

Sondierung zur Durchführbarkeit CO₂-neutraler Demonstrations- baustellen

M. Weigert, H. Daxbeck, J. Raab,
N. Kisiakova, A. Bischofberger,
R. Hölzl, B. Lepuschitz

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

69/2023

Impressum

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:

Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien

Leiter: DI (FH) Volker Schaffler, MA, AKKM

Autorinnen und Autoren:

Dipl.-Ing. Maximilian Weigert, Dipl.-Ing.in Dr.in techn. Jacqueline Raab, Astrid Bischofberger BSc.

Technische Universität Wien, Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft,

Forschungsbereich Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik

Mag. Hans Daxbeck, Dipl.Ing. Nathalia Kisliakova, Ruth Hölzl, Dipl.-Ing. Barbara Lepuschitz

Ressourcen Management Agentur

Wien, 2023

Sondierung zur Durchführbarkeit CO₂-neutraler Demonstrationsbaustellen

Dipl.-Ing. Maximilian Weigert, Dipl.-Ing.in Dr.in techn. Jacqueline Raab, Astrid Bischofberger BSc.
Technische Universität Wien
Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft
Forschungsbereich Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik

Mag. Hans Daxbeck, Dipl.Ing. Nathalia Kisliakova, Ruth Hölzl, Dipl.-Ing. Barbara Lepuschitz
Ressourcen Management Agentur

Wien, Juli 2023

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie,
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)

Vorbemerkung

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm „Stadt der Zukunft“ des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK). Dieses Programm baut auf dem langjährigen Programm „Haus der Zukunft“ auf und hat die Intention, Konzepte, Technologien und Lösungen für zukünftige Städte und Stadtquartiere zu entwickeln und bei der Umsetzung zu unterstützen. Damit soll eine Entwicklung in Richtung energieeffiziente und klimaverträgliche Stadt unterstützt werden, die auch dazu beiträgt, die Lebensqualität und die wirtschaftliche Standortattraktivität zu erhöhen. Eine integrierte Planung wie auch die Berücksichtigung aller betroffener Bereiche wie Energieerzeugung und -verteilung, gebaute Infrastruktur, Mobilität und Kommunikation sind dabei Voraussetzung.

Um die Wirkung des Programms zu erhöhen, sind die Sichtbarkeit und leichte Verfügbarkeit der innovativen Ergebnisse ein wichtiges Anliegen. Daher werden nach dem Open Access Prinzip möglichst alle Projektergebnisse des Programms in der Schriftenreihe des BMK publiziert und elektronisch über die Plattform www.NachhaltigWirtschaften.at zugänglich gemacht. In diesem Sinne wünschen wir allen Interessierten und Anwender:innen eine interessante Lektüre.

DI (FH) Volker Schaffler, MA, AKKM
Leiter der Abt. Energie und Umwelttechnologien
Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie,
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Kurzfassung | 8 |
| 2 | Abstract | 10 |
| 3 | Ausgangslage | 12 |
| | 3.1. Motivation | 12 |
| | 3.2. Projektziel | 12 |
| | 3.3. Vorarbeiten | 13 |
| | 3.4. Abgrenzung zu Vorgänger- und Nachfolgerprojekt..... | 14 |
| 4 | Projekthalt | 16 |
| | 4.1. Methodik der Umfrage | 17 |
| | 4.2. Methodik der Grundlagenerhebung..... | 17 |
| | 4.2.1. Vergabe und Vertrag | 17 |
| | 4.2.2. Flottenmanagementsysteme..... | 18 |
| | 4.2.3. Zertifizierungsmöglichkeiten | 18 |
| | 4.2.4. Innovative Technologien | 18 |
| | 4.3. Methodik der Machbarkeitsstudie für energieautarken Baucontainer | 18 |
| | 4.4. Methodik der Risikovererhebung..... | 19 |
| | 4.5. Methodik des Monitoringkonzeptes | 19 |
| | 4.6. Methodik der Projektauswahl | 20 |
| 5 | Ergebnisse | 21 |
| | 5.1. Stimmungstest in der Branche – Zusammenfassung der aussagekräftigsten Resultate..... | 21 |
| | 5.2. Ergebnisse der Grundlagenerhebungen | 22 |
| | 5.2.1. Vergabe und Vertrag | 22 |
| | 5.2.2. Flottenmanagementsysteme..... | 24 |
| | 5.2.3. Zertifizierungsmöglichkeiten | 25 |
| | 5.2.4. Innovative Technologien | 27 |
| | 5.3. Machbarkeitsstudie für energieautarken Baucontainer | 30 |
| | 5.4. Risikovererhebung anhand eines Use Cases | 32 |
| | 5.5. Monitoringkonzept | 34 |
| | 5.6. Projektauswahl | 36 |
| | 5.6.1. Prognose der Zielerreichung | 37 |
| | 5.6.2. Kostenanalyse..... | 38 |
| | 5.6.3. Risk & Contingency Plan | 40 |
| 6 | Schlussfolgerungen | 41 |
| | 6.1. Schlussfolgerungen aus der Online-Umfrage | 41 |
| | 6.2. Schlussfolgerungen aus der Grundlagenerhebung..... | 41 |
| | 6.2.1. Schlussfolgerungen aus der Grundlagenerhebung Vergabe und Vertrag..... | 41 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 6.2.2. | Schlussfolgerung aus der Grundlagenerhebung der Flottenmanagementsysteme.. | 41 |
| 6.2.3. | Schlussfolgerungen aus der Grundlagenerhebung für Zertifizierungssysteme | 41 |
| 6.2.4. | Schlussfolgerungen aus der Grundlagenerhebung innovativer Technologien..... | 41 |
| 6.3. | Schlussfolgerungen aus der Machbarkeitsstudie für einen energieautarken Baucontainer | 42 |
| 6.4. | Schlussfolgerungen aus der Risikovererhebung..... | 42 |
| 6.5. | Schlussfolgerungen des Monitoringkonzeptes..... | 43 |
| 7 | Ausblick und Empfehlungen | 44 |
| 8 | Verzeichnisse..... | 45 |
| 9 | Anhang..... | 49 |
| 9.1. | Data Management Plan (DMP)..... | 49 |
| 9.1.1. | Datenerstellung und Dokumentation..... | 49 |
| 9.1.2. | Ethische, rechtliche und Sicherheitsaspekte | 49 |
| 9.1.3. | Datenspeicherung und -erhalt..... | 49 |
| 9.1.4. | Wiederverwendbarkeit der Daten | 50 |
| 9.2. | Fragestellungen und Ergebnisse der Umfrage..... | 50 |
| 9.2.1. | Personen- und unternehmensspezifische Angaben:..... | 50 |
| 9.2.2. | Stimmungslage zum Klimaschutz im Bauwesen:..... | 51 |
| 9.2.3. | Rechtliche Rahmenbedingungen und Hemmnisse:..... | 58 |
| 9.3. | Flottenmanagementsysteme | 62 |
| 9.4. | Alternativ betriebene Baumaschinen | 66 |
| 9.5. | Alternativ betriebene LKWs | 82 |
| 9.5.1. | Elektro-LKW | 82 |
| 9.5.2. | Wasserstoffbetriebene LKW | 84 |
| 9.6. | Ladestationen und Wasserstofftankstellen | 86 |
| 9.6.1. | Ladestationen | 86 |
| 9.6.2. | Wasserstofftankstellen..... | 87 |
| 9.7. | Anbieter für Erzeugung erneuerbarer Energie auf der Baustelle | 89 |
| 9.8. | Anbieter Grüner Strom | 97 |

1 Kurzfassung

Motivation und Forschungsfrage

Das Vorgängerprojekt „CO₂ neutrale Baustelle“ identifizierte viele Maßnahmen zur Verringerung der CO₂-Emissionen in der Errichtungsphase von Bauwerken. In der Sondierung soll nun die Testung von Maßnahmen auf konkreten Baustellen in Österreich in großer Anzahl vorbereitet werden. Durch die breite Aufstellung von organisatorischen Maßnahmen, technischen Entwicklungen sowie Erzeugung und Zukauf von erneuerbarer Energie können zahlreiche Erfahrungen und Erkenntnisse aus Praxistests gewonnen werden. Der nächste logische Schritt war, Voraussetzungen zu schaffen, diese in Zukunft auf unterschiedlichen Baustellentypen gesammelt anwenden zu können und damit erste CO₂-neutrale Baustellen ohne Kompensation bis 2030 abzuwickeln.

Ausgangssituation / Status Quo

Aufgrund der sich anbahnenden Klimakatastrophe, die spätestens durch die Häufung von Extremwetterereignissen auf der gesamten Nordhalbkugel bei Projektabschluss (Juli 2023) evident wurde, ist die Nichteinhaltung der Klimaziele durch nichts mehr zu rechtfertigen. Der Gebäudesektor hat sich in den letzten Jahren und Jahrzehnten im Vergleich zur Agrarwirtschaft und zum Verkehr stark verbessert. Im konkreten Fall müssen sich Bauprozesse jedoch nicht zuletzt auch aufgrund des 2019 etablierten European „Green Deals“ laufend verbessern, damit sie taxonomiefähig¹ – und damit finanzierbar – bleiben und nicht als „gestrandetes Asset“ zum Erliegen kommen.

Projekthalte und Zielsetzungen

Mit dem Forschungsprojekt wird darauf abgezielt, konkrete Demonstrationsvorhaben zu identifizieren und individuell abgestimmte Maßnahmen zur CO₂-reduzierten Baustellenführung vorzubereiten. Aus derzeitiger Sicht ist eine komplett CO₂-neutrale Baustelle ohne Kompensation noch teuer und in den meisten Fällen gar nicht möglich. Andererseits können geringfügige Einsparungen und Kompensation rasch und einfach erreicht werden. Daher wird das konkrete Ziel für die Demo-Baustellen wie folgt definiert: 20 % reale Einsparungen auf den Demo-Baustellen vor Kompensationsmaßnahmen. Die Summe der Maßnahmen, die getestet und so für die breite Anwendung in der Praxis vorbereitet werden, sollen die Voraussetzungen für eine CO₂-neutrale Baustellenführung (ohne Kompensation) bis 2040 als Standard schaffen.

Methodische Vorgehensweise

Die Grundlagen wurden anhand umfangreicher Online-Recherchen und Befragungen ermittelt. Zur Erhebung der Stimmung in der Baubranche wurde eine Online-Umfrage zum Klimaschutz im Bauwesen durchgeführt. Die Beobachtung einer Pilotbaustelle mit ausgewählten Maßnahmen hat geholfen, die Risiken besser zu verstehen und einschätzen zu können. Die Sondierung selbst erfolgte hauptsächlich durch einen Online-Workshop mit Anbietern innovativer Technologien zur CO₂-Reduktion sowie potenziellen Bauherr:innen.

¹ Taxonomiefähigkeit wird die Bestimmung bezeichnet, dass eine Wirtschaftstätigkeit gemäß EU-Taxonomie-Verordnung (2020/852) als ökologisch nachhaltig einzustufen ist.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Mitarbeiter:innen der Baubranche wünschen sich mehrheitlich ein klimaverträgliches Agieren der Bauindustrie. Die Mobilitätswende am Bau ist kostspielig, öffentliche Förderungen dafür sollten erhöht werden. Die wesentlichen Technologien – insbesondere alternative Antriebssysteme – für eine Systemwende hin zur Nachhaltigkeit am Bau sind bereits verfügbar, der Markt ist jedoch (noch) nicht gesättigt. Große Baugeräte werden in absehbarer Zeit nicht substituiert werden; sie könnten eine Nische für E-Fuels oder Bio-Fuels bieten. Durch den massiven Ausbau in Wasserstoff-Infrastruktur könnte sich dieser bei Vorhandensein von ausreichend grünem Wasserstoff als ein Antrieb der Zukunft von LKWs durchsetzen. Die Verankerung von Klimaschutz im Bauwesen ist im Bundesvergabegesetz gut gewählt.

Das Bundesvergabegesetz bietet Möglichkeiten zur Berücksichtigung ökologischer Aspekte in öffentlichen Ausschreibungen bzw. im Zuge öffentlicher Vergabeverfahren, z.B. durch die Formulierung von Bedingungen im Leistungsvertrag und die Heranziehung entsprechender Zuschlagskriterien. Im Bauvertrag sind Pönaleregulungen zu verankern, die schlagend werden, wenn der Unternehmer seinen Leistungsversprechen, wie etwa die Einhaltung zugesagter ökologischer Maßnahmen, nicht nachkommt.

Als Demonstrationsbaustelle wurde im Zuge des Projektes eine Wohnbau-Baustelle in Feistritz (Kärnten) ausgewählt. Das geplante Objekt umfasst zwei Wohngebäude mit jeweils 18 Wohnungen auf drei Obergeschoßen und einem Untergeschoß. Die Brutto-Grundfläche pro Gebäude beträgt in etwa 1.150 m². Geplanter Baubeginn ist im Herbst 2023 und die Bauzeit beträgt zwei Jahre. Die Maßnahmen, welche ausgewählt wurden, um die Emissionen zu reduzieren, umfassen energieeffiziente Baucontainer mit Einsatz von Photovoltaik, Batterien, Ladestationen, Einsatz von E-LKWs, eine Optimierung der Baustellentransporte sowie die Verwendung von UZ46-zertifiziertem grünen Strom für die restliche benötigte Energie.

Die Risikovererhebung ergab, dass eine ausreichende Anschlussleistung, wie bereits im Vorgängerprojekt vermutet, essenziell für das Gelingen einer Baustelle mit elektrisch betriebenen Geräten ist. Ferner ist beim Einsatz elektrischer Baugeräte vorab genau zu prüfen, ob die (Dauer-)Leistung des Elektrogeräts für das Vorhaben ausreichend ist. Das Monitoringkonzept sollte für einen effizienten Ablauf vor Baubeginn eigens an die realen Umstände angepasst werden. Das genaue Vorgehen der Messung und die Berechnungsmethode für Emissionen sowie Einsparungen werden vor Baubeginn vertraglich festgelegt.

Ausblick

Der nächste Schritt, um die Klimaziele der österreichischen Bundesregierung umsetzen zu können, ist die Ausschreibung und der Testbetrieb der Demonstrationsbaustellen. Die Erkenntnisse daraus können verwendet werden, diese Baustellen zu optimieren, Leistungsverluste zu erkennen und diese gegebenenfalls durch einen Optimierungsprozess auszugleichen.

Weiters sollte die Bilanzierung von Bauvorhaben genauer erforscht werden, um durch standardisierte Bewertungssysteme den Einfluss auf die Umwelt frühzeitig zu erkennen. Einheitliche, transparente und österreichweit abgestimmte Nachhaltigkeitsbewertungen könnten somit eine Entscheidungsgrundlage für Projekte und einen wesentlichen Eckpfeiler für das Erreichen von Umwelt- und Nachhaltigkeitszielen darstellen.

2 Abstract

Motivation and research question

The previous research project "CO₂ neutral construction site" identified numerous measures to reduce CO₂ emissions in the erection phase of buildings. In the exploratory project, the testing of measures on specific construction sites in Austria should be prepared in a large number. A wide range of organizational measures, technical developments, and the generation and purchase of renewable energy can be used to gain a significant amount of experience and knowledge from practical tests. The next logical step was to create the prerequisites to apply them collectively to different types of construction sites in the future and thus to handle the first CO₂-neutral construction sites without compensation by 2030.

Initial situation/status quo

Due to the approaching climate disaster, which became evident at the latest by the accumulation of extreme weather events in the entire northern hemisphere at the end of the project (July 2023), there is no longer any justification for missing the climate targets. The building sector has improved greatly in recent years and decades compared to the agricultural and transport sectors. However, in the specific case, construction processes must improve continuously, not least due to the European "Green Deal" established in 2019, so that they remain taxonomy-capable² – and thus financeable – and do not come to a standstill as a "stranded asset."

Content and Goals

The research project aims to identify concrete demonstration projects and develop individually tailored measures for carbon-reduced construction sites. From today's perspective, a completely carbon-neutral construction site without any compensation measures is still costly and, in most cases, not even possible. On the other hand, minor savings and compensation can be achieved quickly and easily. For this reason, the specific target for the demonstration building sites has been defined as follows: 20 % real savings on the demo sites before compensation measures. The sum of measures, which are tested in practice and are thus prepared for a broad application, should create the requirements for a carbon neutral construction site (without compensation) as a standard by the year 2040.

Methodology

Basic information has been gathered through extensive online research and interviews. An online survey on climate protection in the construction industry was carried out to gauge the industry's mood. The observation of a pilot construction site with selected measures helped gain a better understanding and assessment of the risks involved. The actual probing was mainly conducted through an online workshop with providers of innovative technologies for CO₂ reduction and potential building owners.

² Taxonomy compliance refers to the determination that an economic activity qualifies as environmentally sustainable under the EU Taxonomy Regulation (2020/852).

Results and Conclusions

The majority of employees in the building and construction industry are in favor of the climate-friendly behavior of the construction industry. Switching to sustainable construction is costly, and public funding should be increased. Climate-friendly technologies, especially alternative propulsion, are already available, however, the market is not saturated (yet). There is no replacement for large construction equipment in the foreseeable future, but there could be a niche for e-fuels or bio-fuels. Massive expansion of hydrogen infrastructure could make H₂ the future for powering trucks, provided that enough green hydrogen is available. The anchoring of climate protection in construction is well chosen in the Austrian Federal Procurement Act Of 2018 (referred to as "Bundesvergabe-gesetz 2018").

The Bundesvergabe-gesetz 2018 offers opportunities to consider ecological aspects in public tenders or during public procurement procedures, e.g., by formulating conditions in the contract and corresponding award criteria. Penalty clauses should be included in the construction contract. These apply if the contractor fails to meet the performance commitments, such as compliance with promised environmental measures.

During the research project, a residential building site in Feistritz (Carinthia) was chosen as a demonstration site. The proposed site consists of two residential buildings, each with 18 apartments on three upper floors and a basement. The gross floor area per building is about 1,150 m². The estimated start of construction will be in the fall of 2023, and the construction period is two years. Measures selected to reduce emissions include using energy-efficient containers with photovoltaics, batteries, charging stations, e-trucks, optimizing site transportation, and using certified green electricity for the rest of the required energy.

As was already assumed in the previous project, the preliminary risk assessment showed that a sufficient connected load is a prerequisite for the success of a construction site with electrically operated equipment. Moreover, when using electrical construction equipment, it must be checked beforehand whether the (permanent) power of the electrical equipment is sufficient for the project. The monitoring concept should be adapted to the actual conditions before construction starts for an efficient process. The exact measurement procedure and the calculation method for emissions and savings are contractually defined before construction begins.

Outlook

The next step in achieving the Austrian government's climate goals will be to tender and test the demonstration sites. The results can be used to optimize these sites, to identify performance losses, and, if necessary, to make up for these losses through an optimization process.

In addition, life cycle assessment of construction projects should be studied more closely to identify environmental impacts early using standardized evaluation systems. This way, consistent, transparent, and nationally coordinated sustainability assessments can serve as a basis for project decisions and a key element in achieving environmental and sustainability targets.

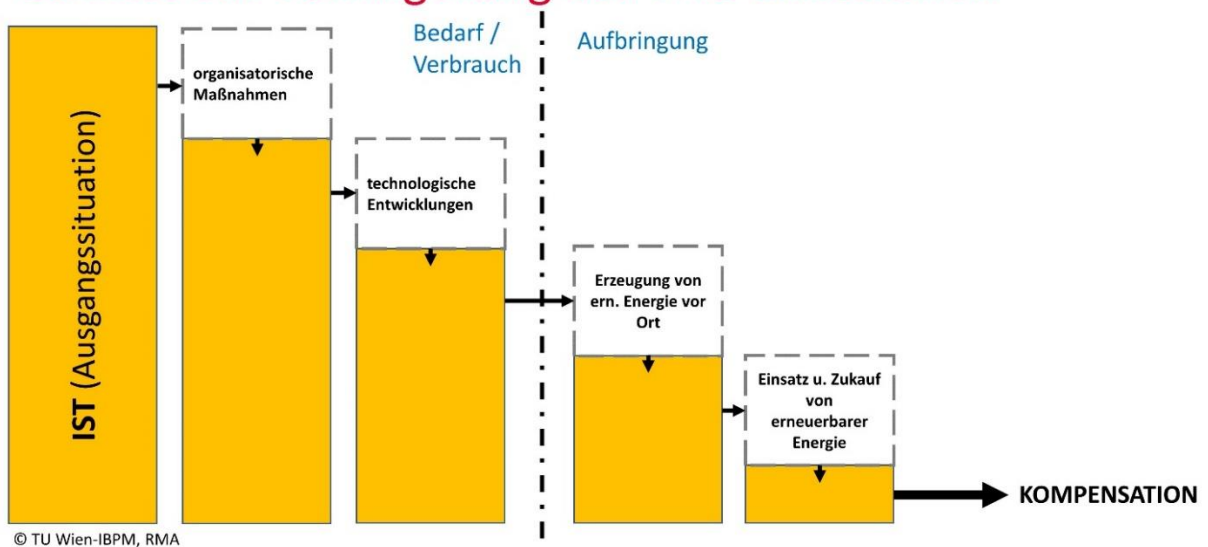
3 Ausgangslage

3.1. Motivation

Im Vorgängerprojekt „CO₂ neutrale Baustelle“ [1] wurden viele Maßnahmen zur Verringerung der CO₂-Emissionen in der Errichtungsphase von Bauwerken identifiziert. In dieser Sondierung wird nun die Testung von Maßnahmen auf konkreten Baustellen in Österreich in großer Anzahl vorbereitet. Die breite Aufstellung von organisatorischen Maßnahmen, technischen Entwicklungen, Erzeugung von erneuerbarer Energie und Zukauf von erneuerbarer Energie ermöglicht es, zahlreiche Erfahrungen und Erkenntnisse aus den Praxistests zu gewinnen, um eine optimale Auswahl für die Umsetzung und die konkrete Baustelle zu treffen. So werden die Voraussetzungen geschaffen, diese in Zukunft auf unterschiedlichen Baustellentypen in der Gesamtheit anwenden zu können und damit erste CO₂-neutrale Baustellen ohne Kompensation bis 2030 und CO₂-Neutralität als Standard bis 2040 zu erreichen.

Abbildung 1: Weg zur CO₂-neutralen Baustelle [1]

Schritte zur Verringerung der THG-Emissionen



Die Erreichung einer CO₂-neutralen Baustelle gliedert sich in fünf Schritte (siehe Abbildung 1), wobei vier davon zur Verringerung der Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) beitragen. Die Schritte zur Reduktion der CO₂-Emissionen sind organisatorische Maßnahmen, technologische Entwicklungen, Erzeugung von erneuerbarer Energie auf der Baustelle und der Zukauf von erneuerbarer Energie. Als fünfter Schritt sind verbleibende CO₂-Emissionen finanziell zu kompensieren werden.

3.2. Projektziel

Das Ziel der Sondierung ist die Vorbereitung konkreter Demonstrationsvorhaben für CO₂-neutrale Baustellen. Aus derzeitiger Sicht ist eine CO₂-neutrale Baustelle ohne Kompensation nicht ökonomisch.

misch vertretbar bzw. in den meisten Fällen gar nicht möglich. Andererseits sind geringfügige Einsparungen und Kompensation rasch und einfach möglich. Daher wird das konkrete Ziel für die Demo-Baustellen wie folgt definiert: mindestens 20 % reale Einsparungen je Demo-Baustelle, bevor Kompensationsmaßnahmen ergriffen werden. Die Summe der Maßnahmen, die getestet und so für die breite Anwendung in der Praxis vorbereitet werden, verfolgen das Ziel, die Voraussetzungen CO₂-neutrale Baustellenführung (ohne Kompensation) bis 2040 als Standard zu schaffen.

3.3. Vorarbeiten

Als Grundlage für das Sondierungsprojekt dient die Studie „CO₂ neutrale Baustelle“ von 2021. In jener Studie erfolgt eine ausführliche Recherche über nationale und internationale Vorarbeiten sowie den Stand der Technik bis inklusive 2021 [1, S. 15–18]. Darin wurden hauptsächlich unterschiedliche abgeschlossene Baustellentypen hinsichtlich ihres CO₂-Abdruckes unter Berücksichtigung/Anlehnung an die gängigen Normen [2]–[6] analysiert. CO₂-Einsparpotentiale wurden im Bereich Digitalisierung [7], [8], erneuerbarer Kraftstoffe [9]–[13], alternative Bauverfahren und innovative Möglichkeiten der Bauheizung [14]–[16], Produktivitätssteigerung [17]–[19], Herstellung erneuerbarer Energien und Verwendung von nachhaltig produziertem Strom [20] sowie Stellschrauben im Bestbieterverfahren [21] identifiziert und Zukunftsszenarien für fiktive Baustellen erstellt. Dadurch wurden Hemmnisse sowie Weiterentwicklungs- und Forschungsbedarf für die „CO₂ neutrale Baustelle“ erkannt. Aus diesen Erkenntnissen leiten sich sowohl die Motivation als auch die Problemlagen und das Innovationsziel [22] für diese Sondierung ab: Testung und Evaluierung der Praxistauglichkeit der Maßnahmen auf konkreten Baustellen, Quantifizierung der dadurch erzielten Einsparungen und daraus Ableitung von Empfehlungen für zukünftige Baustellen.

Seitdem beschäftigen sich die Konsortialpartnerinnen (Ressourcen Management Agentur und TU Wien) – unter anderem aufgrund des massiven Feedbacks zur Studie – intensiv mit der Thematik CO₂-Einsparungen im Baubetrieb. Neben dem gegenständlichen Sondierungsprojekt folgten Veröffentlichungen in nationalen [23], [24] und internationalen [25] Journals, die Mitarbeit in mehreren nationalen Arbeitskreisen zu dem Thema sowie die Mitarbeit im FFG-geförderten Projekt „LZ Infra“ zur Öko-Bilanzierung von Verkehrsinfrastrukturprojekten unter der Leitung der Österreichischen Bau-technik Vereinigung (ÖBV). Neben den im Zuge des Vorgängerprojekts entstandenen Abschlussarbeiten [26], [27] entstanden am Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft der TU Wien insgesamt 2 Bachelorarbeiten, 10 Diplomarbeiten und 1 Projektarbeit, die alle entweder abgeschlossen sind oder kurz vor dem Abschluss stehen. Die Themen reichen von der weiteren Erforschung der Rahmenbedingungen für CO₂-reduziertes Bauen (Potenziale fossil-freier Baustellen, Auflistung alternativ betriebener Baugeräte – siehe dazu die Liste im Anhang, Potenziale energieautarker Baustellencontainer, EU-Taxonomie im Bauwesen) bis hin zu Spezifikationen von nachhaltigem Bauen bei unterschiedlichen Arten von Bauprojekten (Asphaltstraßenbau, Spezialtiefbau, Baustelleneinrichtung, Hochbau, Geothermie-Bohrungen, Kabelleitungsbau) bzw. deren Subkategorien (Baustelleneinrichtung, Rücklaufschlammbehandlung). Nebenbei wurde mit großem Interesse das Projekt „CO₂-neutralste Baustelle“ des Weinguts Gruber-Röschitz im niederösterreichischen Röschitz verfolgt und von der TU Wien bilanziert. Bei den Erdbauarbeiten³ für einen neuen Weinkeller wurden knapp 90 % des CO₂ im Baubetrieb durch den Einsatz von HVO100 und lokale Verwertung des Aushubmaterials eingespart.

³ Betrachtet wurden lediglich Aushub und Verfuhr des Aushubmaterials, ohne die Arbeiten der Hochbau- und Landschaftsgestaltungsgewerbe.

[28] Eine weitere wesentliche Grundlage für die rechtlichen Teile der vorliegenden Studie bildet die zwischenzeitlich abgeschlossene Dissertation von Co-Autorin Dr.ⁱⁿ Jacqueline Raab [29], deren Erkenntnisse von sozialen auf ökologische Kriterien umgelegt wurden.

Außerhalb des Konsortiums ist im Bereich CO₂-reduziertes Bauen vor allem das ebenfalls 2021 abgeschlossene FFG-Projekt „DECARBONISATION FIRST“ (FFG-Nr 4093175) zu nennen. Dieses „*liefert ein wesentliches Instrument[,]* die im Zuge eines Bauvorhabens eingesetzten Ressourcen entlang der betroffenen Wertschöpfungsketten umweltgerechter auszugestalten. Künftige Investitionsentscheidungen können hinsichtlich deren Auswirkungen auf den Klimawandel rechnerisch vergleichbar und ökologisch optimierbar gemacht werden (...).“ Zusätzlich lässt es Untersuchungen verschiedener Varianten durch CO₂-Bilanzierung ganzer Bauvorhaben zu. [30]

3.4. Abgrenzung zu Vorgänger- und Nachfolgerprojekt

Das gegenständliche Sondierungsvorhaben baut auf der Studie des Vorgängerprojektes „CO₂ neutrale Baustelle“ derselben Konsortialpartnerinnen aus dem Jahr 2021 auf. Ziel der Sondierung ist die Realisierung einer CO₂-neutralen Baustelle. Die Abgrenzung der Inhalte aus dem Vorgängerprojekt, dem gegenständlichen Sondierungsprojekt und einem eventuellen Folgeprojekt ist in Tabelle 1 übersichtlich dargestellt:

Tabelle 1: Abgrenzung zu Vorgänger- und Nachfolgerprojekt

| Vorgängerprojekt | Sondierung | Folgeprojekt(e) |
|---|---|---|
| 1. Klimaverträglichkeitsbeauftragten | | |
| Notwendigkeit erkannt | Aufgabenbereich erarbeitet, Ausbildungsmöglichkeiten definiert | Klimaverträglichkeitsbeauftragter installiert |
| 2. Baurecht / Vergabe / Vertrag | | |
| Nicht behandelt | Ausschreibungs- und Vertragstexte für Demo-Projekte erarbeitet, Stärkung der Klimaverträglichkeitskriterien | Aufnahme der Vertragsbausteine in den Unterlagen zu Ausschreibung und Vergabe |
| 3. Energieautarker Baustellencontainer | | |
| Baucontainer als großer Verbraucher identifiziert, Möglichkeiten der Energieeinsparung recherchiert | Konzeption erarbeitet, KMUs und Forschungspartner:innen zur Umsetzung gefunden | Baustellencontainer energieautark betrieben und Energieflüsse gemessen |

| Vorgängerprojekt | Sondierung | Folgeprojekt(e) |
|--|--|---|
| 4. Neuartige Baumaschinen und Bauverfahren | | |
| Tiefgehende internationale Recherche durchgeführt, Kosten/Nutzen anhand Literatur analysiert | Integrationsmöglichkeiten im Baustellenbetrieb mit Partnerunternehmen erhoben, Energiemanagement konzipiert | Einsatz im Baustellenumfeld getestet, Risiken und Chancen anhand Praxiserfahrungen erhoben, CO2-Indikatoren erforscht |
| 5. Baustellentransporte | | |
| Hoher Anteil am Gesamtenergiebedarf erkannt, alternative Antriebstechnologien recherchiert | Alternative Transportmittel und Logistikkonzepte erhoben, Machbarkeit für geplante Demo-Projekte überprüft | Alternative Antriebe und/oder Transportmittel und/oder Logistikkonzepte angewendet und evaluiert |
| 6. Erzeugung erneuerbarer Energie auf Baustellen | | |
| Grundlagen erhoben, Einsparpotentiale für 4 fiktive Baustellen durch PV-Folien abgeschätzt | Installation und Monitoring für Demo-Baustellen geplant, Risiko und Kosten abgeschätzt | Installation und Monitoring von Energieerzeugung auf Demo-Baustellen. Kosten, Eigen-Nutzungsgrade, Einsparungen ermittelt |
| 7. Verwendung grünen Stroms | | |
| Kosten/Nutzen erhoben | Industriepartner:innen über Nutzen und Kosten grünen Stroms UZ 46 informiert, Mehrkosten abhängig von Energiebedarf der geplanten Demo-Baustelle erfasst | Umstieg auf ein UZ46-Stromprodukt für den Baustrom bei der Demo-Baustelle erfolgt (nicht forschungsrelevant) |
| 8. Kompensation | | |
| Notwendigkeit der Kompensation bis 2040 festgestellt, österreichische Anbieter evaluiert | Maximaler Anteil zur Kompensation für CO ₂ -neutrale Baustellen mit Industriepartner:innen abgestimmt | Kompensation (nicht forschungsrelevant) |

4 Projektinhalt

Wie bereits in Kapitel 3 beschrieben, fundiert das Sondierungsprojekt auf der Studie „CO₂ neutrale Baustelle“ von 2021 derselben Konsortialpartnerinnen. Sämtliche Begrifflichkeiten, Definitionen, Systemgrenzen etc. werden von der vorhergehenden Studie übernommen. Im gegenständlichen Sondierungsvorhaben erfolgt die Vorbereitung für die Umsetzung konkreter, innovativer CO₂-neutraler Baustellen:

- In – letztlich einem – ausgewählten Demonstrationsprojekt sollen möglichst viele organisatorische und technische Maßnahmen in der Realität (Feldforschung) getestet werden. Hierbei liegt der Schwerpunkt auf Maßnahmen mit hohem und mittlerem Risiko und hohem Innovationsgehalt.
- Kostenwahrheit neuer Technologien werden anhand realer Ausführungsbeispiele betrachtet.
- Synergieeffekte zwischen Emissionseinsparungsmaßnahmen, Digitalisierung und Baubetrieb werden als Chance für einen ökoeffizienten Bauablauf erhoben.
- Praxistauglichkeit neuartiger Baumaschinen und Bauverfahren wird im interdisziplinären Umfeld mit Hersteller:innen, Bauunternehmer:innen und Anwender:innen mit Hilfe von Expert:innen-Interviews erfasst; Messungen werden durchgeführt.
- Der Maßnahmenkatalog für planende und ausführende Unternehmen zur Unterstützung der Umsetzung CO₂-neutraler Baustellenführung wird ergänzt.
- Umsetzbarkeit CO₂-neutraler Baustellenführung; insbesondere die Erzeugung erneuerbarer Energie auf der Baustelle wird untersucht.

In der Sondierung wurden die Potentiale von Maßnahmen zur Dekarbonisierung von konkreten Baustellen durch Vermeidung von Energiebedarf einerseits und durch Verlagerung auf erneuerbare Energiequellen andererseits ermittelt. Parallel dazu wurden potenzielle Baustellen recherchiert, identifiziert und die Möglichkeit eruiert, als Pilotprojekte angewandt zu werden. Somit wurden erste Schritte getroffen, diese an einer realen Baustelle zu testen und die Einsparungen zu berechnen, zu planen, umzusetzen, zu monitoren und zu evaluieren. Mehrwerte, wie etwaige Kosten- und Nutzen-Vorteile einer CO₂-neutralen Baustelle wurden aufgezeigt. Bauträger:innen, Planer:innen, Ausführende sowie Hersteller:innen von Baugeräten und Energieerzeugungsanlagen wurden in den Sondierungsprozess eingebunden, um einerseits geeignete Demo-Baustellen vorzubereiten und andererseits Kosten-Nutzen-Risiko-Abschätzungen zu präzisieren sowie den Entwicklungsbedarf für diverse Technologien im folgenden Demo-Projekt zu konkretisieren. Um dem Projektziel der Vorbereitung CO₂-neutraler/-reduzierter Baustelle(n) zu entsprechen, wurden die Rahmenbedingungen für ein derartiges Vorhaben ausgelotet:

- Zur Erhebung eines Stimmungsbildes in der Baubranche wurde eine Online-Umfrage durchgeführt, analysiert und ausgewertet.
- Die vergabe- und vertragsrechtlichen Grundlagen hinsichtlich der Berücksichtigung ökologischer Aspekte, insbesondere für öffentliche und somit an das Bundesvergabegesetz (BVerG) gebundene Auftraggeber:innen (AG), wurden erhoben und erörtert.
- Bestehende Möglichkeiten der Zertifizierung des Baubetriebes wurden recherchiert und miteinander verglichen.
- Bestehende Flottenmanagementsysteme wurden miteinander verglichen.
- Eine Recherche über Anbieter innovativer Technologien: Grüner Strom, Einsatz von PV-Paneelen und Kleinwindrädern, Elektro- bzw. H₂-Großfahrzeuge. Diese Recherche legte den

Grundstein für spätere Einsparmaßnahmen im Demonstrationsprojekt sowie für die Berechnung der daraus resultierenden CO₂-Einsparungen an der konkret ausgewählten Pilotbaustelle im Demonstrationsprojekt.

