

String-Wechselrichter: Die Zukunft für Energiespeicher

Es wird immer deutlicher, wie wichtig Energiespeicher für den Übergang zu einer CO₂-neutralen Zukunft sind.

Mehrere Forschungsinstitute sagen voraus, dass das Jahrzehnt der Energiespeicherung angebrochen ist; die Prognosen reichen von 411 GW (AC) an Speicherinstallationen bis 2030¹ bis zu 500 GW (AC) bis Ende 2031². Eine ähnliche Prognose geht davon aus, dass der Markt für Speicher-Wechselrichter zwischen 2022 und 2025 auf insgesamt 6,8 Mrd. USD anwachsen wird³.

Diese Zahlen sind zwar beeindruckend, aber nicht überraschend. Wir wissen schon seit einiger Zeit, dass wir enorme Mengen an Energiespeichern benötigen, wenn wir eine Chance haben wollen, unsere Netto-Null-Ziele zu erreichen. Lieferketten- und geopolitische Probleme haben den dringenden Bedarf an Energiespeichern zur Stabilisierung der erneuerbaren Energien und der lokalen Netze sowie der Energiepreise nur noch verstärkt. Die Kopplung von Solarenergie, der billigsten Form der Stromerzeugung auf der Erde, mit Batteriespeichern ist eine logische und notwendige Entscheidung.

In diesem White Paper werden die realen und innovativen Vorteile von String-Wechselrichtern untersucht, die sich durch ihre hohe Leistung, außergewöhnliche Flexibilität und Benutzerfreundlichkeit ergeben. Daher sind wir davon überzeugt, dass sie zu den besten Lösungen gehören, wenn es um den Aufbau von hochwertigen, langlebigen Energiespeicher-Projekten geht.



Der Übergang zu String-Wechselrichtern

Wir haben bereits gesehen, dass String-Wechselrichter sich als bevorzugte Leistungselektronik-Plattform im PV-Bereich etabliert haben. Aufgrund der relativ kleinen Anlagen sind sowohl das Wohn- als auch das C&I-Segment traditionell von String-Wechselrichtern dominiert worden. Nun ist auch im Segment der Kraftwerke ein deutlicher Trend hin zu String-Wechselrichtern zu beobachten.

Als im Laufe des letzten Jahrzehnts String-Wechselrichter mit höherer Leistung auf den Markt kamen, wurden große PV-Projekte von Energieversorgern mit String-Wechselrichtern gebaut, weil diese leistungsfähiger und wartungsfreundlicher waren – auch wenn dies eine höhere Investition bedeutete.

Auch heute noch werden String-Wechselrichter aufgrund ihrer technischen Vorteile und höheren Energieerträge bevorzugt. In vielen Fällen sind sie auf Anlagenebene inzwischen genauso wirtschaftlich, wenn nicht sogar billiger zu bauen als Zentral-Wechselrichter, da sie in einem so genannten Virtual Central Design installiert werden können.

Der gleiche Wandel bei der bevorzugten Wechselrichter-Plattform setzt sich derzeit auch im Speichersegment durch. Künftige Innovationen werden die Preise weiter unter Druck setzen, so dass wir davon ausgehen, dass String-Wechselrichter an Popularität und Marktanteil gewinnen werden.

CAPEX Kosten

Obwohl String-Wechselrichter in der Regel höhere Anschaffungskosten verursachen, sind sie auf lange Sicht fast immer die günstigere Option. Diese Erkenntnis macht sich in der Branche bemerkbar. EPCs, Integratoren, Projektentwickler und Betreiber konzentrieren sich verstärkt auf die langfristige Leistung und betriebsbedingten Aspekte ihrer Projekte.

Das Ziel von KACO new energy war es nie, den billigsten Wechselrichter zu bauen, sondern sich darauf zu konzentrieren, ein hochleistungsfähiges, technologisch solides und flexibles Produkt anzubieten, das den Bedürfnissen unserer Kunden entspricht und sowohl kurz- als auch langfristig einen Mehrwert schafft.

Um eine Metapher aus der Musikwelt zu verwenden: Geigen können unglaublich teuer sein. Obwohl fabrikmäßig hergestellte Geigen gut für Anfänger sein können, werden sie zweifellos nicht annähernd so lange halten wie ein handgefertigtes Stück. Auch die Klangqualität einer massengefertigten Geige lässt mit der Zeit nach, während sich der Klang einer sorgfältig gemachten Geige mit dem Alter sogar verbessert. Das ist es, was wir bei KACO new energy unseren Kunden bieten wollen – einen Mehrwert über die gesamte Lebensdauer des Energiespeichers.

