Diplomarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieurin

im Rahmen des Masterstudiums

Energie - und Automatisierungstechnik
an der Technischen Universität Wien

Indikatoren für den Erfolg von Energiegemeinschaften

betreut von
Associate Prof. Dipl.-Ing. Dr.in techn. Ajanovic Amela
Dipl.-Ing. Dr.in techn. Perger Theresia
Univ.Ass Dipl.-Ing. Radosits Frank Karl

eingereicht an der
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik
am
Institut für Energiesysteme und Elektrische Antriebe

von
Silvana Stamenkovic, BSc
01425320

Wien, Mai 2023

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Abstract

The continuous expansion of renewable energy sources and the ambitious climate goals of the European Union led to the Renewable-Expansion-Law Package coming into effect in Austria in 2021. Among other effects, this enabled the establishment of energy communities, which made joint generation and use of energy possible for the first time.

In addition to the considerable amount of research taking place on this topic, this master thesis contributes to the field by focusing on the determination of qualitative and quantitative indicators of energy communities in Austria.

Initially, qualitative indicators were mathematically defined and formulated. Subsequently, smart meter data from selected energy communities were used to calculate the indicators. The results of the calculations were compared and discussed. Quantitative indicators were also extracted from reports, which were submitted by energy communities for a grant program and presented in the thesis.

The results have shown that every form of renewable energy community offers both ecological and economic advantages. There exists a significant correlation between the extent of locally used, within the community generated, energy and the quality of the indicator values. The maximization of the community's local energy consumption should be pursued in order to achieve optimized indicators.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Kurzfassung

Der stetige Ausbau an erneuerbaren Energieträgern und die ambitionierten Klimaziele der Europäischen Union, führten 2021 zum in Kraft treten des Erneuerbaren-Ausbau-Gesetzespakets in Österreich. Dieses ermöglichte unter anderem die Gründung von Energiegemeinschaften, mit welchen die gemeinsame Erzeugung und Nutzung von Energie erstmals möglich war.

Zusätzlich zu der beträchtlichen Menge an Forschung, die zu diesem Thema stattfindet, wird im Rahmen dieser Diplomarbeit ein Beitrag geleistet, die sich mit der Ermittlung von qualitativen und quantitativen Indikatoren von Energiegemeinschaften in Österreich beschäftigt.

Zunächst wurden qualitative Indikatoren mathematisch definiert und formuliert. Im Anschluss wurden Smart-Meter Daten von ausgewählten Energiegemeinschaften zur Berechnung der Indikatoren herangezogen. Die Ergebnisse der Berechnungen wurden miteinander verglichen und diskutiert. Anhand von Sondierungsberichten der, zur Förderung, eingereichten Energiegemeinschaften wurden quantitative Indikatoren extrahiert und in der Arbeit dargestellt.

Die Ergebnisse haben gezeigt, dass mit jeder Form von Erneuerbarer-Energiegemeinschaft sowohl ökologische als auch wirtschaftliche Vorteile einhergehen. Es besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Menge an lokal genutzter, innerhalb der Gemeinschaft erzeugter, Energie und der Qualität der Indikatorwerte. Im Hinblick auf das Erzielen optimierter Indikatoren, sollte der lokale Verbrauch der Gemeinschaftsenergie maximiert werden.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 2

1.1 Motivation 2

1.2 Forschungsfrage und Beschreibung der Methodik 2

1.3 Aufbau der Arbeit 3

2 State of the Art 4

2.1 Energiegemeinschaftsmodelle und ihre Gründung 5

2.1.1 Gemeinschaftliche Erzeugungsanlagen 5

2.1.2 Erneuerbare-Energie-Gemeinschaften 6

2.1.3 Bürgerenergiegemeinschaften 9

2.2 Zuordnung der Erzeugungsanteile innerhalb der Energiegemeinschaft 11

2.2.1 Statische Aufteilung 12

2.2.2 Dynamische Aufteilung 12

2.3 Tarifierung/Abrechnung innerhalb einer EEG 14

2.3.1 Peer-to-peer Trading 14

2.3.2 Handel über zentrale Entität 16

3 Methodik 17

3.1 Definitionen qualitativer Indikatoren 17

3.1.1 Autarkiegrad 19

3.1.2 Eigennutzungsgrad 20

3.1.3 Eingesparte kWh pro Teilnehmer 21

3.1.4 Eingesparte Kosten pro Teilnehmer 22

3.1.5 Eingesparte Emissionen pro Teilnehmer 30

3.1.6 Verwaltungskosten pro kWh 31

3.1.7 Sonstige Indikatoren 33

3.2 Berechnung qualitativer Indikatoren ausgewählter Energiegemeinschaften 35

3.2.1 Energiegemeinschaft A 36

3.2.2 Energiegemeinschaft B 37

3.2.3 Energiegemeinschaft C 38

3.2.4 Energiegemeinschaft D 40

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

3.3 Extrahierung quantitativer Indikatoren aus Sondierungsberichten 41

4 Ergebnisse 42

4.1 Qualitative Indikatoren 42

4.1.1 Energiegemeinschaft A 42

4.1.2 Energiegemeinschaft B 47

4.1.3 Energiegemeinschaft C 52

4.1.4 Energiegemeinschaft D 56

4.2 Gegenüberstellung A B C D 61

4.3 Quantitative Indikatoren 69

5 Schlussfolgerung und Ausblick 72

6 Anhang 74

6.1 Anhang zu Kapitel 3 74

6.1.1 Energiegemeinschaft A 74

6.1.2 Energiegemeinschaft B 76

6.1.3 Energiegemeinschaft C 77

6.1.4 Energiegemeinschaft D 78

6.2 Anhang zu Kapitel 4 80

6.2.1 Energiegemeinschaft A 80

6.2.2 Energiegemeinschaft B 84

6.2.3 Energiegemeinschaft C 85

6.2.4 Energiegemeinschaft D 87

7 Literaturverzeichnis 91

8 Abbildungsverzeichnis 100

9 Tabellenverzeichnis 102

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Abkürzungsverzeichnis

AG ..... Aktiengesellschaft
BEG ..... Bürgerenergiegemeinschaft
EAG ..... Erneuerbaren-Ausbau-Gesetz
EDA ..... Energiewirtschaftlicher Datenaustausch
EEG ..... Erneuerbare-Energie-Gemeinschaften
EGM ..... Energiegemeinschaftsmanager
EGs ..... Energiegemeinschaften
EL ..... Energielieferant
ElWOG ..... Elektrizitätswirtschafts- und -organisationsgesetz
EU ..... Europäische Union
EVU ..... Energieversorgungsunternehmen
EZP ..... Erzeugerzählpunkt
GE ..... Gemeinschaftliche Erzeugungsanlage
GmbH ..... Gesellschaft mit beschränkter Haftung
KEM ..... Klima- und Energie-Modellregion
KLIEN ..... Klima- und Energiefonds
KMU ..... Kleine und mittlere Unternehmen
KÖst ..... Körperschaftssteuer
NE ..... Netzebene
OeMAG ..... Staatliche Abwicklungsstelle für Ökostrom
P2P ..... Peer-to-peer
PV ..... Photovoltaik
TN ..... Teilnehmer
VEZ ..... Verteilnetzübergreifender Energiezuweiser
VNB ..... Verteilnetzbetreiber
VZP ..... Verbraucherzählpunkt

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

1 Einleitung

1.1 Motivation

Seit einigen Jahren befasst sich die Europäische Union (EU) aktiv damit, den Klimawandel zu reduzieren. Das Ziel ist es, den Übergang von der Nutzung fossiler Brennstoffe zur Gewinnung der Primärenergie, hin zur Klimaneutralität zu schaffen.
Ein wichtiger Schritt in diese Richtung war die Verabschiedung des Clean Energy for all Europeans Package der EU, welches 2019 verabschiedet wurde [1].
Österreichs Umsetzung war mit dem Erneuerbaren Ausbau Paket gegeben, das im Juli 2021 in Kraft getreten ist. Darin ist das Erneuerbaren-Ausbau-Gesetz (EAG) enthalten, das mit neuen Richtlinien und Rahmenbedingungen für den Energiesektor den Ausbau von erneuerbaren Technologien fördern und so zur Energiewende beitragen soll [2] [3].
Um bis 2030 den Gesamtstromverbrauch Österreichs vollständig aus erneuerbaren Energiequellen decken zu können, muss der Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttoendenergieverbrauch auf einen Wert von 46 bis 50 Prozent gestiegen sein [4], was einen Ausbau der erneuerbaren Erzeugungskapazitäten um 27TWh bedeutet [3].
2020 lag der Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttoendenergieverbrauch bereits bei 36,5 Prozent [4]. Diesen Wert gilt es, unter anderem mit Hilfe des neuen Gesetzespaktes, zu steigern.
Die Förderungen durch das EAG führen zu einem dezentralen Infrastrukturausbau, da den BürgerInnen die Beteiligung an der Energiewende erleichtert wird. Verbraucher und Stromkunden können somit selbst Strom erzeugen, unter Nutzung des öffentlichen Netzes teilen und nutzen, indem sich mindestens zwei Teilnehmer zu einer Energiegemeinschaft zusammenschließen [3]. Damit kann der Anteil erneuerbarer Energieerzeuger in Österreich vorangetrieben werden.

Mit Hilfe dieser Arbeit soll ein theoretischer Überblick über den aktuellen Forschungsstand von Energiegemeinschaften (EGs) und dem Stand der Entwicklung in Österreich geschaffen werden. Durch die Berechnung von Indikatoren, soll ein Verständnis für die relevanten Messdaten der EGs entwickelt werden.

1.2 Forschungsfrage und Beschreibung der Methodik

Am Ende der Arbeit, sollen anhand der ermittelten Ergebnisse Aussagen über die wichtigsten Einflussfaktoren für Energiegemeinschaften getroffen werden.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Die Forschungsfrage lautet daher *„Welche Indikatoren sind für den Erfolg von Energiegemeinschaften, anhand der Evaluierung von Berichten und Smart-Meter Daten ausgewählter Energiegemeinschaften in Österreich, ausschlaggebend?“*

Die österreichische Koordinationsstelle für Energiegemeinschaften wurde vom Klima- und Energiefonds (KLIEN) gegründet und unterstützt Energiegemeinschaften in Österreich [5]. Im Rahmen des Programmes „Energiegemeinschaften 2021“ werden im ersten Schritt Smart-Meter Daten von vier Energiegemeinschaften in Form von EDA-Protokollen (Energiewirtschaftlicher Datenaustausch, EDA) zur Berechnung qualitativer Indikatoren verwendet. Anschließend werden, vom KLIEN zur Verfügung gestellte, Berichte von Energiegemeinschaften, die zur Förderung im Rahmen des Programms eingereicht wurden, quantitativ evaluiert.

1.3 Aufbau der Arbeit

In Kapitel 2 erfolgt eine Beschreibung der Energiegemeinschaftsarten, die derzeit in Österreich vorhanden sind. Dabei wird auf die jeweiligen organisatorischen, technischen und rechtlichen Beschränkungen, die es bei der Gründung der jeweiligen Energiegemeinschaften in Österreich zu beachten gilt, sowie auf die jeweiligen Vor- und Nachteile, eingegangen.
Möglichkeiten zur Aufteilung und dem Handel mit der erzeugten Energie innerhalb der Gemeinschaft werden ebenfalls in diesem Kapitel aufgezeigt.
Kapitel 3 beschreibt die methodische Vorgehensweise zur Berechnung der Indikatoren und der Extrahierung der Informationen aus den Sondierungsberichten. Zunächst werden die Formeln theoretisch beschrieben und dann die behandelten Daten jeder EG, sowie die Berichte des Programms vorgestellt.
Eine Präsentation und Gegenüberstellung der Ergebnisse findet in Kapitel 4 statt.
Kapitel 5 enthält eine Schlussfolgerung aus den Ergebnissen und einen Ausblick bezüglich der Weiterentwicklung von Energiegemeinschaften.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

2 State of the Art

Eine Energiegemeinschaft wird durch mindestens zwei Teilnehmer gebildet. Diese können unterschiedliche Rollen in der EG einnehmen. Es wird zwischen Erzeugern, welche ihre erzeugte Energie mit der gesamten Gemeinschaft teilen und Verbrauchern, die ihren Energiebedarf durch Nutzung dieser Gemeinschaftsenergie und durch den Bezug vom Netz decken, jedoch keine Energie selbst produzieren, unterschieden [6].
Dabei kann es sich bei der erzeugten Energie, je nach Art der EG, ausschließlich um Strom, also elektrische Energie, oder zusätzlich um Wärme oder Biogas handeln.
Dabei ist klar, dass ein Erzeuger in der EG gleichzeitig auch ein Verbraucher ist und damit als Prosumer (Producer+Consumer) bezeichnet wird. Derartige Teilnehmer speisen Energie in die EG ein, konsumieren aber auch gleichzeitig einen Teil davon [6] [7]. Zu einer Energiegemeinschaft schließen sich also Energieproduzenten und Konsumenten zusammen und erzeugen und nutzen Energie gemeinschaftlich.
Der Energieüberschuss, kommt durch die nicht verbrauchte Energie, welche an die Teilnehmer der EG aufgeteilt wird, zustande. Falls innerhalb der Gemeinschaft kein Energiebedarf herrscht, kann die überschüssige Energie kurzfristig gespeichert über das öffentliche Netz an Abnehmer, welche nicht Teilnehmer der EG sind, übertragen werden [7]. Dabei müssen, wie bei allen Erzeugungsanlagen, die vom Netzbetreiber vorgegebenen Parameter, also die maximale Einspeiseleistung, eingehalten werden [8] [9].
Benötigt ein Teilnehmer Restenergie, aufgrund einer geringen Gemeinschaftserzeugung oder einem hohen Bedarf eines anderen Teilnehmers, wird diese vom jeweiligen Energielieferanten des Teilnehmers bezogen [7].
Somit schwankt die Energiemenge, abhängig vom Lastprofil der Teilnehmer, die von der EG an Dritte abgegeben oder bezogen wird. Da die Energiegemeinschaft dadurch ein Akteur ist, muss sie im Gegensatz zur gemeinschaftlichen Erzeugungsanlage, mit einer, im jeweiligen Land anerkannten, Rechtspersönlichkeit ausgestattet sein [10]. In Österreich hat der Gründer einer Energiegemeinschaft zwischen den Rechtsformen Verein, Genossenschaft, Personen- oder Kapitalgesellschaft zu wählen [2] [11].
Es gibt drei Hauptgründe eine Energiegemeinschaft zu gründen oder einer beizutreten.

- Ökologische Vorteile
- Sozialgemeinschaftliche Vorteile
- Wirtschaftliche Vorteile

Per Gesetz, darf zwar der finanzielle bzw. wirtschaftliche Vorteil durch Energiegemeinschaften nicht in den Vordergrund gestellt werden [2], jedoch ist dieser für viele Menschen in der heutigen Zeit, in der wir mit schwankenden Preisen am Energiemarkt und Inflation zu kämpfen haben, ein erster Anreiz etwas zu verändern. Durch die Mitgliedschaft an einer Energiegemeinschaft setzen sich Mitglieder unmittelbar mit dem Thema Energieeffizienz auseinander.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Bereits 2017 erlaubte eine Novelle des Ökostromgesetzes im Elektrizitätswirtschafts- und -organisationsgesetz 2010 (ElWOG) [12], die bereits erwähnten gemeinschaftlichen Erzeugungsanlagen, zur gemeinsamen Erzeugung und Verwendung von Energie.
Da diese, als eine Art Energiegemeinschaft innerhalb von Gebäuden bzw. innerhalb desselben Grundstücks betrachtet werden können, seien sie im Folgenden, neben den beiden grundlegenden Ausführungsformen von Energiegemeinschaften in Österreich beschrieben.
Im EAG sind Erneuerbare-Energie-Gemeinschaften (EEG) definiert [2] und im ElWOG [11], welches ebenfalls Teil des Erneuerbaren Ausbau Paketes ist, sind Bürgerenergiegemeinschaften (BEG) geregelt [3].

2.1 Energiegemeinschaftsmodelle und ihre Gründung

2.1.1 Gemeinschaftliche Erzeugungsanlagen

Gemeinschaftliche Erzeugungsanlagen (GE) sind quasi Energiegemeinschaften, die nur auf ein Gebäude bzw. eine Liegenschaft eingeschränkt sind [13]. Sie können als Vorreiter von Energiegemeinschaften verstanden werden, wobei grundlegende Unterschiede vor Augen zu halten sind.
Die Erneuerungen einiger Gesetze im ElWOG 2017 erlaubten eine Zusammenfassung mehrerer Zählpunkte weiters nicht, was bedeutet, dass die eigenerzeugte Energie nicht über das öffentliche Netz an andere Teilnehmer weitergegeben werden durfte [12], da der direkte Anschluss der GE an Anlagen des Netzbetreibers weiterhin verboten war [11].
Somit können auch zwei gemeinschaftliche Erzeugungsanlagen, welche sich in benachbarten Stiegen befinden, jedoch über das öffentliche Netz miteinander verbunden sind, ihre erzeugte Energie nicht teilen [10]. Bei der, innerhalb der GE, erzeugten Energie kann es sich um jede Form der Primärenergie handeln [14], also PV-Anlagen, Wasser- oder Windkraftanlagen oder Kraft-Wärmekopplungsanlagen [15].
Es gilt, wie bei allen anderen Formen der gemeinsamen Nutzung von Energie, eine freiwillige Teilnahme an der Energienutzung und es muss für die Errichtung der Technologie, beispielsweise der PV-Anlage, eine Zustimmung des Eigentümers des Gebäudes bzw. der Liegenschaft eingeholt werden [15].

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

2.1.1.1 Energieaufteilung einer gemeinschaftlichen Erzeugungsanlage

Die Aufteilung der, in der Gemeinschaft, erzeugten Energie erfolgt, wie bei Energiegemeinschaften im Sinne des EAG, statisch oder dynamisch [16]. Eine genauere Beschreibung dieser Methoden erfolgt in Kapitel 2.2.

Die gewählte Art der Energieaufteilung muss dem jeweiligen Netzbetreiber bekannt gegeben werden. Dieser führt die Zuordnung der Erzeugungsanteile auf die einzelnen Teilnehmer der GE täglich durch. Die Messung der zugeordneten, erzeugten Energie und des Verbrauches der Teilnehmer erfolgt im viertelstündlichen Takt. Zur Messung und Übertragung der Daten an den Netzbetreiber ist also für jeden Teilnehmer ein Smart-Meter oder Lastprofilzähler notwendig [14].
Hierbei teilt der Netzbetreiber die gemessenen Werte in zugeordneten und verwendeten Erzeugungsanteil aus der Gemeinschaft, den Restnetzbezug, welcher vom frei wählbaren Energielieferanten bezogen wird und den Überschuss, der in das Netzgespeist wird ein [13]. Schlussendlich werden die, für die Verrechnung notwendigen, Daten monatlich vom Netzbetreiber an die Gemeinschaft übermittelt.
Der größte finanzielle Vorteil gemeinschaftlicher Erzeugungsanlagen kommt durch den Entfall der Netzkosten und Abgaben, für die selbst erzeugte Energie, die innerhalb der Gemeinschaft verbraucht wird, hervor, da hierfür das öffentliche Stromnetz nicht beansprucht wird [17]. Neben der Einspeisevergütung für die überschüssige Energie gibt es in Österreich für PV-Anlagen auch Investitionszuschüsse [18].
Als mögliche Teilnehmer kommen alle, sich im Gebäude befindlichen, Einheiten in Frage.

2.1.2 Erneuerbare-Energie-Gemeinschaften

Mit in Kraft treten des EAGs, seit Sommer 2021, ist es gesetzlich erlaubt gemeinschaftlich Energie aus erneuerbaren Quellen über die Grundstücksgrenze hinweg zu erzeugen. Die eigens erzeugte Energie kann gemeinsam verbraucht, gespeichert und verkauft werden [2]. Dabei kann es sich um Strom, Gas oder Wärme handeln.
Um den Eigenverbrauch, als welchen man die Differenz aus erzeugter und eingespeister Energie bezeichnet, möglichst hoch zuhalten soll die lokal erzeugte Energie auch möglichst vor Ort genutzt werden. Beispielweise durch Verwendung von Batteriespeichern, ist es möglich den Anteil an selbst verbrauchtem PV-Strom zu erhöhen, da dieser es ermöglicht den tagsüber überschüssigen Strom über einige Stunden zu speichern, um ihn in der Nacht zu verwenden [19].

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Nach dem ElWOG 2010 darf, im Falle von EEGs, nur das Netz eines konzessionierten Netzbetreibers verwendet werden [11]. Daher ist der Nahbereich bzw. seine Definition ein wichtiges Merkmal für diese.

In einer EEG benötigen alle Teilnehmer ein Smart-Meter, um den Energieverbrauch und die Energieerzeugung messen zu können und so eine korrekte Energiezuordnung für die Abrechnung, beispielsweise durch den Netzbetreiber oder einen anderen Dienstleister, gewährleisten zu können [20].
Es ist, neben der elektrischen Energie, auch die lokale Produktion, der Verbrauch und Austausch von Wärme über die Grundstücksgrenze hinweg möglich, was eine Sektorenkopplung ermöglicht und die Energiewende weiter beschleunigt [20].

Wie eingangs angemerkt, ergeben sich für EEGs neben ökologischen und sozialgemeinschaftlichen Vorteilen auch wirtschaftliche, wie die Erlassung der Netzabgabe und Steuern für die gemeinschaftliche Erzeugungsanlage, den Erneuerbaren-Förderbeitrag, reduzierte Netzgebühren für die Nutzung des öffentlichen Netzes [10] [11] und der Erlassung der Elektrizitätsabgabe für Photovoltaik-Energie (PV) [21]. Außerdem kann die EEG den Preis für die selbst erzeugte Energie eigenständig bestimmen und dadurch eine langfristige Preisstabilität für ihre Mitglieder erzielen [20] [22].
Ein weiterer wirtschaftlicher Vorteil ist die Förderung mittels Marktprämie. Diese kann für bis zu 50% der überschüssigen, innerhalb der EEG erzeugten Strommenge eingefordert werden [20].

Als Teilnehmer von EEGs werden natürliche Personen, Gemeinden, alle juristischen Personen des öffentlichen Rechts und kleine bis mittlere Unternehmen (KMU) anerkannt [10] [11]. Hierbei sind explizit Elektrizitätsunternehmen ausgeschlossen, da diese von Grund auf aus gewinnorientierten Gründen mit elektrischer Energie handeln [10].
Die maximale Größe einer KMU wird in der EU-weit gültigen Empfehlung definiert und besagt, dass das Unternehmen weniger als 250 Personen beschäftigen und der Jahresumsatz weniger als 50 Millionen Euro betragen darf. Es besteht auch die Möglichkeit eine Jahresbilanzsumme von maximal 43 Millionen Euro zu erzielen [23]. Hierbei sei noch angemerkt, dass die Beteiligung der KMUs an einer EEG nicht deren beruflicher Hauptzweck sein darf [24].
Der Sinn dieser Beschränkung, ist mit der Verhinderung einer finanziellen Ausnutzung von EEGs durch Großunternehmen zu begründen, was wiederum in einigen Fällen ein Hindernis darstellt, da einige gemeinnützige Bauträgerunternehmen aufgrund ihrer Mitarbeiteranzahl auch als Großunternehmen gelten.
Eine Möglichkeit für Großunternehmen, sich trotzdem einer Energiegemeinschaft anzuschließen sind BEGs, welche in Kapitel 2.1.3 vorgestellt werden.

Anschaulich sind die Hauptbeteiligten einer aktiven EEG und deren Interaktionen in Abbildung 1 dargestellt. Unter den Mitgliedern der EEG befinden sich Verbraucher und Prosumer, welche sich selbst und die restlichen Gemeinschaftsmitglieder mit ihrer

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Energie versorgen. Die Versorgung funktioniert über den Transport der Energie über das öffentliche Netz, welches vom örtlichen Netzbetreiber verwaltet wird. Da sich die EG i.d.R. nicht vollständig selbst versorgen kann, wird die Restenergie von einem, für jeden Teilnehmer, frei gewählten Energieversorgungsunternehmen (EVU) bezogen. Der Überschuss wird von den Prosumern entweder, wie in Abbildung 1 angedeutet, über die Einspeisung ins öffentliche Netz, an das EVU oder einen anderen Abnehmer, wie in Österreich zum Beispiel der staatlichen Abwicklungsstelle für Ökostrom (OeMAG) verkauft.

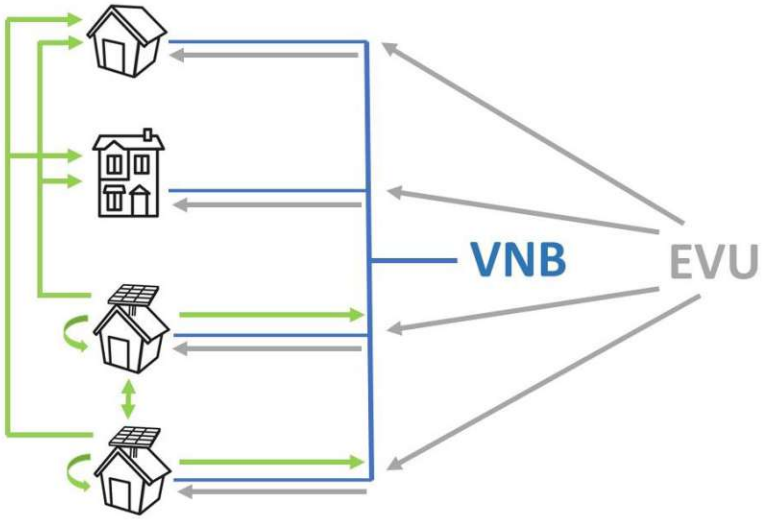

Abbildung 1: Zusammenhang der wichtigsten Beteiligten einer Erneuerbaren-Energie-Gemeinschaft

In Österreich ist das Stromnetz in sieben Netzebenen (NE), die sich durch ihre Spannungswerte unterscheiden, unterteilt. Die Netztopologie enthält NE 7, die Niederspannungsebene, mit Spannungswerten bis zu 1kV, NE 5, die Mittelspannungsebene, mit Spannungen über 1kV bis einschließlich 37kV, NE 3 ist die Hochspannungsebene mit bis zu 110kV bzw. Anlagen mit einer Betriebsspannung von 36kV bis 220kV und NE 1 mit einer Höchstspannung von 380kV und 220kV [11]. Das Höchstspannungsnetz wird als Übertragungsnetz und das Nieder- bis Mittelspannungsnetz als Verteilnetz, welches vom Verteilnetzbetreiber betrieben wird, bezeichnet. Dieser versorgt die Endverbraucher, also Energiegemeinschaftsmitglieder, mit elektrischer Energie bzw. Gas [25].

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Die NE mit einer geraden Nummerierung stellen jeweils Umspannungen über Transformatoren dar, um den Wechsel auf die nächstgelegene Netzebene zu gewährleisten.
In Abhängigkeit der Netzebene, über die die Mitglieder der Energiegemeinschaft miteinander verbunden sind, wird in Österreich zwischen lokalen und regionalen EEGs unterschieden [11].
Eine solche Unterscheidung zwischen EEGs gibt es in anderen EU-Ländern nicht [26].

Lokale Erneuerbare-Energie-Gemeinschaften

Im Falle einer lokalen EEG sind die Verbrauchsanlagen der Mitglieder mit den Erzeugungsanlagen über das Niederspannungsnetz, also innerhalb der Netzebenen 6 und 7, mit der Niederspannungsseite des Transformators im Umspannwerk verbunden .
Falls die Teilnehmer in einem Haus, das mehrere Stiegen enthält, verteilt sind und die Stiegen an unterschiedlichen Niederspannungstransformatoren angeschlossen sind, kann keine lokale EEG realisiert werden [10]. Dieses Problem findet sich oft in urbanen Räumen wieder, da diese durch eine dichte Infrastruktur ausgezeichnet sind. Wegen der engmaschigen Netzebenen lassen sich in Städten daher öfter regionale EEGs vorfinden [20].

Regionale Erneuerbare-Energie-Gemeinschaften

Die Teilnehmer einer regionalen EEG sind über das Mittelspannungsnetz inklusive des zugehörigen Umspannwerks, desselben Verteilnetzbetreibers, miteinander verbunden. Es wird also zusätzlich zu den NE 6 und 7 auch die NE 4 und 5 genutzt. Der einzige Unterschied zu lokalen EEG besteht in der zusätzlichen Nutzung der höheren Spannungsebenen und damit, in den meisten Fällen, das Einschließen einer größeren Fläche, dadurch dass die Teilnehmer weiter auseinander liegen [13] [3].

2.1.3 Bürgerenergiegemeinschaften

Bürgerenergiegemeinschaften zeichnen sich durch ihre Regionen übergreifende Mitgliederverteilung aus. Eine BEG kann also über ganz Österreich verteilt sein und unterliegt keinen geografischen Begrenzungen.
Ein wesentliches Merkmal ist, dass im Falle von BEGs nur elektrische Energie, also Strom, erzeugt werden darf, jedoch die Technologie der Erzeugung frei wählbar ist. Es kommen hier also alle, auch fossile, Primärenergieträger in Frage [11].

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Zwei weitere maßgebende Unterschiede zur EEG sind einerseits die, mit der geografischen Unbeschränktheit, zusammenhängende mögliche Erstreckung der BEG über die Konzessionsgebiete mehrerer Verteilnetzbetreiber (VNB), andererseits die bereits erwähnte gesetzliche Gewährung der Teilnahme von Großunternehmen und Energieversorgungsunternehmen an BEGs. Diese Netzbetreiber übergreifende Energieaufteilung wird ab Sommer 2023 durch einen Verteilernetzübergreifenden Energiezuweiser (VEZ) durchgeführt [27]. Die genannten Unternehmen dürfen jedoch keine Kontrollfunktion, beispielsweise eine Mitwirkung an der Vertragserstellung in der Gemeinschaft übernehmen [10] [11]. Kontrollfunktionen können daher lediglich von natürlichen Personen, Gebietskörperschaften und KMUs übernommen werden. Es sind all jene Teilnehmer zugelassen, die mit einer Rechtspersönlichkeit ausgestattet sind, auf freiwilliger Basis an der BEG teilnehmen.

Auch in den erlaubten Funktionen gibt es zwischen EEG und BEG Unterschiede. Während EEGs eine Erlaubnis für die Erzeugung, den Verbrauch, die Speicherung und den Verkauf ihrer Energie haben, werden BEGs zusätzliche Funktionen zugesprochen.

Sie darf nämlich auch die Versorgung, Aggregierung und daher auch Energiedienstleistungen erbringen [14]. So ist es ihr beispielsweise möglich, überschüssigen Strom an den Nachbarort zu verkaufen [28].

