

## Überblick

Der Ausbau erneuerbarer Energien führt zu einem stärker dezentralen Modell der Stromerzeugung in ganz Europa. Daher bemüht sich die Europäische Kommission um die Schaffung eines stärker vernetzten Energiebinnenmarktes, der eine deutlich größere Anzahl von Energieerzeugern abdecken kann. So soll die Integration der dezentralen Stromerzeugung effektiv gesteuert werden, ohne dass dies Instabilität im Netz verursacht.

Die Europäische Kommission hat zur Unterstützung dieses Ziels den Netzkodex der Europäischen Union mit Netzanschlussbestimmungen für Stromerzeuger verabschiedet. Er soll die Vorschriften für den Netzanschluss von Stromerzeugungsanlagen harmonisieren und die Netzsicherheit erhöhen. Einzelne Länder, wie z. B. Deutschland, haben jedoch bereits im Vorfeld der Einführung des Netzkodex eigene Regelwerke umgesetzt ([VDE-AR-N-4110](#)) [1].

Dieses Whitepaper erläutert die Hintergründe des Netzkodex und seine Folgen für parallel zum Netz betriebene Anlagen. Zudem wird Kohlers innovativer Ansatz bei der Konstruktion von „eingefrorenen“ Stromerzeugersystemen beschrieben: Mit ihm sind „Netzkodex-bereite“ Stromerzeugermodelle verfügbar – und Industrieunternehmen können sich sicher sein, dass die geltenden Vorschriften eingehalten werden.

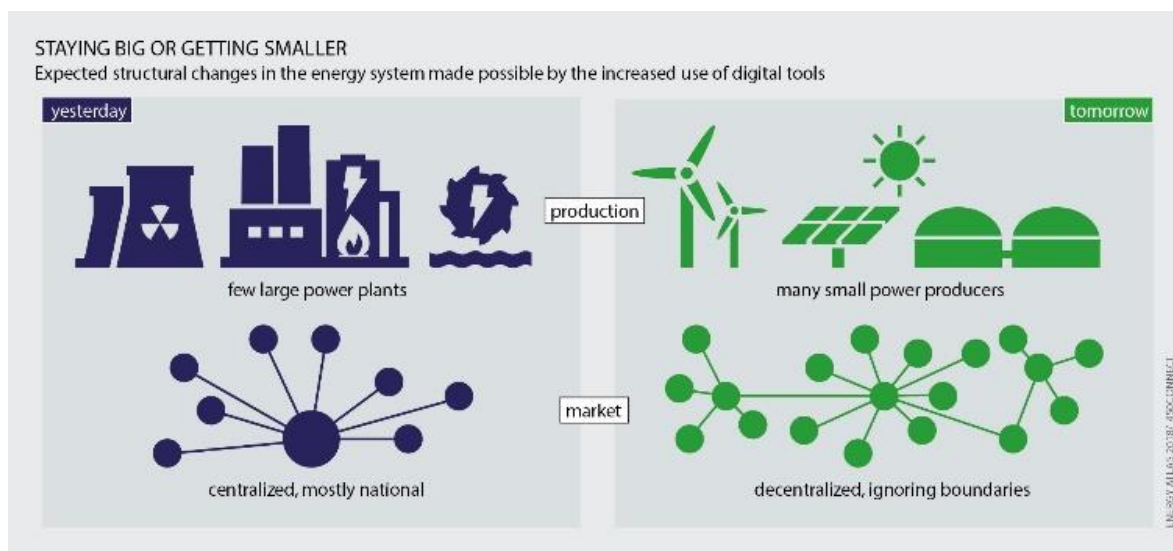


## Wandel der Stromerzeugungsbranche in Europa

Der europäische Energiemarkt hat sich grundlegend gewandelt – mit dem Übergang von einem zentralisierten zu einem dezentralen Stromerzeugungsmodell.

Bisher wird Strom über die zentrale Nutzung einer kleinen Zahl von Großkraftwerken geliefert: hauptsächlich Gas, Kohle und Kernkraft. Der von diesen Kraftwerken, die auf oft mehrere Megawatt ausgelegt sind, erzeugte Strom wird dann über große Entfernungen mithilfe zentralisierter Stromnetze an die Verbraucher weitergeleitet.

