



SolarEdge Bericht

Inhaltsverzeichnis

Management-Zusammenfassung	2
Einleitung und Hintergrund	3
1. Systemfunktionen und Sicherheitsmaßnahmen	4
1.1. Sicherheitsfunktionen	4
1.2. Cybersicherheit	7
2. Leistung und Haltbarkeit	12
2.1. SolarEdge Power Optimizer	12
2.2. System Design	13
2.3. Wie setzt SolarEdge Nachhaltigkeit um?	15
3. Anwendungsfälle	17
Literaturverzeichnis	20

Management-Zusammenfassung

Dieser Bericht stellt eine Bewertung des Leistungs-Optimierers für Photovoltaik-(PV)-Systeme des Unternehmens SolarEdge dar. Im Fokus stehen dabei Sicherheitsmerkmale, Leistungsstärke, Cybersicherheitsfähigkeiten sowie die Ausrichtung auf langfristige Nachhaltigkeitsziele.

SolarEdge begegnet zentralen Sicherheitsherausforderungen in PV-Systemen durch den Einsatz fortschrittlicher Technologien. Die Sense Connect-Funktion ermöglicht die frühzeitige Erkennung fehlerhafter elektrischer Verbindungen und verringert dadurch das Brandrisiko. Der SafeDC™-Mechanismus reduziert bei Wartungsarbeiten oder Notfällen automatisch die hohe Gleichspannung auf ein sicheres Niveau. Die Schnellabschaltungs-Funktion deaktiviert jedes einzelne Modul, wodurch internationale Sicherheitsnormen eingehalten und Einsatzkräfte geschützt werden.

Da PV-Systeme zunehmend als kritische Infrastruktur eingestuft werden, rückt die Cybersicherheit immer stärker in den Fokus. SolarEdge nimmt hierbei eine Vorreiterrolle ein. Die Wechselrichter des Unternehmens zählen zu den ersten, die gemäß Artikel 3.3 der EU-Richtlinie über Funkanlagen (RED) und dem britischen PSTI-Gesetz zertifiziert wurden. Die Produkte bieten sicheres Datenhosting nach ISO 27001 zertifizierten Einrichtungen, verschlüsselte Kommunikation, starke Passwortregeln, Multi-Faktor-Authentifizierung sowie ein gesichertes Update-Verfahren. Somit bieten sie einen umfassenden Schutz vor Cyber-Bedrohungen.

In Bezug auf die Leistung ermöglicht die MLPE-Technologie (Module-Level Power Electronics) von SolarEdge die individuelle Optimierung jedes einzelnen Solarmoduls. Dadurch werden Leistungsverluste durch Verschattung, Verschmutzung oder Alterung minimiert und flexible Systemdesigns ermöglicht. Längere Stringlängen und unterschiedliche Ausrichtungen sind ohne Effizienzeinbußen realisierbar. Eine 25-jährige Produktgarantie unterstreicht zusätzlich die Langlebigkeit und den langfristigen Mehrwert des Systems.

Die SolarEdge ONE Energiemanagement-Plattform steigert die Systemintelligenz durch Echtzeitüberwachung der Leistung, intelligente Automatisierung des Energieverbrauchs und die Integration von DC- und AC-gekoppelten Speichersystemen. Dadurch werden sowohl der Eigenverbrauch maximiert als auch die Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit gesteigert.

SolarEdge wurde von Corporate Knights als eines der „Top 100 nachhaltigsten Unternehmen weltweit“ ausgezeichnet. Dies ist ein Beleg für stark ausgeprägte Umwelt-, Sozial- und Governance-Praktiken (ESG). Die Technologie von SolarEdge kommt in verschiedensten Anwendungen erfolgreich zum Einsatz, darunter private Hausdächer, Gewerbegebäude, Landwirtschaft, schwimmende PV-Anlagen und Leitprojekten und sorgt dabei für höhere Energieerträge, mehr Sicherheit und eine längere Lebensdauer der Systeme.

Insgesamt positionieren diese Eigenschaften SolarEdge als einen führenden Anbieter sicherer, leistungsstarker und zukunftsfähiger PV-Systemlösungen.

Einleitung und Hintergrund

Die Welt steht derzeit vor einer dringenden energiepolitischen Herausforderung, die durch den weltweit steigenden Energiebedarf, das Bedürfnis nach Versorgungssicherheit und den dringenden Übergang zu nachhaltigen Energiequellen geprägt ist. Mit dem wirtschaftlichen Wachstum und der zunehmenden Elektrifizierung verschiedener Sektoren – darunter Verkehr, Industrie und private Haushalte – muss auch die Energieerzeugung im entsprechenden Maßstab mitwachsen.¹ Diese Ausweitung muss jedoch im Einklang mit den Klimazielen und der Reduzierung von Treibhausgasemissionen erfolgen.² Vor diesem Hintergrund haben sich erneuerbare Energiequellen, insbesondere Photovoltaik-(PV)-Systemen, zu einem zentralen Baustein der globalen Energiewende entwickelt.

Die PV-Technologie spielt eine entscheidende Rolle dabei, den wachsenden Energiebedarf zu decken und gleichzeitig die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen zu verringern. Mit der zunehmenden Integration von PV-Systemen in die kritische Infrastruktur gewinnen jedoch Aspekte wie Effizienz, Zuverlässigkeit, Cybersicherheit und Betriebssicherheit zunehmend an Bedeutung.³ Systemausfälle, elektrische Fehler, Brandgefahren und unsichere Spannungsniveaus während Wartungsarbeiten oder in Notfallsituationen stellen erhebliche Risiken dar, die unbedingt minimiert werden müssen.⁴ Vertrauen in die PV-Technologie basiert auf Qualität wobei die konsequente Minimierung potenzieller Risiken durch ein robustes Systemdesign und zuverlässige Sicherheitsmechanismen entscheidend ist, um dieses Vertrauen aufrechtzuerhalten.

Module-Level Power Electronics (MLPE) wie die Power Optimizer von SolarEdge gelten seit Langem als Komponenten, die sowohl die Sicherheit als auch die Leistung von PV-Systemen erhöhen. Mit der zunehmenden Verbreitung bifazialer und Tandem Solarmodule wird das String-Mismatch (d. h. die Leistungsdifferenz zwischen Modulen in einem Strang) zu einem immer häufigeren Problem.⁵ Dies unterstreicht einmal mehr die zentrale Rolle von Solar-Optimierern in modernen PV-Anlagen. Optimierer steigern den Energieertrag erheblich, indem sie die Leistung einzelner Module optimieren, Verschattungsverluste effektiv ausgleichen, Leistungsabweichungen minimieren und die Gesamteffizienz des Systems verbessern⁶ und das über ihre reinen Betriebsfunktionen hinaus.

Optimierer spielen zudem eine entscheidende Rolle beim Schutz von PV-Systemen vor elektrischen Gefahren. Integrierte Sicherheitsfunktionen auf hohem technischem Niveau tragen dazu bei, potenzielle Risiken zu minimieren und die Einhaltung von Sicherheitsstandards der Branche sowie regulatorischer Vorgaben sicherzustellen.

Dieser Bericht bietet eine detaillierte Bewertung des auf Power-Optimierern basierenden PV-Systems von SolarEdge und gibt Einblicke in die Systemsicherheit, den Sicherheitsstandard und die Leistungsfähigkeit der SolarEdge-Lösung. Zudem werden die Sicherheitsfunktionen der SolarEdge Power Optimizer hervorgehoben und deren Übereinstimmung mit den Sicherheitsanforderungen der Versicherungsbranche bewertet.^{7 8}

¹ Electricity Market Report 2023. International Energy Agency.

² Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Intergovernmental Panel on Climate

³ World Energy Transitions Outlook 2023. International Renewable Energy Agency

⁴ Fraunhofer ISE 2021. PV Fire Safety & Risk Mitigation Strategies.