String-Wechselrichter können in vielen Fällen die Gesamtkapitalkosten allein aufgrund ihrer geringeren Größe im Vergleich zu Zentral-Wechselrichtern senken. Ein kleinerer Baustein ermöglicht im Vergleich zu einem Zentral-Wechselrichter eine feinere Projektdimensionierung. Zentral-Wechselrichter gibt es in Leistungsklassen von mehreren Megawatt, wobei der kleinste Wechselrichter oft eine Leistung von 2 MW oder mehr hat.

Nehmen wir an, Sie möchten ein Speichersystem mit einer Leistung von 2,5 MW (AC) bauen. Wenn Sie Zentral-Wechselrichter verwenden möchten, müssten Sie zwei 2,0-MW-Wechselrichter kaufen und sie weit unter ihrer Nennleistung betreiben. Dies wäre eine große Mehrausgabe im Vergleich zu dem, was tatsächlich benötigt wird. Die Alternative wäre der Einsatz von 27 blueplanet gridsave 92.0 TL3-S String-Wechselrichtern, die uns nicht nur deutlich näher an die benötigte Projektgröße bringen, sondern auch die wirtschaftlichere Wahl darstellen, jetzt und in Zukunft.

Verfügbarkeit & Betriebszeit

Die Folge des Ausfalls eines zentralen Batterie-Wechselrichters oder einer notwendigen Abschaltung wegen Wartungsarbeiten ist, dass ein Block mit mehreren Megawatt Leistung keinen Strom (oder keine Einnahmen) erzeugt, bis ein qualifizierter Techniker und die richtigen Teile vor Ort sind.

String-Wechselrichter erfordern keine Wartung. Wenn einer ausfällt, ist ein viel geringerer Prozentsatz der gesamten Erzeugungsleistung nicht verfügbar. Darüber hinaus lassen sich String-Wechselrichter schnell und einfach von einem Techniker austauschen. Diese Art von Wechselrichter lässt sich zu diesem Zweck vor Ort oder bei der Betriebseinheit lagern, wodurch sich die Ausfallzeiten drastisch verringern.

Die Möglichkeit, einen Wechselrichter schnell auszutauschen, ist besonders wichtig für Anwendungen wie lokale Microgrids, bei denen die Wechselrichter zur Deckung des lokalen Bedarfs benötigt werden. Ihre hohe Verfügbarkeit ist auch für die Bereitstellung kritischer Systemdienste wichtig.

	Zentral- Wechselrichter	String-Wechselrichter (AC-gekoppelt)	String-Wechselrichter (DC-gekoppelt)
Projektgröße: 1,5 MW	1x 2,0 MW (kleinste Einheit)	1,47 MW (16 x 92 kW)	1,47 MW (16 x 92 kW)
Reparaturzeit bei Ausfall	7 Tage	24 Stunden	24 Stunden
Energieverlust: 1 Gerät, 100% Verlust	21 MWh	184 kWh	0 – 184 kWh (anwendungs- abhängig)
Einnahmenverlust @30ct/kWh	6300 €	55,20 €	0 – 55,20 €

Die obige Berechnung geht von einem vollen Zyklus – 100 % Laden und 100 % Entladen – pro Wechselrichter und Tag aus. Obwohl ein String-Wechselrichter realistischere relativ einfach innerhalb von 24 Stunden ausgetauscht werden kann, ist die Reparaturzeit von sieben Tagen für den Zentral-Wechselrichter sehr optimistisch, insbesondere wenn Teile oder ein Techniker eingeflogen werden müssen.

Batteriemanagement & Sicherheit

Eine Voraussetzung für den langfristigen Erfolg von Speichersystemen ist die Gesundheit der Batterie. Um eine minimale Degradation der Batterie sicherzustellen, wird ein Batterieausgleich auf Stackebene empfohlen. Dies ist bei vielen zentralen Batterie-Wechselrichtern leider nicht möglich und könnte zu einer beschleunigten Degradation der Batterie führen.

String-Wechselrichter bieten detailliertere Echtzeit- und historische Batterie-Leistungsdaten. Dadurch können potenzielle Probleme schneller erkannt werden und es können proaktive Schritte unternommen werden, um diese Probleme zu mindern.