In letzter Zeit sind jedoch dezentrale Energieressourcen in den Vordergrund getreten: Dazu gehören v. a. Sonnenkollektoren, Windturbinen, Elektrofahrzeuge und andere Energieträger. Einer aktuellen Studie von [Navigant Research](#) zufolge investieren die meisten Länder in der Tat stark in dezentrale Energieressourcen (DERs). Dabei wird erwartet, dass die Bereitstellung von DER-Kapazitäten die zentralisierte Erzeugung bis 2024 in einem Verhältnis von mehr als 5 zu 1 übertreffen wird [2]. In manchen Ländern spielt die Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energieträgern bei der installierten Gesamtkapazität bereits eine dominierende Rolle. Beispielsweise lag ihr Anteil am Stromverbrauch in Deutschland 2020 bei rund 46 % und dieser Anteil soll in den kommenden Jahren voraussichtlich noch weiter wachsen.



Quelle: Energy Atlas 2018

## Netzanschluss von Stromerzeugungsanlagen

Der Wandel der Stromerzeugungsbranche in Europa wirft eine wichtige Frage auf: Welche Folgen wird der Zufluss variabler erneuerbarer Energie aus mehreren Quellen für eine Netzinfrastruktur haben, die doch für eine traditionellere Versorgungsform konzipiert und gebaut wurde? Dieses Dilemma wurde in der Europäischen Union ausführlich diskutiert: Die EU möchte einen voll funktionierenden und vernetzten Energiebinnenmarkt schaffen, der die Versorgungssicherheit fair und effektiv sicherstellen kann, wenn immer mehr DERs an das Netz angeschlossen werden. Die Antwort darauf war die Erstellung eines Regelwerks, das die technischen Vorschriften mit Mindestanforderungen an die Auslegung und den Betrieb für den Anschluss an das EU-weite Netz festlegt.

Diese Vorschriften, so die EU, können die Systemsicherheit aufrechterhalten, bewahren und wiederherstellen, um die ordnungsgemäße Funktion des Strombinnenmarktes innerhalb und zwischen Synchrongebieten zu ermöglichen. Durch die Verabschiedung harmonisierter Vorschriften für den Netzanschluss von Stromerzeugungsanlagen will die EU einen klaren Rechtsrahmen für den Netzanschluss schaffen. Dies soll den unionsweiten Stromhandel ermöglichen, die Systemsicherheit gewährleisten, die reibungslosere Integration erneuerbarer Energieträger unterstützen, den fairen Wettbewerb fördern sowie

eine effizientere Netz- und Ressourcennutzung ermöglichen

Die Systemsicherheit hängt aber unter anderem von den technischen Fähigkeiten der Stromerzeugungsanlagen ab, wie z. B. Dieselgeneratoren, die parallel zum Netz laufen. Die geeignete Leistung der Betriebsmittel, die an Übertragungs- und Verteilernetze angeschlossen werden, gilt daher als kritischer Faktor und sie müssen ausreichend robust sein, um Störungen standzuhalten und dazu beizutragen, größere Unterbrechungen zu verhindern oder den Wiederaufbau des Netzes zu unterstützen.

Dieses Ziel ist nur durch eine enge Zusammenarbeit zwischen den Eigentümern der Stromerzeugungsanlagen und den Netzbetreibern möglich, betont die EU. Insbesondere hängt der Betrieb des Netzes unter anormalen Bedingungen von der Reaktion der Stromerzeugungsanlagen auf bestimmte Spannungen und Frequenzen ab. Im Hinblick auf die Systemsicherheit sollten Netze und Stromerzeugungsanlagen angesichts ihrer zunehmenden gegenseitigen Abhängigkeiten systemtechnisch als Einheit betrachtet werden. Daher hat die EU als Voraussetzung für den Netzanschluss die aus ihrer Sicht einschlägigen technischen Anforderungen an Stromerzeugungsanlagen festgelegt.