⁵ SAND2018-8627C Performance of Bifacial PV Modules with MLPE vs. String Inverters [D.Riley, J.Stein, C.Carmignani]

⁶ Performance and Safety Benefits of Solar Module-Level Power Electronics. National Renewable Energy Laboratory

⁷ Zurich Insurance (2024). Whitepaper on Photovoltaic System Safety

⁸ FM Global Property Loss Prevention Data Sheets, January 2024, FMDS0115_FM Global.pdf

1. Systemfunktionen und Sicherheitsmaßnahmen

Die Gewährleistung der Sicherheit von Photovoltaik-(PV)-Systemen ist ein zentrales Anliegen beim Ausbau der Solarenergie – insbesondere, da Installationen zunehmend in Wohngebäuden, Gewerbeanlagen und im großtechnischen Maßstab zum Einsatz kommen. Die in PV-Systemen typischerweise verwendete Hochspannungs-Gleichstromtechnik (DC) birgt erhebliche Risiken – darunter elektrische Fehler, Brandgefahren, Lichtbogenfehler sowie gefährliche Spannungsniveaus bei Wartungsarbeiten oder in Notfällen. Um diesen Herausforderungen zu begegnen, hat SolarEdge ein fortschrittliches Sicherheitskonzept entwickelt, das mehrere Schutzmechanismen in das Gesamtsystem und in die Power-Optimizer-Technologie integriert.

Dieses Kapitel beschreibt ausführlich die im SolarEdge Power Optimizer umgesetzten Sicherheits- und Zuverlässigkeitsfunktionen und zeigt auf, wie jede einzelne Funktion zur Systemsicherheit und Langlebigkeit beiträgt. Der Power Optimizer umfasst mehrere Schutzebenen und basiert auf der technischen Expertise, die SolarEdge seit 2006 – dem Jahr, in dem das Unternehmen die Entwicklung von Power-Optimierern maßgeblich vorangetrieben hat – kontinuierlich aufgebaut hat.

SolarEdge gewährleistet durch die Kombination robuster Sicherheitsmechanismen, konsequenter Qualitätssicherung und auf langfristige Zuverlässigkeit ausgelegten Designs, die Einhaltung relevanter Branchenstandards⁹. Durch die Minimierung von Systemanfälligkeiten, die Verlängerung der Lebensdauer, die Einhaltung internationaler Sicherheitsvorgaben – und teils sogar deren Übererfüllung – schaffen diese fortschrittlichen Funktionen Vertrauen in die Solartechnologie und unterstreichen das Engagement von SolarEdge für sichere, zuverlässige und leistungsstarke PV-Systeme.

1.1. Sicherheitsfunktionen

Der SolarEdge Power Optimizer verfügt über mehrere Sicherheitsebenen, um zentrale Risiken in PV-Systemen zu adressieren – darunter elektrische Fehler, Inselbetrieb, Brandgefahren und andere Notabschalt-Szenarien. Diese integrierten Sicherheitsfunktionen verfolgen einen proaktiven Ansatz zur Risikominde rung und bieten ein deutlich höheres Schutzniveau für Anlagenbetreiber, Wartungspersonal und Einsatzkräfte. Die Mechanismen wurden unabhängig getestet und validiert, entsprechen den bewährten Branchenpraktiken, erfüllen nicht nur regulatorische Anforderungen, sondern übertreffen diese teilweise sogar sowie die Richtlinien der Versicherungsbranche. So wird die Rolle des Power Optimizers bei der Erhöhung der Gesamtsicherheit und Zuverlässigkeit von Solar-systemen zusätzlich gestärkt.¹⁰



Abbildung 1: S-Series Power Optimizer_S1200_S1400_EU

⁹ According to TNO Test Report. UL 1699B

¹⁰ https://knowledge-center.solaredge.com/en/search?search=&sort_by=search_api_relevance

SolarEdge Sense Connect – Proaktive Erkennung fehlerhafter Verbindungen und Lichtbogenbildung

Eine der häufigsten Ursachen für Ausfälle von PV-Systemen und Brandgefahren sind fehlerhafte oder lockere elektrische Verbindungen. Mit der Zeit können Umwelteinflüsse wie thermische Ausdehnung und Kontraktion, Vibrationen, Korrosion oder unsachgemäße Installationen zu erhöhtem elektrischen Widerstand an den Kontaktstellen führen. Dieser Widerstand erzeugt übermäßige Hitze, die – sofern unbehandelt – zu Lichtbögen führen kann einer energiereichen Entladung, die umliegendes Material entzünden und somit ein erhebliches Brandrisiko darstellen können.

Über die grundlegende Einhaltung regulatorischer Vorgaben zur Lichtbogenerkennung hinaus hat SolarEdge die Funktion Sense Connect entwickelt – eine fortschrittliche Schutzmaßnahme, bei der die Temperatur direkt an den Steckverbindungen überwacht wird. Hierzu wird mithilfe kurzer interner Kabel Wärme von den Steckverbindern in den Power Optimizer geleitet. Auf diese Weise kann das System bereits geringe Temperaturanstiege infolge schlechter Verbindungen erkennen – noch bevor kritische Werte erreicht werden.

Unabhängige Tests bestätigen, dass Sense Connect Brandrisiken wirksam verhindert, indem der Erwärmungsprozess unterbrochen wird, bevor gefährliche Temperaturen entstehen. Diese Funktion stellt sicher, dass selbst bei sich allmählich entwickelnden Kontaktproblemen der SolarEdge Power Optimizer frühzeitig eingreift, den Stromfluss stoppt und das Ereignis an den SolarEdge-Wechselrichter meldet, bevor eine Brandgefahr entsteht.¹¹

SolarEdge Sense Connect erhöht die Sicherheit und Zuverlässigkeit von Solaranlagen durch frühzeitige Fehlererkennung, automatische Gegenmaßnahmen und einen ausfallsicheren Abschaltmechanismus. Die Funktion schützt nicht nur das PV-System vor potenziellen Gefahren, sondern geht auch über die geltenden Sicherheitsanforderungen hinaus und senkt das Risiko für angrenzende Sachwerte. Durch die proaktive Erkennung und Behebung fehlerhafter Verbindungen, noch bevor diese gefährlich werden, bietet Sense Connect eine entscheidende zusätzliche Schutzebene, die die allgemeine Systemsicherheit verbessert. Dies wird durch eine kontinuierliche Connector Temperature Monitoring (CTM) erreicht: CTM-Ereignisse werden ausgelöst, sobald ein abnormaler Temperaturanstieg an den Steckverbindern erkannt wird – häufig verursacht durch lockere oder korrodierte Kontakte. Das System kann in solchen Fällen automatisch eine Warnmeldung an die Betreiber senden, die betroffenen Module abschalten und somit Brandgefahren verhindern, bevor sie entstehen.¹²

SafeDC™ – Automatische Reduktion hoher DC-Spannung zur Vermeidung elektrischer Gefahren

SafeDC™ ist eine zentrale Sicherheitsfunktion in SolarEdge-PV-Systemen und wurde entwickelt, um die hohe Gleichspannung (DC) während des Hochfahrens, bei Wartungsarbeiten, im Fehlerfall oder in Notfallsituationen automatisch auf ein sicheres Niveau zu reduzieren.

Das SolarEdge-System verfügt über eine Rapid-Shutdown-Funktion auf Modulebene, die die Sicherheit erhöht, indem sie:

- jedes Modul einzeln spannungsfrei schaltet und die Power Optimizer in den SafeDC™-Modus versetzt, anstatt sich ausschließlich auf eine zentrale Abschaltung auf Wechselrichterebene zu verlassen,
- die Systemspannung innerhalb von 30 Sekunden auf ein sicheres Niveau senkt, sodass auf dem Dach oder in den Leitungen keine gefährlichen Spannungen mehr anliegen,

¹¹ TNO Test Report

¹² <https://monitoring.solaredge.com/solaredge-web/p/home>

- die Einhaltung internationaler Sicherheitsvorschriften gewährleistet, die eine schnelle Spannungsfreischaltung zum Schutz von Feuerwehrkräften vorschreiben.

