



Medium Voltage Power Station (MVPS-4600-S2-10)

Product Carbon Footprint



Inhalt

1. Vorwort	3
2. Life Cycle Inventory Analysis	3
2.1 Betrachtetes System	3
2.2 Untersuchte Lebenszyklusphasen	4
2.3 Datenqualität	4
3. Ergebnisse	5
3.1 Materialzusammensetzung der MVPS	5
3.2 Product Carbon Footprint	6

1. Vorwort

Seit über 40 Jahren treibt die SMA Gruppe gemeinsam mit ihren Geschäftspartnern weltweit den Umbau zu einer klimafreundlichen Stromversorgung auf Basis erneuerbarer Energien voran. Unsere Produkte und Lösungen werden von Haushalten und Unternehmen auf allen Kontinenten für eine nachhaltige und effiziente Stromerzeugung, -speicherung und -nutzung eingesetzt. Von Anfang an waren wir dabei der festen Überzeugung: Es reicht nicht aus, innovative Technologien für eine klimafreundliche Energieerzeugung zu entwickeln. Zusätzlich kommt es auf die Einhaltung hoher Umwelt-, Sozial- und Governance-Standards entlang der Wertschöpfungskette an. Um dies zu erreichen, arbeiten wir eng mit unseren Stakeholdern zusammen. Nachhaltiges Wirtschaften bedeutet für uns, langfristig angelegten wirtschaftlichen Erfolg mit Umweltschutz, ethischem Verhalten und sozialer Verantwortung zu vereinen. Ein verantwortungsvoller und respektvoller Umgang mit Menschen, der Umwelt und den Ressourcen bei steigendem Einsatz von erneuerbaren Energien in allen Teilen der Wertschöpfungskette sind die Basis dafür.

Um die Auswirkungen unserer Produkte in den einzelnen Lebenszyklusphasen auf die Umwelt zu ermitteln, auf dieser Basis Maßnahmen abzuleiten und die Produktnachhaltigkeit zu verbessern, nutzen wir u.a. Product Carbon Footprints (PCF), die wir von externen Expert*innen des Fraunhofer Instituts für Bauphysik IBP erstellen lassen. Der PCF basiert auf den international anerkannten Standards ISO 14067, ISO 14040 und ISO 14044. Er misst die gesamten direkten und indirekten Treibhausgasemissionen eines Produktes und damit dessen Einfluss auf den Klimawandel über den gesamten Lebenszyklus in CO₂-Äquivalenten (CO₂e).

In diesem Whitepaper fassen wir die Vorgehensweise bei der Erstellung des PCF für die SMA Medium Voltage Power Station (MVPS) zusammen und stellen die wichtigsten Erkenntnisse und Ergebnisse vor.

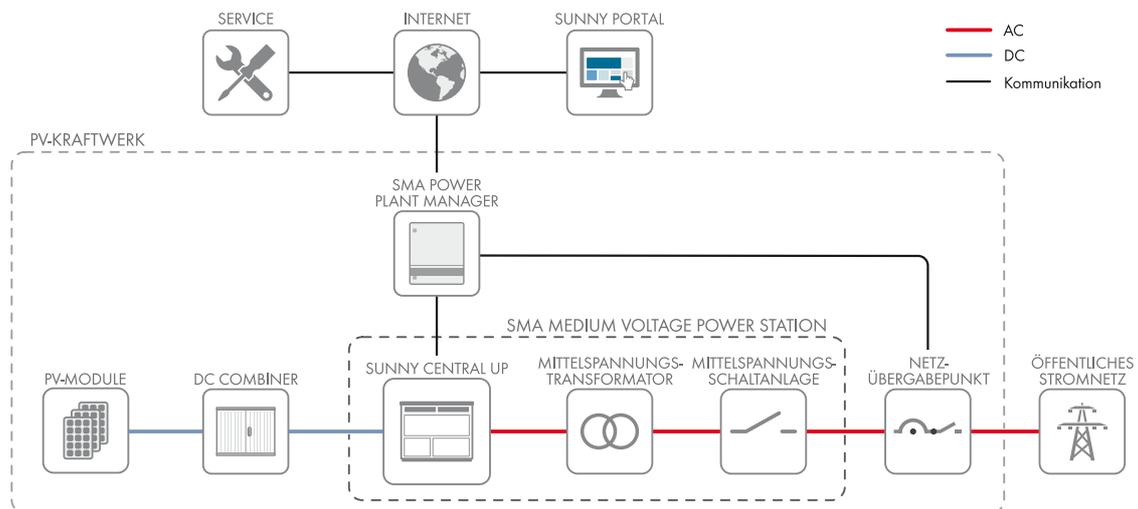
2. Life Cycle Inventory Analysis

2.1 Betrachtetes System

Die SMA Medium Voltage Power Station (MVPS) bietet höchste Leistungsdichte in einem Plug-and-Play-Design und wird in PV- und Speicher-Kraftwerken mit 1500 V DC eingesetzt. Die vorkonfigurierte 20-Fuß Skid-Lösung kann einfach transportiert und schnell in Betrieb genommen werden. Die MVPS bietet PV- und Speicher-Kraftwerken höchste Anlagensicherheit bei maximalen Energieerträgen und minimiertem Logistik- und Betriebsrisiko.