Bezüglich der Finanzen werden BEGs weniger unterstützt als EEGs. Da sich BEGs über alle sieben Netzebenen erstrecken können, entfällt eine Bevorzugung bei den Netzgebühren [29]. Lediglich die Regelung, dass bis zu 50% des Stromes, der innerhalb der Energiegemeinschaft erzeugt, falls dieser aus erneuerbaren Quellen generiert wird, jedoch nicht verbraucht, wurde durch die Marktprämie gefördert werden kann, stimmt mit der EEG überein [11].

Im April 2023 gab es in Österreich 120 eingetragene Energiegemeinschaften [30]. Die Anteile der unterschiedlichen Ausführungsformen zu diesem Zeitpunkt sind in Abbildung 2 verdeutlicht. Abbildung 3 stellt die Zusammenhänge der Energiegemeinschaftsarten mit der Netztopologie grafisch dar.

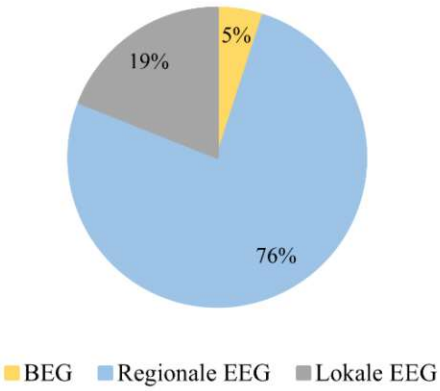

Abbildung 2: Anteile der Energiegemeinschaftsarten in Österreich [30]

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

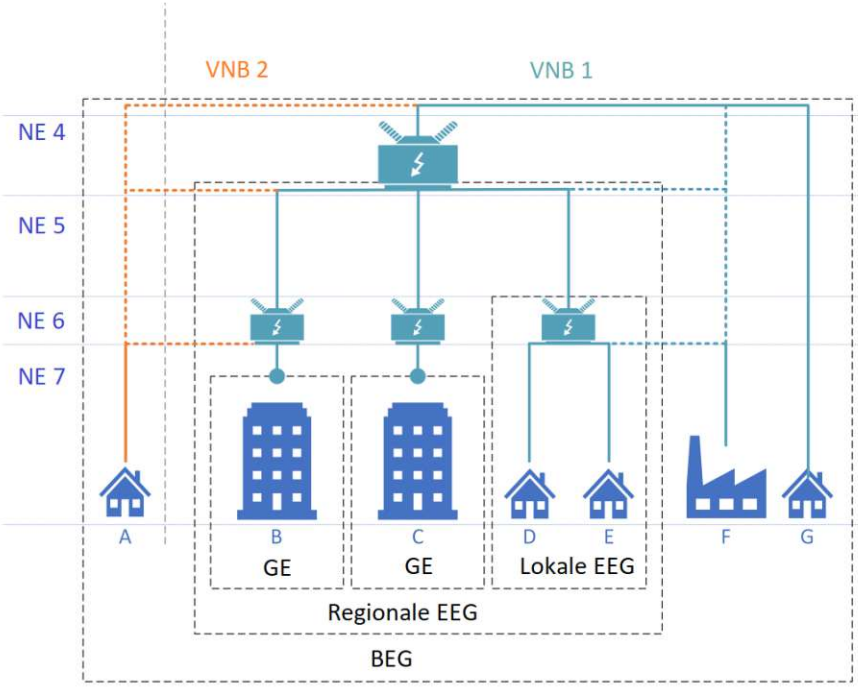

Abbildung 3: Anbindung unterschiedlicher Arten von Energiegemeinschaften an das öffentliche Netz [26]

2.2 Zuordnung der Erzeugungsanteile innerhalb der Energiegemeinschaft

In einer EG wird also überschüssige Energie, jene die nicht in der EG verbraucht werden kann, ins öffentliche Netz gespeist. Die Menge dieser Überschussenergie ist jedoch abhängig vom gewählten Aufteilungsschlüssel der produzierten Energie innerhalb der EG.
Seit 2017 gibt es prinzipiell zwei Möglichkeiten zur Aufteilung [10] [15]:

- Statische Aufteilung
- Dynamische Aufteilung

Bei der Gründung der Energiegemeinschaft muss der Netzbetreiber über die gewählte Methode informiert werden, da so die Einspeisung, mit Hilfe der Smart-Meter Daten, nachvollzogen wird [31] [15].

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

2.2.1 Statische Aufteilung

Bei der statischen Energieaufteilung wird für jeden Teilnehmer ein festgelegter Anteil an erzeugter Energie vereinbart, welcher jede Viertelstunde zugeordnet wird [10]. Somit bekommt er immer denselben Anteil an erzeugter Energie, selbst wenn mehr erzeugt wird und diese Energie nicht benötigt wird [31]. Wird die zustehende Energie zum jeweiligen Zeitpunkt nicht verbraucht, so wird die übrige Energie als Überschussenergie ins Netz gespeist. Diese Tatsache bringt einen geringen Eigenverbrauchsanteil mit sich [15].
Eigentlich wäre es sinnvoller, wenn die, einem Teilnehmer zugeordnete, nicht ausgenutzte Energie zuerst an einen anderen Teilnehmer in der EG, welcher die Energie in dem Zeitraum benötigt, weitergeleitet werden würde. Diese Idee würde jedoch die einfache Abrechnung und Vertragsgestaltung erheblich belasten [15].

2.2.2 Dynamische Aufteilung

Bei der wesentlich aufwendigeren dynamischen Aufteilung wird den Teilnehmern ein individueller, dem jeweiligen Verbrauch aller Teilnehmer der EG angepasster, Energieanteil zugewiesen [15]. Benötigt ein Teilnehmer weniger Gemeinschaftsenergie, als ihm zusteht, wird die überflüssige Energie einem anderen Mitglied, welches einen höheren Bedarf aufweist, zugewiesen.
Durch die effiziente Energieausnutzung wird die eigentliche Idee von Energiegemeinschaften, den Eigenverbrauch zu maximieren, gezielter unterstützt. Ein hoher Eigennutzungsgrad von EGs, führt aber auch zu einer geringeren Förderung des Anlagenbetreibers durch die OeMAG, da weniger Ökostrom ins Netz gespeist wird [15].
Außerdem bedarf es aber eines komplexeren Vertrages bzw. einer komplexeren Abrechnung [15]. Bei beiden Aufteilungsarten kann der Erlös, aus der Einspeisung des Überschusses, der entweder der Gemeinschaft oder dem Anlagenbetreiber zugeordnet.
Der dynamische Aufteilungsschlüssel wird, aufgrund seiner Komplexität, nicht von allen Netzbetreibern angeboten [31].
Abbildung 4 und Abbildung 5 stellen den statischen und dynamischen Aufteilungsschlüssel anhand eines Beispiels dar. Dabei handelt es sich um eine EG mit zwei Teilnehmern, wobei die Messdaten von Teilnehmer 1, in Abbildung 4 dargestellt sind. Bei der statischen Zuordnung der Gemeinschaftsenergie wird ihm 70% dieser zugewiesen und dem zweiten Teilnehmer, aus Abbildung 5, 30% davon. Im Falle der dynamischen Aufteilung profitiert Teilnehmer 2 mehr, da er seinen meisten Verbrauch, auch im Zeitraum der maximalen Erzeugung hat. Teilnehmer 1 hingegen, hat nur einen geringen Bedarf an Energie zur Zeit der höchsten Erzeugung, welcher auch gut gedeckt werden kann, jedoch im Vergleich zum Gesamtverbrauch über den Tag eher wenig ausmacht.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

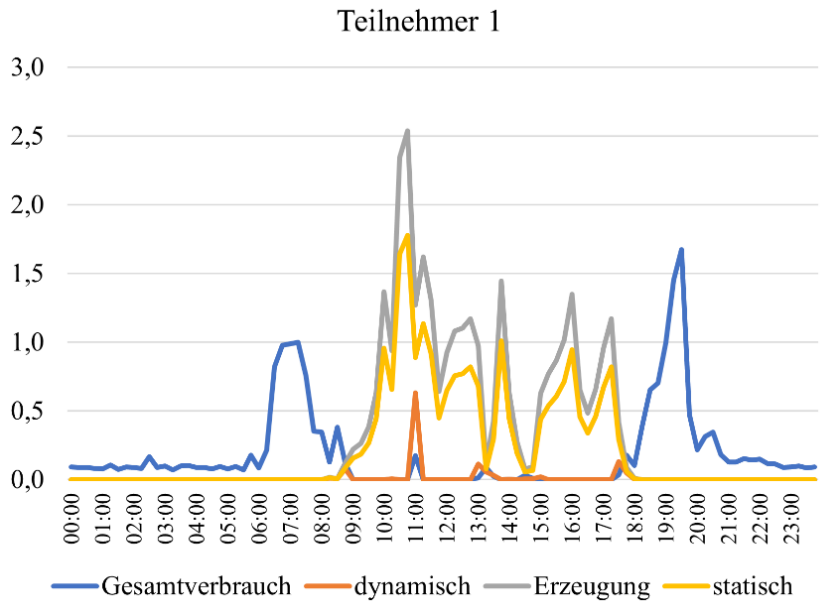

Abbildung 4: Energiezuordnung des Teilnehmers 1

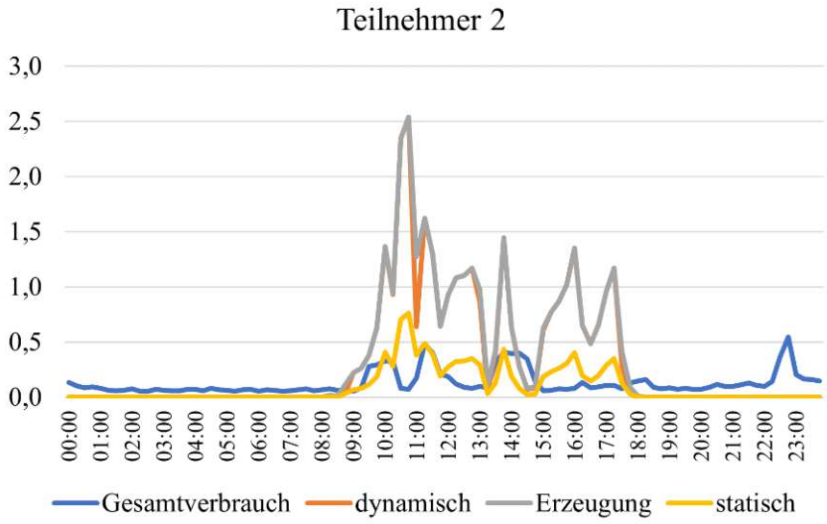

Abbildung 5: Energiezuordnung des Teilnehmers 2

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

2.3 Tarifierung/Abrechnung innerhalb einer EEG

Jede EEG muss die Anteile der lokal produzierten Energiemenge an die Teilnehmer, anhand des Aufteilungsschlüssels bestimmen und den Verteilnetzbetreiber über den ausgewählten Aufteilungsschlüssel informieren. So kann der Netzbetreiber die Zählerstände der Mitglieder anpassen und den Stromfluss jedes Teilnehmers in zugeordneten Erzeugungsanteil, für die lokale Stromrechnung innerhalb der EG, und Reststrombedarf, der vom individuellen Versorger bezogen wird, aufteilen [32].
Dafür ist vorab ein Vertrag, zwischen dem Energiegemeinschaftsmanager (EGM), der im deutschsprachigen Raum auch als Vorstand bezeichnet wird, und jedem Mitglied, notwendig in welchem der vereinbarte Aufteilungsschlüssel, mit einer Toleranz von einigen Prozent, festgelegt wird. In der Literatur finden sich Optimierungen dieser Aufteilungsschlüssel, wobei der im Vertrag festgelegte Aufteilungsschlüssel, als initialer Schlüssel bezeichnet wird. Der, beispielsweise zur Kostenminimierung für die Mitglieder berechnete, wird optimierter Schlüssel genannt [32].
Es gibt prinzipiell zwei Möglichkeiten mit der erzeugten Energie in der Gemeinschaft zu handeln. Dazu gehört das Peer-to-Peer Trading und der Handel über eine zentrale Entität, welche im Folgenden beschrieben werden.

2.3.1 Peer-to-peer Trading

Das Peer-to-Peer Trading (P2P), ist eine Methode, mit der Energie direkt innerhalb der Energiegemeinschaft gehandelt werden kann, ohne einen Energieversorger mit einzubeziehen, statt die Energie ins Netz zu speisen. Sie wird in verbraucherzentrierten Elektrizitätsmärkten angewandt [33], womit die Stromversorgung im lokalen Umfeld der Verbraucher von ihnen selbst gestaltet werden kann. Das Prinzip funktioniert auf Basis des bilateralen Energieaustauschs und der Einhaltung der Bilanzgruppenverpflichtung mit dem Imbalance Settlement [34].
Dieses stellt sicher, dass ein Ungleichgewicht zwischen Stromerzeugung- und Nachfrage ausgeglichen wird, indem die Energieversorger eine Ausgleichszahlung leisten.
Ein solches Ungleichgewicht kann beispielsweise durch Lastspitzen, bei denen es zu Engpässen im Netz kommen kann oder aufgrund des Einsatzes von wetterabhängigen erneuerbaren Energiequellen zustande kommen. Daher ist der Handel mit der Flexibilität im Netz genauso wichtig, wie der Stromhandel [34].

Voraussetzungen für das P2P Trading, sind bilaterale Verträge zwischen den Käufern und Verkäufern, in welchen Informationen zum Energieaustausch über einen definierten Zeitraum zu einem bestimmten Preis enthalten sind und Microgrids, also einer physischen Infrastruktur, die autonom betrieben werden kann [33].

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Microgrids und Energiegemeinschaften basieren auf ähnlichen Konzepten, wobei der grundlegende Unterschied darin besteht, dass Energiegemeinschaften sich aus Rechtspersonen zusammensetzen, die freiwillig an der Gemeinschaft teilnehmen, unabhängig vom Anschluss am Netz. Bei drei nebeneinanderliegenden Reihenhäusern, muss also beispielsweise das Mittlere nicht an der Energiegemeinschaft teilnehmen. Wohingegen bei einem Microgrid alle angeschlossenen Parteien automatisch Teilnehmer sind [35].
Ein Microgrid kann auch von einer Energiegemeinschaft betrieben werden, falls genügend lokale Energiequellen- und speicher vorhanden sind.

Bei der Untersuchung der Flexibilität von zentralen und dezentralen Batteriespeichern in Energiegemeinschaften, und deren Wirtschaftlichkeit in Kombination mit dem P2P Handel, wurde festgestellt, dass bis zu 31% der Stromkosten eingespart werden konnten. Die Energie aus erneuerbaren Quellen konnte etwa die Hälfte der Nachfrage in der Gemeinschaft decken, womit ein hoher Selbstversorgungsgrad und Kosteneinsparungen, da weniger Strom aus dem öffentlichen Netz bezogen wird, einherkommt. Die Einsparungen sind besonders in Zeiten hoher Verfügbarkeit an erzeugter Energie hoch, während die Abhängigkeit von einer zentralen Batterie und dem öffentlichen Netz bei geringem Vorhandensein steigt [36].
In diversen Literaturen werden unterschiedlichste Marktstrukturen für den P2P Handel in Energiegemeinschaften analysiert. Bei der Beurteilung spielen Faktoren wie Art und Anzahl der Teilnehmer und der gehandelten Energie eine wesentliche Rolle [33].

Es wurde auch, unter Berücksichtigung der individuellen Zahlungsbereitschaft von Mitgliedern einer Energiegemeinschaft, ein Optimierungsmodell für den Handel von erzeugter und benötigter Energie entwickelt. Dabei wird anhand der Zahlungsbereitschaft die erzeugte Energie gerecht verteilt. Prosumer können ihre überschüssige Energie an Mitglieder verkaufen, die bereit sind einen größeren Beitrag zu bezahlen. Somit können Zahlungsbereitschaft und verursachte Emissionen voneinander abgeleitet werden [37].

2.3.1.1 Blockchain-Technologie

Um die Transaktionen unter Teilnehmern einer Energiegemeinschaft verwalten und sichern zu können, wird häufig die Blockchain-Technologie beim P2P Trading angewandt. Mit dem dezentralisierten System wird sichergestellt, dass jeder Teilnehmer alle notwendigen Informationen über den Energieaustausch innerhalb der Gemeinschaft enthält.
Die Blockchain setzt sich aus einem Ursprungsblock und chronologisch angehängten Datenblöcken zusammen, wodurch eine Datensatzkette entsteht [38].

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Jedes Mal, wenn eine Transaktion unter den Teilnehmern stattfindet, wird diese auf der Blockchain gespeichert und überprüft. Die an der Transaktion beteiligten Parteien, können die Transaktion dann bestätigen und die Zahlung erfolgt automatisch. Die gespeicherten Daten sind unveränderlich und somit zuverlässig und transparent.
Das automatische Handeln zwischen Teilnehmern wird durch Smart Contracts, also Codes welche zu erfüllende Bedingungen enthalten und in der Blockchain gespeichert sind, ermöglicht [7].
In Österreich gibt es das Projekt Blockchain Grid, das sich mit der Energie-Dezentralisierung in einem Niederspannungsnetz in der Steiermark beschäftigt. Dabei wurde eine Plattform entwickelt, welche es Prosumern ermöglicht ihren Überschuss zu teilen. Diese wurde erfolgreich getestet, womit gezeigt wurde, dass mit der Technologie freie Netzkapazitäten gemanaget werden können [39].

2.3.2 Handel über zentrale Entität

Wenn die Gemeinschaft über einen zentralen Planer, also einem EGM, koordiniert wird, spricht man vom Energiehandel über eine zentrale Entität. Bei dieser Methode, stellt der EGM über eine Handelsplattform sicher, dass jeder Teilnehmer fair behandelt wird und die Gemeinschaftsziele erreicht werden. Dabei interagieren die Mitglieder nicht direkt mit den Energieversorgern am Markt, sondern indirekt über den EGM welcher den Mitgliedern Strompreise anbietet [40].
Der EGM stellt das Wohlergehen der gesamten Gemeinschaft sicher, indem jedes Mitglied durch die faire Verteilung der Kosten und Einnahmen einen Vorteil aus der Mitgliedschaft zieht [41].
Falls das Modell des zentralen EGM eingesetzt wird, ist dieser auch für die Berechnung und Bekanntgabe des Energieaufteilungsschlüssels gegenüber dem Netzbetreiber zuständig [32].

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

3 Methodik

Die in dieser Arbeit verwendeten EDA-Protokolle wurden, unter Einwilligung zur Analyse, von Kontaktpersonen der betreffenden Energiegemeinschaften zugeschickt. Vom KLIEN wurden für diese Arbeit Sondierungsberichte des Programms „Energiegemeinschaften 2021“ zur Verfügung gestellt.
EDA-Protokolle dienen Energiegemeinschaften und anderen Marktteilnehmern der österreichischen Energiewirtschaft als wichtiges Instrument zum sicheren Austausch von Daten zwischen den involvierten Akteuren, wie Netzbetreiber, Energieversorger und Teilnehmer der Energiegemeinschaft [42]. Ihre Verwendung ist für Energiegemeinschaften in Österreich verpflichtend, damit der Datenaustausch transparent erfolgen kann und alle Beteiligten einen fairen Zugang zu den gemeinsamen Ressourcen haben. Über das kostenlose EDA Anwenderportal, auf welches nach einer Registrierung auf „ebUtilities“ zugegriffen werden kann, erfolgt die Anbindung an den Markt [43].
In den Protokollen sind die von den Smart Metern in Echtzeit, auf viertelstündiger Basis erfassten relevanten Daten wie Energieverbrauchs- und Erzeugungsdaten, enthalten, womit qualitative Indikatoren ermittelt werden.
Mit Hilfe der Sondierungsberichte werden quantitative Indikatoren festgestellt.
In den nächsten Abschnitten wird die Vorgangsweise der Datenerhebung erläutert.

3.1 Definitionen qualitativer Indikatoren

In der linken Spalte aus Tabelle 1 sind die, in den EDA-Reports enthaltenen, Informationen einer Energiegemeinschaft für einen Verbraucherzählpunkt angeführt: Die rechte Spalte enthält Beispiele.

Tabelle 1: EDA-Daten mit Beispielen

Zählpunktnummer	AT00XXXXXXXX2519A
Name des Teilnehmers	Teilnehmer 1
Energieflussrichtung	Verbraucher
Startzeitpunkt	01.09.2022 00:00:00
Endzeitpunkt	30.09.2022 23:59:00
Messgrund	SM Datenübermittlung

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Messintervall	QH (viertelstündlich)
Messwert [kWh]	Gesamtverbrauch lt. Messung, Anteil gemeinschaftliche Erzeugung, Eigendeckung gemeinschaftliche Erzeugung
Spaltensummen der Messwerte [kWh]	632; 40; 28

Einem Teilnehmer können auch mehrere Verbraucherzählpunkte (VZP) zugewiesen sein. Es liegen also je VZP drei Messwert-Spalten vor:

- Die Spalte „Gesamtverbrauch laut Messung“ gibt die, in einer Viertelstunde gemessene, verbrauchte Menge pro Zählpunkt bzw. Teilnehmer an.
- Der, einem Teilnehmer zu jeder Viertelstunde, theoretisch zugewiesene Anteil der erzeugten Energie ist aus den Werten in der Spalte „Anteil gemeinschaftliche Erzeugung“ herauszulesen.
- Die Werte „Eigendeckung gemeinschaftliche Erzeugung“ geben jenen Anteil des Gesamtverbrauchs des Teilnehmers an, welcher durch die gemeinschaftliche Erzeugung gedeckt wurde [44].

Für einen Erzeugerzählpunkt werden nur zwei Messwertspalten, in welchen die erzeugte Leistung in kWh und die Überschusserzeugung, also die innerhalb der Gemeinschaft erzeugte, jedoch nicht verbrauchte Energie, benötigt.
Aus diesen Werten lassen sich einfache qualitative Indikatoren, wie der Autarkie- und Eigennutzungs- bzw. verbrauchsgrad der Energiegemeinschaft pro Monat berechnen.
In den meisten EDA-Protokollen treten zwischen der Gesamterzeugung und der Summe aus Eigendeckung und Überschusserzeugung geringe, vernachlässigbare Abweichungen auf. Die Gründe hierfür sind bisher noch nicht bekannt, werden jedoch von der EDA GmbH gegenwärtig ermittelt, um den Fehler beheben zu können [45].
Tabelle 2 enthält einen Überblick über die im Folgenden verwendeten, aus den EDA-Protokollen direkt ablesbaren, Größen und deren Symbole. Da die Werte teilweise, sowohl für einen einzelnen Teilnehmer, als auch die Summen, also die Werte für die gesamte Energiegemeinschaft vorliegen, wird im Index EG für den Wert der Energiegemeinschaft oder TN für den Wert eines einzelnen Teilnehmers verwendet.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Tabelle 2: Messwerte und zugehörige Symbole

Größe [Einheit]	Symbol
Gesamtverbrauch [kWh]	E_{GV}
Anteil gemeinschaftliche Erzeugung [kWh]	E_A
Eigendeckung gemeinsch. Erzeugung [kWh]	E_{ED}
Gesamterzeugung [kWh]	E_{GE}
Überschuss [kWh]	$E_{ÜS}$

3.1.1 Autarkiegrad

Mittels Autarkiegrad α_{EG} einer Energiegemeinschaft kann angegeben werden, in welchem Ausmaß der Eigenbedarf an Energie, ohne die Versorgung durch Lieferanten, gedeckt werden kann. Kurz gesagt, ist eine vollständig autarke Energiegemeinschaft unabhängig vom Stromversorgungsnetz [46]. In diesem Fall spricht man auch vom Inselbetrieb [47].
Mit Gleichung (1) wird der Indikator formelmäßig dargestellt.

$$\alpha_{EG} = \frac{E_{ED,EG}}{E_{GV,EG}} \cdot 100 \quad [\%] \tag{1}$$

Der Indikator lässt sich mit den Werten des EDA-Reports durch Division der Eigendeckung der gesamten Energiegemeinschaft $E_{ED,EG}$ mit ihrem Gesamtverbrauch berechnen $E_{GV,EG}$ [48]. Beide Werte werden in kWh angegeben.
Die Höhe des Autarkiegrades α_{EG}, welcher in Prozent angegeben wird, ist von einigen Faktoren abhängig. Selbst wenn die Energiegemeinschaft mehr Energie produzieren würde, als sie in Summe benötigt, würde der Autarkiegrad nicht bei 100%, oder gar darüber liegen, da die Energie nicht immer genau zu Zeit verbraucht werden kann, in der sie zur Verfügung steht.
Bei Energiegemeinschaften die PV-Anlagen als erneuerbare Technologie verwenden, jedoch ohne Speicher kann ein Autarkiegrad bis zu 40% erreicht werden.
Eine große Rolle spielt daher die Verwendung von Speichern, welche es ermöglichen den Autarkiegrad auf bis zu 80% zu steigern. Je höher die Speicherkapazität ist, desto geringer ist der Anteil des Überschusses, welcher zu relativ unwirtschaftlichen Konditionen ins Netz gespeist wird und somit auch der Eigenverbrauch der erzeugten Energie [47].

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Außerdem sollte beachtet werden, dass jeder Netzbetreiber eine maximale Einspeiseleistung definiert [49]. Wird diese überschritten, muss die Eispeisung der PV-Anlage gekappt werden [47]. Neben den physischen Speichern bzw. Batterien, gibt es auch die wetterunabhängige Möglichkeit der Nutzung einer Stromcloud. Das Prinzip der virtuellen Energiewolke ermöglicht es, in Zeiten geringer Eigenbedarfsdeckung was beispielsweise im Winter der Fall ist, fehlende Energie aus der Cloud zu beziehen. Im Sommer kann ein vorhandener Überschuss online in der Cloud gespeichert werden [50]. Eine weitere Möglichkeit wird sind in Österreich ab dem Jahr 2024 eröffnen, in der die Mehrfachteilnahme an Energiegemeinschaften gesetzlich gegeben sein wird. Somit kann beispielsweise ein Haushalt, Teilnehmer mehrerer Energiegemeinschaften sein und so den Anteil der, aus dem Netz bezogenen Energie weiter senken.
Auch Schwankungen in der Energieerzeugung und dem Gesamt- bzw. Eigenverbrauch können den Indikator beeinflussen. Die Erzeugungsmenge hängt nicht nur von der installierten Leistung der Technologie ab, sondern auch vom Wetter, der Jahres- und Tageszeit.
Bis zu 10% des Gesamtenergieverbrauchs kann allein durch das Verhalten der einzelnen Teilnehmer, durch ein energiebewussteres Verhalten wegfallen. Ein höherer Eigenverbrauch kann, neben der Verwendung von Speichern, durch die Einbringung von flexiblen Lasten in den Haushalt oder durch eine höhere Anzahl an Gemeinschaftsmitgliedern, welche nur als Verbraucher fungieren, erreicht werden [47].

3.1.2 Eigennutzungsgrad

Der Eigennutzungsgrad ε_{EG}, auch als Eigenverbrauchsquote bezeichnet, bezieht sich auf die Gesamterzeugung der Energiegemeinschaft.
Er wird ähnlich wie der Autarkiegrad, jedoch mit einer unterschiedlichen Basis berechnet und gibt an, welcher Anteil, der selbst erzeugten Energie, tatsächlich in der Gemeinschaft verbraucht wird. Gleichung (2) beschreibt den Indikator als Formel.

$$\varepsilon_{EG} = \frac{E_{ED,EG}}{E_{GE,EG}} \cdot 100 \quad [\%] \tag{2}$$

Er ergibt sich durch Division der gesamten Eigendeckung der EG $E_{ED,EG}$, mit der gemeinschaftlichen Erzeugung $E_{GE,EG}$, wobei beide Messwerte in kWh angegeben werden. Der Eigennutzungsgrad wird in Prozent berechnet.
Anders als der Autarkiegrad, enthält dieser Indikator keine Information über den Gesamtverbrauch der Energiegemeinschaft [48].

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Da aber beide, für die gesamte Energiegemeinschaft betrachteten, Indikatoren, direkt proportional zum Eigenverbrauch der Gemeinschaft sind, lassen sie sich beide durch die oben erwähnten Methoden steigern.
Die Betrachtung des Eigennutzungsgrades eines Teilnehmers der Energiegemeinschaft, wie in Gleichung (3), ist ebenfalls interessant.

$$\varepsilon_{TN} = \frac{E_{ED,TN}}{E_{GE,EG}} \cdot 100 \quad [\%] \tag{3}$$

Hier wird die Eigendeckung eines einzelnen Teilnehmers $E_{ED,TN}$ auf die Gesamterzeugung $E_{GE,EG}$ bezogen, wodurch der Wert sinkt. Die Summe der Eigennutzungsgrade aller Teilnehmer ergibt den Gesamteigennutzungsgrad der Energiegemeinschaft aus Gleichung (2).

3.1.3 Eingesparte kWh pro Teilnehmer

Für einen potenziellen Teilnehmer einer Energiegemeinschaft, ist besonders die Frage, wie viel Energie durch die Teilnahme an der EG für sie oder ihn einsparbar ist wichtig.
Theoretisch verringert sich der Verbrauch eines Teilnehmers nur dann, wenn auch dessen Verhalten energieeffizienter wird. Daher wird der Indikator für die Angabe der eingesparten kWh pro Teilnehmer als Energie, welche nicht vom Netz bezogen wird, interpretiert.
Dafür wird die Messwertspalte „Eigendeckung gemeinschaftliche Erzeugung“ herangezogen, die einen Anteil des Gesamtlastprofils, angibt. Diese viertelstündigen Werte, entsprechen je nach dem, wie hoch zu dem Zeitpunkt der Anteil der zugewiesenen erzeugten Energie ist, entweder genau diesem Anteil oder dem Gesamtverbrauch des Teilnehmers. Tabelle 3 verdeutlicht diese Erklärung, anhand hypothetischer Werte für einen Verbrauchzählpunkt.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Tabelle 3: Ausschnitte eines EDA-Protokolls für einen Verbrauchszählpunkt

Datum/Uhrzeit	Gesamtverbrauch/TN [kWh]	Anteil der gem. Erzeugung/TN [kWh]	Eigendeckung durch gem. Erzeugung/TN [kWh]
01.09.2022/00:00:00	0,09	0,00	0,00
01.09.2022/08:45:00	0,12	0,08	0,08
01.09.2022/10:15:00	0,002	0,01	0,002
01.09.2022/12:30:00	0,00	0,00	0,00

Falls zu dem Zeitpunkt keine Energie in der Gemeinschaft erzeugt wird, oder dem Teilnehmer aufgrund der vereinbarten Zuordnungsart kein Anteil der Erzeugung zugewiesen wurde, entspricht der Wert der Eigendeckung Null. Für den Fall, dass dem Teilnehmer in dieser Viertelstunde Energie aus der Gemeinschaft zusteht, wird der Verbrauch durch diesen gedeckt und ein benötigter Restbedarf vom Netz bezogen. Somit wird folgende Gleichung definiert.

$$\Delta E_{TN} = E_{ED,TN} \quad [kWh] \tag{4}$$

Gleichung (4) gibt das Symbol, mit dem die eingesparten kWh pro Teilnehmer ΔE_{TN} definiert werden, an. Es handelt sich um die Eigendeckung des Teilnehmers $E_{ED,TN}$ in kWh.