Prüf- und Zertifizierungsstellen haben bestätigt, dass die Rapid-Shutdown-Funktion des SolarEdge-Systems das System wirksam isoliert und den Spannungsaufbau verhindert – und somit einen besseren Schutz bietet als herkömmliche Abschaltmethoden.¹³ Zu den eingehaltenen Normen zählt beispielsweise die VDE-AR-E 2100-712:2018-12, die Maßnahmen für den DC-Bereich einer Photovoltaikanlage definiert, um im Falle von Lösarbeiten oder technischer Hilfeleistung die elektrische Sicherheit zu gewährleisten. Wenn der Wechselrichter abgeschaltet, vom Netz getrennt oder ein Fehler erkannt wird, wird das Rapid-Shutdown-Protokoll aktiviert. SafeDC™ sorgt dann dafür, dass die DC-Spannung im System auf 1 V pro Modul reduziert wird, wodurch das Risiko eines Stromschlags für Wartungspersonal vermieden wird. In gewerblichen Anwendungen können zwei Module pro Optimierer angeschlossen sein – in diesem Fall beträgt die Ausgangsspannung 1 V pro zwei Module. Diese Funktion stellt sicher, dass Fachkräfte gefahrlos mit dem System arbeiten können, ohne einem Risiko durch unbeabsichtigten elektrischen Kontakt ausgesetzt zu sein.

Rapid Shutdown und SafeDC™ sind darüber hinaus mit fortschrittlichen Systemen zur Lichtbogen- und Inselnetzerkennung integriert. Wird ein Lichtbogen erkannt, stoppt der Wechselrichter die Energieproduktion sofort und unterbricht so die Lichtbogenbildung, bevor sie zu einem Brand oder Systemausfall führen kann. SafeDC™ senkt anschließend die Eingangsspannung des Wechselrichters auf ein sicheres Niveau. Wird ein Inselbetrieb festgestellt, stellt der Wechselrichter ebenfalls die Stromproduktion ein und versetzt die Power Optimizer in den SafeDC™-Modus.

Durch die automatische und schnelle Reduktion der DC-Spannung in Fehler- oder Notsituationen erfüllt SafeDC™ globale und lokale Sicherheitsstandards, die eine Spannungsfreischaltung von PV-Systemen zum Schutz von Wartungspersonal und Ersthelfern vorschreiben. Diese proaktive Sicherheitsfunktion reduziert elektrische Gefahren und sorgt so für ein höheres Maß an Sicherheit und Beruhigung bei allen Beteiligten.

Intelligentes Alarmsystem – Echtzeit-Risikoerkennung und vorbeugende Wartung

Ein proaktives Sicherheitssystem ist entscheidend, um das Risiko kritischer Ausfälle in einem PV-System zu minimieren. Das SolarEdge-System verfügt über ein fortschrittliches Echtzeit-Alarmsystem, das kontinuierlich zentrale Sicherheitsparameter überwacht, um einen sicheren und effizienten Betrieb zu gewährleisten. Das System überprüft die Verbindungsintegrität über Sense Connect, überwacht die Stromleitungen zur Erkennung von Lichtbogenfehlern und erkennt Temperaturabweichungen.

Sobald das System Unregelmäßigkeiten oder Auffälligkeiten erkennt, wird in Echtzeit ein Alarm über die zentrale Monitoring Plattform sowie über die mobile App ausgelöst, um den Anlagenbetreiber über das Problem zu informieren. Dies hilft, Ausfallzeiten zu minimieren und zu verhindern, dass kleinere Störungen zu größeren und kostenintensiveren Schäden führen.

Durch die kontinuierliche Überwachung dieser Sicherheitsparameter und die rechtzeitige Alarmierung wird die Zuverlässigkeit und Sicherheit des gesamten PV-Systems deutlich erhöht.¹⁴ Dies ermöglicht es Betreibern, Probleme proaktiv zu beheben – was die Systemsicherheit insgesamt deutlich verbessert, Geräteschäden verhindert und die Lebensdauer des Systems erhöht.

¹³ TNO Test Report

¹⁴ <https://knowledge-center.solaredge.com/sites/kc/files/se-alerts-prioritization-using-the-impact-indicator-application-note-row.pdf>

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass diese integrierten Sicherheitsmechanismen unabhängig getestet und validiert wurden – mit dem Ergebnis, dass sie internationale Sicherheitsstandards und bewährte Branchenpraktiken erfüllen oder sogar übertreffen. Durch die proaktive Beseitigung potenzieller Gefahrenquellen und die Minimierung von Risiken verbessert der SolarEdge Power Optimizer die Gesamtsicherheit und Zuverlässigkeit von PV-Systemen erheblich. Dies verlängert die Lebensdauer der Anlage und reduziert die Wahrscheinlichkeit kostspieliger Ausfälle oder schwerwiegender Zwischenfälle. Dank dieser fortschrittlichen Sicherheitsfunktionen leisten sowohl das Systemdesign von SolarEdge als auch der Power Optimizer einen wichtigen Beitrag zur Schaffung eines sichereren Umfelds für alle Beteiligten – darunter Betreiber, Wartungspersonal, Sicherheitsbeauftragte, Schutzverantwortliche sowie Einsatzkräfte in Notfallsituationen.

1.2. Cybersicherheit

In einer zunehmend digitalisierten Welt spielt Cybersicherheit eine zentrale Rolle für die Stabilität und Integrität von Informationssystemen. Die mit der Digitalisierung verbundenen Risiken nehmen insbesondere im Bereich großflächiger Energiesysteme zu – nicht zuletzt aufgrund der wachsenden Bedeutung von PV-Systemen für die Stromversorgung ganzer Länder. Diese zunehmende Erkenntnis führt dazu, dass Regulierungsbehörden und Gesetzgeber weltweit PV-Technologien als kritische Infrastruktur einstufen und deutlich strengere Cybersicherheitsvorgaben entwickeln, als dies in der Vergangenheit der Fall war.

Die Herausforderungen der globalen Vernetzung erfordern dabei einen ganzheitlichen Ansatz, der sowohl nationale als auch internationale Rahmenbedingungen berücksichtigt. Auch Investoren richten ihren Fokus zunehmend auf Sicherheits- und Qualitätsaspekte. Bei PV-Systemen, deren Investitionshorizont in der Regel 10 bis 20 Jahre beträgt, spielen inzwischen nicht mehr nur klassische Faktoren wie extreme Wetterereignisse oder Qualitätsmängel eine Rolle – auch die Cybersicherheit wird zu einem immer wichtigeren Kriterium. Regulierungsbehörden in Europa und anderen Regionen widmen sich diesem Thema verstärkt, insbesondere im Hinblick auf potenziellen Einfluss und Zugriff auf kritische Infrastrukturen.

Aktuell werden daher Einschränkungen durch lokale Behörden diskutiert – etwa im Hinblick auf die Fernsteuerung bestimmter Produkte oder die Sicherheitsanforderungen für Energieerzeugungs- und Speichersysteme, die ans öffentliche Stromnetz angeschlossen sind. Diese Entwicklungen unterstreichen den steigenden Bedarf an robusten Cybersicherheitsmaßnahmen, um die langfristige Zuverlässigkeit und Sicherheit der PV-Infrastruktur sicherzustellen.¹⁵

RED-Richtlinie Artikel 3.3 und UK PSTI – Cybersicherheit in Europa und dem Vereinigten Königreich

In den vergangenen Jahren hat die Digitalisierung des Energiesektors – in Kombination mit zunehmender geopolitischer Instabilität – zu einem stetigen Anstieg von Cyberbedrohungen und -angriffen auf Stromnetze geführt.

¹⁵ www.pv-tech.org/lithuania-to-block-chinese-inverters-with-cybersecurity-legislation

Bemerkenswerte Fälle, in denen PV-Systeme von Cyberangreifern kompromittiert wurden, reichen von den Vereinigten Staaten¹⁶, über Dänemark¹⁷ und die Ukraine¹⁸. Das in den USA ansässige Cybersicherheitsunternehmen DER Security Corp veröffentlichte im Jahr 2024 einen Bericht, der allein 54 Cybersicherheitsvorfälle im Zusammenhang mit privaten und kleingewerblichen PV-Systemen dokumentiert.¹⁹

Vor diesem Hintergrund gehört Artikel 3.3 der EU-Richtlinie über Funkanlagen (Radio Equipment Directive, RED) zu den ersten gesetzlichen Vorgaben, die verbindliche Cybersicherheitsanforderungen für alle internetfähigen PV-Wechselrichter vorschreiben, die in Europa verkauft werden. In ähnlicher Weise verabschiedete das Vereinigte Königreich im Jahr 2024 eine eigene Verordnung – das UK PSTI Act (Product Security and Telecommunications Infrastructure Act) –, die ebenfalls cybersicherheitsbezogene Anforderungen an PV-Wechselrichter stellt, die im Vereinigten Königreich in den Verkehr gebracht werden.

