

Lösungen für die Netzqualität in der Halbleiterindustrie

Präzision, Zuverlässigkeit und Effizienz
in der Halbleiterfertigung



Die Lebensader aus Silizium

Das Rückgrat moderner Technologie

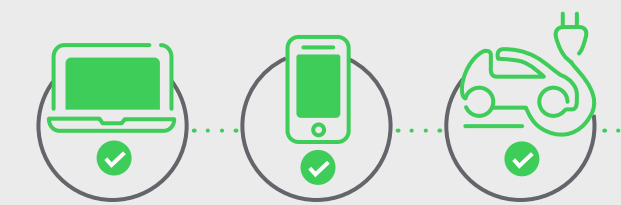
Die Halbleiterherstellung wird voraussichtlich

237 Terawattstunden (TWh)

elektrische Energie bis 2030 verbrauchen¹.

Halbleiter

sind die Grundlage fast aller heutigen elektronischen Geräte,



von Smartphones und Computern bis hin zu Elektrofahrzeugen und industrieller Automatisierung. Sie sind entscheidend für die digitalen Transformationen, die die Industrie voranbringt.

Bis 2030

wird erwartet, dass der globale Halbleitermarkt erreichen **1 Bio. USD** wird, gefördert durch die Fortschritte in den Bereichen KI, IoT, 5G und autonome Systeme.²



Die Halbleiterherstellung boomt und ihr Energiebedarf ist enorm. Eine einzige Halbleiterfabrik kann so viel Strom verbrauchen wie eine ganze Kleinstadt.

Einige Fabriken verbrauchen über **100 Megawatt (MW)** Strom jährlich.³



Dies entspricht dem Energieverbrauch von

50.000 Haushalten.



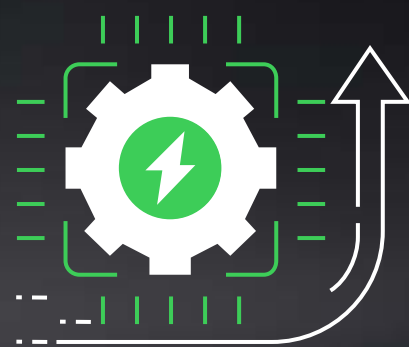
¹ Greenpeace, *Invisible emissions*

² McKinsey & Company, *The semiconductor decade: A trillion-dollar industry.*

³ McKinsey & Company, *Bringing energy efficiency to the fab.*

Mikrochips sind energieintensiv

| Jede Millisekunde zählt

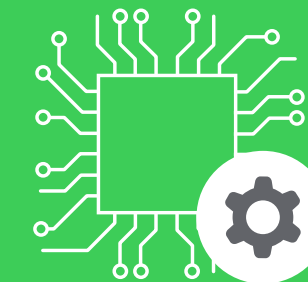


Auf Strom entfallen
30–40 %

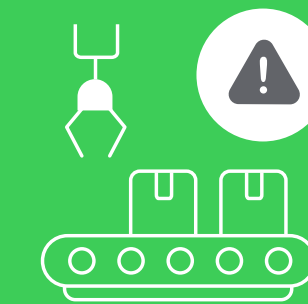
der gesamten Betriebskosten bei der Halbleiterherstellung.⁴



Die für die Halbleiterfertigung erforderlichen ultrareinen Umgebungen, einschließlich fortschrittlicher HLK-Systeme und Luftfilterung, tragen erheblich zum Energieverbrauch bei.

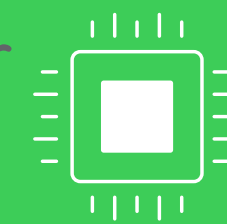


Aufgrund der für die Halbleiterherstellung erforderlichen Präzision ist die **Netzqualität** von entscheidender Bedeutung. Jede Millisekunde zählt.



Stromausfälle können Produktionszyklen unterbrechen, empfindliche Geräte beschädigen und Verluste in Millionenhöhe verursachen.

