



Medium Voltage Power Station (MVPS-9200-S4-10)

Product Carbon Footprint



Inhalt

1. Vorwort	3
2. Life Cycle Inventory Analysis	4
2.1 Betrachtetes System	4
2.2 Untersuchte Lebenszyklusphasen	5
2.3 Datenqualität	5
3. Ergebnisse	6
3.1 Materialzusammensetzung der MVPS	6
3.2 Product Carbon Footprint	7
3.3 Interpretation	8

1. Vorwort

Die SMA Gruppe entwickelt, produziert und vertreibt weltweit Systeme und Lösungen für die Erzeugung, Speicherung und Nutzung von Solarenergie. Dazu gehören Solar- und Batterie-Wechselrichter, Überwachungssysteme für Solarstromanlagen, Ladelösungen für Elektrofahrzeuge sowie intelligente Energiemanagementsysteme und digitale Dienstleistungen für die zukünftige Energieversorgung. Umfassende Serviceleistungen sowie Mittelspannungstechnik und Stromversorgungen für die Wasserstoffproduktion runden das Angebot ab. Darüber hinaus agiert die SMA Gruppe erfolgreich als Systemintegrator für komplexe Kraftwerkslösungen und engagiert sich in der Entwicklung von Großspeicher-Projekten (BESS) und der schlüsselfertigen Lieferung von BESS-Projekten als Generalunternehmer (EPC).

Um die Auswirkungen unserer Produkte in ihren einzelnen Lebenszyklusphasen auf die Umwelt zu ermitteln und die Transparenz gegenüber unseren Kunden zu erhöhen, 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 Produkts 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-9200-S4-10) zusammen und stellen die wichtigsten Erkenntnisse und Ergebnisse für ein 20-jähriges Nutzungsszenario vor.