Ähnliche regulatorische Entwicklungen – von gesetzlichen Vorgaben bis hin zur Normenentwicklung – finden derzeit in Europa, den Vereinigten Staaten und Australien statt. Allgemein anerkannt ist, dass leistungsstarke Produkte wie PV-Wechselrichter oder Ladegeräte für Elektrofahrzeuge ein besonderes Risikoprofil darstellen – sowohl für einzelne Anlagenbetreiber als auch für die breite Öffentlichkeit, die auf ein stabiles Stromnetz angewiesen ist. Bis 2030 dürften zudem EU-weit Cyber Resilience Act, die NIS-2-Richtlinie sowie der Network Code on Cybersecurity in Kraft treten, welche die bestehenden Vorschriften um sektorspezifische Anforderungen für den Energiesektor ergänzen und in allen 27 EU-Mitgliedstaaten Anwendung finden werden.

Bis 2030 wird erwartet, dass ausgereifte Cybersicherheitsanforderungen für alle netzgekoppelten PV-Wechselrichter in Europa verpflichtend werden. Angesichts des bereits erheblichen Beitrags privater PV-Anlagen zum Stromnetz ist davon auszugehen, dass diese Vorschriften auch rückwirkend auf bestehende Geräte angewendet werden.

Ein Beispiel für solche rückwirkenden Anforderungen zeigte sich im Vereinigten Königreich im Jahr 2024, als installierte Ladegeräte für Elektrofahrzeuge im Rahmen neuer Cybersicherheitsvorgaben von den Behörden mit einem „Rip & Replace“-Mandat belegt wurden, also vollständig demontiert und ersetzt werden mussten.²⁰ Ein weiteres Beispiel findet sich in Litauen, wo PV-Systeme, die nicht den Anforderungen eines Cybersicherheitsgesetzes vom November 2024 entsprechen, nachträglich vom Netz getrennt werden mussten.²¹ Das bedeutet, dass diese Systeme nicht mehr aus der Ferne gesteuert oder Geräte ein- bzw. ausgeschaltet werden können.

Da PV-Systeme eine langfristige Investition darstellen, ist es wichtig, bereits heute die Cybersicherheitsleistung eines PV-Wechselrichters zu berücksichtigen, um zukünftige Austauschkosten zu vermeiden, die in den kommenden Jahren durch neue Anforderungen entstehen könnten.

¹⁶ <https://cyberscoop.com/spower-power-grid-cyberattack-foia/#:~:text=A%20Utah-based%20renewable%20energy%20company%20was%20the%20victim,documents%20obtained%20under%20the%20Freedom%20of%20Information%20Act.>

¹⁷ <https://therecord.media/danish-energy-companies-hacked-firewall-bug>

¹⁸ www.reuters.com/business/energy/cyberattacks-renewables-europe-power-sectors-dread-chaos-war-2023-06-15/

¹⁹ https://dersec.io/reports/DERSec_Solar_Vulnerability_Summary_11-15-24.pdf

²⁰ <https://www.telegraph.co.uk/news/2024/02/21/car-charger-withdrawn-hackers-could-attack-national-grid/>

²¹ <https://www.pv-tech.org/lithuania-to-block-chinese-inverters-with-cybersecurity-legislation/>

Zertifizierte Wechselrichter von SolarEdge

Stabile und zuverlässige Energieerzeugung aus erneuerbaren Quellen ist auch aus Investorensicht ein zentrales Kriterium – und damit rückt die Cybersicherheit einzelner Komponenten, insbesondere der Wechselrichter in PV-Systemen, zunehmend in den Fokus.

Der Wechselrichter von SolarEdge ist ein Vorreiter bei der Zertifizierung nach der neuen europäischen Richtlinie über Funkanlagen (RED 2014/53/EU) und erfüllt die Cybersicherheitsanforderungen der Europäischen Kommission gemäß Artikel 3.3 der RED-Richtlinie.²² Diese Zertifizierung unterstreicht das Engagement von SolarEdge für Innovation und die Einhaltung branchenweiter Vorschriften.

Artikel 3.3 schafft einen neuen regulatorischen Rahmen für Funkanlagen und wird künftig Cybersicherheitsanforderungen für alle IoT-Produkte vorschreiben, die in Europa verkauft werden. Dieser Artikel definiert ein neues und umfassendes Set an Cybersicherheitsanforderungen für PV-Anlagen, die auf drahtloser Kommunikation basieren. Die Anforderungen konzentrieren sich auf die Verbesserung des Netzwerkschutzes, den Schutz personenbezogener Daten und die Reduzierung von Betrugsrisiken.

Diese neue Regulierung ist besonders relevant für die Solarbranche, angesichts ihres wachsenden Beitrags zur globalen Energieerzeugung und ihrer zunehmenden Bedeutung als kritische Energieinfrastruktur in zahlreichen Ländern. Die angekündigte Konformität von SolarEdge baut auf einer früheren Erklärung des Unternehmens auf, wonach das gesamte Produktsortiment die Anforderungen der britischen Verordnung zur Produktsicherheit und Telekommunikationsinfrastruktur (PSTI) erfüllt.

SolarEdge engagiert sich aktiv in technischen Gremien, die viele der derzeit entstehenden Standards in diesem Bereich mitgestalten, und entwickelt seine Systeme entsprechend diesen Vorgaben weiter. Hervorzuhebende Beispiele sind unter anderem NIST IR 8498 „Cybersecurity Standard for Smart Inverters“ (USA), UL 2941 „Distributed Energy and Inverter-Based Resources Cybersecurity Certification“ (USA) und Network Code on Cybersecurity (Europa)

Datensicherheit

SolarEdge ist ein Beispiel dafür, wie wichtig robuste Cybersicherheitsmechanismen für die Minderung von Risiken im Zusammenhang mit Cyber-Bedrohungen sind. Der Ansatz des Unternehmens steht im Einklang mit internationalen Best Practices und bestätigt den wachsenden Bedarf an Cybersicherheit in der Solarbranche. SolarEdge nutzt sicheres Datenhosting in Deutschland, nach ISO 9001:2015 zertifizierten Einrichtungen und erfüllt den Informationssicherheitsstandard ISO 27001:2022.

Diese Rechenzentren sind durch physische Sicherheitsmaßnahmen wie Videoüberwachung (CCTV), Brandunterdrückungssysteme und Alarme geschützt. Eine ausschließlich europäische Datenarchitektur sorgt für Ausfallsicherheit gegenüber Kommunikationsunterbrechungen.

Zur Erhöhung der Sicherheit setzt SolarEdge auf starke Passwörter, eingeschränkten Internetzugang und Multi-Faktor-Authentifizierung (MFA) für den Systemzugriff.

Jeder Wechselrichter verfügt über ein individuelles Passwort und nur zertifizierte Installateure können Geräte über sichere, verschlüsselte Kanäle erstmals aktivieren und registrieren. Nicht genutzte Anschlüsse werden standardmäßig deaktiviert und die WLAN-Signalaktivität ist zeitlich begrenzt, um mögliche Angriffsvektoren zu minimieren.

Ein sicheres Software-Update-Verfahren ermöglicht es den Wechselrichtern, Updates anzufordern und mit kryptografischer Authentifizierung zu verifizieren, wodurch das Einschleusen von Schadsoftware im

²² <https://investors.solaredge.com/news-releases/news-release-details/solaredge-announces-compliance-uks-cyber-security-regulatory>

Update-Prozess verhindert wird. SolarEdge-Wechselrichter sind mit einem integrierten Sicherheitsagenten (EDR) ausgestattet, der Cyberangriffe erkennt und verhindert. Regelmäßige Neustarts helfen dabei, potenziell flüchtige Schadsoftware aus dem Arbeitsspeicher zu entfernen.

Zusätzlich verbessern unidirektionale Kommunikationsoptionen, ein umfassendes Loggingsystem und Anbindungen an Sicherheitsleitstellen (SOC) die Überwachung, Alarmierung und begrenzen somit die Angriffsfläche gegenüber Cyberbedrohungen.