Ein halbstündiger
Ausfall in einer Fabrik
beschädigte 60.000



Wafer und zerstörte so
3,5 % des weltweiten NAND-
Flash-Speicherangebots in
diesem Monat.⁵

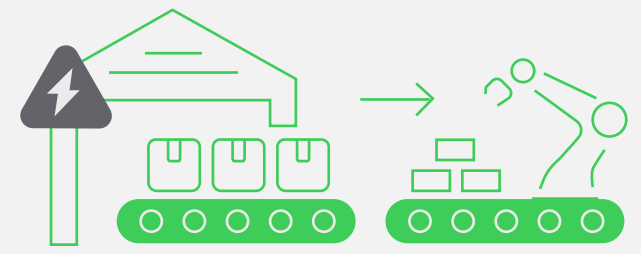
⁴ McKinsey & Company, *Bringing energy efficiency to the fab.*

⁵ AnandTech, *Power Outage*



Netzqualität ist in Halbleiterfabriken entscheidend

Warum ist Netzqualität wichtig?



Von mikroskopisch kleinen Transistoren bis hin zu milliardenschweren Fabriken ist die Halbleiterherstellung auf einwandfreie Energiebedingungen angewiesen. Schon geringste Spannungsschwankungen können zu fehlerhaften Produkten, Geräteschäden und Produktionsausfällen führen. Dieses Risiko ist in Industriestandards wie IEEE Std 2938-2023 formell anerkannt.



Die Kosten für Ausfallzeiten sind enorm. Die Wiederaufnahme der Halbleiterproduktion nach einem Stromausfall **kann Stunden bis Wochen dauern**, wobei die stündlichen Verluste in die Millionen gehen können.

Versorgungsunternehmen machen ihre Kunden jetzt für die Netzqualität verantwortlich und drängen sie, Schutzlösungen einzusetzen. Aus Branchendaten geht hervor, dass in **Halbleiterwerken bis zu 70 Spannungsabfälle pro Jahr auftreten können, von denen 23 unter 70 % der Nennspannung fallen**, oft genug, um die Produktion zu stören⁶.

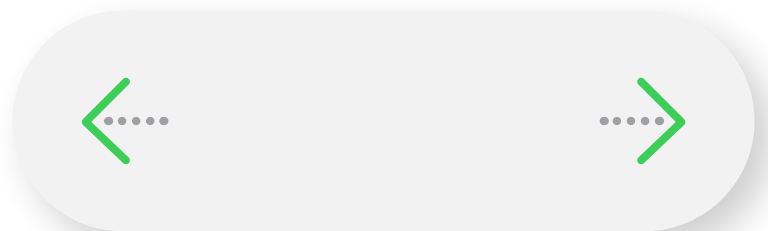
Laut IEEE Std 2938-2023 wird der jährliche wirtschaftliche Verlust, der durch Spannungsabfälle und kurze Unterbrechungen in der Halbleiterindustrie verursacht wird, auf 50.000–60.000 USD pro Megawatt (MW) geschätzt⁷. Für Fabriken mit hoher Auslastung stellt dies ein erhebliches wiederkehrendes finanzielles Risiko dar.



⁶ CenterPoint Energy, *Reliability and Power Quality at CenterPoint Energy*.

⁷ IEEE, *Guide for Economic Loss Evaluation of Sensitive Industrial Customers Caused by Voltage Sags*, Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2023.

⁸ *New Lines Institute*.



Kein Spielraum für Fehler in der Halbleiterfertigung

Einhaltung der Normen und Richtlinien für die Netzqualität

Laut Untersuchungen von EPRI reagiert Ausrüstung, die mit Normen wie SEMI F47 und IEEE 1668 übereinstimmt, robuster auf Spannungsabfälle als nicht konforme Systeme. Die Einhaltung der weltweiten Netzqualitätsnormen ist für die Aufrechterhaltung der Stabilität von entscheidender Bedeutung.

SEMI F47 Standard: Stellt sicher, dass Halbleiterfertigungsanlagen kurzzeitigen Spannungsabfällen standhalten können, ohne dass es zu Fehlfunktionen kommt.

IEC 62586: Methoden zur Messung, Analyse und Verbesserung der Netzqualität in Halbleiteranlagen.