3.1.4 Eingesparte Kosten pro Teilnehmer

Auch die eingesparten Kosten, welche durch die Teilnahme an einer Energiegemeinschaft zustande kommen, gehören zu den wichtigsten Faktoren und Hauptbeweggründen zur Teilnahme. Für die Berechnung dieses Indikators muss ein Vergleich zwischen dem Gesamtverbrauch eines Mitglieds ohne die Teilnahme an der Energiegemeinschaft und unter Berücksichtigung der Teilnahme angestellt werden.
Zur Veranschaulichung der, für die eingesparten Kosten eines Teilnehmers, relevanten Werte ist der Zusammenhang dieser in Abbildung 6 dargestellt.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

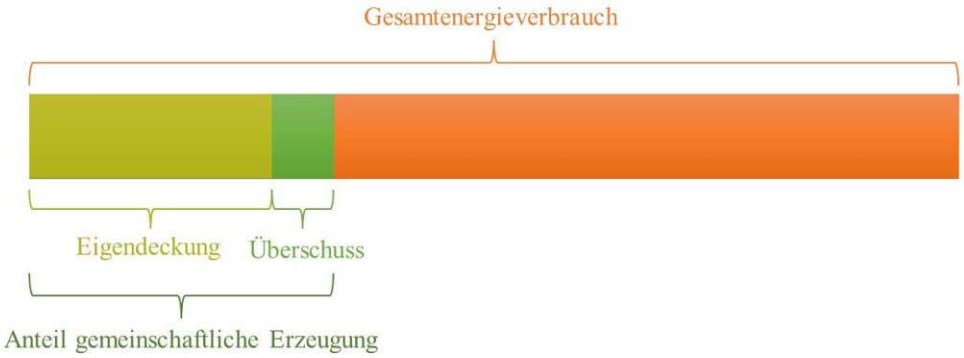

Abbildung 6:Zusammenhang der kostenrelevanten EDA-Daten eines Teilnehmers (Größenordnung ist für jeden Teilnehmer unterschiedlich)

In Österreich setzen sich die Elektrizitätskosten gewöhnlicher Endverbraucher aus drei Komponenten zusammen [26]. Diese waren bis vor Kurzem noch ungefähr gleich hoch, betrugen also jeweils ein Drittel der Gesamtkosten, doch seit 2022 gab es, aufgrund der Ukrainekriese, bei den Energiekosten eine enorme Steigerung. Die Stromkosten werden, Stand Jänner 2023, folgendermaßen aufgeschlüsselt:

- Energiekosten ~ 63%:
  - Grundgebühr auf den Tarif (jährlich)
  - Kosten für den Stromverbrauch
- Netzkosten ~ 16%:
  - Netznutzungsentgelte
  - Netzverlustentgelte
  - Entgelt für Messleistungen
- Steuern und Abgaben ~ 21% [51]:
  - Elektrizitätsabgabe
  - Gebrauchsabgabe
  - Umsatzsteuer
  - Erneuerbaren-Förderkosten
  - Biomassenzuschlag [52]

Der reine Energiepreis wird vom jeweiligen, frei gewählten, Anbieter des Teilnehmers pro kWh bestimmt. Er ist also innerhalb der Energiegemeinschaft, abhängig von der Menge, der vom Netz bezogenen, Energie und dem jeweiligen Stromtarif, unterschiedlich.

Netzentgelte werden von der Behörde, in Österreich der E-Control, bestimmt. Sie unterscheiden sich je nach Bundesland und decken jene Kosten, die für den Netzbetreiber

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

der Region aufgrund des Ausbaus und der Wartung des Netzes sowie der Zählerablesung zustande kommen.
Je höher die Netzebene, desto höher auch die Netznutzungs- und verlustentgelte [53]. Das jährliche Entgelt für die Messleistungen des Netzbetreibers zur Feststellung der verbrauchten Energie, unterscheidet sich zwischen den Bundesländern geringfügig. Im Falle einer lokalen EEG kommt es zu einer Reduktion des Netznutzungsentgeltes von 57% wohingegen bei regionalen EEGs Nutzer der NE 6 und 7 eine Reduktion von 28% und jene auf NE 4 und 5 um 64% bekommen [54]. Für BEGs gibt es aufgrund der Nutzung aller Netzebenen keinen Erlass.

Wie in Kapitel 2.1.2 erläutert, beläuft sich der wirtschaftliche Profit einer EG hauptsächlich auf die Erlassung gewisser Steuern und Abgaben je nach Art der EG.
Die Elektrizitätsabgabe fällt bei gewöhnlichen Verbrauchern aufgrund der Stromlieferung über das Netz an und wird an den Netzbetreiber bezahlt. Die Gebrauchsabgabe, welche in manchen Gemeinden je nach Netzbetreiber entfällt und aufgrund der Nutzung öffentlicher Lufträume anfällt [55], die Umsatzsteuer von 20% sowie ein Beitrag zur Förderung von Biomassen, sind in jedem Fall zu errichten [52].
Die Teilnahme an einer EEG bringt den Vorteil, dass für beide Formen der EEG sowohl die Elektrizitätsabgabe als auch der Erneuerbaren-Förderbeitrag, welcher jährlich von herkömmlichen Endverbrauchern bezahlt wird und der OeMAG zur Finanzierung der Ökostromförderung dient, entfällt [56]. Eine BEG wird auch hier nicht bevorzugt [10].

Da keine Informationen über die Strompreise der Energielieferanten der einzelnen Teilnehmer vorliegen, werden für die Energiekosten am konventionellen Markt durchschnittliche Preise des Jahres 2022 für Endkunden mit einem Jahresstromverbrauch von 3500kWh in Österreich von 37,12 Cent pro kWh verwendet [57]. Dieser wird auch als Abnahmetarif bezeichnet.
Der Preis, der innerhalb der EG gehandelten Energie, wird vom Gemeinschaftsvorstand festgelegt. Sie muss zu einem fairen Preis, der unter dem Strompreis der Energielieferanten der Teilnehmer liegen sollte, gehandelt werden. Daher wird für die Berechnungen ein durchschnittlicher Energiegemeinschaftsendverbraucherpreis von 75 Prozent des durchschnittlichen Strompreises für 2022 angenommen [58]. Das ergibt 27,84 Cent pro kWh.
Um die Einsparung zu ermitteln, muss die Differenz jener Kosten ermittelt werden, welche durch den Gesamtverbrauch eines Teilnehmers, bei vollständigem Energiebezug aus dem Netz, verursacht worden wären und den Kosten, welche tatsächlich, also als Mitglied der EG, zustande gekommen sind. Der Einspeisetarif der OeMAG lag 2022 für PV-Strom im Schnitt bei 19,84 Cent pro kWh [59]. Für Energie aus Kleinwasserkraftwerken wurde durchschnittlich 22,16 Cent pro kWh bezahlt [59]. Überschüsse aus Windenergie und Biomasse wurden mit 21,85 Cent pro kWh und 17,95 Cent pro kWh vergütet.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Die Berechnung der eingesparten Kosten pro Teilnehmer, ΔK_{TN}, in Euro, kann laut Gleichung (5) für einfache Verbraucher (V) der Gemeinschaft und mit Gleichung (6) für einen Prosumer bzw. Erzeuger (E) erfolgen.

$$\Delta K_V = E_{GV,TN} \cdot p_{EL} - \left(E_{ED,TN} \cdot p_{EG} + E_{NB,TN} \cdot p_{EL}\right) \quad [€] \qquad (5)$$

Die hypothetischen Gesamtenergiekosten eines Teilnehmers werden durch Multiplikation des Gesamtverbrauchs $E_{GV,TN}$ in kWh mit einem, in dem Zeitraum, durchschnittlichen Strompreis p_{EL} (Index EL für Energielieferant) von 37,12 Cent pro kWh berechnet. Davon wird die Summe aus den Kosten, die bei der Teilnahme an der EG entstanden sind und in Gleichung (5) in Klammer angegeben sind, abgezogen. Diese setzt sich aus den Kosten für die Eigendeckung $E_{ED,TN}$, welche mit einem hypothetischen durchschnittlichen internen Preis p_{EG} (Index EG für Energiegemeinschaft) von 27,84 Cent pro kWh berechnet werden, und dem restlichen Bezug aus dem Netz $E_{NB,TN}$, welcher in kWh angegeben wird, zusammen. Beim hypothetischen internen Strompreis p_{EG} ist der Netzentgeltnachlass und der Steuer- bzw. Abgabenerlass schätzungsweise berücksichtigt worden.

$$\Delta K_E = E_{GV,TN} \cdot p_{EL} - \left(E_{NB,TN} \cdot p_{EL} - G - V + A + W\right) \quad [€] \qquad (6)$$

Bei den eingesparten Kosten eines Erzeugers ΔK_E aus Gleichung (6) bildet die Multiplikation des Gesamtverbrauchs des betrachteten Teilnehmers $E_{GV,TN}$ in kWh mit dem Strompreis des Lieferanten p_{EL} in Cent pro kWh wieder den Preis, den der Teilnehmer ohne die Teilnahme an der EG bezahlt hätte. Sie Subtraktion der Klammer, in der die Kosten bei der Teilnahme an der EG dargestellt werden, wird aus dem Restbezug der Energie aus dem Netz $E_{NB,TN}$ in kWh und dem Energiepreis der Gemeinschaft p_{EL} in Cent pro kWh gebildet, wovon die Einspeisevergütung G in Euro, für den ins Netz gespeisten Überschuss und der von den Mitgliedern bezahlte Preis für die Energie des Erzeugers V, in Euro abgezogen wird.
Die, auf einen Monat umgerechneten Investitionskosten für die Anlage A, welche als Annuität bezeichnet werden und ebenfalls in Euro angegeben werden, kommen zu den anfallenden Kosten als Prosumer einer Energiegemeinschaft, zusammen mit den jährlichenWartungskosten W, in Euro, hinzu. Die jährlichen Wartungskosten für die Anlage betragen 2 Prozent [60] der einmaligen Investitionskosten, im Falle der PV-Anlage und im Falle eines Kleinwasserkraftwerks 2,5 Prozent [61] dieser.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Der Bezug der Restenergie aus dem Netz, im Falle der Teilnahme an der EG,

$$E_{NB,TN} = E_{GV,TN} - E_{ED,TN} \quad [kWh] \tag{7}$$

kann durch Subtraktion der Eigendeckung $E_{ED,TN}$ vom Gesamtverbrauch $E_{GV,TN}$ aus den Messwerten berechnet werden.
Der Einspeiseertrag des Erzeugers in Euro,

$$G = E_{ÜS,TN} \cdot s_{PV/Wasser} \quad [€] \tag{8}$$

wird durch Multiplikation der Überschussenergie $E_{ÜS,TN}$ in kWh mit dem jeweiligen Einspeisetarif $s_{PV/Wasser}$ in Cent pro kWh ermittelt. Dabei werden durchschnittliche Einspeisetarife, für PV mit 19,84 Cent pro kWh bzw. Wasser 22,16 Cent pro kWh eingesetzt. Im Falle von mehreren Erzeugern, werden die gleichen Einspeisetarife für alle Prosumer verwendet.
Es gibt mehrere Möglichkeiten zur Einspeisung der überschüssigen Energie ins Netz.
Da solche Angelegenheiten in Verträgen festgehalten werden und die anonymisierten EDA-Protokolle keine Information über die Anzahl der Teilnehmer (ein Teilnehmer kann mehrere Verbrauerzählpunkte haben), wird die Annahme getroffen, dass jenen Teilnehmern, die nur als Verbraucher in der EG fungieren, ein Verbraucherzählpunkt und jedem Prosumer sowohl ein Erzeuger- als auch ein zufällig gewählter Verbraucherzählpunkt zugeordnet wird.

Der Betrag V, in Euro, der von den Mitgliedern für die gemeinschaftliche Energie an den Erzeuger bezahlt wird, lässt sich durch Gleichung (9) ermitteln.

$$V = \sum_{TN=1}^{t} E_{ED,TN} \cdot p_{EG} \quad [€] \tag{9}$$

Wobei t die Anzahl aller Teilnehmer exklusive des betrachteten Prosumers darstellt, $E_{ED,TN}$ die Eigendeckung der Teilnehmer in kWh und p_{EG} den gemeinschaftlichen Energiepreis in Cent pro kWh.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Zur Ermittlung der monatlichen Investitionskosten, im Falle einer Finanzierung der Anlage durch Fremdkapital, wird die Annuitätenmethode angewendet.
Dabei wird der Annuitätenfaktor a wie folgt ermittelt [62].

$$a = \frac{(1+r)^n \cdot r}{(1+r)^n - 1} \tag{10}$$

Darin bedeutet n die Laufzeit in Jahren und r den Zinssatz in Prozent.
Mit dem Barwert der einmaligen Investition zum Anschaffungszeitpunkt der Anlage I_0 in Euro,

$$I_{0,PV} = P_{PV} \cdot (i_{PV} - f_{PV}) \quad [€] \tag{11}$$

welche mittels installierter Leistung der Anlage P_{PV} in kWp und den einmaligen Investitionskosten i_{PV} für die PV-Module in Euro pro kWp sowie der Förderung der Anlage f_{PV} in Euro pro kWp berechnet wird, kann die Annuität A folgendermaßen ermittelt werden.

$$A = I_0 \cdot a \quad [€] \tag{12}$$

Sie wird in Euro angegeben und stellt die zu zahlende Kreditrate pro Jahr dar. Um die spezifischen monatlichen Kosten zu ermitteln, wird in den Ergebnissen in Kapitel 4 dieser Wert durch 12 dividiert.
Bei allen Fallbeispielen wird von einem Zinssatz r in der Höhe von einem Prozent ausgegangen. Die Laufzeit wird an die zu erwartende Lebensdauer einer PV-Anlage angepasst und beträgt 30 Jahre. Somit hat der Annuitätenfaktor a einen Wert von 0,039.
Die Kosten für den Wechselrichter werden vernachlässigt.

In den Beispielen, die später vorgestellt werden, handelt es sich um PV-Anlagen größerer Leistungen. Da nicht bekannt ist, wie lange diese Anlagen bereits in Betrieb sind, wird von Anlagen ausgegangen, die vor kurzer Zeit angeschafft wurden. Damit wird für die Investitionskosten einer PV-Anlage i_{PV} 1200 Euro pro kWp gesetzt [63], womit w_{PV} 2,9 Euro pro kWp wird. Die Förderbeträge werden in Österreich in Kategorien der Leistung eingeteilt. Bei den in dieser Arbeit behandelten Anlagengrößen handelt es sich um

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Kategorie B, in der Anlagen mit bis zu 20kWp mit 250 Euro pro kWp und C in der 20kWp bis 100kWp mit 160 Euro pro kWp gefördert werden [64].

Im Falle eines Speichers müssen die zusätzlichen Kosten berücksichtigt werden, wie folgende Gleichung zeigt.

$$I_{0,PV+Sp} = P_{PV} \cdot (i_{PV} - f_{PV}) + J_{Sp} \cdot (i_{Sp} - f_{Sp}) \quad [€] \tag{13}$$

Die Kosten für die PV-Anlage bleiben unverändert. Hinzu kommen Investitions- und Förderungskosten für den Speicher i_{Sp} und f_{Sp} , jeweils in Euro pro kWh welche mit dem Jahresertrag des Speichers J_{Sp}, welcher in kWh angegeben wird, multipliziert werden. Es wird für i_{Sp} 1000 Euro pro kWh für die Berechnung eingesetzt [65]. Die Förderung für Speicher liegt bei 200 Euro pro kWh [66].

Wenn es sich bei der Erzeugungstechnologie um ein Kleinwasserkraftwerk handelt, wird die Investition folgendermaßen berechnet.

$$I_{0,KWK} = P_{KWK} \cdot (i_{KWK} + w_{KWK}) - F_{KWK} \quad [€] \tag{14}$$

Bei den meisten Laufwasserkraftwerken in Österreich, handelt es sich um alte Anlagen. Zur Berechnung des Indikators in dieser Arbeit, wird von einer einmaligen Investition i_{KWK}von 3173 € pro kW ausgegangen [67]. Für die laufenden jährlichen Betriebskosten wird somit 6,35 Euro pro kW eingesetzt und zur Annuität aus Gleichung (12) addiert. Es gibt ein Förderprogramm des KLIEN, durch das die Förderung der Wasserkraftwerke in zwei Module eingestuft werden kann. Durch das Programm werden bestehende Kleinwasserkraftwerke unter 2000kW mit bis zu 20000€ gefördert [68].
Für diese Arbeit wird von einem einmaligen Revitalisierungszuschuss F_{KWK} von 3000 Euro ausgegangen. Somit wird im Falle des Kleinwasserkraftwerks, das eine Lebensdauer von 100 Jahren erwarten kann, diese Komponente außerhalb der Klammer geschrieben, wie Gleichung (14) zeigt.

Gleichung (7) in Gleichung (5) eigesetzt, liefert die Formeln zur Berechnung der eingesparten Kosten pro Teilnehmer einer Energiegemeinschaft, als Verbraucher Gleichung (15). Gleichung (7) und (8) in Gleichung (6) beschreibt die eingesparten Kosten eines Erzeugers mit Gleichung (16).

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

$$\Delta K_V = \Delta E_{TN} \cdot (p_{EL} - p_{EG}) \quad [€] \tag{15}$$

$$\Delta K_E = \Delta E_{TN} \cdot p_{EL} + G + V - A - w_{Anl} \cdot P_{Anl} \quad [€] \tag{16}$$

Der Term $w_{Anl} \cdot P_{Anl}$ in Gleichung (16) stellt die Wartungskosten der jeweiligen Anlage in Euro dar und ergibt sich aus der Multiplikation der Wartungskosten pro kWp bzw. kW w_{Anl} und der installierten Leistung der Anlage P_{Anl} in kWp bzw. kW.

Zu Bestimmung der durchschnittlichen monatlichen Einsparungen der Teilnehmer, welche direkt proportional zu den eingesparten kWh ΔE_{TN} sind, werden die Werte, aufgrund nicht vorhandener Messdaten, durch die Betrachtung der ungefähren Globalstrahlungssumme auf horizontale Flächen pro Monat geschätzt.
Es wird angenommen, dass der Indikator ΔE_{TN} direkt von der Sonneinstrahlung abhängt. Wenn man davon ausgeht, dass die Messdaten für August und Dezember vorliegen, kann die Erzeugung, somit auch in etwa der Eigendeckung, aller Monate des Jahres in Bezug auf jene des Monats August durch die Faktoren, welche in Tabelle 4 angeführt sind, beschrieben werden [69]. Daraus ergibt sich ein Faktor 7,91, der mit dem Augustwert multipliziert wird, wobei der Messwert des Dezembers direkt aus den vorliegenden Daten übernommen wurde. Für die Abschätzung des Gesamtverbrauchs, wird das durchschnittliche Wetter in Österreich über die letzten 20 Jahre berücksichtigt. Dabei wird sich am angenommenen höchsten Gesamtverbrauch im Dezember orientiert, indem vorausgesetzt wird, dass dieser für die Wintermonate Dezember, Jänner und Februar ident ist und somit für die Berechnung einen Faktor 3 mit sich bringt. Die Monate März und November führen zu einem Bedarf von 75% jenes im Winter. April und Oktober brauchen 50% und Mai bzw. September 30%. In Summe ergibt das einen Faktor von 6,1 für den Winterverbrauch. Der Gesamtverbrauch für August Juli und Juni wird als etwa gleich angenommen und mit dem Faktor 3 multipliziert [70].

Tabelle 4: Faktoren zur Abschätzung der Durchschnittswerte für das ganze Jahr

Jän	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
0,24	0,36	0,64	0,84	1,07	1,14	1,15	1	0,74	0,48	0,25	Messw.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

3.1.5 Eingesparte Emissionen pro Teilnehmer

Erneuerbare Erzeugungstechnologien produzieren während ihres Betriebs keine CO_2-Emissionen. Ihre Produktion bzw. der Bau der Anlagen und die spätere Verwertung der Materialen jedoch, verursacht Emissionen, die durch einen zusätzlichen Emissionsfaktor in der Berechnung berücksichtigt werden müssen.
Formel zur Berechnung der eingesparten Emissionen $\Delta CO_{2,TN}$ wird durch den Vergleich der verursachten Emissionen mit und ohne die Teilnahme an der EG, wie Gleichung (17) zeigt, gebildet.

$$\Delta CO_{2,TN} = \Delta E_{TN} \cdot \left(\rho_{EL} - \rho_{PV/Wasser}\right) - \frac{J_{Sp}}{180} \cdot \rho_{Sp} \quad [kg\ CO_2] \tag{17}$$

Die Gleichung zeigt, dass die pro Teilnehmer eingesparten Emissionen $\Delta CO_{2,TN}$ von der Eigendeckung durch die gemeinschaftlich erzeugte Energie, also die eingesparten kWh des Teilnehmers ΔE_{TN} in kWh, vom Emissionsfaktor des Energielieferanten ρ_{EL} und von jenem der gewählten Erzeugungstechnologie $\rho_{PV/Wasser}$, jeweils in kg CO_2 pro kWh, abhängig sind. Der rechte Term kommt bei Verwendung eines Speichers hinzu und berücksichtig den Emissionsfaktor des Speichers ρ_{Sp}, welcher ebenfalls in kg CO_2 pro kWh angegeben wird und mit dem Ertrag des Speichers in kWh J_{Sp}, aufgeteilt auf 180 Monate des Lebenszyklus, multipliziert wird.
Der Emissionsfaktor ρ ist per Definition das Verhältnis aus der Masse eines freigesetzten Stoffes zur produzierten Energieeinheit und wird in kg Stoff pro kWh angegeben. Mehrere Stoffe sind in Treibhausgasen enthalten, doch den größten Anteil macht Kohlenstoffdioxid (CO_2) aus, welcher vor allem aufgrund des Energiesektors zustande kommt. Die unterschiedlichen Energieträger, die von typischen Energieversorgungsunternehmen zur Erzeugung eingesetzt werden, unterscheiden sich auch in ihren spezifischen Emissionsfaktoren [71]. Seit 2001 sind Lieferanten zur Bekanntgabe der, bei der Energieerzeugung, verursachten CO_2-Emissionen und der Menge radioaktiven Abfalls gesetzlich verpflichtet [72].
Da keine weiteren Informationen, neben den EDA-Reports, der betrachteten Energiegemeinschaften vorliegen, also nicht bekannt ist welcher Teilnehmer von welchem Energielieferanten mit Energie versorgt wird, wird zur Berechnung des Indikators ein durchschnittlicher spezifischer Emissionsfaktor eingesetzt. Dieser betrug in Österreich im Jahr 2021, unter Berücksichtigung der Stromimporte, 0,219 kg CO_2 pro kWh [73] [74].
Die durch eine PV-Anlage, während ihres gesamten Lebenszyklus von 30 Jahren, versursachten Emissionen, können mindestens durch einen Emissionsfaktor ρ_{PV} von 0,043 kg CO_2 pro kWh berücksichtigt werden. Durch Laufwasserkraftwerke werden

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

weniger Emissionen verursacht, was mit 0,0027 kg CO_2 pro kWh einbezogen wird. Eine Windkraftanlage kann mit einem Emissionsfaktor von 0,0105 kg CO_2 pro kWh angenommen werden [75] [76] [77]. Die Herstellung eines Speichers, kann, aufgeteilt auf 15 Jahre Lebenszeit, mit einem Emissionsfaktor von 125 kg CO_2 berücksichtigt werden [78].
Die Erzeugungsarten der Anfang 2023, 120 bestehenden Energiegemeinschaften in Österreich sind wie in Abbildung 7 dargestellt aufgeteilt. 86% aller Energiegemeinschaften verwenden zur Erzeugung ihrer Energie ausschließlich PV-Anlagen [30].

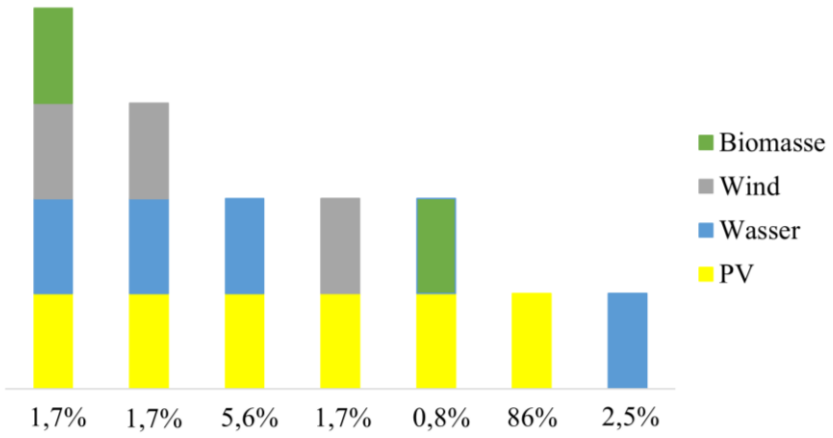

Abbildung 7: Erzeugungstechnologien und Kombinationen der Energiegemeinschaften in Österreich

3.1.6 Verwaltungskosten pro kWh

Zu den laufenden Kosten einer Energiegemeinschaft gehören neben den Betriebskosten auch Verwaltungskosten [79].
Die Höhe der Verwaltungskosten einer Energiegemeinschaft hängt von unterschiedlichen Faktoren ab. Da keine Referenzbeispiele vorliegen, werden die wichtigsten Einflüsse im Folgenden erläutert.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Organisationsform:

Im einführenden Teil der Arbeit wurde bereits erklärt, dass eine Energiegemeinschaft aufgrund ihrer Rolle als Akteur am Energiemarkt mit einer Rechtspersönlichkeit auszustatten ist. In Österreich kann zwischen dem Verein, einer Genossenschaft, Personen- oder Kapitalgesellschaft als Rechtsform gewählt werden [2]. Bei der Wahl sollte die Gemeinnützigkeit der EG im Vordergrund stehen.

- Die am häufigsten gewählte Variante, anhand der Evaluierung der quantitativen Indikatoren aus den Sondierungsberichten, die in Kapitel 3.3 vorgestellt werden, ist die Umsetzung als Verein. Dieser kann in Österreich vergleichsweise mit geringem Aufwand und Kosten von maximal 43 Euro gegründet werden. Dazu sind mindestens zwei Personen und schriftliche Einreichungen mit Statuten bei der Behörde erforderlich [80]. Im Falle einer Gewinnerzielung des Vereines, muss eine Körperschaftssteuer (KÖst) von 25% (seit 2023 24%) des Gewinnes errichtet werden. Neben den geringen Gründungkosten ist auch der Entfall der Mindest-KÖst von Vorteil [81].
- Eine weitere Möglichkeit bietet die Organisation als Genossenschaft. Diese enthält zusätzlich eine Genossenschaftsfirma, weshalb höhere Verwaltungsaufwände zustande kommen. Neben der KÖst fällt auch eine Kapitalertragssteuer der Ausschüttungen aus Genossenschaftsanteilen von 27, 5% an [82].
- Bei einer Personengesellschaft entrichten die Gesellschafter eine Einkommenssteuer, womit auch der Gewinn der Gesellschaft, versteuert wird [83]. Dieser Organisationsform für Energiegemeinschaften wurde beim vorliegenden Projekt nicht begegnet.
- Zur Gründung von Kapitalgesellschaften ist ein Mindestkapital von 35000€, im Falle einer Gesellschaft mit beschränkter Haftung (GmbH) bzw. 70000€, für eine Aktiengesellschaft (AG) notwendig. Die Besteuerung beläuft sich auch hier auf die KÖst und Kapitalertragssteuer [84] [85].

Die Anteile der verschiedenen Organisationsformen für Energiegemeinschaften in Österreich sind in Abbildung 8 dargestellt.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

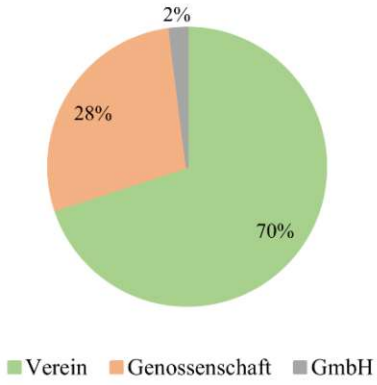

Abbildung 8: Organisationsformen von Energiegemeinschaften in Österreich [30]

Art der Energiegemeinschaft:

Da sich eine Energiegemeinschaft, je nach Art, über unterschiedlich große Areale, erstrecken kann und daher unterschiedliche Netzebenen beansprucht werden, wird auch in der Verwaltung ein Kostenunterschied angenommen. Die Verwaltungskosten einer BEG werden daher höher geschätzt als jene der EEG, es liegen jedoch keine genauen Angaben für die betrachteten EGs vor. Die Anzahl der Teilnehmer sollte in Bezug auf die Verwaltungskosten keinen nennenswerten Unterschied machen [79].

Erzeugungstechnologie:

Die Art der Erzeugungsanlage für die Energieproduktion kann Auswirkungen auf die Verwaltungskosten haben.
PV-Anlagen können tendenziell einfacher zu verwalten sein da weniger Wartungsaufwand als für ein Kleinwasserkraftwerk oder eine Windkraftanlage betrieben werden muss.