Dafür kombiniert sie einen Zentral-Wechselrichter (Sunny Central UP oder Sunny Central Storage UP), einen Transformator und eine Schaltanlage zu einem kompakten System. In dem nachfolgend betrachteten System kommt ein Sunny Central 4600 UP zum Einsatz.

Aufbau einer SMA Medium Voltage Power Station für PV-Anwendungen



2.2 Untersuchte Lebenszyklusphasen

Die Datensammlung für die Erstellung des PCF der MVPS umfasst den kompletten Lebenszyklus (Cradle-to-Grave) und ist damit konform zur DIN EN 15804+A2 sowie den nachfolgend skizzierten Modulen:

- A1-A3 Rohstoffgewinnung, Transporte in der Lieferkette, Kernprozesse an den Produktionsstandorten der MVPS-Komponenten, Transporte zur finalen Montage
- A4-A5 Transporte zum Anlagenstandort, Verpackung und Transportschutz, Betonfundament
- B1, B4 Umwandlungsverluste der MVPS-Komponenten, Eigenverbrauch, SF₆-Leckagen (Annahme: 1 Prozent pro Jahr), im Falle der Betrachtung einer 40-jährigen Nutzungsdauer beinhaltet B4 den Austausch des Zentral-Wechselrichters
- C-D End-of-Life-Phase inklusive Transporte, potenzielle Umweltgutschriften durch Materialrecycling und Energierückgewinnung durch Verbrennung unter Anwendung der Avoided Burden Methode

2.3 Datenqualität

Um eine möglichst vollständige Datenerfassung sowie eine sehr hohe Datenqualität und Transparenz über den gesamten Lebenszyklus der MVPS zu gewährleisten, lieferte SMA eine detaillierte Produktstückliste für den verbauten Sunny Central 4600 UP (Bill of Materials, BOM). Die verbleibenden Aspekte wurden basierend auf Sekundärdaten modelliert. Unternehmensspezifische Daten zu den weiteren MVPS-Komponenten wurden in Form von Environmental Product Declarations (EPD, Schaltanlage), Product Carbon Footprints (PCF, Transformator), Materiallisten und Supply Chain Informationen (20-Fuß-Container) von den Zulieferern zur Ver-

fügung gestellt. Basierend auf diesen Informationen wurden mithilfe der LCA-FE-Software und Datenbasis CUP2023.1 die LCI-Modelle für die Produktion und End-of-Life-Phase erstellt. Die erstellten Modelle wurden anschließend mithilfe der von den Zulieferern bereitgestellten Informationen auf Plausibilität geprüft. Alle weiteren Annahmen werden nachfolgend tabellarisch zusammengefasst:

Produktion

- Bei der Produktion wurden für die Kernprozesse an den Standorten der Zulieferer 3 Prozent auf die errechneten Treibhausgasemissionen (CO₂e) beaufschlagt.
- Die Umweltauswirkungen der Produktion des Transformatoröls basieren auf Treibhausgasemissionen (CO₂e), die durch den Hersteller berechnet wurden.

Verpackung

- Die Verpackung inkludiert sowohl Holzpalletten und Plastikfolien, die für den Transport der MVPS-Komponenten zum Montageort benötigt werden, als auch Schutzverpackung und Plastikfolie für den Transport zum Einsatzort.

Nutzung

- Es werden fünf Nutzungsszenarien an verschiedenen Standorten betrachtet.
- Die MVPS wird mit einer Nennleistung von 4.600 kVA betrieben.
- Es werden zwei verschiedene Szenarien bzgl. der Lebenserwartung betrachtet: 20 Jahre und 40 Jahre Nutzungsdauer. Bei 40 Jahren Nutzungsdauer wird der Zentral-Wechselrichter nach 20 Jahren (Lebenserwartung) ausgetauscht.
- Effizienz des Zentral-Wechselrichters: 98,4 Prozent
- Systemeffizienz: 97,77 Prozent