- Eine weitere Recherche möglicher repräsentativer zukünftiger Demonstrationsbaustellen wurde unternommen
- Potenzielle Bauherr:innen wurden kontaktiert. Dieser Schritt führte zur Auswahl der konkreten Demonstrationsbaustelle im vorliegenden Projekt.
- Auf Basis des gewählten Projektes erfolgte die Auswahl der Maßnahmen, die Berechnung der CO₂-Einsparungen und Mehrkosten sowie die Ermittlung der Risiken.
- Die Möglichkeit eines energieautarken Baucontainers wurde in Form einer Machbarkeitsstudie ausgelotet.

4.1. Methodik der Umfrage

Zwischen 24.10. und 14.11.2022 wurde eine Online-Umfrage (Microsoft Forms) zum Klimaschutz im Bauwesen durchgeführt, die an 874 Kontakte der TU Wien und RMA aus unterschiedlichen Tätigkeitsbereichen der Baubranche erging. 107 Umfragen wurden im Teilnahmezeitraum abgeschlossen (Rücklaufquote 12,2 %). Sowohl offene Fragen als auch Fragen mit Einzel- und Mehrfachauswahl konnten beantwortet werden.

Die Ergebnisse sind in vier Themenbereiche untergliedert:

- Personen- und unternehmensspezifische Angaben
- Stimmungslage zum Klimaschutz im Bauwesen
- Rechtliche Rahmenbedingungen und Hemmnisse
- Abschließendes

Die detaillierten Fragestellungen, die Antwortmöglichkeiten sowie eine Auswertung befinden sich im Anhang.

4.2. Methodik der Grundlagenerhebung

4.2.1. Vergabe und Vertrag

Um vergabe- und vertragsrechtliche Grundlagen zu erheben, wurde zunächst das BVergG 2018 hinsichtlich Bestimmungen zur Berücksichtigung ökologischer Aspekte in öffentlichen Ausschreibungen und im Zuge öffentlicher Vergabeverfahren analysiert. Die entsprechenden Paragraphen wurden gesammelt und deren Kerninformation extrahiert. Die Daten wurden mit vorhandener Literatur abgeglichen und stellenweise um wesentliche Informationen ergänzt. Kontaktierte Vergaberechtsexpert:innen (Anwaltskanzlei mit Sitz in Wien) ermöglichten einen Einblick in die textliche Verankerung ökologischer Themen in Bauverträgen. Daraus konnten einige Beispieltex-te für das gegenständliche Forschungsprojekt abgeleitet werden.

4.2.2. Flottenmanagementsysteme

Die Erfassung des Ist-Zustandes bzgl. Flottenmanagementsystemen erfolgte über eine umfassende Online-Recherche. Dabei wurden die geläufigsten Anbieter solcher Systeme ausfindig gemacht. Die Webseiten der Anbieter wurden im nächsten Schritt anhand projektrelevanter Kriterien durchsucht. Die Ergebnisse der Recherche wurden in einer Tabelle festgehalten, sodass eine Übersicht der Leistungen der einzelnen Anbieter möglich ist.

4.2.3. Zertifizierungsmöglichkeiten

Am Anfang der Recherche galt es zu klären, welche Zertifizierungssysteme für Bauwerke national und international in Verwendung sind. Weiters wurden die fünf speziell in Österreich zum Einsatz kommenden Systeme, klimaaktiv, ÖGNB, DGNB, LEED und BREEAM, anhand ihrer Zertifizierungskriterien untersucht. Der Fokus lag drauf, ob und wie der Baubetrieb in das Bewertungssystem einfließt. Da der Schwerpunkt der meisten Zertifizierungen auf der Nutzung des Bauwerks liegt, werden abschließend mögliche Beispiele für Unterkategorien ausgearbeitet, die dem Baubetrieb in Zukunft mehr Sichtbarkeit in Bewertungssystemen verschaffen sollen.

4.2.4. Innovative Technologien

Innovative Technologien im Bereich alternativer Transport- und Versorgungsmöglichkeiten wurden zum einen durch eine umfassende Online-Recherche und zum anderen durch die Kontaktaufnahme bzw. Interviews mit diversen Technologieanbietern ermittelt. Daraus ergaben sich zahlreiche Daten zu wasserstoff- und elektrobetriebenen Großfahrzeugen, alternativen Kraftstoffen sowie zur Erzeugung erneuerbarer Energie auf Baustellen.

Zur Erstellung der Datenbank für Baugeräte mit alternativen Antrieben waren folgende Schritte notwendig: Auswahl repräsentativer Kennwerte der Baumaschinen, akquirieren von Daten durch Internetrecherche, sammeln, dokumentieren und auswerten der erhaltenen Daten.

Bei der Auswahl der gewählten Daten galt es zu beachten, dass durch die verschiedenen Einsatzgebiete der Baumaschinen unterschiedliche Kennwerte für den jeweiligen Maschinentyp von Relevanz sind. Die Kennwerte lassen sich in zwei grobe Kategorien einteilen: 1. Allgemeine Informationen, wie z. B. Gerätename und Hersteller und 2. Technische Spezifikationen, wie z. B. Motorleistung und Antriebsart. Die Erfassung von Kennwerten, die spezifisch für das Tätigkeitsfeld der Baumaschine sind, wie z. B. Löffelinhalt, Traglast und Nutzlast, gestaltete sich schwierig, da die Angaben unter demselben Hersteller stark variieren konnten.

4.3. Methodik der Machbarkeitsstudie für energieautarken Baucontainer

Um Energieautarkie zu erreichen, ist es notwendig, mindestens so viel Strom zu produzieren, wie benötigt wird. Je nach betrachtetem Zeitraum muss dieser, um Spitzen abdecken zu können, zwischengespeichert werden können. Da dies zumindest technisch kein Problem darstellt, konzentriert sich die Untersuchung ausschließlich auf den Stromverbrauch und die Potentiale der Stromproduktion.

Die Stromverbräuche eines Bürocontainers wurden anhand von Messungen in einem Bauleitungscontainer einer Gleiserneuerungs-Baustelle in Wien Landstraße im Sommer 2022 sowie im selben Container bei einer weiteren Gleisbaustelle in Wien Simmering im darauffolgenden Herbst/Winter ermittelt. Zusätzlich wurden drei Container einer Wohnbau-Baustelle in Kaltenleutgeben (Bezirk Mödling) gemonitort. Im Zuge dessen wurden die größten Verbraucher sowie Potentiale für Einsparungen identifiziert. Die genauen Ergebnisse werden demnächst in einer Diplomarbeit, verfasst an der TU Wien, publiziert. Für die Machbarkeitsstudie genügt es, den durchschnittlichen Verbrauch der Bürogeräte sowie Spitzenverbräuche der Klimaanlage und Heizung zu kennen. Im Baustellencontainer kam als Server ein Raspberry Pi 400 zum Einsatz. Zur Messung auf Stromkreis- bzw. Geräteebene und Steuerung wurden Relais und Smart-Plugs des Unternehmens Shelly verwendet.

Die Potentiale der Stromproduktion aus erneuerbaren Quellen beschränken sich defacto auf Photovoltaik. Hierfür wurden für den spezifischen Ertrag (kWh pro kWp pro Monat) Literaturwerte verwendet und für die kWp je Container Herstellerwerte von einem im Rahmen der Sondierung eruierten Anbieter (Solarframe) verwendet.

4.4. Methodik der Risikovererhebung

Anhand zweier Gleisbaustellen, die mit Maßnahmen zur CO₂-Reduktion durchgeführt wurden, wurden einige Risiken erfasst, die bei den Demo-Baustellen schlagend werden können. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse stützen sich zum Teil auf Gespräche mit Beteiligten vor Ort sowie Mitarbeiter:innen der Bauherrin, zum anderen Teil auf eigene Überlegungen bzw. Schlussfolgerungen und sind rein qualitativer Natur.

Weitere Risiken wurden anhand der identifizierten realen Baustelle (Demonstrationsbaustelle im Nachfolgeprojekt) sowie der Sammlung möglicher Maßnahmen identifiziert und evaluiert. Dabei wurde jede Maßnahme hinsichtlich möglicher Gefährdung ihrer Umsetzung einzeln analysiert. Somit ergab sich eine Übersicht der zu berücksichtigenden Risiken.

4.5. Methodik des Monitoringkonzeptes

Aus dem Vorgängerprojekt ist bekannt, dass mind. folgende Verbräuche zu erheben sind:

- Der gesamte Stromverbrauch auf der Baustelle [kWh].
- Der Diesel-Verbrauch der Großgeräte auf der Baustelle (wenn möglich, je Großgerät und Prozess) [l], [h], [l/h].
- Die Tonnenkilometer der massenreichsten Baumaterialien inkl. der jeweils verwendeten Transportmittel [tkm]: Massenermittlung Baumaterialien (Bilanzgrenze BG3 nach OI3 + Bodenaushub) und Transportdistanzen und -mittel von 95 % dieser Massen. (Anmerkung: Von vergleichbaren bereits realisierten Baustellen ist bekannt, dass rund 95 % der transportierten Massen in das Gewerk Baumeister fallen. Daher konzentrieren sich die Erhebungen auf dieses Gewerk.)

Im Demonstrations-Projekt werden Maßnahmen zur Reduktion der THG-Emissionen gesetzt. Um die Einsparung von THG-Emissionen durch diese Maßnahmen berechnen zu können, müssen weitere

spezifische Daten der einzelnen Verbraucher und Erzeuger erhoben und diese anschließend vergleichbaren Literaturdaten (ohne Maßnahmen) gegenübergestellt werden. Dazu sind aus derzeitiger Sicht mind. folgende Messdaten zusätzlich zu erheben:

- Der Stromverbrauch einzelner, relevanter Verbraucher je nach Bedarf (z. B. Baustellencontainer oder eLKW) [kWh]. Die Daten werden über moderne Messeinrichtungen, wie Smartmeter und/oder das Online-Datenportal des Batteriespeichers erhoben.
- Die Stromproduktion der PV-Paneele, die Eigennutzung, die Einspeisung in die Batterie, die Netzeinspeisung und der Zukauf von (UZ46-)Strom [kWh]. Datenerhebung durch in PV-Paneele eingebautes Mikro-Wechselrichtersystem, Batteriespeicher, Baustromverteiler etc.

4.6. Methodik der Projektauswahl

Das Identifizieren möglicher Bauprojekte erfolgte durch Recherche möglicher Baustellen, nachfolgender Kontaktaufnahme mit Unternehmen aus der Baubranche sowie durch Diskussionen sowohl mit Unternehmen, die am Workshop (06.10.2022) teilnahmen als auch mit jenen aus dem Partnernetzwerk der Konsortialpartnerinnen. Bei den kontaktierten Unternehmen handelte es sich entweder um Bauunternehmen oder um Hersteller:innen der im F&E-Projekt bereits identifizierten Maßnahmen.

In die engere Auswahl kamen acht potenzielle Demo-Bauvorhaben:

- Real-Treuhand Projekt und Bauträger GmbH: Abbruch ehemaliges XXXLutz-Gebäude (Goethestraße 58, 4020 Linz) und Errichtung einer neuen Raiffeisen-Zentrale; Schadstofferkundung fertig
- Real-Treuhand Projekt und Bauträger GmbH: Abbruch und Nachnutzung des ehemaligen Nestle-Gebäudes (Europaplatz 4, 4020 Linz)
- Österreichische Post: Postgebäude neben Hauptbahnhof Linz (OÖ): Abbruch, Schad- und Störstofferkundung fertig, Bauausschreibung noch nicht veröffentlicht
- ASFiNAG:
 - o Abbruch Häuserzeile Waldeggstraße Linz und Errichtung der Zulaufstrecke zum neuen Tunnel Freinberg (A26)
 - o Generalerneuerungen der Bestandesstrecke (A+S)/Errichtung neuer Anschlussstellen, z.B. Neubau Anschlussstelle Traun (OÖ)
 - o Linienbauwerke
- Bundesimmobiliengesellschaft (BIG/österreichweit)
- ÖBB: Dienstleistungsgebäude bzw. Bauwerke österreichweit
- 2+3 Wohnhausgebäude (2-stufiger Bau; Feistritz/Weissenstein, Ktn.) der Gemeinnützigen Bau-, Wohn- und Siedlungsgenossenschaft „meine Heimat“ (Villach)

Die CO₂-Einsparungen der Demo-Baustelle wurden mit Hilfe eines Tools (siehe Kapitel 4.5) für die einzelnen Maßnahmen prognostiziert. Die Ermittlung der Kosten für die Umsetzung erfolgte im Detaillierungsgrad eines Kostenrahmens. Gemeinsam mit CO₂-einsparenden Maßnahmen, CO₂-Emissions-Einsparungen und einem Kostenvergleich wurde ein Risk & Contingency Plan (siehe Kapitel 5.6.3) erarbeitet. Gegenstand des Sondierungsprojekts ist die Baustelle selbst und nicht die klimabezogene Leistung des Wohnbaus. Der vorliegende Risk & Contingency Plan entspricht dem Stand Februar 2023, seine Komponenten können jedoch nach erfolgter Ausschreibung für die Demonstrationsbaustelle angepasst werden.

5 Ergebnisse

5.1. Stimmungstest in der Branche – Zusammenfassung der aussagekräftigsten Resultate

Personen- und unternehmensspezifische Angaben

Rd. 39 % der Umfrageteilnehmer:innen sind in Bauunternehmen, etwa 24 % für AG von Bauleistungen und/oder baunahen Dienstleistungen und rd. 20 % in baunahen Dienstleistungsunternehmen tätig. Die übrigen Befragten teilen sich auf die Tätigkeitsbereiche „Baunebengewerbe“, „Sonstiges“, „Interessenvertretung“ und „Forschung und Entwicklung“ auf.

Knapp 61 % der Befragten gehören Großunternehmen, 14 % mittleren Unternehmen und etwa 10 % Kleinstunternehmen an. Die anderen Befragten sind zu gleichen Teilen entweder in Kleinunternehmen oder als Einzelunternehmer:in tätig.

Ein Großteil der Umfrageteilnehmer:innen verfügt über mehr als 15 Jahre Berufserfahrung in der Baubranche. 85 % der Befragten können als höchsten Bildungsabschluss einen Universitäts- oder Fachhochschulabschluss nachweisen.

Stimmungslage zum Klimaschutz im Bauwesen

Die allgemeine Einstellung der Befragten zum Klimaschutz fällt eindeutig aus: So stimmen knapp 87 % voll und ganz zu, dass Klimaschutz für die kommenden Generationen essenziell ist. Der Aussage, dass Klimaschutz überbewertet wird, stimmen knapp 65 % überhaupt nicht und rd. 23 % eher nicht zu.

Die Mehrheit ist der Meinung, dass klimaverträgliche Produkte und Dienstleistungen teurer sein dürfen. Öffentliche Finanzmittel für den Klimaschutz sollen nach Ansicht der meisten Befragten aufgestockt werden.

Ein Beitrag zum Klimaschutz wird zwar von einem Großteil der teilnehmenden Unternehmen geleistet, allerdings sind zahlreiche Befragte der Ansicht, dass dieser größer sein könnte. In den Unternehmen von ca. 70 % der Umfrageteilnehmer:innen existieren Anlaufstellen für Umwelt-Agenden. Rund 55 % stimmen voll und ganz und knapp 33 % eher zu, dass Unternehmen, die in Maßnahmen zur Reduktion der Auswirkungen auf das Klima investieren, mit Förderungen bzw. steuerlichen Begünstigungen belohnt werden sollten.

Nach Meinung der Befragten sollte in Bezug auf Klimaschutzmaßnahmen am ehesten in die Einführung neuer Technologien bzw. Geräte investiert werden, gefolgt von der Verwendung klimaschonender Materialien bzw. dem Bezug „grüner“ Energie und der Schulung von Personal.

Rechtliche Rahmenbedingungen und Hemmnisse

Ca. 39 % der Befragten stimmen eher und 37 % voll und ganz zu, dass Maßnahmen zum Klimaschutz Unternehmen gesetzlich vorgeschrieben werden sollten. Die Umfrageergebnisse lassen grundsätzlich darauf schließen, dass einige Unsicherheiten in Bezug auf die Rechtslage zum Klimaschutz im Bauwesen bestehen.

Lediglich knapp 6 % stimmen voll und ganz und etwa 20 % eher zu, dass ihre derzeitigen Verträge mit Geschäftspartner:innen Maßnahmen zum Klimaschutz beinhalten. Einige Befragte würden Unterstützung bei der vertraglichen Implementierung benötigen.

Als problematisch sehen einige, dass die Verfügbarkeit von CO₂-reduzierten Materialien und emissionsfreien bzw. -armen Maschinen am Markt derzeit kaum gegeben ist und Klimaschutzmaßnahmen mit höheren Kosten und Aufwand verbunden sind.

Abschließendes

Ausdrücklicher Wunsch einiger Befragter ist, dass Bewusstsein für die Thematik geschaffen wird. Einige sehen in der Baubranche großes Potenzial für Verbesserungen.

Die im Zuge der Umfrage gestellten Fragen, die jeweiligen Antwortmöglichkeiten sowie eine grafische Auswertung der Ergebnisse befinden sich im Anhang.

5.2. Ergebnisse der Grundlagenhebungen

5.2.1. Vergabe und Vertrag

Bei zu vergebenden (Bau)Aufträgen ist zwischen privaten und öffentlichen (Bau)Aufträgen zu unterscheiden. Letztere sind durch das BVergG 2018 reglementiert. Für die Erstellung öffentlicher Ausschreibungen und die Durchführung öffentlicher Vergabeverfahren sind demnach zahlreiche Bestimmungen einzuhalten.

Zu beachtende allgemeine Grundsätze finden sich in § 20 BVergG, wobei gegenständlich der Grundsatz der Umweltgerechtigkeit der Leistung von Bedeutung ist. Gemäß § 20 Absatz (Abs.) 5 kann die Beachtung auf die Umweltgerechtigkeit der Leistung *„insbesondere durch die Berücksichtigung ökologischer Aspekte (...) bei der Beschreibung der Leistung, bei der Festlegung der technischen Spezifikationen, durch die Festlegung konkreter Zuschlagskriterien oder durch die Festlegung von Bedingungen im Leistungsvertrag erfolgen.“* Als solche „ökologischen Aspekte“ werden unter § 20 Abs. 5 BVergG 2018 beispielhaft Energieeffizienz, Materialeffizienz, Abfall- und Emissionsvermeidung sowie Bodenschutz angeführt. Eine „grüne Vergabe“ wird durch diesen Vergabegrundsatz legitimiert.

Gemäß § 93 Abs. 2 BVergG sind Angebote für Leistungen, die in Österreich erbracht werden, unter Berücksichtigung der national geltenden umweltrechtlichen Rechtsvorschriften zu erstellen. Öffentliche AG müssen in der Ausschreibung die Einhaltung von den Unternehmen für die spätere Durchführung des Auftrages verlangen.

Umweltrechtliche Rechtsvorschriften, die Relevanz für die Erbringung von Bauleistungen haben, sind etwa das WRG 1959, das UVP-G 2000 (bzw. UVP-G-Novelle 2023), das AWG 2002, die DVO 2008, die RBV-Novelle 2016 und die Taxonomie-VO 2020.

Gemäß § 78 Abs 1 Z 5 BVergG haben öffentliche AG *„einen Unternehmer jederzeit von der Teilnahme am Vergabeverfahren auszuschließen, wenn der Unternehmer im Rahmen seiner beruflichen Tätigkeit eine schwere Verfehlung, insbesondere gegen Bestimmungen des (...) Umweltrechtes, begangen hat (...).“* Gemäß § 83 Abs. 1 BVergG 2018 ist der Unternehmer wegen mangelnder beruflicher Zuverlässigkeit nicht zur Durchführung des Auftrages geeignet.

Öffentliche AG, die eine Leistung mit spezifischen Merkmalen beschaffen möchten, können gemäß § 108 Abs. 1 BVergG *„in den technischen Spezifikationen, den Zuschlagskriterien oder den Bedingungen*

für die Ausführung des Auftrages ein bestimmtes Gütezeichen als Nachweis dafür verlangen, dass die Leistung den geforderten Merkmalen entspricht.“ Demnach können von öffentlichen AG Umweltgü-
tezeichen verlangt werden.

Bei der Vergabe öffentlicher Aufträge sind Vergabekriterien (Eignungs-, Auswahl- und Zuschlagskrite-
rien gemäß BVergG) zulässig, deren Erfüllung erst im Zuge der Leistungserbringung von AG-Seite kon-
trolliert werden kann. Damit Unternehmer davon abgehalten werden, Falschangaben im Angebot zu
machen und im Vergabeverfahren gemachte Zusagen während der Ausführung tatsächlich eingehal-
ten werden, müssen AG vertragliche Sanktionen (Pönalen) im Leistungsvertrag vorsehen. AG bzw.
deren Vertreter:innen müssen die Einhaltung der Zusagen während der Ausführung überprüfen und
die Vertragsstrafe bei Verstoß (Ausgleich von Wettbewerbsverzerrungen) durchsetzen [1, S. 152].

Bei den in Bauverträgen enthaltenen Pönaleregulungen für etwaige Verstöße wird meist ein Bezug zu
den im Vergabeverfahren lukrierten Punkten (Angebotsbewertung) hergestellt, wie anhand des
nachfolgenden Beispiels ersichtlich ist (aus J. Raab: Auswirkungen personenbezogener Vergabekrite-
rien für öffentliche Bauaufträge und öffentliche Baunahedienstleistungsaufträge auf den österreichi-
schen Bauarbeits- und Bietermarkt, Dissertation TU Wien, 2022):

$$\text{Pönale [€]} = \text{Angebotspreis [€]} \times \text{Angebotsbewertung Kriterium [\%]} \times \text{Nichterfüllung [\%]} \times 1,5$$

Beispiele für Zuschlagskriterien in öffentlichen Bauausschreibungen mit Fokus auf Klima- und Um-
weltschutz bzw. CO₂-Reduktion sind:

- Reduktion der Umweltbelastung (CO₂ etc.), z. B. Verringerung von LKW-Transport-km, Ver-
wendung von Ökostrom auf der Baustelle
- Technische Ausstattung der Geräte und Baumaschinen (z. B. bestimmte Euro-Abgas-
klasse/CO₂-Emission, Einsatz von alternativ betriebenen Geräten/Fahrzeugen)
- Verwendung von Recycling-Baustoffen
- Umweltkonzepte, z.B. Konzept zur Reduktion von CO₂ während der Bauausführung, Konzept
für das Recycling/die Verwertung von Abbruchmaterial

Das Zuschlagskriterium „Verwendung von Recycling-Baustoffen“ kann vertraglich etwa wie folgt fest-
gelegt werden:

*Das Zuschlagskriterium „Verwendung von Recycling-Baustoffen“ betrifft die Verwendung recycelter
Gesteinskörnung (Sand, Kies, Splitt) für die Betonherstellung. Der AG gewichtet dieses Zuschlagskrite-
rium mit [...] %. Bieter, die zur Betonherstellung die Verwendung von zumindest 50 % recycelter Ge-
steinskörnung nachweisen können, erfüllen dieses Zuschlagskriterium zu 100 % (maximale Zielerfül-
lung; keine „Übererfüllung“ möglich). Um für dieses Zuschlagskriterium überhaupt Punkte zu generie-
ren, ist die Verwendung von über 20 % recycelter Gesteinskörnung erforderlich. Der Zielerfüllungs-
grad jener Bieter, welche > 20 % und ≤ 50 % recycelte Gesteinskörnung für die Betonherstellung ver-
wenden, ermittelt sich durch lineare Interpolation. Eine Wertung möglicher Bieterangaben stellt sich
beispielhaft wie folgt dar:*

Tabelle 2: Beispiel zur Bewertung von Bieterangaben für das Zuschlagskriterium „Verwendung von Recycling-Baustoffen“

| | Bieter 1 | Bieter 2 | Bieter 3 | Bieter 4 |
|---|------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Bieterangabe gem. Angebot – Anteil recycelte Gesteinskörnung für Betonherstellung | 20 % | 35 % | 50 % | 60 % |
| Zielerfüllungsgrad | 0 % | 50 % | 100 % | 100 % |
| Teilnutzwert Zuschlagskriterium | Gewichtung Krit. [...] x 0 % | Gewichtung Krit. [...] x 50 % | Gewichtung Krit. [...] x 100 % | Gewichtung Krit. [...] x 100 % |

5.2.2. Flottenmanagementsysteme

Eine Übersicht über die aktuell verfügbaren Flottenmanagementsysteme wird in Tabelle 3 dargestellt. Eine detaillierte Auflistung der Programme inklusive Besonderheiten befindet sich im Anhang.

Tabelle 3: Übersicht über Flottenmanagementsysteme

| Toolname | Ortung für Geräte mit eigener Stromversorgung | Ortung für Geräte ohne eigene Stromversorgung | Disposition; Routenmanagement/-optimierung | Zeiterfassung; Auslastungserfassung | Dokumentation Kraftstoffverbrauch | Dokumentation der CO ₂ Emissionen | integrierbare Hierarchie | Wartungsmanagement | Kostenmanagement | Erstellung von Auswertungen/Berichten | Kosten pro Gerät |
|-------------------------------|---|---|--|-------------------------------------|-----------------------------------|--|--------------------------|--------------------|------------------|---------------------------------------|--------------------------------|
| Flexcavo/Trackunit | ja | ja | ja | ja | ja | o.A. | o.A. | ja | ja | ja | |
| webfleet | ja | ja | nein | ja | ja | ja | o.A. | ja | ja | ja | Miete: 12,00 €/Mo; Kauf: 150 € |
| Visionlink | ja | o.A. | nein | ja | ja | nein | o.A. | ja | ja | ja | |
| Lidat | ja | o.A. | nein | ja | ja | nein | o.A. | ja | ja | ja | |
| Aviros | nein | nein | ja | ja | ja | nein | ja | nein | ja | ja | |
| Rosenberger Telematics | ja | ja | ja | ja | ja | o.A. | o.A. | ja | ja | ja | |
| Vimcar | ja | o.A. | ja | ja | ja | ja | o.A. | nein | ja | ja | 17,80 €/Mo bis 29,90 €/Mo |

| Toolname | Ortung für Geräte mit eigener Stromversorgung | Ortung für Geräte ohne eigene Stromversorgung | Disposition; Routenmanagement/-optimierung | Zeiterfassung; Auslastungserfassung | Dokumentation Kraftstoffverbrauch | Dokumentation der CO ₂ Emissionen | integrierbare Hierarchie | Wartungsmanagement | Kostenmanagement | Erstellung von Auswertungen/Berichten | Kosten pro Gerät |
|-----------------------|---|---|--|-------------------------------------|-----------------------------------|--|--------------------------|--------------------|------------------|---------------------------------------|-------------------|
| MTrack | ja | ja | ja | ja | ja | ja | o.A. | o.A. | ja | ja | |
| Verizonconnect | ja | ja | ja | ja | ja | o.A. | o.A. | ja | ja | ja | ab 17,99 €/Mo |
| Geotab | ja | nein | ja | ja | ja | o.A. | o.A. | ja | ja | ja | |
| Fleetster | ja | nein | nein | ja | ja | o.A. | o.A. | ja | ja | ja | 3 €/Mo bis 6 €/Mo |

5.2.3. Zertifizierungsmöglichkeiten

International sowie national existieren einige Zertifizierungssysteme für nachhaltiges Bauen, die sich durch verschiedene Zielsetzungen und Herangehensweisen für Gebäudezertifizierungen unterscheiden. Zu nennen sind z. B. nachfolgende Systeme:

- klimaaktiv
- Österreichische Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen – ÖGNB
- Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen – DGNB
- Leadership in Energy and Environmental Design – LEED
- Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology – BREEAM
- Haute Qualité Environnementale – HQE
- Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency – CASBEE
- Green Star

Um Gebäude hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeit mess- und bewertbar zu machen, werden je nach verwendetem Zertifizierungssystem unterschiedlichste Kriterien herangezogen. Die in Österreich am weitesten verbreiteten Systeme, klimaaktiv, ÖGNB, DGNB, LEED und BREEAM mit ihren Bewertungskategorien und -kriterien werden in Tabelle 4, der Einfluss des Baubetriebs auf die jeweiligen Systeme in Tabelle 5 gegenübergestellt.

Hauptfokus der betrachteten Gebäudezertifizierungen liegt auf der Nutzungsphase des Gebäudes. Baubetriebliche Überlegungen spielen, wenn sie in den Kriterien aufgenommen und kein Ausschlusskriterium sind, eine untergeordnete Rolle. Eine Tabelle dazu befindet sich im Anhang.

In der österreichweit meist angewendeten Bewertung, klimaaktiv, scheint der Baubetrieb nicht in den Kriterien auf. Jene Systeme, in denen er auftaucht, bleiben meist sehr vage in der Definition der Anforderungen. Eine Möglichkeit dies zu verbessern, stellt der Ausbau der bestehenden Unterkategorien da. Diese könnten mit klar definierten Anforderungen wie z.B.

- Wassereinsatz,
- Stromgewinnung auf der Baustelle,
- Antriebsart der Baumaschinen,
- Management auf der Baustelle und
- Vermeidung von Emissionen

greifbare Anhaltspunkte für Baustellenbetreiber schaffen.

Tabelle 4: Übersicht über Gebäudezertifizierungsmöglichkeiten

| klimaaktiv | ÖGNB | DGNB/ÖGNI | LEED | BREEAM |
|----------------------------|--|-----------------|---|-----------------------------|
| Standort | Standort und Ausstattung | Ökologie | Integrativer Planungsprozess | Energie |
| Energie und Versorgung | Wirtschaftlichkeit/technische Qualität | Ökonomie | Infrastruktur des Standortes | Wasser |
| Baustoffe und Konstruktion | Energie und Versorgung | Prozesse | nachhaltiger Standort/Grundstücksqualitäten | Materialien |
| Komfort und Gesundheit | Gesundheit und Komfort | Soziale Aspekte | Wassereffizienz | Transport |
| - | Ressourceneffizienz / Baustoffe und Konstruktion | Standort | Energie und globale Umweltauswirkungen | Abfall |
| - | - | Technik | Materialien und Ressourcen | Umwelt |
| - | - | - | Innenraumqualität und Komfort | Gesundheit und Wohlbefinden |
| - | - | - | Innovation | Management |
| - | - | - | Regionale Besonderheiten | Landnutzung und Ökologie |
| - | - | - | - | Innovation |

Tabelle 5: Einfluss des Baubetriebs auf unterschiedliche Zertifizierungssysteme

| System | Bewertungskategorie/-kriterien | Baubetrieblich relevante Unterkategorie/-kriterien | Anteil an der Gesamtbewertung |
|-------------------|--|--|-------------------------------|
| klimaaktiv | - | - | - |
| ÖGNB | Wirtschaftlichkeit und technische Qualität | Baustellenabwicklung und -logistik | 3 % |
| | Ressourceneffizienz/Baustoffe und Konstruktion | Regionalität aus Transportdistanz | 2 % |
| DGNB/ÖGNI | Prozess-Qualität | Baustelle und Bauprozess | 1,6 % |
| LEED | Nachhaltiger Standort/Grundstückqualitäten | Emissionsmindernde Vorkehrungen während der Bauphase | Ausschlusskriterium |
| | Materialien und Ressourcen | Bau- und Abbruchabfallplanung | Ausschlusskriterium |
| BREEAM | Management | Verantwortungsbewusster Baubetrieb | Ca. 3 % |

5.2.4. Innovative Technologien

Alternative Baugeräte

Alternative Antriebe sind nicht nur in der Automobilbranche auf dem Vormarsch. Die Baugeräteindustrie beginnt ebenfalls mit der Umrüstung. Die Datenbank hat eine, zum Zeitpunkt des Verfassens dieser Arbeit, aktuelle Bestandsaufnahme der Baugeräte gemacht. So können Schlussfolgerungen getroffen und Trends abgelesen werden. Die Datenbank zeigt, dass es bereits einige Baugeräte gibt, die nicht mit konventionellen Verbrennungsmotoren betrieben werden. Ohne auf genaue Zahlen eingehen zu wollen, zeichnet sich dennoch der Trend ab, dass vor allem elektrische Baugeräte immer größere Aufmerksamkeit bekommen. Wasserstoffbetriebene Baugeräte, die sich bereits in Serienproduktion befinden, wurden nicht ausfindig gemacht. Bei LKWs setzt sich diese Technologie mehr durch. Die hohe Energiedichte von Wasserstoff macht sich im Logistikbereich positiv bemerkbar. Prinzipiell sind alle Baugeräte, die momentan mit herkömmlichem Diesel und Benzin laufen, auf alternative Kraftstoffe umrüstbar. Eine Vielfalt an Antriebsformen bringen die hybriden Baugeräte. Unzählige Möglichkeiten tun sich hierbei bei der Optimierung des Kraftstoffverbrauches auf. Welche Erkenntnisse für Betrachter:innen der Datenbank relevant sind, hat mit den Anforderungen an das Baugerät zu tun.

Im Wesentlichen lassen sich vier verschiedene Antriebsformen unterscheiden:

- Elektrischer Antrieb
- Brennstoffzellenantrieb (mit Wasserstoff)
- Antrieb mit alternativen Kraftstoffen
- Hybrider Antrieb

Das Ergebnis ist die im Anhang ersichtliche Datenbank. Aufgrund der getroffenen Abgrenzungen und der dynamischen Entwicklung im Bereich der alternativen Antriebe stellt sie keine Ansprüche auf absolute Vollständigkeit.

Alternative Transportmöglichkeiten

Diese umfassen wasserstoff- und elektrobetriebene Großfahrzeuge inkl. Tank- und Speicherinfrastruktur sowie den Transport auf Schienen. Zusätzlich wurde zu weiteren Alternativen recherchiert. Detailangaben und eine Liste möglicher Anbieter befinden sich im Anhang.

Wasserstoffbetriebene LKWs

Je nach eingesetztem Energieträger für die Erzeugung von Wasserstoff ergeben sich unterschiedliche CO₂-Emissionen. Nur grüner Wasserstoff, welcher aus erneuerbaren Energieträgern hergestellt wird, ist CO₂-neutral.