3.1.7 Sonstige Indikatoren

Die folgenden Indikatoren werden zur ausführlicheren Bewertung der Energiegemeinschaften, in Kapitel 4, zusätzlich ermittelt.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

3.1.7.1 Eigenversorgungsgrad

Der Eigenversorgungsgrad, oder auch Selbstversorgungsgrad, gibt an, wie gut sich die Energiegemeinschaft theoretisch selbst versorgen könnte, wenn der Anteil der gemeinschaftlichen Erzeugung, der jedem Teilnehmer zusteht, möglichst effizient genutzt werden würde. Der Indikator ist direkt abhängig von Aufteilungsschlüssel [32] und spiegelt, nicht wie der Eigennutzungsgrad das Verbrauchsverhalten bzw. Bewusstsein für Energienutzung der Teilnehmer, wider sondern stellt das theoretische Potenzial der Energiegemeinschaft dar. Die Formel zur Berechnung des Eigenversorgungsgrades für die gesamte Energiegemeinschaft γ_{EG} ist mit Gleichung (18) und jener für jeden einzelnen Teilnehmer γ_{TN} mit Gleichung (19) angegeben.

$$\gamma_{EG} = \frac{E_{A,EG}}{E_{GV,EG}} \cdot 100 \quad [\%] \tag{18}$$

$$\gamma_{TN} = \frac{E_{A,TN}}{E_{GV,TN}} \cdot 100 \quad [\%] \tag{19}$$

Der Zähler, also der Anteil der erzeugten Energie der gesamten EG $E_{A,EG}$ in kWh, sollte im Falle eines einzigen Erzeugers in der Gemeinschaft, idealerweise der gesamten gemeinschaftlich erzeugten Energie $E_{GE,EG}$ entsprechen. Im Nenner befindet sich der Gesamtverbrauch der EG bzw. eines Teilnehmers E_{GV} in kWh. Somit wird der Indikator γ_{EG} in Prozent angegeben.

3.1.7.2 Ausnutzungsgrad der produzierbaren Energie

Gleichung (20) gibt den Ausnutzungsgrad der produzierbaren Energie der Gemeinschaft η_{EG} an. Hier wird davon ausgegangen, dass in der Energiegemeinschaft nur ein Teilnehmer ein Prosumer ist, daher der Index EG im Nenner. Falls es mehrere Erzeuger in der Gemeinschaft gibt und man den Ausnutzungsgrad der Anlagen separat für jeden Erzeuger berechnen möchte, müssen in Gleichung 18 die Werte der einzelnen Teilnehmer bzw. ihrer Anlagen eingesetzt werden, wie Gleichung (21) zeigt.

$$\eta_{EG} = \frac{E_{GE,EG}}{E_{JE,EG}} \cdot 100 \quad [\%] \tag{20}$$

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Dabei wird die Gesamterzeugung der EG $E_{GE,EG}$ durch den Jahresertrag einer Erzeugungsanlage $E_{JE,EG}$ dividiert. Beide Größen werden in kWh angegeben wobei $E_{JE,EG}$ angibt, wieviel Energie die Erzeugungsanlage innerhalb eines Jahres mit der installierten Leistung erzeugen kann. η_{EG} wird in der Einheit Prozent angegeben. Durchschnittlich kann eine PV-Anlage 1000kWh pro 1kWp installierter Leistung erzeugen [86]. Im später vorgestellten Fallbeispiel, welches ein Wasserkraftwerk als Erzeugungsanlage einsetzt, liegt bei der Jahresertrag bei 250000kWh. Bei den beiden Beispielen, die PV verwenden wird von 20000kWh bzw. 27000kWh ausgegangen.

3.1.7.3 Zusätzliche kWh pro Teilnehmer

Die eingesparten Kosten je Teilnehmer ΔK_{TN}, in Euro, lassen sich durch Division dieser mit dem Energiepreis des Lieferanten p_{EL} in Euro pro kWh berechnen, in einen Indikator für zusätzlich mögliche kWh durch die Einsparung, $E_{Zus,TN}$ umrechnen. So lässt sich sagen, wie viele kWh mehr, ein Teilnehmer in einer Energiegemeinschaft für denselben Preis wie ohne der EG, bekommen würde.

$$E_{Zus,TN} = \frac{\Delta K_{TN}}{p_{EL}} \quad [kWh] \tag{21}$$

3.2 Berechnung qualitativer Indikatoren ausgewählter Energiegemeinschaften

In diesem Abschnitt werden die behandelten Fallbeispiele vorgestellt. Es handelt sich um Energiegemeinschaften unterschiedlicher Kombinationen aus Teilnehmeranzahl, Erzeugungstechnologien und installierter Leistungen, deren EDA-Reports anschließend über zwei Monate (A, B und C) ungleicher Jahreszeiten bzw. einen Monat (D) evaluiert werden.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

3.2.1 Energiegemeinschaft A

Bei Energiegemeinschaft A handelt es sich um eine Regionale Erneuerbare-Energiegemeinschaft. Tabelle 5 liefert die wichtigsten Informationen und Angaben auf einen Blick.

Tabelle 5:Angaben zur Energiegemeinschaft A

Art der Energiegemeinschaft	Regionale EEG
Erzeugungstechnologie	Photovoltaik
Anlagengröße	30 kWp
Jahresertrag	27000 kWh
Anzahl der Verbraucherzählpunkte	20
Anzahl der Erzeugerzählpunkte	1
Organisationsform	Verein

Es handelt sich um eine EG mit 20 Mitgliedern, wobei eines davon ein Prosumer mit einer PV-Anlage ist und die 19 weiteren Mitglieder reine Verbraucher sind. Darunter sind Gemeinden, Unternehmen und Privathaushalte enthalten.
Die Berechnungen der qualitativen Indikatoren der EG werden für einen warmen Monat, den August und einen kalten, den Dezember vollführt. Tabelle 6 enthält die erforderlichen EDA-Daten der gesamten Energiegemeinschaft, also jeweils die Summen der Werte aller Zählpunkte.
Die gesamte Überschusserzeugung für den August wurde aus der Differenz zwischen dem gesamten Anteil der gemeinschaftlichen Erzeugung und der Eigendeckung der Gemeinschaft berechnet, da hier fehlerhafte Daten festgestellt wurden. Eine minimale und daher vernachlässigbare Abweichung im Wh-Bereich zwischen dem, Anteil der gemeinschaftlichen Erzeugung und der Gesamterzeugung wurde ebenfalls bemerkt. Für die Berechnungen wurde der Messwert der Gesamterzeugung verwendet.
In Anhang, Kapitel 6, in Tabelle 26 und Tabelle 27 sind die Messwerte der einzelnen Teilnehmer bzw. Zählpunkte für den August, und in Tabelle 28 und Tabelle 29 für den Dezember aufgelistet.
Die Ergebnisse der Berechnung sind in Kapitel 4 zu finden.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Tabelle 6: EDA-Daten der Energiegemeinschaft A für die Monate August und Dezember

Monat	**August**	**Dezember**
Gesamtverbrauch [kWh]	5604	93601
Anteil gem. Erzeugung [kWh]	1678	174
Eigendeckung gem. Erzeugung [kWh]	998	165
Überschusserzeugung [kWh]	680	9
Gesamterzeugung [kWh]	1678	174

3.2.2 Energiegemeinschaft B

Energiegemeinschaft B ist eine Lokale Erneuerbare-Energiegemeinschaft, die als Erzeugungstechnologie ebenfalls PV verwendet. Im Gegensatz zu Energiegemeinschaft A wird hier zusätzlich ein Stromspeicher verwendet, die PV-Anlage hat zwar eine etwas kleinere installierte Leistung, aber aufgrund der gleichen verwendeten Erzeugungstechnologie lässt sich ein guter Vergleich mit den Werten der Energiegemeinschaft A anstellen. Tabelle 7 liefert allgemeine Informationen zur vorliegenden Energiegemeinschaft.

Tabelle 7: Angaben zur Energiegemeinschaft B

Art der Energiegemeinschaft	Lokale EEG
Erzeugungstechnologie	Photovoltaik + Stromspeicher
Anlagengröße	20 kWp
Jahresertrag	20000 kWh
Anzahl der Verbraucherzählpunkte	6
Anzahl der Erzeugerzählpunkte	1

Die EG wird durch fünf Privathaushalte gebildet, wobei sieben Zählpunkte vorhanden sind. Da die Zählpunkte anonym sind und nicht zugeordnet werden kann, welcher Haushalt zwei Verbraucherzählpunkte enthält, werden zur Berechnung der Indikatoren, wie bei Energiegemeinschaft A, Die VZP als Teilnehmer behandelt und dem Erzeuger der Gemeinschaft zu seinem Erzeugerzählpunkt EZP ein zufällig gewählter VZP zugeordnet. Der Erzeuger betreibt eine PV-Anlage mit einer 20kWh Lithium-Eisen-

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Phosphat-Batterie, welche zur Abdeckung des Energiebedarfs in der Nacht und zur Kompensation von Produktionsschwankungen eingesetzt wird.
In Kapitel 4.1.2 werden die Ergebnisse der Berechnungen der qualitativen Indikatoren für diese Energiegemeinschaft vorgestellt.
Bei den Messwerten bis Oktober 2022 liegen einige Fehler vor, beispielsweise ist im EDA-Protokoll von August der Wert der gesamten gemeinschaftlichen Erzeugung geringer als der Anteil gemeinschaftlichen Erzeugung und die Eigendeckung durch die erzeugte Energie. Es wurden auch keine Überschusswerte aufgenommen. Offensichtlich wurde das Problem ab Oktober behoben. Für die Berechnungen der Indikatoren dieser Energiegemeinschaft werden die Messwerte des Monats August so präpariert, dass sie realistisch wirken, um später logische Schlüsse aus den Vergleichen ziehen zu können. Die Werte für den Oktober bleiben unverändert.
Tabelle 8 enthält EDA-Daten der gesamten Energiegemeinschaft B für beide betrachtete Monate.
Tabelle 30 und Tabelle 31 im Anhang, liefern die Messwerte der einzelnen Verbraucher- und des EZP für den August und Tabelle 32 bzw. Tabelle 33 dieselben Werte für den Oktober.

Tabelle 8: EDA-Daten der Energiegemeinschaft B für die Monate August und Oktober

Monat	**August**	**Oktober**
Gesamtverbrauch [kWh]	1787	2275
Anteil gem. Erzeugung [kWh]	1556	406
Eigendeckung gem. Erzeugung [kWh]	1024	225
Überschusserzeugung [kWh]	532	179
Gesamterzeugung [kWh]	1556	405

3.2.3 Energiegemeinschaft C

Im nächsten Beispiel wird eine Regionale Erneuerbare-Energiegemeinschaft behandelt. Gegensätzlich zu A und B wird hier die erneuerbare Energie mit Hilfe von Wasserkraft generiert. Auch die Rechtsform als Genossenschaft unterscheidet sich. Tabelle 9 zeigt wieder die wichtigsten Angaben zur Energiegemeinschaft auf.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Tabelle 9: Angaben zur Energiegemeinschaft C

Art der Energiegemeinschaft	Regionale EEG
Erzeugungstechnologie	Wasserkraft
Anlagengröße	90 kW
Jahresertrag	250 000 kWh
Anzahl der Verbraucherzählpunkte	5
Anzahl der Erzeugerzählpunkte	1

Die Energiegemeinschaft besteht aus fünf Mitgliedern, die alle jeweils einen Verbraucherzählpunkt haben. Der Kleinwasserkraftwerksbetreiber versorgt sich selbst, andere Privatpersonen, Unternehmen und einen Landwirtschaftsbetrieb.
Wie in den vorherigen Beispielen werden die Berechnungen für einen Sommer- und einen Wintermonat durchgeführt. Auch in den EDA-Daten dieser Energiegemeinschaft sind erst ab Oktober Messwerte der Überschusserzeugung zu finden. Daher wird so wie bei EG B vorgegangen und die Werte für August modifiziert, indem der Überschuss durch die Subtraktion der Gesamterzeugung mit der Eigendeckung der Gemeinschaft berechnet wird.
In Tabelle 10 sind die Messwerte der gesamten Energiegemeinschaft für beide Monate zu finden.
Tabelle 34 und Tabelle 35 im Anhang enthalten die Messwerte der einzelnen Teilnehmer für den Sommermonat. Die Situation im Dezember wird mit den Messwerten aus Tabelle 36 und Tabelle 37 berechnet.

Tabelle 10: EDA-Daten der Energiegemeinschaften C für die Monate August und Dezember

Monat	**August**	**Dezember**
Gesamtverbrauch [kWh]	1406	1067
Anteil gem. Erzeugung [kWh]	12179	8912
Eigendeckung gem. Erzeugung [kWh]	1393	1019
Überschusserzeugung [kWh]	14985	12208
Gesamterzeugung [kWh]	16378	13819

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

3.2.4 Energiegemeinschaft D

Beim letzten Beispiel handelt es sich um eine ähnliche EG wie jene aus Beispiel A. EG D ist jedoch eine Lokale EEG und hat bei 40 Mitgliedern, wovon 18 Prosumer sind, etwa die sechsfache Anlagenleistung von EG A installiert. Tabelle 11 fasst die wichtigsten Informationen dieser EG zusammen.

Tabelle 11: Angaben zur Energiegemeinschaft D

Art der Energiegemeinschaft	Lokale EEG
Erzeugungstechnologie	Photovoltaik
Anlagengröße	181 kWp
Jahresertrag	181 000 kWh
Anzahl der Verbraucherzählpunkte	40
Anzahl der Erzeugerzählpunkte	18

Zu dieser EG liegen leider nur EDA-Daten des Monats März vor. Um einen ungefähren Vergleich mit den restlichen Energiegemeinschaften anstellen zu können, werden die Messwerte für den Sommer auf Basis der realen Messwerte der restlichen EGs geschätzt. Die gesamten EDA-Daten sind in Tabelle 12 aufgelistet. Die Tabelle 38 und Tabelle 39, im Anhang, enthalten die Messwerte jedes Verbraucher- und Erzeugerzählpunktes.

Tabelle 12: EDA-Daten der Energiegemeinschaft D für die Monate August und März

Monat	**August**	**März**
Gesamtverbrauch [kWh]	10535	13168
Anteil gem. Erzeugung [kWh]	15911	9092
Eigendeckung gem. Erzeugung [kWh]	6364	4027
Überschusserzeugung [kWh]	9547	5096
Gesamterzeugung [kWh]	15911	9132

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

3.3 Extrahierung quantitativer Indikatoren aus Sondierungsberichten

Neben der Berechnung der qualitativen Indikatoren werden aus den Sondierungsberichten der Energiegemeinschaften für das Programm „Energiegemeinschaften 2021“ quantitative Indikatoren extrahiert. Das Programm dient zur Förderung von Energiegemeinschaften mit innovativem Charakter, um als Muster bzw. Inspiration für zukünftige Energiegemeinschaften zu dienen.
Es wird in drei Stufen gegliedert, die sich durch folgende Punkte beschreiben lassen:

- Stufe 1 = Pionierphase:
  Energiegemeinschaften der ersten Stufe, konnten im Herbst 2021 eingereicht werden. Dabei handelt es sich um die ersten umsetzbaren Energiegemeinschaften Österreichs, welche mit dem höchsten Beitrag der drei Stufen gefördert wurden.
- Stufe 2 = Sondierungsphase:
  In der Sondierungsphase konnten Energiegemeinschaften, die sich noch stark in der Planungsphase befanden, eingereicht werden. Diese wurden vom KLIEN mit dem geringsten Betrag gefördert.
- Stufe 3 = Integrationsphase:
  Die letzte Einreichphase des Programms, die Integrationsphase, diente zur Förderung von Energiegemeinschaften mit einem bereits hohen Konkretisierungsgrad, jedoch späterer Inbetriebnahme [87] [88].

Die Sondierungsberichte aller drei Stufen wurden auf eine Reihe von quantitativen Indikatoren untersucht. Da die Berichte der Stufe 2 viele Unvollständigkeiten aufweisen und jene der Stufe 3, aufgrund des frühen Stadiums der Projekte, Prognosedaten enthalten, werden die herausgefilterten Indikatoren aus den Berichten der Stufe 1 herangezogen.
Die Ergebnisse werden in Kapitel 4.3 dargestellt.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

4 Ergebnisse

In diesem Kapitel werden zunächst die Ergebnisse aller qualitativen Indikatoren der in Kapitel 3.2 vorgestellten Energiegemeinschaften A, B, C und D präsentiert. Im Anschluss werden diese gegenübergestellt und interpretiert. Im letzten Abschnitt dieses Kapitels werden die aus den Sondierungsberichten extrahierten Daten dargestellt.

4.1 Qualitative Indikatoren

4.1.1 Energiegemeinschaft A

Autarkiegrad

Für den Autarkiegrad der regionalen EEG im August und Dezember ergeben sich mit Gleichung (1) und Tabelle 6 die Werte in folgender Tabelle.

Tabelle 13: Autarkiegrade der EG A in den Betrachtungszeiträumen

Autarkiegrad	Wert [%]
$\alpha_{A,Aug}$	18
$\alpha_{A,Dez}$	2
$\bar{\alpha}_A$	11

Wird der Autarkiegrad der Energiegemeinschaft unter Berücksichtigung des österreichischen Wetters [70] und der Sonneinstrahlung in Österreich [69] für das ganze Jahr abgeschätzt, ergibt sich der Wert $\bar{\alpha}_A$. Die Erläuterung der Vorgehensweise wurde bereits am Ende des Kapitels 3.1.4 beschrieben.

Eigennutzungsgrad

Der Eigennutzungsgrad der Energiegemeinschaft A wird mit Gleichung (2) berechnet und jener eines einzelnen Teilnehmers mit Gleichung (3). Die Ergebnisse für die gesamte Energiegemeinschaft im August und Dezember sowie der geschätzte Jahreswert sind in folgender Tabelle zusammengefasst.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Tabelle 14: Eigennutzungsgrade der EG A in den Betrachtungszeiträumen

Eigennutzungsgrad	Wert [%]
$\varepsilon_{A,Aug}$	56
$\varepsilon_{A,Dez}$	95
$\bar{\varepsilon}_A$	60

Die Erzeugung wird hier, und in allen folgenden Beispielen nach demselben Prinzip wie die Eigendeckung ermittelt. Im Anhang in Tabelle 40 sind die Eigennutzungsgrade aller Teilnehmer, für beide Betrachtungszeiträume, zu finden.

Eingesparte kWh pro Teilnehmer

Die Anzahl der kWh, die aufgrund der Teilnahme and der Energiegemeinschaft, nicht vom Netz bezogen werden musste und so, je Teilnehmer eingespart werden konnte wird in Abbildung 9 für den warmen Monat und für den kalten Monat in Abbildung 10 dargestellt.
Abbildung 11 stellt die gesamte eingesparte Energie der Gemeinschaft im Vergleich zum Gesamtverbrauch für die Monate August und Dezember grafisch dar.

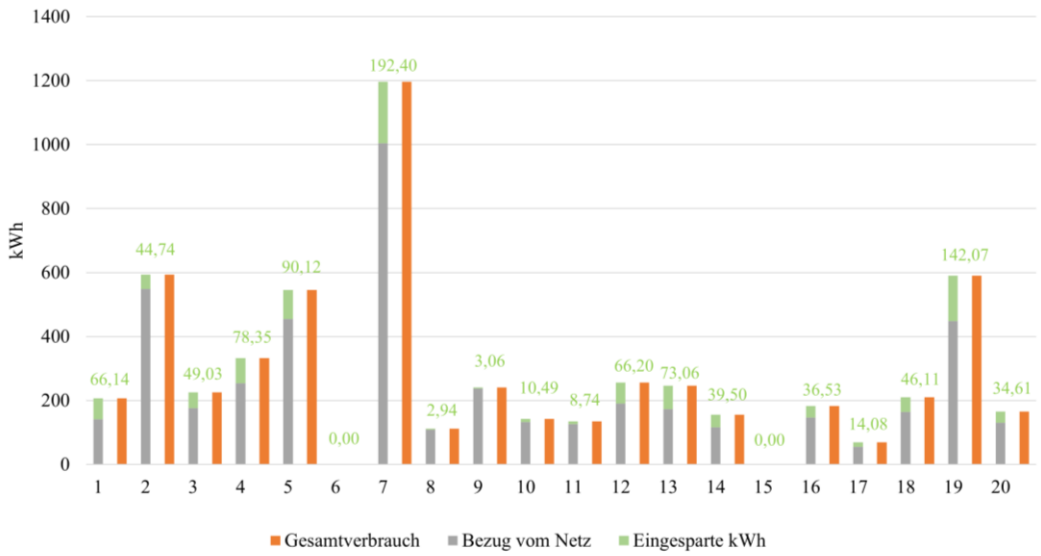

Abbildung 9: Gegenüberstellung der Zusammensetzung des Gesamtverbrauches der Mitglieder bei Teilnahme an der Energiegemeinschaft (grün-grauer Balken) und ohne Teilnahme an der Energiegemeinschaft (oranger Balken) im August

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

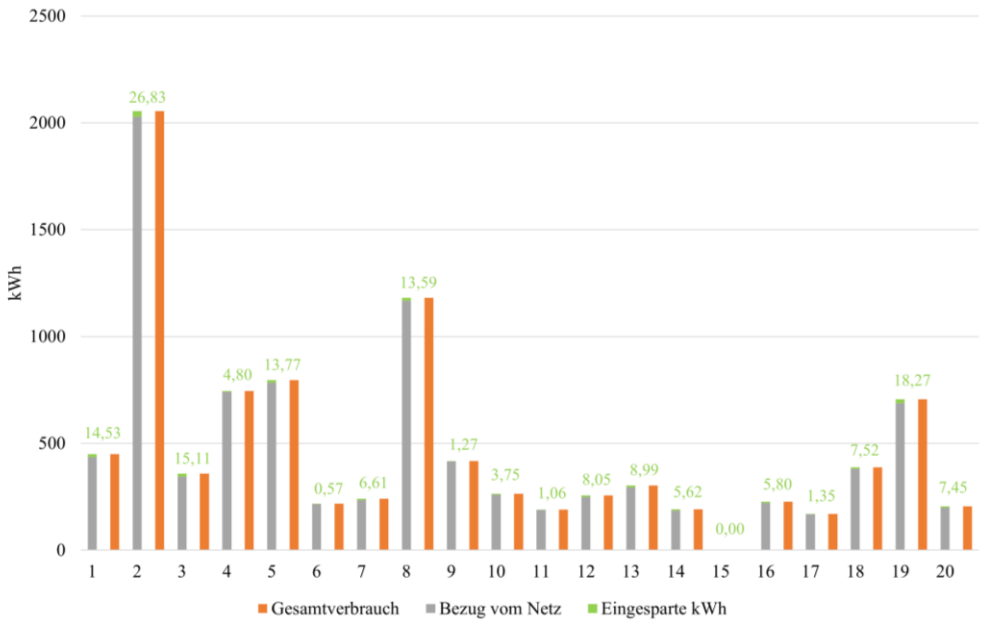

Abbildung 10:Gegenüberstellung der Zusammensetzung des Gesamtverbrauches der Mitglieder bei Teilnahme an der Energiegemeinschaft (grün-grauer Balken) und ohne Teilnahme an der Energiegemeinschaft (oranger Balken) im Dezember

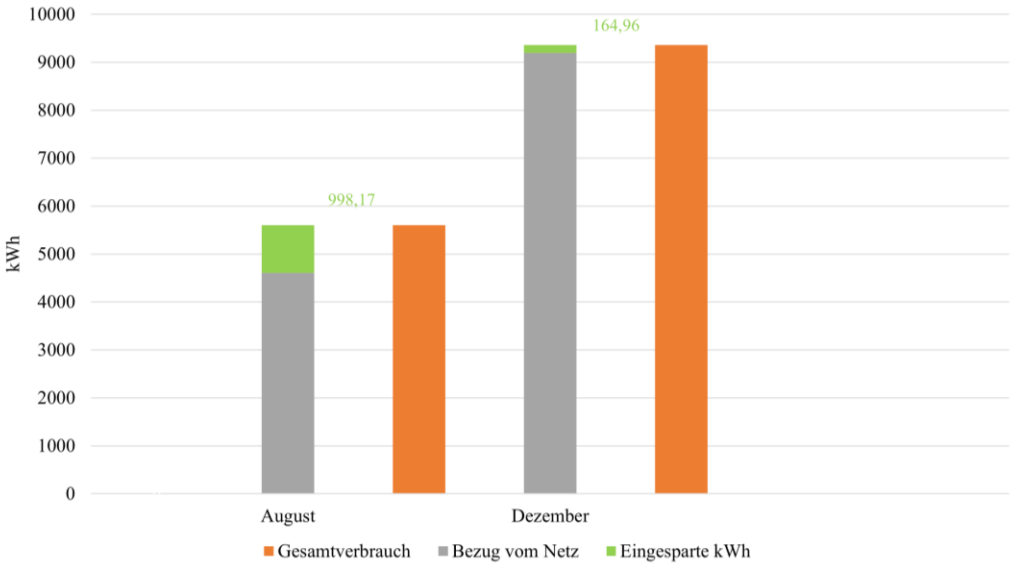

Abbildung 11: Eingesparte kWh der Energiegemeinschaft A im August und Dezember

Damit kann im Schnitt von einem Teilnehmer der Energiegemeinschaft jährlich etwa 420 kWh an Energie eingespart werden.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Eingesparte Kosten pro Teilnehmer

Mit den Gleichungen (15) und (16) werden die eingesparten Kosten pro Teilnehmer für die beiden Betrachtungsmonate berechnet. Für den Prosumer mit dem Erzeugerzählpunkt wurde der Verbraucherzählpunkt 4 angenommen.
Da es sich bei der Erzeugungstechnologie um PV handelt wird für den Einspeisetarif s_{PV} 19,84 Cent pro kWh eingesetzt. Die Ergebnisse sind im Anhang in Tabelle 41 zu finden.

Der Anlagenbesitzer mit der Zählpunktnummer 4 hat im sonnigen August 259 Euro durch die Einspeisung seines Überschusses ins Netz eingespart. Für den einzelnen Prosumer handelt es sich um ein hohes Ersparnis. Im Dezember hingegen, kommt es, unter Berücksichtigung der diversen Investitionen, wie die einmaligen Investitionskosten für die Anlage, den Wartungskosten und Förderungen, zu einem Verlust von 113 Euro. Der negative Wert liegt zu einem großen Teil an der geringen Erzeugung bzw. der geringen Eigendeckung in diesem Monat.
Die restlichen Teilnehmer, welche Energie lediglich konsumieren, konnten in beiden Monaten nur geringe Beträge einsparen.
Der Prosumer spart, geschätzt unter Berücksichtigung des Wetters über alle 12 Monate in Österreich, etwa jährlich 1704 Euro ein. Die restlichen Teilnehmer sparen damit im Schnitt 37 Euro im Jahr.

Eingesparte Emissionen pro Teilnehmer

Die Eigendeckung der Teilnehmer, eingesetzt in Gleichung (17), unter Anwendung des durchschnittlichen österreichischen Emissionsfaktors, ergibt die eingesparten Emissionen pro Teilnehmer in den Monaten August und Dezember, in Tabelle 42 im Anhang.

Somit wurde von der gesamten Energiegemeinschaft durch die Nutzung ihrer erneuerbaren Energie im August 176 kg und im Dezember 29 kg weniger CO_2 verursacht. Der viel geringere Wert im Winter, liegt natürlich daran, dass zu dieser Jahreszeit viel weniger Sonnenenergie erzeugt werden kann. Dadurch sinkt auch die theoretisch zugewiesene Energie pro Teilnehmer, was eine geringere Eigendeckung mit sich bringt. Von der Energiegemeinschaft lassen sich schätzungsweise durchschnittlich 123 kg CO_2 pro Monat einsparen. Rechnet man die Werte auf das ganze Jahr hoch, werden von den Teilnehmern gemeinsam jährlich durchschnittlich 1476 kg CO_2 gespart. Pro Teilnehmer wird durchschnittlich etwa 74 kg CO_2 pro Jahr eingespart.

Eigenversorgungsgrad

Folgende Tabelle enthält die Werte der Eigenversorgungsgrade über die betrachteten Monate und den zugehörigen Schätzwert über ein Jahr.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Tabelle 15: Eigennutzungsgrade der EG A in den Betrachtungszeiträumen

Eigenversorgungsgrad	Wert [%]
$\gamma_{A,Aug}$	30
$\gamma_{A,Dez}$	2
$\bar{\gamma}_A$	18

Die Werte des Eigenversorgungsgrades der einzelnen Teilnehmer, sind in Tabelle 43 im Anhang zu finden.
Die Differenz zwischen dem Sommer und Winterwert zeigt, dass im August die Selbstversorgung durch die Gemeinschaftsenergie wesentlich höher als im Winter ist. Im Vergleich zum Eigennutzungsgrad für die Gemeinschaft A, lässt sich sagen, dass die Gemeinschaft bei weniger Erzeugung, also weniger bereitgestellter Energie zur Nutzung für die Gemeinschaft, die sich durch den Eigenversorgungsgrad zeigt, eine erhöhte lokale Nutzung dieser Energie, ergibt, welche sich durch den Eigennutzungsgrad zeigt.
Die Werte der einzelnen Teilnehmer, werden mit einer Basis pro Teilnehmer berechnet, anders als der Eigennutzungsgrad, der als Basis einen Gemeinschaftswert enthält. Daher wird durch den berechneten Indikator pro Teilnehmer in Tabelle 43 gezeigt, welcher Anteil des Gesamtverbrauches des Teilnehmers, diesem von der erzeugten Energie zur Verfügung gestellt wird. Bei den Zählpunktnummern 6 und 15 konnten im August keine Werte berechnet werden, da kein Gesamtverbrauch bestand.

Ausnutzungsgrad der produzierbaren Energie

Der Ausnutzungsgrad der Anlage bzw. des Erzeugers der Energiegemeinschaft A wurde laut Gleichung (20), mit den Werten aus Tabelle 5 und Tabelle 6, berechnet. Um die Gesamterzeugung des ganzen Jahres abzuschätzen, wurde ähnlich wie bei der Schätzung der durchschnittlich eingesparten Kosten vorgegangen. Es wurde das Wetter in Österreich über das ganze Jahr berücksichtigt [70]. Damit ergibt sich ein Indikator von $\bar{\eta}_A = 50\%$, was bedeutet, dass die Anlage etwa 50% der theoretisch möglichen Erzeugung innerhalb eines Jahres erbringt. Mögliche Gründe dafür könnten das Alter bzw. die Qualität der Module, Verschmutzung oder andere Faktoren sein.

Zusätzliche kWh pro Teilnehmer

Wie viel zusätzlich leistbare Energie beim Energielieferanten sich für jeden Teilnehmer der Gemeinschaft A, durch die Einsparung aufgrund der Nutzung der Gemeinschaftsenergie ergeben würde, ist in Tabelle 44 im Anhang angeführt.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Beim Erzeuger mit der Zählpunktnummer 4 ergibt die Rechnung, dass er im Winter 303 kWh weniger Energie zur Verfügung hätte. Durch das große Plus in den Sommermonaten, gleicht sich der Indikator jedoch auf das ganze Jahr aus und ergibt im Durchschnitt für den Erzeuger einen Wert von 4615 kWh und für einen Verbraucher 102 kWh.