End-of-Life

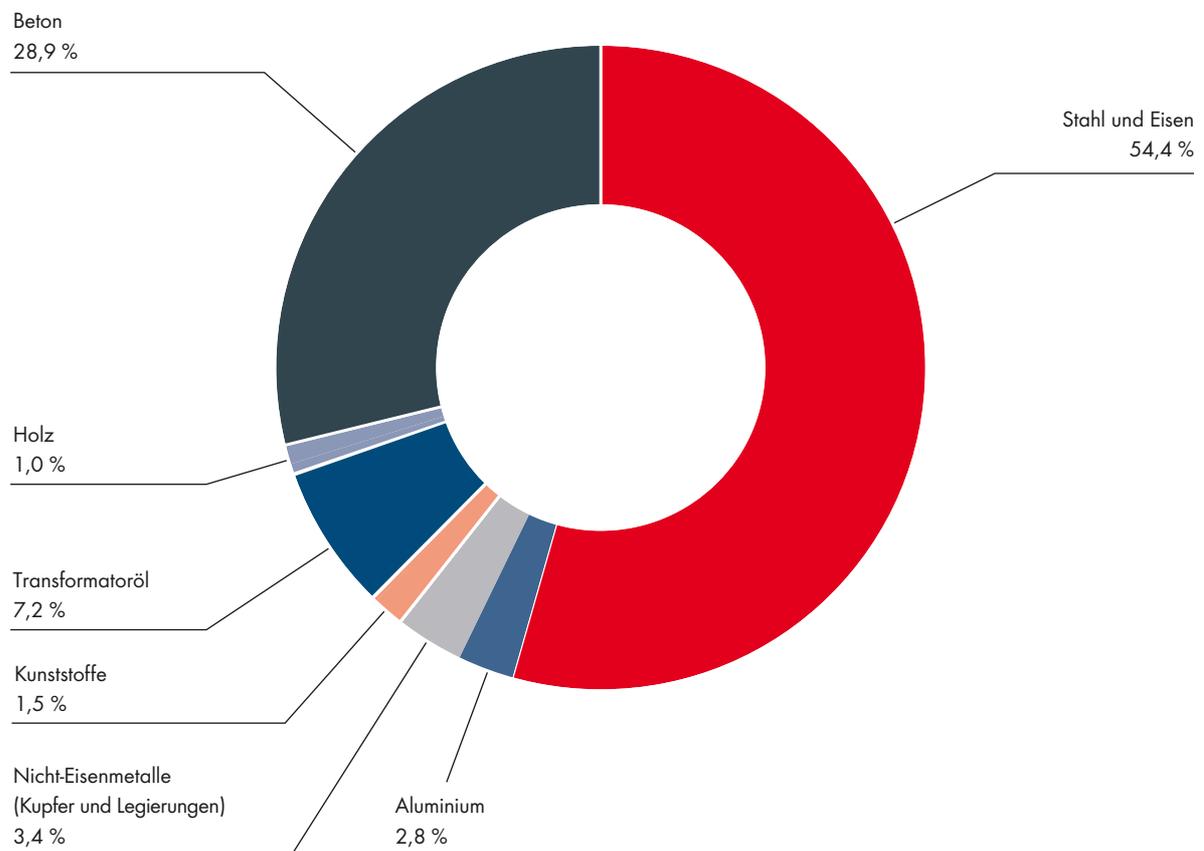
- Für die Modellierung der End-of-Life-Phase wird eine Sammelrate von 90 Masse-Prozent und eine Prozesseffizienz des Materialrecyclings und der thermischen Verwertung von 95 Masse-Prozent zugrunde gelegt.

3. Ergebnisse

3.1 Materialzusammensetzung der MVPS

Die betrachtete MVPS wiegt rund 23,4 Tonnen. Hiervon entfallen 17 Prozent auf den Wechselrichter, 50 Prozent auf die anderen MVPS-Komponenten, 1 Prozent auf die Verpackung und 32 Prozent auf das Betonfundament. In der Gesamtbetrachtung entfallen rund 12,7 Tonnen und damit 54,4 Prozent auf Stahl und Eisen, es folgt Beton mit 28,9 Prozent.

Weitere relevante Materialien sind das Transformatoröl mit 7,2 Prozent sowie Aluminium und Nicht-Eisenmetalle wie Kupfer und Legierungen mit jeweils rund 3 Prozent.



Prozentuale Massenanteile der einzelnen Materialien und Komponenten an einer MVPS, Gesamtgewicht rund 23,4 Tonnen (inklusive Verpackung und Betonfundament)

3.2 Product Carbon Footprint

Der Product Carbon Footprint der MVPS variiert je nach betrachtetem Nutzungsszenario. Die absoluten Ergebnisse werden nachfolgend tabellarisch für 20 und für 40 Jahre Nutzungsdauer zusammengefasst

