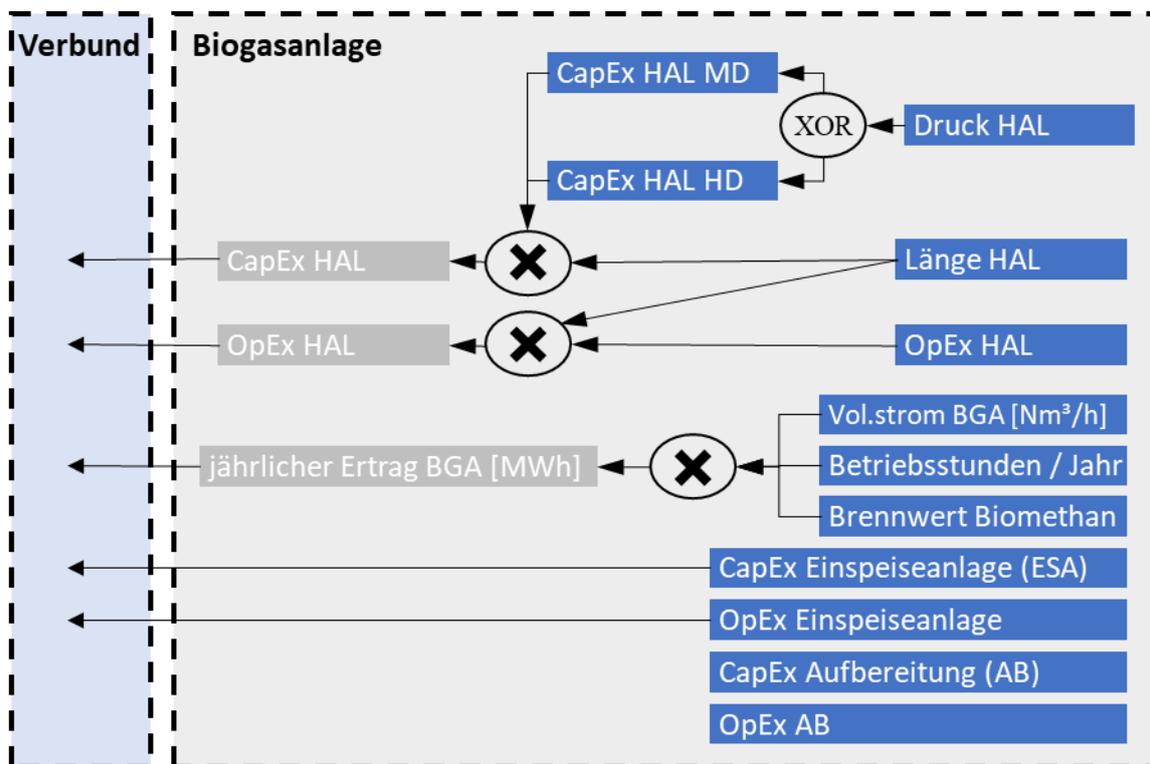


Abbildung 2-14: Kostenberechnung – Biogasanlage (Quelle: Eigene Darstellung)

In Abbildung 2-15 ist die Berechnung der spezifischen Gesamtanschlusskosten in EUR/MWh für eine Biogasanlage in einem Verbund dargestellt. Um die Übersichtlichkeit zu verbessern, wurde nur eine Biogasanlage dargestellt. Ein Verbund besteht aus mindestens einer Biogasanlage. Befinden sich mehrere Biogasanlagen in einem Verbund, werden Kosten für Verdichteranlage und Versorgungsleitung aliquot auf die einzelnen Biogasanlagen aufgeteilt.

Zum Vergleich der Anschlusskosten einzelner Anlagen untereinander werden die spezifischen Gasgestehungskosten mittels LCOG (Levelised Cost of Gas) Berechnung ermittelt. Die LCOG werden nach folgender Formel (siehe Gleichung 3) berechnet.

$$LCOG = \frac{CapEx + \sum_{t=0}^{n-1} \frac{OpEx}{(1+i)^t}}{\sum_{t=0}^{n-1} \frac{E}{(1+i)^t}} \quad (3)$$

Es wird angenommen, dass alle Investitionskosten im Jahr Null anfallen, d.h. CapEx werden nicht abgezinst. In der Berechnung des LCOG wurde keine Fremdfinanzierung berücksichtigt. Weitere Variablen in Gleichung 3 sind die Anlagennutzungsdauer n , die jährlich erzeugte Energiemenge E in MWh und die durchschnittlichen Kapitalkosten (WACC) i . Über die geplante Anlagennutzungsdauer werden die laufenden Kosten (OpEx) jährlich auf den Zeitpunkt der Investition (Jahr Null) unter Berücksichtigung der durchschnittlichen Kapitalkosten (WACC) abgezinst. Die jährlich erzeugte Energiemenge berechnet sich aus der Leistung der Biogasanlage (in Nm³/h) multipliziert mit den jährlichen Betriebsstunden und dem Brennwert des Biomethans (vgl. Abbildung 2-14) und wird analog den laufenden Kosten auf den Zeitpunkt der Investition abgezinst.

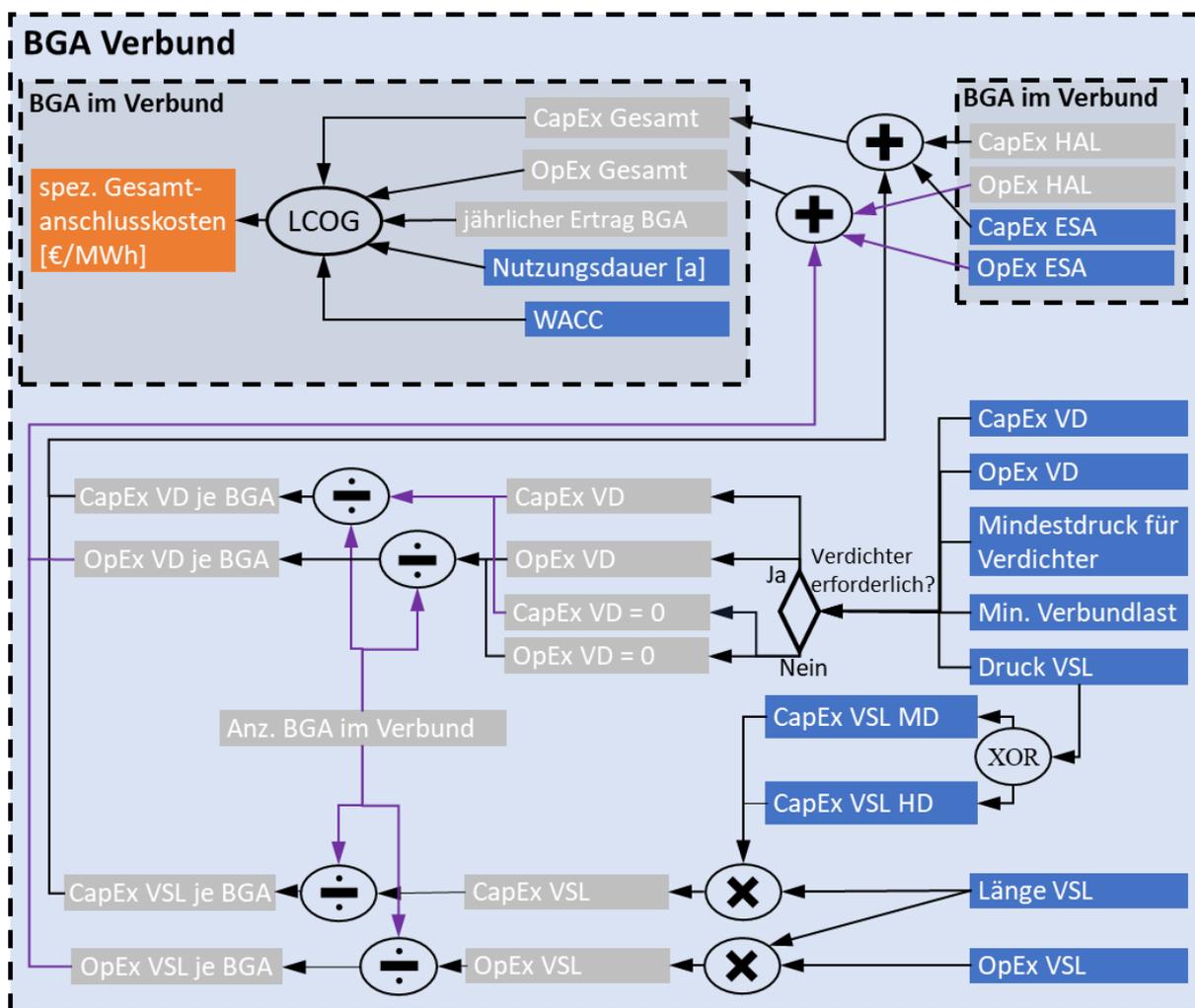


Abbildung 2-15: Kostenberechnung Biogasanlage im Verbund (Quelle: Eigene Darstellung)

Die folgende Abbildung 2-16 visualisiert das Berechnungsschema der spezifischen Gesamtkosten für die betrachteten Anlagenkomponenten Leitung, Einspeiseanlage, Verdichter, Aufbereitungsanlage sowie Biogasanlage in einem Bilanzgebiet. Das Bilanzgebiet kann eine beliebige Anzahl an Biogasanlagen beinhalten. OpEx und CapEx aller betrachteten Biogasanlagen und zur Einspeisung notwendige Komponenten, sowie deren Leistungen, werden aufsummiert. Mittels LCOG-Funktion werden die durchschnittlichen, spezifischen Gesamtkosten der einzelnen Anlagekomponenten berechnet.

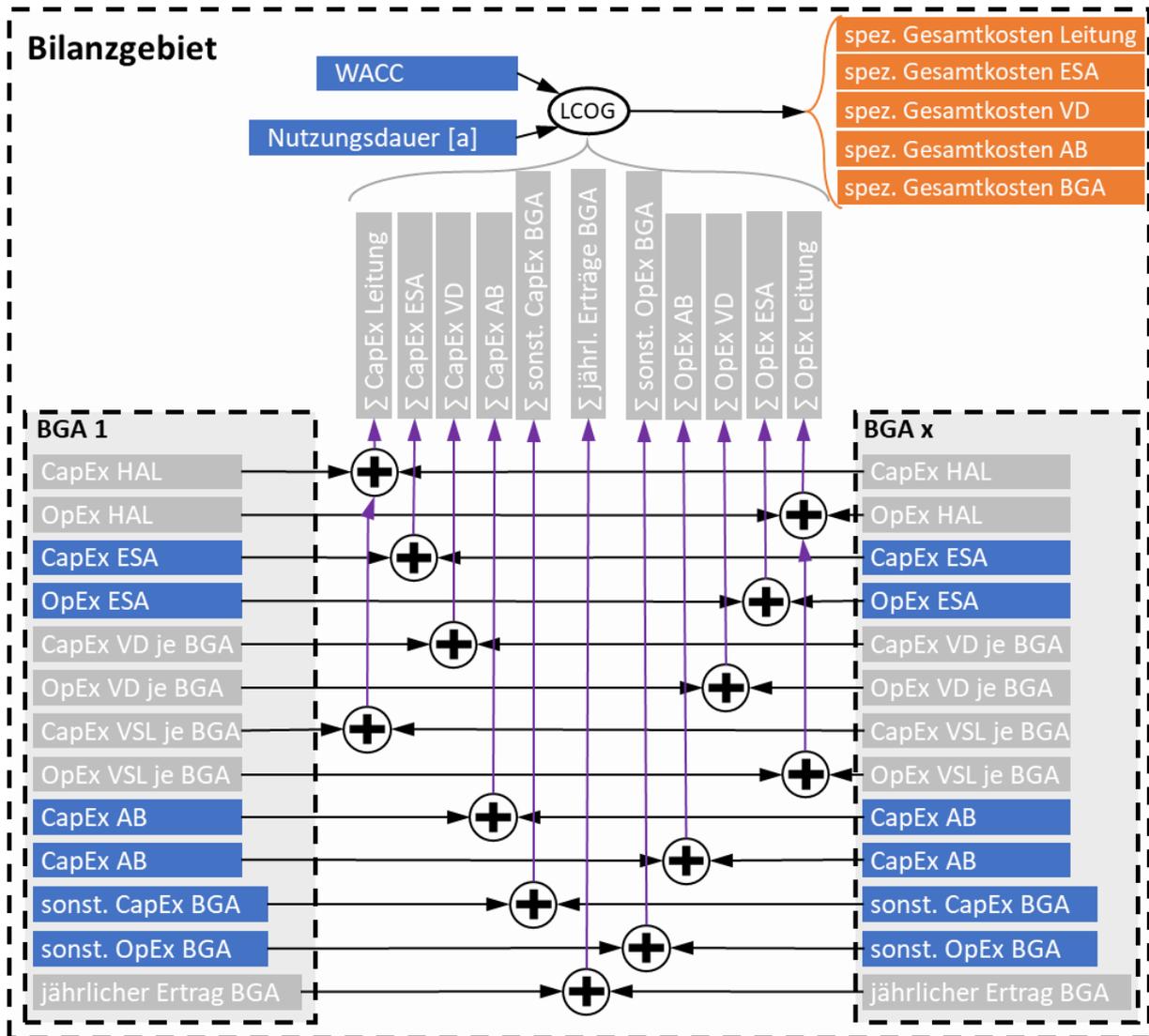


Abbildung 2-16: Berechnung spezifischer Gesamtkosten einzelner Anlagenkomponenten (Quelle: Eigene Darstellung)

Die Ergebnisvariablen der Kostenbetrachtung sind in Abbildung 2-15 und Abbildung 2-16 orange hinterlegt und in Tabelle 2-3 erklärt.

Tabelle 2-3: Ergebnisvariablen der spezifischen Gesamtkostenberechnung

Parameter	Einheit	Beschreibung
spez. Gesamtanschlusskosten	EUR/MWh	Spezifische Anschlusskosten einer einzelnen Biogasanlage in einem Verbund.
spez. Gesamtkosten Leitung	Cent/kWh	Durchschnittliche spezifische Gesamtkosten der Leitung in einem Bilanzgebiet.
spez. Gesamtkosten ESA	Cent/kWh	Durchschnittliche spezifische Gesamtkosten der Einspeiseanlage in einem Bilanzgebiet.
spez. Gesamtkosten VD	Cent/kWh	Durchschnittliche spezifische Gesamtkosten des Verdichters in einem Bilanzgebiet.
spez. Gesamtkosten AB	Cent/kWh	Durchschnittliche spezifische Gesamtkosten der Aufbereitungsanlage in einem Bilanzgebiet.
spez. Gesamtkosten BGA	Cent/kWh	Durchschnittliche spezifische Gesamtkosten der Biogasanlagen in einem Bilanzgebiet.

Analog zu den spezifischen Gesamtkosten können auch die Barwerte⁸ des kalkulatorischen Betrachtungszeitraums BW_{LZ} berechnet werden. Diese inkludieren die Investitions- und Betriebskosten von:

- Einspeiseanlage
- Verdichteranlage
- Leitungen

Während die Investitionskosten zu Beginn des Betrachtungszeitraums anfallen, fallen die Betriebskosten über die 20-jährige Betriebsdauer an und müssen zur Vergleichbarkeit demzufolge abgezinst werden. Die Ergebnisvariablen sind in Tabelle 2-4 beschrieben.

$$BW_{LZ} = \text{CapEx} + \sum_{t=0}^{n-1} \frac{\text{OpEx}}{(1+i)^t} \quad (4)$$

⁸ Der Barwert versteht sich in diesem Zusammenhang als jener Wert den abgezinste zukünftige Zahlungen in der Gegenwart besitzen.

Tabelle 2-4: Ergebnisvariablen der Gesamtkostenberechnung

Parameter	Einheit	Beschreibung
Gesamtanschlusskosten	EUR/Anlage	Barwert von CapEx + OpEx der gesamten Anschlusskosten
Gesamtkosten Leitung	EUR/Anlage	Barwert von CapEx + OpEx der Leitungen
Gesamtkosten ESA	EUR/Anlage	Barwert von CapEx + OpEx der ESA
spez. Gesamtkosten VD	EUR/Anlage	Barwert von CapEx + OpEx des VD
spez. Gesamtkosten AB	EUR/Anlage	Barwert von CapEx + OpEx der AB
spez. Gesamtkosten BGA	EUR/Anlage	Barwert von CapEx + OpEx der BGA

2.3 Ergebnisdarstellung

Das Ziel dieses Projekts ist es, einen Überblick über die entstehenden Kosten zu geben, wenn bestehende Biogasanlagen an das Netz angeschlossen werden. Aus diesem Grund zielt die Ergebnisdarstellung nicht darauf ab, die Kosten für den Netzanschluss einer spezifischen Biogasanlage zu bestimmen.

