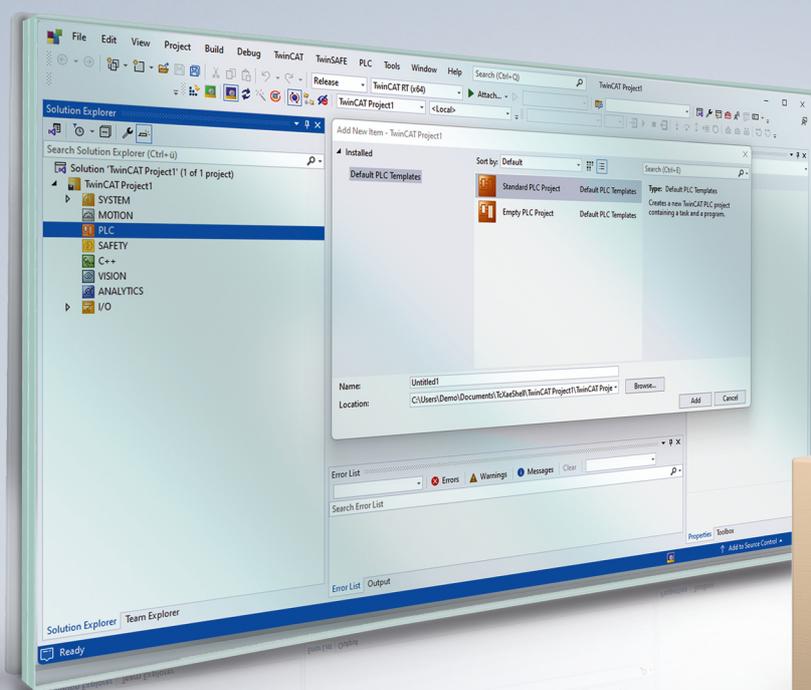


BECKHOFF New Automation Technology

Handbuch | DE

TF8360

TwinCAT 3 | Power Control



Inhaltsverzeichnis

1	Vorwort.....	5
1.1	Hinweise zur Dokumentation	5
1.2	Zu Ihrer Sicherheit.....	6
1.3	Hinweise zur Informationssicherheit	7
1.4	Ausgabestände dieser Dokumentation	8
2	Übersicht.....	9
3	Funktionen.....	10
3.1	EZA-Regler	10
3.1.1	Zertifizierung	11
3.1.2	Vereinbarungen.....	15
3.1.3	Schnittstellen.....	17
3.1.4	Betriebsmodi	20
3.1.5	Wirkleistungsregler.....	23
3.1.6	Blindleistungsregler.....	30
3.1.7	Spannungsversorgung	38
3.1.8	Modell.....	38
4	Installation	45
4.1	Systemvoraussetzungen.....	45
4.2	Installation	45
4.3	Lizenzierung	45
4.4	Versionierung	47
4.5	Einschränkungen	47
5	Module.....	48
5.1	TcPowerPlantControl	48
5.1.1	Modul	48
5.1.2	Context.....	48
5.1.3	Parameter	48
5.1.4	DataAreas	56
5.1.5	Schnittstellen.....	59
6	Anhang.....	60
6.1	Datentypen	60
6.1.1	ETcPowerPlantType	60
6.1.2	ETcPowerPlantControllerMode.....	60
6.1.3	ETcPowerPlantActiveMode.....	60
6.1.4	ETcPowerPlantReactiveMode	60
6.1.5	ETcPowerPlantFallbackMode	61
6.1.6	ETcPowerFilterType.....	61
6.1.7	ETcPowerTimeType.....	61
6.1.8	ETcPowerPersistMode.....	61
6.2	Referenzen.....	62
6.3	Fachbegriffe	62
6.4	Abkürzungen	64
6.5	Support und Service.....	65

1 Vorwort

1.1 Hinweise zur Dokumentation

Diese Beschreibung wendet sich ausschließlich an ausgebildetes Fachpersonal der Steuerungs- und Automatisierungstechnik, das mit den geltenden nationalen Normen vertraut ist.

Zur Installation und Inbetriebnahme der Komponenten ist die Beachtung der Dokumentation und der nachfolgenden Hinweise und Erklärungen unbedingt notwendig.

Das Fachpersonal ist verpflichtet, stets die aktuell gültige Dokumentation zu verwenden.

Das Fachpersonal hat sicherzustellen, dass die Anwendung bzw. der Einsatz der beschriebenen Produkte alle Sicherheitsanforderungen, einschließlich sämtlicher anwendbaren Gesetze, Vorschriften, Bestimmungen und Normen erfüllt.