IEC 60204-33: Legt die elektrischen Sicherheitsanforderungen für Halbleiterfertigungsanlagen fest, um eine sichere Konstruktion und einen sicheren Betrieb zu gewährleisten.

IEEE Std 1668-2017

Internationaler Leitfaden mit Angaben zu den zu erwartenden Spannungsabfällen und zu Techniken zur Minderung dieser Auswirkungen auf empfindliche industrielle Anlagen und Prozesse.

IEEE 519

Britischer Leitfaden für Oberschwingungen in elektrischen Netzen, der Halbleiterfabriken hilft, Spannungsverzerrungen zu verringern und die Netzanforderungen zu erfüllen.

IEC 61000-4-34

Internationale Norm zur Festlegung von Störfestigkeitsprüfungen für industrielle Ausrüstung gegen Spannungseinbrüche, kurze Unterbrechungen und Schwankungen.

ISO 50001

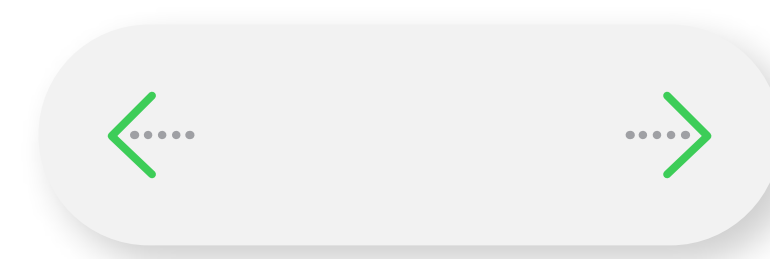
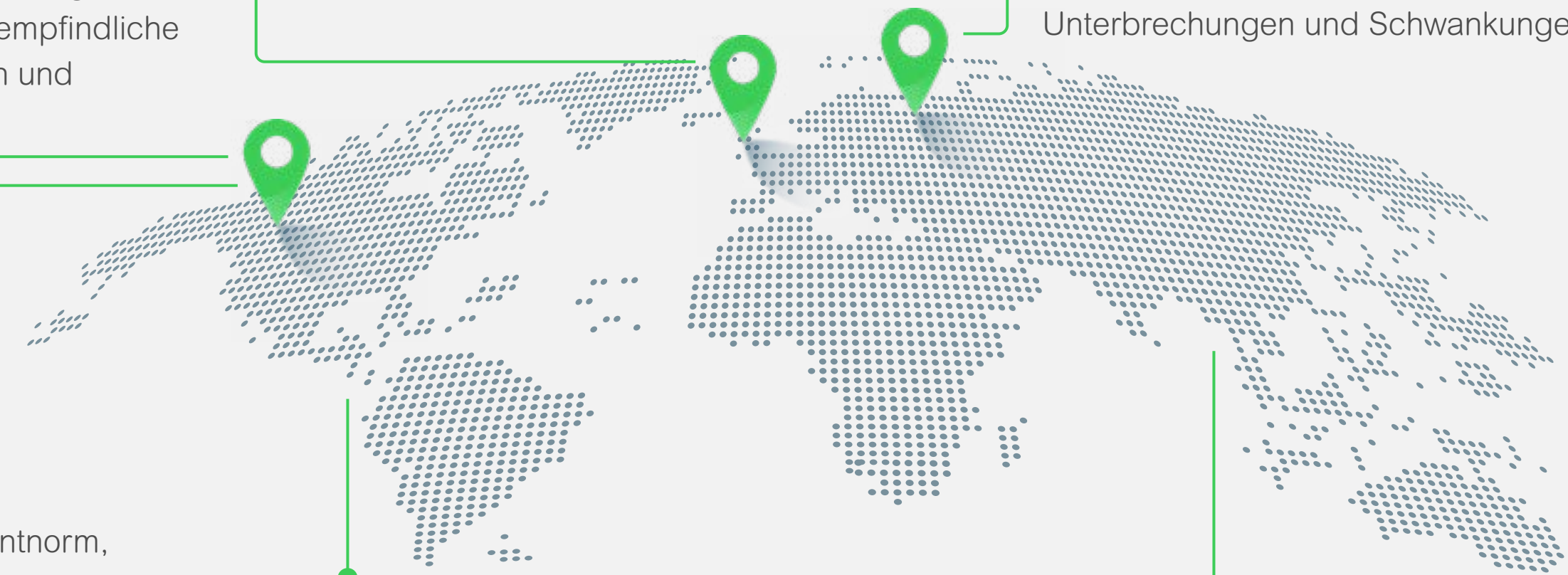
Internationale Energiemanagementnorm, die Fabriken bei der Optimierung des Energieverbrauchs, der Kostensenkung und der Verbesserung der Nachhaltigkeit durch strategische Maßnahmen hilft.