Zur Veranschaulichung der Ergebnisse in Diagrammen wurden drei unterschiedliche Auswertungen angewendet, die im Folgenden im Detail erklärt werden:

- **Kosten über der Anzahl der angeschlossenen Anlagen:** Dieses Diagramm stellt dar zu welchen Gesamtkosten wie viele Anlagen an das Netz angebunden werden können. Alle Anlagen werden aufsteigend nach ihren individuellen Kosten im betrachteten Kalkulationszeitraum sortiert. Auf der Abszisse wird die Anzahl der angeschlossenen Anlagen aufgetragen. Auf der Ordinate werden die kumulierten OpEx, CapEx sowie die Gesamtkosten (OpEx + CapEx) im Betrachtungszeitraum aufgetragen.
- **Kosten über der Summenleistung der angeschlossenen Anlagen:** Dieses Diagramm zeigt zu welchen Gesamtkosten im Betrachtungszeitraum welche Anlagensummenleistung in Nm³/h an das Netz angebunden werden kann. Auf der Abszisse wird die Summenleistung der angeschlossenen Anlagen aufgetragen. Auf der Ordinate werden die kumulierten OpEx, CapEx sowie die Gesamtkosten (OpEx + CapEx) im Betrachtungszeitraum aufgetragen.
- **Angeschlossene Anlagen bzw. Summenleistung der angeschlossenen Anlagen über den spezifischen Gesamtanschlusskosten:** Dieses Diagramm zeigt die Verteilung der spezifischen Gesamtanschlusskosten je Anlage. Alle Biogasanlagen wurden nach aufsteigenden spezifischen Gesamtanschlusskosten sortiert. Auf der primären Ordinate sind die Summenleistungen aufgetragen, auf der sekundären die Anzahl der

angeschlossenen Anlagen. Auf der Abszisse sind die spezifischen Anschlusskosten dargestellt. Eine beispielhafte Darstellung ist in Abbildung 2-17 ersichtlich. Bei einer gewünschten Summenanschlussleistung von P_{CH_4} in Nm^3/h werden n Anlagen zu den maximalen spezifischen Gesamtanschlusskosten K berücksichtigt. Dabei ist zu beachten, dass diese angeschlossenen Anlagen spezifische Gesamtanschlusskosten aufweisen, welche kleiner oder maximal gleich groß wie K sind.

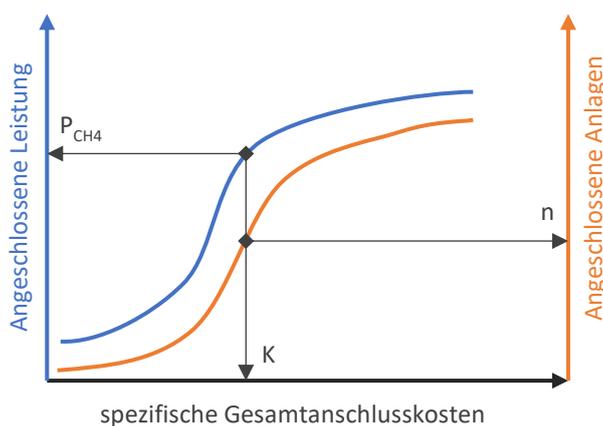


Abbildung 2-17: Beispielhafte Darstellung der angeschlossenen Anlagen bzw. der Summenleistung über den spezifischen Gesamtanschlusskosten (Quelle: Eigene Darstellung)

3 ERGEBNISSE

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Analyse präsentiert und diskutiert. So wird zunächst im Abschnitt 3.1 auf die berücksichtigten Biogasanlagen eingegangen. Anschließend werden die Barwerte des Betrachtungszeitraumes (Abschnitt 3.2) sowie die spezifischen Gesamtanschlusskosten (Abschnitt 3.3) diskutiert.

Entsprechend der Übersichtlichkeit sind in diesem Kapitel alle Ergebnisse auf Basis der berücksichtigten Biogasanlagen im Betrachtungsgebiet Österreich zu verstehen. Zur Untersuchung regionaler Unterschiede wurden die gleichen Auswertungen für jede der drei NUTS 1 Regionen (AT-1 Ostösterreich, AT-2 Südösterreich, AT-3 Westösterreich) sowie die einzelnen Bundesländer in Österreich durchgeführt. Diese Ergebnisse sind im Anhang dargestellt.

3.1 Berücksichtigte Anlagen

Alle identifizierten Biogasanlagen befinden sich in den Netzgebieten der Landesenergieversorger. In den Versorgungsgebieten von eww AG, Stadtwerke Bregenz, Energie Graz, Linz AG, Stadtbetriebe Steyr, Stadtwerke Kapfenberg, Stadtwerke Klagenfurt und Stadtwerke Leoben befinden sich laut deren eigener Angaben keine Biogasanlagen. In Summe wurden 301⁹ Anlagen untersucht, 187 konnten in den Berechnungen berücksichtigt werden. Die restlichen Anlagen wurden im Rahmen der Analyse aufgrund folgender Gründe bereits im Vorfeld bzw. während der Analyse ausgeschlossen:

- Ausschluss durch Netzbetreiber
- Biogasanlage für den Netzbetreiber unbekannt oder nicht relevant
- Biogasanlage bereits an das Gasnetz angeschlossen
- Biogasanlage nicht im Gas-Konzessionsgebiet
- Kein Gasnetz in der Region verfügbar
- Fehlende Nennleistung oder Leitungslänge

Eine Übersicht der Anzahl der berücksichtigten Biogasanlagen je Bundesland ist in Abbildung 3-1 ersichtlich. Wichtig ist, auf die Unterschiede verschiedener Netzbetreiber hinzuweisen. So wurden beispielsweise in Kärnten vom Netzbetreiber alle Anlagen die weiter als 2500 m vom nächstgelegenen Gasnetz entfernt liegen ausgeschlossen. Demgegenüber wurden in Niederösterreich alle Anlagen, selbst mit notwendigen Leitungslängen von bis zu

⁹ Anlagen welche vom Kompost und Biogas Verband gelistet sind plus weitere von den Netzbetreibern bekannt gegebene Anlagen

45 700 m, berücksichtigt. Weiters wurden auch alle Anlagen in Osttirol ausgeschlossen, da dort kein Gasnetz vorhanden ist.

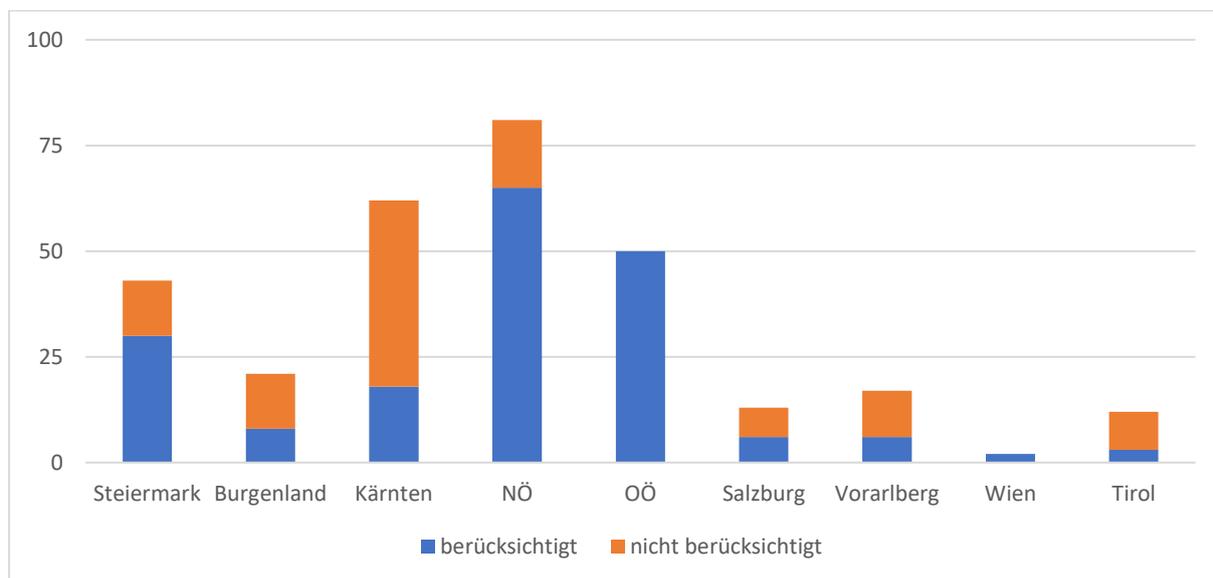


Abbildung 3-1: Berücksichtigte Biogasanlagen je Bundesland (Quelle: Eigene Darstellung)

Nur die Netzbetreiber Netz Burgenland GmbH, Netz Niederösterreich GmbH, Netz Oberösterreich GmbH und Energienetze Steiermark GmbH haben einen Zusammenschluss von geeigneten Anlagen zu einem Verbund im jeweiligen Netzgebiet als sinnvoll erachtet. Im Netzgebiet der Netz Burgenland GmbH stellt der Zusammenschluss von geeigneten Anlagen zu einem Verbund die Ausnahme dar. Den Regelfall wird eine Einzelanlage mit temporärer Verdichtung in eine höhere Netzebene darstellen (Typ 2). Oft wird es notwendig sein, eine Einzelanlage mit permanenter Verdichtung (Typ 6) anzuschließen. Hier müsste aus Sicht der Netz Burgenland GmbH der Verdichter jedoch redundant ausgeführt werden. Ein Anschluss nach Typ 5, 7 und 8 erscheint ebenfalls eine zukünftige Variante darzustellen. Bei den anderen Netzbetreibern wurde ein Anschluss der Anlagen entsprechend Verbundtyp 2, 4, 6 oder 8 angewendet (Typenbeschreibung siehe Abschnitt 2.1.1).

3.2 Gesamtkosten im Betrachtungszeitraum (CapEx & OpEx)

Die Gesamtkosten bezeichnen die Summe der Barwerte aller Investitions- und Betriebskosten über den gesamten Betrachtungszeitraum (20 Jahre, WACC = 5.03 % p.a., siehe Tabelle 2-2). Bezugszeitpunkt ist der Investitionszeitpunkt. Diese Kosten inkludieren Leitungen, Einspeiseanlage und, falls nötig, Verdichter.

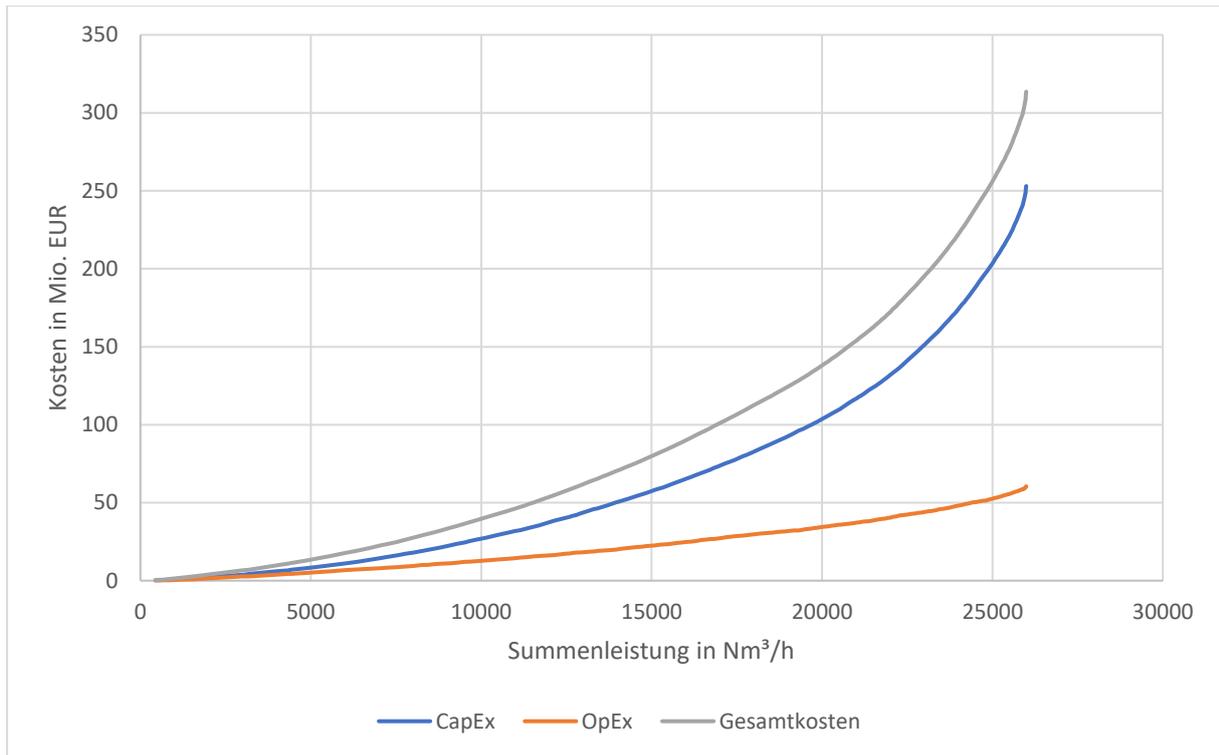


Abbildung 3-2: Aufsummierte Barwerte von OpEx, CapEx und Gesamtkosten über der Summenleistung (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) (Quelle: Eigene Darstellung)

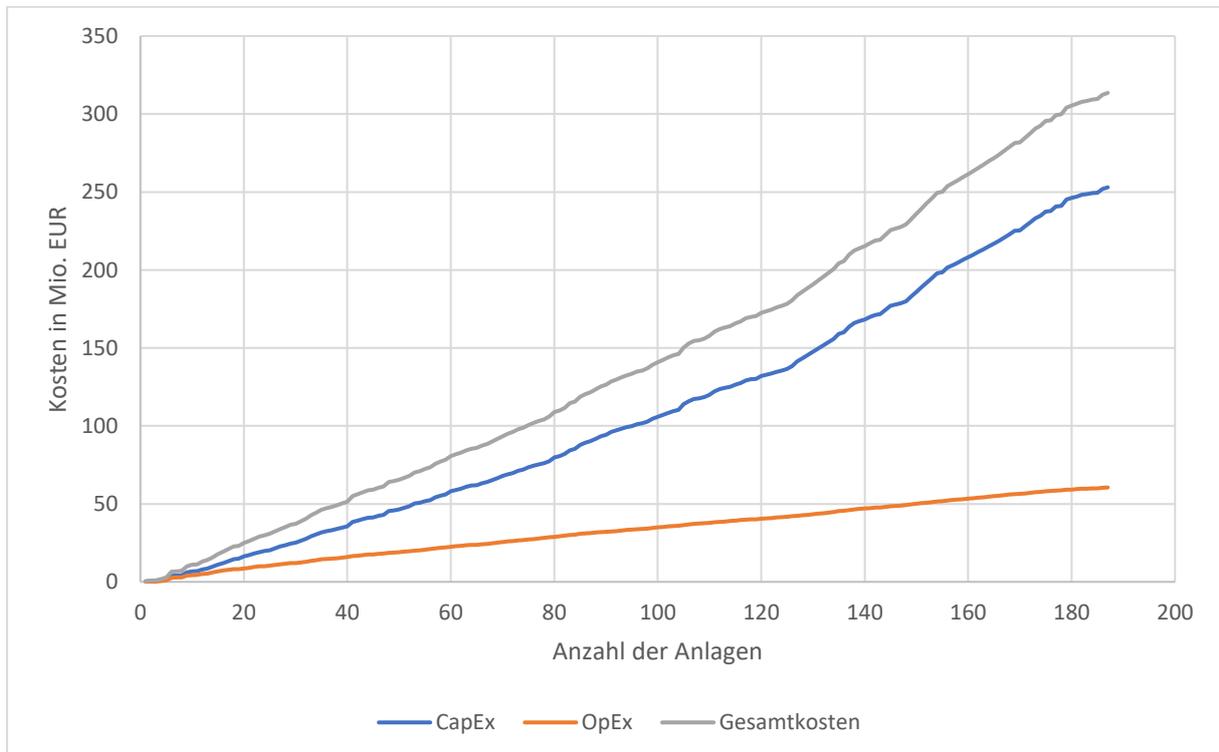


Abbildung 3-3: Aufsummierte Barwerte von OpEx, CapEx und Gesamtkosten über der Anzahl der Anlagen (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) (Quelle: Eigene Darstellung)

Aufsteigend sortiert nach den spezifischen Gesamtanschlusskosten, zeigen Abbildung 3-2 und Abbildung 3-3 die Barwerte der Gesamtkosten im Betrachtungszeitraum die Gesamtanschlussleistung bzw. die Anzahl der angeschlossenen Anlagen. Während mit 50 Mio. EUR 38 Anlagen mit einer Gesamtanschlussleistung von 11 404 Nm³/h Biomethan an das Gasnetz angeschlossen werden können, können mit weiteren 50 Mio. EUR nur noch 36 weitere Anlagen mit 5 409 Nm³/h Biomethan an das Gasnetz angeschlossen werden. Der Netzanschluss der verbleibenden 9 179 Nm³/h Biomethan kostet weitere 214 Mio. EUR (Tabelle 3-1).

Tabelle 3-1: Anzahl der Anlagen, Summe der Nennleistungen sowie CapEx und OpEx je Investitionsvolumen

Investitionsvolumen	Anzahl Anlagen	Summe Nennleistung	Summe CapEx	Summe OpEx
Mio. EUR	-	Nm ³ /h Biomethan	Mio. EUR	Mio. EUR
bis 50	38	11404	34	15
50 bis 100	weitere 36	weitere 5409	38	12
100 bis 150	weitere 30	weitere 3724	38	9
150 bis 200	weitere 29	weitere 2582	43	9
über 200	weitere 54	weitere 2872	99	16

3.3 Spezifische Gesamtanschlusskosten

Die spezifischen Gesamtanschlusskosten (LCOG) beschreiben jene Kosten, die für den Anschluss pro produzierter MWh Biomethan anfallen. Diese beinhalten die Leitungen, die Einspeiseanlage und, falls notwendig, den Verdichter. Die Biogasaufbereitung ist darin nicht enthalten, da sich die Aufbereitungsanlage außerhalb des betrachteten Bilanzgebietes befindet (vgl. Abbildung 1-1).