Tabelle 1 – Cybersicherheitsfunktionen

Funktion	Beschreibung
Sicheres Datenhosting-Rechenzentrum	Daten werden in Rechenzentren in Deutschland gespeichert, die den Standards ISO 9001 und ISO 27001 entsprechen – und so ein hohes Maß an Datensicherheit und Compliance gewährleisten.
Starke Passwörter und Zugriffskontrolle	Starke Passwörter und eingeschränkter Zugriff auf Wechselrichter, mit verschlüsselten Kommunikationskanälen: • Kryptografisch sichere Passwörter, basierend auf den NIST 800-63-B-Richtlinien • Direkter Internetzugang zum Wechselrichter durch Echtzeitvalidierung und Autorisierung durch das Haupt-Autorisierungssystem von SolarEdge • Verschlüsselte Kommunikation (TLS 1.2 und höher)
Multi-Faktor-Authentifizierung (MFA)	MFA für sicheren Installateurzugang, um unbefugte Systemmodifikationen zu verhindern
Sicheres Software-Update-Verfahren	Sicheres Update-System mit End-to-End-Verschlüsselung und signierten Updates, um die Integrität zu gewährleisten und unbefugte Änderungen zu blockieren: • SolarEdge-Wechselrichter sind für ETSI 303 645 zertifiziert. • Der Wechselrichter prüft und validiert die Firmware kryptografisch, indem er kompromittierte Updates ablehnt. • Der Wechselrichter verbietet Firmware-Downgrades auf ältere, weniger sichere Versionen. • Remote-Software-Updates können nur durchgeführt werden, nachdem das Gerät einen Kommunikationskanal zum SolarEdge-Backend initiiert hat.
Schutz vor Schadsoftware	Eingebettete Sicherheitsagenten zur Erkennung von Verhaltensanomalien und Verhinderung von Angriffen:

	• SolarEdge-Wechselrichter enthalten einen eingebetteten Sicherheitsagenten (EDR), der Sicherheitsdaten zu anomalen Verhaltensweisen sammelt und an eine Sicherheitsüberwachungszentrale (SOC) sendet. • SolarEdge-Wechselrichter beinhalten einen sicheren Startmechanismus, der zusammen mit einer regelmäßigen Neustart-Routine flüchtige Speicher-Malware entfernt.
Erweiterte Sicherheitsfunktionen	Einweg-Kommunikationsfunktion, Sicherheitsprotokollierung und Richtlinien für das Netzwerk-Whitelisting von wesentlichen Diensten (FQDN) Sicherheitsbewusste Systembesitzer können alle eingehenden Befehle zum Gerät einschränken, es sei denn, eine physische Taste am Wechselrichter wird gedrückt, wodurch ein zeitlich begrenzter Zugriff ermöglicht wird, bevor der Wechselrichter wieder in den erweiterten Sicherheitsmodus zurückkehrt.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Cybersicherheitsmaßnahmen und das Systemdesign von SolarEdge darauf abzielen, PV-Systeme vor Cyberangriffen zu schützen und gleichzeitig den Betrieb sicherzustellen, sowie die Einhaltung von Sicherheitsstandards zu gewährleisten ^{23 24}.

²³ SolarEdge Cybersecurity Technical Overview V 1.2, MKT-3580 Cybersecurity technical overview 19.3.25.pdf

²⁴ SolarEdge Manufacturer Declaration March 26th 2024, UKPST-SolarEdge - Security Declaration.pdf

2. Leistung und Haltbarkeit

Die Effizienz und Leistung eines PV-Systems hängen von mehreren Faktoren ab, einschließlich solcher, die zu Leistungsverlusten durch Mismatch zwischen Modulen im selben System führen. Zu diesen Faktoren zählen Fertigungstoleranzen, die natürliche Alterung der Module und äußere Einflüsse wie Verschattung oder Verschmutzung. Ungleichmäßiges Altern der Module in herkömmlichen PV-Systemen führt im Laufe der Zeit zu Effizienzverlusten. Variationen bei den Modulen oder der Einstrahlung verursachen Unterschiede in der Leistungsabgabe zwischen in Serie geschalteten Modulen, was zu einem Mismatch führt, das andere Module beeinträchtigt, die Effizienz des Strangs verringert und die Leistung, die dem Wechselrichter zur Verfügung steht, reduziert. Module-Level Power Electronics (MLPE) lösen dieses Problem, indem sie jedes Modul an ihrem maximalen Leistungspunkt individuell betreiben. Dies sorgt für eine optimale Leistung jedes einzelnen Moduls, minimiert Verluste und liefert die maximal mögliche Leistung an den Wechselrichter.²⁵

Die Gründe für den Gesamtleistungsverlust auf Modulebene können vielfältig sein, z. B.:

- Unterschiedliche Neigung und Ausrichtung
- Thermisches Mismatch
- Fertigungstoleranzen der Module (siehe Moduldatenblatt – diese können bis zu $\pm 5\%$ betragen)
- Alterung der Module
- Verschattung
- Erhöhtes Mismatch durch bifaziale und tandemstrukturierte Solarmodule

2.1 SolarEdge Power Optimizer

Hier kommen die patentierten SolarEdge Power Optimizer ins Spiel, die die oben genannten Ursachen angehen und den Energieertrag sicherstellen, indem sie jedes Solarmodul individuell verwalten und überwachen. Durch die individuelle Optimierung der Ausgangsleistung jedes Moduls verringern die Module-Level Power Electronics (MLPE) diese Effekte, reduzieren Mismatch-Verluste und gewährleisten die höhere Systemeffizienz über die gesamte Lebensdauer des PV-Systems hinweg.²⁶ Die SolarEdge Power Optimizer stellen sicher, dass jedes PV-Modul über die Zeit hinweg eine stabile und effiziente Energieerzeugung aufrechterhält. Im Gegensatz zu herkömmlichen Strangwechselrichtern, die durch das am schlechtesten performende Modul in einem Strang beeinträchtigt werden, ermöglichen die Power Optimizer von SolarEdge eine unabhängige Optimierung jedes Moduls.

Durch die dynamische Anpassung der Betriebs-Spannung jedes Moduls wird eine optimale Leistungsabgabe sichergestellt, selbst unter realen Bedingungen wie Schmutzansammlungen, Verschattung oder anderen Umwelteinflüssen. Durch die Implementierung von Maximum Power Point Tracking (MPPT) auf Modulebene über einen Eingangsregelkreis verringern die Power Optimizer die Energieverluste und ermöglichen gleichzeitig eine Echtzeitüberwachung der Leistung auf Modulebene.

²⁵ Performance of Bifacial PV Modules with MLPE vs. String Inverters

²⁶ Photovoltaic Degradation Rate Affected by Different Weather Conditions: A Case Study Based on PV Systems in the UK and Australia

Über die Optimierung auf Modulebene hinaus stabilisiert der Ansatz von SolarEdge auch die Gesamt-DC-Spannung des Systems.

Der Wechselrichter hält eine feste Strangspannung, unabhängig von der Stranglänge oder den Variationen in der Leistung einzelner Module, die Power Optimizer passen ihre Ausgangsspannungen entsprechend an.

Dies stellt sicher, dass der Wechselrichter konstant mit seiner optimalen DC-AC-Umwandlungseffizienz arbeitet und so die Gesamtleistung und Zuverlässigkeit des Systems verbessert wird.

Erweiterte 25-jährige Garantie

SolarEdge bietet eine 25-jährige Garantie auf seine Power Optimizer, die weit über die Standardgarantien vieler anderer PV-Komponenten hinausgeht und das Vertrauen von SolarEdge in die Qualität, Haltbarkeit und langfristige Zuverlässigkeit widerspiegelt.

Die 25-jährige Garantie deckt Material- und Verarbeitungsfehler ab. Dies ist besonders wichtig, da Photovoltaikanlagen typischerweise für eine Lebensdauer von mindestens 25 bis 30 Jahren ausgelegt sind. Mit einer so umfangreichen Garantie können sich Anlagenbesitzer sicher sein, dass sie gegen unerwartete Ausfälle oder Leistungsverlechterungen geschützt sind, da defekte Power Optimizer innerhalb der Garantiezeit repariert oder ersetzt werden.