IEC 61000

Ein Rahmen für die Definition von Netzqualitätsparametern und die Festlegung von Grenzwerten für Störungen wie Spannungsabfälle, Oberschwingungen und Transienten in Halbleiteranlagen.

IEEE 1453

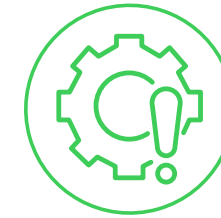
Konzentriert sich speziell auf Flicker in Energieversorgungssystemen, die sich auf empfindliche Fertigungsprozesse in Halbleiterfabriken auswirken können.



Die Chips sind im Spiel

Herausforderungen aufgrund der schlechten Netzqualität

Eine schlechte Netzqualität ist ein großes Risiko für Ertrag, Zuverlässigkeit und Nachhaltigkeit. Von unerwarteten Spannungsabfällen bis hin zu harmonischen Verzerrungen: Elektrische Störungen können fein abgestimmte Prozesse stören, empfindliche Geräte beschädigen und die Kosten in die Höhe treiben. Der erste Schritt zum Schutz hochwertiger Betriebsabläufe ist das vollumfängliche Verständnis der Auswirkungen.



Ertragsverluste und Produktionsausfälle

Stromschwankungen, insbesondere Spannungsabfälle und -transienten, stören Photolithographie-, Ätz- und Abscheidungsprozesse, was zu Waferdefekten, kostspieligen Nacharbeiten oder Produktionsausfällen führt.



Datenbeschädigung und Prozessfehler

Halbleiterfabriken sind auf die Überwachung und Automatisierung von Daten in Echtzeit angewiesen. Spannungsinstabilitäten oder Oberschwingungen können falsche Sensormesswerten, Prozessverzögerungen und Datenverfälschungen verursachen, die die Leistung und Qualität der Chips beeinträchtigen.



Ausrüstungsschäden und Ausfallzeiten

Geräte mit hoher Präzision wie Lithografie-Scanner, Ätzgeräte und Ionenimplantierer sind anfällig für Störungen der Stromversorgung. Oberschwingungen und ein schlechter Leistungsfaktor können zu Überhitzung, Komponentenausfällen und längeren Maschinenstillstandszeiten führen.



Erhöhte Betriebskosten, Strafen von Versorgungsunternehmen

Eine instabile Netzqualität führt zu Ineffizienzen und zwingt die Fabriken, mehr Energie zu verbrauchen und Geldstrafen für das Überschreiten von Leistungsfaktor-Grenzwerten oder den Bezug von übermäßiger Blindleistung auf sich zu nehmen.



Höhere CO₂-Bilanz, Herausforderungen für die Nachhaltigkeit

Stromschwankungen verringern die Effizienz energieintensiver Prozesse, was es den Fabriken erschwert, ihre Nachhaltigkeitsziele zu erreichen, und die CO₂-Bilanz der Halbleiterfertigung insgesamt erhöht.



Präzise Leistung

Herausforderungen der Netzqualität in der Halbleiterfertigung

Die Qualität der Energieversorgung ist von entscheidender Bedeutung. EPRI-Studien⁹ bestätigen, dass Anlagen, die nach den Normen SEMI F47 und IEEE 1668 gebaut wurden, bei Spannungsabfällen zuverlässiger arbeiten, was den Ertrag schützt, Unterbrechungen reduziert und die Resilienz der Halbleiterfertigung insgesamt erhöht.