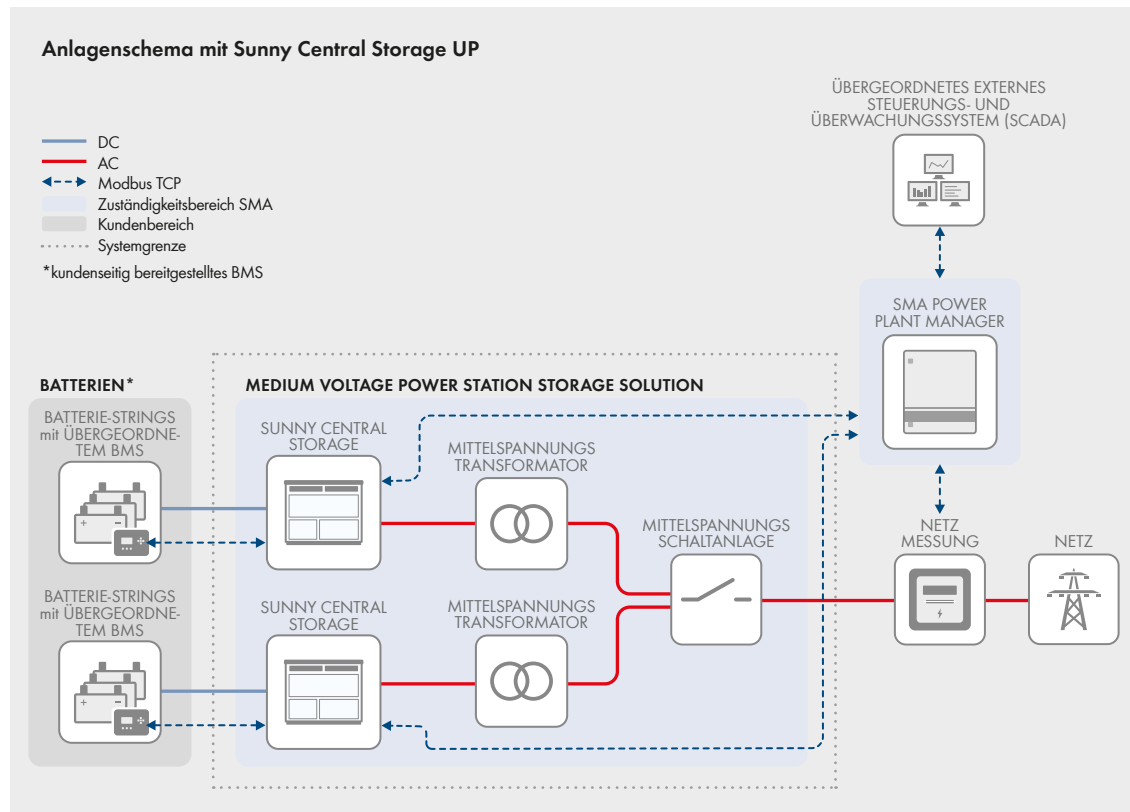
2. Life Cycle Inventory Analysis

2.1 Betrachtetes System

Die SMA Medium Voltage Power Station (MVPS) bietet eine hohe Leistungsdichte in einem Plug-and-Play-Design und wird in PV- und Speicher-Kraftwerken mit 1500 V DC eingesetzt. Die vorkonfigurierte 40-Fuß-Skid-Lösung kann einfach transportiert und schnell in Betrieb genommen werden. Die MVPS bietet PV- und Speicher-Kraftwerken hohe Anlagensicherheit und Energieerträge bei geringem Logistik- und Betriebsrisiko.

Dafür kombiniert die MVPS 9200 zwei Zentral-Wechselrichter Sunny Central Storage 4600 UP-S, zwei Transformatoren und eine Schaltanlage zu einem kompakten System.

Innerhalb der Systemgrenze betrachtete Komponenten der MVPS



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 für Speicher- und Netzeinspeisebetrieb, Eigenverbrauch aus dem lokalen Stromnetz, SF₆-Leckagen (Annahme: 1 % pro Jahr)
- 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-S (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 (40-Fuß-Container) von den Zulieferern zur Verfügung gestellt. Basierend auf diesen Informationen wurden mithilfe der LCA-FE-Software und Datenbasis CUP2023.1 die LCI-Modelle für die Produktions- 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 (CO₂-Äquivalent) beaufschlagt.
- Die Umweltauswirkungen der Produktion des Transformatoröls basieren auf CO₂-Äquivalenten, die durch den Hersteller geschätzt wurden.

Verpackung

- Die Verpackung umfasst sowohl Holzpaletten und Plastikfolien, die für den Transport der MVPS-Komponenten zum Montageort benötigt werden, als auch Schutzverpackungen und Plastikfolie für den Transport zum Einsatzort.

Nutzung

- Es werden fünf Nutzungsszenarien an verschiedenen Standorten betrachtet.
- Die Nutzungsszenarien berücksichtigen die Speicherung und Netzeinspeisung von überschüssigen erneuerbaren Energien aus Photovoltaik und Windkraft.
- Es wird von einer täglichen Lade- und Entladezeit von jeweils 4 Volllaststunden und einem Betrieb von 75 Prozent der Nennleistung von 9.200 kVA (6.900 kVA) ausgegangen.
- Die Nutzungsdauer beträgt 20 Jahre¹⁾.
- Systemeffizienz (Wechselrichter bei 75 % und 1.300 V):
 - Beim Laden der Batterie: 99,09 %; MVPS: 98,45 %
 - Beim Entladen/Einspeisen ins Netz: 99,12 %; MVPS: 98,48 %

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.