4.1.2 Energiegemeinschaft B

Autarkiegrad

Der Autarkiegrad der Energiegemeinschaft B wird durch Einsetzen der erforderlichen Werte aus Tabelle 8 in Gleichung (1). Für die Monate August und Oktober wurden die Ergebnisse aus folgender Tabelle ermittelt.

Tabelle 16: Autarkiegrade der EG B in den Betrachtungszeiträumen

Autarkiegrad	Wert [%]
$\alpha_{B,Aug}$	57
$\alpha_{B,Okt}$	10
$\bar{\alpha}_B$	32

Der Schätzungswert für den Autarkiegrad über das ganze Jahr wird wie bei Beispiel A, unter Berücksichtigung der Wetter- und Einstrahlungsbedingungen ermittelt. Da in diesem Fall keine genauen Werte über die Wintermonate bestehen, wird als Schätzwert für diese, der Oktoberwert der Eigendeckung halbiert bzw. jener des Gesamtverbrauches um 1000kWh (Differenz des Gesamtverbrauches der Energiegemeinschaft zwischen Herbst und Winter) erhöht.

Eigennutzungsgrad

Der Eigennutzungsgrad der gesamten Energiegemeinschaft B für beide Monate wurde laut Gleichung (2) berechnet. Die Ergebnisse, inklusive Jahreswert liefert folgende Tabelle.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Tabelle 17: Eigennutzungsgrade der EG B in den Betrachtungszeiträumen

Eigennutzungsgrad	Wert [%]
$\varepsilon_{B,Aug}$	66
$\varepsilon_{B,Okt}$	56
$\bar{\varepsilon}_B$	66

Für $\bar{\varepsilon}_B$ wird die Eigendeckung auf dieselbe Weise angenommen wie beim Autarkiegrad. Die Erzeugung im Dezember, wird mit der Hälfte jener des Oktobers berechnet. Die Eigennutzungsgrade der einzelnen Teilnehmer, welche mit Gleichung (3) berechnet wurden, sind in Tabelle 45 im Anhang aufgelistet.

Eingesparte kWh pro Teilnehmer

Abbildung 12 und Abbildung 13 stellen die eingesparten kWh pro Teilnehmer, im Vergleich zum Energiebezug, ohne die Teilnahme an der Energiegemeinschaft für den warmen und kälteren Monat dar. Die von der gesamten Energiegemeinschaft eingesparte Energie in den beiden Monaten, wird in Abbildung 14 gegenübergestellt.

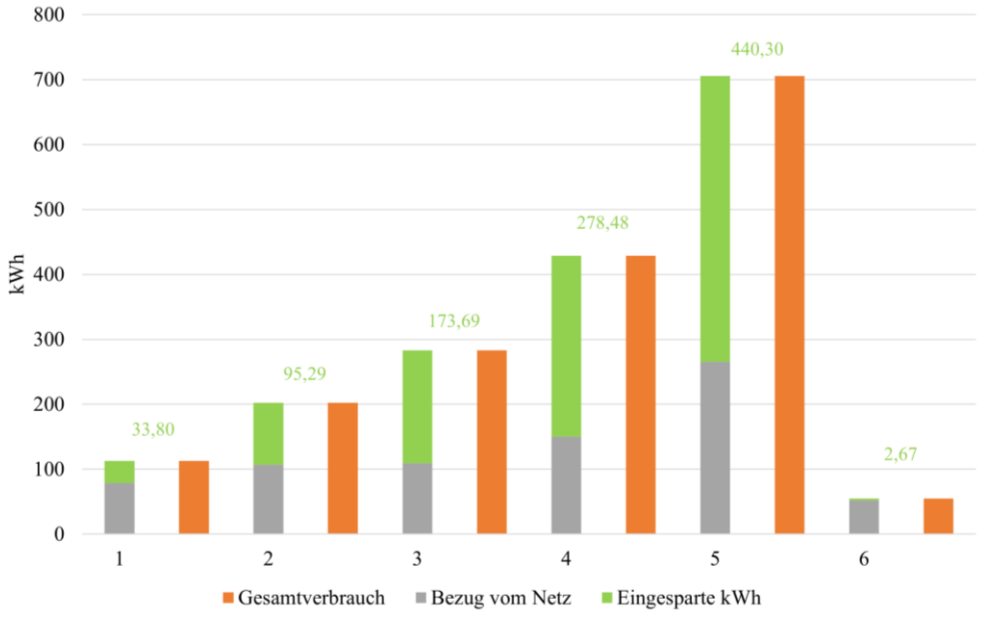

Abbildung 12: Gegenüberstellung der Zusammensetzung des Gesamtverbrauches der Mitglieder bei Teilnahme an der Energiegemeinschaft (grün-grauer Balken) und ohne Teilnahme an der Energiegemeinschaft (oranger Balken) im August

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

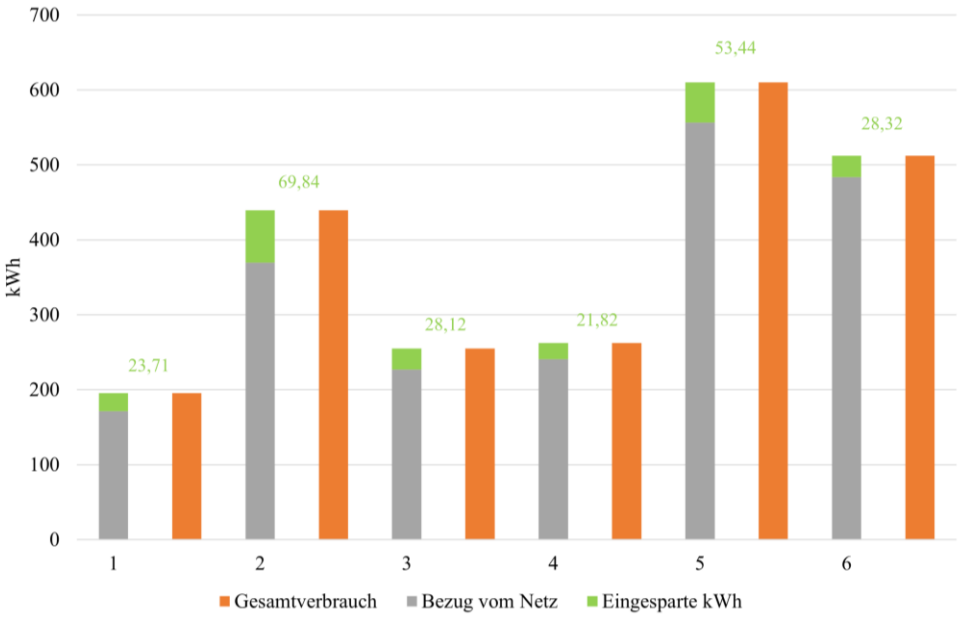

Abbildung 13: Gegenüberstellung der Zusammensetzung des Gesamtverbrauches der Mitglieder bei Teilnahme an der Energiegemeinschaft (grün-grauer Balken) und ohne Teilnahme an der Energiegemeinschaft (oranger Balken) im Oktober

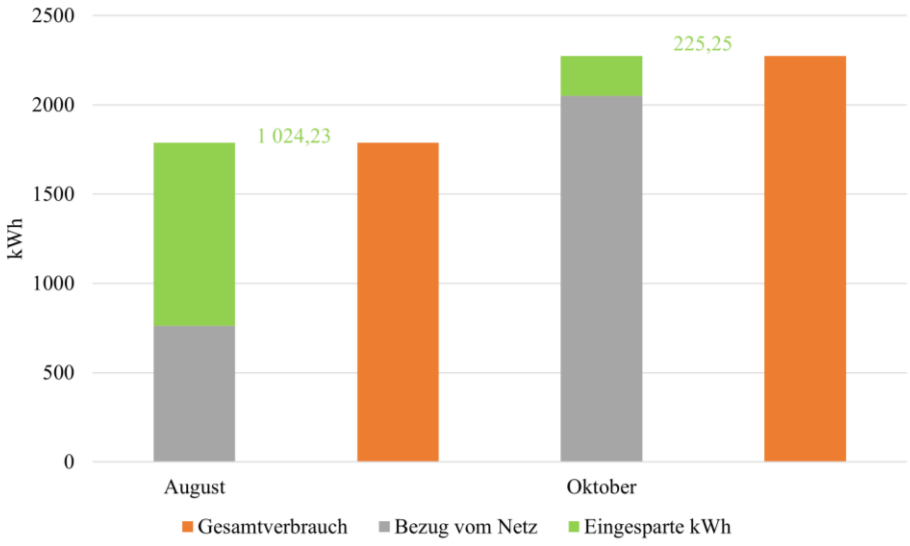

Abbildung 14: Eingesparte kWh der Energiegemeinschaft B im August und Oktober

Ein Teilnehmer spart im Jahr damit etwa 1407 kWh ein.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Eingesparte Kosten pro Teilnehmer

Welche finanziellen Beträge die Teilnehmer in den Betrachtungsmonaten einsparen konnten, wird durch Anwenden der Gleichungen (15) und (16) mit den Werten aus Tabelle 30 bzw. Tabelle 31 und Tabelle 32 bzw. Tabelle 33 berechnet. Dabei wurde davon ausgegangen, dass der Teilnehmer, der die Gemeinschaft mit seiner PV-Energie versorgt, die Verbraucherzählpunktnummer 5 besitzt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 46 im Anhang zu sehen.

Logischerweise spart der Prosumer mit der Zählpunktnummer 5, hier im Sommer, am meisten. Dadurch, dass die Einsparung proportional zur Eigendeckung der Teilnehmer ist, und die Eigendeckung aus der gemeinschaftlichen Energie durch die Nutzung des Speichers verhältnismäßig höher ist als bei Energiegemeinschaft A, sind auch die gesparten Kosten der Teilnehmer 1 bis 4 prozentuell höher als bei Energiegemeinschaft A. Im Herbst gibt es auch hier, aufgrund der Kosten, betreffend der Anlage, keine Einsparung für den Erzeuger, sondern sogar anfallende Kosten.
Der Erzeuger kann mit einer durchschnittlichen Ersparnis von 2045 Euro jährlich rechnen. In diesem Beispiel wird von Mitgliedern, die lediglich Konsumenten sind ungefähr 90 Euro im Jahr eingespart.

Trotz der geringeren Anlagenleistung und den zusätzlichen Investitions- und Wartungskosten des Speichers, wird als Erzeuger in dieser Gemeinschaft mehr eingespart als in Gemeinschaft A. Als regulärer Verbraucher jedoch, kann mehr eingespart werden, da die Eigendeckung der Teilnehmer im Sommer größer ist und daher mehr Energie aus der Gemeinschaft konsumiert werden kann.

Eingesparte Emissionen pro Teilnehmer

Tabelle 47 im Anhang, enthält die Ergebnisse der Berechnung der eingesparten Emissionen pro Teilnehmer für die Monate August und Oktober, welche mit Gleichung (17) sowie Tabelle 30 und Tabelle 32 durchgeführt wurde.

Die Summe der August-Spalte sagt aus, dass in diesem Monat 167 kg CO_2 von der Gemeinschaft eingespart wurde. Im Oktober waren es wegen der geringeren Gesamteigendeckung 26 kg CO_2. Einerseits sind hier die beiden Werte jeweils geringer als bei Energiegemeinschaft A, andererseits ist die Differenz der Werte der beiden Monate größer als jene der Gemeinschaft A. Im Winter wird also anteilsmäßig mit einem Speicher weniger CO_2 eingespart, da die Herstellung des Speichers einen starken Einfluss auf die Gesamtemissionsentwicklung hat.
Durchschnittlich spart die gesamte Energiegemeinschaft 113 kg CO_2 pro Monat bzw. 1356 kg CO_2 pro Jahr ein. Von einem einzelnen Teilnehmer werden im Durchschnitt jährlich 226 kg CO_2 als Energiegemeinschaftsmitglied eingespart.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Eigenversorgungsgrad

Der Eigenversorgungsgrad der Energiegemeinschaft B für die Monate August und Oktober ist, zusammen mit dem Jahreseigenversorgungsgrad Tabelle 18 zu entnehmen. Die Eigendeckung wurde etwa mit der halben Eigendeckung des Oktobers angenommen und für den Gesamtverbrauch im Winter werden 1000kWh hinzugerechnet.

Tabelle 18: Eigennutzungsgrade der EG B in den Betrachtungszeiträumen

Eigennutzungsgrad	Wert [%]
$\gamma_{B,Aug}$	87
$\gamma_{B\ Okt}$	18
$\bar{\gamma}_B$	49

Der Indikator jedes Teilnehmers ist in Tabelle 48, im Anhang, angeführt und zeigt, dass den Teilnehmern 3 und 5 im August sogar mehr Energie zur Verfügung gestellt wird, als sie benötigen.

Ausnutzungsgrad der produzierbaren Energie

Der Indikator Ausnutzungsgrad der produzierbaren Energie wird für die Gemeinschaft B zu $\bar{\eta}_B = 63\%$ ermittelt. Dabei wurde der Wert für den Oktober halbiert, um den Ertrag im Winter zu schätzen.
Dass die Energiegemeinschaft einen Speicher verwendet, hat bei der Berechnung dieses Indikators keinen Einfluss. Er liegt jedoch deutlich über jenem, aus Beispiel A.

Zusätzliche kWh pro Teilnehmer

Der berechnete Indikator für die zusätzlich konsumierbaren kWh aufgrund der eingesparten Kosten für jeden Teilnehmer der Gemeinschaft B befindet sich in Tabelle 49 im Anhang.

Auch in dieser Energiegemeinschaft kann der Prosumer den negativen Wert des kalten Monats durch die große Menge an zusätzlichen kWh im Sommer ausgleichen. Mit den durchschnittlich eingesparten Kosten pro Teilnehmer ergeben sich die durchschnittlich jährlich zu erwartenden zusätzlichen kWh für den Erzeuger zu 5508 kWh und für einen Verbraucher zu 244 kWh.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

4.1.3 Energiegemeinschaft C

Autarkiegrad

Der Indikator Autarkiegrad der dritten Energiegemeinschaft, wurde wieder mit Hilfe von Gleichung (1) und den Messwerten der gesamten Gemeinschaft aus Tabelle 10 berechnet. Die beiden Monatswerte samt Jahresautarkiegrad sind Tabelle 19 zu entnehmen.

Tabelle 19: Autarkiegrade der EG C in den Betrachtungszeiträumen

Autarkiegrad	Wert [%]
$\alpha_{C,Aug}$	99
$\alpha_{C,Dez}$	96
$\bar{\alpha}_C$	97

Hierbei wurde jedoch nur das durchschnittliche Wetter beachtet, da es sich um eine EG handelt, die ein Wasserkraftwerk zur Erzeugung verwendet und dieses kaum von der Sonneneinstrahlung abhängt.
Es handelt sich um eine fast vollständig autarke Energiegemeinschaft, die minimal auf eine Energielieferung von außen angewiesen ist.

Eigennutzungsgrad

Die Anwendung der Gleichungen (2) und (3) auf die Werte in Tabelle 10 liefert die Ergebnisse für den Eigennutzungsgrad der Energiegemeinschaft im August und Dezember mit dem Jahreswert in Tabelle 20 gegeben. Die Indikatoren für jeden einzelnen Teilnehmer finden sich in Tabelle 50.

Tabelle 20: Eigennutzungsgrade der EG C in den Betrachtungszeiträumen

Eigennutzungsgrad	Wert [%]
$\varepsilon_{C,Aug}$	9
$\varepsilon_{C,Dez}$	7
$\bar{\varepsilon}_C$	8

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Eingesparte kWh pro Teilnehmer

Der Vergleich Zusammensetzung der verbrauchten Gesamtenergie, bei Teilnahme an der Energiegemeinschaft im Gegensatz zum vollständigen Bezug vom Energielieferanten, wird in Abbildung 15 für den August und in Abbildung 16 für Dezember für jeden einzelnen Teilnehmer dargestellt.

Die, fast vollständige, Autarkie im August ist deutlich zu erkennen. Lediglich bei Teilnehmer 3 lässt sich mit dem bloßen Auge noch ein Bezug der Energie vom Lieferanten erkennen. Bei den anderen aktiven Teilnehmern ist der Anteil so gering, dass er in der dargestellten Größenordnung nicht zu erkennen ist.

Abbildung 17 stellt wieder den Vergleich zwischen den beiden Monaten für die gesamte Energiegemeinschaft dar. Auch hier ist klar erkennbar, dass die Energiegemeinschaft fast vollständig, unabhängig von der Jahreszeit, mit ihrer eigenen Energie versorgt werden kann.

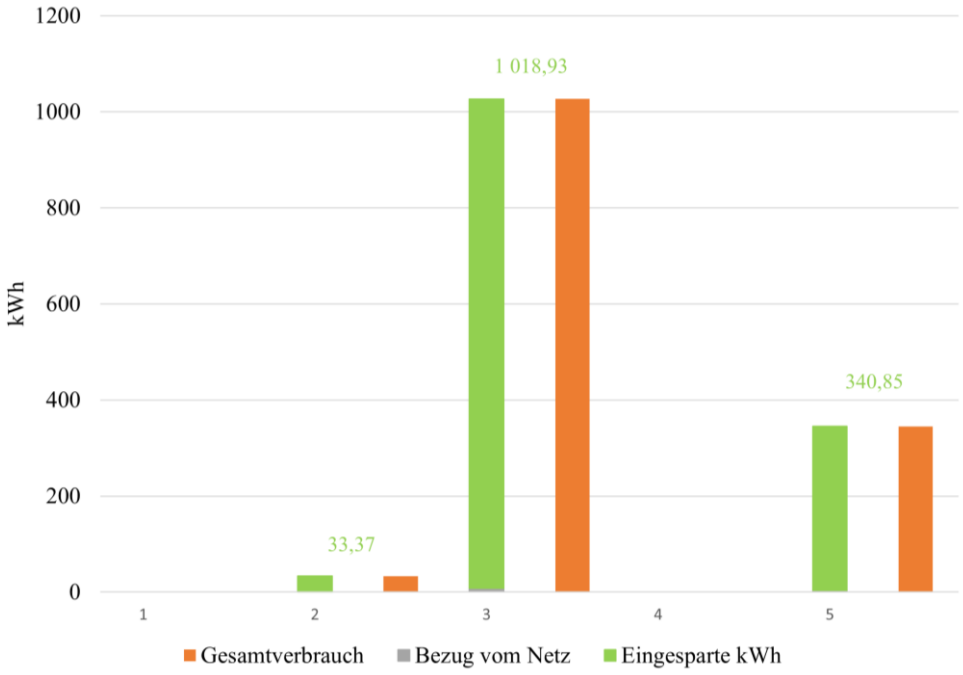

Abbildung 15: Gegenüberstellung der Zusammensetzung des Gesamtverbrauches der Mitglieder bei Teilnahme an der Energiegemeinschaft (grün-grauer Balken) und ohne Teilnahme an der Energiegemeinschaft (oranger Balken) im August

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

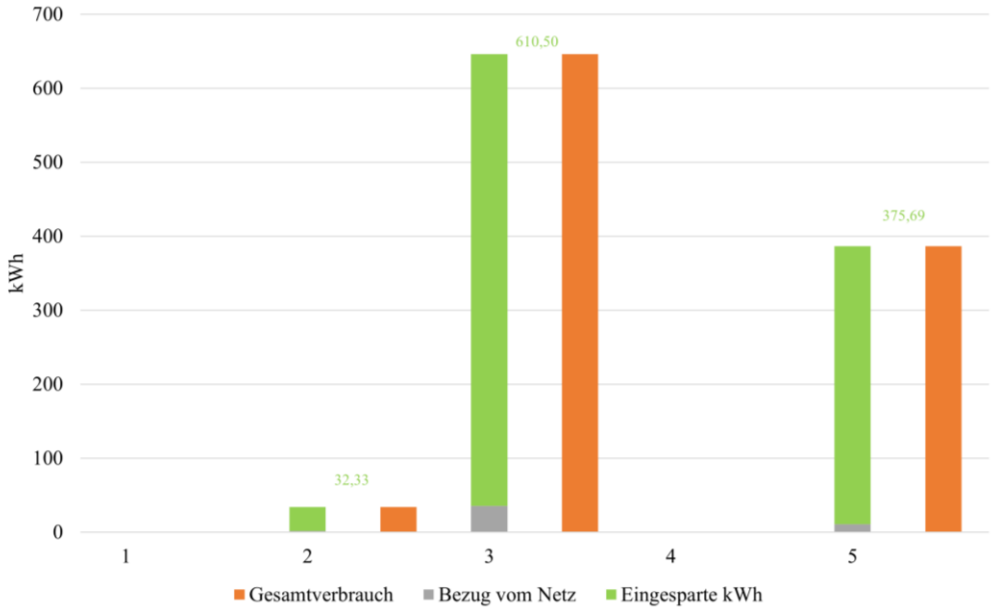

Abbildung 16: Gegenüberstellung der Zusammensetzung des Gesamtverbrauches der Mitglieder bei Teilnahme an der Energiegemeinschaft (grün-grauer Balken) und ohne Teilnahme an der Energiegemeinschaft (oranger Balken) im Dezember

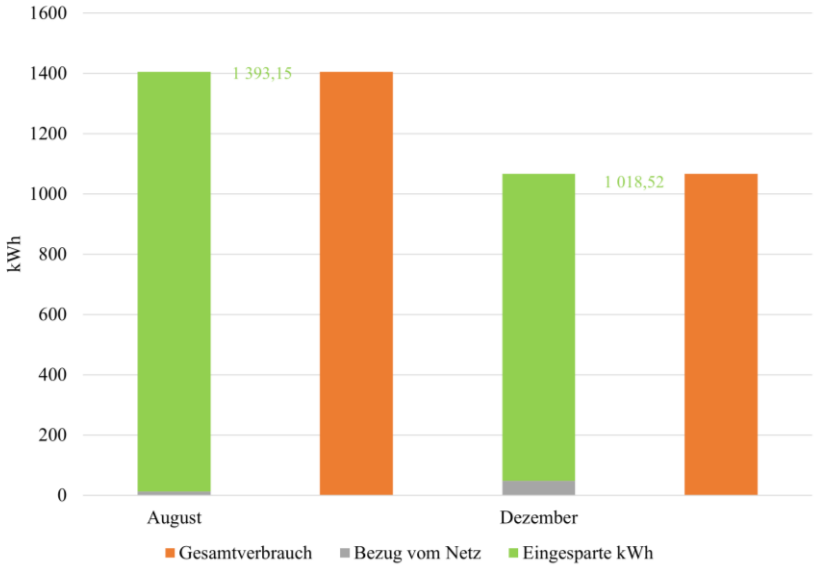

Abbildung 17: Eingesparte kWh der Energiegemeinschaft C im August und Dezember

Damit beträgt der Indikator eines Teilnehmers im Jahr 2815 kWh.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Eingesparte Kosten pro Teilnehmer

Zur Berechnung der eingesparten Emissionen wird davon ausgegangen, dass der Anlagenbetreiber die Verbraucherzählpunktnummer 3 hat, welche die größte verbrauchte Energie anzeigt.
Der Indikator wird mit den Gleichungen (15) und (16) und der Messwerte der Eigendeckung aller Teilnehmer sowie der Überschusserzeugung des Anlagenbetreibers den Sommer- und Wintermonat mit einem Einspeisetarif von 22,16 Cent pro kWh berechnet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 51 im Anhang angeführt.

Die Einsparung für einen Kleinwasserkraftwerksbetreiber ist aufgrund der sehr hohen Überschussleistung, offensichtlich sehr hoch. Die Ersparnisse der restlichen Mitglieder liegen in beiden Monaten ungefähr im selben Bereich.
Im Schnitt kann der Prosumer der Energiegemeinschaft C etwa 20493 Euro im Jahr einsparen. Die restlichen Teilnehmer können, aufgrund der sehr hohen Eigendeckung mit der günstigeren Gemeinschaftsenergie, mit einer Ersparnis 163 Euro im Jahr rechnen.

Eingesparte Emissionen pro Teilnehmer

Für die eingesparten Emissionen der Teilnehmer wird Gleichung (17) herangezogen. Die Eigendeckungen der Teilnehmer aus den Tabelle 34 und Tabelle 36 eingesetzt, mit dem durchschnittlichen Emissionsfaktor ρ_{EL} und jenem für den Bau des Wasserkraftwerks ρ_{Wasser}, ergibt die Ergebnisse für den Indikator in Tabelle 52, welche sich im Anhang befindet.

Die gesamte Energiegemeinschaft C hat im August 301 kg weniger CO_2 produziert. Im Dezember konnten insgesamt 220 kg CO_2 eingespart werden. Da sich die Eigendeckung nur wenig in den beiden Monaten unterscheidet, ist auch ein ähnlicher Indikator je Teilnehmer zu erwarten.
Im Schnitt können von der Energiegemeinschaft 254 kg CO_2 im Monat und 3048 kg CO_2 im Jahr eingespart werden. Ein einzelner Teilnehmer trägt durchschnittlich mit einer CO_2-Einsparung von 609 kg CO_2 im Jahr bei.

Eigenversorgungsgrad

Der Eigenversorgungsgrad der gesamten Energiegemeinschaft für zwei Monate und jener über das ganze Jahr wird laut folgender Tabelle berechnet.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Tabelle 21: Eigenversorgungsgrade der EG C in den Betrachtungszeiträumen

Eigenversorgungsgrad	Wert [%]
$\gamma_{C,Aug}$	866
$\gamma_{C,Dez}$	836
$\bar{\gamma}_C$	972

In Tabelle 53 im Anhang sind die Werte der Indikatoren für die einzelnen Teilnehmer der Energiegemeinschaft zu finden.
Die sehr hohen Einzelwerte, spiegeln die im Vergleich zum Energiebedarf hohe Erzeugung. Daraus resultiert ein hoher Überschuss, welcher zu einem hohen Eigenversorgungsgrad, sowohl für die gesamte EG als auch für die einzelnen Teilnehmer.

Ausnutzungsgrad der produzierten Energie

Das Kleinwasserkraftwerk der Energiegemeinschaft C hat in den betrachteten Monaten einen Ausnutzungsgrad von $\bar{\eta}_C = 57\%$.
Der Wert liegt im europäischen Mittel der Ausnutzungsgrade von Wasserkraftwerken [89] und hängt vom Zustand der technischen Komponenten der Anlage und den Eigenschaften des Wassers selbst ab.

Zusätzliche kWh pro Teilnehmer

Der letzte berechnete Indikator, die zusätzlichen kWh, die durch die Teilnahme an der EG pro Mitglied gewonnen werden, sind in Tabelle 54 im Anhang zu finden.

Der Kleinwasserkraftwerksbetreiber mit der Zählpunktnummer 3 könnte durch seine Ersparnisse und den daraus leistbaren zusätzlichen kWh allein im August fast den gesamten Energiebedarf aller Teilnehmer aus der Energiegemeinschaft decken.
Jährlich kann der Erzeuger dieser Gemeinschaft mit zusätzlich möglichen 55200 kWh rechnen. Bei einem Verbraucher sind es etwa 438 kWh jährlich.

4.1.4 Energiegemeinschaft D

Autarkiegrad

Der Autarkiegrad der Energiegemeinschaft D im August und März ist mit dem Jahreswert des Indikators in folgender Tabelle angeführt.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Tabelle 22:Autarkiegrade der EG D in den Betrachtungszeiträumen

Autarkiegrad	Wert [%]
$\alpha_{D,Aug}$	60
$\alpha_{D,Mär}$	31
$\bar{\alpha}_D$	44

Es wird ähnlich wie bei EG B angenommen, dass die Eigendeckung im Winter 31% jener im März ist. Der Gesamtverbrauch des Monats März wird, wie in den vorherigen Beispielen, um 1000kWh erhöht, um den Wert für die drei Wintermonate darzustellen.

Eigennutzungsgrad

Der Eigennutzungsgrad der gesamten Energiegemeinschaft in den Monaten August und März inklusive des geschätzten Jahreseigennutzungsgrades ist in Tabelle 23 gegeben. Dabei wird davon ausgegangen, dass im Winter ungefähr 31% der Erzeugung bzw. Eigendeckung des Märzes erreicht wird. Tabelle 55, im Anhang, gibt die Eigenversorgungsgrade aller Teilnehmer im Monat März an.