Die gesamte Anschlussleistung der betrachteten Anlagen beträgt 25 992 Nm³/h. Die spezifischen Anschlusskosten reichen von 0.5 EUR/MWh bis zu 183 EUR/MWh. Der nach Leistung an Biomethan gewichtete Durchschnitt liegt bei 10.5 EUR/MWh. Für 109 Anlagen liegen die spezifischen Anschlusskosten unter 10 EUR/MWh (Abbildung 3-4). Insgesamt können diese 109 Anlagen etwa 20 707 Nm³/h Biomethan produzieren, im Durchschnitt sind dies pro Anlage 189 Nm³/h. Diese Anlagen liegen in der Regel nahe an einer Gasleitung und haben eine hohe Nennleistung bzw. bestehen aus einem Verbund mit mehreren Anlagen. Bei

weiteren 69 Anlagen liegen die spezifischen Anschlusskosten im Bereich zwischen 10 und 50 EUR/MWh (Abbildung 3-4). Deren Biomethanproduktion beträgt 5 185 Nm³/h, der Durchschnitt pro Anlage beträgt 75 Nm³/h. Die restlichen 9 Anlagen haben eine Biomethanproduktion von 100 Nm³/h, die durchschnittliche Nennleistung beträgt nur noch 11 Nm³/h (Tabelle 3-2).

Tabelle 3-2: Anzahl der Anlagen und Summe der Nennleistungen je spez. Anschlusskosten

Spez. Anschlusskosten EUR/MWh	Anzahl der Anlagen -	Summe der Nennleistung Nm ³ /h
bis 10	109	20707
10 bis 25	weitere 49	weitere 4242
25 bis 50	weitere 20	weitere 943
Über 50	weitere 9	weitere 100

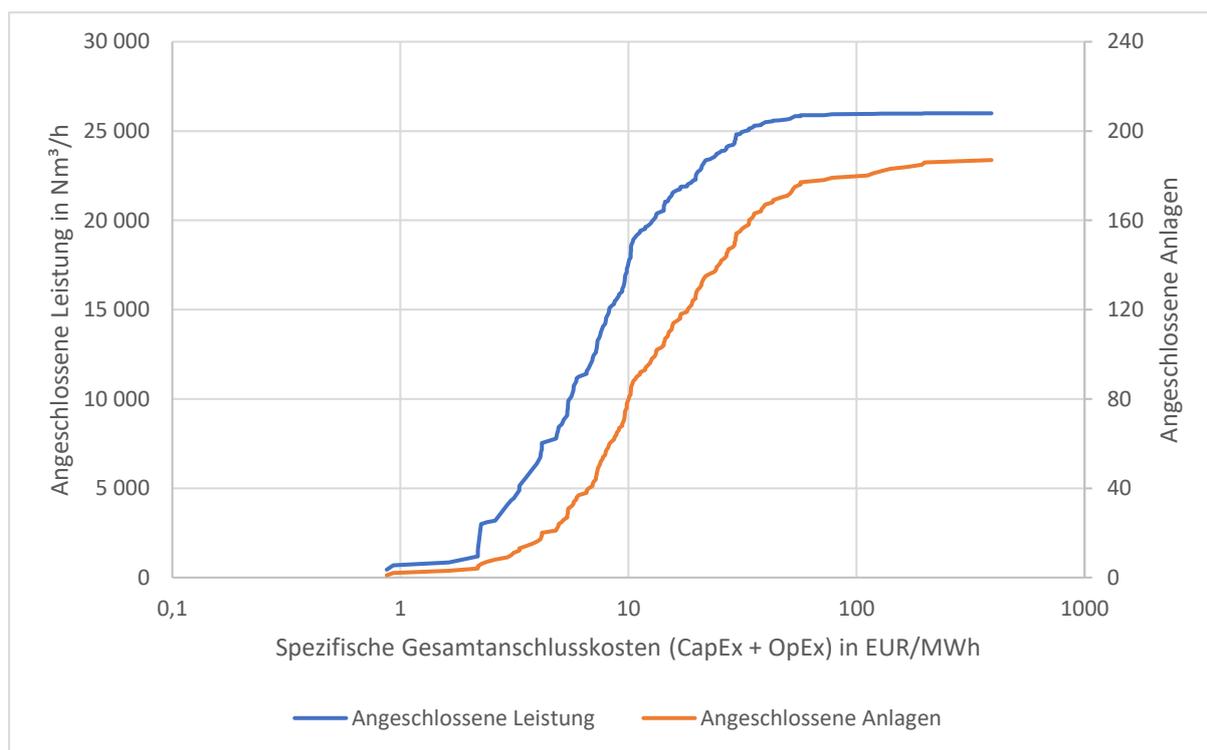


Abbildung 3-4: Spezifische Gesamtanschlusskosten (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) (Quelle: Eigene Darstellung)

4 ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Untersuchung analysiert die Kosten der Einbindung von Biogasanlagen in das österreichische Gasnetz. Insgesamt wurden 62 % der in Österreich vorhandenen Biogasanlagen in dieser Analyse berücksichtigt, welche sich über alle Bundesländer in Österreich verteilt finden. Die meisten Anlagen befinden sich in den Bundesländern Oberösterreich, Niederösterreich, Kärnten und der Steiermark. Alle untersuchten Anlagen produzieren bei einer kumulierten Leistung von rund 287 MW in Summe 2.3 TWh Biomethan pro Jahr. Dies entspricht ca. 10 % des österreichischen Heizgasbedarfs.

Bei einem Anschluss aller Biogasanlagen an das Erdgasnetz sind über den gesamten kalkulatorischen Betrachtungszeitraum von 20 Jahren rund 313 Mio. EUR Kosten für die Errichtung und den Betrieb der Netzeinspeisung erforderlich. Werden nur 100 Mio. EUR für die wirtschaftlichsten Anlagen aufgewendet, beträgt die unter dieser Annahme in das Gasnetz eingespeiste Biogasmenge immer noch rd. 1.5 TWh pro Jahr (Tabelle 3-1). Dies sind rund 65 % des gesamten bestehenden Potentials bzw. rund 6.5 % des österreichischen Heizgasbedarfes. Die spezifischen durchschnittlichen Kosten für den Anschluss an das Gasnetz könnten unter dieser Annahme von rund 10.5 EUR/MWh auf rd. 5.12 EUR/MWh gesenkt werden.

Zum Vergleich, die für den Anschluss an das Gasnetz erforderlichen Kosten stellen im Mittel nur rund 10 % der gesamten Biomethangestehungskosten dar (Abbildung 4-1). Diese betragen für alle betrachteten Anlagen 10.8 ct/kWh (Berechnung Kosten Biogasanlage nach [9], restliche Positionen nach Kapitel 2.2.2). Der überwiegende Anteil mit knapp 75 % entfällt auf die Substratkosten und den Betrieb der Biogasanlage¹⁰. Der Rest entfällt auf die Aufbereitung von Rohbiogas zu einspeisefähigem Biomethan. Das bei der Rohbiogasaufbereitung abgetrennte CO₂ stellt jedoch ein großes Potential für eine zukünftige Sektorkopplung mittels Power-to-Gas dar. Dabei kann es zur Methanisierung von Wasserstoff, welcher aus erneuerbaren Energieträgern gewonnen werden kann, genutzt werden um den Anteil an erneuerbarem Gas im Gasnetz weiter zu erhöhen.

¹⁰ Die Kosten für die Biogasanlage umfassen: Direktkosten (Substrat), Betriebskosten, Anlagekosten, Annuitäten für Gebäude und Maschinen, Personalkosten, sonstige Kosten [10].

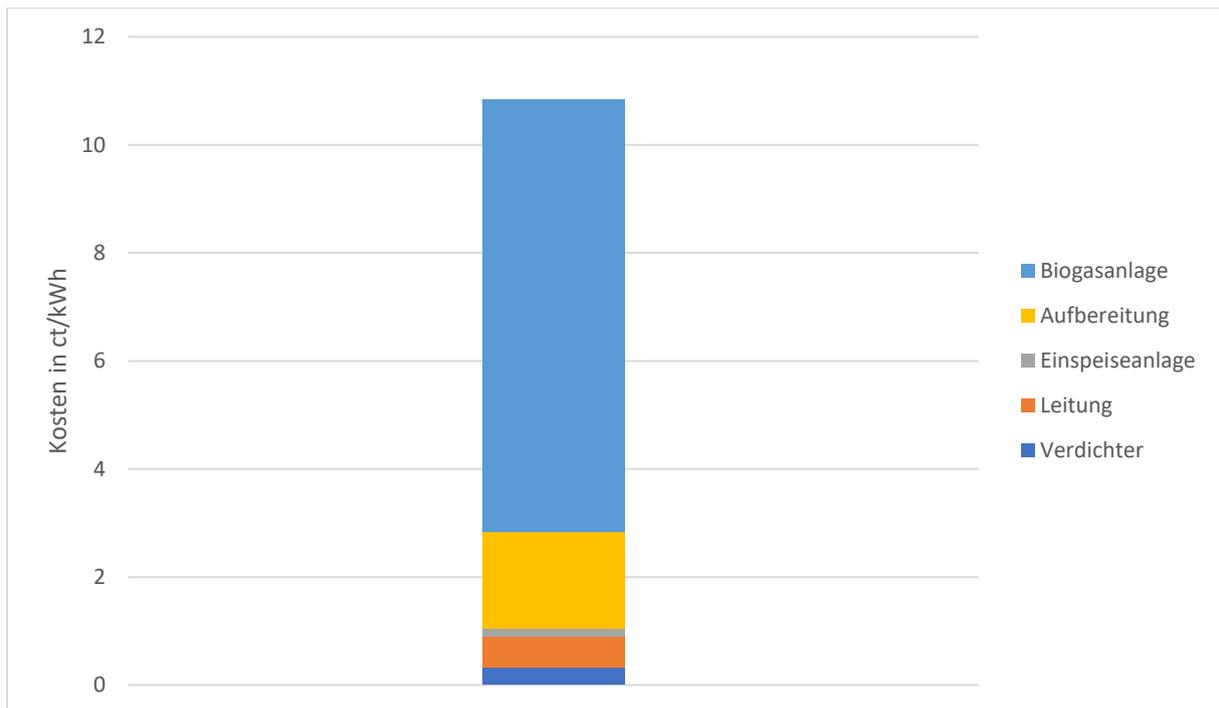


Abbildung 4-1: Zusammensetzung der durchschnittlichen spezifischen Gesamtkosten (CapEx und OpEx)
(Quelle: Eigene Darstellung)

5 LITERATURVERZEICHNIS

- [1] BUNDESMINISTERIUM FÜR NACHHALTIGKEIT UND TOURISMUS (Hrsg.); BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, INNOVATION UND TECHNOLOGIE (Hrsg.): *#mission2030 : Die österreichische Klima- und Energiestrategie*. Wien, 2018
- [2] FGW - FACHVERBAND DER GAS- UND WÄRMEVERSORGUNGSUNTERNEHMUNGEN (Hrsg.): *Erneuerbares Gas : Green Energy Made in Austria*. Wien, 2019
- [3] KOMPOST & BIOGAS VERBAND. schriftlich. 2019-04-12. SCHIFF, Peter (Adressat)
- [4] ÖVGW-Richtlinie G 31. 2001. *Erdgas in Österreich*
- [5] DÖHLER, Helmut (Hrsg.): *Faustzahlen Biogas*. 3. Ausg. Darmstadt : KTBL, 2013
- [6] ÖVGW-Richtlinie G B220. 2011. *Regenerative Gase*
- [7] GÜSSING ENERGY TECHNOLOGIES GMBH: <http://www.biogas-netzeinspeisung.at> – Überprüfungsdatum 2019-08-08
- [8] HORNBACHNER, D. ; KRYVORUCHKO, V. ; GIKOPOULOS, C. ; DOS SANTOS, M. ; TARGYIK-KUMER, L. ; ADLER, R. ; KLEIN, E.: *Wirtschaftliche Chancen der Biogasversorgung netzferner Gas-Tankstellen gegenüber konventioneller Erdgas-Versorgung*. Wien, 2009 (Berichte aus Energie- und Umweltforschung 54/2009)
- [9] BUNDESMINISTERIUM NACHHALTIGKEIT UND TOURISMUS (Hrsg.): *Biogas 2017 : Ergebnisse und Konsequenzen der Betriebszweigauswertung aus den Arbeitskreisen Biogas in Österreich*. 2017
- [10] EDER, Michael ; KIRCHWEGGER, Stefan: *Aufbereitung & Analyse von Daten aus dem Arbeitskreis Biogas zu Kosten bestehender Biogasanlagen*. 2011

6 ANHANG

6.1 Ergebnisse je NUTS 1 Region

Die Region AT-1 Ostösterreich umfasst Wien, Niederösterreich und das Burgenland. Steiermark und Kärnten sind in der Region AT-2 Südösterreich zusammengefasst. Oberösterreich, Salzburg, Tirol und Vorarlberg gehören zur Region AT-3 Westösterreich.

6.1.1 Region Ostösterreich

In Abbildung 6-1 bis Abbildung 6-3 sind die Ergebnisse für AT-1 Ostösterreich dargestellt.

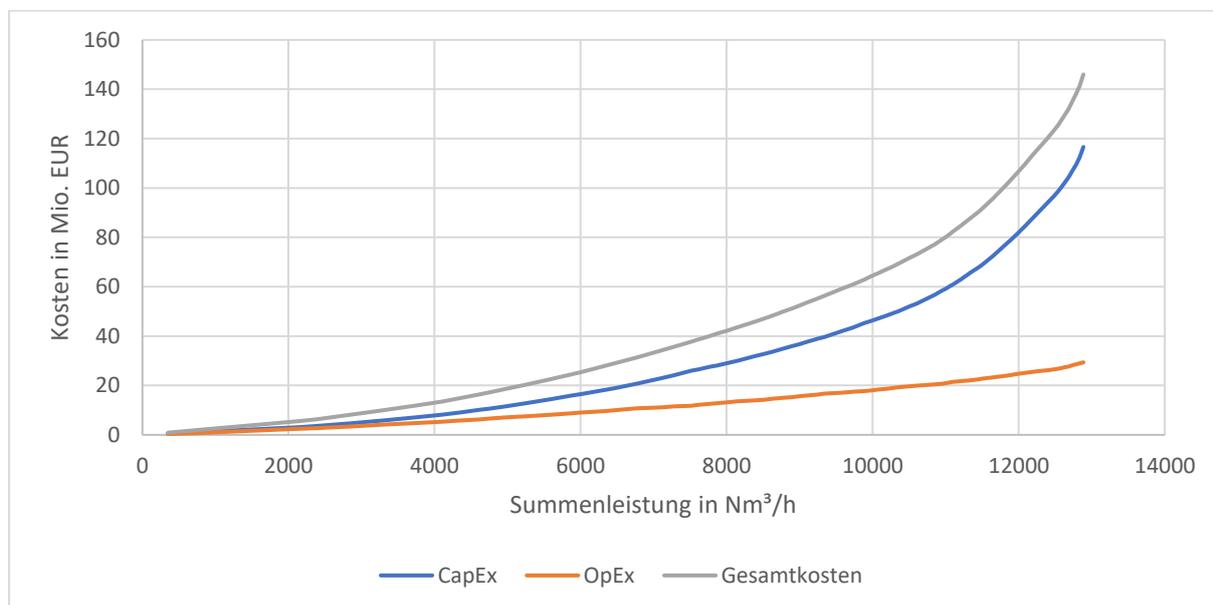


Abbildung 6-1: Aufsummierte Barwerte von OpEx, CapEx und Gesamtkosten über der Summenleistung für AT-1 Ostösterreich (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) (Quelle: Eigene Darstellung)

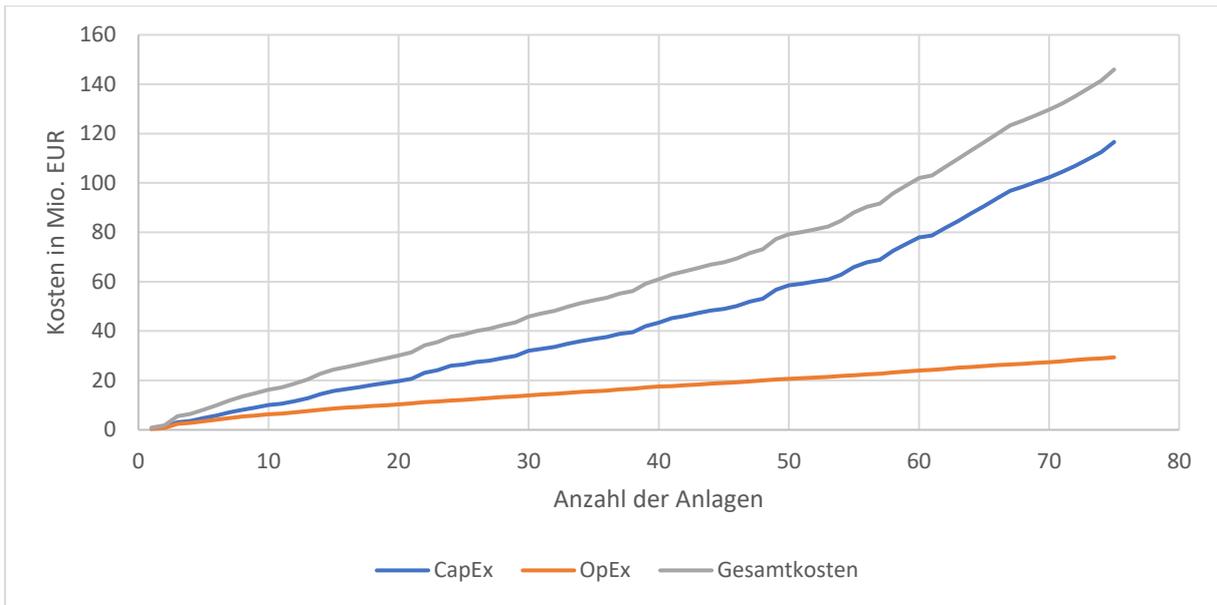


Abbildung 6-2: Aufsummierte Barwerte von OpEx, CapEx und Gesamtkosten über der Anzahl der Anlagen für AT-1 Ostösterreich (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) (Quelle: Eigene Darstellung)