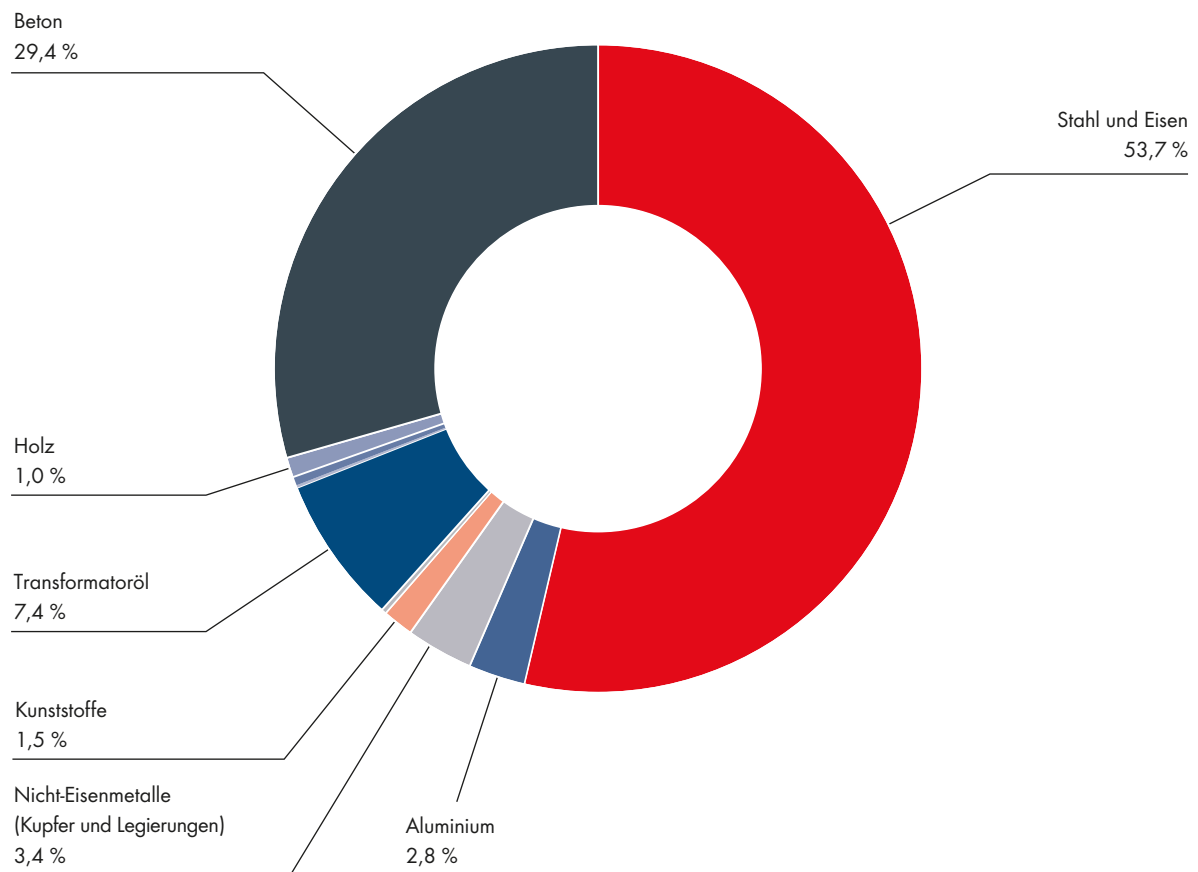
¹⁾ 20 Jahre entsprechen der erwarteten typischen Lebensdauer von Batteriespeicheranlagen. Bei korrekter Installation und Bedienung können die einzelnen Systemkomponenten eine längere Lebensdauer haben. Zum Beispiel ist der Sunny Central Storage 4600 UP-S Wechselrichter für 25 Jahre ausgelegt, während Transformatoren und Schaltanlagen bis zu 40 Jahre halten können.

3. Ergebnisse

3.1 Materialzusammensetzung der MVPS

Die betrachtete MVPS wiegt inklusive Verpackungen und Betonfundament rund 45,9 Tonnen. Hiervon entfallen 17 Prozent auf den Wechselrichter, 49 Prozent auf die anderen MVPS-Komponenten, 1 Prozent auf die Verpackung und 33 Prozent auf das Betonfundament. In der Gesamtbetrachtung entfallen rund 24,6 Tonnen und damit 53,7 Prozent auf

Stahl und Eisen, es folgt Beton mit 29,4 Prozent. Weitere relevante Materialien sind das Transformatoröl mit 7,4 Prozent sowie Aluminium und Nicht-Eisenmetalle wie Kupfer und Legierungen mit jeweils ca. 3 Prozent.



Prozentuale Massenanteile der einzelnen Materialien und Komponenten an einer MVPS, Gesamtgewicht rund 45,9 Tonnen (inklusive Verpackung und Betonfundament)

3.2 Product Carbon Footprint

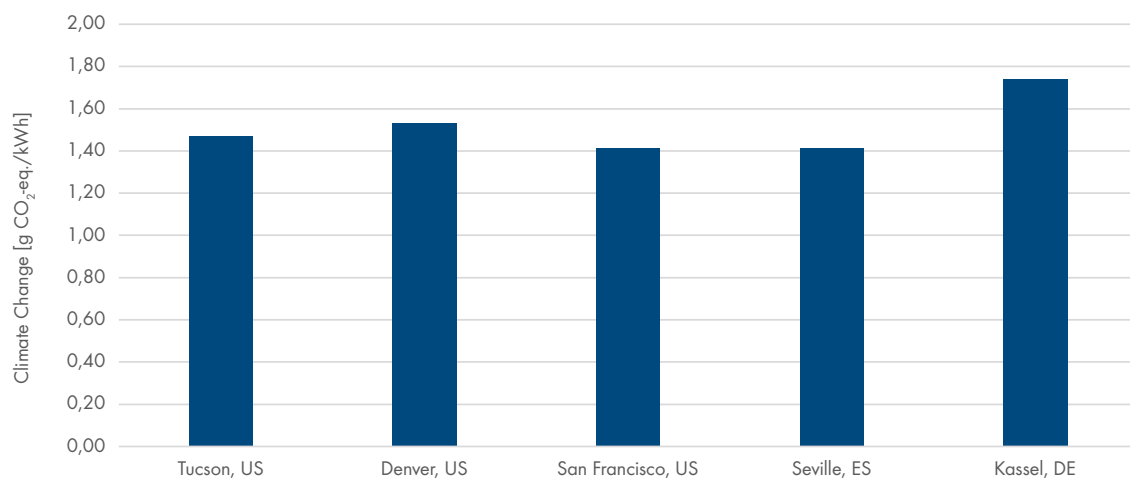
Die absoluten Ergebnisse des Product Carbon Footprint der MVPS in Tonnen CO₂-Äquivalent werden nachfolgend tabellarisch zusammengefasst.