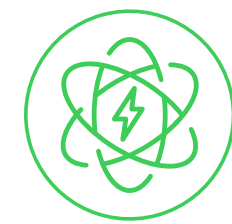
Spannungseinbrüche

Spannungsabfälle können Photolithographie-, Ätz- und Abscheidungsprozesse stören, was zu Waferdefekten, Fehlausrichtungen und kostspieligen Nacharbeiten führt. Halbleiterwerkzeuge benötigen eine stabile Energieversorgung, um die Präzision der Produktion zu gewährleisten.



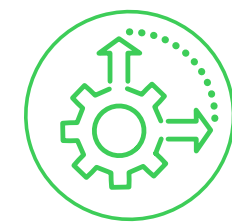
Oberschwingungsverzerrung

Nicht lineare Lasten von Halbleiterfertigungsanlagen, wie z.B. drehzahlvariable Antriebe und unterbrechungsfreie Stromversorgungen (USV), können Oberschwingungen erzeugen, die Transformatoren überhitzen, die Energieverteilung beeinträchtigen und Präzisionswerkzeuge stören.



Leistungsfakturoptimierung

Ein schlechter Leistungsfaktor verringert die Energieeffizienz, erhöht die Betriebskosten und führt zu Strafzahlungen an Versorgungsunternehmen. Die Gewährleistung eines optimalen Leistungsfaktors ist für Halbleiterfabriken von entscheidender Bedeutung, um hohe Energielasten bewältigen und gleichzeitig unnötige Kosten vermeiden zu können.



Spannungsunsymmetrie

Ungleichgewichte zwischen den Phasen können zu übermäßiger Hitzeentwicklung in Motoren, Energieversorgungen und Präzisionswerkzeugen führen, wodurch sich die Lebensdauer der Geräte verkürzt und die Ausfallraten steigen. Eine Aufrechterhaltung der Stabilität gemäß den Normen IEEE 141 und IEC 61000 gewährleistet einen zuverlässigen Betrieb.

⁹ EPRI PQ TechWatch: *Societal Costs of Power Quality Disturbances*, July 2022.



Netzqualitätslösungen

Zuverlässige und effiziente Halbleiterinfrastruktur

01 ●

Überwachung der Netzqualität

Erkennung von Problemen mit der Netzqualität und Bewältigung ihrer Auswirkungen.

- Echtzeiterkennung von Spannungseinbrüchen, Oberschwingungen und Transienten
- Identifizierung von Störungen, bevor sie sich auf kritische Lasten auswirken, mit High-Speed-Ereigniserfassung
- Sicherstellung der Versorgungssicherheit und Vermeidung teurer Ausfallzeiten



Powerlogic™ PM8000, ION9000

02 ●

Verbesserung der Netzqualität

Minderung von Oberschwingungen, Verbesserung des Leistungsfaktors, Korrektur von Lastungleichgewichten, Flicker und mehr.

- Sicherstellung der Einhaltung von Oberschwingungsstandards wie IEEE 519
- Konfiguration zur Verbesserung des Leistungsfaktors und zur Korrektur von Netzunsymmetrien



Powerlogic™ AccuSine PCS-Reihe

03 ●

Spannungsregelung

Minimierung von Spannungseinbrüchen, -abfällen und -überhöhungen in Ihrem elektrischen Versorgungsnetz.

- Verbesserte Betriebszeit mit weniger Unterbrechungen
- Bewältigung transienter und längerfristiger Nieder- und Hochspannungseignisse bei gleichzeitigem Ausgleich der Dreiphasenleistung