Durch die Aufteilung einer großen Anlage in kleinere Blöcke unter Verwendung von String-Wechselrichtern minimieren Systemintegratoren potenzielle Probleme. Kleinere Systeme bedeuten nicht nur, dass wir es mit kleineren Fehlern oder Kurzschlussströmen zu tun haben, sondern auch, dass alle lokalen Fehler besser isoliert und behandelt werden können.

Zuverlässigkeit & Robustheit

KACO new energy blickt auf eine mehr als 25-jährige Erfahrung im PV-Segment zurück. Durch die Installation von Wechselrichtern an anspruchsvollen Standorten, die zum Teil sehr rauen Elementen ausgesetzt sind, konnten wir wertvolle Erfahrungen sammeln und Wechselrichter entwickeln, die in solchen Umgebungen zuverlässig arbeiten.

Viele Zentral-Wechselrichter werden nicht für solche anspruchsvollen Umgebungen hergestellt, was sich oft in einer Schutzart von IP54 oder niedriger, einer maximalen Höhe von 1000 m über NN und einer großen Stellfläche widerspiegelt, was ihre Handhabung und Installation mitunter schwierig macht.

Im Vergleich dazu haben unsere aktuellen blueplanet gridsave Batterie-Wechselrichter die Schutzart IP66 / NEMA 4X und können ohne Leistungsminderung in einer Höhe von 2000 m über NN und in einer maximalen Höhe von 3000 m über NN installiert werden.

String-Wechselrichter, egal ob Photovoltaik- oder Speicher-Wechselrichter, lassen sich auch viel einfacher zum Einsatzort transportieren. Aufgrund ihrer geringeren Größe ist keine teure Spezialausrüstung für den Transport, das Abladen oder die Installation des Wechselrichters erforderlich.

	IP Schutzart	Max. Installationshöhe	Leistungsdichte
Zentral-Wechselrichter	Typisch: IP54 / NEMA 3S	Typisch: 1000 m ASL	Typisch: 0,4 – 0,9 kW/kg
String-Wechselrichter	IP66 / NEMA 4X	3000 m ASL	1,15 – 1,7 kW/kg

Die Leistungsdichte eines Wechselrichters klingt vielleicht nicht nach einer allzu wichtigen Kennzahl, aber viele Speicher-Systeme werden in Gewerbe- und Industriegebieten installiert. Büro- und Geschäftsgebäude, Logistikzentren und Fabriken verfügen in der Regel über Betriebsräume oder Keller, die ideale Orte für die Installation von Speicher-Systemen sind. Die meisten dieser Räume haben jedoch keine großen Zugangsmöglichkeiten, was die Installation von Zentral-Wechselrichtern entweder extrem schwierig oder unmöglich macht.



Value Stacking mit KACO new energy

KACO new energy konnte die Erkenntnisse aus seinen sehr erfolgreichen PV-Wechselrichtern auf Siliziumkarbid-Basis nutzen, um eine optimale String-Wechselrichterserie für den Speichermarkt entwickeln.

Durch die Verwendung von Siliziumkarbid-Transistoren sowie die Implementierung unserer einstufigen Topologie (kein DC-DC-Booster) in diesen Wechselrichtern konnten wir einen stabilen Betrieb bei gleichzeitig sehr hoher Leistung erreichen.

Die Wechselrichterreihe umfasst mehrere Leistungsklassen, um eine optimale Anpassung an alle Systemgrößen und die meisten Regionen der Welt zu gewährleisten. Lassen Sie uns einen genaueren Blick auf einige der zusätzlichen Vorteile werfen, die diese neuen Speicher-Wechselrichter zu bieten haben.

Flexibilität

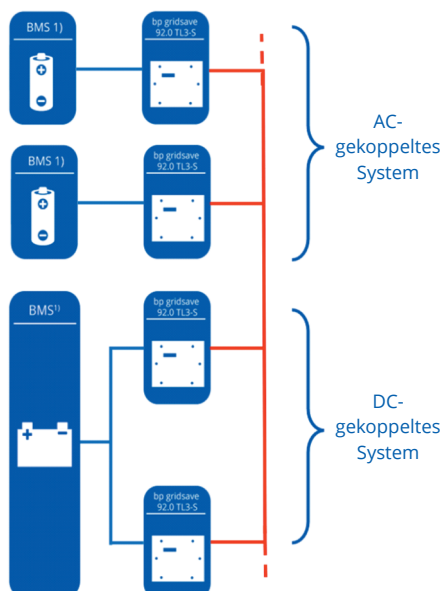
blueplanet gridsave Speicher-Wechselrichter mit Leistungsbereichen von 92 kW, 110 kW und 137 kW können sowohl auf der AC-Seite als auch auf die DC-Seite des Speichersystems gekoppelt werden. Da verschiedene Anwendungen sehr unterschiedliche Anforderungen haben können, bieten diese String-Wechselrichter die notwendige Flexibilität, um auch die anspruchsvollsten Projekte zu realisieren.