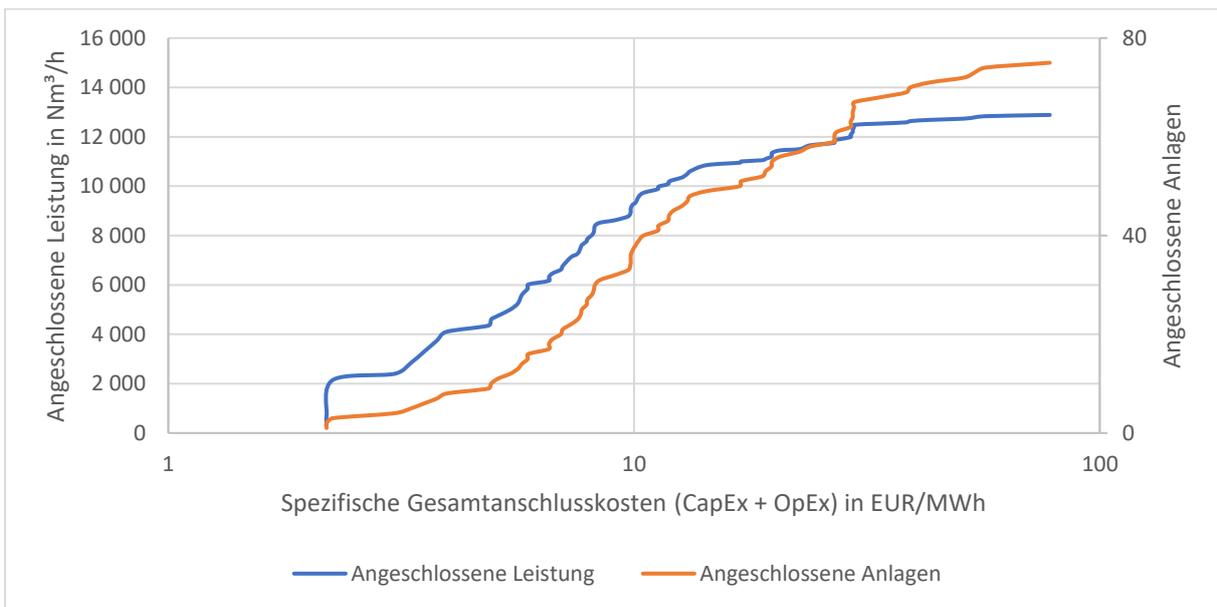


Abbildung 6-3: Spezifische Gesamtanschlusskosten (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) für AT-1 Ostösterreich (Quelle: Eigene Darstellung)

In Abbildung 6-4 bis Abbildung 6-6 sind die Ergebnisse für das Burgenland dargestellt.

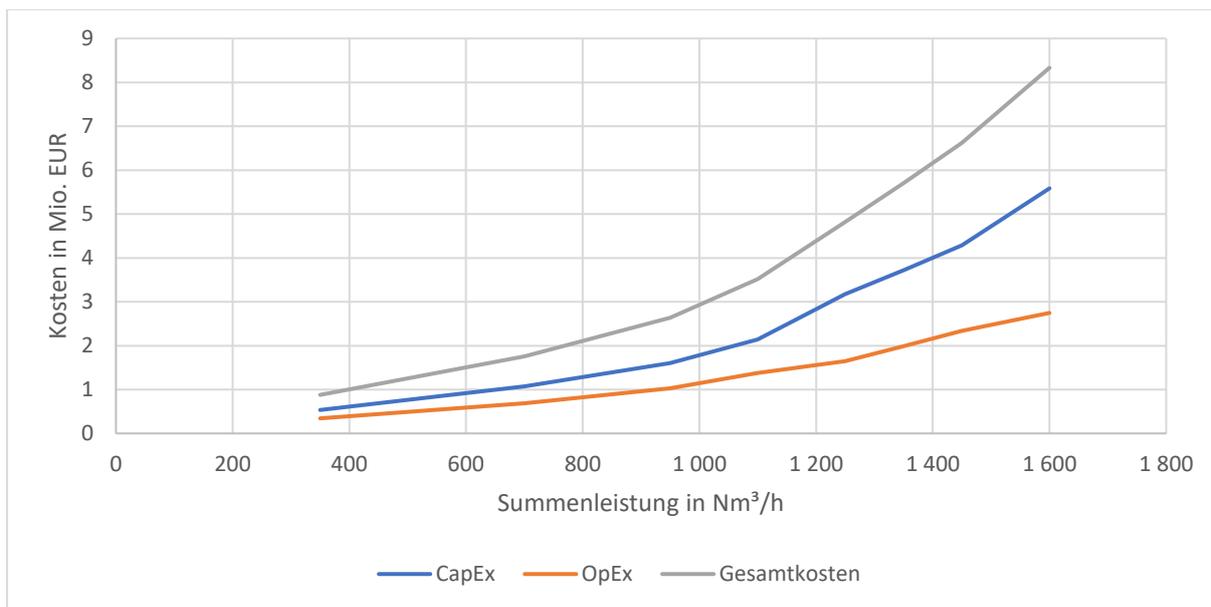


Abbildung 6-4: Aufsummierte Barwerte von OpEx, CapEx und Gesamtkosten über der Summenleistung für das Burgenland (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) (Quelle: Eigene Darstellung)

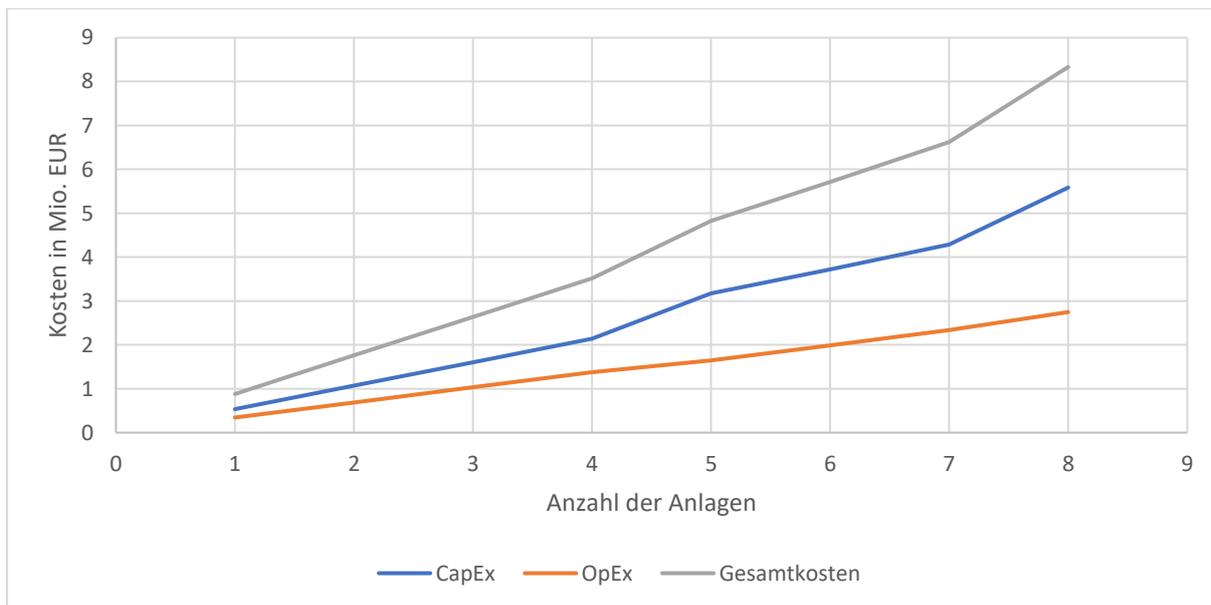


Abbildung 6-5: Aufsummierte Barwerte von OpEx, CapEx und Gesamtkosten über der Anzahl der Anlagen für das Burgenland (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) (Quelle: Eigene Darstellung)

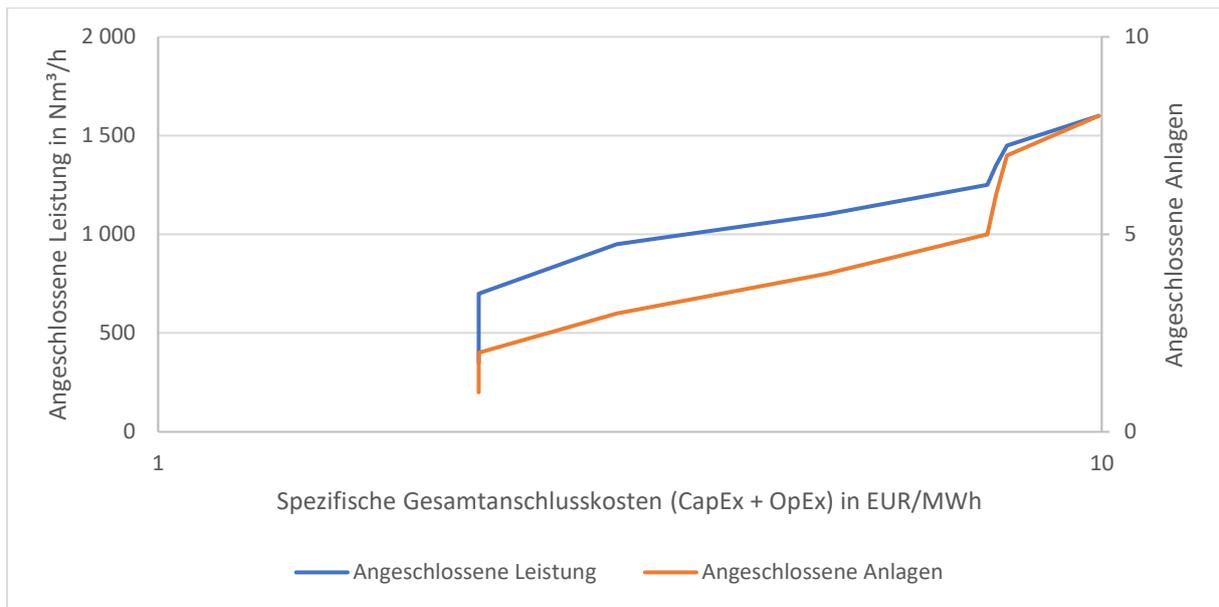


Abbildung 6-6: Spezifische Gesamtanschlusskosten (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) für das Burgenland (Quelle: Eigene Darstellung)

In Abbildung 6-7 bis Abbildung 6-9 sind die Ergebnisse für Wien dargestellt.

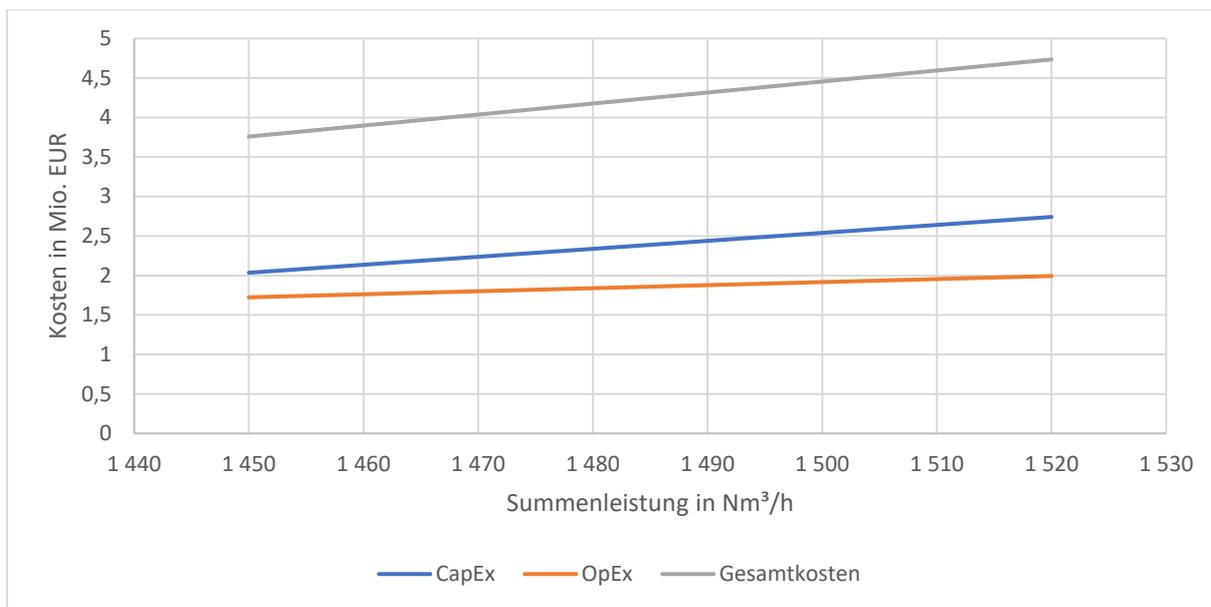


Abbildung 6-7: Aufsummierte Barwerte von OpEx, CapEx und Gesamtkosten über der Summenleistung für Wien (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) (Quelle: Eigene Darstellung)

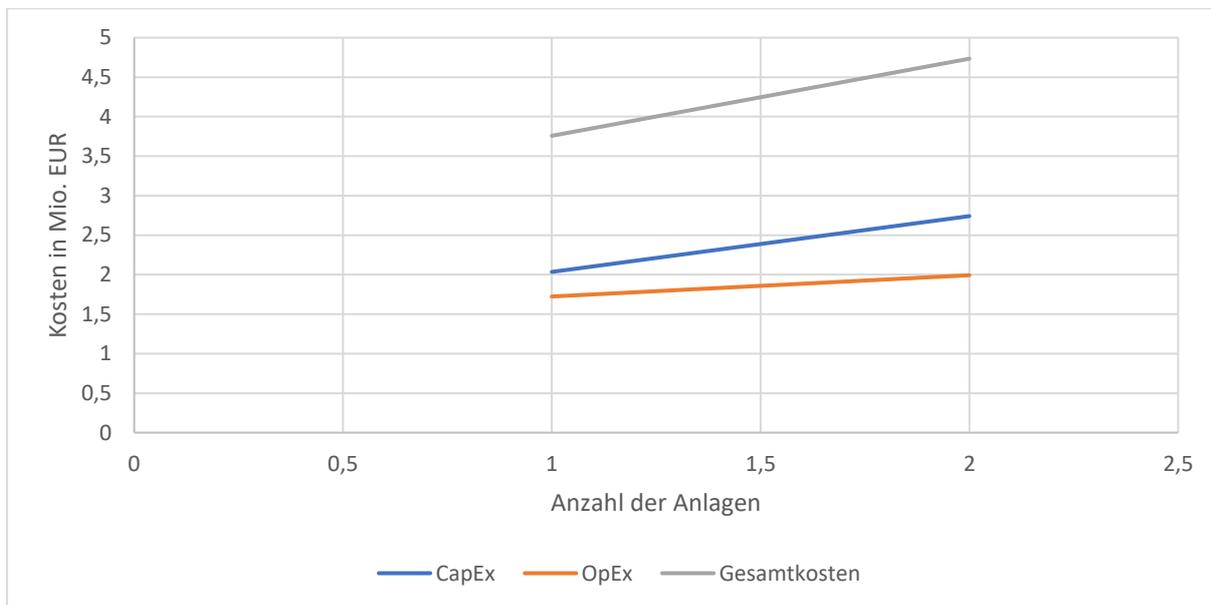


Abbildung 6-8: Aufsummierte Barwerte von OpEx, CapEx und Gesamtkosten über der Anzahl der Anlagen für Wien (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) (Quelle: Eigene Darstellung)

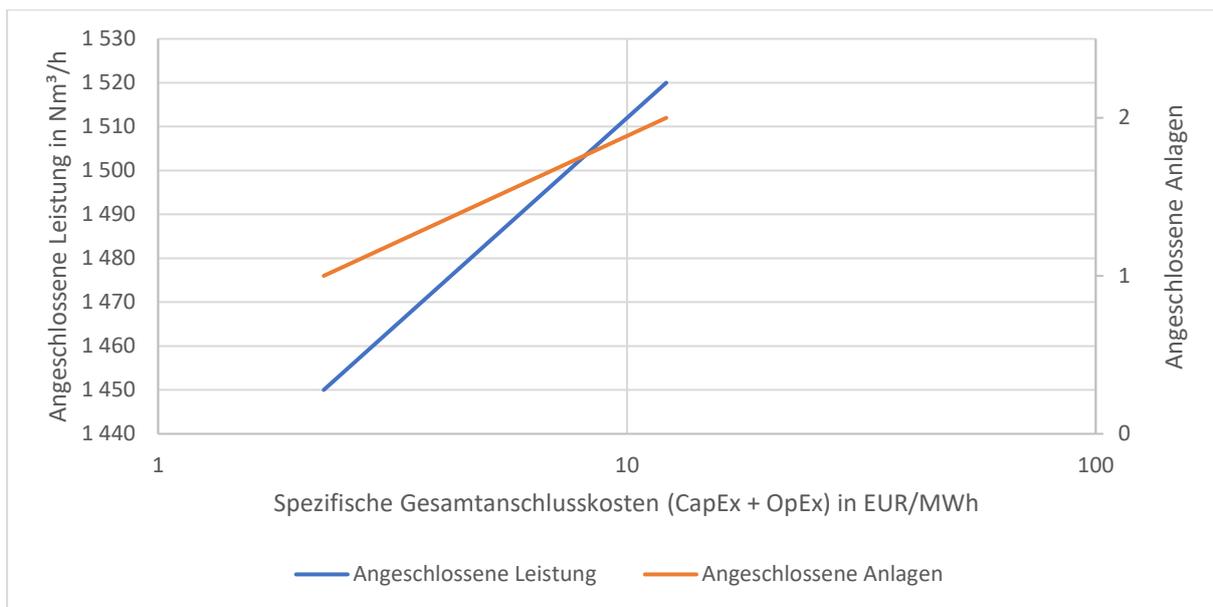


Abbildung 6-9: Spezifische Gesamtanschlusskosten (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) für Wien (Quelle: Eigene Darstellung)

In Abbildung 6-10 bis Abbildung 6-12 sind die Ergebnisse für Niederösterreich dargestellt.