Reichweite H₂-LKW: ≤ 500 km

Tankdauer: stationär 10–15 min, mobil 20–25 min

Identifiziert und kontaktiert wurden:

- 5 Anbieter für H₂-LKWs; mögliche Optionen: Hylane (DE), Quantron (DE), JuVe Automotion (AT)
- 5 Anbieter für mobile H₂-Tankstellen; mögliche Optionen: Wystrach GmbH (DE), Linde Gas GmbH (AT)
- Stationäre Tankstellen: OMV (Wien, Asten, Graz, Innsbruck)

Elektro-LKWs

- 6 Anbieter identifiziert und kontaktiert: MAN (AT), Volvo (AT), DAF (AT), Design Werk (CH), Scania (AT), Quantron (DE); alle Unternehmen bestätigten, Fahrzeuge zur Verfügung stellen zu können. Bedingung: Genügend Vorlaufzeit für angepasste Anfertigung
- Ladestationen nahe der geplanten Demo-Baustelle: Mehrere Optionen, z. B. Moon Charging Station, Kelag Charging Station
Alternativ: Mobile Tankstellen, mit Baustrom und/oder Energiespeicher betrieben (Anbieter z. B. Bredenoord, Heliox, Mobil Hybrid)

Bahn

- Aktuelle gesetzliche Vorgaben 2021, siehe Anhang
- Relevante Anbieter
- Konkrete Gespräche mit 3 Unternehmen geführt, siehe Anhang; Bernegger (AT), Nothegger (AT), GEFCO (AT)
- Beispiel: Bernegger GmbH mit 2 Logistikkonzepten: 1) Ganzzüge im Kundenauftrag, 2) eigene Container-Transportsysteme, die zwischen Straße und Schiene wechseln.
Für ca. 7.000–10.000 m³ Bodenaushub aus der Demo-Baustelle und die kleine Entfernung zur Bodenaushubdeponie ist Bahntransport technisch möglich, jedoch für nichtkontaminierten Bodenaushub zu teuer. Die Wirtschaftlichkeit ist erst ab wesentlich größeren Mengen und bei Transportdistanzen ≥ 100 km gegeben (siehe auch gesetzliche Vorgaben).
- Zusätzlich: Direkten Kontakt mit ÖBB aufgenommen, jedoch ohne Ergebnis

Weitere Transportalternativen

Folgende Grundrichtungen zukünftiger Entwicklung existieren:

- 1) **Seilsysteme:** Eignen sich insbesondere für alpine Gebiete (z. B. „Seilbahn - Landschaft - Technik GmbH WOPFNER – Seilbahnsysteme“, 6063 Rum (Tirol), <https://www.seilbahnsysteme.at/>); wobei Baustellentransporte grundsätzlich noch keinen eigenen Schwerpunkt darstellen.
- 2) **Unterirdische Transportsysteme:** Im Tunnelbau oder in urbanen Gebieten (z. B. durch unterirdische Röhrensysteme, wie des Hamburger Projektentwicklers Four Parx, und abschließender Anbindung an ein Logistikzentrum - Deutschland <https://transport-online.de/news/stadtlogistik-unterirdisches-transportsystem-fuer-logistikzentrum-38535.html>) oder Schweiz (<https://www.handelszeitung.ch/unternehmen/alternative-transportssysteme-warum-nicht-unterirdisch>).
Die Idee ähnelt älteren Abfallentsorgungssystemen, wie z. B. in Schweden (<https://www.ask-eu.de/Artikel/29115/Envac-und-Optibag-%E2%80%93-Ein-station%C3%A4res-und-unterirdisches-Abfallentsorgungssystem-mit-Vakuumtechnik.htm>) oder in der Schweiz (<https://trashfox.ch/>).
Weiters muss vermerkt werden, dass die Umsetzung mit Investitionen für die entsprechende Infrastrukturerichtung bzw. mit der Existenz solch einer verbunden ist. Auch bei diesen Systemen ist ihre Anwendung im Kontext von Baustellen noch nicht gezielt untersucht.
- 3) **Kombinierte Transportnetzwerke** bzw. Anschluss an bestehende Transportnetzwerke mehrerer Partner:innen: Es handelt sich um ein älteres Forschungsprojekt („Stoffnetz“, 2006; nicht veröffentlicht) des Instituts für Logistik der Fachhochschule Nordwestschweiz.
Die Idee ist bereits mittels kombinierter Schienentransporte im Einsatz (z. B. NÖ-Abfallentsorgung über kombinierte Güterzüge).
2015 wurde in einem österreichisch-deutschen Projekt eine detaillierte thematische Vertiefung im Auftrag vom BMVIT durchgeführt („Indikatoren zur multikriteriellen Analyse kooperativer Transportsysteme (IMPAKT)“), wobei der Schwerpunkt auf Transporten auf der Straße liegt. Auch hier stellen Baustellentransporte keinen Fokus dar.
- 4) **KI-gesteuerte Transportsysteme:** Generelle Idee einer Vollautomatisierung des Transportsystems und dessen Steuerung durch künstliche Intelligenz (KI), im Einklang mit dem aktuellen Ziel der Digitalisierung mehrerer Wirtschaftszweige (z. B. „Alternatives Linienführungssystem für autonome, fahrerlose Transportsysteme“, Hochstein, M., Dziedzitz, J., Göbgen, J., Furmans, K.; Karlsruher Institut für Technologie (KIT); 2016 Logistics Journal: Proceedings – ISSN 2192-9084, https://www.logistics-journal.de/proceedings/2016/fachkolloquium2015/4360/hochstein_16_15.pdf).

HVO100

Mit Wasserstoff angereicherte Pflanzenöle werden gemeinsam als HVO100 bezeichnet und weisen bis zu 90 % geringere CO₂-Emissionen als Diesel auf. Da die Erzeugung von Palmöl zum Teil ökologische und soziale Probleme in Produktionsländern verursacht, wird diese Alternative im vorliegenden Projekt nicht berücksichtigt.

Hersteller: Biofuel express (AT), Totalenergies (LUX), Fuelmotion (D)

HVO100-Tankstellen in Österreich:

- AVIA Xpress – Krems (NÖ): 1,99 €/l
- AVIA Xpress – Scheibbs (NÖ): 1,99 €/l
- BP – St. Michael im Lungau (S): 2,60 €/l

Erzeugung erneuerbarer Energie auf der Baustelle

- **Solarenergie (Folien, Paneele):** 9 Unternehmen identifiziert/recherchiert/interviewt; alle kontaktierten Unternehmen zeigten Interesse am Projekt; mögliche Anbieter: Faber Infrastructure (Solaraufsatz für Baucontainer), Next2Sun Technology (2-seitiger Solarzaun), DAS Energy (PV-Folien-Modul)
- **Windenergie:** 6 Unternehmen identifiziert und kontaktiert; möglicher Anbieter: Blue Power (1 kW Turbinen)
Problem: Produkt kann nur gekauft werden, mieten wird evtl. in Zukunft möglich sein
- **Energiespeicher:** 2 Unternehmen identifiziert und kontaktiert; möglicher Anbieter: Energiespeicher von Mobilhybrid/Laurer Baumaschinen (AT) - Speicherung der Überschüsse aus den PV-Anlagen vor Ort, gleichzeitig mobile Ladestation für eLKW bzw. e-Baumaschinen

Grüner Strom (UZ46) auf Baustellen

6 Anbieter wurden von UZ46-zertifiziertem grünen Strom identifiziert und kontaktiert, aktuell nehmen 4 Unternehmen Neukund:innen an.

Mögliche Auswahl: AAE Naturstrom Vertrieb GmbH (AT)

5.3. Machbarkeitsstudie für energieautarken Baucontainer

Bei den erfolgten Messungen in Baucontainern (Baustelle Landstraßer Gürtel) wurden 9,74 kWh/Woche (ca. 42 kWh/Monat) Verbrauch für einen Bürocontainer exklusive Heizung/Kühlung gemessen. Für die Kühlung im Sommer kommen – je nach Temperatur – bis zu 32 kWh/Woche (138 kWh/Monat) für die Klimatisierung eines einzelstehenden Containers dazu (siehe dazu Tabelle 6). Der Heizwärmebedarf von im Winter überwachten Containern (Baustelle in Kaltenleutgeben) betrug bis zu 185 kWh/Woche (796 kWh/Monat) für einen einzelnen Container. Mannschafts-, Sanitär- und Magazincontainer weisen einen niedrigeren Verbrauch auf, wobei dieser hauptsächlich davon abhängt, ob der Container beheizt ist.

Der Energieeintrag von Fertiglösungen für Container betragen 2,2–2,5 kWp/Container (Hartl Energy Powertop, Solarframe). Da die Monate (und Wochen) der höchsten Kühlleistung naturgemäß in die des höchsten Sonnenertrages fallen (Juni bis August > 120 kWh/kWp/Monat in Deutschland, siehe Abbildung 2) liefern selbst 2,2 kWp genug Solarenergie, um einen Bürocontainer autark betreibbar zu gestalten. Voraussetzung dafür wäre ein ausreichend großer Batteriespeicher (ab ca. 20 kWh Kapazität), der ohne ständige Stromzufuhr auskommt.

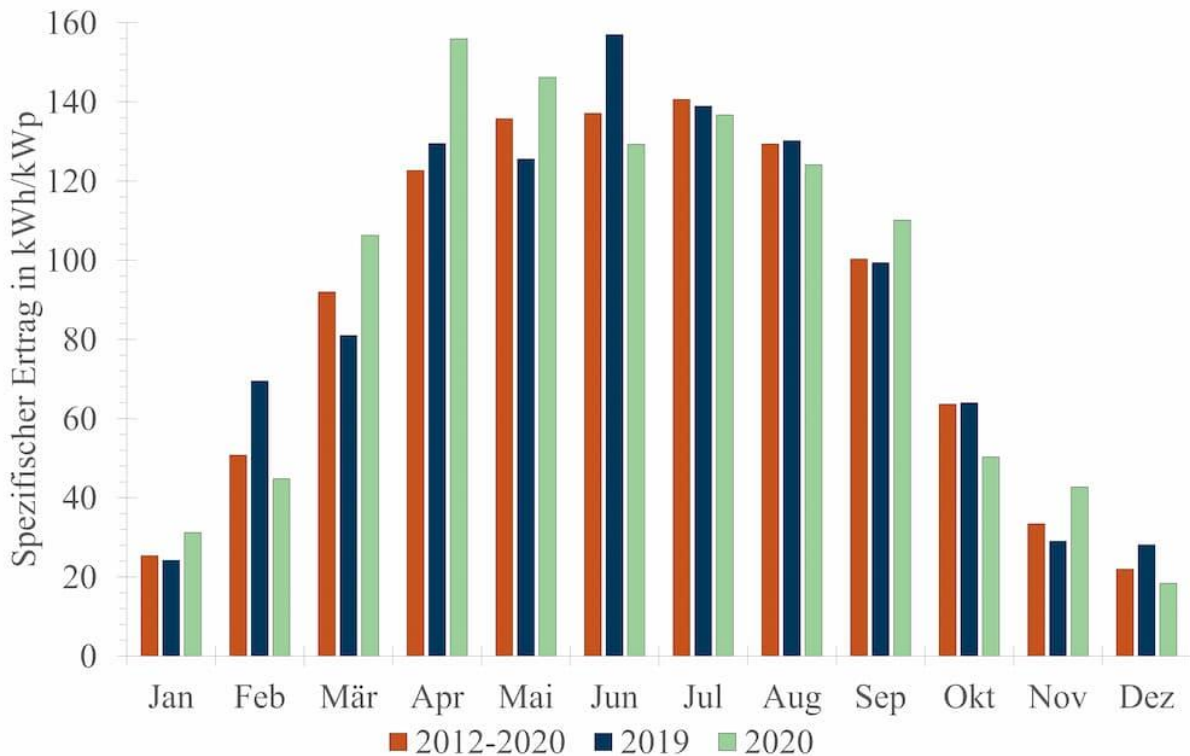
Tabelle 6: Stromverbrauch (inkl. Klimatisierung) des Bauleitungscontainers in Wien Landstraße während der Ausführungsphase je Kalenderwoche im Sommer 2022 [verändert übernommen aus 28]

| Gerät | Kalenderwoche 2022 | | | | | | | | | |
|-----------------|--------------------|-------|-------|------|------|-------|------|------|------|-------|
| | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | Ø |
| Drucker | 1,37 | 5,84 | 6,36 | 6,30 | 5,61 | 5,46 | 5,93 | 5,48 | 3,52 | 5,10 |
| Klimaanlage | 8,28 | 25,43 | 15,79 | 32,1 | 0,00 | 14,33 | 2,99 | 0,00 | 2,81 | 11,30 |
| Kühlschrank | 0,71 | 3,77 | 5,58 | 4,67 | 3,73 | 3,48 | 2,83 | 2,57 | 1,59 | 3,21 |
| Docking Station | 0,19 | 0,59 | 1,33 | 0,83 | 0,00 | 0,00 | 0,34 | 0,28 | 0,59 | 0,46 |
| Kaffeemaschine | 0,27 | 0,80 | 1,17 | 0,86 | 0,45 | 0,32 | 0,90 | 0,43 | 0,54 | 0,64 |
| Monitor | 0,16 | 0,44 | 1,03 | 0,66 | 0,00 | 0,00 | 0,20 | 0,13 | 0,32 | 0,33 |
| Summe | | | | | | | | | | 21,04 |

Die 40 kWh/Monat ohne Kühlen/Heizen lassen sich bei derzeitigem Solareintrag auch (knapp) im Winter erzielen, allerdings ist dadurch die Heizung noch nicht abgedeckt. Hierfür müsste eine größere Fläche zur Verfügung stehen. Außerdem wäre ein effizienteres Heizsystem – sowohl eine verbesserte Wärmedämmung als auch eine Luft-Luft-Wärmepumpe – notwendig.

Bei geringerem Verbrauch von Containern wäre es möglich, diese evtl. sogar ganzjährig zu betreiben. Außerdem haben viele Container einen geringeren Energiebedarf (z.B. Magazincontainer). Gestapelte Container (z.B. „Containerburgen“) hätten einen niedrigeren Ertrag (wegen geringerer Grundfläche), allerdings auch ein günstigeres Oberflächen-/Volumsverhältnis und somit einen geringeren Heiz- und Kühlbedarf. Der Zusammenschluss von Containern zu einem Energieverband ist besonders bei inhomogenen Schattenverhältnissen sinnvoll.

Abbildung 2: Vergleich der monatlichen spezifischen Solar-Erträge in Deutschland für die Jahre 2012 bis 2020 [32]



5.4. Risikovorhebung anhand eines Use Cases

Im Folgenden werden die Risiken den Stufen der Einsparung plus allgemeine Risiken zugeordnet. Allgemeine Lösungsvorschläge bzw. Workarounds werden ebenso angeführt.

1. Allgemeine und vertragliche Risiken

- Unzureichende Anschlussleistung:** Durch die Elektrifizierung von Baugeräten wird für das Aufladen der Akkus eine höhere elektrische Anschlussleistung als bei herkömmlichen Baustellen benötigt. Wenn diese Anschlussleistung nicht gegeben ist, können Baumaschinen nicht aufgeladen werden und die Baustelle verzögert sich, oder es wird mit Verbrennungsmaschinen weitergearbeitet. Weiters sinkt durch solche Pannen die Akzeptanz von elektrischen Maschinen beim ausführenden Personal.
Lösung(en): Vorab für ausreichende Anschlussleistung sorgen. Peak-shaving mittels Batterieboxen. Ladezyklen der Akkugeräte so wählen, dass Gleichzeitigkeit möglichst vermieden wird.
- Lieferkettenproblematik**
- Gewählte Maßnahmen sind unverhältnismäßig kostspielig:** Falls einzelne Maßnahmen in einem sehr ungünstigen Kosten/Nutzen-Verhältnis stehen, könnten sich Bauherr:innen entscheiden, diese Maßnahme nicht zur Anwendung zu bringen. Dies gilt auch für unerwartet hohe Angebote entsprechender Positionen in der Phase der Angebotsprüfung.
Lösung: Alternative Maßnahmen mit besserem Kosten/Nutzen-Verhältnis vorschlagen. Kosten inkl. Folgekosten aller Maßnahmen vorab genau evaluieren, um Überraschungen zu vermeiden.

- **Ungewöhnlich starker Preisanstieg von Technologien oder Betriebsmitteln:** Das Jahr 2022 war von starken Schwankungen am Energiemarkt geprägt.
Lösung: Um einen Vertragsausstieg von Auftragnehmer:innen wegen Preisspitzen zu vermeiden, sollte bei Bauvorhaben über einem Jahr Bauzeit Preisgleitung vereinbart werden.

2. Risiken bei Organisatorischen Maßnahmen

- **Fehlende Akzeptanz:** Ob digitale Management-Tools, Lean Construction Management oder Umsetzung einfacher Energiesparmaßnahmen (Fenster schließen bei laufender AC, Leerlauf vermeiden etc.): Diese Maßnahmen müssen vom ausführenden Personal, Bauleiter:innen etc. akzeptiert und gelebt werden.
Lösung: Schulungen vorab durchführen. Workshops abhalten, um Akzeptanz zu schaffen. CO₂-Emissionen der Baustelle vertraglich festlegen. Generell sind hier jedoch Anreize wirkungsvoller als Sanktionen, da die Umsetzung kein „notwendiges Übel“, sondern optimalerweise intrinsisch motiviert sein sollte.

3. Risiken bei technologischen Maßnahmen

- **Leistung oder Akkuleistung alternativ angetriebener Baugeräte unzureichend:** Falls im Betrieb festgestellt wird, dass die Leistung nicht ausreicht oder der Akku nicht lange genug hält, entstehen Probleme im Baubetrieb oder die Geräte müssen durch herkömmliche Geräte ersetzt werden.
Lösung: Es ist notwendig, sich vorab genau zu informieren, welche Leistung die Geräte dauerhaft erbringen können und wie lange die Akkus im Betrieb tatsächlich halten. Bei Kleingeräten mit Wechselakkus solche bereithalten.
- **Temperaturempfindlichkeit von Akkus und Elektrogeräten:** Bei extremen Temperaturen kann es zu Ausfällen oder Leistungseinbußen von elektrisch betriebenen Geräten und Akkus kommen.

4. Risiken bei Maßnahmen der Energieproduktion auf der Baustelle

- **Probleme bei Montage/Anschluss**
Lösung: Elektriker rechtzeitig einbeziehen.
- **Probleme der Verfügbarkeit**
- **Fehlende (sonnenbestrahlte) Flächen für PV bzw. Wind**
Lösung: Baustelleneinrichtungsplan rechtzeitig prüfen, Vorab-Erkundungen vor Ort, um Sonneneinstrahlung zu prüfen.
- **Weniger Sonneneinstrahlung, als im Vorhinein zu erwarten war**

5. Risiken bei Maßnahmen der Kraftstoffsubstitution

- **Verspätete oder ausbleibende Kraftstofflieferungen:** HVO100 und E-Fuels gelten derzeit als „exotisch“, sind momentan nicht in der notwendigen Menge am österreichischen Energiemarkt verfügbar und müssen importiert werden.
Lösung: Um Probleme bei der Lieferung abzufedern, müssen alternative Kraftstoffe bei deren Einsatz frühzeitig und mit ausreichend Puffer bestellt werden.
- **Fehlende oder unzureichende Zertifikate von grünem Strom/nachhaltigen Kraftstoffen**
Lösung: Verantwortlichkeiten müssen vorab festgelegt werden.

Die Relation von Nutzen und Risiko einzelner Maßnahmen ist in Abbildung 3 dargestellt.

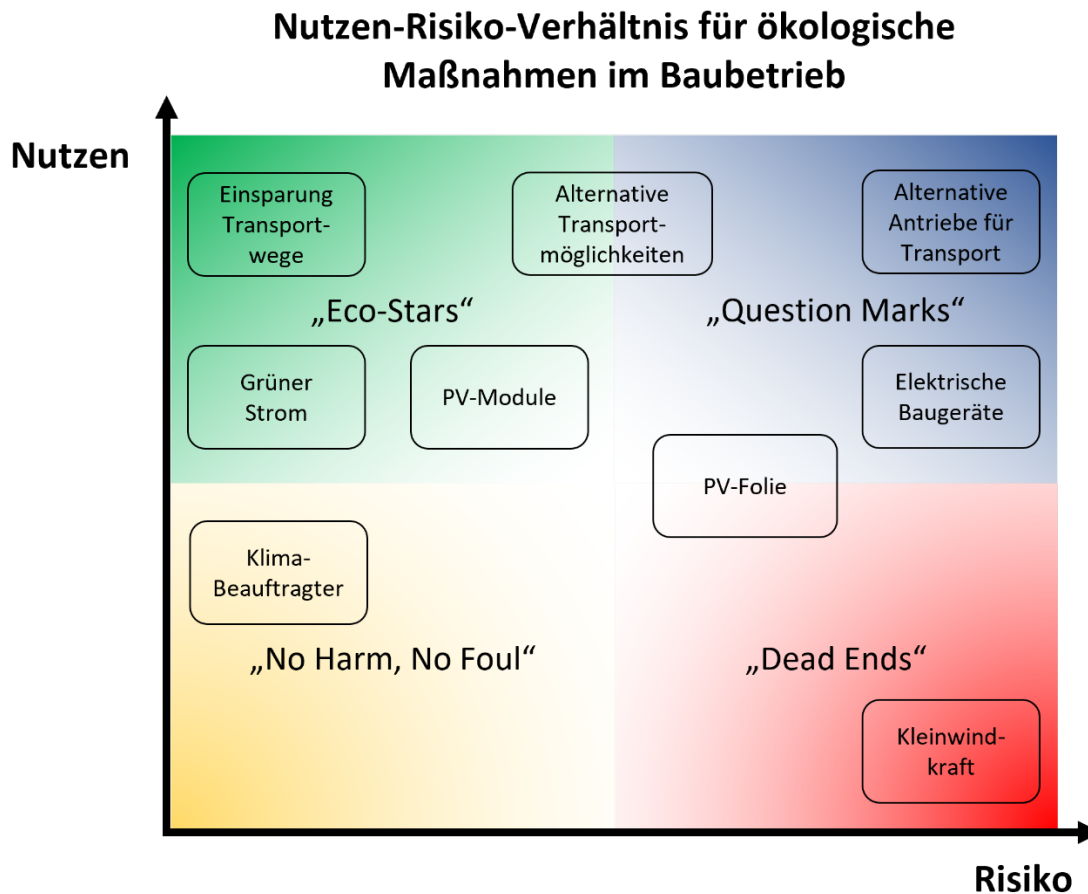


Abbildung 3: Nutzen-Risiko-Verhältnis für ökologische Maßnahmen im Baubetrieb

5.5. Monitoringkonzept

Das vorhandene Tool wurde um die Arbeitsblätter für die Datenerhebung ergänzt. Diese enthalten Summenblätter für die Datenerhebung Transport, Großgeräte und Strom. Sie sind direkt mit der THG-Berechnung verlinkt. Zudem gibt es Erhebungsbögen, die in den Großgeräten und LKWs aufgelegt werden (Alternative: digitales Flottenmanagementsystem (telemetrische Gesamterfassung aller Maschinen) ist aus derzeitiger Sicht für die Größe dieser Demonstrations-Baustelle mit zu hohen Kosten verbunden). Tabelle 7 zeigt beispielhaft eine Eingabemaske für Daten einzelner Stromverbraucher.

Tabelle 7: Ausschnitt: Erhebungstabelle – Stromverbrauch

| | Datenzählpunkt | Datenzählpunkt |
|-----------------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| Aks | <i>Bsp.: 361802701U1__1354654654</i> | |
| Kurztext (max. 40 Zeichen) | mMe_C1 | mMe_C2 |
| Langtext | Smartmeter Container 1 | Smartmeter Container 2 |
| Einheit | kWh | kWh |
| Datum; Uhrzeit | | |
| | <i>05.05.2024; 00:00</i> | |
| | <i>05.05.2024; 00:15</i> | |

Tabelle 8 zeigt beispielhaft ein Summenblatt verschiedener Stromverbraucher über die gesamte Bauzeit. Mit der Vorlage können die Summen über frei wählbare Zeiträume angezeigt werden.

Tabelle 8: Ausschnitt: Summenblatt – Stromverbrauch

| Summe Baustelle: Bauzeit vom 1.4.2024 - 30.9.2025 | | | |
|--|-------------------------|--|----------------------------------|
| Quelle/Verbraucher | Aufgabe/Funktion | Prozess | Verbrauch Strom [kWh] |
| Container 1 | Bürocontainer | Heizung, Kühlung, Belüftung usw. während Bauphase | |
| Container 2 | Sanitärcontainer | Heizung, Kühlung, Belüftung usw. während Bauphase | |

Tabelle 9 zeigt beispielhaft die Berechnung der THG-Emissionen verschiedener Stromverbraucher über die oben gesammelten Daten und die jeweiligen Emissionsfaktoren.

Tabelle 9: Ausschnitt: Berechnung des Stromverbrauchs

| Geräte | Energieträger [Einheit] | Verbrauch 0 [kWh] ² | Emissionsfaktor ³ | Einheit des Emissionsfaktors | THG-Emissionen [kg CO ₂ -eq] |
|-------------|----------------------------|-----------------------------------|------------------------------|------------------------------|--|
| Container 1 | Strom [kWh] | | | | |
| Container 2 | Strom [kWh] | | | | |

5.6. Projektauswahl

Für eine konkrete Umsetzung im Sinne der Programm- und Projektanforderungen wurde aus den in Kapitel 4.5 vorausgewählten Bauvorhaben schließlich nachfolgende Demonstrationsbaustelle ausgewählt:

Basisdaten der Demo-Baustelle:

- Bauträger: Gemeinnützige Bau-, Wohn- und Siedlungsgenossenschaft „meine Heimat“
- Adresse: Gustav Pötschstr., 9710 Feistritz an der Drau, Ktn.
- Baubeginn: Herbst 2023
- Dauer: 2 Jahre
- Geplantes Bauobjekt: 2 Wohngebäude mit jeweils 18 Wohnungen auf 3 Obergeschoßen und Untergeschoß.
- Höhe: +10 m.
- Überbaute Fläche: 1.410 m².
- Brutto-Grundfläche pro Gebäude: 1.156 m².

Basisdaten ausgewählter Maßnahmen:

Ausgehend von den acht im Vorprojekt identifizierten Maßnahmen wurden zusammen mit dem Bauträger jene ausgewählt, welche in der Projektlaufzeit verfügbar sind, in den Preisrahmen passen und möglichst effizient zur Zielerreichung (20 % CO₂-Einsparung) beitragen.

- Energieeffizienter Baucontainer
- Optimierung der Baustellentransporte
- Erzeugung erneuerbarer Energie auf der Baustelle
- Umstieg auf grünen Strom (UZ46)

Genauere Angaben zu den einzelnen Maßnahmen und zur Auswahl der Maßnahmen finden sich in dem Kapitel 5.6.1. Zu beachten gilt, dass für die konkrete Umsetzung die ausgewählten Maßnahmen im Vorfeld ausgeschrieben werden müssen. Erst zu diesem Zeitpunkt stehen die exakten Kosten fest.

Für die geplante Demo-Baustelle in Feistritz (Ktn.) wurden fünf Containeranbieter interviewt. Die besten drei Anbieter bzgl. individuell dämm- und ausstattbaren Containern sind:

- Containex (AT)
- Pro-Contain(D)
- Algeco (AT)

5.6.1. Prognose der Zielerreichung

Der Ausgangswert für den „konventionellen“ Baubetrieb beträgt ca. 28,5 t CO₂-eq. Durch organisatorische Maßnahmen, technologische Entwicklungen, Erzeugung von erneuerbarer Energie vor Ort sowie Zukauf von erneuerbarer Energie wird dieser Wert sukzessive auf ca. 18,5 t reduziert.

Organisatorische Maßnahmen

Eine Optimierung der Baustellentransporte wurde durch die Verringerung der Transportdistanzen angestrebt. Die Massen wurden nicht verändert. Die wesentlichen Veränderungen beliefen sich auf:

- Transportdistanz beim Bewehrungsstahl zum nächstgelegenen Werk: 60 km auf 12 km
- Transportdistanz bei den Baustoffen: 24 km auf 20 km
- Transportdistanz bei den Putzen: 60 km auf 14 km
- Transportdistanz von zwei Containern von Algeco Austria Depot Steiermark (Bahnhofstrasse 105, 8401 Kalsdorf): 30 km auf 190 km

Die Erhöhung der Kilometer für den Transport der zwei Container schlägt sich mit einem Plus von ca. 60 kg CO₂-eq nieder. Dennoch lassen sich mit den organisatorischen Maßnahmen in Summe ca. 1,7 t, das sind 6 % der CO₂-Emissionen, einsparen.

Technologische Entwicklungen

Für den Transport vom Baustoffhändler zur Baustelle, von und zu den Firmen Drautalkies (Schüttungen, Erdaushub-Abtransport) und Modre (Schüttungen) wurde ein Elektro-LKW mit 50 % Reduktion der THG-Emissionen gegenüber einem Diesel-LKW gewählt.

Von den vier Containern, die sich auf der Baustelle befinden, werden zwei energieeffizient ausgeführt. Die Verringerung lässt sich aus dem Produkt des Tagesverbrauchs eines Standard Containers von 3,5 kWh/d, den Tagen pro Monat 30 d/Mo, der Baustellendauer von 18 Mo, der Anzahl der Container von 2 Stk. und der Einsparung gegenüber herkömmlichen Containern von 20 % zu 756 kWh berechnen. Das entspricht 256 kg CO₂-eq. Insgesamt verringern sich die Ausgangsemissionen durch die technischen Entwicklungen um ca. 3,5 t (12 %).

Erzeugung von erneuerbarer Energie vor Ort

Stromerzeugung durch 32 Stk. PV-Paneele mit einer Fläche von jeweils 2,5 m². Die sich somit ergebende Gesamtfläche von 80 m² produziert über 1,5 Jahre und einem Eigen-Nutzungsgrad von 40 % eine Strommenge von 10.800 kWh. Damit lassen sich ca. 2,5 t (9 %) der Emissionen einsparen. Optional ließe sich die eingesetzte Fläche und somit die produzierte Menge an Strom sowie die Emissionseinsparung verdoppeln.

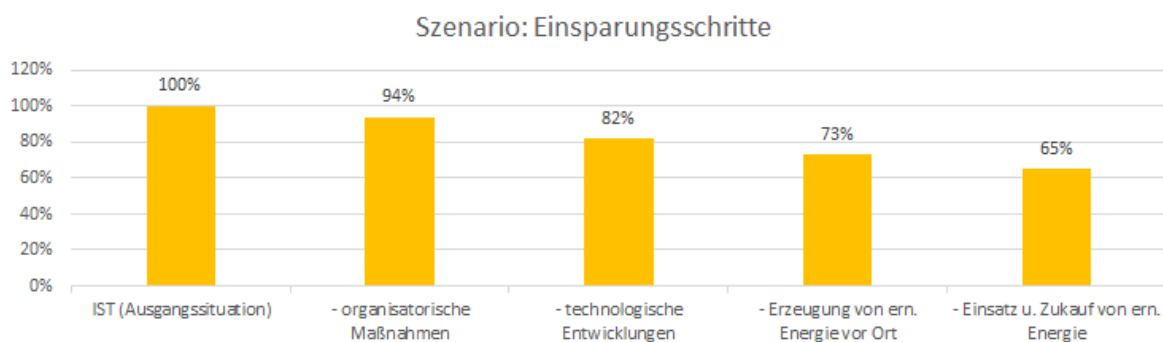
Zukauf von erneuerbarer Energie

Das Projekt „Neue Heimat“ in Velden bezog von 01.08.2021 bis 19.10.2022 15.622,2 kWh Strom. Baustellenstrom wurde an 445 Tagen genutzt, was einen Verbrauch von ca. 35 kWh/Tag bedeutet. Hinuntergebrochen auf die 22 gebauten Wohnungen der „Neuen Heimat“, berechnet sich mit 15.622 kWh / 22 x 18 ein Strombezug von 12.782 kWh für die 18 Wohnungen des gegenständlichen Projektes. Im Vergleich dazu steht die Baustelle 1 von CO₂neuBAU mit 200 Wohnungen und einem Stromverbrauch von 282.754 kWh [26, S. 62]. Dabei würde sich aus 282.754 kWh / 200 x 18 ein Strombezug von 25.447 kWh ergeben. Die Eingabe zur Berechnung erfolgte mit 15.000 kWh. Beim Schritt grüner Strom wird der noch verbleibende Strombedarf mit dem „Grünen Strom“-Emissionsfaktor des Umweltbundesamts gegengerechnet (0,016 kg CO₂-eq statt 0,3391 kg CO₂-eq). Das ergibt eine Einsparung von ca. 2,3 t (8 %).

Ergebnis

Die folgende Abbildung 4 stellt die oben beschriebenen kumulierten Einsparungen grafisch dar. Als Basis werden Daten eines vergleichbaren Wohnbaus von „meine Heimat“ und des Vorgängerprojektes verwendet. In Summe wurde eine Einsparung von ca. 10 t (35 %) errechnet.

Abbildung 4: Durch die verschiedenen Maßnahmen theoretisch erzielbare Einsparungsschritte an CO₂-Äquivalenten in % des Ausgangswertes



5.6.2. Kostenanalyse

Die Kostenanalyse berücksichtigt jene CO₂-einsparenden Maßnahmen, welche, einzeln oder gemeinsam:

- einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung einer CO₂-Einsparung von mindestens 20 % leisten.
- durch Miete der für die Umsetzung der Maßnahme benötigten Produkte, Geräte oder Maschinen eingebracht werden können.
- für Demo-Projekte vorgesehene max. Projektgröße nicht überschreiten.
- die max. Förderhöhe für Wohnbauvorhaben des gemeinnützigen Wohnbaus nicht überschreiten.

Bei allen Maßnahmen (Ausnahme: Ökostrom) wurde Miete gegenüber Kauf bevorzugt, da:

- die Maßnahmen im Demo-Projekt erst getestet und bewertet werden. Die Ergebnisse des Demo-Projekts werden auch zeigen, welche Geschäftsmodelle für die Zukunft am geeignetsten sind.
- der Bauherr eine gemeinnützige Genossenschaft ist, die eng an die Vorschriften von Landespolitik und Wohnbauförderung gebunden ist und daher sehr wenig Spielraum bzgl. Mehrkosten hat.
- viele Leistungen insbesondere der Antransport von Baumaterialien nicht von den Bauunternehmen selbst, sondern von der Baustoffindustrie, Baustoffhändlern, Sub- und/oder Logistikunternehmen übernommen werden.
- alle benötigten Bauleistungen vom Bauherrn ausgeschrieben werden müssen (auch die hier ausgewählten Maßnahmen) und daher zum Zeitpunkt der Einreichung des Demo-Projekts noch nicht feststehen kann, welche Unternehmen beauftragt werden.

Ergebnis der Kostenanalyse:

Die Preisangaben sind „netto“; schriftliche Angebote von den jeweiligen Unternehmen liegen vor oder wurden aktuellen Preislisten entnommen. „Innovative Kosten der Maßnahmen“ sind jene Mehrkosten,

- die bei Gegenüberstellung von vergleichbaren konventionellen mit innovativen „Lösungen“ entstehen (z. B. der Einsatz von e-LKWs vs. der üblichen Diesel-LKWs) oder
- auf konventionellen Baustellen nicht entstehen (z. B. Kosten für PV-Paneele, mobile Tankstelle oder Batterie).