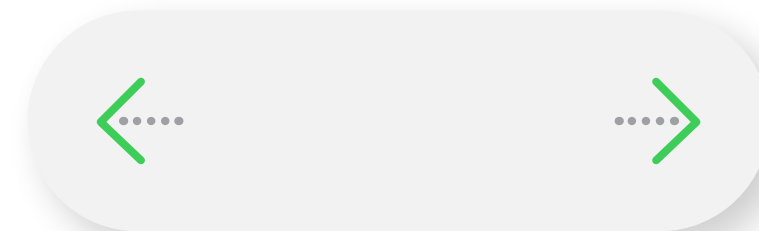
Powerlogic™ DVR mit Bypass-Schalter

04 ●

Power Management Software

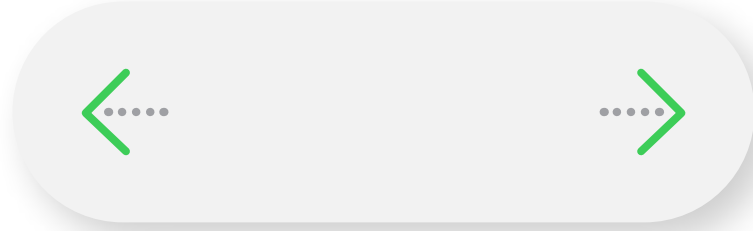
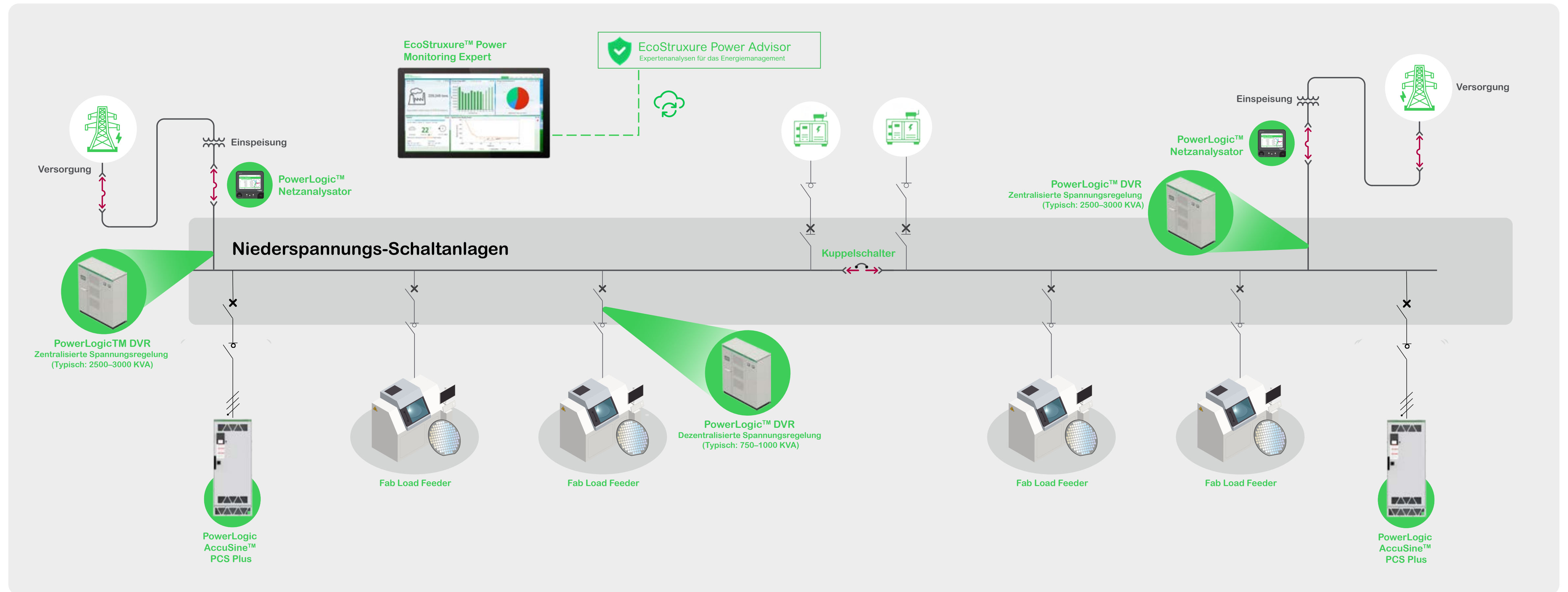
Gewinn eines besseren Einblicks in Ihr elektrisches System.