AC-gekoppelte Systeme

Bei der AC-Kopplung wird ein einzelnes Batterierack an einen einzelnen Wechselrichter angeschlossen. Die Wechselrichter sind dann auf der AC-Seite miteinander gekoppelt und haben im Allgemeinen denselben Anschlusspunkt an das Netz. Die Kopplung mehrerer Wechselrichter auf der AC-Seite ermöglicht eine einfache Erweiterung des BESS.

DC-gekoppelte Systeme

Wenn wir im Zusammenhang mit einem eigenständigen Batterie-Wechselrichter von DC-gekoppelten Systemen sprechen, meinen wir damit den Anschluss mehrerer Wechselrichter an ein einziges, oft größeres Batterierack. Alle Wechselrichter teilen sich in einem solchen System denselben DC-Bus.



Diese Systemkonfiguration bringt mehrere Vorteile mit sich.

Einer der größten Vorteile ist, dass die Batteriekapazität immer verfügbar bleibt, auch wenn einer der Wechselrichter ausfällt. Dies verleiht solchen Systemen ein gewisses Maß an inhärenter Redundanz.

Nehmen wir als Beispiel an, wir haben ein BESS mit zwei blueplanet gridsave 92.0 TL3-S Speicher-Wechselrichtern aufgebaut. Damit hätten wir eine Systemgröße von 184 kVA, die wir an eine 250 kWh-Batterie in einem DC-gekoppelten System angeschlossen haben. Sollte einer dieser Wechselrichter vom Netz genommen werden, reduziert sich die Leistung des Systems auf 92 kVA, aber die 250 kWh Batteriekapazität bleiben verfügbar und können genutzt werden. Dadurch wird die Ausfallsicherheit eines DC-gekoppelten Speichersystems weiter erhöht.

Die DC-Kopplung ermöglicht die einfache Implementierung von Systemblöcken und reduziert gleichzeitig einige der mit den Batterien verbundenen Kosten für die Systembilanz (BOS).

Entgegen der Annahme muss die Kommunikation für ein solches System nicht so kompliziert sein, wie es oft der Fall ist. Dank einer durchdachten Entwicklung von KACO new energy ist keine Kommunikation zwischen den Wechselrichtern selbst notwendig. Die Kommunikation zwischen den Wechselrichtern und der Batterie wird allein vom übergeordneten Energiemanagementsystem (EMS) übernommen und sorgt für einen sicheren und zuverlässigen Betrieb der Anlage.

Anwendung: Energiespeicher-Systeme, die am Kapazitätsmarkt teilnehmen. Wenn ein Energiespeicher dafür bezahlt wird, in Bereitschaft zu sein und Energie bereitzuhalten, dann wollen wir sicherstellen, dass diese Energie verfügbar ist, wenn sie benötigt wird. Bei einem DC-gekoppelten System ist die gesamte Batteriekapazität immer verfügbar – selbst wenn einer der Wechselrichter vom Netz genommen werden muss.

Energiearbitrage ist eine beliebte Anwendung, wenn die Marktbedingungen dies zulassen. Eine hohe Betriebszeit und der Zugriff auf die Batteriekapazität des Speichersystems sind für alle Anwendungen wichtig, aber besonders wichtig für Anwendungen, bei denen der Geschäftsfall so stark zeitabhängig ist. Ein DC-gekoppeltes System bedeutet, dass das System immer mit seiner vollen Batteriekapazität am Markt teilnehmen und Energie genau dann laden und entladen kann, wenn die Preise stimmen.