Wie in Tabelle 10 dargestellt, ergeben sich durch 6 ausgewählte Maßnahmen innovative Mehrkosten in Höhe von ca. € 122.000.

Tabelle 10: Mehrkosten durch ausgewählte Maßnahmen

| Projektteil/ Kostenkategorie | Kosten in EUR (inno- vative Maß- nahme) | davon geschätzte innovative, F&E-re- levante Kosten in EUR | Erläuterung der innovati- ven, F&E-relevanten Kos- ten | CO ₂ -Einsparung |
|-------------------------------------|--|---|--|-----------------------------|
| Alternativer Transport | 35.400 | 26.400 | Vergleich 4 x Quantron: QHB 44-200 und 4x Mer- cedes Benz Actros 1845 - Website: Truckscorner; konv. Miete: 9.000 € | 10,10 % |
| Energieeffizienter Contai- ner | 6.716 | 730 | Vergleich 2 x Algeco RM20 Plus (Raumcontainer) 2 x Algeco Raumcontainer 20FT; konv. Miete: 2.993 € | |
| Grüner Strom | 5.100 | 3.979,5 | Vergleich AAE Naturstrom und Kelag Baustrom (kon- ventionell) für 15.000 kWh: 1.120,5 € | 8,79 % |
| Erzeugung erneuerbarer Energie | 6.240 | 6.240 | Erzeugung v. 21.600 kWh Strom mit 64 Faber Infra- structure - Solarframes | 18 % |
| Erzeugung erneuerbarer Energie | 20.000 | 20.000 | Preis für Lieferung von 16 Frames: 2.500 € | |
| Speicherung erneuerbarer Energie | 64.800 | 64.801 | Energiespeicher MH 36; Speicherung der Über- schüsse aus PV; gleichzei- tig mobile Ladestation für Baugeräte und LKW | |
| Summe | | 122.150,50 | | 36,89 % |

5.6.3. Risk & Contingency Plan

Tabelle 11: Risk & Contingency Plan

| Risiko | Effekt | Verantwortlich | Maßnahmen | P [%] | Tragweite | Risikowert [€] |
|--|---|--|---|---------|---|---|
| unvorhergesehene Produkt- bzw. Ressourcenengpässe | Verzögerung der Bauzeit; Umstieg auf sonstige Produkte/Ressourcen | n.b. | Umstieg auf verfügbare Produkte/Ressourcen bzw. konventionelle Ausführung | 10,00 % | nicht prognostizierbar, da betroffene Ressourcen/Produkte nicht identifizierbar | nicht prognostizierbar, da betroffene Ressourcen/Produkte nicht identifizierbar |
| unvorhergesehener wesentlicher Preisanstieg | Verzögerung der Bauzeit; Umstieg auf sonstige Produkte/Ressourcen | n.b. | Verzögerung der Bauzeit; evtl. konventionelle Ausführung | 15,00 % | nicht prognostizierbar, da betroffene Ressourcen/Produkte nicht identifizierbar | nicht prognostizierbar, da betroffene Ressourcen/Produkte nicht identifizierbar |
| Ergebnisse der öffentlichen Ausschreibung für die einzelnen Bautätigkeiten | Zuschlagsempfänger:in setzt nicht alle Maßnahmen um | n.b. | Verzögerung der Bauzeit; evtl. konventionelle Ausführung | 15,00 % | durch Umstieg aus konventioneller Ausführung fallen keine Mehrkosten der CO ₂ -sparenden Maßnahmen an (siehe Kostentabelle) | durch Umstieg aus konventioneller Ausführung fallen keine Mehrkosten der CO ₂ -sparenden Maßnahmen an (siehe Kostentabelle) |
| Zeitverzögerung aufgrund der Miete von eLKW und -Geräten | Verzögerung der Bauzeit | Vermieter eLKW und -Geräte bzw. Sub-contractor | Messung und Berücksichtigung tatsächlicher Mietdauer; Umstellung der Ausführung auf "konventionell" | 3,00 % | eLKW-Mietverlängerung, je nach Preis Ausschreibungsgewinner und verlängerter Mietdauer abschätzbar | eLKW-Mietverlängerung, je nach Preis Ausschreibungsgewinner und verlängerter Mietdauer abschätzbar |
| eLKW während Einsatz beschädigt | Umstieg auf konventionelle LKW | Vermieter eLKW | Messung und Berücksichtigung nur eLKW-Einsatzzeit und -transportstrecken | 5,00 % | keine Mehrkosten für eLKW (siehe Kostentabelle); Kosten für Ersatz durch konventionellen LKW und Diesel (erst nach aktuellen Dieselpreisen abschätzbar) | keine Mehrkosten für eLKW (siehe Kostentabelle); Kosten für Ersatz durch konventionellen LKW und Diesel (erst nach aktuellen Dieselpreisen abschätzbar) |

6 Schlussfolgerungen

6.1. Schlussfolgerungen aus der Online-Umfrage

- In einer Online-Umfrage innerhalb der Baubranche (n = 107) wurde evident, dass die Branche klimaverträglicher werden sollte.
- Als größtes Hemmnis für die Umsetzung von Maßnahmen für den Klimaschutz wurden die Kosten genannt. Öffentliche Förderungen für den Klimaschutz in der Branche würden aufgestockt gehören.
- Ein weiteres Hemmnis wurde in der mangelnden Marktverfügbarkeit alternativ betriebener Baumaschinen und Transportfahrzeuge identifiziert.
- Das BVergG sei als Steuerungsinstrument gut geeignet, Klimaschutz im Baubetrieb vorzuschreiben.

6.2. Schlussfolgerungen aus der Grundlagenerhebung

6.2.1. Schlussfolgerungen aus der Grundlagenerhebung Vergabe und Vertrag

- Das BVergG bietet einige Möglichkeiten zur Berücksichtigung ökologischer Aspekte in öffentlichen Ausschreibungen bzw. im Zuge des Vergabeverfahrens.
- Die größten Potenziale liegen in der Formulierung von Bedingungen im Leistungsvertrag und entsprechenden Zuschlagskriterien.
- Im Bauvertrag sind Pönaleregulungen für den Fall, dass der Unternehmer seinen Leistungsversprechen (in Bezug auf ökologische Maßnahmen) nicht nachkommt, vorzusehen.

6.2.2. Schlussfolgerung aus der Grundlagenerhebung der Flottenmanagementsysteme

- Für das Vorhaben des CO₂-Monitorings existieren mehrere geeignete Flottenmanagementsoftwaresysteme auf dem Markt.

6.2.3. Schlussfolgerungen aus der Grundlagenerhebung für Zertifizierungssysteme

- Der Baubetrieb selbst spielt bei den vorhandenen Gebäudezertifizierern derzeit eine untergeordnete Rolle.
- Dies könnte sich durch das neue Zertifikat „DGNB-Zertifikat für nachhaltige Baustellen“ in Zukunft ändern.

6.2.4. Schlussfolgerungen aus der Grundlagenerhebung innovativer Technologien

- Die wesentlichen Technologien für eine nachhaltige Systemwende am Bau sind bereits verfügbar.

- Große Baugeräte werden in absehbarer Zeit nicht substituiert werden; sie bieten eine Nische für E-Fuels/Bio-Fuels, z. B. HVO100.
- Durch den massiven Ausbau in Wasserstoff-Infrastruktur könnte sich dieser – bei Vorhandensein von ausreichend grünem Wasserstoff – als ein Antrieb der Zukunft von LKWs durchsetzen.
- Durch den massiven Ausbau auch der eMobilitätsinfrastruktur könnten sich elektrobetriebene LKWs ebenfalls durchsetzen.
- Grünstrom ist – zumindest im Bundesland der identifizierten realen Demonstrationsbaustelle, Kärnten – bereits etablierter Standard. Daher ist eine Grünstromversorgung der Baustelle gesichert (8 % CO₂-Emissionseinsparung), was 40 % der Projektvorgabe (mind. 20 % CO₂-Gesamtemissionseinsparung) bereits ermöglicht.
- Organisatorische Maßnahmen erfordern – im Vergleich zur Miete von z.B. CO₂-einsparenden Baumaschinen – keine Investitionen, erbringen dafür eine CO₂-Emissionseinsparung von (weiteren) 6 %.
- Allein durch Grünstrom und organisatorische Maßnahmen, welche keine Investitionen seitens des Bauherrn im Vergleich zu einer konventionell geführten Baustelle voraussetzen, liegt die Erfüllung der Projektvorgabe (von mind. 20 % CO₂-Gesamtemissionseinsparung) bei 70 %.

6.3. Schlussfolgerungen aus der Machbarkeitsstudie für einen energieautarken Baucontainer

- Einsparungen im Container zum Status Quo sind derzeit möglich.
- Hauptverbraucher sind Heizung und Kühlung.
- Mehrere Container mit PV sollten zu einem Energieverband zusammengeschlossen werden.
- Energieautarker Betrieb einzelner Container bei günstigen Sonnenverhältnissen ist derzeit mit Ausnahme des Winters prinzipiell möglich.
- Ob Container oder (Teile von) Containergruppen ganzjährig energieautark mit PV betrieben werden können, hängt hauptsächlich davon ab, ob sie beheizt werden oder nicht.
- Die Möglichkeit eines autarken Betriebs ist im Einzelfall zu prüfen und hängt von gewählter Containerkonfiguration, Energieverbrauch, Jahreszeit und Umgebungsverhältnissen ab.

6.4. Schlussfolgerungen aus der Risikovererhebung

- Eine ausreichende Anschlussleistung ist, wie bereits im Vorgängerprojekt vermutet, essenziell für das Gelingen einer Baustelle mit elektrisch betriebenen Geräten.
- Beim Einsatz elektrischer Baugeräte ist vorab genau zu prüfen, ob die (Dauer-)Leistung des Elektrogeräts für das Vorhaben ausreichend ist.
- Die Risikovererhebung ermöglicht die frühzeitige Erkennung, Vorbeugung und somit Minimierung der mit dem individuell auf die Baustelle abgestimmten Maßnahmenkatalog verbundenen Risiken.
- Auf diese Weise können durch Risiken ausgelöste Mehrkosten minimiert werden.

6.5. Schlussfolgerungen des Monitoringkonzeptes

- Das Monitoringkonzept spielt eine zentrale Rolle bei der Vermeidung von vorhersehbaren Risiken bzgl. der CO₂-einsparenden Maßnahmen.
- Weiters erlaubt das Monitoringkonzept ein schnelles Eingreifen bei Eintritt unvorhersehbarer Risiken.
- Das im vorliegenden Projekt ausgearbeitete Monitoringkonzept sollte für einen effizienten Ablauf vor Baubeginn an die realen Umstände angepasst werden.
- Das genaue Messvorgehen wird ebenfalls vor Baubeginn endgültig angepasst und vertraglich festgelegt.
- Nicht die Menge der erhobenen Daten bestimmt die Qualität des Monitorings, sondern die zielgerechte und aussagekräftige Auswertung und anschließende Interpretation der Ergebnisse.

7 Ausblick und Empfehlungen

Das gegenständliche Forschungsprojekt zeigt, dass die Themen Nachhaltigkeit und CO₂-Reduktion in der Baubranche angekommen sind und derzeit intensiv an Möglichkeiten geforscht wird, um Baustellen umweltfreundlicher abzuwickeln. Für die Zukunft ist anzunehmen, dass die Berücksichtigung von Umweltaspekten bei der Umsetzung von Bauprojekten weiterhin an Bedeutung gewinnen und unter den Projektbeteiligten zunehmend Bewusstsein für diese Thematik geschaffen wird.

Neue Entwicklungen sind vor allem im Bereich umweltfreundlicher Baumaschinen und -geräte, alternativer Kraftstoffe, nachhaltiger Baumaterialien und alternativer Transportmöglichkeiten zu erwarten. Weiters kann davon ausgegangen werden, dass umweltrechtliche Rechtsvorschriften, die Relevanz für die Erbringung von Bauleistungen haben, künftig strenger werden und diverse Stakeholder, wie etwa öffentliche AG und bauausführende Unternehmen, zur Umsetzung von Umweltmaßnahmen bewegen. Zu nennen sind hier etwa die EU-Taxonomie-Verordnung, die anstehende EU-Sorgfaltspflichten-Richtlinie oder die für 2023 erwartete BVergG-Novelle.

Neue Richtlinien für nachhaltiges Bauen, wie sie derzeit in Arbeit sind, können als Vertragsbestandteile in Bauverträge aufgenommen werden und auch bei nicht-öffentlichen Projekten die Ökobilanz verbessern. Auch im Zertifizierungsbereich wird der Baubetrieb durch ein Positionspapier und ein eigenes Zertifikat von DGNB/ÖGNI einen neuen Stellenwert erhalten.

Um die Klimaziele der österreichischen Bundesregierung umsetzen zu können, sind die Ausschreibung und der Testbetrieb von Demonstrationsbaustellen notwendig. Die Testung bzw. Umsetzung sowie Weiterentwicklung von Umweltmaßnahmen bei realen Projekten bedingt eine Zusammenarbeit der Projektbeteiligten. Die teilweise hohe Komplexität der für CO₂-Neutralität notwendigen Systemwende am Bau erfordert vor allem in der Phase der Umstellung laufende und offene Kommunikation in den Projekten. Die Risiken sowie die Marktsituation sollten über den gesamten Projektzeitraum im Auge behalten werden und entsprechende Handlungsalternativen vorab festgelegt worden sein.

Wie bereits im Zuge dieses Forschungsprojekts erkennbar, stellt es eine Herausforderung dar, geeignete Demo-Projekte zu finden und die finanziellen Ressourcen für ausgewählte Maßnahmen aufzuwenden. Nicht alle für die Umsetzung einer CO₂-neutralen Baustelle notwendigen Maßnahmen müssen zwangsläufig zu hohen Mehrkosten führen. Durch organisatorische Maßnahmen sowie – wie auch im konkreten Fall – durch standardmäßig verfügbare Grünstromversorgung können bereits CO₂-Emissionen auf der Baustelle eingespart werden.

Die Erkenntnisse aus den Demo-Projekten können dazu verwendet werden, diese Baustellen zu optimieren, Leistungsverluste zu erkennen und durch einen Optimierungsprozess auszugleichen. Weiters sollte die Bilanzierung von Bauvorhaben genauer erforscht werden, um durch standardisierte Bewertungssysteme den umweltlichen Einfluss frühzeitig zu erkennen. Durch einheitliche, transparente und österreichweit abgestimmte Nachhaltigkeitsbewertungen könnte somit eine Entscheidungsgrundlage für Projekte und ein wesentlicher Eckpfeiler für das Erreichen von Umwelt- und Nachhaltigkeitszielen geschaffen werden. Durch diese Forschung könnte der Weg für die Implementierung eines flächendeckenden CO₂-neutralen Baubetriebs ab 2040 geebnet werden.

8 Verzeichnisse

Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Abbildung 1: Weg zur CO ₂ -neutralen Baustelle | 12 |
| Abbildung 2: Vergleich der monatlichen spezifischen Erträge in Deutschland für die Jahre 2012 bis 2020..... | 32 |
| Abbildung 3: Nutzen-Risiko-Verhältnis für ökologische Maßnahmen im Baubetrieb | 34 |
| Abbildung 4: Durch die verschiedenen Maßnahmen theoretisch erzielbare Einsparungsschritte an CO ₂ -Äquivalenten in % des Ausgangswertes..... | 38 |

Tabellenverzeichnis

| | |
|---|----|
| Tabelle 1: Abgrenzung zu Vorgänger- und Nachfolgerprojekt..... | 14 |
| Tabelle 2: Beispiel zur Bewertung von Bieterangaben | 24 |
| Tabelle 3: Übersicht über Flottenmanagementsysteme..... | 24 |
| Tabelle 4: Übersicht über Gebäudezertifizierungsmöglichkeiten..... | 26 |
| Tabelle 5: Einfluss des Baubetriebs auf unterschiedliche Zertifizierungssystemen..... | 27 |
| Tabelle 6: Stromverbrauch (inkl. Klimatisierung) des Bauleitungscontainers in Wien Landstraße während der Ausführungsphase je Kalenderwoche im Sommer 2022..... | 31 |
| Tabelle 7: Ausschnitt: Erhebungstabelle – Stromverbrauch | 35 |
| Tabelle 8: Ausschnitt: Summenblatt – Stromverbrauch | 35 |
| Tabelle 9: Ausschnitt: Berechnung des Stromverbrauchs..... | 36 |
| Tabelle 10: Mehrkosten durch ausgewählte Maßnahmen. | 39 |
| Tabelle 11: Risk & Contingency Plan | 40 |

Literaturverzeichnis

- [1] R. Obernosterer u. a., *Die CO₂ neutrale Baustelle - Ein Beitrag zum Klimaschutz der österreichischen Bauwirtschaft*. in Berichte aus Energie- und Umweltforschung, no. 36/2021. Villach: Nachhaltig wirtschaften, 2021. [Online]. Verfügbar unter: https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/sdz_pdf/schriftenreihe-2021-37-co2-neutrale-baustelle.pdf
- [2] „ÖNORM EN ISO 14040:2021 03 01 - Webshop - Austrian Standards“. https://shop.austrianstandards.at/action/de/public/details/693563/OENORM_EN_ISO_14040_2021_03_01 (zugegriffen 27. Juli 2023).
- [3] „ÖNORM EN ISO 14044:2021 03 01 - Webshop - Austrian Standards“. https://shop.austrianstandards.at/action/de/public/details/693501/OENORM_EN_ISO_14044_2021_03_01 (zugegriffen 27. Juli 2023).
- [4] „ÖNORM EN ISO 14067:2019 03 15 - Webshop - Austrian Standards“. https://shop.austrianstandards.at/action/de/public/details/652954/OENORM_EN_ISO_14067_2019_03_15 (zugegriffen 27. Juli 2023).

- [5] „ÖNORM EN 15941:2022 10 15 - Webshop - Austrian Standards“. https://shop.austrian-standards.at/action/de/public/details/721857/OENORM_EN_15941_2022_10_15 (zugegriffen 27. Juli 2023).
- [6] „DIN EN 15978:2012-10, Nachhaltigkeit von Bauwerken_ - Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden_ - Berechnungsmethode; Deutsche Fassung EN_15978:2011“, Beuth Verlag GmbH. doi: 10.31030/1917049.
- [7] G. Goger und T. Bisenberger, „Digitalization in infrastructure construction—Developments in construction operations Digitalisierung im Infrastrukturbau—Baubetriebliche Entwicklungen“, 2020.
- [8] E. Hiebl, „Effizienzsteigerung durch den Einsatz von BIM in der Bauausführung“, PhD Thesis, Wien, 2018.
- [9] „Power to liquid and power to gas: An option for the German Energiewende - ScienceDirect“. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032115000593?via%3Dihub> (zugegriffen 24. August 2022).
- [10] W. Maus, *Zukünftige Kraftstoffe: Energiewende des Transports als ein weltweites Klimaziel*. springer-verlag, 2019.
- [11] C. Winkler, *Betriebsstoffverbrauch von Baumaschinen als Faktor einer ökoeffizienten Bauprozessoptimierung*. in Schriftenreihe des Instituts für interdisziplinäres Bauprozessmanagement, no. Herft 3. Wien: TU Verlag, 2017.
- [12] H. Engel, R. Hensley, S. Knupfer, und S. Sahdev, „The potential impact of electric vehicles on global energy systems“, *report, McKinsey Center for Future Mobility*, 2018.
- [13] H. Liimatainen, O. van Vliet, und D. Aplyn, „The potential of electric trucks—An international commodity-level analysis“, *Applied energy*, Bd. 236, S. 804–814, 2019.
- [14] DNV GL, „City of Oslo: Perspectives on Zero Emission Construction“. DNV GL Energy, 2019.
- [15] „DNV-GL_2018_Guide-to-arranging-fossil-and-emssion-free-solutions-on-building-sites.pdf“.
- [16] B. Peng, C. Cai, G. Yin, W. Li, und Y. Zhan, „Evaluation system for CO2 emission of hot asphalt mixture“, *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, Bd. 2, Nr. 2, S. 116–124, Apr. 2015, doi: 10.1016/j.jtte.2015.02.005.
- [17] F. Barbosa, J. Woetzel, und J. Mischke, „Reinventing construction: A route of higher productivity“, McKinsey Global Institute, 2017.
- [18] P. Tang, D. Cass, und A. Mukherjee, „Investigating the effect of construction management strategies on project greenhouse gas emissions using interactive simulation“, *Journal of Cleaner Production*, Bd. 54, S. 78–88, Sep. 2013, doi: 10.1016/j.jclepro.2013.03.046.
- [19] M. Fiedler, *Lean Construction—Das Managementhandbuch: Agile Methoden und Lean Management im Bauwesen*. Springer, 2017.

- [20] K. Sabine, D. Fritz, E. Henninger, G. Lichtblau, W. Pölz, und H. Schreiber, „TREIBHAUS-GASEMISSIONEN VON STROM - Empfehlungen zur Öko-Bilanzierung“, *Publikation des österreichischen Umweltbundesamtes*, 2018.
- [21] C. Nagl, F. Kroiss, und H. Fössl, *Luftschadstoffreduktion bei Baustellen*. in Report / Umweltbundesamt, no. [N.F.] 243. Wien: Umweltbundesamt, 2009.
- [22] „mission2030_oe_klimastrategie_ua.pdf“. Zugegriffen: 27. Juli 2023. [Online]. Verfügbar unter: https://www.bmk.gv.at/dam/jcr:750d2ada-db77-4963-a659-d3193ed8f890/mission2030_oe_klimastrategie_ua.pdf
- [23] M. Weigert, L. Winkler, und R. Obernosterer, „CO2-NEUTRALE BAUSTELLE“, *Österreichische Ingenieur- und Architekten-Zeitschrift*, Nr. 166, Sep. 2021, [Online]. Verfügbar unter: https://www.oia.v.at/wp-content/uploads/2021/09/17_baustelle.pdf
- [24] A. Bischofberger, M. Weigert, und L. Winkler, „Emissionen von Baumaschinen“, *bauaktuell*, Nr. 05/2022, S. 134–139, Mai 2022.
- [25] M. Weigert, O. Melnyk, L. Winkler, und J. Raab, „Carbon Emissions of Construction Processes on Urban Construction Sites“, *Sustainability*, Bd. 14, Nr. 19, S. 12947, 2022.
- [26] M. Piatek, *Die CO2 neutrale Baustelle – Chancen und Herausforderungen*. in Diplomarbeit an der TU Wien. Wien, 2021.
- [27] A. Bischofberger, *Alternative Antriebe und Kraftstoffe zur Vermeidung von THG-Emissionen bei Baumaschinen*. in Bachelorarbeit TU Wien. Wien, 2021.
- [28] „Vorzeige-Projekt: Ein Weinkeller für das Klima“, *Niederösterreichische Nachrichten Online-Portal*, 17. August 2022. [Online]. Verfügbar unter: <https://m.noen.at/horn/roeschitz-vorzeige-projekt-ein-weinkeller-fuer-das-klima-roeschitz-bio-weingut-gruber-klimaschutz-weinkeller-baustelle-print-332632630>
- [29] J. Raab, „Auswirkungen personenbezogener Vergabekriterien für öffentliche Bauaufträge und öffentliche baunahe Dienstleistungsaufträge auf den österreichischen Bauarbeits- und Bietermarkt“, PhD Thesis, Wien, 2022.
- [30] VCE ZT GmbH, Umweltbundesamt, und TU Wien, „Decarbonisation First“, 2020, [Online]. Verfügbar unter: <https://projekte.ffg.at/projekt/4093175/pdf>
- [31] C. Appl, „Baustromverbrauch und Potenziale zur Reduktion unter besonderer Berücksichtigung smarterer Technologien“. Diplomarbeit an der TU Wien, Vorabzug, noch nicht veröffentlicht.
- [32] H. te Heesen, V. Herbort, und M. Rumpler, „Studie zum Ertrag von Photovoltaikdachanlagen 2020 in Deutschland“, Feb. 2020.

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|---------------------|---|
| Abs. | Absatz |
| AG | Auftraggeber:in |
| ASFiNAG | Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft |
| BVergG | Bundesvergabegesetz |
| CO2demoBau | Kurzbezeichnung der gegenständlichen Sondierung |
| CO ₂ -eq | CO ₂ -equivalents, englische Bezeichnung für CO ₂ -Äquivalente |
| CO2neuBau | Kurzbezeichnung des Projektes „CO2 neutrale Baustelle“, 2021 |
| EU | Europäische Union |
| HVO100 | Hydrogenated vegetable oil, 100 % reines hydriertes (mit Wasserstoff veredeltes) Pflanzenöl |
| LKW | Lastkraftwagen |
| ÖBB | Österreichische Bundesbahnen |
| PV | Photovoltaik |
| UZ | Umweltzeichen |

9 Anhang

9.1. Data Management Plan (DMP)

9.1.1. Datenerstellung und Dokumentation

Beschreibung der Datensätze, welche im Rahmen des Projekts verwendet wurden:

| Beschreibung | Typ | Art | Quelle | Zugang | Link |
|--|-------------|--|---------------------------------|----------------------------------|---|
| Daten zu LKWs und Baugeräten, FMS, Zertifikaten etc. | verschieden | Daten zu Leistung, Gewicht, Akkuleistung, Verbrauch etc. | Jeweilige Herstellerseiten | Ausschließlich öffentliche Daten | Jeweils im Text angegeben bzw. sonst Homepage der jeweiligen Unternehmen |
| Spezifischer Solar-Ertrag je Monat | numerisch | kWh / kWp | HP des Umwelt campus Birkenfeld | ...öffentlich | https://www.umwelt-campus.de/fileadmin/Umwelt-Campus/User/HteHesen/research/pv/Ertragsstudie_2020.pdf |

Beschreibung der Daten, welche im Projekt generiert wurden:

| Beschreibung | Typ | Art | Verantwortlich | Zugang |
|---------------------------------------|-----------|----------------------|----------------|---|
| Messdaten Stromverbrauch Baucontainer | numerisch | Stromverbrauchsdaten | TU Wien | Diplomarbeit Christoph Appl, TU Wien (zum Zeitpunkt der Berichtsabgabe noch unveröffentlicht) |

9.1.2. Ethische, rechtliche und Sicherheitsaspekte

Die Messdaten der Baucontainer wurden von Herrn Christoph Appl in Kooperation mit der TU Wien zum primären Zwecke der Erstellung seiner Diplomarbeit erhoben und sind als sein geistiges Eigentum zu betrachten.

Es gibt keine ethischen Aspekte zu bedenken.

Es gibt keine Sicherheitsaspekte oder „sensible Daten“ zu bedenken.

9.1.3. Datenspeicherung und -erhalt

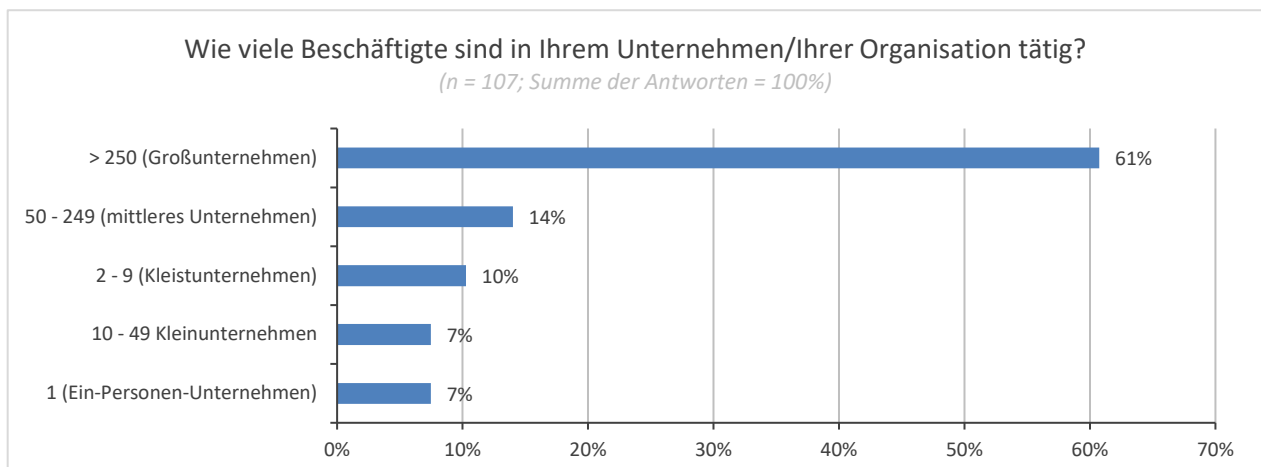
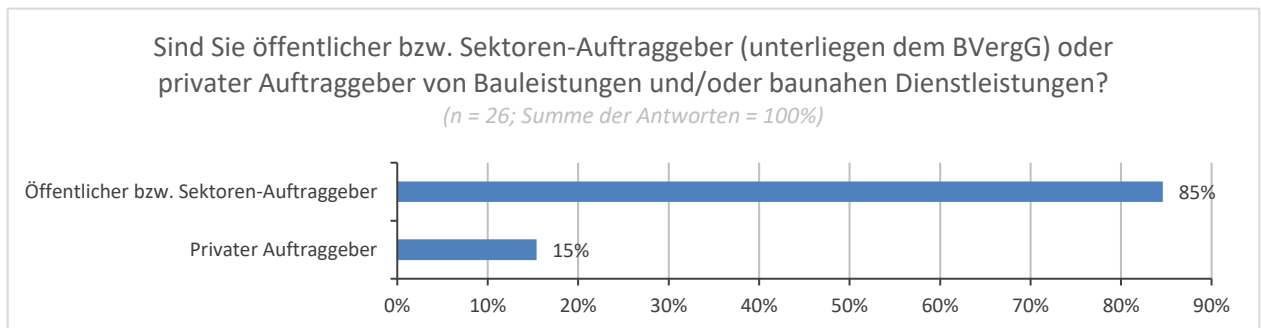
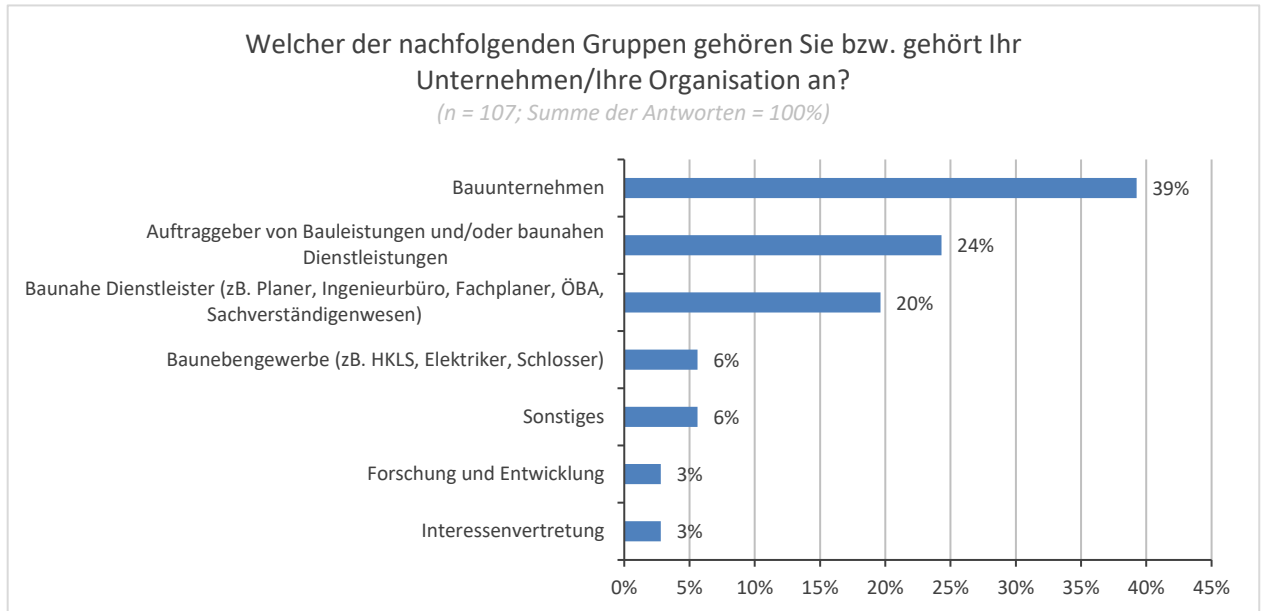
Alle (Meta-)Daten werden Festplatten bzw. Servern der Projektpartnerinnen gespeichert.

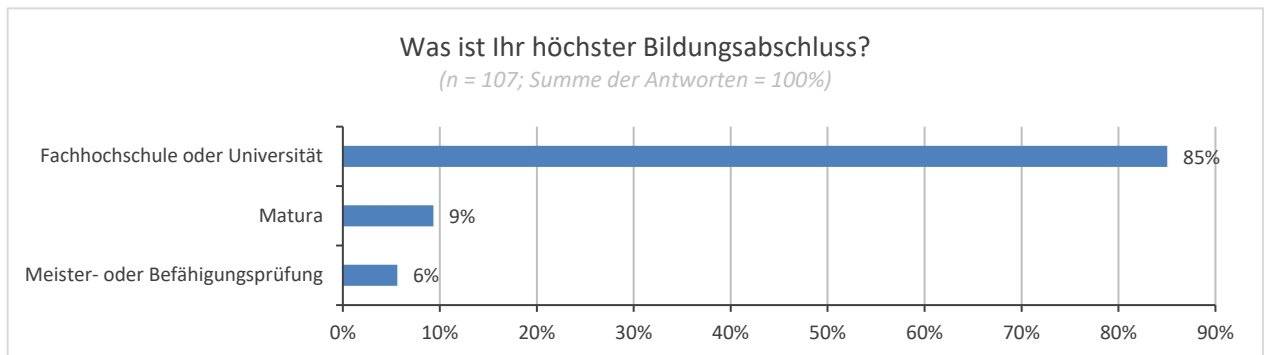
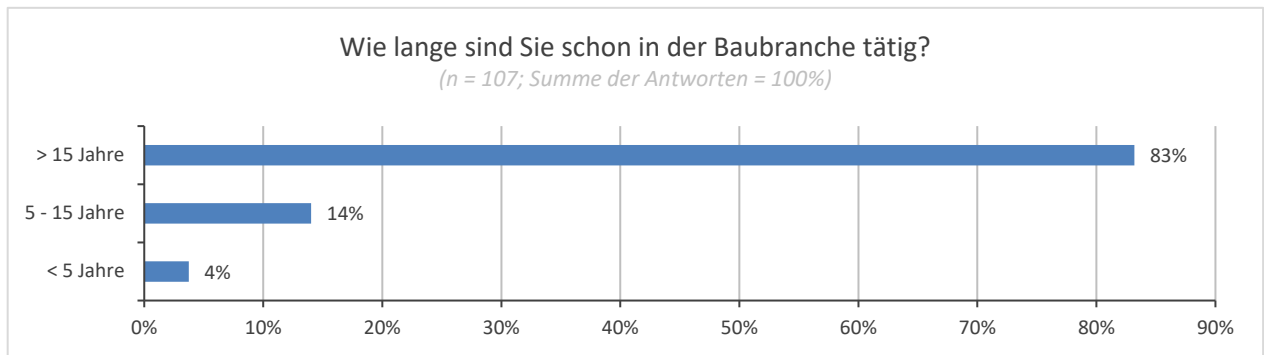
9.1.4. Wiederverwendbarkeit der Daten

Alle (Meta-)Daten sind auf Nachfrage offen verfügbar. Die „F.A.I.R.“-Prinzipien werden angewendet. Die einzige Ausnahme bilden Dateien, die Datensätze der Datenbank „ecoInvent“ beinhalten.