# Einführung des Netzkodex in Bezug auf Dieselgeneratoren

Das Ergebnis dieser Überlegungen war die Schaffung des Netzkodex: ein Regelwerk, das alle Bestandteile der an das Netz angeschlossenen Systeme abdeckt. [Der Netzkodex mit Netzanschlussbestimmungen für Stromerzeuger \(Netzkodex\)](#) harmonisiert insbesondere die Normen, die Stromerzeuger beim Anschluss an das Netz einhalten müssen – und hilft so, dieses bei Problemen im Netzwerk stabil zu halten [3]. Während Dieselgeneratoren früher vielleicht isoliert betrieben wurden, kann unter dem neuen Netzkodex ein Netzanschluss hergestellt und Energie exportiert werden, um die Normalbedingungen im Netz wieder herzustellen.

Bei diesen Anforderungen wird ein segmentierter Ansatz nach Auslegung des Stromerzeugers verwendet: eingeteilt in die Typen A, B, C und D, nach Faktoren wie Spannung und Kapazität. Dabei können größere Stromerzeuger breitere Verantwortung für Systemstabilität und -betrieb übernehmen. Die von den Vorschriften abgedeckten Systemaspekte umfassen eine große Bandbreite von Parametern, u. a. Wirkleistung und Frequenz, Blindleistung und Spannung sowie Anschluss- und Wiederschaltbedingungen. Zusätzlich stellt die dynamische Netzunterstützung sicher, dass der Stromerzeuger Spannungsschwankungen bewältigen kann – allgemein als „FRT-Fähigkeit“ (Fähigkeit zum Durchfahren eines Fehlers, „Fault-Ride-Through“-Fähigkeit) bezeichnet. Mit diesen Funktionen kann der Stromerzeuger etwaige Netzprobleme bewältigen und das Netz gleichzeitig mit Blindleistung versorgen, damit die Spannung auf akzeptablem Niveau bleibt. Generell gelten die Anforderungen des Netzkodex nur für die Nutzung neuer Stromerzeuger mit Betrieb parallel zum Netz und nicht für Anlagen mit Insel- oder Standby-Betrieb.

Die Implementierung von Netzkodizes erweist sich als langwierig – da den einzelnen Mitgliedsstaaten die Klärung ihrer eigenen Vorschriften schwerfällt. Aufgrund dieser Verwirrung wurde die EU-weite Verabschiedung der Vorschriften mehrmals verschoben, was für Energieentwickler und -versorger problematisch war: Die Verfolgung der Entwicklung der Kodizes, das Verständnis ihrer Folgen und die zuverlässige Gewährleistung der Einhaltung der Vorgaben waren oft schwierig.

In der Zwischenzeit haben einige Mitgliedsstaaten eigene Regelwerke auf Basis des Netzkodex umgesetzt, allerdings unter Berücksichtigung der Besonderheiten des jeweiligen Marktes – z. B. mit der VDE-AR-N-4110 in Deutschland und G99 in Großbritannien. Mit diesen Entwicklungen wurden die Energiemärkte noch komplexer und dies stellt für Unternehmen eine weitere Herausforderung dar. Sie brauchen oft Unterstützung und Hilfe bei der zuverlässigen Einhaltung der Vorschriften auf nationaler Ebene.

## Kohlers Reaktion auf die Einführung von Netzkodizes

Für Energieversorger sowie Übertragungs- und Verteiler-Netzbetreiber kann die Einhaltung der Netzkodizes folglich komplex und technisch anspruchsvoll sein. Zudem kann dies erheblichen Einfluss auf die Konzeption, Modellierung, Konstruktion und schließlich den Anschluss neuer Stromerzeugerprojekte haben.