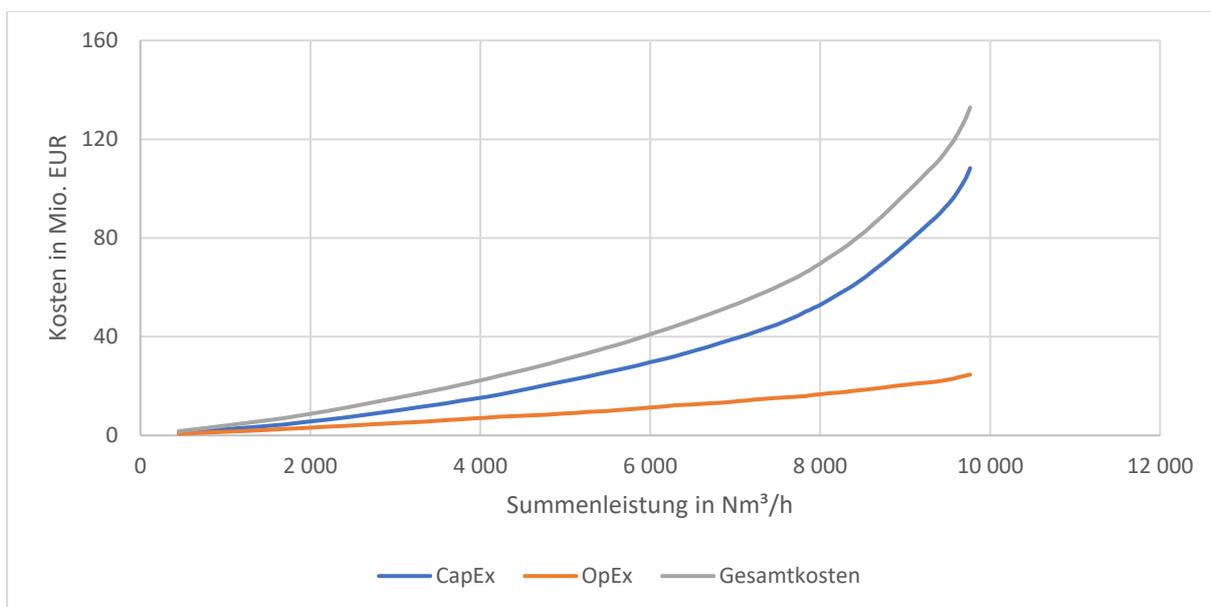


Abbildung 6-10: Aufsummierte Barwerte von OpEx, CapEx und Gesamtkosten über der Summenleistung für Niederösterreich (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) (Quelle: Eigene Darstellung)

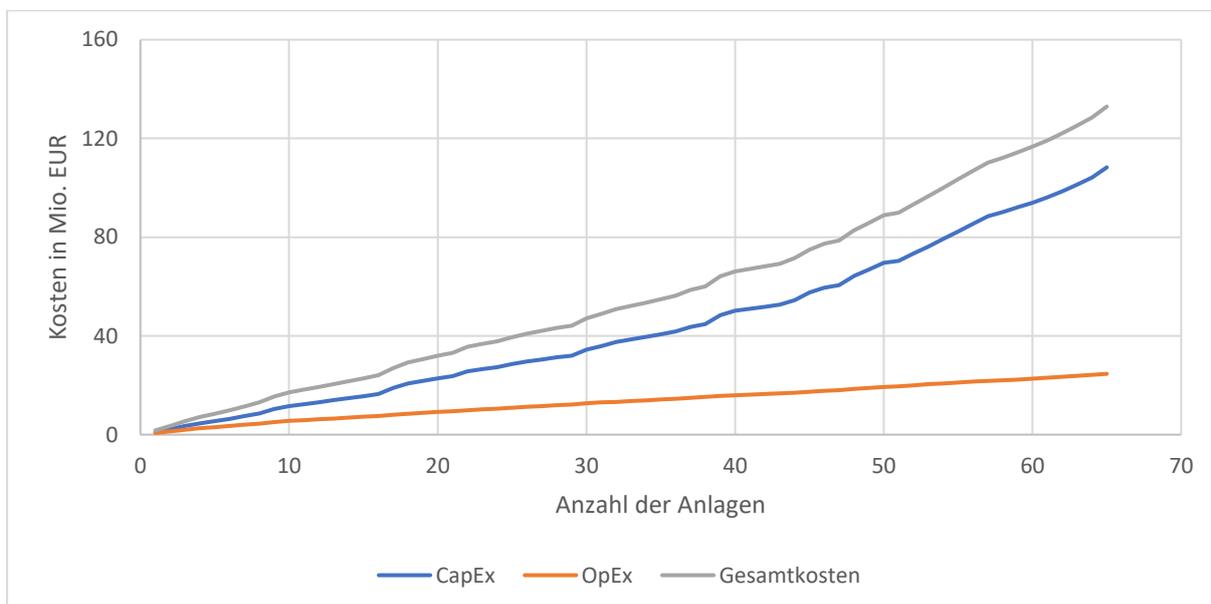


Abbildung 6-11: Aufsummierte Barwerte von OpEx, CapEx und Gesamtkosten über der Anzahl der Anlagen für Niederösterreich (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) (Quelle: Eigene Darstellung)

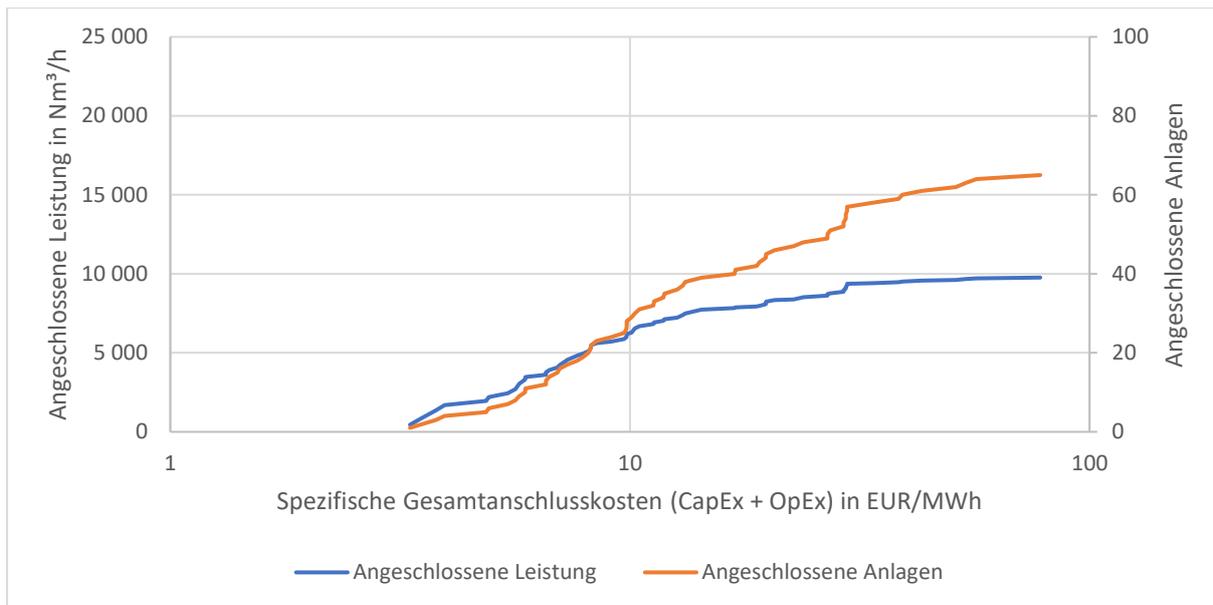


Abbildung 6-12: Spezifische Gesamtanschlusskosten (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) für Niederösterreich (Quelle: Eigene Darstellung)

6.1.2 Region Südösterreich

In Abbildung 6-13 bis Abbildung 6-15 sind die Ergebnisse für AT-2 Südösterreich dargestellt.

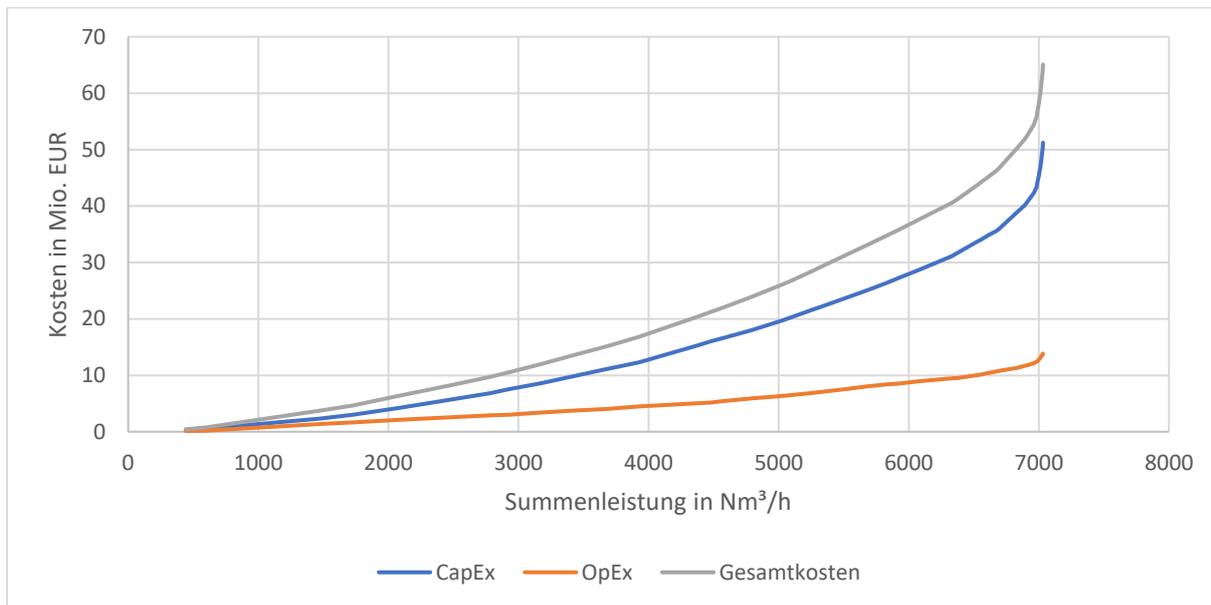


Abbildung 6-13: Aufsummierte Barwerte von OpEx, CapEx und Gesamtkosten über der Summenleistung für AT-2 Südösterreich (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) (Quelle: Eigene Darstellung)

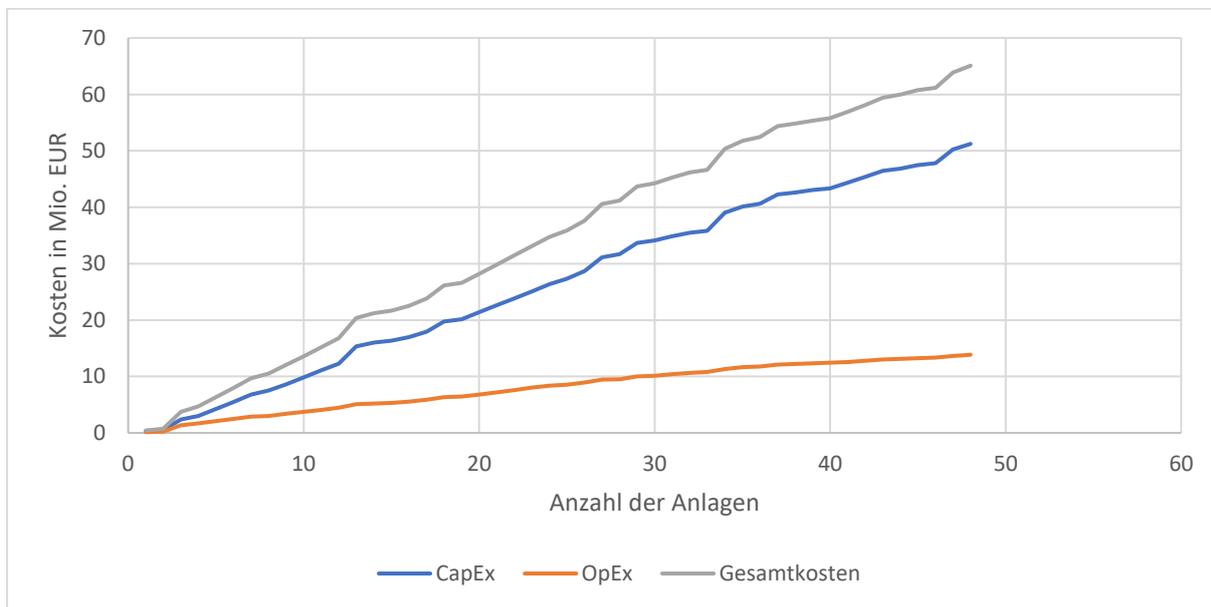


Abbildung 6-14: Aufsummierte Barwerte von OpEx, CapEx und Gesamtkosten über der Anzahl der Anlagen für AT-2 Südösterreich (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) (Quelle: Eigene Darstellung)

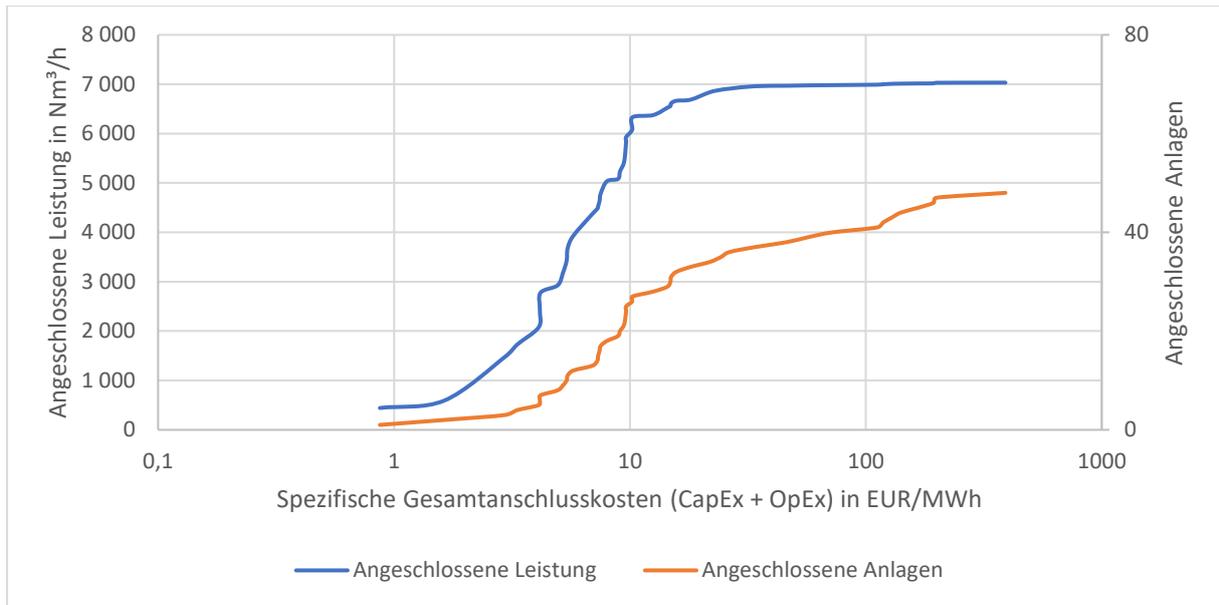


Abbildung 6-15: Spezifische Gesamtanschlusskosten (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) für AT-2 Südösterreich (Quelle: Eigene Darstellung)

In Abbildung 6-16 bis Abbildung 6-18 sind die Ergebnisse für Kärnten dargestellt.