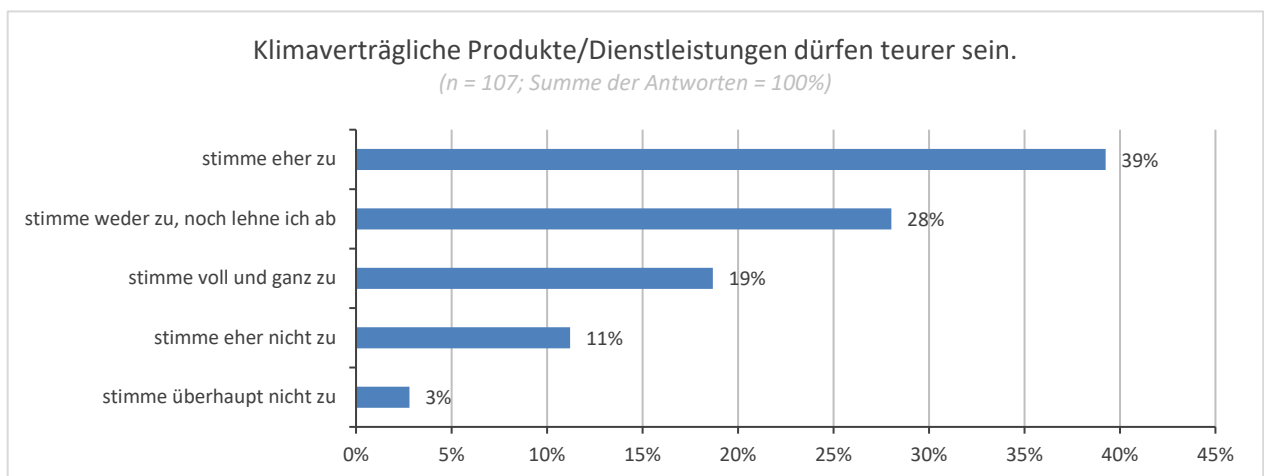
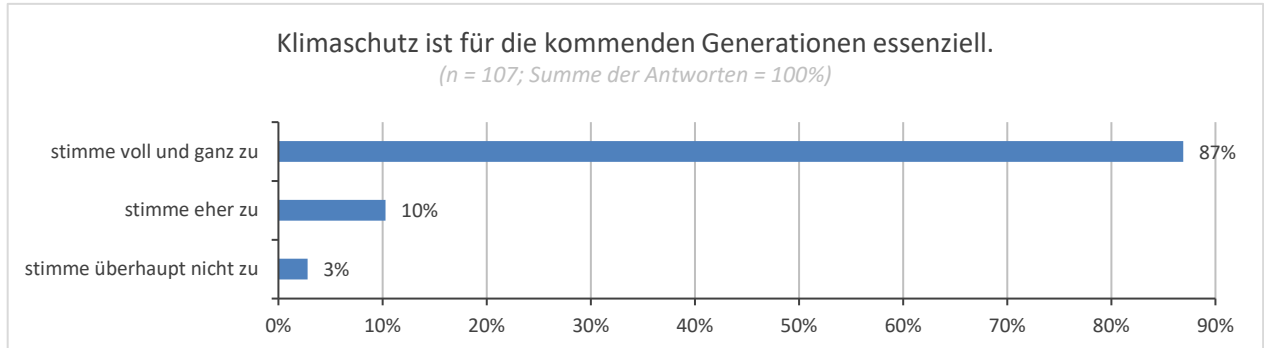
9.2. Fragestellungen und Ergebnisse der Umfrage

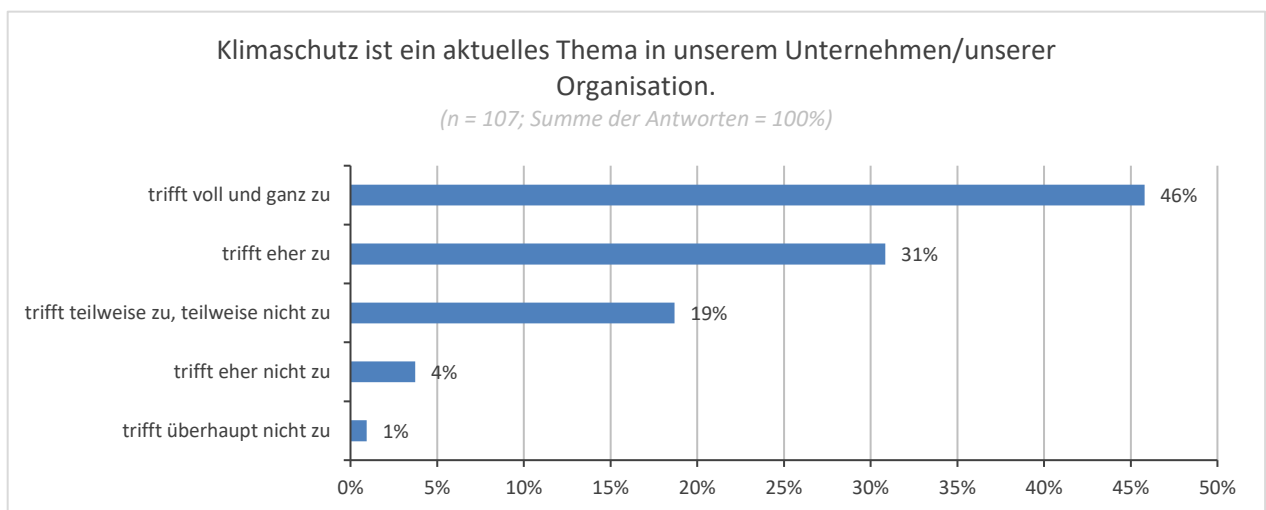
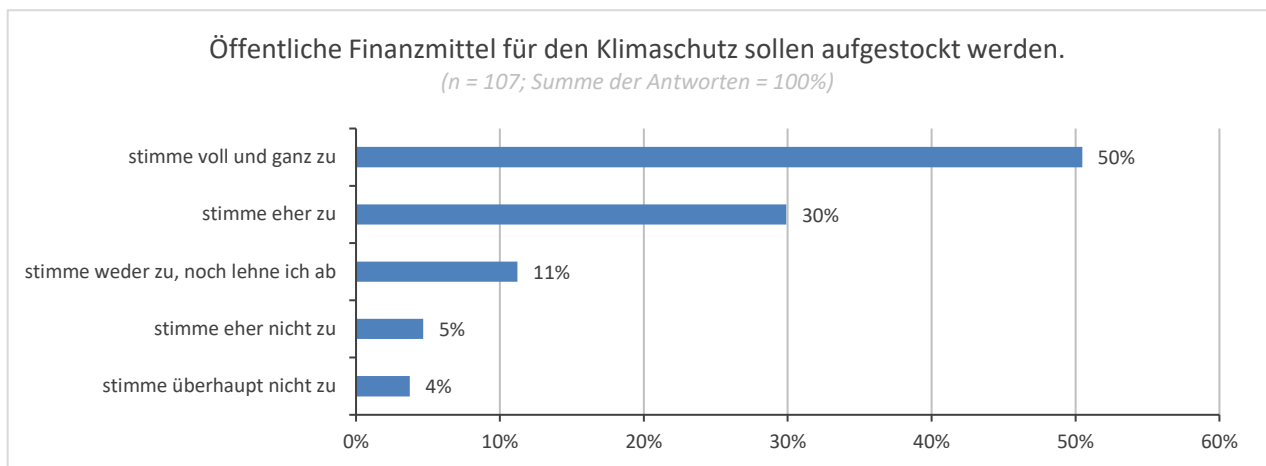
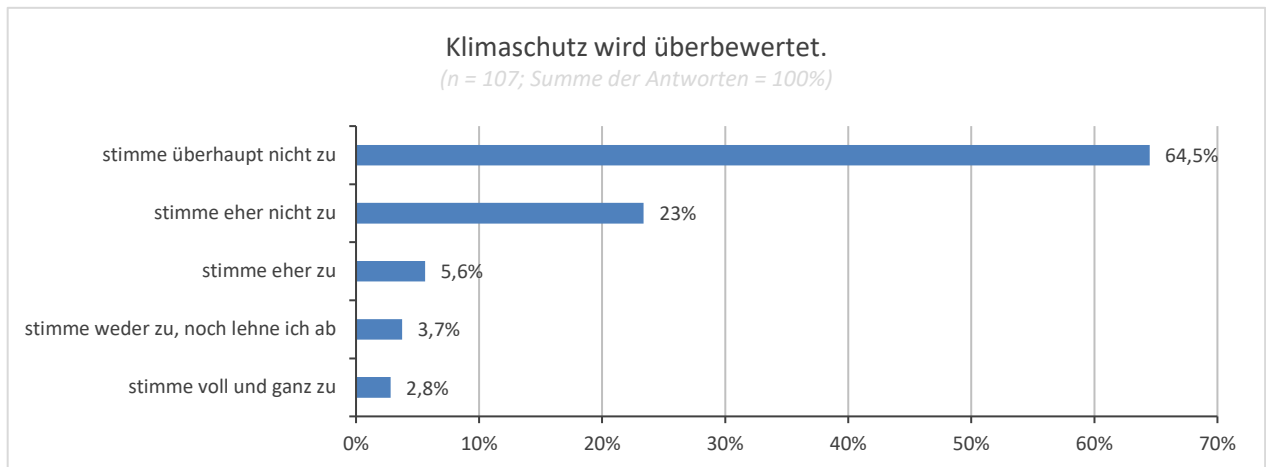
9.2.1. Personen- und unternehmensspezifische Angaben:





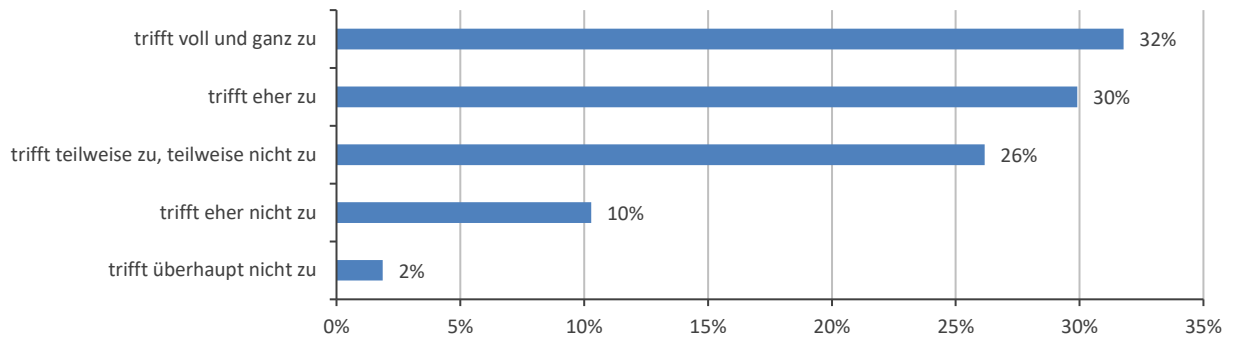
9.2.2. Stimmungslage zum Klimaschutz im Bauwesen:





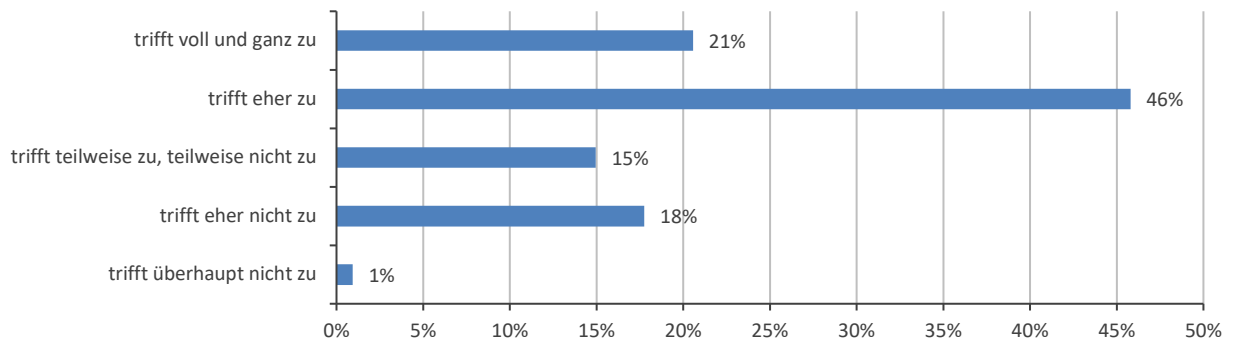
Unser Unternehmen/unsere Organisation leistet einen Beitrag zum Klimaschutz.

(n = 107; Summe der Antworten = 100%)



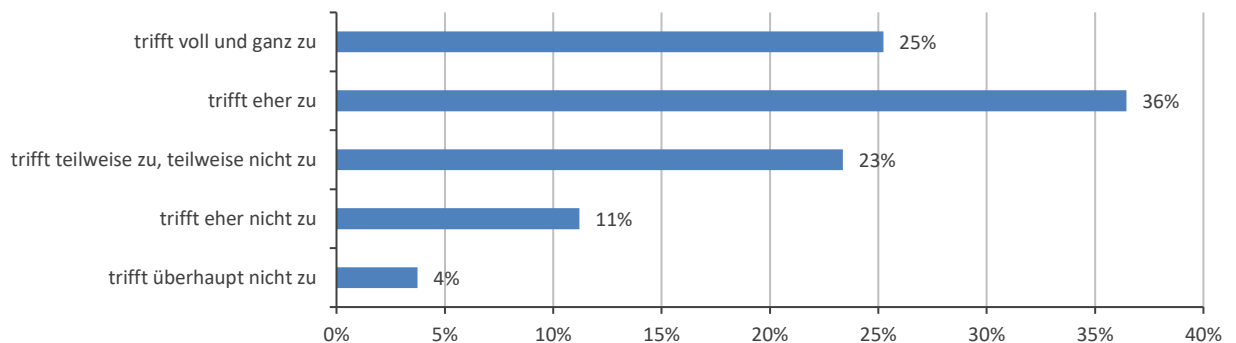
Der Beitrag unseres Unternehmens/unsere Organisation zum Klimaschutz könnte größer sein.

(n = 107; Summe der Antworten = 100%)



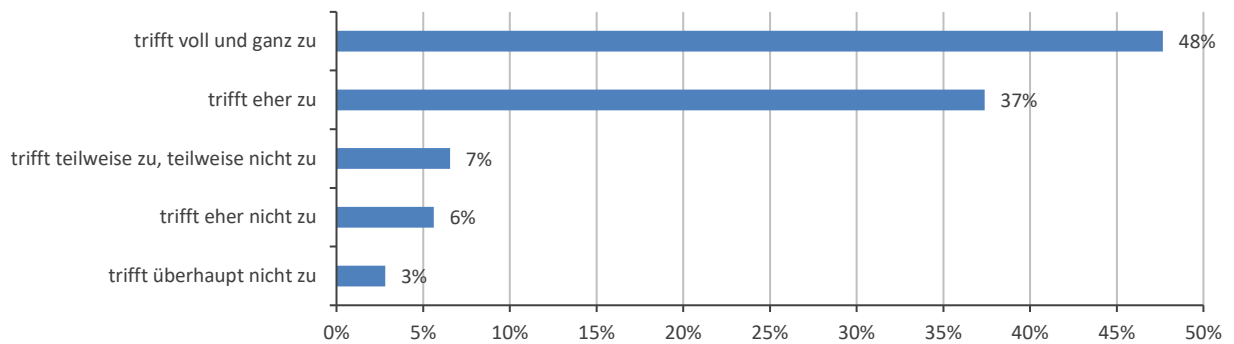
Maßnahmen unseres Unternehmens/unsere Organisation als Beitrag zum Klimaschutz erfolgen aus eigenem Antrieb und nicht aufgrund von Gesetzen, Vorschriften etc.

(n = 107; Summe der Antworten = 100%)



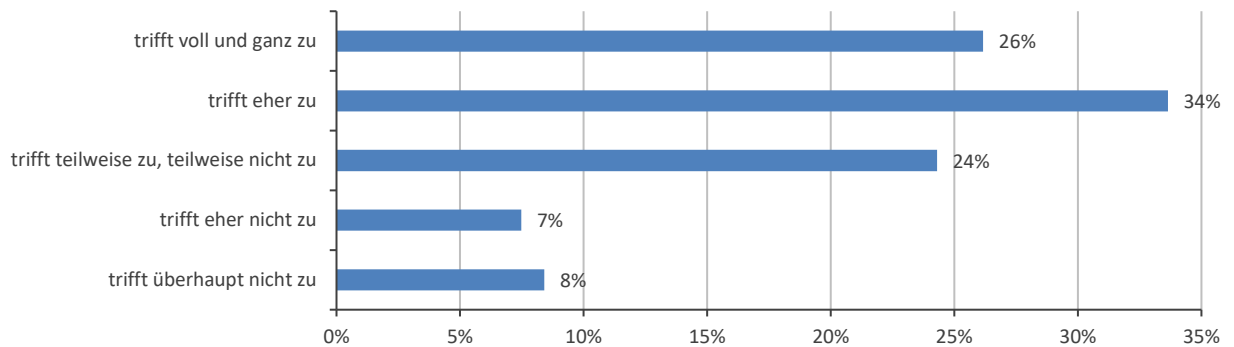
In den nächsten 5 Jahren ist in unserem Unternehmen/unsere Organisation die Umsetzung von Maßnahmen zum Klimaschutz geplant.

(n = 107; Summe der Antworten = 100%)



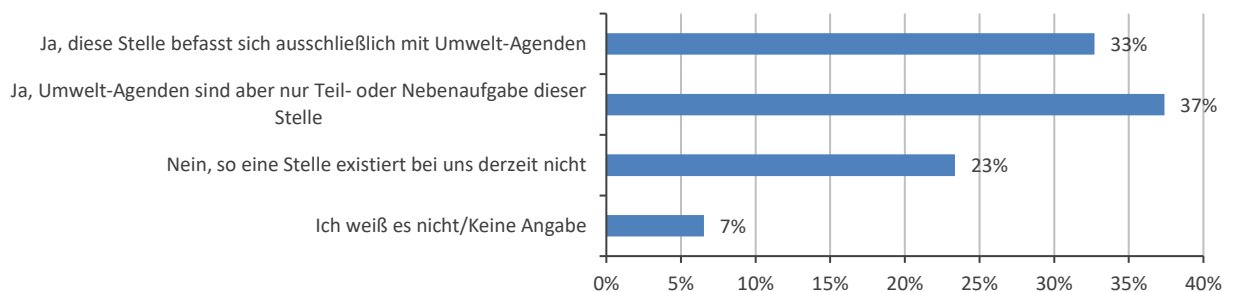
Das Inkrafttreten der Taxonomieverordnung (VO EU 2020/852) hat Einfluss auf das Wirtschaften unseres Unternehmens/unsere Organisation.

(n = 107; Summe der Antworten = 100%)



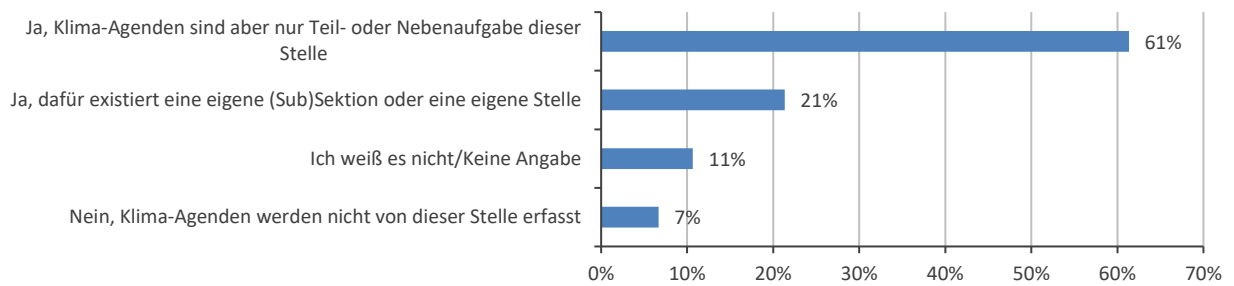
In unserem Unternehmen/unsere Organisation gibt es eine Anlaufstelle für Umwelt-Agenden.

(n = 107; Summe der Antworten = 100%)



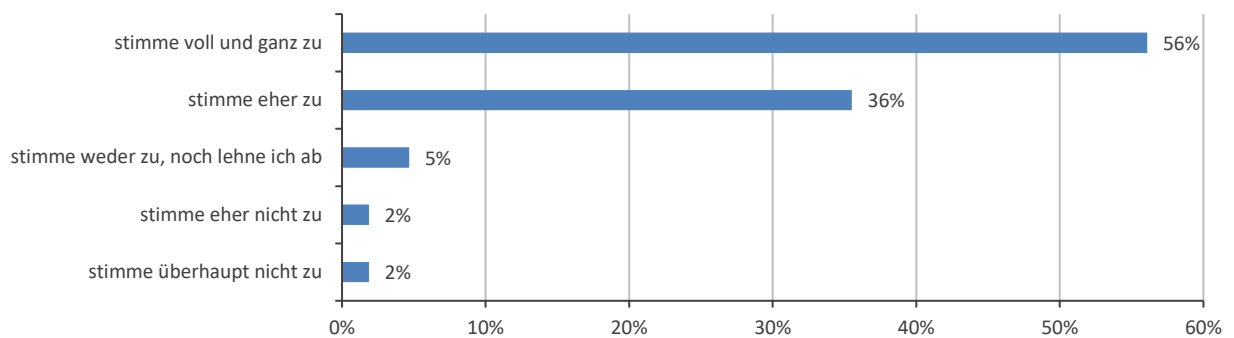
Befasst sich diese Stelle auch mit Klima-Agenden?

(n = 75; Summe der Antworten = 100%)



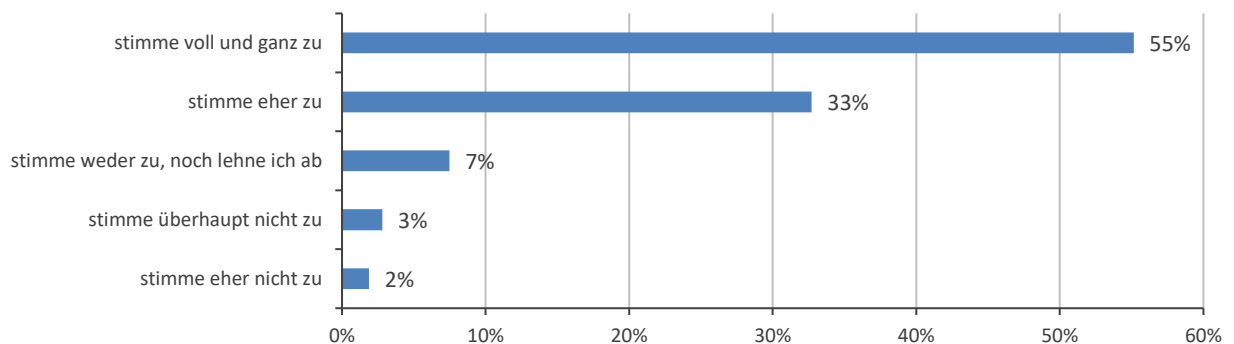
Unternehmen/Organisationen sollten verstärkt in Maßnahmen zur Reduktion negativer Auswirkungen ihres Unternehmens/ihrer Organisation auf das Klima investieren.

(n = 107; Summe der Antworten = 100%)



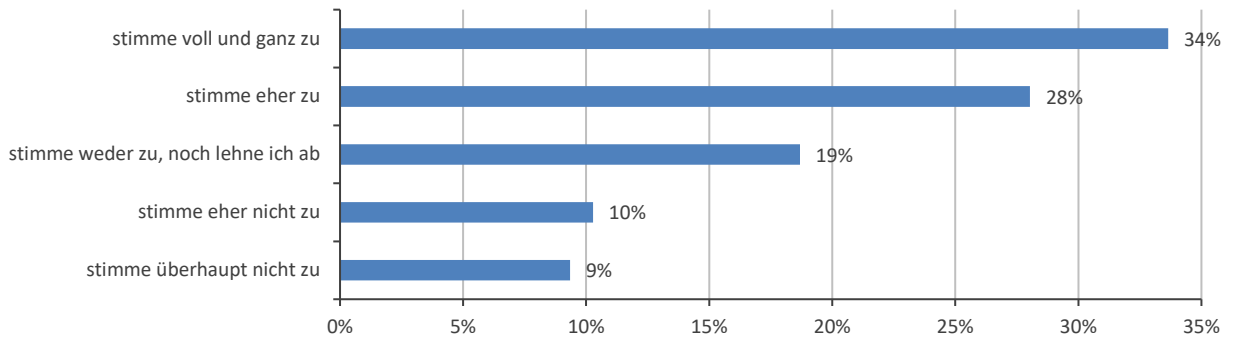
Unternehmen/Organisationen, die in Maßnahmen zur Reduktion der Auswirkungen ihres Unternehmens/ihrer Organisation auf das Klima investieren, sollten Förderungen bzw. steuerliche Begünstigungen erhalten.

(n = 107; Summe der Antworten = 100%)



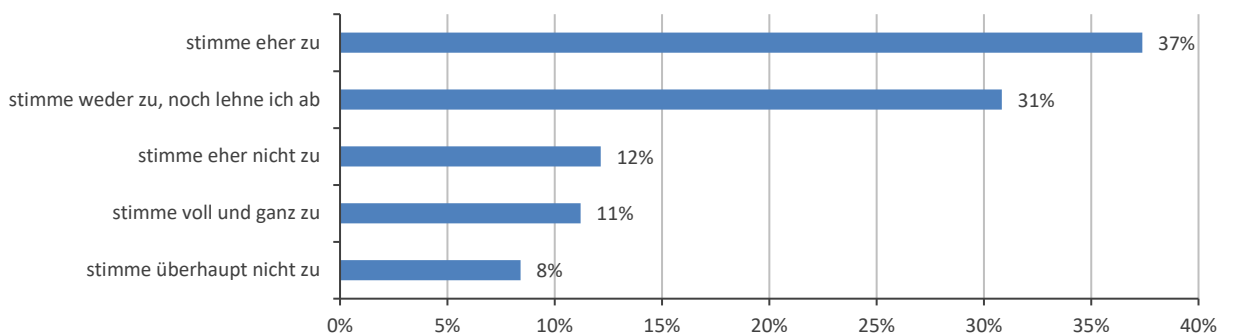
Unternehmen/Organisationen, die nicht in Maßnahmen zur Reduktion der Auswirkungen ihres Unternehmens/ihrer Organisation auf das Klima investieren, sollten stärker besteuert werden.

(n = 107; Summe der Antworten = 100%)



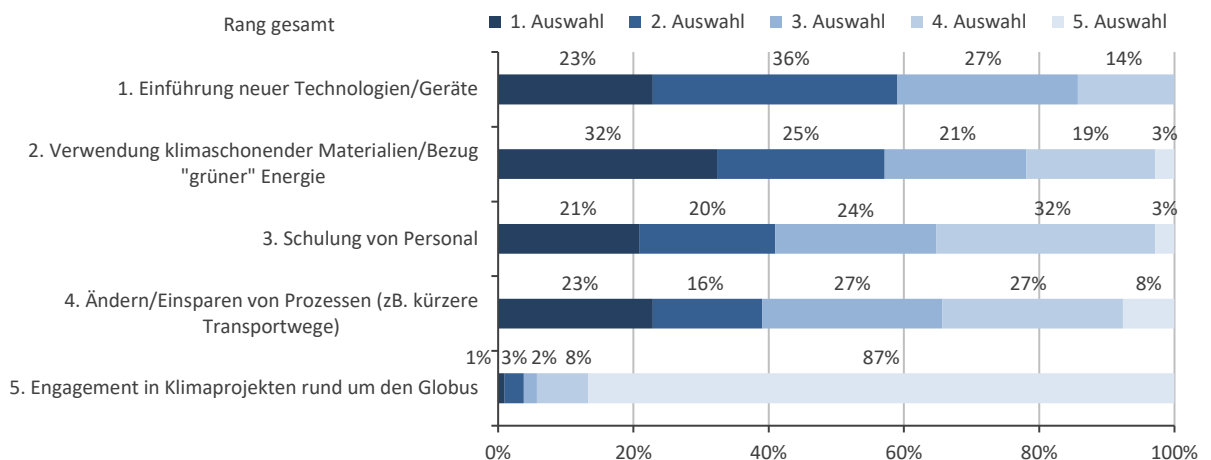
Klimaschutzmaßnahmen dürfen den Umsatz des Unternehmens/der Organisation schmälern bzw. die Kosten erhöhen.

(n = 107; Summe der Antworten = 100%)



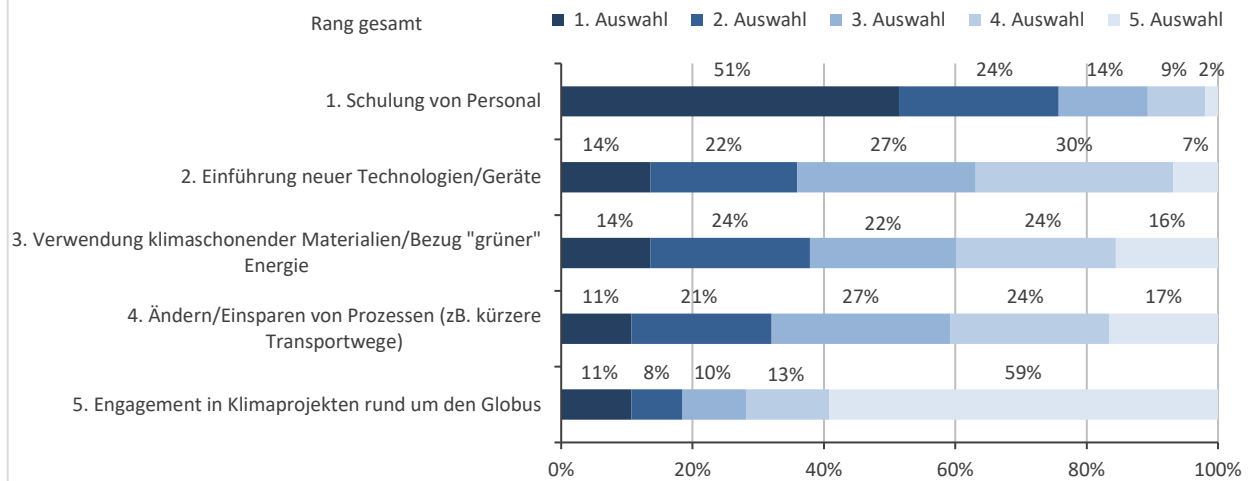
In welchen Bereichen sollte Ihr Unternehmen/Ihre Organisation in Bezug auf Klimaschutzmaßnahmen Ihrer Meinung nach am ehesten investieren? Bilden Sie eine Rangfolge nach Effektivität (1. = am effektivsten, 5. = am wenigsten effektiv).