Mit der Erstellung und dem Ausbau von Netzkodizes über Europa hinweg hat Kohler sich um die Unterstützung der Endverbraucher bemüht, die sich um die Einhaltung der Vorschriften Sorgen machten. Diese Bemühungen führten zu der zukunftsorientierten Entscheidung zur Schaffung einer Baureihe „Netzkodex-zertifizierter“ Stromerzeuger. So wollen wir Kunden helfen, Unsicherheiten beim Netzanschluss zu vermeiden. Die erste dieser speziell geschaffenen Baureihen ist so ausgelegt, dass sie die Vorschriften der deutschen VDE-AR-N-4110 uneingeschränkt erfüllt. Dabei wird die Stellung Deutschlands als aktivstes europäisches Land hinsichtlich der Normierung des Netzanschlusses von Stromerzeugern berücksichtigt.



Insgesamt acht Generatoren – mit Antrieb durch Volvo-Motoren – wurden als für die Netzkodex-Zertifizierung besonders geeignet ermittelt. Die FGH, eine unabhängige Zertifizierungsstelle mit Sitz in Deutschland, wurde mit der Prüfung, Beurteilung und Verifizierung der Modelle in Bezug auf eine große Bandbreite von Netzkodex-Bedingungen beauftragt. Dieses Auftragspaket umfasste die Entwicklung eines digitalen Simulationsmodells als Vergleichsmaßstab. Zudem waren Betriebstests enthalten, die die präzise Korrelation mit der Leistung unter realen Einsatzbedingungen bestätigten.

Um Abweichungen von der für die Zertifizierung erforderlichen Simulationsmodellierung auszuschließen, musste eine Vielzahl spezifischer Systeme und Komponenten entwickelt werden, deren Ersatz im Betrieb durch alternative Komponenten nicht möglich ist. Diese Komponenten sind effektiv „eingefroren“: So soll die anhaltende Einhaltung der Vorschriften gewährleistet werden und sie sind im Lieferumfang für diese acht „Netzkodex-zertifizierten“ Stromerzeuger enthalten. Die Komponenten wurden zur Unterstützung der Stromerzeuger beim Umgang mit unterschiedlichen Wirk- und Blindleistungsanforderungen sowie Bedingungen für Anschluss/Wiederzuschaltung konzipiert.

Zunächst wurde ein groß dimensionierter Generator mit einem Permanent-Magnet-Generator (PMG) ausgewählt: Dieser liefert ausreichende Leistung, um einen Kurzschluss bei 3\*In für 10 Sekunden aufrechtzuerhalten. Diese Auslegung ist besser für die Bewältigung von „Fault-Ride-Through“-Bedingungen geeignet. Zusätzlich wurde ein spezieller Typ eines automatischen Spannungsreglers für den Generator installiert: Er erfüllt die Anforderungen des Netzkodex auch bei Updates der Firmware des Systems uneingeschränkt.

Ein Bedienfeld mit einem 12-Zoll-Touchscreen mit Hintergrundbeleuchtung und weitem Einsichtswinkel wurde für den Parallelbetrieb mit dem Netz konfiguriert. Das Bedienfeld erlaubt die präzise Systemüberwachung und -diagnose. Es kann eine große Bandbreite kritischer Stromwerte anzeigen, u. a. Leistung, Leistungsfaktor, Blindleistung, Frequenz, Spannung und Strom. Für die Überwachung der Netzeinspeisung wird ein Netzkodex-zertifiziertes Schutzrelais angeboten und ein spezieller Leistungsschalter mit der Schutzeinheit „micrologic 5.0“.

Diese Liste der „eingefrorenen“ Komponenten kann nicht geändert werden. Sonst entspräche die Baugruppe nicht mehr der Zertifizierung nach VDE-ARN 4110. Daher stellen die acht Modelle eine eigene Optionsgruppe in der Kohler-Produktpalette dar – erkennbar an den Buchstaben VDE nach dem Produktcode. Obwohl die Konstruktion bestimmter Teile wie beschrieben unverändert bleiben muss, können alle Stromerzeuger anderweitig angepasst werden, z. B. mit zusätzlichen Hauben, doppelwandigen und großen Kraftstofftanks für mehr Autonomie etc., ohne dass dadurch die Einhaltung der Zertifizierung eingeschränkt wird.