Tabelle 23: Eigennutzungsgrade der EG A in den Betrachtungszeiträumen

Eigennutzungsgrad	Wert [%]
$\varepsilon_{D,Aug}$	40
$\varepsilon_{D,Mär}$	44
$\bar{\varepsilon}_D$	40

Eingesparte kWh pro Teilnehmer

Die grafische Darstellung der pro Teilnehmer eingesparten kWh im März ist mit Abbildung 18 gegeben. Eine geschätzte Gegenüberstellung zwischen warmer und kalter Jahreszeit der eingesparten kWh der gesamten Energiegemeinschaft ist in Abbildung 19 zu sehen.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

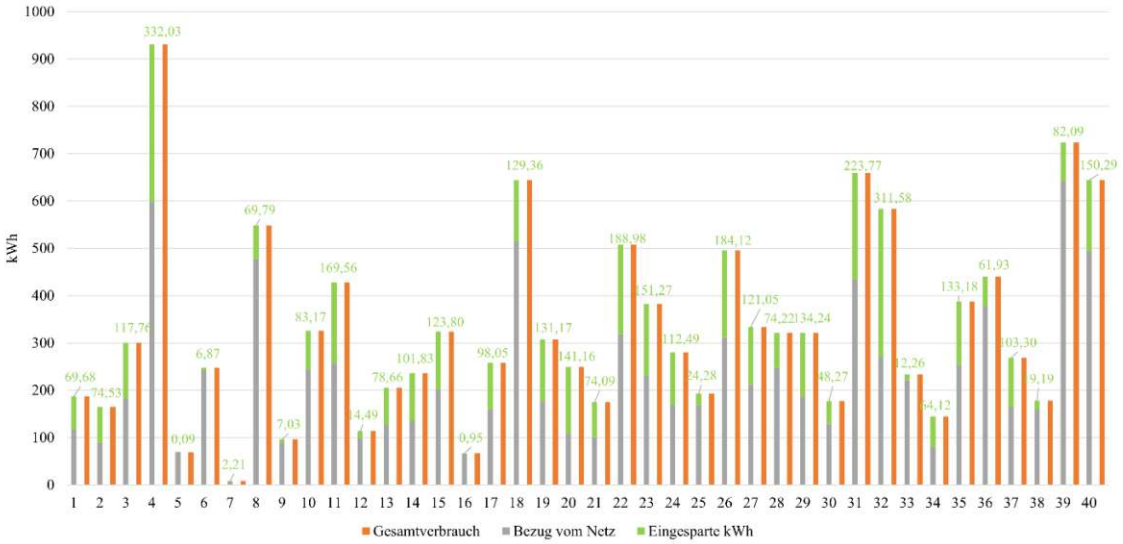

Abbildung 18: Gegenüberstellung der Zusammensetzung des Gesamtverbrauches der Mitglieder bei Teilnahme an der Energiegemeinschaft (grün-grauer Balken) und ohne Teilnahme an der Energiegemeinschaft (oranger Balken) im März

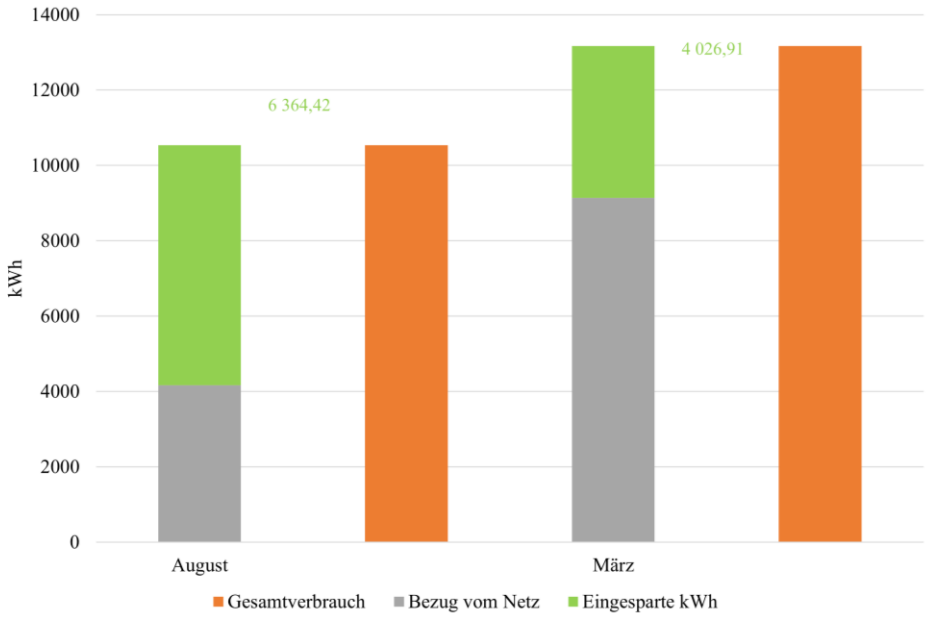

Abbildung 19: Eingesparte kWh der Energiegemeinschaft D im August und März

Unter diesen Bedingungen kann angenommen werden, dass ein Teilnehmer etwa 1352 kWh im Jahr einsparen kann.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Eigensparte Kosten pro Teilnehmer

Die Ergebnisse für den Monat März der eingesparten Kosten pro Teilnehmer, welche Prosumer sind, sind im Anhang in Tabelle 56 angegeben. Jene der einfachen Verbraucher befinden sich in Tabelle 57. Dabei wurden den Prosumern wieder zufällige Verbraucherzählpunkte zugewiesen. Außerdem wurde ein Förderbetrag f_{Anlage} von 140 Euro pro kWh eingesetzt, da es sich bei der Anlage um Kategorie D der PV-Förderung handelt und die Berechnung so gehandhabt wird, wie wenn eine gemeinsame Beschaffung der Anlage stattgefunden hätte und jeder Prosumer dieselben Anteile an Investitions- und Wartungskosten verrichten müsste. Der Vergleich zum Sommermonat kann für die einzelnen Teilnehmer aufgrund der nicht vorhandenen Daten nicht erfolgen.

Geht man davon aus, dass die Einsparung der Prosumer im Sommer um das 1,6-fache der eingesparten Kosten im März höher ist, kann ein Richtwert für die durchschnittlich jährlich eingesparten Kosten eines Prosumers mit 1285 Euro angegeben werden. Die Verbraucher können im nach dieser Annahme im Schnitt 140 Euro im Jahr einsparen.

Eingesparte Emissionen pro Teilnehmer

Wie viel Emissionen die Teilnehmer im März einsparen konnten, lässt sich aus Tabelle 58, welche sich im Anhang befindet, ablesen.

Die gesamte Energiegemeinschaft spart im März 709 kg CO_2 ein. Unter der Annahme, dass die Eigendeckung im Dezember, nach Tabelle 4, etwa 31% jener im März beträgt, kann die durchschnittliche Emissionseinsparung eines Teilnehmers der Energiegemeinschaft D zu 238 kg CO_2 berechnet werden.

Eigenversorgungsgrad

Für den Eigenversorgungsgrad der Energiegemeinschaft D im August und März und der zu erwartende Jahreswert ist in Tabelle 24 zu finden. Für den Anteil der gemeinschaftlichen Erzeugung, bzw. die gesamte gemeinschaftliche Erzeugung, im Winter wird angenommen, dass diese 31% jener im März beträgt. Zum Gesamtverbrauch der Gemeinschaft im Winter werden 2000kWh hinzuaddiert. Die Indikatoren pro Teilnehmer für den Monat März sind in Tabelle 46 im Anhang aufgelistet.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Tabelle 24: Eigenversorgungsgrade der EG D in den Betrachtungszeiträumen

Eigenversorgungsgrad	Wert [%]
$\gamma_{D,Aug}$	151
$\gamma_{D,Mär}$	69
$\bar{\gamma}_D$	109

Ausnutzungsgrad der produzierbaren Energie

Der Ausnutzungsgrad der produzierbaren Energie der PV-Anlage der EG D beträgt $\bar{\eta}_B = 71\%$.

Zusätzliche kWh pro Teilnehmer

Für die Teilnehmer der EG D kommen durch die eingesparten Kosten, die in Tabelle 60 im Anhang aufgelisteten zusätzlichen kWh im März zustande.

Die Prosumer mit den Zählpunktnummern 1 bis 18 können durch den Verkauf ihrer Energie an die Gemeinschaftsteilnehmer und durch das Einspeisen des Überschusses ins Netz deutlich mehr Kosten einsparen, was eine größere zusätzliche Energiemenge ermöglicht. Durchschnittlich kann ein Erzeuger der EG D im Jahr 3462 kWh zusätzlich durch seine Einsparungen kaufen. Bei einem Verbraucher sind es etwa 375 kWh.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

4.2 Gegenüberstellung A B C D

Um die Vor- und Nachteile der vier Energiegemeinschaften zu verdeutlichen, werden die durchschnittlichen Ergebnisse der gesamten Gemeinschaft über ein Jahr in Tabelle 25 gegenübergestellt.

Tabelle 25: Indikatoren der Energiegemeinschaften A, B, C und D pro Jahr

Indikator	A	B	C	D
$\bar{\alpha}_{EG}$ [%]	11	32	97	44
$\bar{\varepsilon}_{EG}$ [%]	60	66	8	40
$\overline{\Delta E}_{TN}$ [kWh]	420	1407	2815	1352
$\overline{\Delta K}_{E}$ [€]	171	2045	20493	1285
$\overline{\Delta K}_{V}$ [€]	37	90	163	140
$\overline{\Delta CO}_{2,TN}$ [kg CO_2]	74	226	609	238
$\bar{\gamma}_{EG}$[%]	18	49	972	109
$\bar{\eta}_{EG}$[%]	50	63	57	71
$\bar{E}_{Zus,E}$ [kWh]	4615	5508	55200	3462
$\bar{E}_{Zus,V}$ [kWh]	102	244	438	375

Zur Verdeutlichung der Ergebnisse aus Kapitel 4.1 und Tabelle 25 sind in den Abbildung 20 bis Abbildung 26 grafische Darstellungen der Gesamtmesswerte der Energiegemeinschaften über die Betrachtungszeiträume gegeben.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

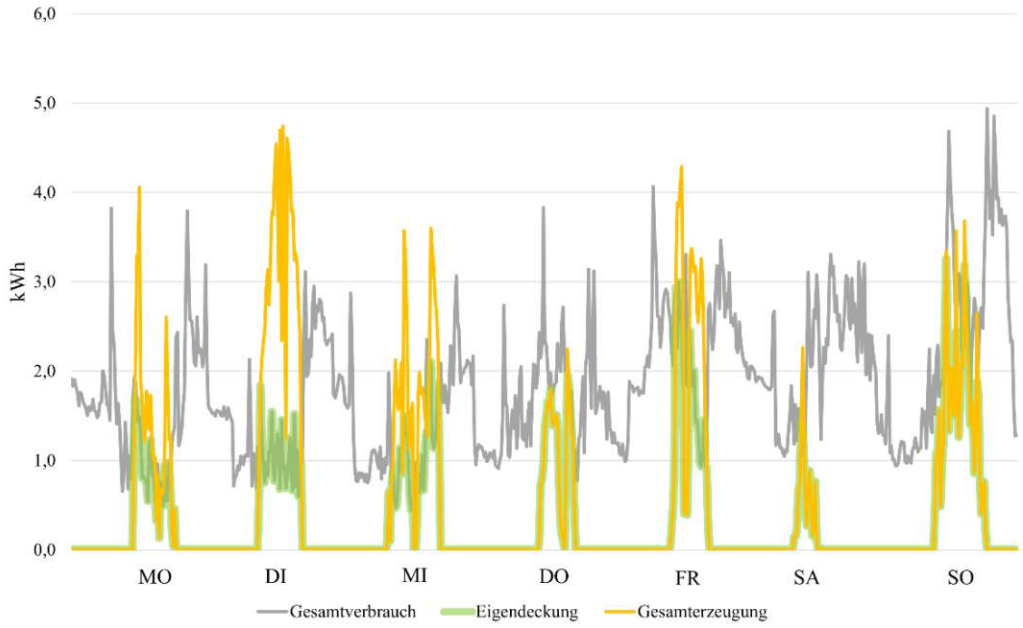

Abbildung 20: Messdaten der Energiegemeinschaft A von 01.08 bis 07.08

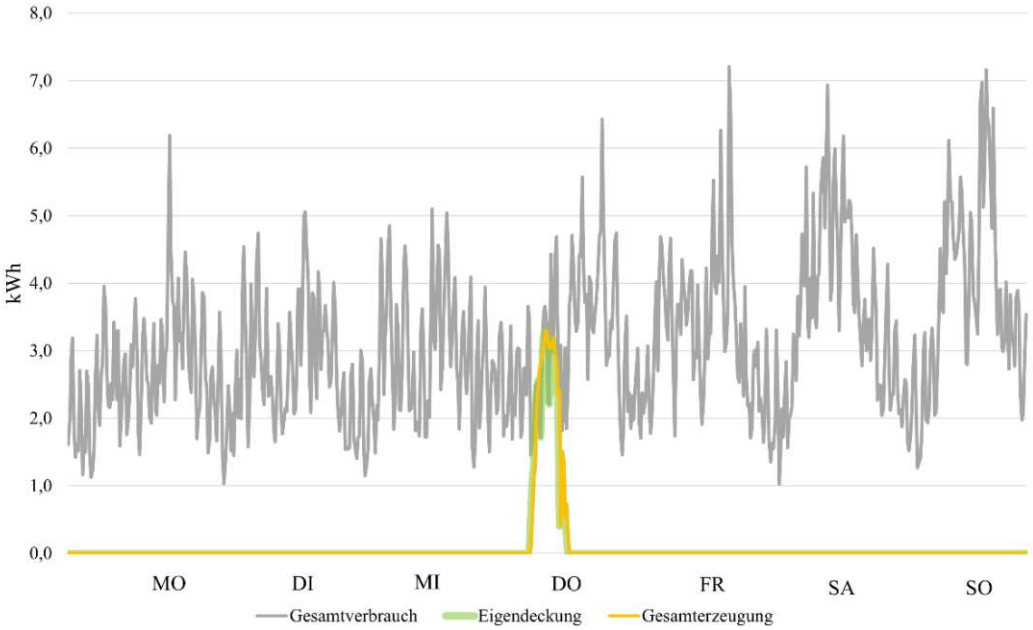

Abbildung 21: Messdaten der Energiegemeinschaft A von 05.12 bis 11.12

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

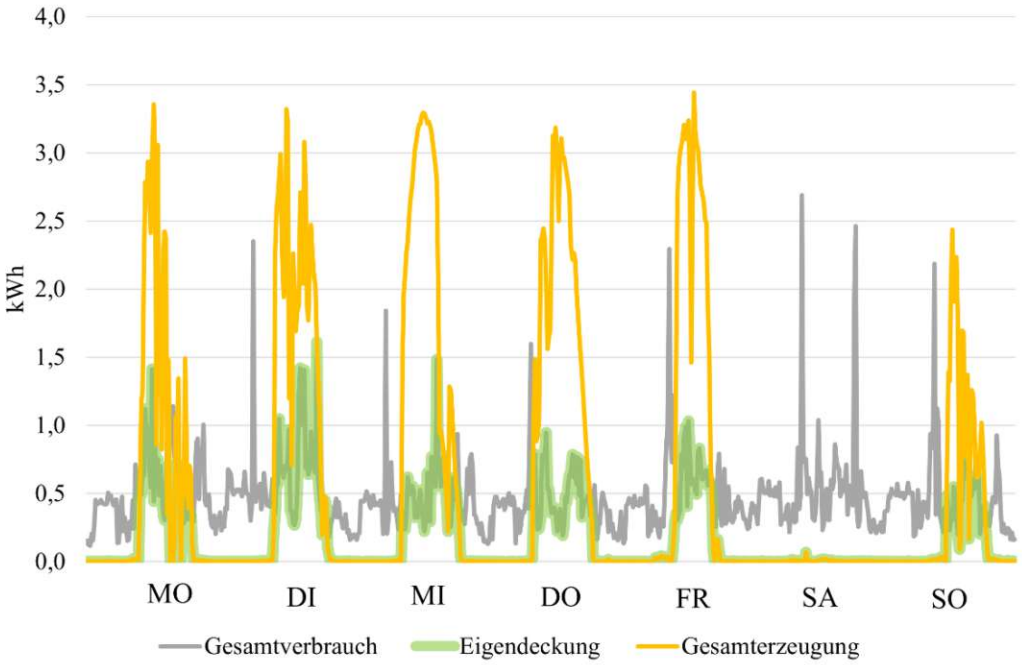

Abbildung 22: Messdaten der Energiegemeinschaft B von 01.08 bis 07.08

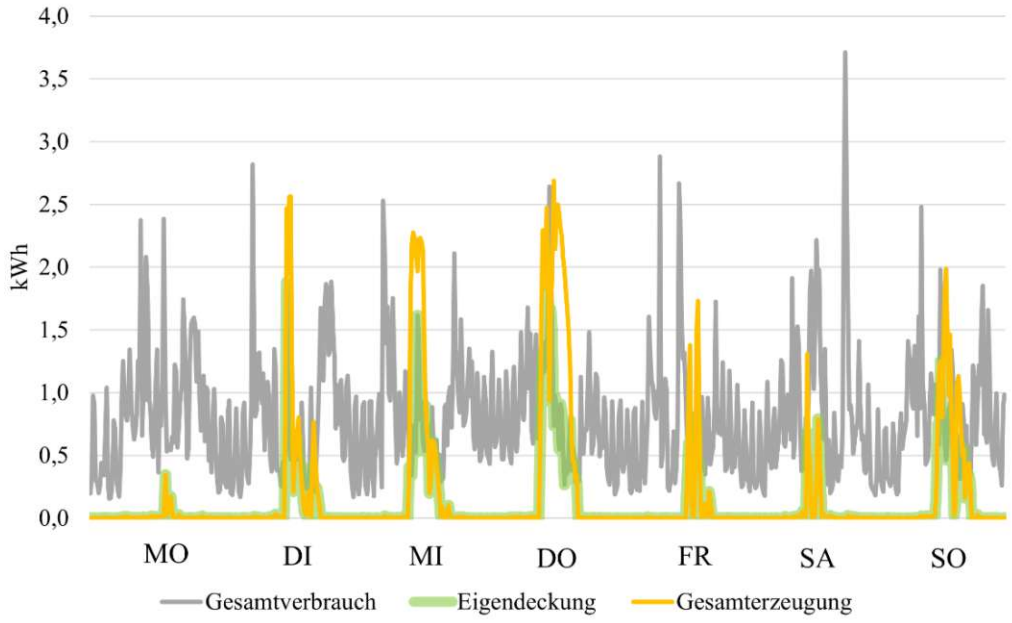

Abbildung 23: Messdaten der Energiegemeinschaft B von 03.10 bis 09.10

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

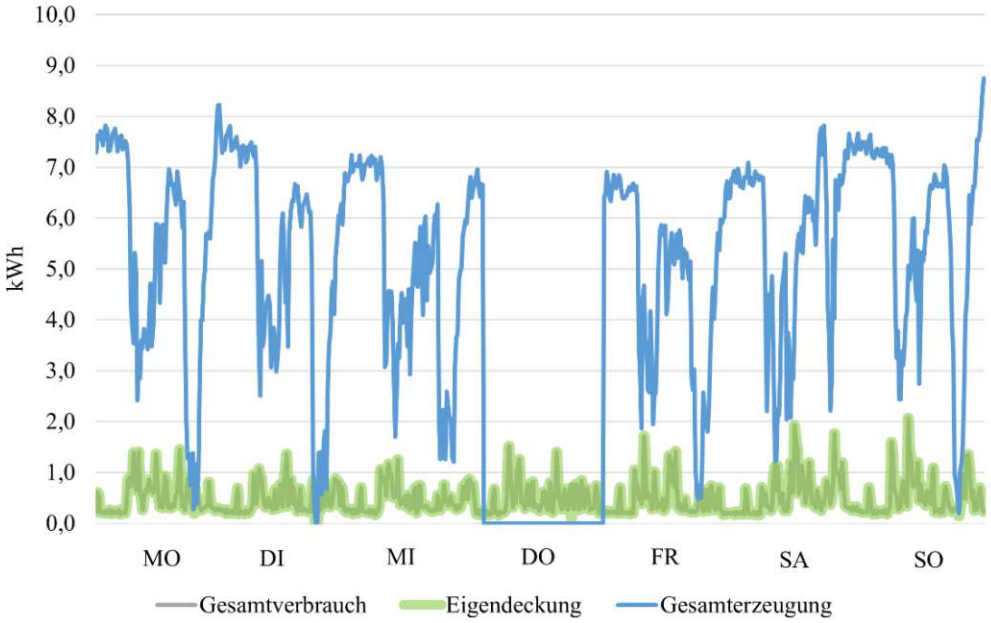

Abbildung 24: Messdaten der Energiegemeinschaft C von 01.08 bis 07.08

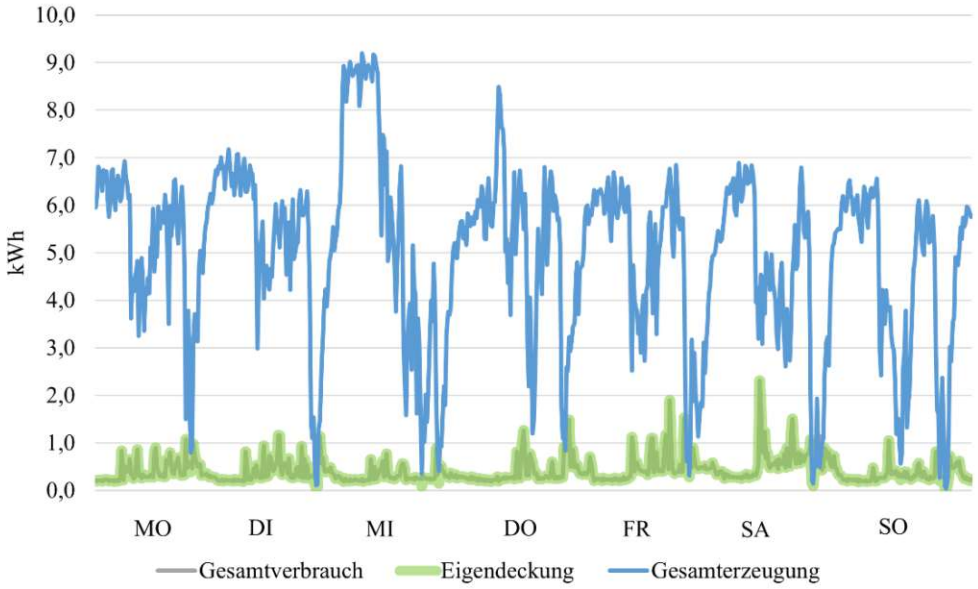

Abbildung 25: Messdaten der Energiegemeinschaft C von 05.12 bis 06.12

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

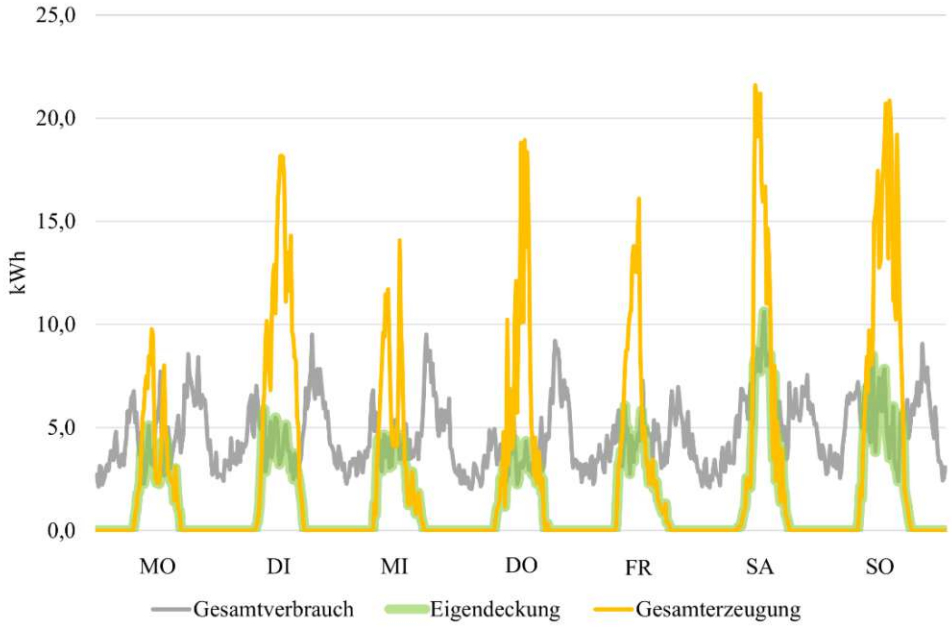

Abbildung 26: Messdaten der Energiegemeinschaft D von 06.03 bis 12.03

Um eine Energiegemeinschaft als erfolgreich zu bezeichnen, sollten alle Indikatoren einen möglichst hohen Wert haben, um das maximale Potenzial der EG ausschöpfen zu können.

Vergleicht man den Autarkiegrad der Fallbeispiele, so lassen sich deutliche Unterschiede feststellen. Energiegemeinschaft A kann ihre 20 Teilnehmer im Vergleich zu Gemeinschaft B, welche sich aus nur 5 Teilnehmern zusammensetzt, schlechter selbstständig mit Energie versorgen. EG D hingegen, hat mit der doppelten Mitgliederanzahl einen mehr als doppelt so hohen Autarkiegrad wie EG A, was an der höheren Eigendeckung im Vergleich zum Gesamtverbrauch liegt.
Aufgrund der größeren Teilnehmerzahl sind auch der Gesamtverbräuche der Gemeinschaften A und D wesentlich größer als bei B. Die Erzeugung bzw. die der Gemeinschaft zur Verfügung gestellte Energie, liegt jedoch trotz einer Differenz der installierten Leistung von 10kWp in einem ähnlichen Bereich. EG D hingegen, kann mit der größeren Anlage fast das zehnfache an Energie erzeugen. Auch wenn in EG A ein großer Anteil der Gemeinschaftsenergie zur Eigendeckung verwendet wird, ändert sich am Autarkiegrad wenig, da die Eigendeckung in Relation zum Gesamtverbrauch betrachtet wird. Je mehr Teilnehmer die Gemeinschaft hat, desto größer auch der Gesamtverbrauch, was bei der gleichen Menge an erzeugter Energie wiederum einen kleineren Autarkiegrad bedeutet.
Im Winter kann EG B ihren Mitgliedern sogar mehr Energie als A zur Verfügung stellen. Der Grund dafür können Verschmutzungen oder Alter bzw. Qualität der PV-Module oder

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Verschattungen durch viele Bewölkte Tage am Standort der EG A sein. Für eine Teilnehmerzahl wie bei EG A, wäre es sinnvoll weitere Prosumer in die Gemeinschaft aufzunehmen, um die installierte Leistung und damit die Eigenerzeugung der Gemeinschaft zu erhöhen, und die Integration eines Speichers in Betracht zu ziehen.
Beispiel C hingegen stellt eine fast autarke Energiegemeinschaft dar und kann ihre Mitglieder durch die enorme Erzeugung des Kleinwasserkraftwerks, über das ganze Jahr, nahezu vollständig selbst versorgen.

Dadurch, dass in Gemeinschaft B ein Speicher in Verwendung ist, kann ein größerer Anteil der erzeugten Energie auch tatsächlich ausgenutzt werden, da eine Energieversorgung in energiearmen Zeiten gewährleistet werden kann. Diese Tatsache führt sowohl zu einem besseren Autarkiegrad als auch zu einem guten Eigennutzungsgrad, da beide Indikatoren direkt proportional zur Eigendeckung sind. Die Eigenversorgungsgrade von A und B liegen im selben Bereich, was bedeutet, dass in beiden EGs ungefähr derselbe Anteil der erzeugten Energie zur Eigendeckung verwendet wird. Bei EG D liegt der Wert etwas weiter unten, da vor allem im kalten Monat EG A fast die gesamte erzeugte Energie innerhalb der Gemeinschaft verbrauchen kann, wohingegen bei EG D der Anteil etwa bei der Hälfte liegt.
EG C schneidet beim Vergleich dieses Indikators am schlechtesten ab. Hier wird den Mitgliedern zwar genug Energie bereitgestellt, doch ein sehr großer Anteil ins Netz gespeist. Eines der grundlegenden Ziele einer Energiegemeinschaft, die lokale Nutzung der Energie, wird damit verfehlt. Diese Energiegemeinschaft könnte weitere Mitglieder, die nur als Verbraucher teilnehmen und einen Teil des großen Überschusses konsumieren, in die Gemeinschaft aufnehmen und den Indikator so verbessen.

Der Indikator für die eingesparten kWh eines Teilnehmers, wird anhand des Bezuges vom Netz klassifiziert. Je geringer dieser im Vergleich zum Gesamtverbrauch ist, desto größer ist der Anteil, der von der grünen Gemeinschaftsenergie gedeckt wird. Ein Teilnehmer der EG A kann vergleichsweise die geringste Menge an Energie einsparen, da die erzeugte Energie an eine größere Teilnehmerzahl, die einen höheren Gesamtbedarf fordert, aufgeteilt werden muss. Der Unterschied zu EG D ist hauptsächlich die Größe der Erzeugungsanlage.
Auch bei diesem Indikator kann die EG B wegen der besseren Eigendeckung in der Nacht einen höheren Wert als EG A und bei einer viel kleineren Anlage einen etwa gleichen Wert wie EG D aufweisen.
EG C enthält die geringste Teilnehmeranzahl bei der höchsten Erzeugungsmenge und liefert somit die meisten eingesparten kWh pro Teilnehmer.

Die Kosten, die sich durch die Teilnahme an einer Energiegemeinschaft einsparen lassen, unterscheiden sich je nach Rolle des betrachteten Mitglieds. Ein Erzeuger spart natürlich mehr Geld als ein Verbraucher ein. Wie der Vergleich der Werte für $\overline{\Delta K}_{Erzeuger}$ zeigt, ist die Integration eines Speichers in die Energiegemeinschaft für einen Erzeuger mit einer großen Einsparungsreduktion verbunden. Der Anlagenbetreiber der EG A kann den

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Mitgliedern zwar weniger Energie zur Eigendeckung bereitstellen, dadurch dass er und die Erzeuger aus EG D aber, weniger Investitionskosten als der Erzeuger der EG B zahlen mussten, können sie jährlich über einen ähnlichen Betrag einsparen. Trotz der höchsten Investitions- und Wartungskosten und der geringsten Förderung allerdrei Anlagen, kann der Erzeuger aus EG C wegen der hohen Erzeugungsmenge den größten Betrag einsparen. Dabei ist auch die individuelle Einkommenssteuer zu beachten, welche ab einer Einspeisung von 12500kWh abgezogen wird [90].
Bei den Verbrauchern sieht die Situation anders aus. Jene der EG B sparen aufgrund der breiteren Nutzung der günstigeren Gemeinschaftsenergie mehr ein als Verbraucher der EG A. Diese Tatsache basiert einerseits auf der Nutzung der gespeicherten Energie und andererseits darauf, dass die kleinere EG für den einzelnen Verbraucher mehr Energie zur Verfügung stellen kann. Die Verbraucher der EG C und D können mit dem größten finanziellen Vorteil rechnen, da bei C nahezu der gesamte Verbrauch mit der Energie des Kleinwasserkraftwerks gedeckt werden kann und bei den Teilnehmern aus EG D eine größere Anzahl an Verbrauchern eine große Menge an Energie aus der EG beziehen kann.

Auch bei den eingesparten Emissionen je Teilnehmer erweist sich Energiegemeinschaft C, wegen der hohen Eigendeckung, als ökologisch vorteilhafteste. Dadurch dass ein Speicher einen wesentlichen Emissionsfaktor, der aufgrund der Herstellung bzw. Verwertung zu berücksichtigen ist, mit sich bringt, kann ein Teilnehmer der EG B trotz einer größeren Anzahl eingesparter kWh als jene von EG A, weniger CO_2 einsparen. Die hohe Menge an eingesparten kWh pro Teilnehmer der EG D führt auch in Bezug auf die Emissionen zu einer guten Einsparung.

Der Eigenversorgungsgrad ist durch die direkte Abhängigkeit vom theoretisch zugewiesenen Anteil der erzeugten Energie, und damit von der Gesamterzeugung der Gemeinschaft beschrieben. Da der theoretisch zugewiesene Anteil der erzeugten Energie proportional zum Gesamtverbrauch ist, bzw. sein sollte, und im Falle des Gesamtindikators für die gesamte Energiegemeinschaft, die Erzeugung darstellt, lässt er ebenfalls durch eine höhere Gesamterzeugung verbessern. EG B stellt fast die Hälfte ihres Gesamtbedarfes an Energie auch bereit, also könnte durch eine effizientere Ausnutzung der zustehenden Energie auch der Autarkiegrad im Idealfall auf den Wert des Eigenversorgungsgrades kommen. EG C erzeugt gemeinschaftlich mehr als das Achtfache ihres Bedarfes und besitzt somit einen Eigenversorgungsgrad von über 900%. Auch in EG D gibt es eine große Menge an Überschussenergie, die nicht in der Gemeinschaft ausgenutzt wird, aber theoretisch über das Doppelte des Gesamtbedarfes der EG bereitstellen könnte.