Im Falle eines Garantieanspruchs sorgt SolarEdge durch sein RMA-System für einen schnellen Bearbeitungsprozess, bei dem Ersatzgeräte in der Regel innerhalb von 48 Stunden versendet werden.²⁷ Diese direkte Verantwortung garantiert eine effiziente und vertrauenswürdige Unterstützung für Kunden, wenn diese benötigt wird.

2.2 System Design

Das Systemdesign bietet mehrere praktische Vorteile. Die Möglichkeit, nicht übereinstimmende Module innerhalb desselben Strangs zu verbinden, erhöht die Designflexibilität und ermöglicht längere Stränge – eine Einschränkung bei herkömmlichen Systemen. Das Aufrechterhalten einer stabilen Eingangsspannung am Wechselrichter reduziert auch die Belastung der Wechselrichterkomponenten, was die langfristige Zuverlässigkeit und Effizienz verbessert. Darüber hinaus tragen längere Stranglängen zu niedrigeren Balance-of-System (BoS)-Kosten und einer verringerten Installationskomplexität bei.

Ein weiterer Vorteil ist die erhöhte Systemflexibilität, die mit der Optimierung auf Modulebene einhergeht. Im Gegensatz zu herkömmlichen Strangwechselrichtern, die erfordern, dass alle parallel geschalteten Stränge die gleiche Länge haben und gleichmäßig ausgerichtet sind, ermöglicht SolarEdge auch Stränge unterschiedlicher Länge. Dies bietet Vorteile für Systeme, die auf komplexen Dächern installiert werden oder bei denen nur begrenzter Raum zur Verfügung steht. Zusätzlich können Module mit unterschiedlichen Ausrichtungen oder auf verschiedenen Dachmaterialien kombiniert werden, ohne die Gesamtleistung des Systems negativ zu beeinflussen.

²⁷ <https://www.solaredge.com/sites/default/files/solaredge-warranty-may-2021.pdf>

Buck & Boost Technologie

Die integrierte Buck- und Boost-Technologie der SolarEdge Power Optimizer ermöglicht eine Optimierung der Energieeffizienz und stellt den stabilen Betrieb über verschiedene Systemarten hinweg sicher, selbst unter unterschiedlichen Umweltbedingungen. Sie wurde entwickelt, um die Energie von mehreren DC-Quellen effizient zu verwalten, indem sie jedes Modul an seinem maximalen Leistungspunkt (MPP) hält und gleichzeitig eine Spannung und einen Strom ausgibt, die entweder niedriger oder höher sein können als die MPP-Spannung und -Stromstärke.

Durch die präzise Spannungsregelung und sowohl die Hoch- als auch die Niederspannungskonversion der MPP-Spannungswerte verbessert die Buck & Boost-Technologie die MPPT-Effizienz, reduziert Energieverluste durch Mismatches, ermöglicht variable Stranglängen bei gleichzeitiger Aufrechterhaltung einer regulierten DC-Bus-Spannung und verlängert die Lebensdauer der Systemkomponenten.

Buck & Boost vs. Only Buck

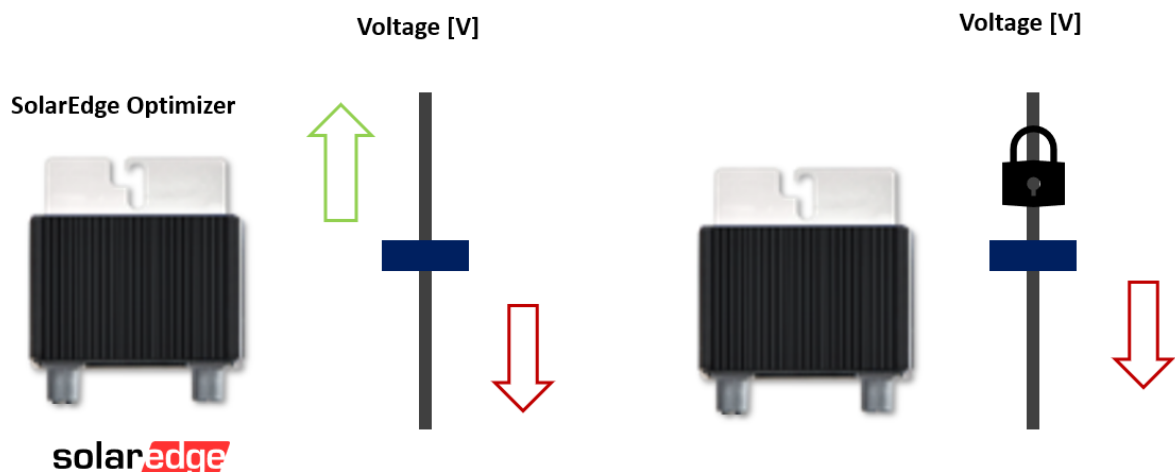


Abbildung 2:
SolarEdge

SolarEdge ONE

Neben den Hauptkomponenten eines SolarEdge-Systems – Wechselrichtern und Power Optimizer – ist die dritte wesentliche Komponente die SolarEdge ONE Monitoring-Plattform. Diese Plattform ermöglicht es den Nutzern, die Leistung ihres Solarsystems in Echtzeit zu überwachen. Sie liefert detaillierte Einblicke in die Energieproduktion, den Energieverbrauch und den Status des Systems. Durch die Analyse dieser Daten können Anlagenbetreiber potenzielle Probleme frühzeitig erkennen und ihre Systeme optimieren. Darüber hinaus kann die Verfügbarkeit dieser Daten die Betriebskosten senken, indem Besuche vor Ort reduziert und die Wartungseffizienz verbessert wird.

Die intelligente Steuerung innerhalb von SolarEdge ONE ermöglicht die Automatisierung bestimmter Prozesse, wie beispielsweise die Optimierung des Eigenverbrauchs. Das bedeutet, dass das System den Zeitpunkt der Energienutzung steuern kann, um die Kosten für den Strombezug aus dem Netz zu minimieren.²⁸ Zum Beispiel kann das System während Perioden maximaler Produktion Energie aus dem Solarfeld nutzen und den Bezug von Netzstrom während Zeiten hoher Strompreise reduzieren. Als hochmodernes Energiemanagementsystem garantiert SolarEdge ONE die effiziente Optimierung des Eigenverbrauchs in Echtzeit – basierend auf der Integration von externen und internen Daten, wie aktuellen Strompreisen und Haushaltsdaten. Das intelligente Energiemanagementsystem nutzt jedes Einsparpotenzial und unterstützt dynamische Stromtarife, TOU (Zeitnutzungstarife) und feste Stromtarife.

Zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichts ist SolarEdge ONE kostenlos und funktioniert ohne monatliche Gebühren. Jeder Haushalt mit einem SolarEdge-Speichersystem kann einfach das Update des Herstellers herunterladen und verwenden.

Integration von Speichersystemen

SolarEdge bietet sowohl für den privaten als auch den gewerblichen und industriellen (C&I) Bereich Speichersysteme an, die ein effizientes Energiemanagement ermöglichen, indem überschüssige Solarenergie für die spätere Nutzung gespeichert und nahtlos mit SolarEdge ONE integriert wird. Die DC-gekoppelten Konfigurationen von SolarEdge für den privaten Bereich bieten hohe Effizienz und Kostenvorteile, indem sie eine direkte DC/DC-Umwandlung von Solarpanelen zu Batterien ermöglichen und somit Energieumwandlungsverluste minimieren.

Für C&I-Installationen bietet SolarEdge eine AC-gekoppelte Lösung an, die vormontiert geliefert wird, um den Arbeitsaufwand vor Ort zu minimieren und Installationsfehler zu reduzieren. Sie eignet sich sowohl für Innen- als auch Außeninstallationen und wird von SolarEdge ONE für C&I betrieben, einer Optimierungs- und Überwachungsplattform, die eine optimierte Energieproduktion für eine Vielzahl von Sektoren und Bedürfnissen ermöglicht.

Durch die Unterstützung sowohl von AC-gekoppelten als auch DC-gekoppelten Speichersystemen steigert SolarEdge ONE die Energieeffizienz, verringert die Gesamtverluste des Systems und bietet eine kostengünstigere und widerstandsfähigere Solar- und Speicherlösung für moderne Energiebedürfnisse.