Produktion (A1-A3)	117,6	t CO ₂ e
Transporte und Verpackung (A4)	6,0 – 8,0	t CO ₂ e
Betonfundament (A5)	3,2	t CO ₂ e
Nutzungsphase (B1)	188,0 – 253,9	t CO ₂ e
End-of-Life-Phase (C-D)	-40,7	t CO ₂ e

Für die Produktion der Komponenten der MVPS fallen bei 20 Jahren Nutzungsdauer rund 117,6 Tonnen CO₂e an. Das Ergebnis für die Transporte und Verpackung variiert in Abhängigkeit des Anlagenstandorts (Transportmix und Entfernung). Die Nutzungsphase macht den größten Anteil des absoluten CO₂e-Ausstoßes aus (68 bis 75 %) 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 rund 41 Tonnen CO₂e gutgeschrieben werden. Je nach Nutzungsszenario (Anlagenstandort) beträgt der absolute CO₂-Fußabdruck zwischen 276,2 und 340,0 Tonnen CO₂e.

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 CO₂-Äquivalente in der Nutzungsphase aufweisen, da an diesen Standorten über die Nutzungsdauer mehr nutzbarer Solarstrom umgerichtet wird. Dem entsprechend fallen hier höhere Effizienzverluste an. Deshalb sollte ein Vergleich der Ergebnisse immer auf die funktionelle Einheit (1 kWh Wechselstrom am MVPS-Ausgang) bezogen werden. Dies wird in der nachfolgenden Grafik dargestellt.

Ergebnisse des Product Carbon Footprint in g CO₂-Äquivalent je funktioneller Einheit (Szenario: Überschüssiger PV-Strom)



3.3 Interpretation

Die folgenden Schlüsselaspekte sind zentral für die Interpretation der Ergebnisse:

1. Die Nutzungs- und Produktionsphase haben den größten Einfluss auf den PCF. Durch ein Recycling am Lebensende oder den Einsatz sekundärer Rohstoffe in der Produktion könnte der PCF weiter reduziert werden.
2. Die Auswirkungen der Nutzungsphase werden bei 75 Prozent der nominalen Spitzenleistung und 1.300 V berechnet. Die bedeutendsten Auswirkungen der Nutzungsphase auf den PCF hängen mit Effizienzverlusten zusammen, gefolgt vom Standby-Stromverbrauch aus dem lokalen Netz. Der PCF in Bezug auf die funktionelle Einheit kann weiter reduziert werden, indem man mit 100 Prozent der nominalen Spitzenleistung arbeitet.
3. Dieser Bericht betrachtet ein Szenario einer AC-gekoppelten Speicheranwendung. Es ist davon auszugehen, dass der PCF im Falle einer DC-gekoppelten Anwendung besser ausfällt, weil das Batterie-Energiespeichersystem (BESS) direkt vom Solargenerator geladen wird.
4. Dieser Bericht betrachtet ein Szenario mit einer Betriebsdauer der MVPS von 20 Jahren. Da die einzelnen Systemkomponenten eine längere Lebensdauer erreichen können, zum Beispiel 25 Jahre für den Wechselrichter oder bis zu 40 Jahre für den Transformator oder die Schaltanlage, könnte der PCF weiter reduziert werden, indem die Lebensdauer beispielsweise durch den Austausch des Wechselrichters auf 40 Jahre verlängert wird. Diese Maßnahme könnte den relativen Anteil der Produktionsphase an den Gesamtergebnissen des PCF der MVPS verringern.



Rev. 01 | 09/2026

Kontakt

Sustainability@SMA.de

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

SMA.de