Die PV-Anlage aus EG D nutzt laut Ausnutzungsgrad ihr theoretisches Potenzial am besten aus. Aber auch die Anlagen der anderen Gemeinschaften liegen in einem ähnlichen Bereich. Dieser Indikator lässt sich besonders durch das Wetter bzw. Verschattungen, Verschmutzungen und der allgemeinen Qualität der PV-Anlage beeinflussen. Bei Wasserkraftwerken kann ein niedrigerer Ausnutzungsgrad an der Wassermenge oder dessen Fallhöhe liegen.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Der letzte Indikator, die zusätzlich möglichen kWh, sind direkt mit den eingesparten Kosten zu vergleichen und vom Energiepreis des Energieversorgers abhängig.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

4.3 Quantitative Indikatoren

Aus den Sondierungsberichten der Stufe 1 wurden die im Folgenden beschriebenen quantitativen Indikatoren ermittelt. Diese sollen als Anhaltspunkte für Personen dienen, die Interesse an der Gründung oder der Teilnahme an einer Energiegemeinschaft haben.

Gründungsleiter

Der Gründungsleiter einer Energiegemeinschaft ist der Initiator dieser. Hierbei kann es sich um Privatpersonen, Dienstleister, Gemeinden oder Klima- und Energie-Modellregionen (KEM) handeln.
Privatpersonen, Dienstleister und Gemeinden hatten, laut Abbildung 27, am häufigsten die Idee zur Gründung der Energiegemeinschaft. Oft werden Dienstleister als Unterstützung bei der Konzeptionierung, Organisation und Planung in der Gründungsphase beauftragt [91]. KEMs sind Gemeinden, die im Rahmen eines anderen Förderprogrammes des KLIEN zusammenarbeiten [92].

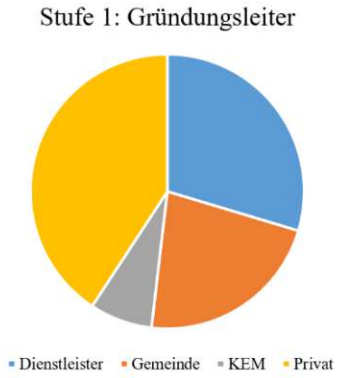

Abbildung 27: Gründungsleiter der eingereichten Energiegemeinschaften

Dauer der Gründung

Abbildung 28 stellt die Dauer von der Idee bis zur tatsächlichen Gründung der eingereichten Projekte dar. Die meisten Energiegemeinschaften wurden innerhalb eines Jahres gegründet, bei wenigen dauerte die Gründung länger als zwei Jahre.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Abbildung 28: Gründungsdauer der eingereichten Energiegemeinschaften

Organisationsform

Die Anteile der gewählten Organisationsformen in der Pionierphase ähneln jenen der derzeit existieren Energiegemeinschaften aus Abbildung 8. Der Verein ist auch hier wieder die beliebteste Rechtsform, wie Abbildung 29 zeigt.

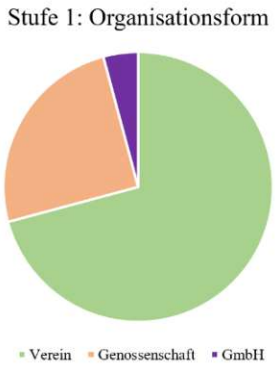

Abbildung 29: Organisationsformen der eingereichten Energiegemeinschaften

Aufteilungsschlüssel

Ein dynamischer Aufteilungsschlüssel, der einen hohen Eigenverbrauch der erzeugten Energie ermöglicht, wurde von fast allen Projekten gewählt, wie Abbildung 30 zeigt.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

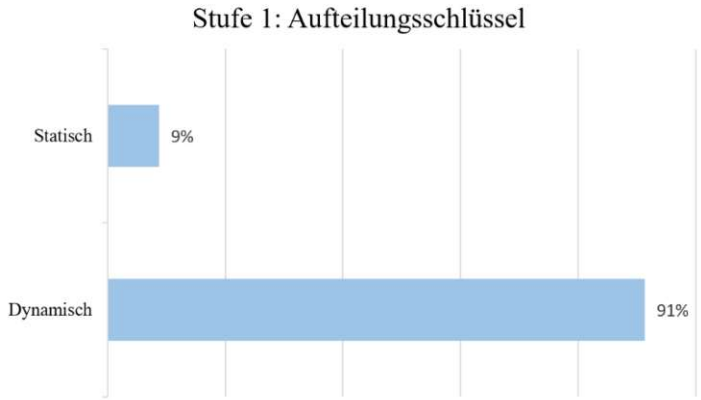

Abbildung 30: Aufteilungsschlüssel der eingereichten Energiegemeinschaften

Dienstleister für Abrechnung

Da die dynamische Zuordnung der erzeugten Energie komplex ist, werden häufig Dienstleister für die interne Abrechnung gewählt. Die Anteile werden in Abbildung 31 gegenübergestellt.

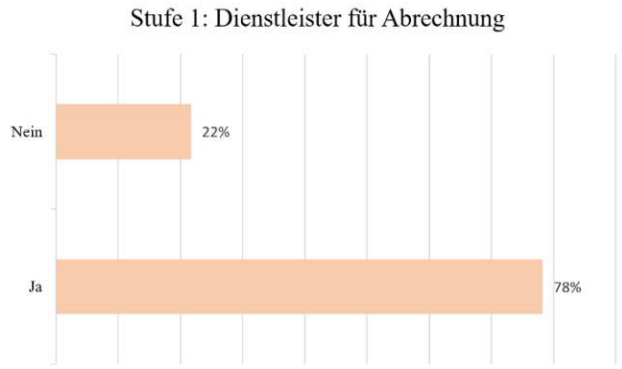

Abbildung 31: Anteile der eingereichten Energiegemeinschaften mit Dienstleister vs. ohne Dienstleister

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

5 Schlussfolgerung und Ausblick

Mit Hilfe der Berechnung von Indikatoren für Energiegemeinschaften, kann abgeschätzt werden wie effizient die erzeugte Energie innerhalb der EG genutzt wird. So können mögliche Einsparungen bzw. Erweiterungen identifiziert werden, um die Indikatoren zu verbessern. Ebenso kann dadurch ein Vergleich mit anderen EGs hergestellt werden, welcher es ermöglicht effektive Praktiken oder Technologien, die sich bewährt haben, bei weiteren Fällen anzuwenden.
Die Extrahierung der quantitativen Indikatoren, dient der Aschätzung von Trends und der Veranschaulichung des derzeitigen Standes von Energiegemeinschaften in Österreich. Somit wurde die Forschungsfrage anhand dieser Arbeit beantwortet.

Die untersuchten qualitativen Indikatoren hängen von verschiedensten Faktoren ab. Sie variieren abhängig von der Art und Qualität der Erzeugungstechnologie der EG, der Größe der Anlage, also der Menge der erzeugten Energie, der Teilnehmerzahl und vor allem je nach Eigendeckung. Die möglichst lokale Nutzung der Gemeinschaftsenergie ist also einer der wichtigsten Faktoren zum Erreichen von guten Werten für die Indikatoren.

Die Erhöhung der Teilnehmerzahl kann für verbesserte Werte der Gemeinschaftsindikatoren sorgen. Außerdem wird dadurch der Überschuss reduziert, was die Idee der lokalen Nutzung der erzeugten Energie unterstützt. Eine größere installierte Leistung der Anlage, kann dabei helfen mehr Energie zu erzeugen und somit mehr Energie zur Verfügung zu stellen. Ein Speicher bringt einen ähnlichen Effekt. Die Eigendeckung wird durch die Nutzung der Gemeinschaftsenergie über Nacht erhöht. Allerdings sind hierfür die Kosten und die zusätzlichen CO_2-Emissionen zu bedenken.
Eine Möglichkeit die Kosten zu reduzieren, wäre die gemeinsame Beschaffung einer größeren Anlage bzw. der Ausbau einer bestehenden. So könnte jeder Teilnehmer seinen Überschuss, durch eine geringere Investition in die Anlage, selbst verkaufen.
Eine weitere Möglichkeit die Eigendeckung zu erhöhen, ist die Einbindung von E-Mobilität in die Energiegemeinschaft. Der überschüssige Strom kann dann zum Laden der E-Autos verwendet werden.

Die sozialgemeinschaftlichen Aspekte von Energiegemeinschaften, ermöglichen durch die individuelle Preisgestaltung der gemeinschaftlichen Energie beispielsweise die Unterstützung von energiearmen Haushalten. Es könnten Tarifmodelle entwickelt werden, die es ermöglichen die Gemeinschaftsenergie für finanziell schwächere Haushalte günstiger bereitzustellen.

In Summe lässt sich sagen, dass jede behandelte Energiegemeinschaft ökologische und wirtschaftliche Vorteile vorweisen kann. Je mehr Eigendeckung durch die gemeinschaftliche Energie pro Teilnehmer vorgewiesen werden kann, desto größer ist auch die finanzielle Einsparung und damit die Reduktion der CO_2-Emissionen.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Da die immer wieder erwähnten Probleme mit den vorliegenden Daten erst während der Vollendungsphase dieser Arbeit größtenteils behoben wurden, könnte man aktuelle EDA-Protokolle analysieren, berechnen und mit dieser Arbeit vergleichen, um so den Fortschritt zu dokumentieren.
Die erwähnte Mehrfachteilnahme, welche voraussichtlich ab dem Jahre 2024 möglich sein wird, kann, sobald genügend Daten vorhanden sind, anhand der Indikatoren analysiert werden und mit der Teilnahme an einer einzigen EG vergleichen werden.
Auch das Verhalten der einzelnen Teilnehmer, in Bezug auf die Energienutzung, könnte analysiert werden, um Optimierungsmöglichkeiten zu finden und den lokalen Verbrauch weiter zu fördern.
Auch eine genaue Analyse von Bürgerenergiegemeinschaften und der Vergleich mit EEGs bezüglich der Indikatoren wäre interessant.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

6 Anhang

6.1 Anhang zu Kapitel 3

Die Tabellen in diesem Unterkapitel fassen, die direkt aus den EDA-Protokollen übernommenen Werte, die zur Berechnung der Ergebnisse verwendet wurden, zusammen. Sie sind eine Ergänzung jedes einzelnen Teilnehmers zu den Angaben aus Kapitel 3.2.

6.1.1 Energiegemeinschaft A

Tabelle 26: EDA-Daten der Verbraucherzählpunkte (VZP) von Energiegemeinschaft A für den August

VZP	Gesamtverbrauch [kWh]	Anteil gem. Erzeugung [kWh]	Eigendeckung gem. Erzeugung [kWh]
1	207	123	66
2	593	62	45
3	225	86	49
4	332	99	78
5	545	159	90
6	0	0	0
7	1197	292	192
8	112	4	3
9	240	4	3
10	142	14	10
11	135	14	9
12	256	124	66
13	246	133	73
14	155	67	3
15	0	0	0
16	183	69	37
17	69	29	14
18	210	88	46
19	590	24	142
20	165	70	35

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Tabelle 27: EDA-Daten des Erzeugerzählpunktes (EZP) von Energiegemeinschaft A für den August

EZP	Gesamte gem. Erzeugung [kWh]	Überschusserzeugung [kWh]
1	1678	680

Tabelle 28: EDA-Daten der Verbraucherzählpunkte von Energiegemeinschaft A für den Dezember

VZP	Gesamtverbrauch [kWh]	Anteil gem. Erzeugung [kWh]	Eigendeckung gem. Erzeugung [kWh]
1	450	15	15
2	2055	28	27
3	359	16	15
4	745	5	5
5	797	15	14
6	217	0,6	0,6
7	240	7	7
8	1181	14	14
9	417	1	1
10	263	4	4
11	190	1	1
12	257	9	8
13	302	9	9
14	191	6	6
15	1	0	0
16	227	6	6
17	170	1	1
18	387	8,	8
19	706	19	18
20	206	8	7

Tabelle 29: EDA-Daten des Erzeugerzählpunktes von Energiegemeinschaft A für den Dezember

EZB	Gesamte gem. Erzeugung [kWh]	Überschusserzeugung [kWh]
1	174	9

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

6.1.2 Energiegemeinschaft B

Tabelle 30: EDA-Daten der Verbraucherzählpunkte von Energiegemeinschaft B für den August

VZP	Gesamtverbrauch [kWh]	Anteil gem. Erzeugung [kWh]	Eigendeckung gem. Erzeugung [kWh]
1	113	40	34
2	202	101	95
3	283	306	174
4	429	398	278
5	706	709	440
6	55	3	3

Tabelle 31: EDA-Daten des Erzeugerzählpunktes von Energiegemeinschaft B für den August

EZP	Gesamte gem. Erzeugung [kWh]	Überschusserzeugung [kWh]
1	1556	532

Tabelle 32: EDA-Daten der Verbraucherzählpunkte von Energiegemeinschaft B für den Oktober

VZP	Gesamtverbrauch [kWh]	Anteil gem. Erzeugung [kWh]	Eigendeckung gem. Erzeugung [kWh]
1	195	41	24
2	439	137	70
3	255	56	28
4	263	40	22
5	610	92	53
6	512	37	28

Tabelle 33: EDA-Daten des Erzeugerzählpunktes von Energiegemeinschaft B für den Oktober

EZP	Gesamte gem. Erzeugung [kWh]	Überschusserzeugung [kWh]
1	405	179

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

6.1.3 Energiegemeinschaft C

Tabelle 34: EDA-Daten der Verbraucherzählpunkte von Energiegemeinschaft C für den August

VZP	Gesamtverbrauch [kWh]	Anteil gem. Erzeugung [kWh]	Eigendeckung gem. Erzeugung [kWh]
1	0	0	0
2	34	315	33
3	1027	9117	1019
4	0	0	0
5	345	2747	341

Tabelle 35: EDA-Daten des Erzeugerzählpunktes von Energiegemeinschaft C für den August

EZP	Gesamte gem. Erzeugung [kWh]	Überschusserzeugung [kWh]
1	16378	14985

Tabelle 36: EDA-Daten der Verbraucherzählpunkte von Energiegemeinschaft C für den Dezember

VZP	Gesamtverbrauch [kWh]	Anteil gem. Erzeugung [kWh]	Eigendeckung gem. Erzeugung [kWh]
1	0	0	0
2	34	304	32
3	646	5177	611
4	0	0	0
5	386	3430	376

Tabelle 37: EDA-Daten des Erzeugerzählpunktes von Energiegemeinschaft C für den Dezember

EZP	Gesamte gem. Erzeugung [kWh]	Überschusserzeugung [kWh]
1	13819	12208

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

6.1.4 Energiegemeinschaft D

Tabelle 38: EDA-Daten der Verbraucherzählpunkte (VZP) von Energiegemeinschaft D für den März

VZP	Gesamtverbrauch [kWh]	Anteil gem. Erzeugung [kWh]	Eigendeckung gem. Erzeugung [kWh]
1	187	173	69
2	165	182	74
3	301	307	117
4	931	737	332
5	70	0	0
6	248	7	7
7	9	3	2
8	549	97	70
9	96	11	7
10	326	178	83
11	428	373	169
12	114	25	14
13	205	188	78
14	237	258	101
15	324,351	291	123
16	67	1	1
17	258	218	98
18	644	261	129
19	307	320	131
20	250	369	141
21	175	188	74
22	508	458	188
23	382	377	151
24	280	291	112
25	193	41	24
26	496	448	184
27	333	301	121
28	321	123	74
29	321	309	134
30	177	100	48

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

31	659	526	223
32	583	633	311
33	233	14	12
34	144	157	64
35	387	322	133
36	440	89	61
37	268	243	103
38	178	23	19
39	723	136	82
40	644	294	15

Tabelle 39: EDA-Daten der Erzeugerzählpunkte (EZP) von Energiegemeinschaft D für den März

EZP	Gesamte gem. Erzeugung [kWh]	Überschusserzeugung [kWh]
1	262	161
2	105	67
3	292	164
4	388	218
5	1328	723
6	177	97
7	398	233
8	192	122
9	280	162
10	916	509
11	809	456
12	478	289
13	243	149
14	321	192
15	655	337
16	836	420
17	506	305
18	936	492

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

6.2 Anhang zu Kapitel 4

Im Folgenden sind die ergänzenden Ergebnisse pro Teilnehmer, der in Kapitel 4.1 befindlichen Ergebnisse der gesamten Energiegemeinschaft.

6.2.1 Energiegemeinschaft A

Tabelle 40: Eigennutzungsgrade pro Teilnehmer im August und Dezember

VZP/TN	$\varepsilon_{TN,Aug}$ [%]	$\varepsilon_{TN,Dez}$ [%]
1	4	8
2	3	15
3	3	9
4	5	8
5	5	8
6	0	0
7	11	4
8	0	8
9	0	1
10	1	2
11	1	1
12	4	4
13	4	5
14	2	3
15	0	0
16	2	3
17	1	1
18	3	4
19	8	11
20	2	4

Die Zählpunkte der Teilnehmer 6 und 15 haben für die betrachteten Monate keinen, bzw. im Dezember, einen sehr geringen Gesamtverbrauch gemessen. Wohlmöglich wurde die Immobilie im Betrachtungszeitraum nicht bewohnt.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Tabelle 41: Eingesparte Kosten pro Teilnehmer im August und Dezember

ZP/TN	$\Delta K_{TN,Aug}$ [€]	$\Delta K_{TN,Dez}$ [€]
1	6	1
2	4	2
3	4	1
Prosumer 4	259	-113
5	8	1
6	0	0
7	17	1
8	0	1
9	0	0
10	1	0
11	1	0,1
12	6	1
13	7	1
14	4	1
15	0	0
16	3	1
17	1	0
18	4	1
19	13	2
20	3	1

Tabelle 42: Eingesparte Emissionen pro Teilnehmer im August und Dezember

ZP/TN	$\Delta CO_{2,TN,Aug}$ [kg]	$\Delta CO_{2,TN,Dez}$ [kg]
1	11	2
2	8	5
3	9	3
4	14	1
5	16	2
6	0	0
7	34	1
8		2
9	0	0

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

10	2	1
11	2	0
12	12	1
13	12	2
14	7	1
15	0	0
16	6	1
17	2	0
18	8	1
19	25	3
20	6	1

Tabelle 43: Eigenversorgungsgrade der Teilnehmer aus Energiegemeinschaft A für den August und Dezember

ZP/TN	$\gamma_{TN,Aug}$ [%]	$\gamma_{TN,Dez}$ [%]
1	59	3
2	10	1
3	38	5
4	30	1
5	29	2
6	-	0
7	24	3
8	3	1
9	2	0
10	10	2
11	10	1
12	48	3
13	54	3
14	43	3
15	-	0
16	37	3
17	42	1
18	41	2
19	41	3
20	42	4

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Tabelle 44: Zusätzliche kWh die sich Teilnehmer der Energiegemeinschaft A kaufen könnten

ZP/TN	$E_{Zus,TN,Aug}$ [kWh]	$E_{Zus,TN,Dez}$ [kWh]
1	16	4
2	11	7
3	12	4
Prosumer 4	699	-303
5	22	3
6	0	0
7	48	2
8	1	3
9	1	0
10	3	1
11	2	0
12	16	2
13	18	3
14	10	1
15	0	0
16	9	1
17	4	0
18	12	2
19	36	5
20	9	2

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

6.2.2 Energiegemeinschaft B

Tabelle 45: Eigennutzungsgrade pro Teilnehmer im August und Oktober

VZP/TN	$\varepsilon_{TN,Aug}$ [%]	$\varepsilon_{TN,Okt}$ [%]
1	2	16
2	6	17
3	11	7
4	18	5
5	28	13
6	0,2	7

Tabelle 46: Eingesparte Kosten pro Teilnehmer im August und Oktober

ZP/TN	$\Delta K_{TN,Aug}$ [€]	$\Delta K_{TN,Okt}$ [€]
1	3	2
2	9	6
3	16	3
4	26	2
Prosumer 5	278	-105
6	0,3	3

Tabelle 47: Eingesparte Emissionen pro Teilnehmer im August und Oktober

ZP/TN	$\Delta CO_{2,TN,Aug}$ [kg]	$\Delta CO_{2,TN,Okt}$ [kg]
1	4	2
2	14	10
3	28	3
4	47	2
Prosumer 5	75	7
6	-2	3

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Tabelle 48: Eigenversorgungsgrade der Teilnehmer aus Energiegemeinschaft B *für den August und Dezember*

ZP/TN	$\gamma_{TN,Aug}$ [%]	$\gamma_{TN,Okt}$ [%]
1	34	21
2	50	31
3	108	22
4	93	15
5	100	15
6	5	7

Tabelle 49: Zusätzliche kWh die sich Teilnehmer der Energiegemeinschaft B kaufen könnten

ZP/TN	$E_{Zus,TN,Aug}$ [kWh]	$E_{Zus,TN,Okt}$ [kWh]
1	8	6
2	24	17
3	43	7
4	70	5
Prosumer 5	750	-284
6	1	7

6.2.3 Energiegemeinschaft C

Tabelle 50: Eigennutzungsgrade pro Teilnehmer im August und Dezember

VZP/TN	$\varepsilon_{TN,Aug}$ [%]	$\varepsilon_{TN,Dez}$ [%]
1	0	0
2	0,2	0,2
3	6,2	4,4
4	0	0
5	2,1	2,7

Die Zählpunkte 1 und 4 weisen in den Betrachtungsräumen Messwerte von 0 kWh auf. Die Gründe hierfür sind nicht klar, es ist jedoch möglich, dass auch hier im betrachteten Zeitraum niemand gewohnt hat bzw. der Zählpunkt daher abgedreht war.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Tabelle 51: Eingesparte Kosten pro Teilnehmer im August und Dezember

ZP/TN	$\Delta K_{TN,Aug}$ [€]	$\Delta K_{TN,Dez}$ [€]
1	0	0
2	3,096	3
Prosumer 3	2830	-632
4	0	0
5	32	35

Tabelle 52: Eigensparte Emissionen pro Teilnehmer im August und Dezember

ZP/TN	$\Delta CO_{2,TN,Aug}$ [€]	$\Delta CO_{2,TN,Dez}$ [€]
1	0	0
2	68	66
Prosumer 3	1972	1120
4	0	0
5	594	742

Tabelle 53: Eigenversorgungsgrade der Teilnehmer aus Energiegemeinschaft C für den August und Dezember

ZP/TN	$\gamma_{TN,Aug}$ [%]	$\gamma_{TN,Dez}$ [%]
1	-	-
2	940	898
3	888	801
4	-	-
5	796	888

Tabelle 54: Zusätzliche kWh die sich Teilnehmer der Energiegemeinschaft C kaufen könnten

ZP/TN	$E_{Zus,TN,Aug}$ [kWh]	$E_{Zus,TN,Dez}$ [kWh]
1	0	0
2	8	8
Prosumer 3	7625	-1703
4	0	0
5	85	94

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

6.2.4 Energiegemeinschaft D

Tabelle 55: Eigennutzungsgrade pro Teilnehmer im März

VZP/TN	$\varepsilon_{TN,Mär}$ [%]	VZP/TN	$\varepsilon_{TN,Mär}$ [%]
1	0,76	21	0,81
2	0,82	22	2,07
3	1,29	23	1,66
4	3,64	24	1,23
5	0,001	25	0,27
6	0,08	26	2,02
7	0,02	27	1,33
8	0,76	28	0,81
9	0,08	29	1,47
10	0,91	30	0,53
11	1,86	31	2,45
12	0,16	32	3,41
13	0,86	33	0,13
14	1,11	34	0,70
15	1,36	35	1,46
16	0,01	36	0,68
17	1,07	37	1,13
18	1,42	38	0,21
19	1,44	39	0,90
20	1,55	40	1,65

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Tabelle 56: Eingesparte Kosten pro Erzeuger im März

Prosumer	$\Delta K_{E,Mär}$ [€]
1	31
2	-3
3	57
4	159
5	257
6	-10
7	38
8	16
9	13
10	190
11	197
12	60
13	30
14	57
15	147
16	145
17	98
18	214

Tabelle 57: Eingesparte Kosten pro Verbraucher im März

Verbraucher	$\Delta K_{V,März}$ [€]
19	12
20	13
21	7
22	17
23	14
24	10
25	2
26	17
27	11
28	7
29	12
30	4
31	21
32	29
33	1
34	6
35	12
36	6
37	10
38	2
39	8
40	14

Tabelle 58: Eingesparte Emissionen pro Teilnehmer im März

VZP/TN	$\Delta CO_{2,TN,Mär}$ [kg]	VZP/TN	$\Delta CO_{2,TN,Mär}$ [kg]
1	12	21	13
2	13	22	33
3	21	23	27
4	58	24	20
5	0	25	4
6	1	26	32

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

7	0	27	21
8	12	28	13
9	1	29	23
10	14	30	8
11	29	31	39
12	2	32	54
13	13	33	2
14	17	34	11
15	21	35	23
16	0	36	10
17	17	37	18
18	22	38	3
19	23	39	14
20	24	40	26

Tabelle 59: Eigenversorgungsgrade der Teilnehmer aus Energiegemeinschaft D für den März

VZP/TN	$\gamma_{TN,Mär}$ [%]	VZP/TN	$\gamma_{TN,Mär}$ [%]
1	92	21	107
2	110	22	90
3	102	23	98
4	79	24	104
5	0	25	21
6	3	26	90
7	38	27	90
8	17	28	38
9	11	29	96
10	54	30	56
11	87	31	79
12	22	32	108
13	91	33	6
14	109	34	10
15	89	35	83
16	2	36	20
17	84	37	90

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

18	40	38	13
19	104	39	18
20	148	40	45

Tabelle 60: Zusätzliche kWh, die sich Teilnehmer der Energiegemeinschaft D im März kaufen können

VZP/TN	$E_{Zus,TN,Mär}$ [kWh]	VZP/TN	$E_{Zus,TN,Mär}$ [kWh]
1	85	21	18
2	-8	22	47
3	154	23	37
4	429	24	28
5	693	25	6
6	-27	26	46
7	103	27	30
8	43	28	18
9	35	29	33
10	513	30	12
11	531	31	55
12	163	32	77
13	82	33	3
14	154	34	16
15	396	35	33
16	390	36	15
17	265	37	25
18	578	38	4
19	32	39	20
20	35	40	37

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

7 Literaturverzeichnis

[1] European Commission, Directorate-General for Energy, *Clean energy for all Europeans,* Luxemburg: Publications Office, 2019.

[2] Bundesministerium für Finanzen, „Bundesgesetz über den Ausbau von Energie aus erneuerbaren Quellen (Erneuerbaren-Ausbau-Gesetz - EAG),“ Rechtsinformationssystem des Bundes, RIS, 2021. [Online]. Available: https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20011619. [Zugriff am 14 02 2023].

[3] Österreichs Energie, *Erneuerbaren-Ausbau-Gesetz: Erstanalyse der Regierungsvorlage,* Wien, 2021.

[4] Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, *Energie in Österreich Zahlen, Daten, Fakten,* Wien, 2022.

[5] Klima- und Energiefonds, „energiegemeinschaften.gv.at,“ Klima- und Energiefonds, 2023. [Online]. Available: https://energiegemeinschaften.gv.at/koordinationsstelle/. [Zugriff am 14 02 2023].

[6] Österreichische Koordinationsstelle für Energiegfemeinschaften des Klima- und Energiefonds, *Eneuerbare-Energie-Gemeinschaften für Gemeinden,* Wien, 2022.

[7] Cejka/Poplavskaya/Monsberger/Stefan, *Blockchain technology and peer-to-peer trading,* 2021.

[8] Klima- und Energiefonds, „energiegemeinschaften.gv.at,“ 2023. [Online]. Available: https://energiegemeinschaften.gv.at/faq/. [Zugriff am 15 02 2023].

[9] Oesterreichs Energie, *Netzberechnungen Österreich - Einfluss der Entwicklungen von Elektromobilität und Photovoltaik auf das österreichische Stromnetz,* 2020.

[10] Cejka/Kitzmüller, „Rechtsfragen zur Gründung und Umsetzung von Energiegemeinschaften,“ Internationale Energiewirtschaftstagung an der TU Wien, 2021.

[11] Bundesministerium für Finanzen, „Elektrizitätswirtschafts- und organisationsgesetz 2010 - ElWOG 2010,“ Rechtsinformationssystem des Bundes, RIS, 2010. [Online]. Available: https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20007045. [Zugriff am 15 02 2023].

[12] Bundesministerium für Finanzen, „Änderung des Ökostromgesetzes 2012, des Elektrizitätswirtschafts- und -organisationsgesetzes 2010, des Gaswirtschaftsgesetzes 2011, des KWK-Punkte-Gesetzes und des Energie-Control-Gesetzes,“ 26 07 2017. [Online]. Available: https://www.ris.bka.gv.at/eli/bgbl/I/2017/108. [Zugriff am 15 02 2023].

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

[13] Cejka, „Privatrechtliche Aspekte der österreichischen Umsetzung von Energiegemeinschaften im EAG-Paket," *Fachzeitschrift für Wirtschaftsrecht (exolex),* 2021.

[14] Urbantschitsch, „Plenum P3: Klima, Elektrische Energie und Wasserkraft - Präsenatation: Transformation des Energiesystems aus regulatorischer Sicht," 13 02 2020. [Online]. Available: https://www.tugraz.at/events/eninnov2020/nachlese/download-beitraege/plena/. [Zugriff am 20 02 2023].

[15] Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft, *Mehr Sonnenstrom für Österreich Neuerungen der "kleinen Ökostromnovelle",* Wien: BMK, 2017.

[16] Oesterreichs Energie, *Konzeptbeschreibung betreffend die Beteiligung an einer gemeinschaftlichen Erzeugungsanlage iS § 16a ElWOG.*

[17] Oesterreichs Energie, „Konzeptbeschreibung: Erneuerbare-Energie-Gemeinschaften," Wien, 2021.

[18] OeMAG Abwicklungsstelle für Ökostrom AG, *EAG INVESTITIONSZUSCHÜSSE PV-Anlagen & Stromspeicher Leitfaden 2023 & Informationsblatt.*

[19] Verbraucherzentrale, „Lohnen sich Batterispeicher für Photovoltaikanlagen?," 21 12 2022. [Online]. Available: https://www.verbraucherzentrale.de/wissen/energie/erneuerbare-energien/lohnen-sich-batteriespeicher-fuer-photovoltaikanlagen-24589#:~:text=Ist%20der%20Speicher%20deutlich%20gr%C3%B6%C3%9Fer,Batteriekapazit%C3%A4t%20pro%201.000%20kWh%20Jahresstromverbrauch. [Zugriff am 18 02 2023].