(n = 105)



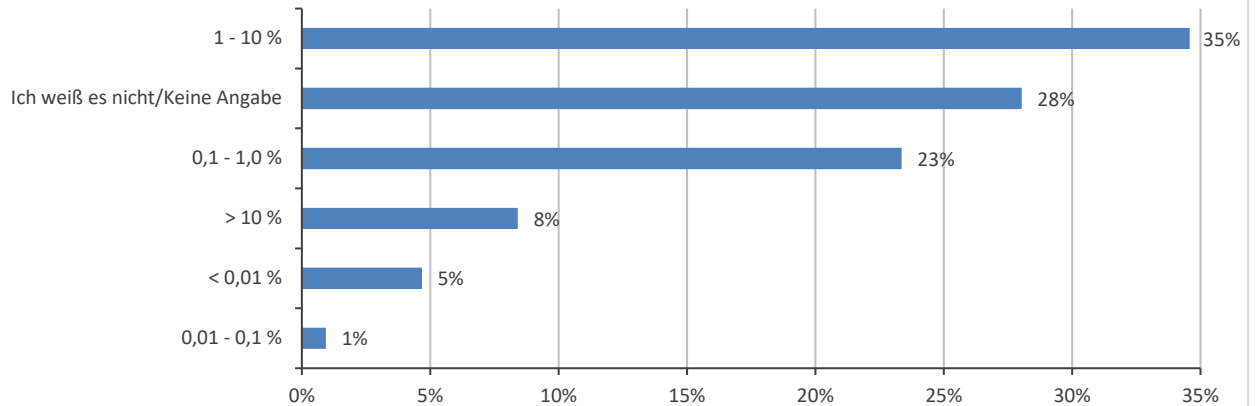
In welchen Bereichen sind Maßnahmen für Ihr Unternehmen/Ihre Organisation am einfachsten umsetzbar? Bilden Sie eine Rangfolge nach Umsetzbarkeit (1. = am einfachsten umsetzbar 5. am schwierigsten umsetzbar bzw. am aufwändigsten)

(n = 103)

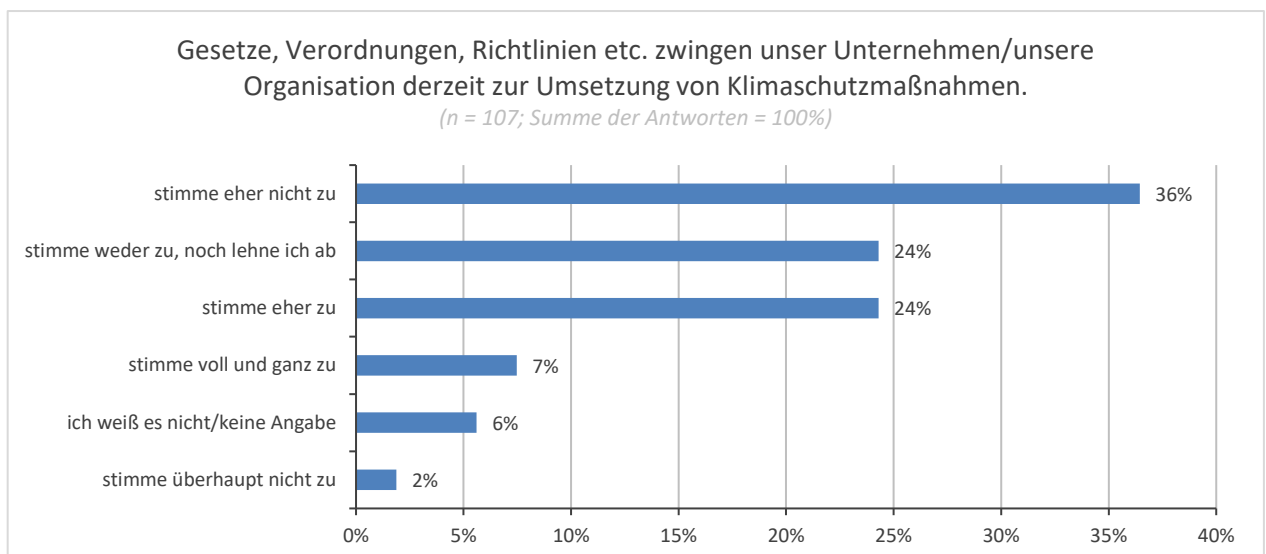
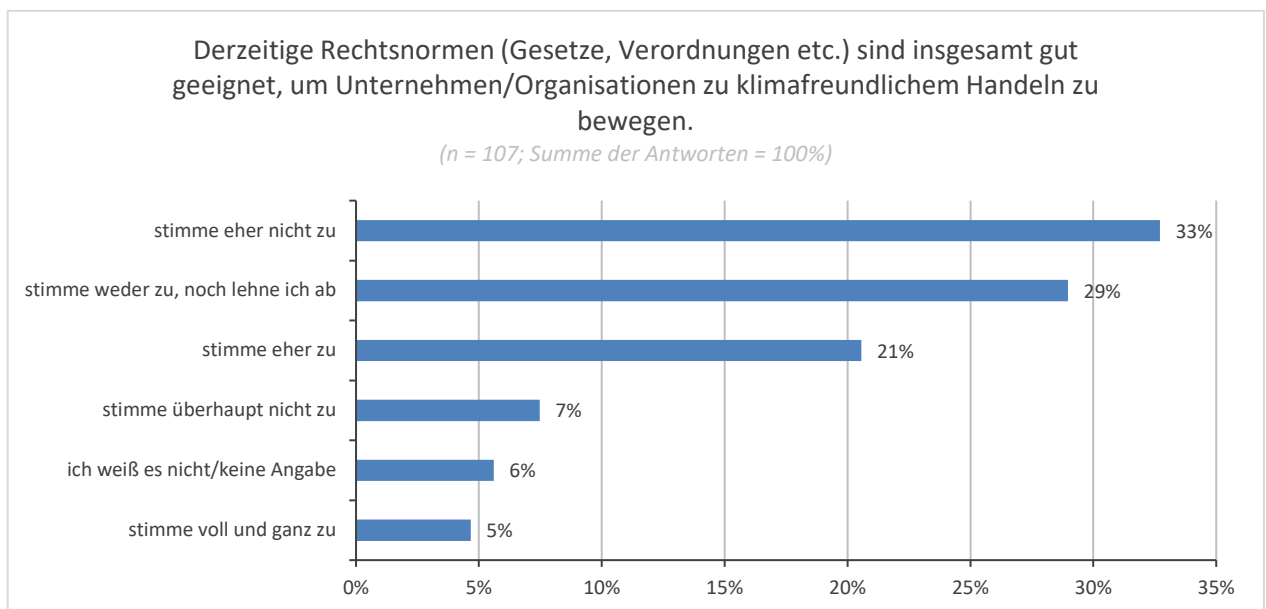
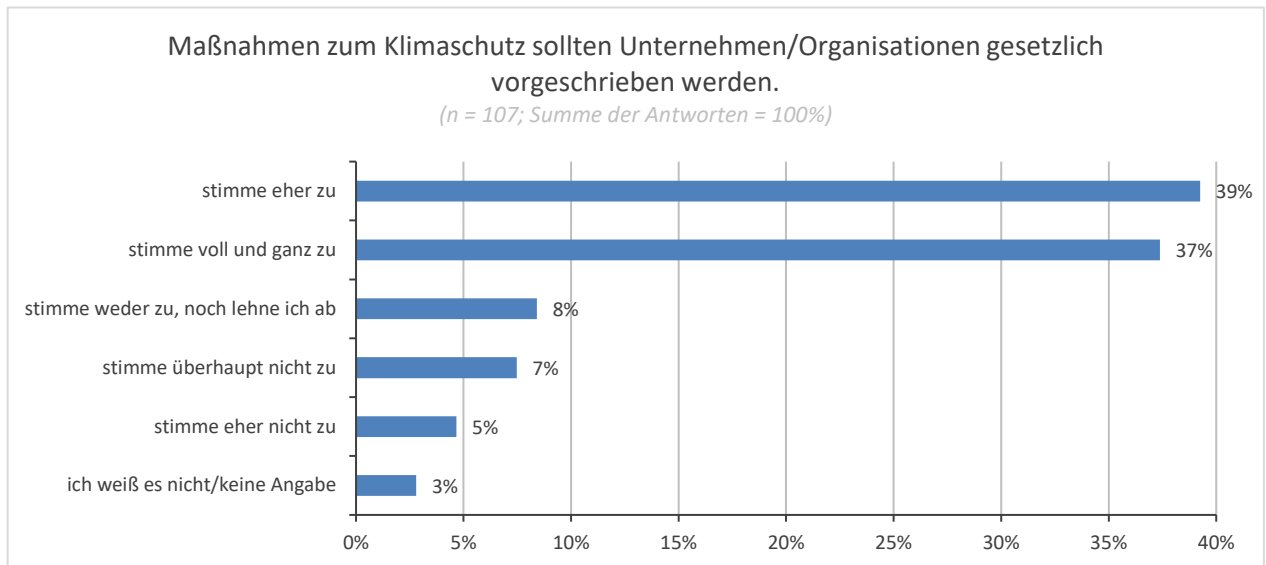


Wieviel % des Umsatzes Ihres Unternehmens/Ihrer Organisation halten Sie zur Finanzierung von Maßnahmen zum Klimaschutz (zB. Zertifizierungen des Unternehmens/der Organisation, Investition in umweltschonende Baugeräte) jährlich für angemessen?

(n = 107; Sum)

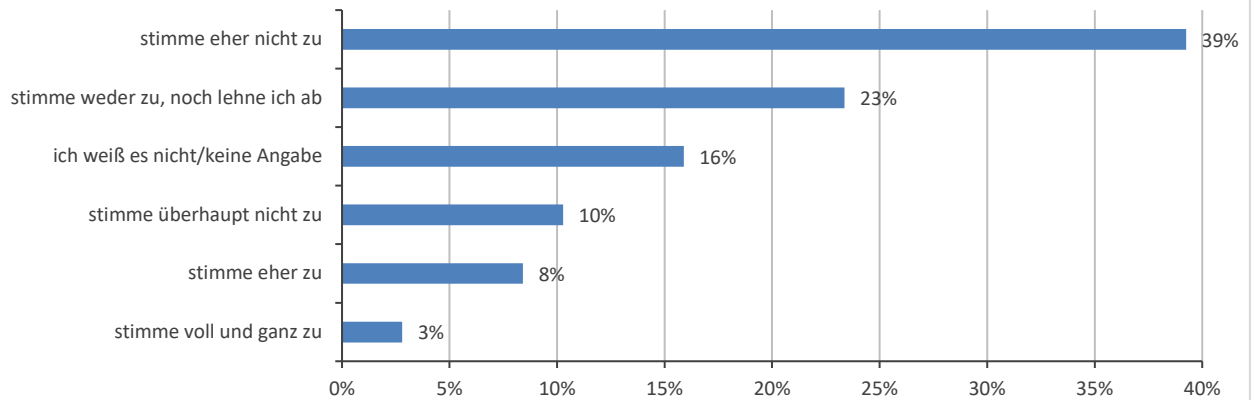


9.2.3. Rechtliche Rahmenbedingungen und Hemmnisse:



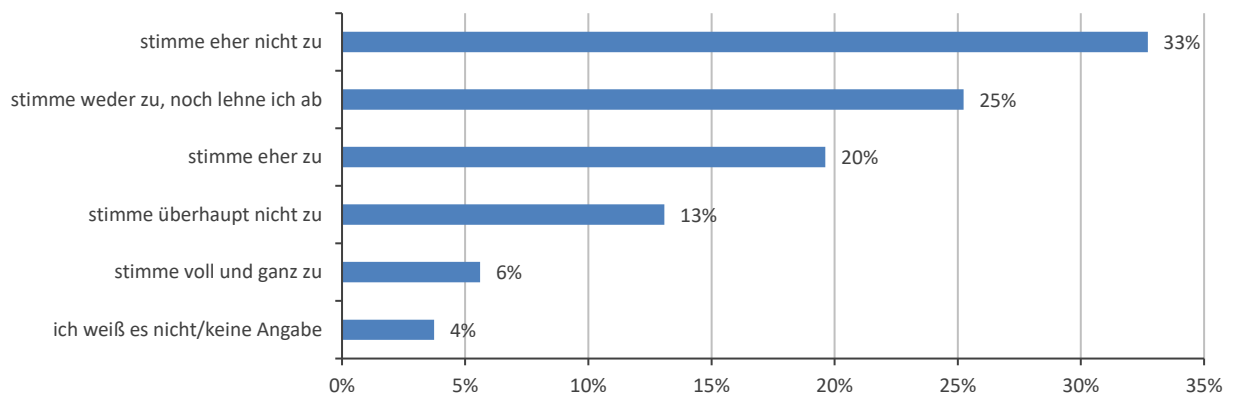
Die Rechtslage zum Klimaschutz im Bauwesen ist eindeutig.

(n = 107; Summe der Antworten = 100%)



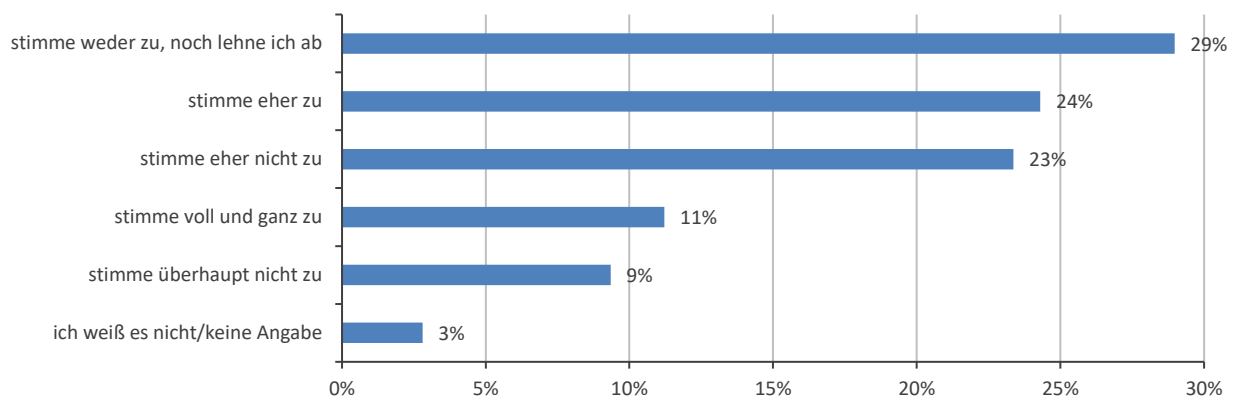
Die Verträge mit unseren Geschäftspartnern beinhalten derzeit Maßnahmen zum Klimaschutz.

(n = 107; Summe der Antworten = 100%)



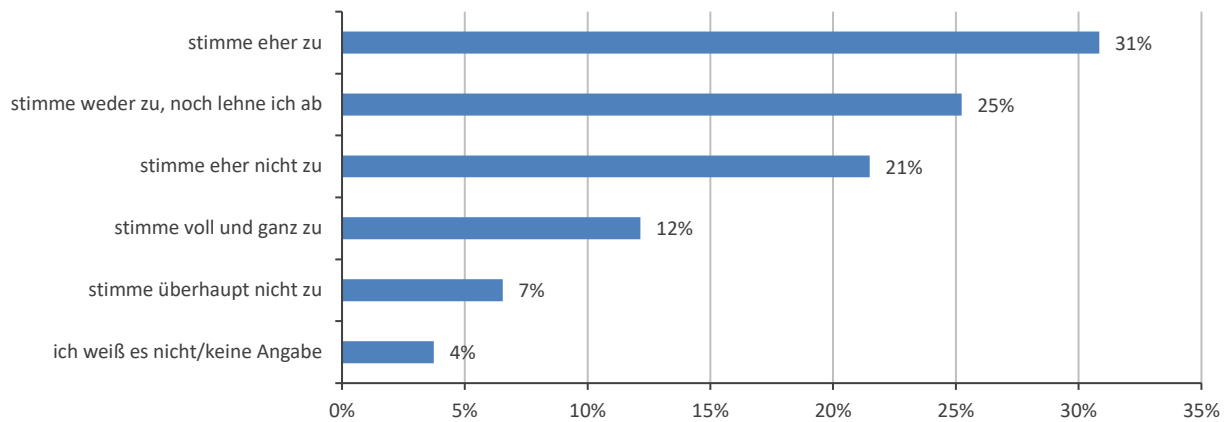
Der Verwaltungsaufwand für die Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen stellt für unser Unternehmen/unsere Organisation ein Hemmnis dar.

(n = 107; Summe der Antworten = 100%)



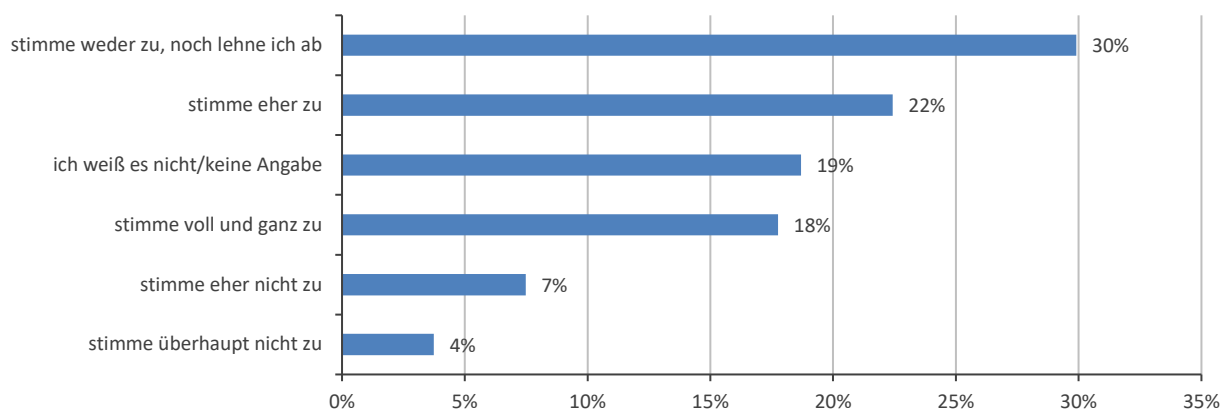
Unterstützung bei der vertraglichen Implementierung von Klimaschutzmaßnahmen wäre in unserem Unternehmen/unsere Organisation erforderlich.

(n = 107; Summe der Antworten = 100%)



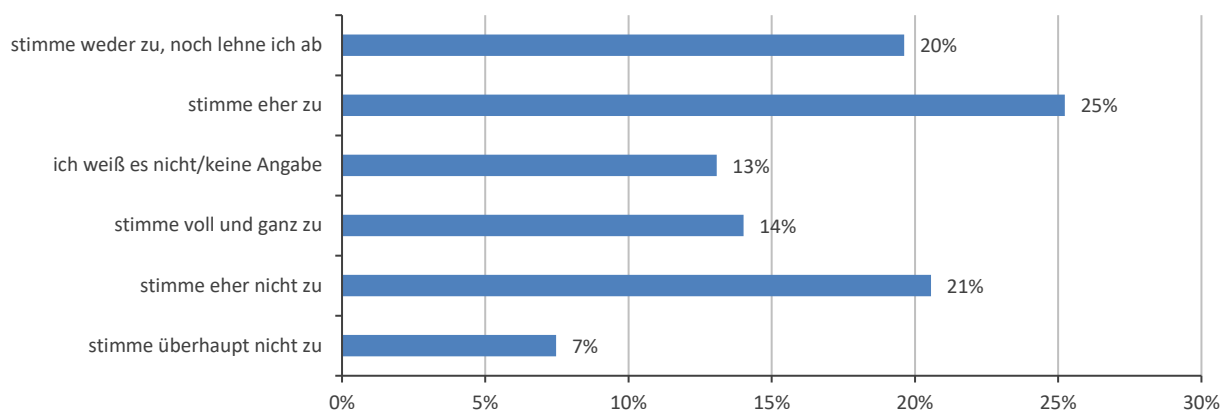
Die Rechtslage zum Klimaschutz im Bauwesen ist kompliziert.

(n = 107; Summe der Antworten = 100%)



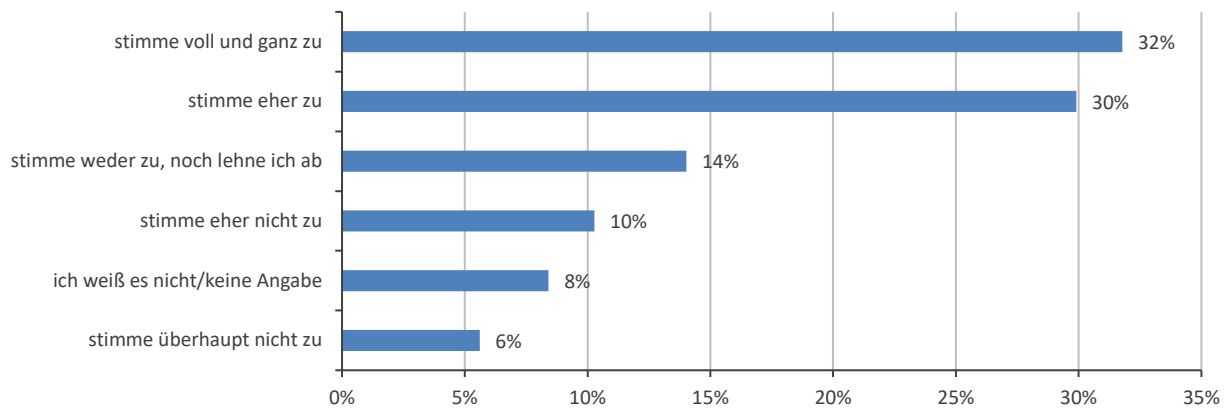
Das Bundesvergabegesetz in seiner derzeitigen Form bietet dem Ausschreibenden ausreichend Spielraum zur Implementierung von Klimaschutzmaßnahmen bei öffentlichen Aufträgen.

(n = 107; Summe der Antworten = 100%)



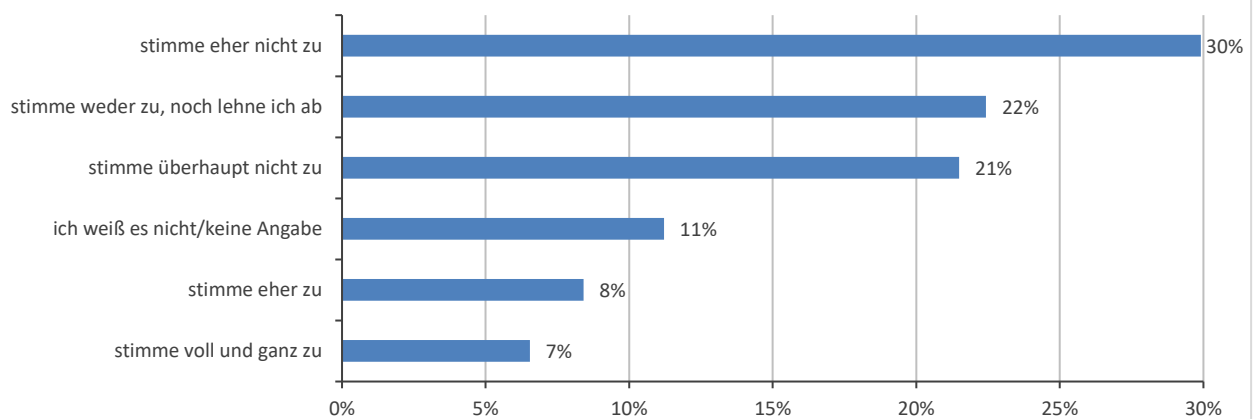
Das Bundesvergabegesetz sollte Teilnehmer eines öffentlichen Vergabeverfahrens zur Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen verpflichten.

(n = 107; Summe der Antworten = 100%)



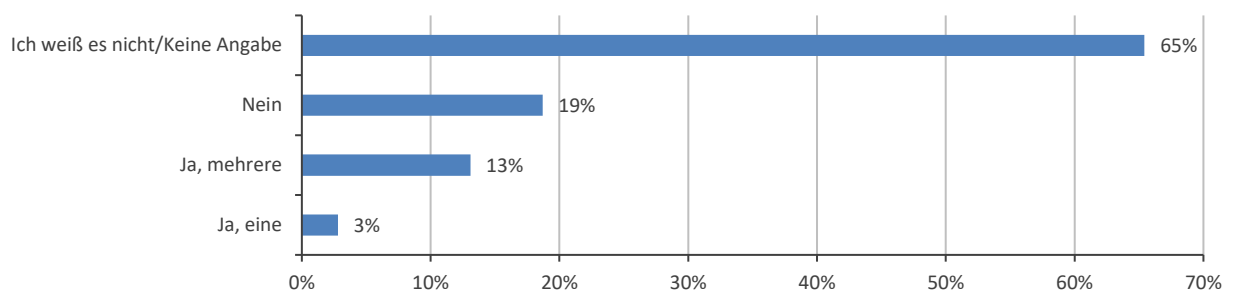
Klimaschutzmaßnahmen sind im Vergaberecht falsch angesiedelt; sie gehören in anderen Rechtsnormen bzw. gar nicht gesetzlich verankert.

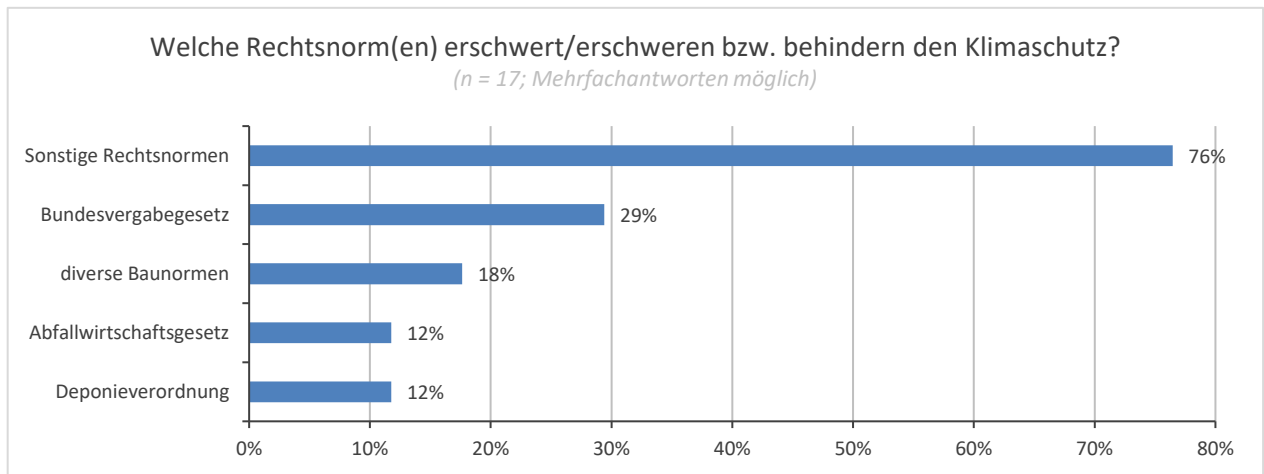
(n = 107; Summe der Antworten = 100%)



Existieren derzeit Rechtsnormen, die Unternehmen/Organisationen aktiv am Klimaschutz behindern bzw. diesen erschweren?

(n = 107; Summe der Antworten = 100%)





9.3. Flottenmanagementsysteme

Flexcavo/Trackunit

- Standortdaten
- Produktivitätsdaten
- Sicherheitsmanagement
- Telematikdaten
- Auch Sensoren für nicht elektrische Arbeitsmittel wie z. B. Baggerlöffel vorhanden; nur Standorttracking möglich

<http://www.flexcavo.de/>, <https://trackunit.com/de/>

Webfleet

- Echtzeitdaten
- Standortdaten und Routenmanagement
- Arbeitszeit
- Einbindung von Drittanbieter-Hardware
- Monitoring von Kraftstoffverbrauch und Emissionen
- Wartungsmanagement
- Verbesserung des Fahrstils durch Feedback von Fahrleistungsindikatoren
- Fuhrparkoptimierung
- Alle Fahrzeuge mit einer eigenständigen Energieversorgung – darunter fällt auch die Autobatterie – können getrackt werden
- Arbeitsmittel/Geräte/Aufsätze wie z. B. Stampfer oder Baggerlöffel können mit Sensoren nachgerüstet werden; nur Standorttracking möglich
- Kosten:
 - Miete: 12 €/Mo und Gerät; inkludiert Soft- und Hardware
 - Kaufen: 150 € für die Hardware plus 7 €/Mo und Gerät für Software

https://www.webfleet.com/de_at/webfleet/

Zeppelin bzw. VisionLink

Monitoring von

- Betriebsstunden
- Standort
- Kraftstoffverbrauch
- Tankanzeige
- Maschinennutzung
- Öldiagnose
- Wartungsplaner

<https://www.zeppelin.com/de-de/cat/technologie/telematik-flottenmanagement/>

<https://www.myvisionlink.com/>

Liebherr „Lidat“

Flottenmanagement für verschiedene Maschinengattungen inkl. Fremdgeräte

- Standortdaten
- Kraftstoffverbrauch
- Wirtschaftlichkeitsanalyse
- Monteureinsatz- und Ersatzteilplanung durch Telematikdaten
- Wartungsplanung
- Dokumentation von Überlastungen und Fehlbedienungen

<https://www.liebherr.com/de/aut/%C3%BCber-liebherr/service-dienstleistungen/flottenmanagement-lidat/flottenmanagement-lidat.html>

Avrios

- Verwaltung von Fuhrparkdaten
- Automatisierung wiederkehrender Prozesse und Workflows
- Schadensmanagement
- Erstellung von Analysen und Berichten
 - Kraftstoffverbrauch mittels hinterlegten Tankkarten
 - CO₂-Analyse anhand des ermittelten Kraftstoffverbrauchs
- OCR-Technologie

<https://www.avrios.com/de/>

Rosenberger Telematics

- Erfasste Daten: Auslastung, Kraftstoffverbrauch, Position
- Geräteherstellerunabhängiges System
- Qualitätskontrolle beim Betrieb der Hardware
- Hardware
 - Energieautarke Anwendungen bei Containern
 - Baumaschinentracker für Nutzfahrzeuge mit eigener Energieversorgung
 - Bluetooth-Lösungen für Klein- und Anbaugeräte
- Kosten
 - Einmalige Anschaffungskosten für die Hardware
 - Monatliche Kosten für Lizenzen
 - Mögliche anfallende Kosten durch Einbau, Schulungen usw.
- 24/7 Standortdaten
- Diebstahlschutz

- Maschinensteuerung
- Auswertungen
- Einsatzzeiten
- Hinterlegung von Wartungsplänen
- Übernahme von Telematikdaten der Maschinenhersteller gemäß Norm AEMP 2.0/ISO 15143-3
- Implementierung von Hersteller und eigener Telematik in die Software „Commander“
- Kunden: u.a. Porr und Strabag

<https://www.rosenberger-telematics.com/einsatzbereiche/baumaschinenortung/>

Vimcar

- Fuhrparkmanagement
- Digitale Fahrzeugakte
- Kostenmanagement
- GPS-Liveortung
- Fahrerverwaltung
- Kosten:
 - Verschiedene Pakete
 - Fleet Geo: 12,90 €/Mo + 4,90 €/Mo für Fleet Admin
 - Fleet Fahrtenbuch: 19,90 €/Mo + 4,90 €/Mo für Fleet Admin
 - Fleet Pro: 29,90 €/Mo; Fleet Admin bereits inkludiert

<https://m.vimcar.de/fl/mf/fleet-v1/#lp-pom-block-147>

MTrack

- By IT-Binder GmbH
- Geräteortung mit übersichtlicher Kartenansicht
- Optimierung von Routenplanung
- Gesamtabrechnung des Innen- und Außendienstes
- Fuhrparkverwaltung
- Fahrererkennung
- Temperaturüberwachung
- Reifendrucksensoren
- Bluetooth-Sensoren für Kleingeräte
- Individuell konfigurierte Berichte
- Berechnung des CO₂-Ausstoßes des Fuhrparks
- Hinterlegung von Wartungsplänen
- Hardware bei nicht elektrifizierten Geräten/Objekten
 - Akkutacker:
 - wird via Magnet an das Objekt befestigt
 - Akku wieder aufladbar
 - Bluetooth-low-energy (BLE) Beacons:
 - senden an das nächst mit der Software ausgestattete Gerät via Bluetooth-Signal; Lage des Objektes kann somit bis auf eine bestimmte Entfernung bestimmt werden
 - Akkulaufzeit bis zu 4 Jahre

<https://fuhrpark.at/>

Verizonconnect

- Erfassung von Betriebsstunden auf Basis von Nutzungsdaten
- Wartungstermine
- Virtueller Zaun um Anlagen gegen Diebstahl
- Asset-Tracker mit langer Akkulaufzeit
- Übersicht des Kraftstoffverbrauchs
- Fahrtenschreiber
- Routenoptimierung
- Vernetzung neuer Fahrzeuge über OEM-Hardware
- Nachrüstung alter Geräte durch GPS-Geräte
- Compliance Optimierung
- Trendanalysen
- Verwalten von Fahrsicherheit und Compliance
- Fahreridentifikation
- Benutzerdefinierbare Hierarchien
- Kosten
 - Preis abhängig von Flottenzusammensetzung
 - Beginnt mit 17,99 €/Mo/Gerät

<https://www.verizonconnect.com/de/loesungen/asset-tracking/>

Geotab

- Routenoptimierung
- Herstellerunabhängig
- Hardware:
 - Fahrzeugortungsgerät mit OBD-Anschluss
 - Nicht für nicht elektrifizierte Geräte geeignet

<https://www.geotab.com/de/fuhrparkmanagement-software/>

Fleetster

- Digitale Fahrzeugakte
- Fahrer
- Tankdaten Import
- Gesamtbetriebskosten (nur in der Enterprise Version)
- Berichte (nur in der Enterprise Version)
- Flotten Dashboard (nur in der Enterprise Version)
- Kosten
 - PRO: für Selbstorganisation des Fuhrparks pro Gerät: 3,00 €/Mo
 - Enterprise: Integration Fahrer und externe Services ins System pro Gerät: 6,00 €/Mo

<https://www.fleetster.de/>

9.4. Alternativ betriebene Baumaschinen

Bei Geräten, auf die gewisse Kennwerte nicht zutreffen – wird z. B. ein Gerät ausschließlich mit Verbrennungsmotor betrieben, so ist die Leistung des Elektromotors irrelevant – wurde, um dies zu signalisieren, in den entsprechenden Zellen ein Bindestrich gesetzt. Bei fehlenden Angaben zu einem Gerät wurde die Zelle leer gelassen. Gab es vom Hersteller spezielle Anmerkungen zu einem Kennwert, so wurden diese in einem Kommentar in der entsprechenden Zelle vermerkt. Dies ist nur in der digitalen Version ersichtlich. Wenn mehrere Angaben zu den technischen Kennwerten in den Produktblättern angegeben waren, wurde dies mit einem Kommentar in der betroffenen Zelle vermerkt.

Das **Betriebsgewicht**, gemessen in Tonnen, ist jenes Gewicht des Fahrzeuges, das sich aus den tatsächlich im Betrieb des Fahrzeugs befindlichen Ausrüstungen, wie Tankinhalt, Hydrauliköl, Fahrzeuginsassen, Ladungen sowie dem Leergewicht des Fahrzeugs zusammensetzt. Da es bei Baumaschinen oft mehrere Ausrüstungsvarianten gibt, z. B. verschiedene Tieföffel bei Baggern, variiert das Betriebsgewicht.

Die **Energieversorgung** beschreibt, in welchem Medium die Energie zum Antrieb kommt bzw. gespeichert wird. Anzumerken ist, dass die meisten Geräte, die mit herkömmlichem Diesel oder Benzin betrieben werden über die Möglichkeit verfügen, auf Substitute umgerüstet zu werden.

E-Motorleistung in kW ist eine Angabe über die Leistungsfähigkeit eines Motors. Es wird zusätzlich die Dauer- und Spitzenleistung des Motors unterschieden. Diese Unterteilung gibt es nur bei Elektromotoren, da diese, im Gegensatz zum Verbrennungsmotoren, ihre Spitzenleistung nur über eine kurze Zeitspanne halten können.

Verbrennungsmotorleistung ist das Pendant zur E-Motorleistung. Bei dieser Art der Motoren wird keine Dauer und Spitzenleistung unterschieden.

Die **Ladeleistung in kW** ist ausschlaggebend für die Ladedauer einer Batterie. Sie ergibt sich aus Multiplikation der Phasen mit dem Ladestrom (A), sowie der Ladespannung (V).