2.3 Wie setzt SolarEdge Nachhaltigkeit um?

Die SolarEdge-Systeme verbessern nicht nur die Effizienz von PV-Anlagen, sondern ermöglichen auch eine präzise Analyse der Energieproduktion mit der SolarEdge ONE-Plattform. Auf diese Weise ist es möglich, den Ertrag aus Solaranlagen zu optimieren und gleichzeitig den Ressourcenverbrauch zu verringern.

Darüber hinaus ermöglicht der Einsatz von Power Optimizer eine effektive PV-Systeminstallation an Standorten, die für Strangwechselrichter nicht geeignet sind. So kann beispielsweise in alpinen Regionen Strom aus erneuerbaren Energien bereitgestellt werden, was die Nachhaltigkeit unterstützt.

²⁸ SolarEdge Whitepaper Reducing Energy Bills Using SolarEdge One, Rv 11/2023, [se-reducing-energy-bills-using-solaredge-one-whitepaper-eu.pdf](#)

Zum zweiten Jahr in Folge wurde SolarEdge in die Liste der 100 nachhaltigsten Unternehmen der Welt von Corporate Knights für das Jahr 2025 aufgenommen.²⁹ SolarEdge wurde als Vorreiter im Bereich Nachhaltigkeit anerkannt, da das Unternehmen intelligente, erneuerbare Energieprodukte und Lösungen entwickelt, die eine kohlenstoffarme Wirtschaft fördern sowie für seine fortschrittlichen Umwelt-, Sozial- und Governance-(ESG)-Praktiken ausgezeichnet. SolarEdge erreichte den 28. Platz im Nachhaltigkeitsranking unter mehr als 8.300 analysierten Unternehmen mit einem Umsatz von über 1 Milliarde US-Dollar. Die Corporate Knights Global 100-Liste ist weithin anerkannt als führender globaler Nachhaltigkeitsindex, der Unternehmen anhand von 25 Leistungsindikatoren bewertet.

Transparente Berichterstattung und Unternehmensführung

Nachhaltigkeit erfordert auch eine transparente Kommunikation über Fortschritte und Herausforderungen. SolarEdge verfolgt einen proaktiven Managementansatz in Bezug auf Nachhaltigkeitsziele und veröffentlicht regelmäßig ESG-Berichte. Diese Berichte bieten den Interessengruppen Einblicke in die Fortschritte von SolarEdge bei der Erreichung der Nachhaltigkeitsziele und zeigen das Engagement des Unternehmens für ethische Geschäftspraktiken. Dieser transparente Ansatz stärkt nicht nur das Vertrauen in das Unternehmen, sondern motiviert auch andere Akteure der Branche, ähnliche Maßnahmen zu ergreifen.³⁰

²⁹ www.corporateknights.com/issues/2025-01-global-100-issue/100-most-sustainable-companies-still-betting-greener-world/

³⁰ SolarEdge Sustainability Report 2023, <https://sustainability.solaredge.com/sustainability-report-2023/>

3. Anwendungsfälle

SolarEdge hat sich als eines der führenden Unternehmen in der Entwicklung innovativer Lösungen für die Photovoltaikindustrie positioniert. Die von SolarEdge angebotenen Technologien bieten eine breite Palette von Anwendungsbereichen, um sicherzustellen, dass das PV-System unter den besten Sicherheits- und Effizienzbedingungen arbeitet.

1. Privatbereich

Eine der Anwendungen von SolarEdge ist im privaten Sektor. Hier werden Solarmodule mit Power Optimizer ausgestattet, die die Energieproduktion jedes einzelnen Moduls maximieren. Der Hauptvorteil der Power Optimizer ist die Fähigkeit, das Mismatch zwischen den Modulen zu verringern, das in allen PV-Systemen auftritt. Mismatch kann durch verschiedene Gründe wie Verschattung, Verschmutzung, Fertigungstoleranzen, Alterung, Bifazialität und Temperaturunterschiede verursacht werden. Ein Beispiel hierfür ist ein Einfamilienhaus in einem städtischen Umfeld, bei dem das Dach teilweise von umliegenden Bäumen beschattet wird. In einer internen Analyse, die auf Wohnanlagen im Auftrag eines großen Kunden durchgeführt wurde, erzielte das SolarEdge-System im Durchschnitt 4% bis 10,5% mehr Energie pro Jahr als ein vergleichbares Strangsystem – selbst bei Verwendung mehrerer MPPTs.³¹ Bei einfachen Standorten (keine Verschattung, einseitige Ausrichtung), die in der Studie berücksichtigt wurden, erzielte SolarEdge im Durchschnitt 4% mehr Energie, während bei komplexen Standorten (mit Verschattung und/oder mehrseitigen Dächern) SolarEdge im Durchschnitt 10,5% mehr Energie erzielte.

2. Gewerbliche Anwendungen

Basierend auf der Forschung von SolarEdge zu aggregierten Daten von über 4 Millionen weltweit installierten Systemen wenden sich Unternehmen in gewerblichen Anwendungen zunehmend den SolarEdge-Lösungen zu, um Betriebskosten zu senken und ihre Nachhaltigkeitsziele zu erreichen. In gewerblichen Anwendungen übertreffen die SolarEdge-Systeme in den durchgeführten Studien häufig die Referenzsysteme um mehrere Prozentpunkte.

Ein Beispiel ist ein Lebensmittelgroßhändler, der ein großes Flachdach zur Installation eines Solarsystems genutzt hat. Durch den Einsatz der SolarEdge-Technologie konnte der Großhändler die Effizienz seines Solarsystems maximieren und gleichzeitig die Energiekosten deutlich senken. Zusätzlich ermöglicht das integrierte Überwachungssystem die Echtzeitüberwachung der Energieproduktion und des -verbrauchs, wodurch eine proaktive Wartung und Optimierung der Systemeffizienz ermöglicht wird.

3. Landwirtschaftliche Nutzung

Da Agri-PV und PV-Installationen auf landwirtschaftlichen Flächen weltweit rasant zunehmen, ermöglicht die MLPE-Technologie von SolarEdge eine Vielzahl von Vorteilen, um die einzigartigen Anforderungen von landwirtschaftlichen PV-Anlagen zu adressieren.

Die Fähigkeit von Agri-PV, den Landwirten mehr Kontrolle über ihre Rentabilität und ihre Energiezukunft zu verschaffen, wird weltweit zunehmend anerkannt. Die Senkung der Betriebskosten, der Schutz der Ernteerträge und die Schaffung stabiler Einnahmequellen sind nur einige der großen Vorteile, die

³¹ SolarEdge internal Analysis

Solarenergie der gewerblichen Landwirtschaft bringen kann. Agri-PV basiert auf der dualen Nutzung von landwirtschaftlichen Flächen für die Energieproduktion und landwirtschaftliche Produktion. Daher sind die Optimierungs-, Sicherheits- und Überwachungsfunktionen von SolarEdge für solche Installationen von entscheidender Bedeutung.

Darüber hinaus nutzen Landwirte Solaranlagen, um ihre Geschäfte nachhaltig zu betreiben und die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen zu verringern. Ein konkretes Beispiel ist ein Gewächshaus, das mit SolarEdge Power Optimizer ausgestattet wurde. Diese Technologie ermöglicht es, die Energieproduktion auch unter schwierigen Lichtverhältnissen zu maximieren, wodurch die Gewächshausbeleuchtung und die Klimasteuerung effizient betrieben werden können. Die Einsparungen bei den Energiekosten führen zu einer schnellen Amortisation der Investition.³²

4. PV Tree Flagship-Projekt in Sölden



Abbildung 3:
HELIOPLANT®

Das HELIOPLANT®-Projekt in Sölden, das in Zusammenarbeit mit SolarEdge umgesetzt wurde, ist ein Ansatz zur Nutzung erneuerbarer Energien, insbesondere in hochgelegenen Regionen.

Durch die großen Schneemengen ist es notwendig, eine Form zu finden, die nicht nur den vorherrschenden Wind- und Schneekräften vor Ort standhält, sondern auch dauerhaft schneefrei bleibt. Dies stellt besonders für die Module und die elektrische Verkabelung große Herausforderungen dar.