[20] Österreichische Koordinationsstelle für Energiegemeinschaften des Klima- und Energiefonds, *Erneuerbare-Energie-Gemeinschaften im urbanen Raum,* Wien, 2022.

[21] Bundesministerium für Finanzen, „Befreiung von der Elektrizitätsabgabe für mittels Photovoltaik selbst erzeugten und verbrauchten Strom," 23 03 2021. [Online]. Available: https://findok.bmf.gv.at/findok?execution=e5s1. [Zugriff am 22 02 2023].

[22] Österreichische Koordinationsstelle für Energiegemeinschaften, *Erneuerbare-Energie-Gemeinschaften Steuern & Abgaben,* Wien, 2022.

[23] Amtsblatt der Europäischen Union, *Empfehlung der Kommission vom 6. Mai 2003 betreffend die Definition der Kleinstunternehmen sowie der kleinen und mittleren Unternehmen,* 2003.

[24] Österreichische Koordinationsstelle für Energiegemeinschaften des Klima- und Energiefonds, *Erneuerbare-Energie-Gemeinschaften für Unternehmen,* Wien.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

[25] Hartlieb, „Erneuerbare-Energie-Gemeinschaften: Zur Rolle des Verteilernetzbetreibers,“ 360° Erneuerbare Energie, 17 08 2021. [Online]. Available: https://www.360ee.at/erneuerbare-energie-gemeinschaften-zur-rolle-des-verteilernetzbetreibers/. [Zugriff am 19 02 2023].

[26] Cejka/Frieden/Kitzmüller, *Implementation of self-consumption and energy communities in Austria´s and EU member states´ national law: A perspective on system integration and grid tariffs,* CIRED 2021 Conference, 2021.

[27] Oesterreichs Energie, *Umsetzung von Energiegemeinschaften mit Oktober 2022 und Ausblick: Mehrfachteilnahme, Einsatz von Batterien innerhalb von Energiegemeinschaften und Bürgerenergiegemeinschaften über mehrere Konzessionsgebiete,* 2022.

[28] Strobl, „Energiegemeinschaften können nur einen Teil der Energiekrise abfedern,“ 15 03 2022. [Online]. Available: https://www.trendingtopics.eu/energiegemeinschaften-konnen-nur-einen-teil-der-energiekrise-abfedern/. [Zugriff am 24 02 2023].

[29] Bundesministerium für Finanzen, „Verordnung der Regulierungskommission der E-Control, mit der die Entgelte für die Systemnutzung bestimmt werden (Systemnutzungsentgelte-Verordnung 2018 – SNE-V 2018),“ Rechtsinformationssystem des Bundes, RIS, [Online]. Available: https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20010107. [Zugriff am 22 02 2023].

[30] Österreichische Koordinationsstelle für Energiegemeinschaften, „Energiegemeinschaften in Österreich,“ [Online]. Available: https://energiegemeinschaften.gv.at/energiegemeinschaften-in-oesterreich/. [Zugriff am 09 04 2023].

[31] PV-Gemeinschaft Informationsplattform, „Wie erfolgt die Aufteilung des erzeugten Stroms unter den Teilnehmern?,“ [Online]. Available: http://pv-gemeinschaft.at/aufteilung/. [Zugriff am 23 02 2023].

[32] Villena/Aittahar/Mathieu/Boukas/Vermeulen/Ernst, *Allocation of locally generated electricity in renewable energy communities,* 2020.

[33] Sousa/Soares/Pinson/Moret/Baroche/Sorin, *Peer-to-peer and community-based markets: A comprehensive review,* 2019.

[34] Amann/Preßmair, *Gebäudeübergreifende Nutzung lokaler erneuerbarer Stromerzeugung: Wie werden peer-topeer Handel und Energiegemeinschaften zu einem Geschäftsmodell?,* Internationale Energiewirtschaftstagung an der TU Wien, 2021.

[35] T. Perger, *Dissertation: Dynamic participation in energy communities with,* Wien: Technische Universität Wien, 2022.

[36] L. d. Granado/Egging-Bratseth, *Local electricity market designs for peer-to-peer trading: The role of battery flexibility,* 2018.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

[37] Perger/Wachter/Fleischhacker/Auer, *PV sharing in local communities: Peer-to-peer trading under consideration of the prosumers` willingness-to-pay,* Wien, 2021.

[38] ahd a proact company, „Was ist eine Blockchain? Die Erklärung für Einsteiger," 14 09 2020. [Online]. Available: ahd.de/was-ist-eine-blockchain-die-erklaerung-fuer-einsteiger/. [Zugriff am 17 03 2023].

[39] Energienetze Steiermark GmbH, „Blockchain Grid Blockchain-enabled flexibility activation for distribution grid management," 2023. [Online]. Available: https://www.e-netze.at/Strom/Projekte/Blockchain/Default.aspx. [Zugriff am 17 03 2023].

[40] Moret/Pinson, *Energy Collectives: A Community and Fairness Based Approach to Future Electricity Markets,* 2018.

[41] Cornélusse/Savelli/Paoletti/Giannitrapani/Vicino, *A Community Microgrid Architecture with an Internal Local Market,* 2019.

[42] Energiewirtschaftlicher Datenaustausch, *Der Energiewirtschaftliche Datenaustausch (EDA) in Österreich gesichtere Datenübertragung mit höchsten Standards,* www.ebutilities.at.

[43] Österreichische Koordinationsstelle für Energiegemeinschaften, „In sechs Schritten zur Energiegemeinschaft," 08 03 2022. [Online]. Available: https://energiegemeinschaften.gv.at/in-sechs-schritten-zur-energiegemeinschaft/. [Zugriff am 22 03 2023].

[44] EDA-Energiewirtschaftlicher Datenaustausch, *EDA Anwenderportal Benutzerhandbuch für Erneuerbare-Energie-Gemeinschaft,* 2022.

[45] Berzsenyi/Brosch, „Informationsveranstaltung EDA Anwenderportal (01:23:00) Webinar," EDA GmbH, 14 12 2022. [Online]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=Fqoi_S1BIZg. [Zugriff am 26 03 2023].

[46] J. Fähndrich, „Autarkiegrad: Unterschied Eigenverbrauch und Autarkie," Klarsolar, [Online]. Available: https://klarsolar.de/unterschied-eigenverbrauch-autarkie/. [Zugriff am 25 03 2023].

[47] H. Kirrmannn, „Lohnt es sich schon heute, eine Batterie zu installieren? Eigenversorgung und Energiespeicher," 20 08 2020. [Online]. Available: https://www.bulletin.ch/de/news-detail/lohnt-es-sich-schon-heute-eine-batterie-zu-installieren.html. [Zugriff am 26 03 2023].

[48] Energieversum, „Autarkiegrad: Der Maßstab für Unabhängigkeit," 31 03 2022. [Online]. Available: https://www.energieversum.de/autarkiegrad/#:~:text=Definition%20des%20Autarkiegrades,von%20externen%20Anbietern%20hinzukommen%20muss.. [Zugriff am 25 03 2023].

[49] Wiener Netze GmbH, *Photovoltaik - Infofolder & Checkliste,* https://www.wienernetze.at/photovoltaik.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

[50] Greenhouse Media GmnH, „Strom-Cloud-Vergleich: Tarife, Anbieter, Steuern & Wirtschaftlichkeit," 2023. [Online]. Available: https://www.energie-experten.org/erneuerbare-energien/photovoltaik/eigenverbrauch/strom-cloud. [Zugriff am 27 03 2023].

[51] E-Control, „Zusammensetzung des Strompreises," 2023. [Online]. Available: https://www.e-control.at/industrie/strom/strompreis/preiszusammensetzung. [Zugriff am 01 04 2023].

[52] Frauke Elisabeth Ixfeld, „Wie ist die Strompreiszusammensetzung Österreichs?," Stromliste by Selectra, 28 03 2023. [Online]. Available: https://stromliste.at/strompreis/zusammensetzung#:~:text=Die%20Elektrizit%C3%A4tsabgabe&text=Die%20Geb%C3%BChr%20betr%C3%A4gt%20normalerweise%200%2C015,jedoch%200%2C001%20%E2%82%AC%20pro%20kWh.. [Zugriff am 02 04 2023].

[53] E-Control, „Netzverlustentgelt, Übersicht Systemnutzungstarife 2023 2. Novelle," 2023. [Online]. Available: https://www.e-control.at/marktteilnehmer/strom/netzentgelte/netzverlustentgelt. [Zugriff am 02 04 2023].

[54] Rechtinformationssystem des Bundes, „Verordnung der Regulierungskommission der E-Control, mit der die Entgelte für die Systemnutzung bestimmt werden (Systemnutzungsentgelte-Verordnung 2018 – SNE-V 2018)," [Online]. Available: https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20010107. [Zugriff am 02 04 2023].

[55] E-Control, „Gebrauchsabgabe_Österreich_Strom_Gas_01.03.2023_Web," 01 03 2023. [Online]. Available: https://www.e-control.at/documents/1785851/1811582/Gebrauchsabgabe_Oesterreich_Strom_Gas_17_10_2019_Web.pdf/a736a694-c4f2-1da9-392b-d79e8f6c9cf6?t=1571318786640. [Zugriff am 03 04 2023].

[56] E-Control, „Das Erneuerbaren-Fördersystem," 2023. [Online]. Available: https://www.e-control.at/konsumenten/oekostrom-foerdersystem#:~:text=Der%20Erneuerbaren%2DF%C3%B6rderbeitrag%20und%20die,das%20Netznutzungs%2D%20und%20das%20Netzverlustentgelt.. [Zugriff am 02 04 2023].

[57] Stromliste by Selectra, „Strompreis Österreich: Entwicklung & Zusammensetzung," [Online]. Available: https://stromliste.at/strompreis#:~:text=Strompreis%20%C3%96sterreich%20kWh%202022,-Wer%20nach%20Strompreisen&text=Im%20Oktober%20des%20Jahres%202022,und%2062%20Cent%20pro%20kWh.. [Zugriff am 05 04 2023].

[58] N. Pöchhacker, „Wie Energiegemeinschaft in der Praxis läuft," noe orf, 20 05 2022. [Online]. Available: https://noe.orf.at/stories/3155972/. [Zugriff am 05 04 2023].

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

[59] OeMAG, „Ökostrom-Einspeisemengen und - Vergütungen in Österreich," [Online]. Available: https://www.oem-ag.at/fileadmin/user_upload/Dokumente/statistik/einspeisemengen/2022_Q1-Q4_BillingStat_Oekobilanzgruppe_final.JPG. [Zugriff am 05 04 2023].

[60] T. Frahm, „Die Kosten einer Photovoltaikanlage," Solaranlagenportal, 18 04 2023. [Online]. Available: https://www.solaranlagen-portal.com/photovoltaik/kosten#:~:text=Kleine%20Photovoltaikanlagen%20mit%203%20bis,kWp%20(netto)etwas%20g%C3%BCnstiger.&text=Als%20%C3%BCbliche%20Gr%C3%B6%C3%9Fe%20f%C3%BCr%20Privathaushalte,bis%2010%20kWp%20Leistung%20etabliert.. [Zugriff am 19 04 2023].

[61] H. Nachtnebel, Konstruktiver Wasserbau und Flußgebietsmanagement, Wien: Universität für Bodenkultur, 2018.

[62] Haas/Perger, *Skriptum Energieökonomie,* Wien: Technische Universität Wien, Inistitut für Energiesysteme und Elektrische Antriebe, Energy Economics Group, 2020.

[63] Solarportal, „Das sind die Kosten einer Photovoltaikanlage in 2023," [Online]. Available: https://www.solaranlagen-portal.de/photovoltaik/preis-solar-kosten.html. [Zugriff am 20 04 2023].

[64] OeMAG, „Förderung," [Online]. Available: https://www.oem-ag.at/de/foerderung/. [Zugriff am 19 04 2023].

[65] Verbund AG, „Photovoltaik-Speicher: Was bezahlen, was beachten?," [Online]. Available: https://www.verbund.com/de-at/privatkunden/themenwelten/photovoltaik/speicher#:~:text=Derzeit%20ist%20mit%20einem%20Bruttopreis,pro%20kWh%20Speicherkapazit%C3%A4t%20zu%20rechnen.. [Zugriff am 19 04 2023].

[66] oesterreich.gv.at-Redaktion, „Photovoltaik-Förderaktionen und weitere Umweltförderungen," Bundesregierung, [Online]. Available: https://www.oesterreich.gv.at/themen/bauen_wohnen_und_umwelt/energie_sparen/1/Seite.2430320.html#:~:text=F%C3%BCr%20die%20Investitionsf%C3%B6rderung%20f%C3%BCr%20Photovoltaikanlagen,160%20Euro%20pro%20kWp%20(maximal). [Zugriff am 19 04 2023].

[67] M. Hofer, *Kostenanalyse von Laufwasserkraftwerken in Europa,* Graz: Technische Universität Graz, 2018.

[68] Klima- und Energiefonds, *Leitfaden Beratungsprogramm Kleinwasserkraft - Ein Programm des Klima- und Energiefonds der österreichischen Bundesregierung,* Wien, 2022.

[69] Pilger/Podesser/Haweanek/Rieder, *Klimaatlas Steiermark, Kapitel 1: Strahlung,* Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik.

[70] Laenderdaten.info, „Das Klima in Österreich," [Online]. Available: https://www.laenderdaten.info/Europa/Oesterreich/Klima.php. [Zugriff am 20 04 2023].

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

[71] S. Kröll, „Definition von Emissionsfaktor, Formeln zur Berechnung und Datenbanken,“ net4energy, 21 10 2020. [Online]. Available: https://www.net4energy.com/wiki/emissionsfaktor. [Zugriff am 04 04 2023].

[72] E-Control, „Stromkennzeichnung,“ [Online]. Available: https://www.e-control.at/industrie/oeko-energie/stromkennzeichnung. [Zugriff am 04 04 2023].

[73] E-Control, *Strom- und Gaskennzeichnungsbericht 2022, Berichtsjahr 2021,* Wien.

[74] Klimacent Austria, „Klimacent Berechnung,“ [Online]. Available: https://www.klimacent.at/. [Zugriff am 15 04 2023].

[75] Das Umweltbundesamt, UBA (DE), „Photovoltaik,“ 23 03 2023. [Online]. Available: https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/photovoltaik#photovoltaik. [Zugriff am 19 04 2023].

[76] Lauf/Memmler/Schneider, *Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger - Bestimmung der vermiedenen Emissionen im Jahr 2018,* Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt, 2019.

[77] Hengstler/Russ/Stoffregen/Hendrich/Weidner/Held/Briem, *Aktualisierung und Bewertung der Ökobilanzen von Windenergie- und Photovoltaikanlagen unter Berücksichtigung aktueller Technologieentwicklungen,* Dessau-Roßlau: Das Umweltbundesamt (DE), 2021.

[78] N. Krümpel, „Stromspeicher: Aktuelle Preise & Kosten und Hersteller,“ wegatech, [Online]. Available: https://www.wegatech.de/ratgeber/photovoltaik/stromspeicher/uebersicht/#:~:text=JETZT%20PV%2DANLAGE%20MIT%20STROMSPEICHER,etwa%20125%20kg%20CO2%20freisetzt.. [Zugriff am 20 04 2023].

[79] Nacht/Lassacher, *Entwicklung & Erprobung von Finanzierungs- und Geschäftsmodellen einer Local Energy Community in der Stadtgemeinde Steyr - Wirtschaftliche Bewertung von erneuerbaren Energiegemeinschaften,* Smart Cities Demo.

[80] Bundesministerium für Digitalisierung und Wirtschaftsstandort, „Vereinsgründung,“ oesterreich.gv.at, [Online]. Available: https://www.oesterreich.gv.at/themen/freizeit_und_strassenverkehr/vereine/Seite.220300.html. [Zugriff am 06 04 2023].

[81] WKO, „Körperschaftsteuer (KÖSt) So funktioniert die Besteuerung des Gewinns von GmbH, AG und weiteren Körperschaften,“ 01 03 2023. [Online]. Available: https://www.wko.at/service/steuern/Koerperschaftsteuer_(KOeSt).html. [Zugriff am 06 04 2023].

[82] Bundesministerium für Digitalisierung und Wirtschaftsstandort, „Genossenschaften,“ 10 06 2022. [Online]. Available: https://www.usp.gv.at/gruendung/gesellschaftsformen/genossenschaften.html. [Zugriff am 06 04 2023].

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

[83] Ionos, „https://www.ionos.at/startupguide/gruendung/personengesellschaft/,“ 22 11 2018. [Online]. Available: https://www.ionos.at/startupguide/gruendung/personengesellschaft/. [Zugriff am 06 04 2023].

[84] Bundesministerium für Justiz, „Gesellschaft mit beschränkter Haftung (GmbH),“ 10 06 2022. [Online]. Available: https://www.usp.gv.at/gruendung/gesellschaftsformen/gesellschaft-mit-beschraenkter-haftung-gmbh.html. [Zugriff am 06 04 2023].

[85] Bundesministerium für Justiz, „Aktiengesellschaft (AG),“ 10 06 2022. [Online]. Available: https://www.usp.gv.at/gruendung/gesellschaftsformen/aktiengesellschaft-ag-europaeische-gesellschaft-se.html. [Zugriff am 06 04 2023].

[86] K. Jamßen, „Photovoltaik-Ertrag – so viel leistet Ihre PV-Anlage,“ Gruenes Haus, [Online]. Available: https://gruenes.haus/photovoltaik-pv-ertrag/. [Zugriff am 18 04 2023].

[87] Klima- und Enegriefonds, „Energiegemeinschaften 2021,“ 2021. [Online]. Available: https://www.klimafonds.gv.at/call/energiegemeinschaften-2021/. [Zugriff am 09 04 2023].

[88] Österreichische Koordinationsstelle für Energiegemeinschaften, „Energiegemeinschaften – Ein Programm des Klima- und Energiefonds,“ [Online]. Available: https://energiegemeinschaften.gv.at/programm-des-klima-und-energiefonds/. [Zugriff am 09 04 2023].

[89] C. Huber, *Dissertation - Zukünftige Rahmenbedingungen der europäischen Wasserkraftwirtschaft,* Graz: Technische Universität Graz, 2010.

[90] Bundesministerium für Finanzen, „Überschusseinspeisung,“ [Online]. Available: https://www.bmf.gv.at/themen/klimapolitik/steuerliche-aspekte-bei-photovoltaikanlagen-von-privatpersonen/ueberschusseinspeisung.html. [Zugriff am 07 05 2023].

[91] Österreichische Koordinationsstelle für Energiegemeinschaften, „Dienstleistungsanbieter für Energiegemeinschaften,“ [Online]. Available: https://energiegemeinschaften.gv.at/dienstleister-in-oesterreich/. [Zugriff am 09 04 2023].

[92] Klima-und Energriefonds, *Leitfaden Klima- und Energie- Modellregionen Jahresprogramm 2022 - Ein Programm des Klima- und Energiefonds der österreichischen Bundesregierung,* Wien, 2022.

[93] Österreichs Energie, *Energiegemeinschaften, die neuen Marktteilnehmer, Was notwenidg ist, um sie erfolgreich in den Energiemarkt zu integrieren,* Wien, 2020.

[94] Netz Oberösterreich, „Gemeinsam Strom nutzen: Die Energiegemeinschaften sind da!,“ [Online]. Available: https://www.netzooe.at/Themen/Energiezukunft/Energiegemeinschaften-im-EAG-2021. [Zugriff am 19 02 2023].

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

[95] Weniger/Bergner/Tjaden/Quaschning, *Bedeutung von prognosebasierten Betriebsstrategien für die Netzintegration von PV-Speichersystemen,* Bad Staffelstein: 29. Symposium Photovoltaische Solarenergie, 2014.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Zusammenhang der wichtigsten Beteiligten einer Erneuerbaren-Energie-Gemeinschaft 8
Abbildung 2: Anteile der Energiegemeinschaftsarten in Österreich [30] 10
Abbildung 3: Anbindung unterschiedlicher Arten von Energiegemeinschaften an das öffentliche Netz [26] 11
Abbildung 4: Energiezuordnung des Teilnehmers 1 13
Abbildung 5: Energiezuordnung des Teilnehmers 2 13
Abbildung 6:Zusammenhang der kostenrelevanten EDA-Daten eines Teilnehmers 23
Abbildung 7: Erzeugungstechnologien und Kombinationen der Energiegemeinschaften in Österreich 31
Abbildung 8: Organisationsformen von Energiegemeinschaften in Österreich [30] 33
Abbildung 9: Gegenüberstellung der Zusammensetzung des Gesamtverbrauches der Mitglieder bei Teilnahme an der Energiegemeinschaft (grün-grauer Balken) und ohne Teilnahme an der Energiegemeinschaft (oranger Balken) im August 43
Abbildung 10:Gegenüberstellung der Zusammensetzung des Gesamtverbrauches der Mitglieder bei Teilnahme an der Energiegemeinschaft (grün-grauer Balken) und ohne Teilnahme an der Energiegemeinschaft (oranger Balken) im Dezember 44
Abbildung 11: Eingesparte kWh der Energiegemeinschaft A im August und Dezember 44
Abbildung 12: Gegenüberstellung der Zusammensetzung des Gesamtverbrauches der Mitglieder bei Teilnahme an der Energiegemeinschaft (grün-grauer Balken) und ohne Teilnahme an der Energiegemeinschaft (oranger Balken) im August 48
Abbildung 13: Gegenüberstellung der Zusammensetzung des Gesamtverbrauches der Mitglieder bei Teilnahme an der Energiegemeinschaft (grün-grauer Balken) und ohne Teilnahme an der Energiegemeinschaft (oranger Balken) im Oktober 49
Abbildung 14: Eingesparte kWh der Energiegemeinschaft B im August und Oktober 49
Abbildung 15: Gegenüberstellung der Zusammensetzung des Gesamtverbrauches der Mitglieder bei Teilnahme an der Energiegemeinschaft (grün-grauer Balken) und ohne Teilnahme an der Energiegemeinschaft (oranger Balken) im August 53
Abbildung 16: Gegenüberstellung der Zusammensetzung des Gesamtverbrauches der Mitglieder bei Teilnahme an der Energiegemeinschaft (grün-grauer Balken) und ohne Teilnahme an der Energiegemeinschaft (oranger Balken) im Dezember 54
Abbildung 17: Eingesparte kWh der Energiegemeinschaft C im August und Dezember 54
Abbildung 18: Gegenüberstellung der Zusammensetzung des Gesamtverbrauches der Mitglieder bei Teilnahme an der Energiegemeinschaft (grün-grauer Balken) und ohne Teilnahme an der Energiegemeinschaft (oranger Balken) im März 58
Abbildung 19: Eingesparte kWh der Energiegemeinschaft D im August und März 58
Abbildung 20: Messdaten der Energiegemeinschaft A von 01.08 bis 07.08 62
Abbildung 21: Messdaten der Energiegemeinschaft A von 05.12 bis 11.12 62
Abbildung 22: Messdaten der Energiegemeinschaft B von 01.08 bis 07.08 63
Abbildung 23: Messdaten der Energiegemeinschaft B von 03.10 bis 09.10 63

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Abbildung 24: Messdaten der Energiegemeinschaft C von 01.08 bis 07.08 ..... *64*
Abbildung 25: Messdaten der Energiegemeinschaft C von 05.12 bis 06.12 ..... *64*
Abbildung 26: Messdaten der Energiegemeinschaft D von 06.03 bis 12.03 ..... *65*
Abbildung 27: Gründungsleiter der eingereichten Energiegemeinschaften *69*
Abbildung 28: Gründungsdauer der eingereichten Energiegemeinschaften *70*
Abbildung 29: Organisationsformen der eingereichten Energiegemeinschaften *70*
Abbildung 30: Aufteilungsschlüssel der eingereichten Energiegemeinschaften *71*
Abbildung 31: Anteile der eingereichten Energiegemeinschaften mit Dienstleister vs. ohne Dienstleister *71*

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

9 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: EDA-Daten mit Beispielen *17*
Tabelle 2: Messwerte und zugehörige Symbole *19*
Tabelle 3: Ausschnitte eines EDA-Protokolls für einen Verbrauchszählpunkt *22*
Tabelle 4: Faktoren zur Abschätzung der Durchschnittswerte für das ganze Jahr *29*
Tabelle 5:Angaben zur Energiegemeinschaft A *36*
Tabelle 6: EDA-Daten der Energiegemeinschaft A für die Monate August und Dezember *37*
Tabelle 7: Angaben zur Energiegemeinschaft B *37*
Tabelle 8: EDA-Daten der Energiegemeinschaft B für die Monate August und Oktober *38*
Tabelle 9: Angaben zur Energiegemeinschaft C *39*
Tabelle 10: EDA-Daten der Energiegemeinschaften C für die Monate August und Dezember . *39*
Tabelle 11: Angaben zur Energiegemeinschaft D *40*
Tabelle 12: EDA-Daten der Energiegemeinschaft D für die Monate August und März *40*
Tabelle 13: Autarkiegrade der EG A in den Betrachtungszeiträumen *42*
Tabelle 14: Eigennutzungsgrade der EG A in den Betrachtungszeiträumen *43*
Tabelle 15: Eigennutzungsgrade der EG A in den Betrachtungszeiträumen *46*
Tabelle 16: Autarkiegrade der EG B in den Betrachtungszeiträumen *47*
Tabelle 17: Eigennutzungsgrade der EG B in den Betrachtungszeiträumen *48*
Tabelle 18: Eigennutzungsgrade der EG B in den Betrachtungszeiträumen *51*
Tabelle 19: Autarkiegrade der EG C in den Betrachtungszeiträumen *52*
Tabelle 20: Eigennutzungsgrade der EG C in den Betrachtungszeiträumen *52*
Tabelle 21: Eigenversorgungsgrade der EG C in den Betrachtungszeiträumen *56*
Tabelle 22:Autarkiegrade der EG D in den Betrachtungszeiträumen *57*
Tabelle 23: Eigennutzungsgrade der EG A in den Betrachtungszeiträumen *57*
Tabelle 24: Eigenversorgungsgrade der EG D in den Betrachtungszeiträumen *60*
Tabelle 25: Indikatoren der Energiegemeinschaften A, B, C und D pro Jahr *61*
Tabelle 26: EDA-Daten der Verbraucherzählpunkte (VZP) von Energiegemeinschaft A für den August *74*
Tabelle 27: EDA-Daten des Erzeugerzählpunktes (EZP) von Energiegemeinschaft A für den August *75*
Tabelle 28: EDA-Daten der Verbraucherzählpunkte von Energiegemeinschaft A für den Dezember *75*
Tabelle 29: EDA-Daten des Erzeugerzählpunktes von Energiegemeinschaft A für den Dezember *75*
Tabelle 30: EDA-Daten der Verbraucherzählpunkte von Energiegemeinschaft B für den August *76*
Tabelle 31: EDA-Daten des Erzeugerzählpunktes von Energiegemeinschaft B für den August. *76*
Tabelle 32: EDA-Daten der Verbraucherzählpunkte von Energiegemeinschaft B für den Oktober *76*

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.
TU Bibliothek Your knowledge hub WIEN

Tabelle 33: EDA-Daten des Erzeugerzählpunktes von Energiegemeinschaft B für den Oktober *76*
Tabelle 34: EDA-Daten der Verbraucherzählpunkte von Energiegemeinschaft C für den August *77*
Tabelle 35: EDA-Daten des Erzeugerzählpunktes von Energiegemeinschaft C für den August *77*
Tabelle 36: EDA-Daten der Verbraucherzählpunkte von Energiegemeinschaft C für den Dezember *77*
Tabelle 37: EDA-Daten des Erzeugerzählpunktes von Energiegemeinschaft C für den Dezember *77*
Tabelle 38: EDA-Daten der Verbraucherzählpunkte (VZP) von Energiegemeinschaft D für den März *78*
Tabelle 39: EDA-Daten der Erzeugerzählpunkte (EZP) von Energiegemeinschaft D für den März *79*
Tabelle 40: Eigennutzungsgrade pro Teilnehmer im August und Dezember *80*
Tabelle 41: Eingesparte Kosten pro Teilnehmer im August und Dezember *81*
Tabelle 42: Eingesparte Emissionen pro Teilnehmer im August und Dezember *81*
Tabelle 43: Eigenversorgungsgrade der Teilnehmer aus Energiegemeinschaft A für den August und Dezember *82*
Tabelle 44: Zusätzliche kWh die sich Teilnehmer der Energiegemeinschaft A kaufen könnten . *83*
Tabelle 45: Eigennutzungsgrade pro Teilnehmer im August und Oktober *84*
Tabelle 46: Eingesparte Kosten pro Teilnehmer im August und Oktober *84*
Tabelle 47: Eingesparte Emissionen pro Teilnehmer im August und Oktober *84*
Tabelle 48: Eigenversorgungsgrade der Teilnehmer aus Energiegemeinschaft B für den August und Dezember *85*
Tabelle 49: Zusätzliche kWh die sich Teilnehmer der Energiegemeinschaft B kaufen könnten . *85*
Tabelle 50: Eigennutzungsgrade pro Teilnehmer im August und Dezember *85*
Tabelle 51: Eingesparte Kosten pro Teilnehmer im August und Dezember *86*
Tabelle 52: Eigensparte Emissionen pro Teilnehmer im August und Dezember *86*
Tabelle 53: Eigenversorgungsgrade der Teilnehmer aus Energiegemeinschaft C für den August und Dezember *86*
Tabelle 54: Zusätzliche kWh die sich Teilnehmer der Energiegemeinschaft C kaufen könnten . *86*
Tabelle 55: Eigennutzungsgrade pro Teilnehmer im März *87*
Tabelle 56: Eingesparte Kosten pro Erzeuger im März *88*
Tabelle 57: Eingesparte Kosten pro Verbraucher im März *88*
Tabelle 58: Eingesparte Emissionen pro Teilnehmer im März *88*
Tabelle 59: Eigenversorgungsgrade der Teilnehmer aus Energiegemeinschaft D für den März *89*
Tabelle 60: Zusätzliche kWh, die sich Teilnehmer der Energiegemeinschaft D im März kaufen können *90*

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass die vorliegende Arbeit gemäß dem Code of Conduct – Regeln zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis (in der aktuellen Fassung des jeweiligen Mitteilungsblattes der TU Wien), insbesondere ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel, angefertigt wurde. Die aus anderen Quellen direkt oder indirekt übernommenen Daten und Konzepte sind unter Angabe der Quelle gekennzeichnet.

Die Arbeit wurde bisher weder im In- noch im Ausland in gleicher oder in ähnlicher Form in anderen Prüfungsverfahren vorgelegt.

Wien, im Mai 2023

Silvana Stamenkovic, BSc

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.