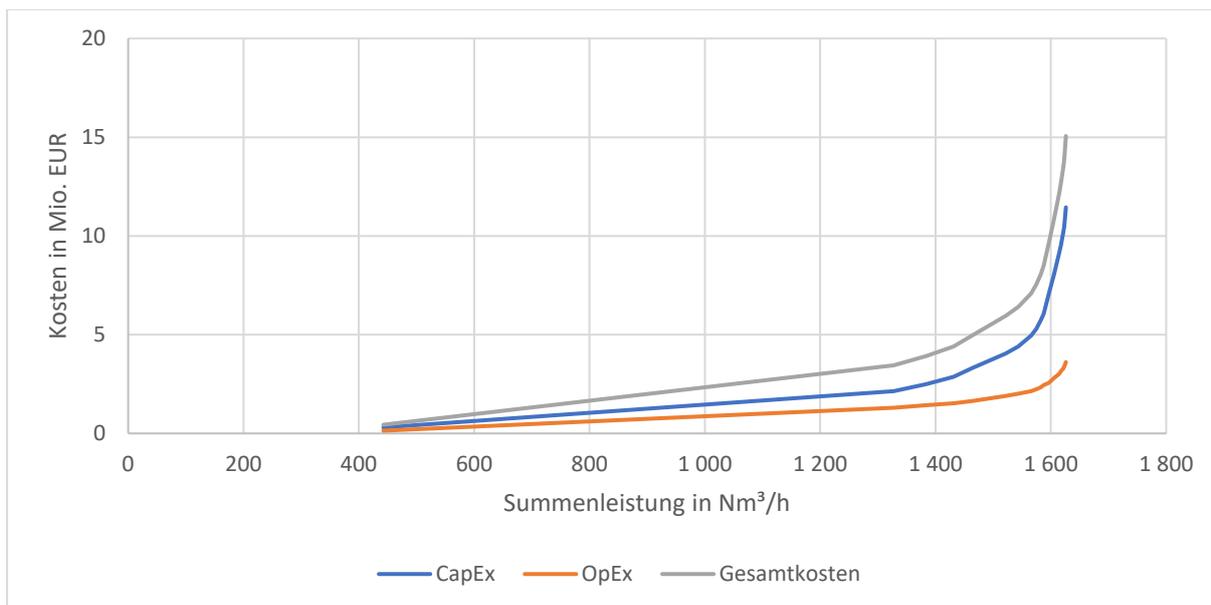


Abbildung 6-16: Aufsummierte Barwerte von OpEx, CapEx und Gesamtkosten über der Summenleistung für Kärnten (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) (Quelle: Eigene Darstellung)

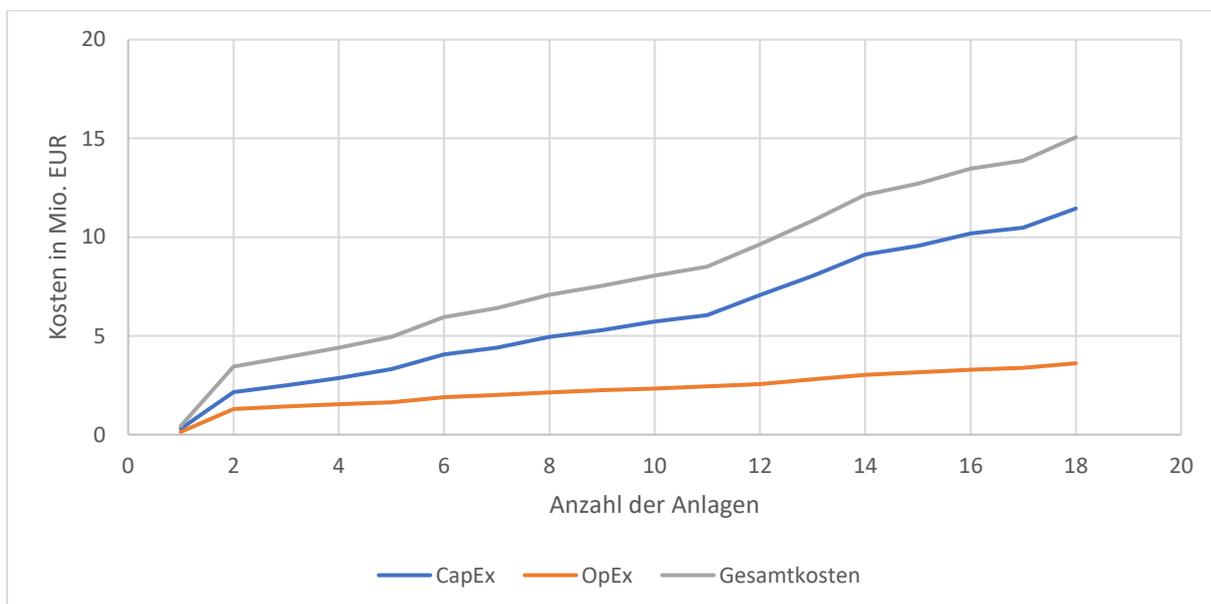


Abbildung 6-17: Aufsummierte Barwerte von OpEx, CapEx und Gesamtkosten über der Anzahl der Anlagen für Kärnten (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) (Quelle: Eigene Darstellung)

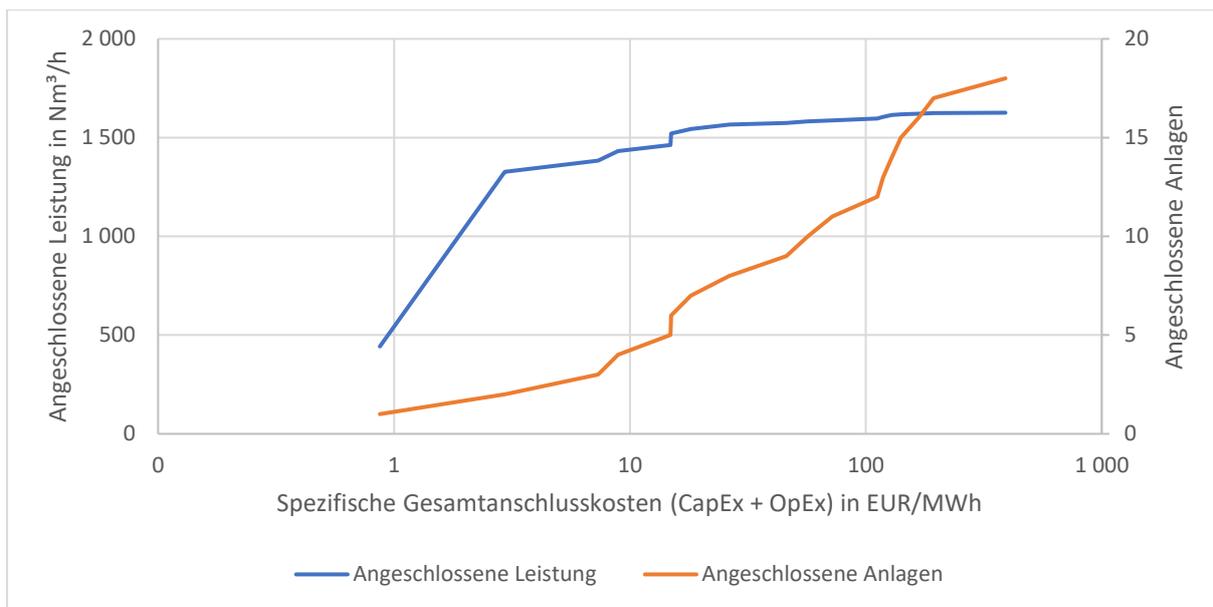


Abbildung 6-18: Spezifische Gesamtanschlusskosten (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) für Kärnten
 (Quelle: Eigene Darstellung)

In Abbildung 6-19 bis Abbildung 6-22 sind die Ergebnisse für die Steiermark dargestellt.

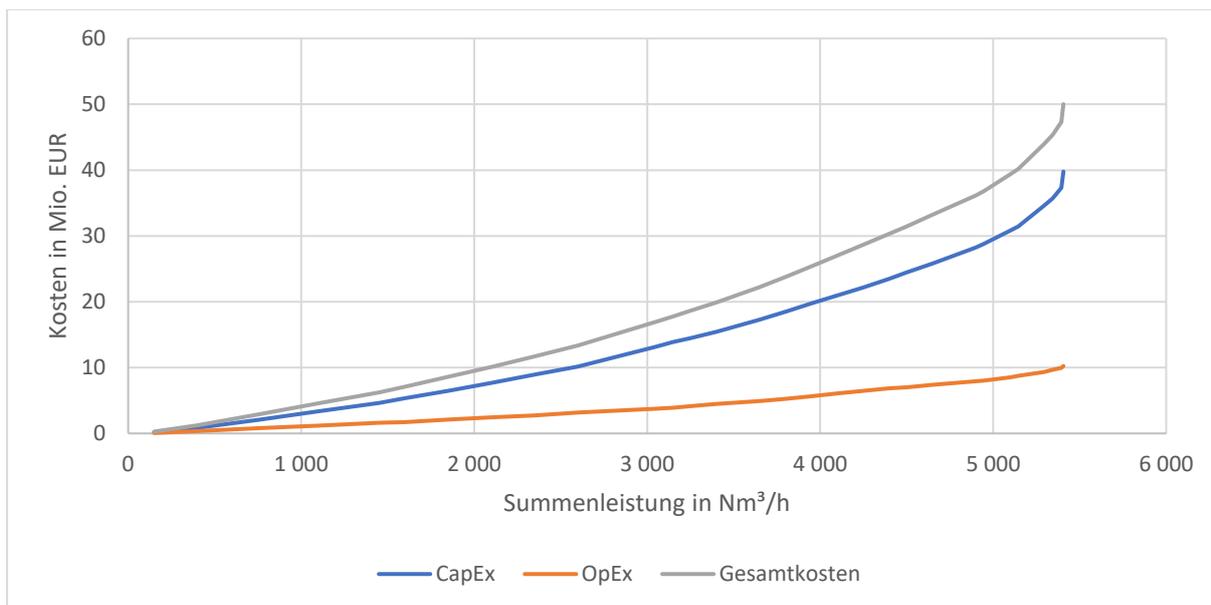


Abbildung 6-19: Aufsummierte Barwerte von OpEx, CapEx und Gesamtkosten über der Summenleistung für die Steiermark (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) (Quelle: Eigene Darstellung)

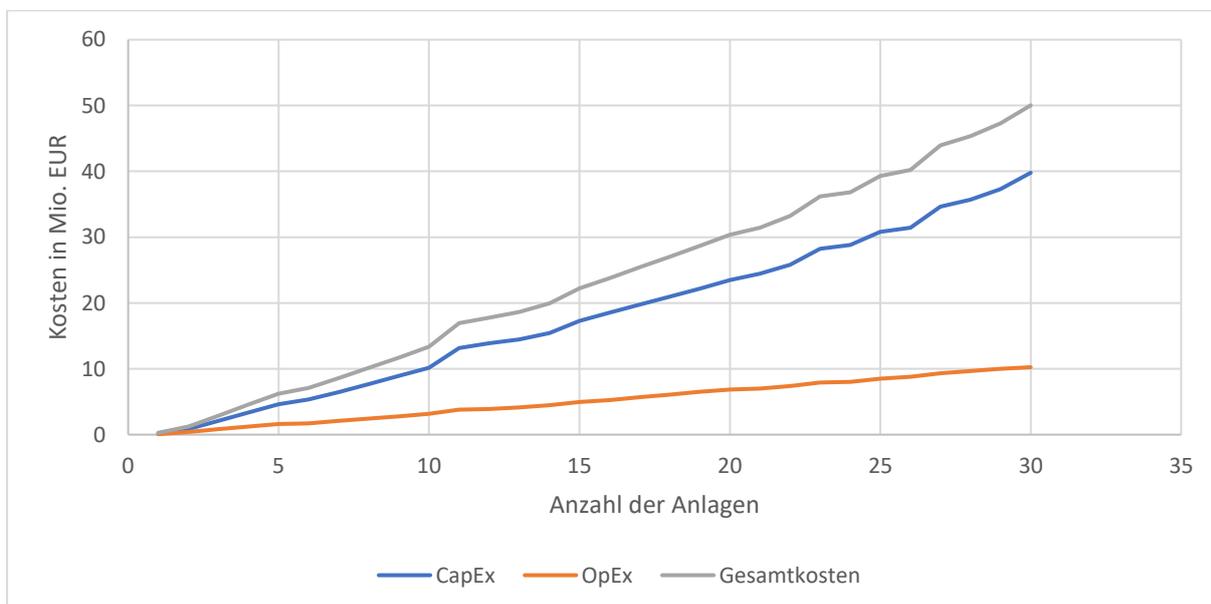


Abbildung 6-20: Aufsummierte Barwerte von OpEx, CapEx und Gesamtkosten über der Anzahl der Anlagen für die Steiermark (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) (Quelle: Eigene Darstellung)

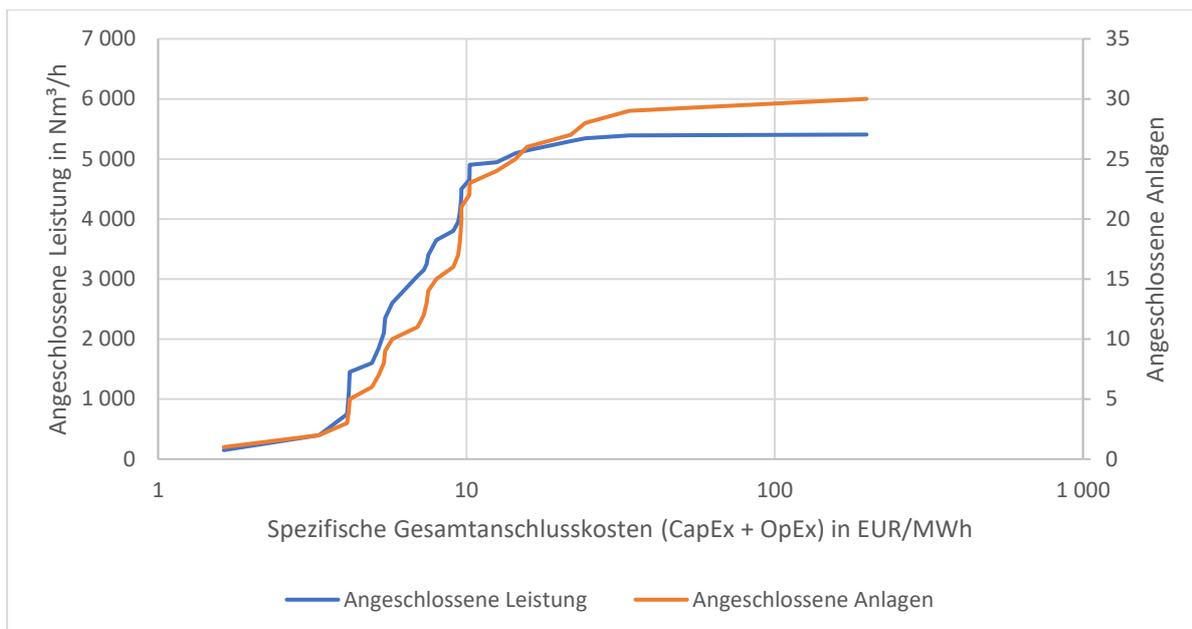


Abbildung 6-21: Spezifische Gesamtanschlusskosten (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) für die Steiermark (Quelle: Eigene Darstellung)

6.1.3 Region Westösterreich

In Abbildung 6-22 bis Abbildung 6-24 sind die Ergebnisse für AT-3 Westösterreich dargestellt.

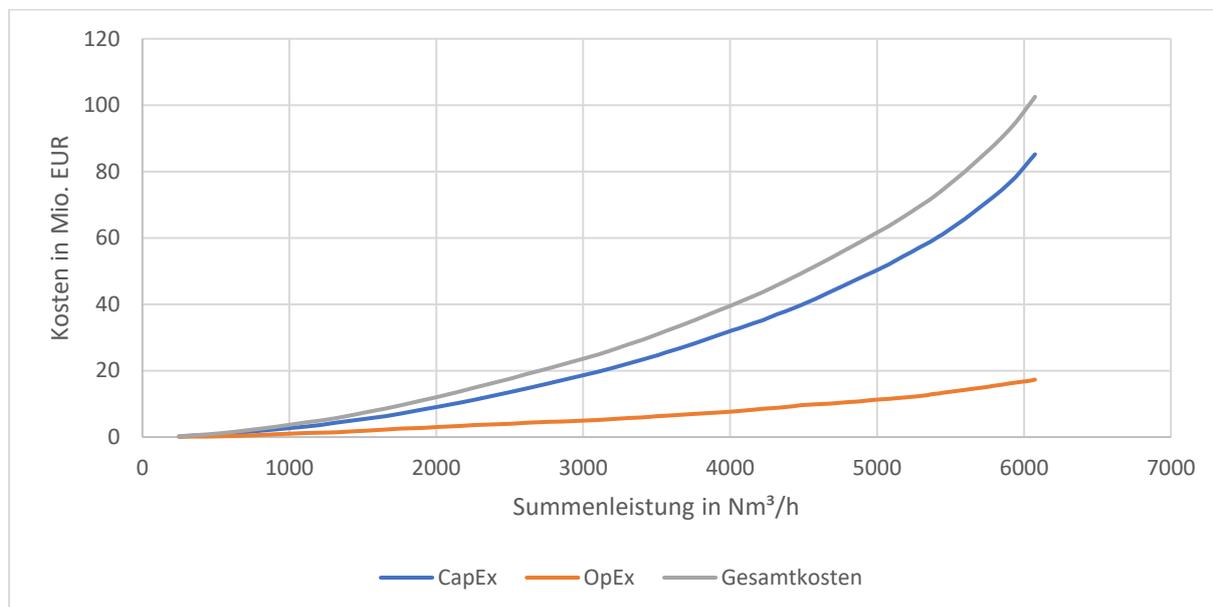


Abbildung 6-22: Aufsummierte Barwerte von OpEx, CapEx und Gesamtkosten über der Summenleistung für AT-3 Westösterreich (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) (Quelle: Eigene Darstellung)