Die Solarmodule sind so konzipiert, dass sie in die baumähnliche Struktur integriert werden können, ohne die Funktionalität zu beeinträchtigen. Da die Module vertikal montiert sind und sich im Winter um die „Bäume“ Schneehaufen bilden, die zusätzliche Reflexion verursachen, ist das Systemdesign mit

³² <https://iea-pvps.org/key-topics/dual-land-use-agriculture-solar-power-production/>

erheblichen Irradiance-Mismatch verbunden. Die Power Optimizer von SolarEdge kompensieren diese unterschiedlichen Ausgänge von Modul zu Modul aufgrund der Verschattung und stellen sicher, dass jedes Modul den maximal möglichen Ertrag erzeugen kann.

Aufgrund der vorherrschenden Bedingungen in diesen alpinen Regionen bietet die SolarEdge-Lösung die Möglichkeit, Energie zu erzeugen, wo dies aufgrund der allgemeinen Gegebenheiten zuvor nicht möglich war, und diese dort zu nutzen, wo sie benötigt wird – ohne lange Transportwege. Dies ermöglicht die Umsetzung der Nachhaltigkeitsstrategie in alpinen Gebieten, schützt die natürliche Umgebung und macht die Nutzung von Solaranlagen in der Alpenregion nachhaltiger. Mit diesem Projekt zeigt SolarEdge, wie kreative Lösungsansätze dabei helfen können, die heutigen Herausforderungen zu überwinden.

5. Floating PV

Schwimmende PV-Systeme (FPV) bieten eine kostengünstige Investition in erneuerbare Energien, insbesondere dort, wo Land knapp oder für bodenbasierte Solarinstallationen ungeeignet ist. Diese innovativen Kraftwerke bieten zusätzliche Vorteile, wie die reduzierte Wasserverdunstung, stellen jedoch auch einzigartige Herausforderungen dar.

Die schwimmende PV-Lösung von SolarEdge nutzt MLPE, um sicherzustellen, dass jedes Modul den maximal möglichen Ertrag erzeugt, während gleichzeitig Energieverluste aufgrund von Mismatch verringert werden – was bei bifazialen Modulen noch einen größeren Einfluss hat. Das System wird weiter optimiert durch längere Stranglängen, weniger Stränge und kürzere Kabel, um die Installationskosten weiter zu senken. Ein SolarEdge-System ermöglicht eine kostengünstige Systemkonstruktion, indem die Wechselrichter direkt an Land neben dem Transformator platziert werden. Die Wartung wird durch automatisierte Fehlerberichterstattung erleichtert, wodurch eine Fernsteuerung ermöglicht wird und Vor-Ort-Besuche reduziert werden. Die Komponenten von SolarEdge sind korrosionsbeständig gegenüber Ammoniak und können selbst bei hoher Luftfeuchtigkeit und über einen weiten Temperaturbereich hinweg betrieben werden.

Literaturverzeichnis

Alrashidi, Dhimish. Photovoltaic Degradation Rate Affected by Different Weather Conditions: A Case Study Based on PV Systems in the UK and Australia. 2020. At <https://www.mdpi.com/2079-9292/9/4/650>

Antoniuk, Nearly two dozen Danish energy companies hacked through firewall bug in May, 2023, The Record. At <https://therecord.media/danish-energy-companies-hacked-firewall-bug>

Buli, Chestney, Seitz, Insight: Cyberattacks on renewables: Europe power sector's dread in chaos of war, 2023. Reuters. At www.reuters.com/business/energy/cyberattacks-renewables-europe-power-sectors-dread-chaos-war-2023-06-15/

Carmignani, Riley, Stein, SAND2018-8627C, Performance of Bifacial PV Modules with MLPE vs. String Inverters, 2018. At https://pvpmc.sandia.gov/app/uploads/sites/243/2022/10/WCPEC-7-Manuscript_Riley-20180806_ForWebsite.pdf

Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change, Intergovernmental Panel on Climate. At <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/>

Corporate Knights, 2025 Global 100 list: World's most sustainable companies are still betting on a greener world, 2025. At www.corporateknights.com/issues/2025-01-global-100-issue/100-most-sustainable-companies-still-betting-greener-world/

Corefield, Electric car charger pulled amid warnings hackers could attack National Grid, 2024, The Telegraph. At <https://www.telegraph.co.uk/news/2024/02/21/car-charger-withdrawn-hackers-could-attack-national-grid/>

Der Security, Public History of Solar Energy Cyberattacks and Vulnerabilities. 2024. At https://der-sec.io/reports/DERSec_Solar_Vulnerability_Summary_11-15-24.pdf

EIA, Distributed Generation, Battery Storage, and Combined Heat and Power System Characteristics and Costs in the buildings and Industrial Sectors, PDF, March 2024. U.S. Department of Energy.

Electricity Market Report 2023, International Energy Agency. At <https://www.iea.org/reports/electricity-market-report-2023>

Fraunhofer ISE 2021, PV Fire Safety & Risk Mitigation Strategies, 2021. At <https://www.ise.fraunhofer.de/en/research-projects/pv-brandschutz.html>

FM Global Property Loss Prevention Data Sheets, January 2024. At <https://fireprotectionsupport.nl/wp-content/uploads/2021/02/FMDS0115-2021-01-Roof-mounted-Solar-Photovoltaic-Panels.pdf>

Gota, et al, Energy Yield Advantages of Three-Terminal Perovskite-Silicon Tandem Photovoltaics, Joule 4, 2387-2403, November 2020. Elsevier Inc.

Jordan, Wohlgemuth, Kurz, Technology and climate Trends in PV Module Degradation, Conference Paper presented at the 27th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, Frankfurt, Germany, September 2012. National Renewable Energy Laboratory.

Lyngaas, Utah renewables company was hit by rare cyberattack in March, 2019, Cyberscoop. At <https://cyberscoop.com/spower-power-grid-cyberattack-foia/>

Norman. Lithuania to block Chinese inverters with cybersecurity legislation, 2024, PVTech. At www.pv-tech.org/lithuania-to-block-chinese-inverters-with-cybersecurity-legislation

Performance and Safety Benefits of Solar Module-Level Power Electronics. National Renewable Energy Laboratory

Singh, et al, Comparing optical performance of a wide range of perovskite/silicon tandem architectures under real-world conditions, 2021 IEE 48th Photovoltaic Specialists Conference.PDF.

SolarEdge Cybersecurity Technical Overview V 1.2, MKT-3580 Cybersecurity technical overview 19.3.25.pdf

SolarEdge, SolarEdge Announces Compliance with the UK's Cyber Security Regulatory Scheme, 2024. At <https://investors.solaredge.com/news-releases/news-release-details/solaredge-announces-compliance-uks-cyber-security-regulatory>

SolarEdge Manufacturer Declaration March 26th 2024, UKPST-SolarEdge - Security Declaration.pdf

SolarEdge, Limited Product Warranty, 2021. At <https://www.solaredge.com/sites/default/files/solaredge-warranty-may-2021.pdf>

SolarEdge Sustainability Report 2023. At <https://sustainability.solaredge.com/sustainability-report-2023/solaredge-sustainability-report>

SolarEdge Whitepaper Reducing Energy Bills Using SolarEdge One, Rv 11/2023. At <https://knowledge-center.solaredge.com/sites/kc/files/se-reducing-energy-bills-using-solaredge-one-whitepaper-eu.pdf>

SolarEdge, SE Alerts prioritization using the impact indicator application note, 2023. At <https://knowledge-center.solaredge.com/sites/kc/files/se-alerts-prioritization-using-the-impact-indicator-application-note-row.pdf>

TNO Test Report. UL 1699B

TNO Test Report R12423. Arc Fault Current Interrupter (AFCI), SafeDC™ and Sense Connect, 2022.

Trommsdorff, et al, Dual Land Use for Agriculture and Solar Power Production: Overview and Performance of Agrivoltaic Systems, 2025. At <https://iea-pvps.org/key-topics/dual-land-use-agriculture-solar-power-production/>

World Energy Transitions Outlook 2023, International Renewable Energy Agency. At <https://www.irena.org/Publications/2023/Jun/World-Energy-Transitions-Outlook-2023>

Zurich Insurance (2024). Whitepaper on Photovoltaic System Safety

VDE Renewables GmbH
Siemensstraße 30
63755 Alzenau
Germany
Phone +49 69 6308-5300
renewables@vde.com