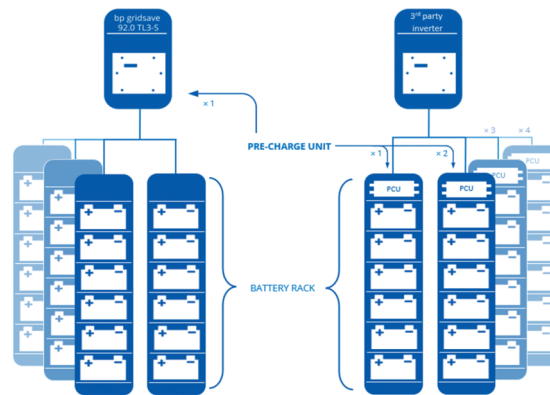
Pre-Charge Unit (Vorladeeinheit)

Mit dem Wachstum des Speichermarktes steht EPC-Unternehmen und Entwicklern eine wachsende Anzahl potenzieller Komponentenlieferanten zur Auswahl. Nicht nur, dass immer mehr Wechselrichter-Hersteller Speicher-Wechselrichter entwickeln, auch die Zahl der angebotenen Batterien steigt rapide an. EPCs, Integratoren und Projektentwickler müssen nicht nur ihre bevorzugte Zelltechnologie auswählen, sondern auch einige andere wichtige Designentscheidungen treffen.

Ein besonderer Punkt ist die Frage, ob Batterieracks mit integrierten Vorladeeinheiten verwendet werden sollen oder nicht.

Bei Projekten, bei denen größere oder mehrere Batterieracks an jeden Wechselrichter angeschlossen werden sollen, kann die Integration der Vorladeeinheit in den Wechselrichter sehr sinnvoll sein. Dies senkt nicht nur die Kosten, sondern vereinfacht auch das gesamte Kommunikationskonzept. In diesem Fall muss das EMS nicht sowohl mit der Batterie als auch mit dem Wechselrichter kommunizieren, um das System vorzuladen und in Betrieb zu nehmen. Die Komplexität des Systems würde zunehmen, wenn das EMS verschiedene Kommunikationsprotokolle zwischen Batterie und Wechselrichter verwenden müsste.

Die Verwendung des offenen Kommunikations-Protokolls Modbus TCP/IP in unseren Wechselrichtern hingegen vereinfacht diese Aufgabe erheblich. Um sicherzustellen, dass wir unseren Kunden unabhängig von der Wahl der Batterie eine geeignete Lösung anbieten können, gibt es bei unseren Speicher-Wechselrichtern die Möglichkeit, die Vorladeeinheit optional zu integrieren.



Anwendung: Alle Speichersysteme, die Lasten für mehrere Stunden abdecken sollen und mehrere Batteriesätze haben, die an einen Wechselrichter angeschlossen sind. Die Systemkosten wären günstiger und der Betrieb des Systems wäre einfacher.

Für DC-Parallelsysteme: Wenn eine Vorladeeinheit im Batterierack statt in den Wechselrichtern installiert ist, wird es viel schwieriger, einen einzelnen Wechselrichter bei Bedarf abzuschalten. Alle Wechselrichter müssten von der Batterie getrennt werden, bevor ein einzelner Wechselrichter abgeschaltet werden kann.

Effizienz

Die Berechnung eines gültigen Business Case für Projekte im Bereich der erneuerbaren Energien kann auch heute noch eine schwierige Aufgabe sein. Bei leistungsstarken PV-Projekten können ein gut durchdachtes Design sowie qualitative, hocheffiziente Komponenten den Unterschied ausmachen.

Der Einsatz eines hocheffizienten Wechselrichters ist bei Speicheranwendungen sogar noch wichtiger. Dies liegt daran, dass die Energie den Wechselrichter zweimal durchlaufen muss – einmal zum Laden der Batterie und ein zweites Mal beim Entladen der Batterie.

Die Verwendung eines effizienten Wechselrichters bedeutet, dass dem Systembetreiber mehr Energie zur Verfügung steht, was langfristig zu einer besseren Investitionsrendite führt. Ein Unterschied im Wirkungsgrad zwischen 0,3 % und 1,0 % mag nicht viel erscheinen, aber betrachtet man die Lebensdauer der Anlage, bietet er einen unbestreitbaren Vorteil für den Business Case. Der Einsatz eines Energiespeicher-Systems mit String-Wechselrichtern in Zeiten variabler Lastbedingungen ermöglicht es, die Last entweder auf alle Wechselrichter zu verteilen oder einige der Wechselrichter vom Netz zu nehmen, um den effizientesten Betriebspunkt zu finden.