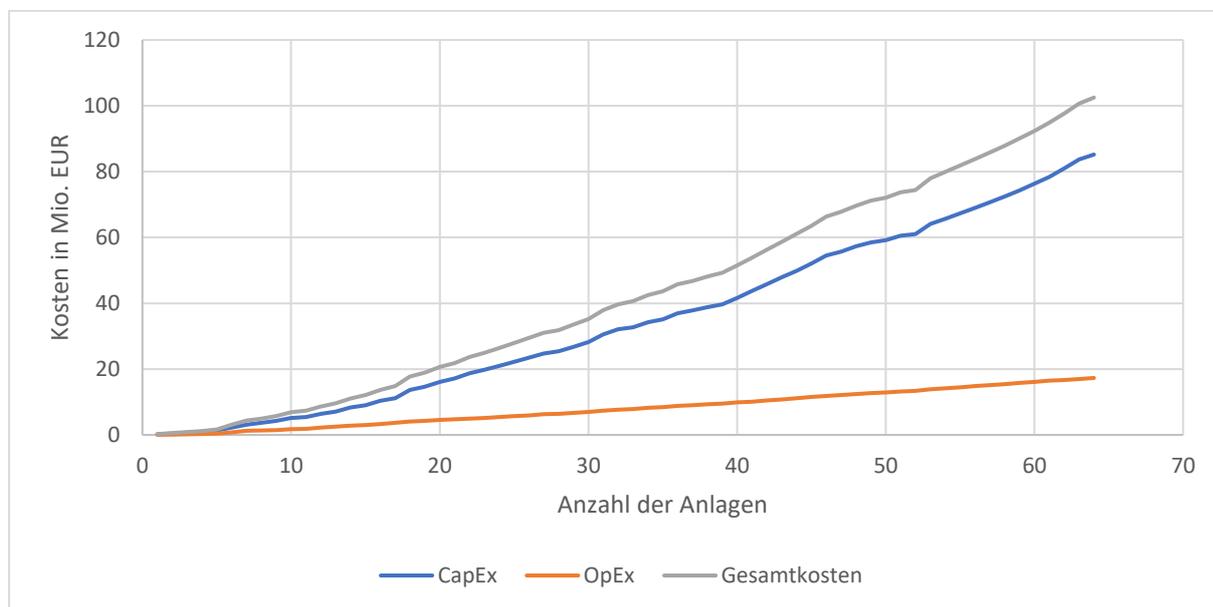


Abbildung 6-23: Aufsummierte Barwerte von OpEx, CapEx und Gesamtkosten über der Anzahl der Anlagen für AT-3 Westösterreich (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) (Quelle: Eigene Darstellung)

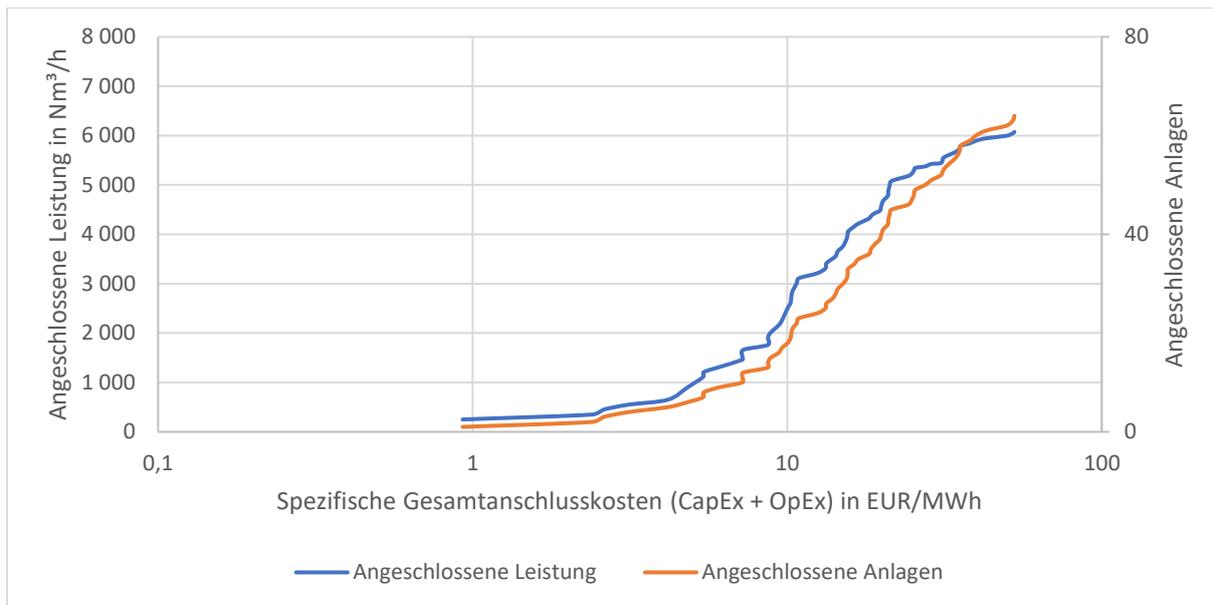


Abbildung 6-24: Spezifische Gesamtanschlusskosten (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) für AT-3 Westösterreich (Quelle: Eigene Darstellung)

In Abbildung 6-25 bis Abbildung 6-27 sind die Ergebnisse für Oberösterreich dargestellt.

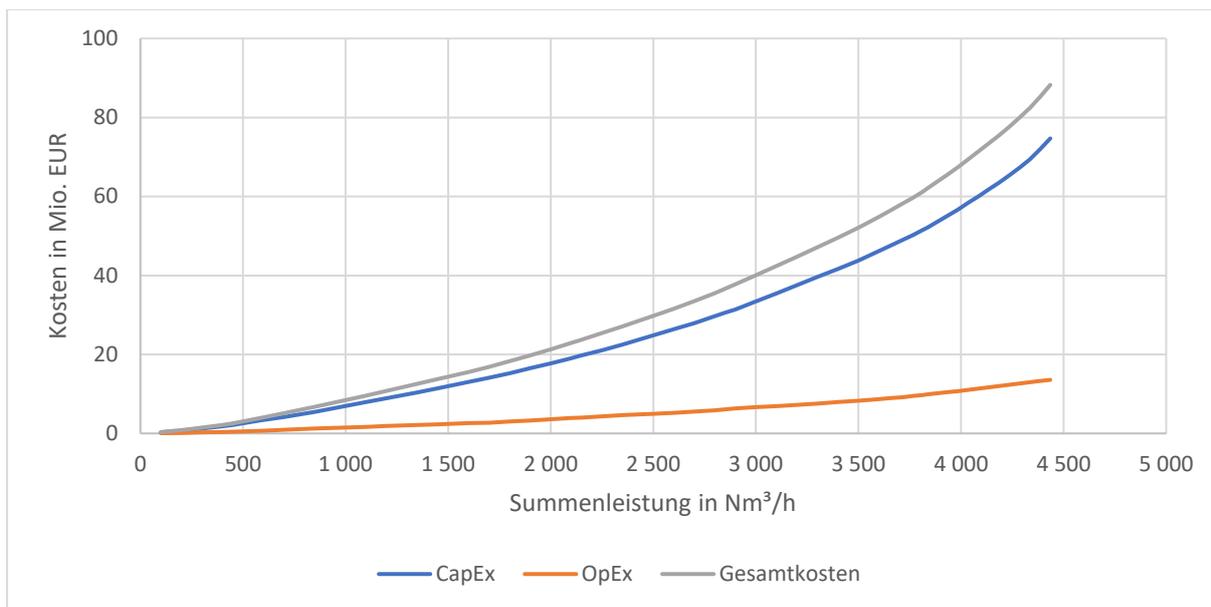


Abbildung 6-25: Aufsummierte Barwerte von OpEx, CapEx und Gesamtkosten über der Summenleistung für Oberösterreich (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) (Quelle: Eigene Darstellung)

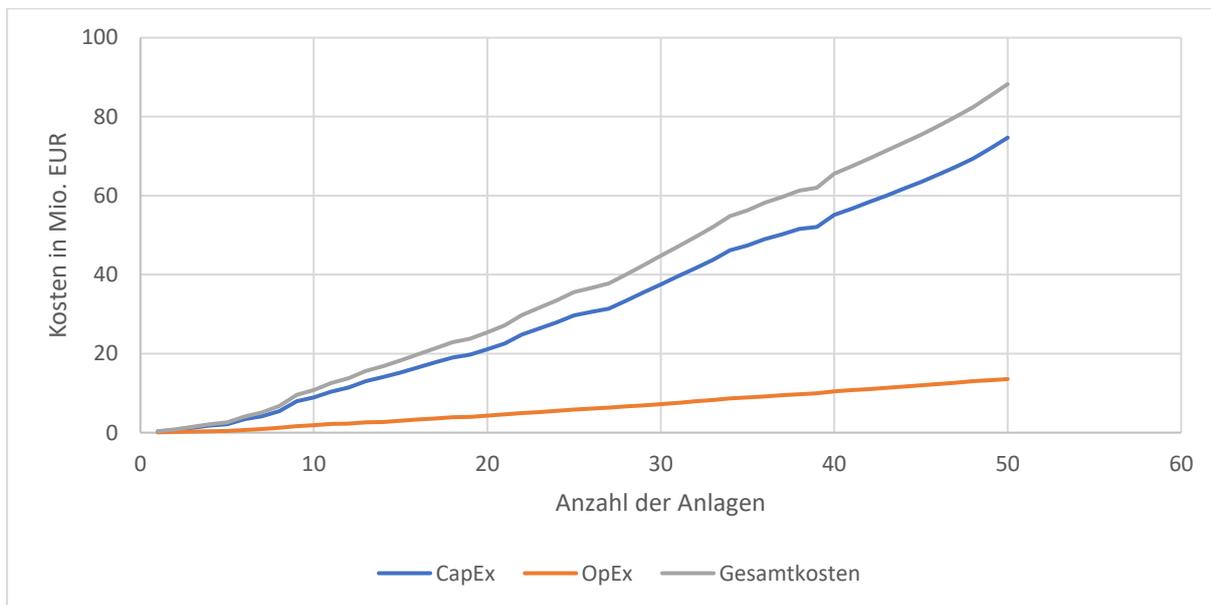


Abbildung 6-26: Aufsummierte Barwerte von OpEx, CapEx und Gesamtkosten über der Anzahl der Anlagen für Oberösterreich (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) (Quelle: Eigene Darstellung)

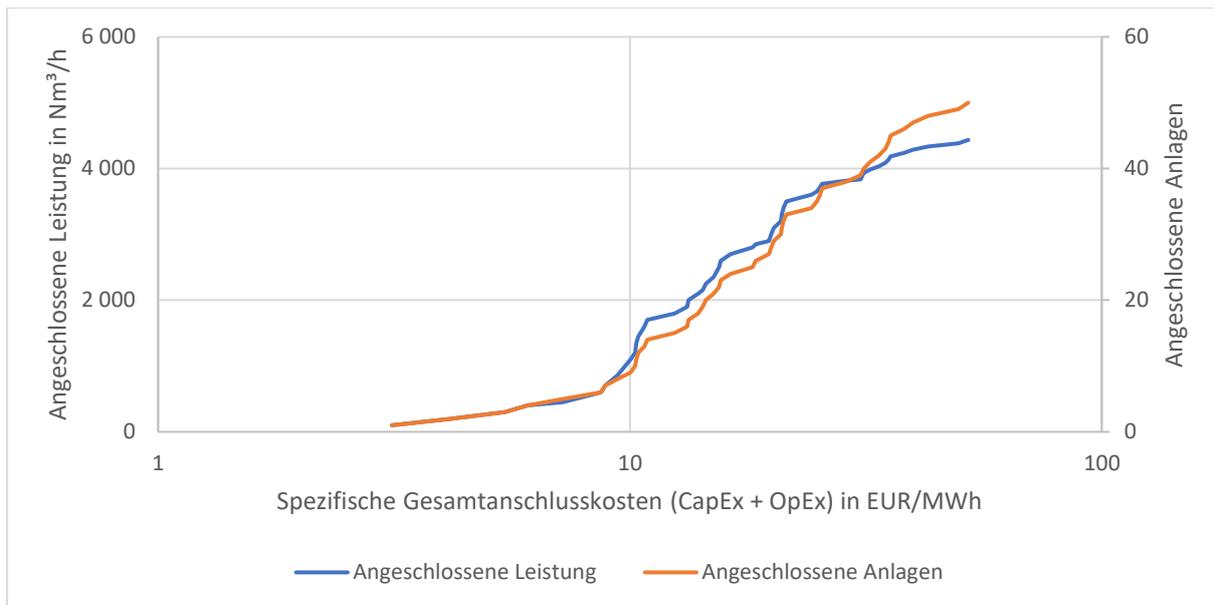


Abbildung 6-27: Spezifische Gesamtanschlusskosten (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) für Oberösterreich (Quelle: Eigene Darstellung)

In Abbildung 6-28 bis Abbildung 6-30 sind die Ergebnisse für Salzburg dargestellt.

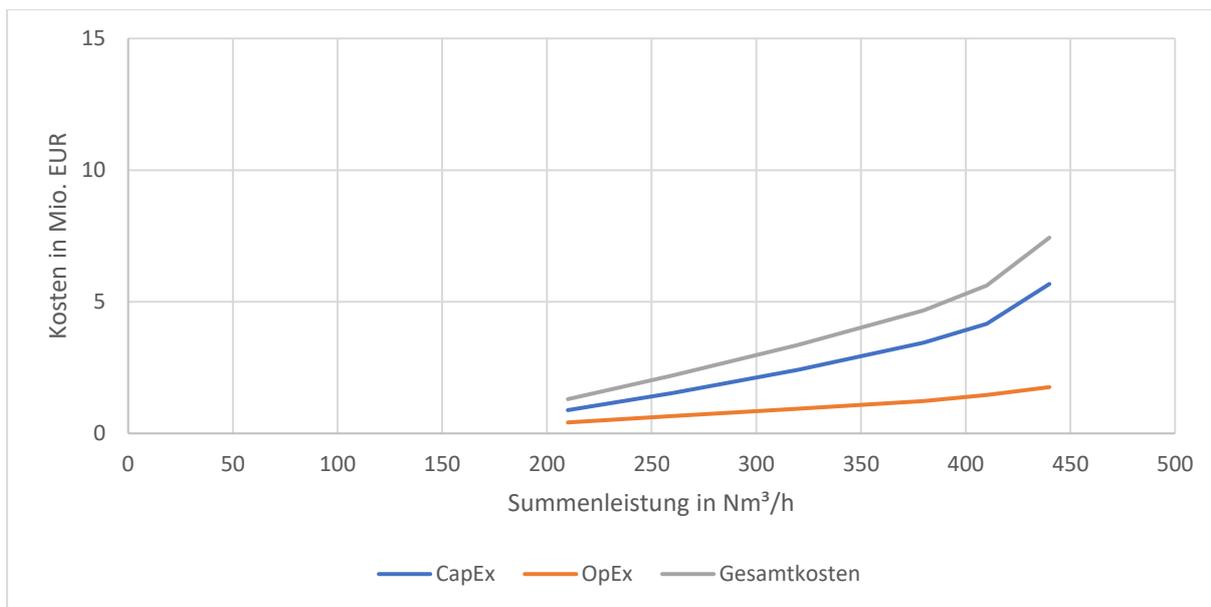


Abbildung 6-28: Aufsummierte Barwerte von OpEx, CapEx und Gesamtkosten über der Summenleistung für Salzburg (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) (Quelle: Eigene Darstellung)

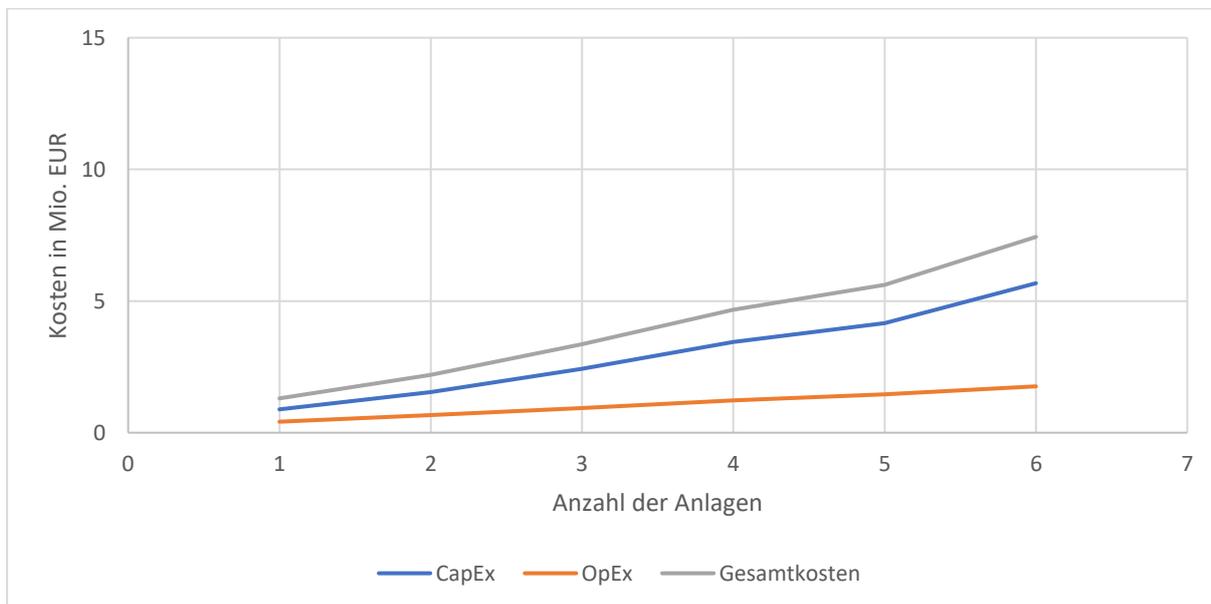
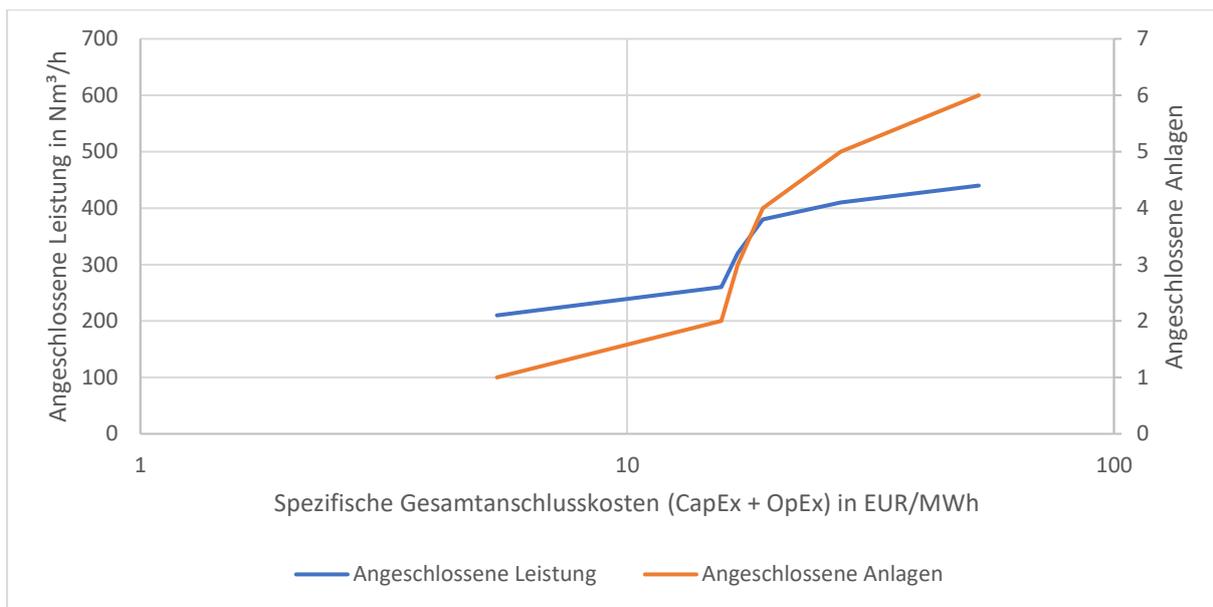


Abbildung 6-29: Aufsummierte Barwerte von OpEx, CapEx und Gesamtkosten über der Anzahl der Anlagen für Salzburg (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) (Quelle: Eigene Darstellung)



**Abbildung 6-30: Spezifische Gesamtanschlusskosten (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) für Salzburg
(Quelle: Eigene Darstellung)**

In Abbildung 6-31 bis Abbildung 6-33 sind die Ergebnisse für Tirol dargestellt.