- Diagnose elektrischer Probleme und Grundursachenermittlung
- Validierung der Leistung und Konformitätsnachweis
- Verbesserung der Zuverlässigkeit des elektrischen Netzes und Durchführung von Analysen von Stromereignissen



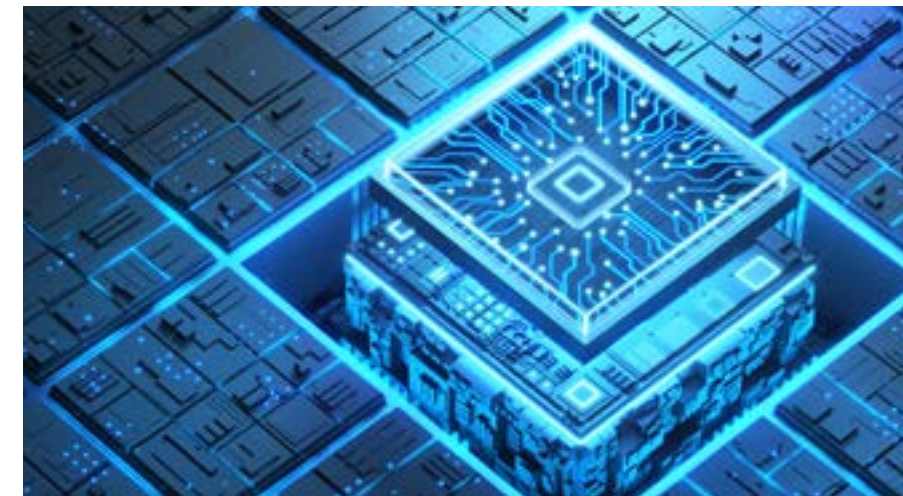
Netzarchitektur für die Halbleiterfertigung

Integrierte PQ-Überwachung, Korrektur und Berichterstattung



Umfassende Konnektivität

Halbleiter beschleunigen die digitale Transformation



Es wird erwartet, dass das Volumen der Halbleiterproduktion als Reaktion auf die globale Nachfrage nach KI, IoT und Hochleistungscomputern stark ansteigen wird.¹⁰ Da die Fertigungskomplexität zunimmt, müssen sich Fabriken auf die digitale Transformation und die betriebliche Agilität konzentrieren, um Präzision und Effizienz zu erhalten.



Digitalisierung schafft Resilienz. Halbleiterfabriken arbeiten mit äußerster Präzision. Die Überwachung von Daten in Echtzeit ermöglicht proaktive Anpassungen zur Optimierung des Energieverbrauchs, zur Vermeidung von Anlagenausfällen und zur Sicherstellung einer unterbrechungsfreien, hochwertigen Energieversorgung trotz Netzstörungen.



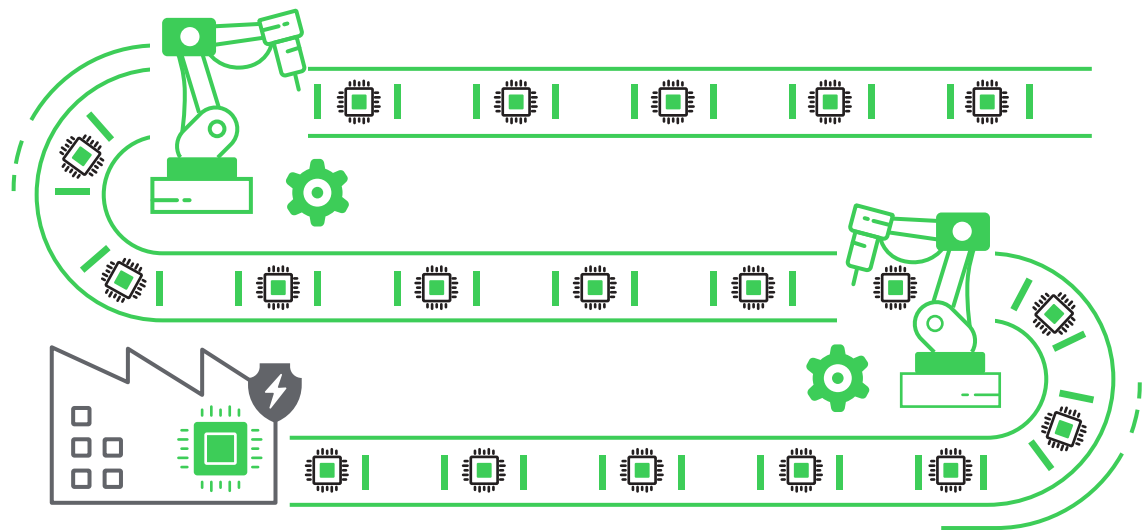
Mit digitaler Konnektivität in die Zukunft. Von der vorausschauenden Wartung bis zur Prozessautomatisierung verbessert die Digitalisierung die Überwachung der Netzqualität, reduziert Ausfallzeiten und verbessert die Ertragsraten. Die Integration von KI-gestützten Analysen und intelligentem Energiemanagement optimiert die Halbleiterproduktion bei gleichzeitiger Minimierung von Energieverschwendung und Umweltauswirkungen.