Anwendung: Batteriespeichersysteme eignen sich sehr gut für eine Reihe von Netzdienstleistungen. Obwohl das Speichersegment noch in den Kinderschuhen steckt, ist der Wettbewerb um Netzdienstleistungen hart, und er wird mit dem Wachstum der installierten Basis nur noch härter werden. Ein System, das Ihnen Zugang zu mehr Energie verschafft als ein vergleichbares System, wird sich garantiert positiv auf die Investitionsrendite auswirken.

Aus einem anderen Blickwinkel betrachtet können Speichersysteme, die mit hocheffizienten String-Wechselrichtern gebaut wurden, die gleiche Energiemenge für einen bestimmten Dienst bereitstellen, ohne die Batterie so tief zu entladen wie vergleichbare Systeme. Berücksichtigt man die langfristige Gesundheit der Batterie und die Tausende von Zyklen, die sie während ihrer Lebensdauer voraussichtlich durchlaufen wird, ist dies ein erheblicher Vorteil.

Batterie-Unabhängigkeit

Unsere neuesten Speicher-Wechselrichter haben ein einzigartiges Kommunikations-Konzept, bei dem sie nicht direkt mit den Batterien kommunizieren. Diese Aufgabe wird vom EMS übernommen, das wiederum mit den Wechselrichtern kommuniziert, um die erforderlichen Leistungseinstellungen vorzunehmen.

Das bedeutet, dass die Wechselrichter in Projekten mit verschiedenen Batterie-Technologien eingesetzt werden können. Dies ist nicht nur für verschiedene Anwendungen von Vorteil, sondern auch für zukünftige Erweiterungen bestehender Projekte. Sollte eine neue Batterie-Technologie mit besserer Leistung oder besserer Wirtschaftlichkeit auftauchen, passen unsere Wechselrichter genauso leicht in die Erweiterung wie in das ursprüngliche Projekt, solange das EMS mit dieser Batterie kommunizieren kann.

Die Verwendung des quelloffenen und bewährten Modbus TCP/IP-Kommunikations-Protokolls in unseren Wechselrichtern gewährleistet, dass wir heute und in Zukunft mit einer Vielzahl von EMS-Anbietern kompatibel sind.

Zusammen mit der Option, einen Wechselrichter mit oder ohne integrierte Vorladeeinheit zu haben, bedeutet dies, dass unsere Kunden in der Lage sind, unabhängig von ihrer bevorzugten Batterietechnologie und -topologie geeignete Lösungen zu planen.

Anwendung: Da die Zahl der E-Fahrzeuge auf unseren Straßen in Zukunft zunehmen wird, müssen wir deutlich mehr Ladeinfrastruktur aufbauen und bestehende Ladestationen verstärken, um mit der Zahl der E-Fahrzeuge Schritt zu halten.

Aufgrund der einfachen Installation, des geringen Platzbedarfs und des offenen Kommunikations-Protokolls eignen sich unsere String-Wechselrichter nicht nur für neue Ladestationen, sondern auch für die Erweiterung der bestehenden Infrastruktur. Dies gilt auch dann, wenn Jahre nach der ersten Inbetriebnahme des Projekts die für die Erweiterung vorgeschlagene Batterie-Technologie von der des ursprünglichen Projekts abweicht.

Zusammenfassung

Es besteht kein Zweifel daran, dass sich in der sich stark verändernden und schnell wachsenden Speicherlandschaft alles ändern kann - und wahrscheinlich auch wird -, von den Einnahmemodellen, den damit verbundenen Anwendungen, der Batterie- und Wechselrichtertechnologie bis hin zu den Vorschriften für Energiespeicher.

Vor diesem Hintergrund sollte klar sein, dass die wertvollsten Energieanlagen in einem Netz mit hohem Anteil an erneuerbaren Energien diejenigen Anlagen sein werden, die die größte Flexibilität bieten. In Anbetracht der Tatsache, dass String-Wechselrichter den vielseitigsten und skalierbarsten Ansatz zur Deckung des künftigen Bedarfs bieten, und angesichts der zu erwartenden weiteren Innovationen gehen wir davon aus, dass sich String-Wechselrichter für Energiespeicherlösungen in der Branche als Best Practice durchsetzen werden.

Quellen:

- 1 <https://about.bnef.com/blog/global-energy-storage-market-to-grow-15-fold-by-2030/>
- 2 <https://www.woodmac.com/news/opinion/global-energy-storage-staggering-growth-continues--despite-bumps-in-the-road/>
- 3 IHS Markit Energy Storage Inverter (PCS) Market Overview 2020