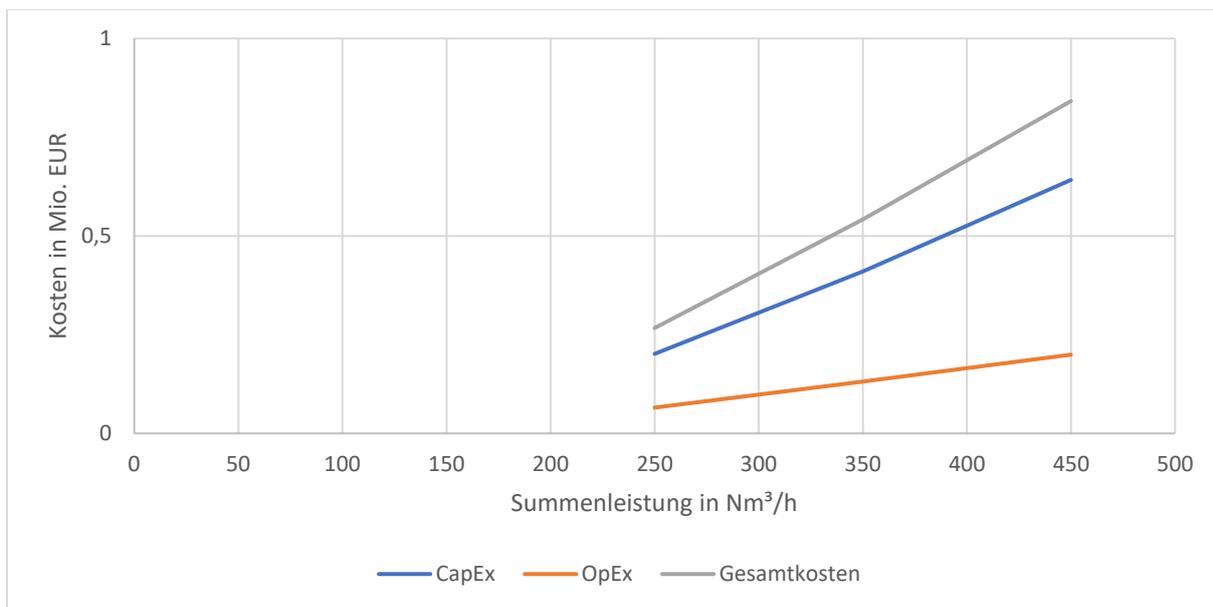


Abbildung 6-31: Aufsummierte Barwerte von OpEx, CapEx und Gesamtkosten über der Summenleistung für Tirol (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) (Quelle: Eigene Darstellung)

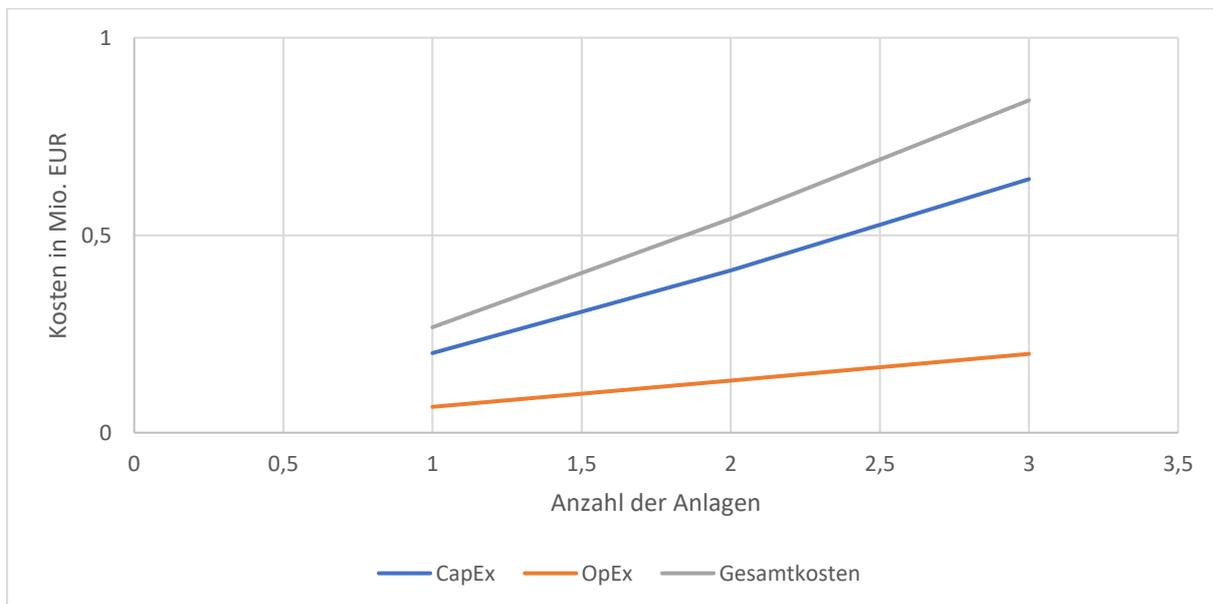
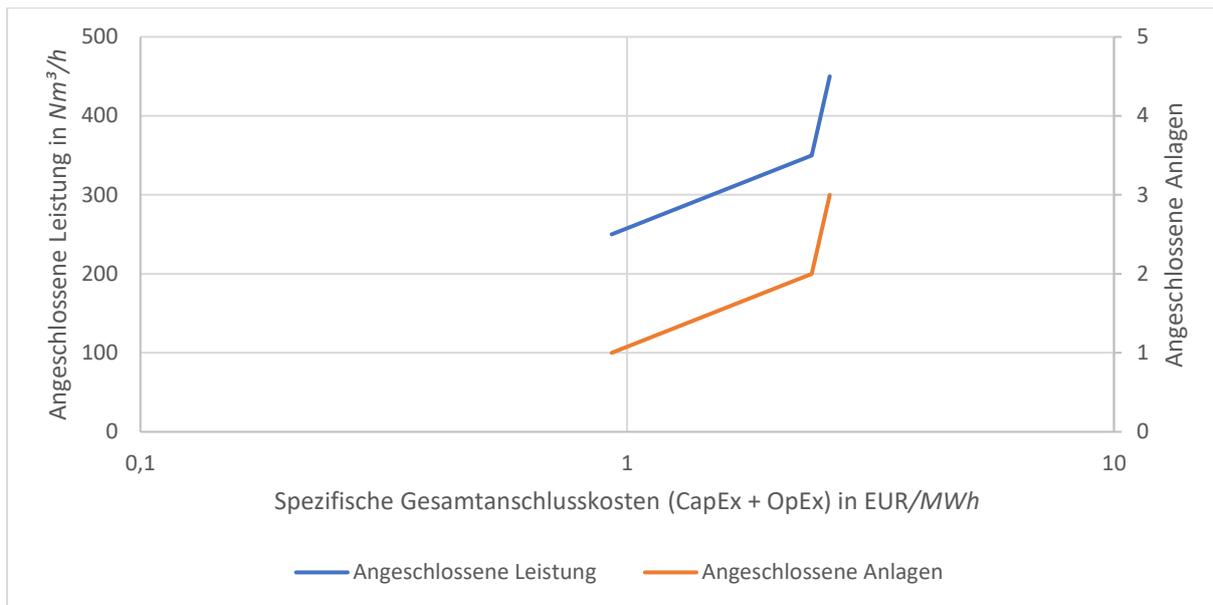


Abbildung 6-32: Aufsummierte Barwerte von OpEx, CapEx und Gesamtkosten über der Anzahl der Anlagen für Tirol (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) (Quelle: Eigene Darstellung)



**Abbildung 6-33: Spezifische Gesamtanschlusskosten (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) für Tirol
(Quelle: Eigene Darstellung)**

In Abbildung 6-34 bis Abbildung 6-36 sind die Ergebnisse für Vorarlberg dargestellt.

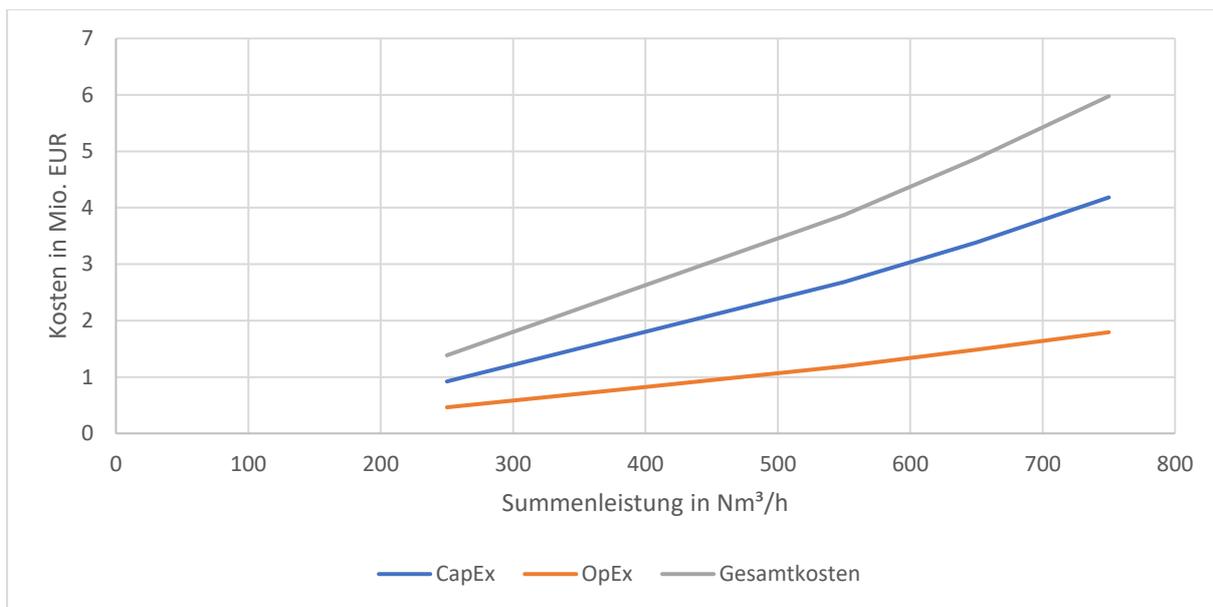


Abbildung 6-34: Aufsummierte Barwerte von OpEx, CapEx und Gesamtkosten über der Summenleistung für Vorarlberg (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) (Quelle: Eigene Darstellung)

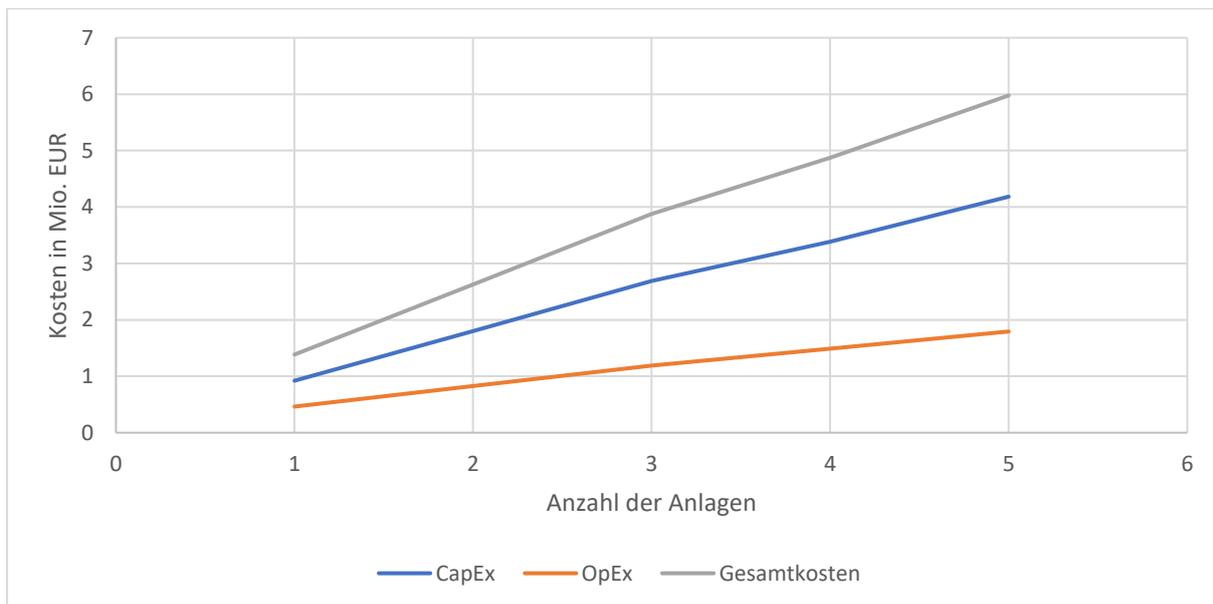
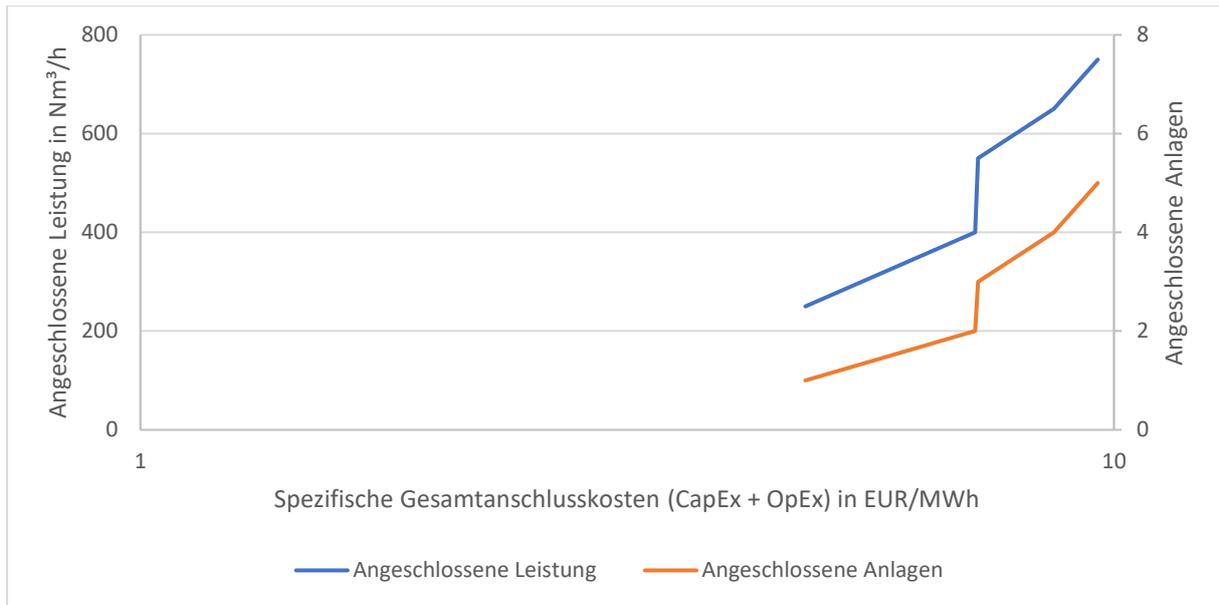


Abbildung 6-35: Aufsummierte Barwerte von OpEx, CapEx und Gesamtkosten über der Anzahl der Anlagen für Vorarlberg (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) (Quelle: Eigene Darstellung)



**Abbildung 6-36: Spezifische Gesamtanschlusskosten (Leitungen, Einspeiseanlage, Verdichter) für Vorarlberg
(Quelle: Eigene Darstellung)**