¹⁰ Deloitte, *2025 Global semiconductor industry outlook*.



Gewährleistung der Präzision

Schneider Electric bietet ein komplettes Portfolio für die Halbleiterfertigung



Unser Ziel ist die Bereitstellung einer zuverlässigen und intelligenten Halbleiterinfrastruktur, von fortschrittlichen Wafer-Fertigungsanlagen bis hin zu Verpackungs- und Testanlagen, bei gleichzeitiger Verbesserung der Netzqualität, der Energieeffizienz und der operativen Resilienz.

Die Halbleiterfertigung erfordert kompromisslose Netzqualität, um hochwertige Geräte zu schützen, Defekte zu vermeiden und die Produktion zu optimieren.



Zusätzlich zu unseren Lösungen für bessere Netzqualität für die Halbleiterinfrastruktur helfen wir, das gesamte Ökosystem der Fabrik miteinander zu verbinden, um Stabilität, Effizienz und langfristige Nachhaltigkeit in der energieintensivsten Branche zu gewährleisten.



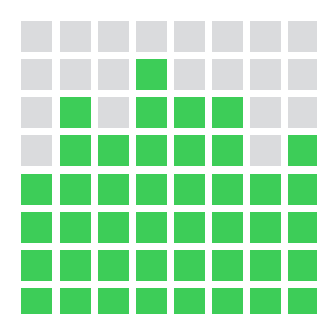
EcoStruxure™ Solutions for Semiconductor bieten IoT-



basierte Lösungen zur Verbesserung der Energie- und Betriebseffizienz und zur Ausgewogenheit der Energiebilanz in der Halbleiterindustrie.

Nachhaltigkeit und Dekarbonisierung

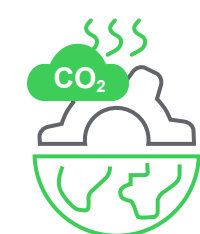
Sicherstellung einer zuverlässigen, effizienten Netzqualität in der Halbleiterfertigung



Die Halbleiterindustrie ist verantwortlich für ca.

76,5 Mio. Tonnen

CO₂e-Emissionen.¹¹



Mit der steigenden Nachfrage nach fortschrittlichen Mikrochips steigt auch die CO₂-Bilanz der Branche, sodass der Schwerpunkt auf nachhaltige Verfahren gelegt werden muss.

Die Einführung nachhaltiger Fertigungsverfahren sowie energieeffizienter und belastbarer Infrastrukturen ist entscheidend für die Verringerung der negativen Umweltauswirkungen der Halbleiterindustrie.



Um die Netto-Null-Ziele zu erreichen, können Halbleiterhersteller ihren Betrieb modernisieren:



Optimierung der Energienutzung durch fortschrittliche Energieüberwachung



Bereitstellung von intelligenten Netzen und Mikronetzen zur Integration erneuerbarer Energien



Sicherstellung einer hohen Netzqualität zur Reduzierung von Verlusten und zur Steigerung der Effizienz



Durch Investitionen in eine energieeffiziente Halbleiterproduktion können die Fabriken **erhebliche Umweltschutzevorteile erzielen** und gleichzeitig ihre Zuverlässigkeit, Präzision und Kosteneffizienz beibehalten.



¹¹ BCG, *A Net Zero Plan for the Semiconductor Industry*.



Schneider Electric GmbH

EUREF-Campus 1

40472 Düsseldorf

Telefon: +49 (0) 211 7374 3000