Die unten aufgelisteten Geräte geben eine Momentaufnahme des Marktes im Sommer 2022 wieder. In der Zwischenzeit zur Veröffentlichung dieses Berichtes sind mit großer Wahrscheinlichkeit neue Geräte auf den Markt gekommen, die hier nicht vermerkt sind. Somit werden keine Ansprüche auf Vollständigkeit erhoben.

| Gerätegruppe/Einsatzgebiet | Geräteart | Herstellerefirma | Bezeichnung | Betriebsgewicht t | Antriebsart | Energieversorgung | Kraftstoff | E-Motorleistung [kW] | Verb.-Motorleistung [kW] | Leistung (Dauer) [kW] | Leistung (Spitze) [kW] | Ladeleistung [kW] | Akkukapazität [kWh] | Akkulaufzeit [h] | Reichweite [km] | Ladezeit [h] | Batteriespannung [V] |
|----------------------------|-----------------|------------------|-----------------|-------------------|-------------------|---------------------------------|------------|----------------------|--------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|---------------------|------------------|-----------------|--------------|----------------------|
| Bagger | Hydraulikbagger | bobcat/Leiser | E10E | 1,2 | elektrisch | batterie- und kabelelektrisch | - | 7,5 | - | | 7,5 | | 12,7 | 8 | - | 2 | |
| Transportgeräte | Lader | bobcat/Leiser | e-S70 | 1,3 | elektrisch | batterieelektrisch | - | | - | | | | 10 | 3 | - | 4 | |
| Transportgeräte | Lader | bobcat/Leiser | e-S100 | 2,06 | elektrisch | batterieelektrisch | - | 35 | - | | | | 30 | 3 | - | 3 | 48 |
| Verdichtungstechnik | Stampfer | Bomag | BT 60 G | 0,065 | Verbrennungsmotor | Kraftstofftank | LPG | - | 2,5 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Verdichtungstechnik | Stampfer | Bomag | BT 65 G | 0,075 | Verbrennungsmotor | Kraftstofftank | LPG | - | 2,5 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Verdichtungstechnik | Walze | Bomag | BW 174 AP-5 AM | 9,8 | hybrid | hybrid: Verbr.motor + Hydraulik | Diesel | | 55,4 | | 75,4 | | | | - | | |
| Verdichtungstechnik | Walze | Bomag | BW 174 ACP-5 AM | 9,4 | hybrid | hybrid: Verbr.motor + Hydraulik | Diesel | | 55,4 | | 75,4 | | | | - | | |
| Verdichtungstechnik | Stampfer | Bomag | BT 60 E | 0,071 | elektrisch | batterieelektrisch | - | 2,3 | - | | | | 0,6 | | - | | 51 |
| Bagger | Hydraulikbagger | Case | CX15 EV | 1,3 | elektrisch | batterieelektrisch | - | 16 | - | | | | 21,5 | | - | 1,5 | |

| Gerätegruppe/Einsatzgebiet | Geräteart | Herstellerefirma | Bezeichnung | Betriebsgewicht t | Antriebsart | Energieversorgung | Kraftstoff | E-Motorleistung [kW] | Verb.-Motorleistung [kW] | Leistung (Dauer) [kW] | Leistung (Spitze) [kW] | Ladeleistung [kW] | Akkukapazität [kWh] | Akkulaufzeit [h] | Reichweite [km] | Ladezeit [h] | Batteriespannung [V] |
|----------------------------|------------------|------------------|---|-------------------|-------------|---|------------|----------------------|--------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|---------------------|------------------|-----------------|--------------|----------------------|
| Bagger | Hydraulikbagger | CAT/ Pon | Cat 310 Z-line | 12 | elektrisch | batterieelektrisch | - | 50 | - | | | 20,5 | 150 | 8 | - | 6 | - |
| Bagger | Hydraulikbagger | CAT/ Pon | Cat 320 Z-line | 25,4 | elektrisch | batterieelektrisch | - | 120 | - | | | 40,5 | 300 | 8 | - | 6 | - |
| Baustelleneinrichtung | Energiespeicher | CAT/ Zeppelin | Microgrid -Modul zur Erweiterung der Energiekapazität | | - | - | - | - | - | - | - | | 9100 | | - | | |
| Bagger | Hydraulikbagger | CAT/ Zeppelin | 300.9D VPS | 0,99 | hybrid | hybrid: Verbr.motor+ Hydraulik oder E-Motor und Hydraulik | Diesel | | 13,7 | | | - | - | - | - | - | - |
| Bagger | Hydraulikbagger | CAT/ Zeppelin | 302.7D CR | 2,8 | hybrid | hybrid: Verbr.motor+ Hydraulik oder E-Motor und Hydraulik | Diesel | 11 | 17,9 | | | - | - | - | - | - | - |
| Hebetechnik | Umschlagmaschine | CAT/ Zeppelin | MH22 | 23,5 | elektrisch | kabelelektrisch | - | 90 | - | | | - | - | - | - | - | - |
| | Umschlagmaschine | CAT/ Zeppelin | MH24 | 24,4 | elektrisch | kabelelektrisch | - | 90 | - | | | - | - | - | - | - | - |
| Transportgeräte | Radlader | CAT/ Zeppelin | 988K XE | 53 | hybrid | hybrid: Verbr.motor betreibt E-Motor | Diesel | | 432 | | | - | - | - | - | - | - |
| Transportgeräte | Kettendozer | CAT/ Zeppelin | D6 XE | 25,7 | hybrid | hybrid: Verbr.motor betreibt E-Motor | Diesel | | 187 | | | - | - | - | - | - | - |

| Gerätegruppe/Einsatzgebiet | Geräteart | Herstellerefirma | Bezeichnung | Betriebsgewicht t | Antriebsart | Energieversorgung | Kraftstoff | E-Motorleistung [kW] | Verb.-Motorleistung [kW] | Leistung (Dauer) [kW] | Leistung (Spitze) [kW] | Ladeleistung [kW] | Akkukapazität [kWh] | Akkulaufzeit [h] | Reichweite [km] | Ladezeit [h] | Batteriespannung [V] |
|----------------------------|-----------------|------------------|--------------|-------------------|-------------|--------------------------------------|------------|----------------------|--------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|---------------------|------------------|-----------------|--------------|----------------------|
| Transportgeräte | Kettendozer | CAT/ Zeppelin | D7E | 28,5 | hybrid | hybrid: Verbr.motor betreibt E-Motor | Diesel | | 198 | | | - | - | - | - | - | - |
| Transportgeräte | Muldenkipper | CAT/ Zeppelin | 795F AC | 570,2 | hybrid | | Diesel | | 2535 | | | - | - | - | - | - | - |
| Transportgeräte | Muldenkipper | CAT/ Zeppelin | 794F AC | 521 | hybrid | | Diesel | | 2610 | | | - | - | - | - | - | - |
| Transportgeräte | Muldenkipper | CAT/ Zeppelin | 796 AC | 646 | hybrid | | Diesel | | 2610 | | | - | - | - | - | - | - |
| Transportgeräte | Muldenkipper | CAT/ Zeppelin | 798 AC | 678 | hybrid | | Diesel | | 2610 | | | - | - | - | - | - | - |
| Mining | Hydraulikbagger | CAT/ Zeppelin | 6030/6030 FS | 296 | elektrisch | kabelelektrisch | - | 1140 | - | | | - | - | - | - | - | - |
| Mining | Hydraulikbagger | CAT/ Zeppelin | 6040/6040 FS | 407 | elektrisch | kabelelektrisch | - | 1516 | - | | | - | - | - | - | - | - |
| Mining | Hydraulikbagger | CAT/ Zeppelin | 6050/6050 FS | 537 | elektrisch | kabelelektrisch | - | 1880 | - | | | - | - | - | - | - | - |
| Mining | Hydraulikbagger | CAT/ Zeppelin | 6060/6060 FS | 570 | elektrisch | kabelelektrisch | - | 2240 | - | | | - | - | - | - | - | - |

| Gerätegruppe/Einsatzgebiet | Geräteart | Herstellerefirma | Bezeichnung | Betriebsgewicht t | Antriebsart | Energieversorgung | Kraftstoff | E-Motorleistung [kW] | Verb.-Motorleistung [kW] | Leistung (Dauer) [kW] | Leistung (Spitze) [kW] | Ladeleistung [kW] | Akkukapazität [kWh] | Akkulaufzeit [h] | Reichweite [km] | Ladezeit [h] | Batteriespannung [V] |
|----------------------------|-------------------|------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|------------|----------------------|--------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|---------------------|------------------|-----------------|--------------|----------------------|
| Mining | Hydraulikbagger | CAT/ Zeppelin | 6090 FS | 980 | elektrisch | kabelelektrisch | - | 3360 | - | | | - | - | - | - | - | - |
| Mining | Seilbagger | CAT/ Zeppelin | 7295 | 789 | elektrisch | kabelelektrisch | - | | - | | | - | - | - | - | - | - |
| Mining | Seilbagger | CAT/ Zeppelin | 7395 | 1179 | elektrisch | kabelelektrisch | - | | - | | | - | - | - | - | - | - |
| Mining | Seilbagger | CAT/ Zeppelin | 7495 HD | 1307 | elektrisch | kabelelektrisch | - | | - | | | - | - | - | - | - | - |
| Mining | Seilbagger | CAT/ Zeppelin | 7495 | 1372 | elektrisch | kabelelektrisch | - | | - | | | - | - | - | - | - | - |
| Mining | Seilbagger | CAT/ Zeppelin | 7495 HF | 1429 | elektrisch | kabelelektrisch | - | | - | | | - | - | - | - | - | - |
| Mining | Schürfkübelbagger | CAT/ Zeppelin | 8000 | 1973 | elektrisch | kabelelektrisch | - | | - | | | - | - | - | - | - | - |
| Mining | Schürfkübelbagger | CAT/ Zeppelin | 8200 | 4200 | elektrisch | kabelelektrisch | - | | - | | | - | - | - | - | - | - |
| Mining | Schürfkübelbagger | CAT/ Zeppelin | 8750 | 7590 | elektrisch | kabelelektrisch | - | | - | | | - | - | - | - | - | - |

| Gerätegruppe/Einsatzgebiet | Geräteart | Herstellerefirma | Bezeichnung | Betriebsgewicht t | Antriebsart | Energieversorgung | Kraftstoff | E-Motorleistung [kW] | Verb.-Motorleistung [kW] | Leistung (Dauer) [kW] | Leistung (Spitze) [kW] | Ladeleistung [kW] | Akkukapazität [kWh] | Akkulaufzeit [h] | Reichweite [km] | Ladezeit [h] | Batteriespannung [V] |
|----------------------------|------------------|---------------------|------------------------|-------------------|-------------|-------------------------------|------------|----------------------|--------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|---------------------|------------------|-----------------|--------------|----------------------|
| Mining | Dumper | eMining | eDUMPER | 58 | elektrisch | batterieelektrisch | - | 1102 | - | | | | 700 | | - | | |
| Bagger | Umschlagmaschine | eMining | 821E | | elektrisch | batterie- und kabelelektrisch | - | | - | | | 200 | 132 | | - | 0,5 | |
| Mining | Lader | Epiroc | EST2D | | elektrisch | kabelelektrisch | - | 56 | - | | | - | - | - | - | - | - |
| Mining | Lader | Epiroc | EST3.5 | | elektrisch | kabelelektrisch | - | 74,6 | - | | | - | - | - | - | - | - |
| Mining | Lader | Epiroc | EST1030 | | elektrisch | kabelelektrisch | - | 132 | - | | | - | - | - | - | - | - |
| Mining | Muldenkipper | Epiroc | Minetruck MT42 Battery | | elektrisch | batterieelektrisch | - | 400 | - | | | | | | - | | |
| Mining | Lader | Epiroc | ST7 Battery | | elektrisch | batterieelektrisch | - | 149 | - | | | 65 | 165 | | - | | |
| Mining | Lader | Epiroc | ST14 Battery | | elektrisch | batterieelektrisch | - | | - | | | 200 | | | - | | 400 |
| Transportgeräte | Radlader | Giant/ Leiser/ KTEG | G2200E | 2,2 | elektrisch | batterieelektrisch | - | 18,5 | - | | | 9,4 | 12,5 | | - | 5 | 48 |

| Gerätegruppe/Einsatzgebiet | Geräteart | Herstellerefirma | Bezeichnung | Betriebsgewicht t | Antriebsart | Energieversorgung | Kraftstoff | E-Motorleistung [kW] | Verb.-Motorleistung [kW] | Leistung (Dauer) [kW] | Leistung (Spitze) [kW] | Ladeleistung [kW] | Akkukapazität [kWh] | Akkulaufzeit [h] | Reichweite [km] | Ladezeit [h] | Batteriespannung [V] |
|----------------------------|-----------------|-----------------------|--------------|-------------------|-------------|----------------------------------|------------|----------------------|--------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|---------------------|------------------|-----------------|--------------|----------------------|
| Transportgeräte | Radlader | Giant/ Leiser/ KTEG | G2200E-X-TRA | 2,2 | elektrisch | batterieelektrisch | - | 18,5 | - | | | 9,4 | 12,5 | | - | 5 | 48 |
| Verdichtungstechnik | Walze | Hamm | HD+ 90i PH | 9,2 | hybrid | hybrid: Verbr.motor + Hydraulik | Diesel | | 55,4 | 55,4 | | - | - | - | - | - | - |
| Bagger | Radbagger | Hidromek | Hicon 7W | | elektrisch | batterieelektrisch | - | | - | | | | | 8 | - | 1,5 | |
| Bagger | Hydraulikbagger | Hitachi/ Suncar/ KTEG | ZE19 | 2,02 | elektrisch | batterie- und kabelelektrisch | - | 18,5 | - | | | 6 | | 4 | - | 4 | |
| Bagger | Hydraulikbagger | Hitachi/ Suncar/ KTEG | ZE85 | 8,7 | elektrisch | batterie- und kabelelektrisch | - | 40 | - | | | 44 | 100 | 4 | - | 1,75 | |
| Transportgeräte | Dumper | JCB | 1TE | 1,625 | elektrisch | batterieelektrisch | - | 20 | - | 7 | 20 | | 10 | | - | 2,5 | 48 |
| Bagger | Hydraulikbagger | JCB | 19C-IE | 1,9 | elektrisch | batterieelektrisch | - | 20 | - | 7 | 20 | | 19,8 | | - | 10,5 | 48 |
| Transportgeräte | Teleskoplader | JCB | 525-60E | 5,2 | elektrisch | batterieelektrisch | - | 22 | - | 17 | | | 24 | 8 | - | 8 | |
| Materialaufbereitung | Brechanlage | Keestrack | B5 | 44,2 | hybrid | hybrid: Kabel und Kraftstofftank | Diesel | | | - | | | - | - | - | - | - |

| Gerätegruppe/Einsatzgebiet | Geräteart | Herstellerefirma | Bezeichnung | Betriebsgewicht t | Antriebsart | Energieversorgung | Kraftstoff | E-Motorleistung [kW] | Verb.-Motorleistung [kW] | Leistung (Dauer) [kW] | Leistung (Spitze) [kW] | Ladeleistung [kW] | Akkukapazität [kWh] | Akkulaufzeit [h] | Reichweite [km] | Ladezeit [h] | Batteriespannung [V] |
|----------------------------|-------------|------------------|-------------|-------------------|-------------|----------------------------------|------------|----------------------|--------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|---------------------|------------------|-----------------|--------------|----------------------|
| Materialaufbereitung | Brechanlage | Keestrack | B7 | 69 | hybrid | hybrid: Kabel und Kraftstofftank | Diesel | | | - | | | - | - | - | - | - |
| Materialaufbereitung | Brechanlage | Keestrack | R3 | 27,5 | hybrid | hybrid: Kabel und Kraftstofftank | Diesel | | | - | | | - | - | - | - | - |
| Materialaufbereitung | Brechanlage | Keestrack | R5 | 42,5 | hybrid | hybrid: Kabel und Kraftstofftank | Diesel | | | - | | | - | - | - | - | - |
| Materialaufbereitung | Brechanlage | Keestrack | R6 | 60 | hybrid | hybrid: Kabel und Kraftstofftank | Diesel | | | | | - | - | - | - | - | - |
| Materialaufbereitung | Brechanlage | Keestrack | H4e | 46 | hybrid | hybrid: Kabel und Kraftstofftank | Diesel | | | | | - | - | - | - | - | - |
| Materialaufbereitung | Brechanlage | Keestrack | H6e | 62,1 | hybrid | hybrid: Kabel und Kraftstofftank | Diesel | | | | | - | - | - | - | - | - |
| Materialaufbereitung | Brechanlage | Keestrack | H7e | 68 | hybrid | hybrid: Kabel und Kraftstofftank | Diesel | | | | | - | - | - | - | - | - |
| Materialaufbereitung | Siebanlage | Keestrack | K3 | 17 | hybrid | hybrid: Kabel und Kraftstofftank | Diesel | | | | | - | - | - | - | - | - |
| Materialaufbereitung | Siebanlage | Keestrack | K4 | 26,55 | hybrid | hybrid: Kabel und Kraftstofftank | Diesel | | | | | - | - | - | - | - | - |

| Gerätegruppe/Einsatzgebiet | Geräteart | Herstellerefirma | Bezeichnung | Betriebsgewicht t | Antriebsart | Energieversorgung | Kraftstoff | E-Motorleistung [kW] | Verb.-Motorleistung [kW] | Leistung (Dauer) [kW] | Leistung (Spitze) [kW] | Ladeleistung [kW] | Akkukapazität [kWh] | Akkulaufzeit [h] | Reichweite [km] | Ladezeit [h] | Batteriespannung [V] |
|----------------------------|-----------------|------------------|------------------------|-------------------|-------------|---|------------|----------------------|--------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|---------------------|------------------|-----------------|--------------|----------------------|
| Materialaufbereitung | Siebanlage | Keestrack | K6 | 30 | hybrid | hybrid: Kabel und Kraftstofftank | Diesel | | | | | - | - | - | - | - | - |
| Materialaufbereitung | Siebanlage | Keestrack | K7 | 32 | hybrid | hybrid: Kabel und Kraftstofftank | Diesel | | | | | - | - | - | - | - | - |
| Materialaufbereitung | Siebanlage | Keestrack | K8 | 43,5 | hybrid | hybrid: Kabel und Kraftstofftank | Diesel | | | | | - | - | - | - | - | - |
| Materialaufbereitung | Siebanlage | Keestrack | C6 | 28 | hybrid | hybrid: Kabel und Kraftstofftank | Diesel | | | | | - | - | - | - | - | - |
| Materialaufbereitung | Haldenband | Keestrack | S1e | 5,45 | hybrid | hybrid: Verbr.motor betreibt E-Motor oder kabelelektrisch | Diesel | | | | | - | - | - | - | - | - |
| Materialaufbereitung | Haldenband | Keestrack | S3e | 10,3 | hybrid | hybrid: Verbr.motor betreibt E-Motor oder kabelelektrisch | Diesel | | | | | - | - | - | - | - | - |
| Materialaufbereitung | Haldenband | Keestrack | S5 | 12 | hybrid | hybrid: Kabel und Kraftstofftank | Diesel | | | | | - | - | - | - | - | - |
| Materialaufbereitung | Haldenband | Keestrack | S5 solar | | elektrisch | solar | - | | - | | | - | 23 | - | - | - | - |
| Bagger | Hydraulikbagger | Kobelco | SK210H(N)LC-10E HYBRID | 23,1 | hybrid | hybrid: Batterie und Kraftstofftank | Diesel | 51 | 124 | | | | | | - | | |

| Gerätegruppe/Einsatzgebiet | Geräteart | Herstellerefirma | Bezeichnung | Betriebsgewicht t | Antriebsart | Energieversorgung | Kraftstoff | E-Motorleistung [kW] | Verb.-Motorleistung [kW] | Leistung (Dauer) [kW] | Leistung (Spitze) [kW] | Ladeleistung [kW] | Akkukapazität [kWh] | Akkulaufzeit [h] | Reichweite [km] | Ladezeit [h] | Batteriespannung [V] |
|----------------------------|------------------|------------------|-------------------------------|-------------------|-------------------|--------------------------------------|------------|----------------------|--------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|---------------------|------------------|-----------------|--------------|----------------------|
| Bagger | Hydraulikbagger | Komatsu | HB215LC-3 Hybrid | 23,87 | hybrid | hybrid: Batterie und Kraftstoff-tank | Diesel | | 110 | | | | | | - | | |
| Bagger | Hydraulikbagger | Komatsu | HB365LC/NLC-3 Hybrid | 37,4 | hybrid | hybrid: Batterie und Kraftstoff-tank | Diesel | | 235 | | | | | | - | | |
| Baustelleneinrichtung | Powertree | KTEG | Powertree | 3,5 | - | - | - | - | - | - | - | | 126 | | - | | - |
| Bagger | Hydraulikbagger | Kubota | KX019-4 | 1,775 | Verbrennungsmotor | Kraftstofftank | LPG | - | 14,5 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Hebetechnik | Umschlagmaschine | Liebherr | LH 26 M Industry Litronic | 26,5 | elektrisch | kabelelektrisch | - | 90 | - | | | - | - | - | - | - | - |
| Hebetechnik | Umschlagmaschine | Liebherr | LH 110 C Gantry Port Litronic | 140 | elektrisch | kabelelektrisch | - | 300 | - | | 478 | - | - | - | - | - | - |
| Hebetechnik | Mobilkran | Liebherr | MK 88-4.1 | | elektrisch | kabelelektrisch | - | | - | | | - | - | - | - | - | - |
| Mining | Miningbagger | Liebherr | R 9150 G7 E | 143 | elektrisch | kabelelektrisch | - | 565 | - | | | - | - | - | - | - | - |
| Mining | Miningbagger | Liebherr | R 9200 G7 E | 231 | elektrisch | kabelelektrisch | - | 850 | - | | | - | - | - | - | - | - |

| Gerätegruppe/Einsatzgebiet | Geräteart | Herstellerefirma | Bezeichnung | Betriebsgewicht t | Antriebsart | Energieversorgung | Kraftstoff | E-Motorleistung [kW] | Verb.-Motorleistung [kW] | Leistung (Dauer) [kW] | Leistung (Spitze) [kW] | Ladeleistung [kW] | Akkukapazität [kWh] | Akkulaufzeit [h] | Reichweite [km] | Ladezeit [h] | Batteriespannung [V] |
|----------------------------|-------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------|-------------------------------|------------|----------------------|--------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|---------------------|------------------|-----------------|--------------|----------------------|
| Mining | Miningbagger | Liebherr | R 9250 G6 E | 276 | elektrisch | kabelelektrisch | - | 1050 | - | | | - | - | - | - | - | - |
| Mining | Miningbagger | Liebherr | R 9350 G6 E | 333 | elektrisch | kabelelektrisch | - | 1200 | - | | | - | - | - | - | - | - |
| Mining | Miningbagger | Liebherr | R 9400 G6 E | 389 | elektrisch | kabelelektrisch | - | 1350 | - | | | - | - | - | - | - | - |
| Mining | Miningbagger | Liebherr | R 9600 G8 E | 711 | elektrisch | kabelelektrisch | - | 2400 | - | | | - | - | - | - | - | - |
| Mining | Miningbagger | Liebherr | R 9800 G6 E | 893 | elektrisch | kabelelektrisch | - | 3400 | - | | | - | - | - | - | - | - |
| Spezialtiefbau | Großdrehbohrgerät | Liebherr | LB 16 unplugged | 59,4 | elektrisch | batterie- und kabelelektrisch | - | | - | | 265 | 40 | | 10 | - | 7 | |
| Hebetechnik | Raupenkran | Liebherr | LR 1130.1 unplugged | 150,4 | elektrisch | batterie- und kabelelektrisch | - | | - | | 255 | 40 | 165 | 4 | - | 2,25 | |
| Hebetechnik | Raupenkran | Liebherr | LR 1160.1 unplugged | 168 | elektrisch | batterie- und kabelelektrisch | - | | - | | 255 | 40 | 165 | 4 | - | 2,25 | |
| Hebetechnik | Raupenkran | Liebherr | LR 1250.1 unplugged | 212 | elektrisch | batterie- und kabelelektrisch | - | | - | | 255 | 40 | 196 | 4 | - | 2,25 | |

| Gerätegruppe/Einsatzgebiet | Geräteart | Herstellerefirma | Bezeichnung | Betriebsgewicht t | Antriebsart | Energieversorgung | Kraftstoff | E-Motorleistung [kW] | Verb.-Motorleistung [kW] | Leistung (Dauer) [kW] | Leistung (Spitze) [kW] | Ladeleistung [kW] | Akkukapazität [kWh] | Akkulaufzeit [h] | Reichweite [km] | Ladezeit [h] | Batteriespannung [V] |
|----------------------------|----------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------|-------------------------------------|------------|----------------------|--------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|---------------------|------------------|-----------------|--------------|----------------------|
| Hebetechnik | Raupenkran | Liebherr | LR 1200.1 unplugged | 212 | elektrisch | batterie- und kabelelektrisch | - | | - | | 255 | 40 | 196 | 4 | - | 2,25 | |
| Hebetechnik | Minikran | Maeda | MC285CB-3 | 1,995 | elektrisch | batterie- und kabelelektrisch | - | 7,5 | - | | | | 7,5 | 8 | - | 7 | |
| Hebetechnik | Minikran | Maeda | MC104 | 1,15 | elektrisch | kabelelektrisch | - | 5,5 | - | | | - | - | - | - | - | - |
| Hebetechnik | Minikran | Maeda | MC285C-3 | 2,16 | hybrid | hybrid: Kabel und Kraftstofftank | Diesel | 5,5 | 7,4 | | | - | - | - | - | - | - |
| Hebetechnik | Minikran | Maeda | MC305 | 3,9 | hybrid | hybrid: Kabel und Kraftstofftank | Diesel | 5,5 | 15,2 | | | - | - | - | - | - | - |
| Hebetechnik | Minikran | Maeda | MC405 | 5,6 | hybrid | hybrid: Kabel und Kraftstofftank | Diesel | 7,5 | 21,4 | | | - | - | - | - | - | - |
| Hebetechnik | Minikran | Maeda | MC305CB-3 | 3,925 | elektrisch | batterie- und kabelelektrisch | - | 7,5 | - | | | | 10 | 8 | - | 10,5 | |
| Transportgeräte | Teleskopklader | Manitou | MT 1335 | | hybrid | hybrid: Batterie und Kraftstofftank | Diesel | 20 | 75 | | | | | | - | | 48 |
| Transportgeräte | Teleskopklader | Manitou | MT 1135 | 8,9 | elektrisch | batterieelektrisch | - | 60 | - | | 60 | | 30 | | - | | 48 |

| Gerätegruppe/Einsatzgebiet | Geräteart | Herstellerefirma | Bezeichnung | Betriebsgewicht t | Antriebsart | Energieversorgung | Kraftstoff | E-Motorleistung [kW] | Verb.-Motorleistung [kW] | Leistung (Dauer) [kW] | Leistung (Spitze) [kW] | Ladeleistung [kW] | Akkukapazität [kWh] | Akkulaufzeit [h] | Reichweite [km] | Ladezeit [h] | Batteriespannung [V] |
|----------------------------|-----------------|------------------------|------------------|-------------------|-------------|--------------------------------------|------------|----------------------|--------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|---------------------|------------------|-----------------|--------------|----------------------|
| Bagger | Radbagger | Mecalac | e12 | 11 | elektrisch | batterieelektrisch | - | | - | | | | 146 | 8 | | 7 | |
| Straßenbau | Verlegemaschine | Probst | VM-301-GREENLINE | 1,34 | elektrisch | batterieelektrisch | - | | - | | 8 | | 10,08 | 6 | | 4,6 | 48 |
| Transportgeräte | Dumper | Sany | SKT90E | 37 | elektrisch | batterieelektrisch | - | 740 | - | 370 | 740 | | 350 | | 160 | 1 | |
| Transportgeräte | Dumper | Sany | SET150S | 105 | hybrid | hybrid: Batterie und Kraftstoff-tank | Diesel | | 1330 | | | | 191,9 | | - | | |
| Bagger | Hydraulikbagger | Takeuchi | TB2150E | 16 | elektrisch | batterieelektrisch | - | | - | | | | | | - | | |
| Bagger | Hydraulikbagger | Takeuchi | TB210RH | 1,295 | hybrid | hybrid: Batterie und Kraftstoff-tank | Diesel | 9,1 | 8,8 | | | | | | - | | |
| Bagger | Hydraulikbagger | Takeuchi | TB216SH | 1,905 | hybrid | hybrid: Batterie und Kraftstoff-tank | Diesel | 10,6 | 11,1 | | | | | | - | | |
| Bagger | Hydraulikbagger | Takeuchi/ Suncar/ KTEG | TB216E | 2 | elektrisch | batterie- und kabelelektrisch | - | | - | 18,5 | | 6 | | 4 | - | | |
| Bagger | Hydraulikbagger | Takeuchi/ Suncar/ KTEG | TB260E | 6,58 | elektrisch | batterie- und kabelelektrisch | - | 40 | - | 40 | | 44 | | 6 | - | 3 | |

| Gerätegruppe/Einsatzgebiet | Geräteart | Herstellerefirma | Bezeichnung | Betriebsgewicht t | Antriebsart | Energieversorgung | Kraftstoff | E-Motorleistung [kW] | Verb.-Motorleistung [kW] | Leistung (Dauer) [kW] | Leistung (Spitze) [kW] | Ladeleistung [kW] | Akkukapazität [kWh] | Akkulaufzeit [h] | Reichweite [km] | Ladezeit [h] | Batteriespannung [V] |
|----------------------------|-----------------|------------------------|----------------|-------------------|-------------|-------------------------------|------------|----------------------|--------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|---------------------|------------------|-----------------|--------------|----------------------|
| Bagger | Hydraulikbagger | Takeuchi/ Suncar/ KTEG | TB1140E | 16 | elektrisch | batterie- und kabelelektrisch | - | | - | | | | | | - | | |
| Bagger | Hydraulikbagger | Volvo | ECR18 Electric | 1,8 | elektrisch | batterieelektrisch | - | | - | | | | 16 | 4 | - | 1 | 48 |
| Bagger | Hydraulikbagger | Volvo | EC18 Electric | 1,8 | elektrisch | batterieelektrisch | - | | - | | | | 20 | 5 | - | 1,25 | 48 |
| Bagger | Hydraulikbagger | Volvo | ECR25 Electric | 2,73 | elektrisch | batterieelektrisch | - | 18 | - | 14,7 | 18 | | 20 | 4 | - | | 48 |
| Transportgeräte | Radlader | Volvo | L20 Electric | 4,5 | elektrisch | batterieelektrisch | - | 28 | - | | 32 | | 38 | 8 | | 6 | 48 |
| Transportgeräte | Radlader | Volvo | L25 Electric | 5,08 | elektrisch | batterieelektrisch | - | 40 | - | | 36 | 3 | 40 | 8 | | 11,5 | 48 |
| Verdichtungstechnik | Stampfer | Wacker Neuson | AS30e | 0,0417 | elektrisch | batterieelektrisch | - | 1,3 | - | | | | 1,425 | | - | | |
| Verdichtungstechnik | Rüttelplatte | Wacker Neuson | APS1030e | 0,05 | elektrisch | batterieelektrisch | - | | - | | | | 1,425 | | - | | |
| Verdichtungstechnik | Rüttelplatte | Wacker Neuson | APS1135e | 0,058 | elektrisch | batterieelektrisch | - | | - | | | | 1,425 | | - | | |

| Gerätegruppe/Einsatzgebiet | Geräteart | Herstellerefirma | Bezeichnung | Betriebsgewicht t | Antriebsart | Energieversorgung | Kraftstoff | E-Motorleistung [kW] | Verb.-Motorleistung [kW] | Leistung (Dauer) [kW] | Leistung (Spitze) [kW] | Ladeleistung [kW] | Akkukapazität [kWh] | Akkulaufzeit [h] | Reichweite [km] | Ladezeit [h] | Batteriespannung [V] |
|----------------------------|--------------|------------------|-------------|-------------------|-------------|--------------------|------------|----------------------|--------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|---------------------|------------------|-----------------|--------------|----------------------|
| Verdichtungstechnik | Rüttelplatte | Wacker Neuson | APS1340e | 0,07 | elektrisch | batterieelektrisch | - | | - | | | | 1,425 | | - | | |
| Verdichtungstechnik | Stampfer | Wacker Neuson | AS50e | 0,071 | elektrisch | batterieelektrisch | - | 1,95 | - | | | | 1,425 | | - | | |
| Verdichtungstechnik | Stampfer | Wacker Neuson | AS60e | 0,071 | elektrisch | batterieelektrisch | - | 2,12 | - | | | | 1,425 | | - | | |
| Verdichtungstechnik | Stampfer | Wacker Neuson | AS604 | 0,071 | elektrisch | batterieelektrisch | - | | - | | | | 1,425 | | - | | |
| Verdichtungstechnik | Rüttelplatte | Wacker Neuson | APS1550e | 0,077 | elektrisch | batterieelektrisch | - | | - | | | | 1,425 | | - | | |
| Verdichtungstechnik | Rüttelplatte | Wacker Neuson | APS2050e | 0,087 | elektrisch | batterieelektrisch | - | | - | | | | 1,425 | | - | | |
| Verdichtungstechnik | Rüttelplatte | Wacker Neuson | AP1840e | 0,103 | elektrisch | batterieelektrisch | - | | - | | | | 1,425 | | - | | |
| Verdichtungstechnik | Rüttelplatte | Wacker Neuson | AP1850e | 0,107 | elektrisch | batterieelektrisch | - | | - | | | | 1,425 | | - | | |
| Verdichtungstechnik | Rüttelplatte | Wacker Neuson | AP2560e | 0,143 | elektrisch | batterieelektrisch | - | | - | | | | 1,425 | | - | | |

| Gerätegruppe/Einsatzgebiet | Geräteart | Herstellerefirma | Bezeichnung | Betriebsgewicht t | Antriebsart | Energieversorgung | Kraftstoff | E-Motorleistung [kW] | Verb.-Motorleistung [kW] | Leistung (Dauer) [kW] | Leistung (Spitze) [kW] | Ladeleistung [kW] | Akkukapazität [kWh] | Akkulaufzeit [h] | Reichweite [km] | Ladezeit [h] | Batteriespannung [V] |
|----------------------------|-----------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------|----------------------------------|------------|----------------------|--------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|---------------------|------------------|-----------------|--------------|----------------------|
| Transportgeräte | Dumper | Wacker Neuson | DT10e Frontkipmulde | 0,9 | elektrisch | batterieelektrisch | - | 5,5 | - | | | | 11,44 | 8 | - | 3,5 | 80 |
| Transportgeräte | Dumper | Wacker Neuson | DT10e Hochkipmulde | 1 | elektrisch | batterieelektrisch | - | 55 | - | | | | 11,44 | 8 | - | 3,5 | 80 |
| Bagger | Hydraulikbagger | Wacker Neuson | EZ17e | 2,152 | elektrisch | batterieelektrisch | - | 16,5 | - | | | | 23,4 | 6 | - | | 48 |
| Transportgeräte | Dumper | Wacker Neuson | DW15e Hochkipmulde | 3,48 | elektrisch | batterieelektrisch | - | 9 | - | | | | 14,4 | 6,5 | - | 3,5 | 48 |
| Transportgeräte | Dumper | Wacker Neuson | DW15e Drehkipmulde | 3,53 | elektrisch | batterieelektrisch | - | 9 | - | | | | 14,4 | 6,5 | - | 3,5 | 48 |
| Transportgeräte | Radlader | Wacker Neuson | 5055e | 4,15 | elektrisch | batterieelektrisch | - | 15 | - | | | | 33,28 | 3 | - | 8,5 | 80 |
| Bagger | Hydraulikbagger | Wacker Neuson | 803 dual power | 1,12 | hybrid | hybrid: Kabel und Kraftstofftank | Diesel | 9 | 9,9 | 9,9 | | | | | - | | |
| Hebetechnik | Mobilkran | Zoomlion | ZTC250N-EV | | elektrisch | batterieelektrisch | - | | - | | | | | | | | |

9.5. Alternativ betriebene LKWs

9.5.1. Elektro-LKW

MAN (Verkauf und Leasing)

- Man eTGM: Leistung: 264 kW
- Reichweite: 190 km
- Gesamtgewicht: 26 t
- Aufladung mit Wechselstrom (akkuschonend): 8 Stunden
- Mit Gleichstrom: 1 Stunde

Adresse: Carlberggasse 66, 1230 Wien

Tel: +43/1/863 25-0

E-Mail: wilfried.plessl@man.eu

Website: <https://www.man.eu/at/de/homepage.html>

Volvo (Verkauf und Vermietung)

Volvo FE Electric:

- Maximalleistung: 260 kW
- Reichweite: bis zu 200 km
- Gesamtzuggewicht: 27 t
- Aufladung: 11 Stunden
- Schnellaufladung: 2 Stunden

Volvo FL Electric:

- Maximalleistung: 185 kW
- Dauerleistung: 130 kW
- Reichweite: 300 km
- Aufladung mit Wechselstrom: ca. 10 Stunden
- Schnellaufladung mit Gleichstrom: 1–2 Stunden
- Gesamtzuggewicht: 16,7 t

Volvo FMX Electric (Sattelzugmaschine: 4x2, 6x2, 6x4):

- besonders geeignet für Baustellen
- Leistung: 330–490 kW
- Reichweite: bis zu 340 km
- Gesamtzuggewicht: bis zu 44 t
- Aufladung: 9,5 Stunden
- Schnellaufladung: 2,5 Stunden
- Batteriekapazität: 180–540 kWh, 3 Batterien

Adresse: Volvostraße 1, 2512 Tribuswinkel (Österreich)

Tel: +4357500

E-Mail: austria.zentrale@volvo.com

Website: www.volvotrucks.at

DAF (Verkauf und Vermietung)

DAF CF Electric (FT (4x2) Zugmaschine):

- Leistung: 210 kW–240 kW
- Reichweite: 220 km Eigengewicht: 9 t
- Gesamtzuggewicht: 37 t
- Schnellaufladung: 75 Minuten

DAF CF Electric (FAN (6x2) LKW):

- Leistung 210–240 kW
- Reichweite: 250 km
- Eigengewicht 10 t
- Gesamtgewicht: 29 t
- Schnellaufladung: 75 min

DAF LF Electric:

- Dauerleistung: 260 kW–370 kW
- Reichweite: 280 km
- Fahrzeuggesamtgewicht: 19 t
- Nutzlast: 11,7 t
- Aufladung (0–100 %): 12 Stunden
- Schnellaufladung (20–80 %): 6,5 Stunden

Adresse: Straße 2A, Objekt M40, Industriezentrum Niederösterreich, 2355 Wiener Neudorf

Tel: +43 (0) 2236/677 477-0

E-Mail: info.austria@daftrucks.com

Website: <https://www.daf.at/de-at>

Design Werk (Verkauf)

Individuell designbare LKWs

High Cab: Modell für lange Strecken

High Cab (4x2):

- Kapazität: bis zu 1.000 kWh
- Reichweite: 530 km
- Aufladung (bei maximaler Batteriekapazität): 21,8 h (44 kW) / 4 h (150 kW) / 1,7 h (350 kW)

Mid Cab X: Modell für schwieriges Gelände

Mid Cab X (4x2):

- Kapazität: bis zu 1.000 kWh
- Reichweite: bis zu 530 km
- Aufladung (bei maximaler Batteriekapazität): 21,8 h (44 kW) / 4 h (150 kW) / 1,7 h (350 kW)

Adresse: Wülflingerstrasse 147, 8408 Winterthur (Schweiz)

Tel: +41445154858

E-Mail: trucks@designwerk.com

Website: <https://www.designwerk.com/>

Pema (Vermietung)

Volvo FL Electric: Siehe oben (Volvo)

Adresse: Bredowstraße 20, 22113 Hamburg (Deutschland)

Tel: +49 (0) 5521 860 0

E-Mail: tip-marketing-central@tipeurope.com

Website: <https://www.pema.eu/>

Greiwing Truck and Trailer GmbH und Co.KG (Vermietung)

Volvo FE Electric: s. oben (Volvo)

Volvo FL Electric: s. oben (Volvo)

Adresse: Mergenthalerstr. 2, 48268 Greven (Deutschland)

Tel: 02571 99798-0

E-Mail: info@greiwing.com

Website: <https://www.greiwing.com/aktuelles/>

Scania (Verkauf und Vermietung)

Elektrischer Kipper: k.A. Test in schwedischem Bergwerk

Elektrischer Kranwagen: k.A. Test in schwedischem Bergwerk

Adresse: Johann-Steinböck-Straße 4, 2345 Brunn am Gebirge (Österreich)

Tel: +43223639020

E-Mail: office@scania.at

Website: <https://www.scania.com/at/de/home.html>

Quantron (Verkauf und Vermietung)

QHD 50-280 Sattelzugmaschine:

- Leistung: 350 kW
- Reichweite: 180 km
- Zulässiges Gesamtgewicht: 19 t
- Schnellaufladung: 1 Stunde

Adresse: siehe „Wasserstoff-LKW“

9.5.2. Wasserstoffbetriebene LKW

Hylane (Vermietung)

Daimler/Benz Actros HyBatt:

- Zulässiges Gewicht der Fahrzeugkombination: 40 t
- Geschwindigkeit: 85 km/h
- Tankinhalt: 42 kg
- Tankdruck: 350 bar
- Reichweite ohne Batterie: mind. 450 km
- Zusätzliche Reichweite mit Batterie: 60 km
- Leistung: 240 kW

Hyundai XCIENT Fuel Cell:

- Zulässiges Gesamtgewicht: 36 t
- Maximale Geschwindigkeit: 85 km/h
- Tankinhalt: 32 kg
- Dauer der Betankung: 12 min
- Tankdruck: 350 bar
- Durchschnittliche Tagesleistung: 430 km
- Verbrauch: ca. 7,5 kg pro 100 km
- Reichweite einer Tankfüllung: 450 km

- Leistung des Elektromotors: 350 kW

Hyzon HyMax-250:

- Zulässiges Gesamtgewicht: 44 t
- Geschwindigkeit: 85 km/h
- Tankinhalt: 37 kg
- Tankdruck: 350 bar
- Reichweite ohne Batterie: 410 km
- Zusätzliche Reichweite mit Batterie: 60–80 km
- Leistung: 250 kW

Man Framo FC 260/280:

- Zulässiges Gesamtgewicht: 26 t
- Max. Geschwindigkeit: 85 km/h
- Tankinhalt: 40 kg
- Tankdruck: 350 bar
- Reichweite ohne Batterie: 350 km
- Zusätzliche Reichweite mit Batterie: 50 km
- Leistung: 216 kW

Adresse: Riehler Straße 190, 50735 Köln (DE)

Tel: +49 221 757-8072

E-Mail: info@hylane.de

Website: <https://www.hylane.de/>

Quantron (Vermietung und Verkauf)

Q-Light FCEV:

- Leistung E-Modus: 120 kW
- Leistung Brennstoffzelle: 15 kW
- Reichweite: bis zu 500 km
- Zulässiges Gesamtgewicht: 4,2 t
- Tankvolumen pro Tank: 2,1 kg (bis zu 4 Tanks möglich)
- Batteriekapazität: 37 kWh
- Höchstgeschwindigkeit: 90 km/h

FCEV EU Heavy Truck:

- Leistung: 400 kW
- Reichweite: 700 km
- Tankvolumen: 50 kg
- Batteriekapazität: 120 kWh (ab 2023 verfügbar)

Adresse: Koblenzer Str. 2, 86368 Gersthofen (DE)

Tel: +498217898400

E-Mail: info@quantron.net

Website: <https://www.quantron.net/>

JuVe Automotion (LKW-Vermietung)

Modelle: Hyzon Hymax Serie

Hängerzugmaschine (6x2):

- Chassis: DAF, Basis CF Space Cab
- Elektromotor: 250 kW
- Peak: 350 kW
- Batteriekapazität: 140 kWh
- Batteriespannung HV: 700 Volt
- Brennstoffzelle: 120 kW
- Wasserstoffkapazität: 45 kg
- Betriebsdruck: 350 bar
- Reichweite inklusive Batterie: 530 km

Motorwagen/Solo-LKW (6x2):

- Chassis: DAF, Basis CF Space Cab
- Elektromotor: 250 kW
- Peak: 350 kW
- Batteriekapazität: 140 kWh
- Batteriespannung HV: 700 Volt
- Brennstoffzelle: 120 kW
- Wasserstoffkapazität: 45 kg
- Betriebsdruck: 350 bar
- Reichweite inklusive Batterie: 530 km

Sattelzugmaschine (4x2):

- Chassis: DAF, Basis CF Day Cab
- Elektromotor: 250 kW
- Peak: 350 kW
- Batteriekapazität: 140 kWh
- Batteriespannung: HV: 700 Volt
- Brennstoffzelle: 120 kW
- Wasserstoffkapazität: 38 kg
- Betriebsdruck: 350 bar
- Reichweite inklusive Batterie: 450 km

Adresse: Bachlechnerstraße 46, 6020 Innsbruck

Tel: +4366488310063

E-Mail: info@juvemotion.at

Website: www.juvmotion.at

9.6. Ladestationen und Wasserstofftankstellen

9.6.1. Ladestationen

Moon Charging Station

- Stationäre Ladestation
- Leistung: 22; 75,2 und 150 kW
- Anschlüsse: CCS, CHAdeMO

Adresse: Gewerbepark 70, 9710 Pöllan

Tel.: +43 662 4681-3282

E-Mail: office@moon-power.com

Website: <https://www.moon-power.at/>

Kelag Charging Station

- Stationäre Ladestation
- Leistung: 43 und 50 kW
- Anschlüsse: CCS, CHAdeMO, Typ2

Adresse: Drautal Str. 73, 9710 Neu-Feffernitz

Tel.: 04635259660

E-Mail: [E-Mail-Formular](#)

Website: <https://www.kelag.at/>

Bredenoord

- Mobile Ladestation
- Leistung: 50 kW
- Anschlüsse: CCS, CHAdeMO, Typ2

Adresse: Kreuzensteiner Str. 90, A-2100 Korneuburg (Österreich)

Tel.: +43 2262 72186

E-Mail: mieten@bredenoord.com

Website: <https://www.bredenoord.com/de/>

Heliox

- Mobile Ladestation
- Leistung: 40 kW
- Anschluss, CCS-Typ 2

Adresse: Florianstraße 15-21,44139 Dortmund (Deutschland)

Tel.: +31 88 5016 300

E-Mail: info@heliox-energy.com

Website: <https://de.heliox-energy.com/>

9.6.2. Wasserstofftankstellen

Wystrach GmbH

Zweiteilig aufgebautes containerbasiertes System: Hauptspeichercontainer und Tankcontainer. Der Tankcontainer mit einem Nutzvolumen von 313 kg enthält Wasserstoff in 54 Spezial-Behältern mit je 350 l Fassungsvermögen mit einem Druck von 300 bar. Der Tankstellencontainer hat einen Pufferspeicher von 88 kg bei 500 bar, einen Wasserstoffverdichter sowie eine automatische Drucksteuerung für die optimale Betankung. Die Entnahmekapazität liegt bei 180 kg/Tag, kann bei Bedarf auf bis zu 360 kg erweitert werden. Der Tankcontainer lässt sich zur separaten Befüllung entkoppeln.

Adresse: Industriestraße 60, 47652 Weeze (DE)

Tel: +49283791350

E-Mail: info@wystrach.gmbh

Website: <https://www.wystrach.gmbh/>

Fronius Solhub

Systemlösung zur Erzeugung, Speicherung, Verteilung sowie Rückverstromung von grünem Wasserstoff aus Sonnenenergie mittels PEM-Elektrolyse. Das System enthält auch einen Wasserstoffspeicher und eine Tankvorrichtung (Zapfsäule) für LKW, Busse, Gabelstapler, PKW etc. Sowohl 350- als auch 700-bar Systeme können betankt werden. Bei der Wasserstoffherstellung entsteht als Nebenprodukt eine gewisse Abwärme, die sinnvollerweise in ein örtlich vorhandenes, thermisches System eingespeist wird. In der kleinsten Variante (48 kg H₂-Produktion/Tag) zur Betankung von H₂-Nutzfahrzeugen mit 350 bar Druckniveau betragen die Investitionskosten ab ca. 1.500.000 €. Voraussetzung sind bauseits Fundamente und Anschlüsse. In der kleinsten Variante (48 kg H₂-Produktion/Tag) ausgelegt zur Betankung von H₂-Fahrzeugen (etwa PKWs) mit 700 bar Druckniveau belaufen sich die Investitionskosten auf ab ca. 1.900.000 €, Fundamente und Anschlüsse vorausgesetzt. Um 1 kg H₂ herzustellen, werden ca. 60–70 kWh benötigt. Zum Vergleich: Ein PKW benötigt auf 100 km ca. 1 kg, ein Bus/LKW ca. 8–12 kg. Für die kleinste Variante im Vollastbetrieb ergibt sich ein Jahresenergiebedarf von +/- 1.138.000 kWh. Aus Sicht der Wirtschaftlichkeit ist es empfehlenswert, das System mit möglichst hoher Auslastung zu betreiben, idealerweise im 24/7-Betriebsschema. Das System ist im Baukastensystem „nach oben“ an die jeweiligen Anforderungen anpassbar. Optional kann eine Brennstoffzelle integriert werden, mit deren Hilfe der kurz bis langfristig gespeicherte Wasserstoff rückverstromt werden kann.

Adresse: Froniusstraße 1, 4643 Pettenbach (AT)

Tel: +4372422410

E-Mail: contact@fronius.com

Website: <https://www.fronius.com/de/solarenergie/installateure-partner/produkte-loesungen/energieloesungen-gewerbe/gruener-wasserstoff-mit-sonnenenergie-solhub>

Linde Gas GmbH

1. On-Site Versorgungssystem: Wasserstoff direkt am Ort des Verbrauchs durch Nutzung des Stroms für Elektrolyseure herstellen

2. Mobile Wasserstofftankstelle: Tanklastzug

Mehrere Standorte in Österreich

Adresse: Carl-von-Linde-Platz 1, 4651 Stadl-Paura (AT)

Tel: 0504273

E-Mail: office.at@linde.com

Website: <https://www.linde-gas.at/de/index.html>

The Lubricant Company

Stand-alone Wasserstoff Tankanlage für 350 bar Betankung. Die Kapazität beträgt bis zu 240 kg H₂ (Anzahl Füllungen für LKW mit 40 kg Tank: 6). Das Tauschverfahren leer gegen voll erfolgt vor Ort. An den Stellplatz bestehen geringe Anforderungen. Zurzeit nur in Deutschland vorhanden, andere Länder auf Anfrage.

Adresse: k.a. (DE)

Tel: +49 42133111460

E-Mail: sales@helios-lubeoil.eu

Website: <https://schmierstoffe.kaufen/de/>

9.7. Anbieter für Erzeugung erneuerbarer Energie auf der Baustelle

Sunplugged

PV-Leichtmodule: Ideal für die Integration in Fahrzeugdächer und mobilen Einheiten

- Leistung: 180 Wp
- Energie: 180 kWh/Jahr
- Gewicht: 3,8 kg/m²

PV-Folie: Mit einer im Fertigungsprozess integrierten Zellverschaltung kann die Solarfolie in Größe, Form und Modulspannung den jeweiligen Kundenwünschen entsprechend angepasst werden.

- Leistung: 120–140 Watt/m²
- Energie: 140 kWh/Jahr
- Wirkungsgrad: ca. 14 % (Ziel: 16 % bis 2022)
- Gewicht: 3,8 kg/m²
- Anschluss an Speicher oder Wechselrichter
- Material: CIGS (Kupfer-Indium-Gallium-Selenid)
- Gute Performance auch bei Wolken und Halbschatten

Adresse: Affenhausen 1, 6413 Wildermieming (Schwaz, Österreich)

Tel: +43 699 100 90 546

E-Mail: andreas.zimmermann@sunplugged.at

Website: <https://sunplugged.at/>

Sonnenkraft

Sonnenkraftwerk Modul: Das Produkt ist eine Steckerfertige und platzsparende Plug & Play Lösung für den Hausgebrauch. Grundsätzlich kann es mit Bodenaufsteller oder als Wandmontage erworben werden. Es ist auch für größer dimensionierte Aufdachanlagen anwendbar.

- Leistung: 300 Watt
- Energie: 320 kWh/Jahr
- Wirkungsgrad: 19,3 %
- Abmessungen: 1680 x 1002 x 40 mm
- Flächenbedarf: 5,17 m²
- Gewicht: 25 kg
- Anschluss bei bis zu 2 Modulen: Steckdose/RST20-Dose
- Anschluss bei 3–14 Modulen: über Schaltschrank. Jedes Modul arbeitet bei Teilverschattung dank integriertem Micro-Wechselrichter eigenständig weiter.
- Preis (ohne Zubehör): 465 €

Adresse: Solarstrasse 1, 9300 St. Veit/Glan (Österreich)

Tel: +43 (0)4212 45010

E-Mail: office@sonnenkraft.com

Website: <https://www.sonnenkraft.com/de/startseite.html>

Hartl-Energy

Powertop: Das Powertop ist eine mobile, robuste und einfach aufsetzbare Solaranlage für Container, um Sonnenenergie vor Ort zu produzieren und zu verbrauchen. Das Aufsetzen auf den Container erfolgt mit einem Kran oder Gabelstapler, wird an den ISO-Ecken verriegelt und an den Container Stromeingang angeschlossen. Die Stromversorgung ist nach der Montage sofort gewährleistet. Zusätzlich entsteht durch das Powertop eine natürliche Beschattung des Containers, wodurch eine weitere Reduktion der Energiekosten entsteht. Bei Bedarf können mehrere Systeme miteinander verbunden werden. Das Top kann auch mit einem Stromspeicher kombiniert werden.

- Leistung: 2,2 kWp
- Energie: 2.200 kWh/Jahr
- Abmessungen: 6060 x 2440 x 295 mm
- Gewicht: 950 kg
- Stromanschluss: CEE 32A 400V

Powerbag: Der mobile Energiespeicher wird vom Netz oder PV-Modulen geladen und steht dann für sämtliche Verbraucher als flexible Stromquelle zur Verfügung. Er wird in zwei Ausführungen angeboten:

Powerbag 2000:

- Leistung: 800 W
- Spitzenleistung: 1.600 W
- Batteriekapazität: 1.920 Wh
- Abmessungen: 408 x 311 x 166 mm
- Gewicht: 16 kg
- Ladezeit: 7 Stunden
- Schutzklasse: IP 66 (Vollständiger Schutz gegen Staub und starkem Spritzwasser)

Powerbag 3000:

- Leistung: 1.800 W
- Spitzenleistung: 3.600 W
- Batteriekapazität: 2880 Wh
- Abmessungen: 458 x 348 x 205 mm
- Gewicht: 25 kg
- Ladezeit: 6 Stunden
- Schutzklasse: IP 54 (vollständiger Berührungsschutz, wobei Staub in geringer Menge eindringen kann. Vor allseitigem Spritzwasser geschützt.)

Adresse: Pem-Strasse 2, 4310 Mauthausen (Österreich)

Tel: +43 7238 29520 bzw. +43 676 6322311

E-Mail: office@hartl-energy.com

Website: <https://hartl-energy.com/>

Hilber Solar

Die Solar-Container sind mobile Energiegeneratoren in 20 Fuß-Containern mit verschiedenen Leistungsstufen bis zu 138 kWp

- Energie: bis zu 138.000 kWh/Jahr
- Speicherkapazität: 40, 60 oder 80 kWh
- Größe: 20–40 Fuß (6–12 m)
- Gewicht: 13t. Aufbauzeit: ca. 3 Stunden
- Verschiedene Modelle – Beispiel: AC Off-Grid Power 20 ft: Modules: 144 x 72 Zellen Module

Preis: 6–20 Stück: 1.200 €/kWp; 21–50 Stück: 1.111 €/kWp

Solar Anhänger: für Baustellen. Leistung bis zu 24 kWp

Adresse: Trins 200, 6152 Trins (Österreich)

Tel: +43 (0)5275 5100

E-Mail: office@hilbersolar.at

Website: <https://hilber.solar/>

Faber Infrastructure GmbH

Angeboten werden der Solarcontainer mit Flügeln für Off-Grid-Anwendung oder der Solar Frame für häufigen Auf- und Abbau. Bei Letzterem ist der Betrieb mit und ohne Speicher und Dieselreserve sowie statt Dieselreserve mit Anschluss am Stromnetz möglich. Die Energieerzeugung eines Frames reicht – außer im Winter – für den Betrieb ca. eines Containers. Jahresleistung: ca. 2.400–2.500 kWh. Die Energieeinsparung allein durch Verschattung durch den Frame ist 4.000 Watt (<https://www.faber-infrastructure.com/energie/die-mobile-solaranlage-fuer-containerdaecher-auf-baustellen/>).

Solarcontainer: Containerbasierte Stromversorgungsanlage, mit Solarmodulen, einem Lithium-Ionen-Batteriespeicher und Notstromaggregat. Baustellenbetreiber können die Solarflügel vor Ort mit geringem Zeit- und Arbeitsaufwand ausbringen und den Solarcontainer in Betrieb nehmen. Für spezifische Einsatzanforderungen in Bezug auf die Anwendungen lässt sich das Steuerungssystem im Werk entsprechend vorkonfigurieren. Autarke Grundversorgung oder Integration in bestehendes Versorgungsnetz. Modularer Aufbau – nachträglich erweiterbare Leistung.

Solar-Rahmen: Mobile Solaranlage für Containerdächer.

- Leistung: ab 2,3 kWp
- Energie: 2.300 kWh/Jahr
- Abmessungen: 6060 x 2440 x 295 mm
- Gewicht: 950 kg
- Stromanschluss: CEE 32 A 400 V

Die Systeme lassen sich flexibel in vorhandene Netzinfrastrukturen integrieren. Dabei werden die Verbraucher direkt mit Solarstrom versorgt. Die werkseitige Einspeiseregulierung verhindert – wenn nicht anders gewünscht – eine Rückeinspeisung in das Stromnetz. Die Systeme sind 8-fach stapelbar sowie verladbar mit Kran oder Stapler.

Preis: 11.830 € für Kauf; Miete ist möglich (jedoch keine Preisangabe)

Adresse: Europaallee 33, 66113 Saarbrücken (Deutschland)
Tel: +49 681 9711 445 (Vertrieb) bzw. +49 681 9711 444 (Service)
E-Mail: info@faber-infrastructure.com
Website: <https://www.faber-infrastructure.com/kontakt/>

Mobil Hybrid

Container PV:

- Leistung: 990 Wp
- Module: 3 x 335 Wp
- Durchschnittliche Tagesenergiemenge: 2,98 kWh bzw. 1087 kWh/Jahr
- Sommertage Energiemenge: 6 kWh
- Größe: 2320 × 3100 × 110 cm
- Gewicht: 140 kg
- Einfach mit mitgelieferten Befestigungselementen an Containerecken anschrauben
- Kippmöglichkeit mit 30° Neigung

Klapp PV: Mobile Solaranlage

- Leistung: 670 Wp
- Module: 2 x 335 Wp
- Durchschnittliche Tagesenergiemenge: 1,99 kWh bzw. 670 kWh/Jahr
- Sommertage Energiemenge: 4000 Wh
- Abmessungen: 2170 × 2000 × 1060 cm
- Gewicht: 61 kg
- Innerhalb von 2 Minuten einsatzbereit
- Neigungswinkel: 30°
- Fixierung am Boden an Haltepunkten zum Schutz gegen Wind

Mobilhybrid:

- Energiespeicher in verschiedenen Speichergrößen, z. B. MH-36
- Batteriekapazität: 36 kWh
- Abmessungen: 1800 x 800 x 1690 mm
- Gewicht: 2.035 kg
- Ladezeit: 2,5 h
- Schutzklasse: IP 54
- Bis zu zwei Solarladegeräte können in jedem Speicher hinzugefügt werden.

Containerhybrid System: Energiespeicher in Containerform mit Solaranlage am Dach

- Verschiedene Speichergrößen, z. B. MH-108
- Batteriekapazität: 108 kWh
- Abmessungen: 20 Fuß-Container
- Ladezeit: 2,5h
- Schutzklasse IP 54

Adresse: Am Mittleren Moos 48, 86167 Augsburg (Deutschland)

Tel: +49 (0) 157 83503438

E-Mail: info@mobilhybrid.de

Website: <https://mobilhybrid.de/>

Österreichischer Vertrieb: Laurer Baumaschinen Gmbh. Adresse: Austrasse 12, 6200 Jenbach

Tel: +436646102000

E-Mail: harald.hornbacher@laurer.at

Website: www.laurer.at

Bredenoord

Mini Sunbox: Die Mini-Sun Box kann direkt auf dem Boden oder auf einem 20-Fuß Container/Baucontainer mittels Twistlock-Verriegelung aufgebaut werden und ist für netzautarke oder netzgekoppelte Stromversorgungen mit niedrigem Leistungsbedarf geeignet.

- Leistung: 3,3 kWp
- Energie: 7,5 kWh/Tag bzw. 2737 kWh/Jahr
- Benötigter Platzbedarf: 7,00 x 4,00 m (ohne Schatten)
- Transport-Abmessungen: 6,00 x 2,40 x 0,70 m
- Abmessungen aufgestellt: 6,00 x 3,90 x 3,85 m

Mobile Solar Plant: Das mobile Solarkraftwerk ist eine Ergänzung zum Einsatz von Stromaggregaten, die überwiegend auf Grundlage von Sonnenenergie zuverlässig Energie liefert. Der Kraftstoffverbrauch und der CO₂-Ausstoß werden durch den Einsatz dieser schadstoffarmen Lösung drastisch reduziert. Die Einheit lässt sich problemlos in einem 20 Fuß-Container transportieren und bietet breite und schnelle Einsatzmöglichkeiten.

- Leistung gesamt: 58 kW
- 90 Sonnenkollektoren: 23 kWp
- Smart Powerbank: 30 kW
- Aggregat: 28 kW
- Platzbedarf: 150 m²
- In Kombination mit Biokraftstoff bis zu 95 % Ersparnis möglich

Big Battery Box: Der Container mit Lithium-Ionen-Akkus kann Energie aus Sonne, Wind, dem Stromnetz oder aus einem Aggregat speichern. Das patentierte System wurde so entwickelt, dass es sicher und einfach transportiert werden kann. Die Box kann sowohl für Orte ohne Anschlüsse eingesetzt werden, als auch in Ergänzung zur Netzleistung oder anderen Quellen. Sie kann hohe Energiespitzen auffangen, beispielsweise an Schnellladestationen für Elektrofahrzeuge.

- Energie: bis zu 600 kWh
- Abmessungen: 20 Fuß-Container
- Auf- und Entladungsdauer: 1 Stunde

Adresse: Kreuzensteiner Str. 90, A-2100 Korneuburg (Österreich)

Tel: +43 2262 72186

E-Mail: mieten@bredenoord.com

Website: <https://www.bredenoord.com/de/mieten/hybridenergie/mini-sunbox/>

DAS Energy GmbH

PV-Folien Module: Sie unterscheiden sich von herkömmlichen Modulen durch hohe Energieausbeute und sehr leichtem Gewicht sowie mehr Flexibilität.

- Leistungsbereich 20-350 Wp
- Energie: 20–350 kWh/Jahr
- Höhe: 2 mm
- Gewicht: 3,3 kg/m²
- Größe, Form und Farbe der Module sind anpassbar. Je nach Anforderung können zwischen 8 Zellen und 72 Zellen in einem Modul verbaut werden.
- Installationsmöglichkeiten: kleben, schrauben, vernieten, Magnet- oder Ösen-Befestigung
- Anwendungen: Blech, Bitumen, Glas, Membran
- Biegsam
- Witterungsbeständig

Adresse: Ferdinand Graf von Zeppelin Straße 18, 2700 Wiener Neustadt (Österreich)

Tel: +43 2622 35035

E-Mail: office@das-energy.com

Website: <https://das-energy.com/de/home>

Next2sun Technology GmbH

Solarzaun:

- Zweiseitige vertikal aufgestellte Module (bifaciale Glas-Glas Module)
- Morgens und abends deutlich höhere Erträge als herkömmliche Anlagen
- Konstante Produktion auch in Wintermonaten, keine Gefahr von Schneebedeckung
- Mehrfachnutzen: PV-Anlage, Schattenspender und Zaun
- Aufbau zur doppelten Höhe möglich
- Jahresstromertrag: bei Nord-Süd Ausrichtung 900–1050 kWh/kWp, bei Ost-West Ausrichtung 1.000–1.290 kWh/kWp
- Wirkungsgrad Vorderseite: 100 %; Rückseite: 90 %
- 2 Ausführungsmöglichkeiten: Standard oder Premium
- Premium: Feinere und präzisere Verarbeitung und Farbe nach Wunsch
- Maße eines Zaunsegments bei Premiumausführung: Höhe 1,15 oder 1,50 m; doppelte Höhe: 2,4 m; Länge: 2,11 m
- Befestigungsmöglichkeiten bei Premiumausführung: „auf Mauer Montage“, „in Mauer Montage“, „Beton Punktfundament“
- Standard: Industriell und grob gehalten
- Maße eines Zaunsegments bei Standardausführung: Höhe: 1,50 m; doppelte Höhe: 2,83–3,13 m; Länge: 2,15 m
- Befestigungsmöglichkeiten bei Standardausführung: Gerammte Stahlprofile, Bohr- oder Betonfundamente

Adresse: Pfaffing 43, 5760 Saalfelden. Tel: +43720111599

E-Mail: b.stoeckl@next2sun.at

Website: <https://next2sun.com/>

Blue Power GmbH

1 kW Windturbine:

Die Windturbine hat eine aerodynamische Form und ist geräuscharm und tierfreundlich.

- Nennleistung: 1 kW
- Maximale Leistung: 1,8 kW
- Außendurchmesser: 1,65 m
- Gewicht: 175 kg
- Einschaltgeschwindigkeit: 3 m/s
- Anwendungen: Boden, Dach, Insellösung, Gebäudeintegration
- Dreht sich 360°
- Die Turbine kann mit PV kombiniert werden, bzw. können PV-Paneele direkt auf der Oberfläche angebracht werden.

Adresse: Wirtschaftspark B6, 8940 Liezen (Österreich)

Tel: +43(0)664 2440250

E-Mail: office@bluepower.at

Website: <https://www.bluepower.at/>

Schachner

Windrad 800W:

- Nennleistung: 800 W
- Durchmesser: 1,83 m
- Gewicht: 18 kg
- Turmhöhe: nach Bedarf
- Einschaltgeschwindigkeit: 2 m/s
- Abschaltgeschwindigkeit: 45 m/s
- Befestigung am Boden oder Dach
- Einspeisung: ins Netz oder Inselbetrieb

SW1.5:

- Nennleistung: 1,5 kW
- Durchmesser: 1,90 m
- Gewicht: 24 kg
- Turmhöhe: nach Bedarf
- Startgeschwindigkeit 1,8 m/s
- Abschaltgeschwindigkeit: 50 m/s
- Befestigung am Boden oder Dach
- Einspeisung: ins Netz oder Inselbetrieb

SW5:

- Nennleistung: 5 kW
- Durchmesser: 5,6 m
- Gewicht: 340 kg
- Turmhöhen: 8 m / 12 m / 15 m / 20 m
- Startgeschwindigkeit: 2,5 m/s
- Abschaltgeschwindigkeit: 50 m/s
- Einspeisung: ins Netz

SW10:

- Nennleistung: 10 kW
- Durchmesser: 7,8 m

- Gewicht: 500 kg
- Turmhöhen: 10 m / 12 m / 15 m
- Startgeschwindigkeit: 3 m/s
- Abschaltgeschwindigkeit: 50 m/s
- Einspeisung: ins Netz

Adresse: Gewerbepark Pölla 6, 3353 Seitenstetten (Österreich)

Tel: +43 (0)7477 - 42 973 bzw. +43 (0)664 - 3 52 70 81

E-Mail: office@kleinwind.at

Website: www.kleinwind.at

Luvside

LS Doppel Helix 1,5:

- Nennleistung: 1,5 kW (Windgeschwindigkeit 15 m/s)
- Höchstleistung: 3 kW (Windgeschwindigkeit 22 m/s)
- Rotordurchmesser: 1,4 m
- Rotorhöhe: 4 m

LS Helix 3.0:

- Nennleistung: 3 kW (Windgeschwindigkeit 16 m/s)
- Höchstleistung: 5 kW (Windgeschwindigkeit 20 m/s)
- Rotordurchmesser: 2,2 m
- Rotorhöhe: 4 m

Eingrabfundament oder Dachanbringung

Adresse: Krankenhausstr. 18, 86911 Diessen am Ammersee (Deutschland). Tel: +49 89 1892 8354

E-Mail: r.hoffmann@luvside.de

Website: <https://www.luvside.de/de/>

Venturicon Windturbinen GmbH

Venturicon 3.Zero:

- Nennleistung: 3,2 kW
- Durchmesser: 1,3 m
- Gewicht: 100 kg
- Einschaltgeschwindigkeit: 3 m/s
- Abschaltgeschwindigkeit: 18 m/s

Adresse: Albert-Schädler-Straße 3, 6800 Feldkirch (Österreich)

Tel: +423 791 66 90

E-Mail: bernhard.frick@venturicon.com

Website: www.venturicon.com bzw. <https://www.wind-turbine-models.com/manufacturers/560-venturicon>

Teslair

Air.3:

- Nennleistung: 1,15 kW (Windgeschwindigkeit 12 m/s)
- Maximale Leistung: 3 kW (Windgeschwindigkeit 17 m/s)
- Durchmesser: 1,9 m

- Tiefe: 0,78 m
- Gewicht: 140 kg
- Einschaltgeschwindigkeit: 3 m/s
- Abschaltgeschwindigkeit: 18 m/s
- Optional Kombination mit Solarzellen

Air.5:

- Nennleistung: 1,15 kW (Windgeschwindigkeit 12 m/s)
- Maximale Leistung: 5,3 kW (Windgeschwindigkeit 20 m/s)
- Durchmesser: 1,9 m
- Tiefe: 0,78 m
- Gewicht: 140 kg
- Einschaltgeschwindigkeit: 3 m/s
- Abschaltgeschwindigkeit: 22 m/s
- Mastensysteme: Freistehende Masten bis 18 Meter, Beton- oder Ankerkorb, Stahlfundament, Behälter zum Befüllen, Aufdach Masten, mobile Sonderanfertigung

Adresse: Am Hilgnerfeld 10, D 83626 Oberlaindern (Deutschland)

Tel: +49 8024 4602 216

E-Mail: office@teslair.energy

Website: www.teslair.energy

Vortex Bladeless

Windturbine ohne Rotoren (Noch in Entwicklungsphase):

- Energieerzeugung: 30 % im Vergleich zu normalem Windrad
- Gewicht: unter 15 kg
- Höhe: 2,75 m
- Beste Performance zwischen 3–12 m/s Windgeschwindigkeit
- Befestigung: z. B. Betonblock
- Platzsparender, wodurch mehr Windräder aufgestellt werden können
- Höhe: 2,75 m

Adresse: c/ Zagreb 4, 28232 Las Rozas de Madrid (Spanien)

Website: <https://vortexbladeless.com/contact-us/>

9.8. Anbieter Grüner Strom

Ökostrom AG

Preis: 4,99 €/Monat Fixpreis, 46,20 ct/kWh

Adresse: Laxenburger Straße 2, 1100 Wien

Tel: +43 5 0575555

E-Mail: office@oekostrom.at

Website: <https://oekostrom.at/>

AAe Natur Strom

Preis: 29,51 ct/kWh netto, Grundgebühr 5€/Monat

Adresse: Kötschach 66, 9640 Kötschach-Mauthen
Tel: +43 (0) 4715 222
E-Mail: info@aae.at
Website: <https://aae.at/>

Wien Energie (Optima, nicht UZ 46 zertifiziert)

Preis: 28,9239 ct/KWh, Grundgebühr ca. 20€/Jahr

Adresse: Thomas-Klestil-Platz 14, 1030 Wien
Tel: +43 1 40040
E-Mail: office@wienenergie.at
Website: <https://www.wienenergie.at/privat/produkte/strom/optima-entspannt>

W.E.B. (Windenergie AG)

Preis: 38,59 ct/kWh, Grundgebühr 3,50€/Monat

Adresse: Davidstraße 1, 3834 Pfaffenschlag
Tel: +43 2848 6336
E-Mail: office@web.energy.at
Website: <https://www.web.energy.at-de/geschaeftskunden-gemeinden/gruenstrom-business>

KWG

Preis: 41,25 ct/KWh, Grundgebühr: 3,6 €/Monat

Adresse: Staig 32, 4690 Schwanenstadt
Tel: +43 7673 6996
E-Mail: kwg@kwg.at
Website: <https://www.kwg.at/>

Linz AG

Preis: 36,71 ct/kWh, Grundgebühr: 62,60 €/Jahr

Adresse: Wiener Straße 151, Postfach 1300, A-4021 Linz
Tel: 0732/3400-4000
E-Mail: info@linzag.at
Website: <https://www.linzag.at/portal/de/home#>

aWATTar

Preis: 53,172 ct/kWh, Grundgebühr 5,75€/Monat

Adresse: Lindengasse 56/18-19, 1070 Wien
Tel: +43 1 386 5050
E-Mail: service@awattar.com
Website: <https://www.awattar.at/>

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie

Radetzkystraße 2, 1030 Wien

+43 800 21 53 59

servicebuero@bmk.gv.at

bmk.gv.at