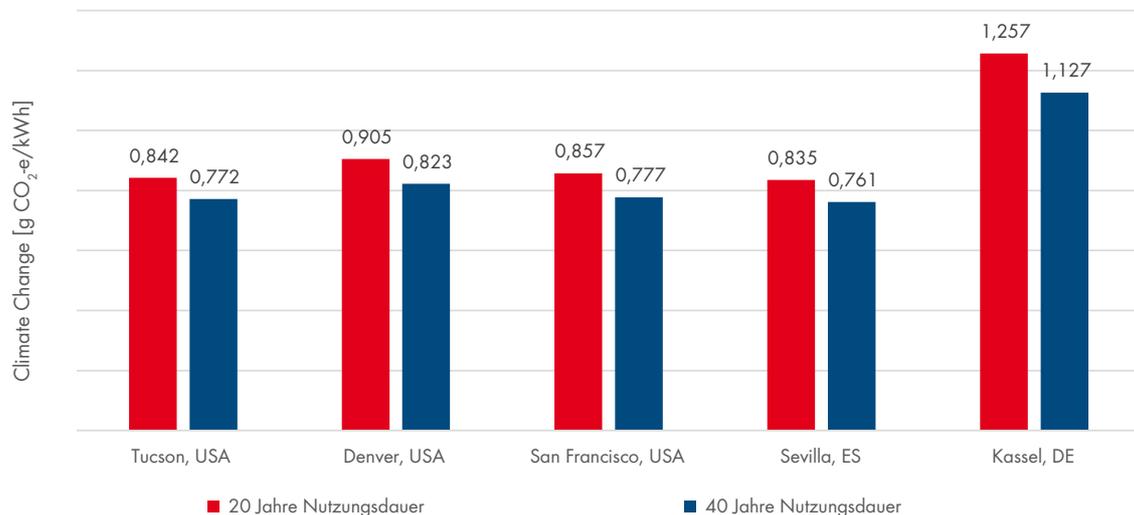
Nutzungsdauer MVPS	20 Jahre	40 Jahre	
Produktion (A1-A3)	60,5	76,0	t CO ₂ e
Transporte und Verpackung (A4)	3,1 – 4,1	3,8 – 5,1	t CO ₂ e
Betonfundament (A5)	1,6	1,6	t CO ₂ e
Nutzungsphase (B1)	123,5 – 164,5	247,0 – 328,9	t CO ₂ e
End-of-Life-Phase (C-D)	-20,6	-27,1	t CO ₂ e

Für die Produktion der Komponenten der MVPS fallen bei 20 Jahren Nutzungsdauer rund 60,5 Tonnen CO₂e an. Bei einer Nutzungsdauer von 40 Jahren beläuft sich der CO₂-Fußabdruck für die Produktion bedingt durch den Austausch des Zentral-Wechselrichters nach 20 Jahren auf 76 Tonnen CO₂e. Das Ergebnis für die Transporte und Verpackung variiert in Abhängigkeit des Anlagenstandorts (Transportmix und Entfernung). Die Nutzungsphase macht bei 20 wie bei 40 Jahren Nutzungsdauer den größten Anteil des absoluten CO₂e-Ausstoßes aus (73,5 bis 78,6 Prozent) und wird maßgeblich durch die Effizienzverluste der MVPS geprägt. Durch die sachgerechte Verwertung aller Komponenten der MVPS am Lebensende sowie die Berücksichtigung von Lasten und Gutschriften außerhalb der Systemgrenze (Lebenszyklusphase C+D) können in der End-of-Life-Phase zwischen 20,6 und 27,1 Tonnen CO₂e gutgeschrieben werden. Je nach Nutzungsszenario (Anla-

genstandort) liegt der absolute CO₂-Fußabdruck zwischen 168,1 und 209,3 Tonnen CO₂e (20 Jahre Nutzungsdauer) oder zwischen 301 und 383,5 Tonnen CO₂e (40 Jahre Nutzungsdauer).

Für die richtige Interpretation und Vergleichbarkeit der Ergebnisse des Product Carbon Footprint ist es wichtig zu verstehen, dass Anlagenstandorte mit einer höheren solaren Strahlung höhere absolute Treibhausgasemissionen (CO₂e) in der Nutzungsphase Anlagenstandorte aufweisen, da an diesen Standorten über die Nutzungsdauer (20 oder 40 Jahre) mehr nutzbarer Solarstrom umgerichtet wird. Dementsprechend fallen hier höhere Effizienzverluste an. Deshalb sollte ein Vergleich der Ergebnisse immer auf die funktionale Einheit (1 kWh Wechselstrom am Wechselrichter-Ausgang) bezogen werden. Dies wird in der nachfolgenden Grafik dargestellt.

Ergebnisse des Product Carbon Footprint in g CO₂-Äquivalent je funktionaler Einheit





Rev. 01 | 10/2025

Kontakt

Sustainability@SMA.de

[SMA.de/nachhaltigkeit](https://www.sma.de/nachhaltigkeit)

SMA.de