Die Modelle werden im EMEA-Hauptwerk von Kohler im Nordwesten Frankreichs gebaut und geprüft und direkt zur Installation verschickt. Durch die Möglichkeit zu Konstruktion, Bau, Prüfung und Versand von Stromerzeugern an einem Standort – unter einem Dach – verbessern sich Qualität und Wiederholbarkeit und es wird sichergestellt, dass das Endprodukt nach der Installation konsistent arbeitet. Kohler hat zudem ein digitales Simulationsmodell entwickelt: Mit ihm kann die Leistung des gewählten Modells unter verschiedenen Netzbedingungen dargestellt werden: Damit erhält der Entwickler die Sicherheit, dass der Stromerzeuger im Kontext eines Gesamtvorhabens seinen Zweck erfüllen kann. Dieses Softwaremodell wurde durch umfangreiche Prüfungen durch Kohler-Ingenieure und die unabhängige Zertifizierungsstelle FGH validiert.

Die Verfügbarkeit der acht „Netzkodex-fähigen“ Generatoren, die umfassend geprüft und installationsbereit sind, erleichtert Projektentwicklern das Compliance-Verfahren und sorgt ultimativ für Sicherheit. Im Ergebnis dieser Produktentwicklung können Kunden jetzt sicher sein, dass die Netzanschlussgenehmigung für Stromerzeuger schnell und effizient erfolgen wird – ausnahmslos und in den erforderlichen Formen und Fristen.

## Marktprognose für Netzkodex-konforme Stromerzeuger

Für die Zukunft überlegt Kohler die Einführung eines breiteren Angebots an VDE-bereiten Stromerzeugern mit höherer Leistungsabgabe. Dieser Ausbau des Produktangebots wäre ein technologisches Sprungbrett als Vorbereitung auf die etwaige Einführung europaweiter Normen, unabhängig von deren Zeitpunkt.



Zudem ist Deutschland zwar weiterhin Vorreiter bei der Gewährleistung der Zukunftsfähigkeit von Stromerzeugervorhaben mit Netzanschluss für eine europaweite Harmonisierung, aber andere Länder ziehen nach. Beispielsweise umfassen die [britischen G99-Vorschriften](#) Anweisungen dazu, wie Stromerzeuger ihre Leistungsabgabe als Reaktion auf Frequenzänderungen im Netz regeln müssen [4]. Auch hier müssen Stromerzeuger ab einer bestimmten Leistung das System bei Störungen durch die rasche Einspeisung von Blindstrom stützen, um zu starke Spannungseinbrüche zu vermeiden. Andere Länder wie Frankreich und Belgien führen ähnliche nationale Regelungen auf ihren Märkten ein.

Im Fazit ist die Fahrtrichtung klar: Eine wachsende Zahl von Industrieunternehmen braucht technische Unterstützung bei der Vorbereitung auf die Einführung von Netzkodizes.

Kohler setzt sich für die Unterstützung der Industrie ein und will diesen Unternehmen helfen, hinsichtlich aller einschlägigen neuen Regeln und Vorschriften auf dem neuesten Stand zu bleiben. Dieser Einsatz bedeutet erhebliche Investitionen in Forschung und Entwicklung, um Netzkodex-konforme Produkte zu entwickeln. Ergänzt werden diese Produkte durch die langjährige Erfahrung im Management von Großprojekten in zahlreichen Ländern – für die Kohler als unverzichtbarer Ansprechpartner und Berater fungiert.

*Copyright 2021*

#### LITERATURANGABEN

1. VDE. VDE Specifications Code of Safety Standards. 2018, Germany. VDE Specifications Code of Safety Standards, <https://www.vde-verlag.de/english.html>
2. Navigant Research. „Distributed Energy Resources Global Forecast.“ <https://www.businesswire.com/> Abgerufen am 2. August 2016.
3. Die Europäische Kommission. VERORDNUNG (EU) 2016/631 DER KOMMISSION zur Festlegung eines Netzkodex mit Netzanschlussbestimmungen für Stromerzeuger. 2016. eur-lex.europa.eu, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN>
4. Energy Networks. G99 Guide. 2020. energynetworks.org, <https://www.energynetworks.org/industry-hub...>