Disclaimer

Diese Dokumentation wurde sorgfältig erstellt. Die beschriebenen Produkte werden jedoch ständig weiterentwickelt.

Wir behalten uns das Recht vor, die Dokumentation jederzeit und ohne Ankündigung zu überarbeiten und zu ändern.

Aus den Angaben, Abbildungen und Beschreibungen in dieser Dokumentation können keine Ansprüche auf Änderung bereits gelieferter Produkte geltend gemacht werden.

Marken

Beckhoff®, ATRO®, EtherCAT®, EtherCAT G®, EtherCAT G10®, EtherCAT P®, MX-System®, Safety over EtherCAT®, TC/BSD®, TwinCAT®, TwinCAT/BSD®, TwinSAFE®, XFC®, XPlanar® und XTS® sind eingetragene und lizenzierte Marken der Beckhoff Automation GmbH.

Die Verwendung anderer in dieser Dokumentation enthaltenen Marken oder Kennzeichen durch Dritte kann zu einer Verletzung von Rechten der Inhaber der entsprechenden Kennzeichnungen führen.



EtherCAT® ist eine eingetragene Marke und patentierte Technologie, lizenziert durch die Beckhoff Automation GmbH, Deutschland.

Copyright

© Beckhoff Automation GmbH & Co. KG, Deutschland.

Weitergabe sowie Vervielfältigung dieses Dokuments, Verwertung und Mitteilung seines Inhalts sind verboten, soweit nicht ausdrücklich gestattet.

Zu widerhandlungen verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte für den Fall der Patent-, Gebrauchsmuster- oder Geschmacksmustereintragung vorbehalten.

Fremdmarken

In dieser Dokumentation können Marken Dritter verwendet werden. Die zugehörigen Markenvermerke finden Sie unter: <https://www.beckhoff.com/trademarks>.

1.2 Zu Ihrer Sicherheit

Sicherheitsbestimmungen

Lesen Sie die folgenden Erklärungen zu Ihrer Sicherheit. Beachten und befolgen Sie stets produktspezifische Sicherheitshinweise, die Sie gegebenenfalls an den entsprechenden Stellen in diesem Dokument vorfinden.

Haftungsausschluss

Die gesamten Komponenten werden je nach Anwendungsbestimmungen in bestimmten Hard- und Software-Konfigurationen ausgeliefert. Änderungen der Hard- oder Software-Konfiguration, die über die dokumentierten Möglichkeiten hinausgehen, sind unzulässig und bewirken den Haftungsausschluss der Beckhoff Automation GmbH & Co. KG.

Qualifikation des Personals

Diese Beschreibung wendet sich ausschließlich an ausgebildetes Fachpersonal der Steuerungs-, Automatisierungs- und Antriebstechnik, das mit den geltenden Normen vertraut ist.

Signalwörter

Im Folgenden werden die Signalwörter eingeordnet, die in der Dokumentation verwendet werden. Um Personen- und Sachschäden zu vermeiden, lesen und befolgen Sie die Sicherheits- und Warnhinweise.

Warnungen vor Personenschäden

GEFAHR

Es besteht eine Gefährdung mit hohem Risikograd, die den Tod oder eine schwere Verletzung zur Folge hat.

WARNUNG

Es besteht eine Gefährdung mit mittlerem Risikograd, die den Tod oder eine schwere Verletzung zur Folge haben kann.

VORSICHT

Es besteht eine Gefährdung mit geringem Risikograd, die eine mittelschwere oder leichte Verletzung zur Folge haben kann.

Warnung vor Umwelt- oder Sachschäden

HINWEIS

Es besteht eine mögliche Schädigung für Umwelt, Geräte oder Daten.

Information zum Umgang mit dem Produkt



Diese Information beinhaltet z. B.:
Handlungsempfehlungen, Hilfestellungen oder weiterführende Informationen zum Produkt.

1.3 Hinweise zur Informationssicherheit

Die Produkte der Beckhoff Automation GmbH & Co. KG (Beckhoff) sind, sofern sie online zu erreichen sind, mit Security-Funktionen ausgestattet, die den sicheren Betrieb von Anlagen, Systemen, Maschinen und Netzwerken unterstützen. Trotz der Security-Funktionen sind die Erstellung, Implementierung und ständige Aktualisierung eines ganzheitlichen Security-Konzepts für den Betrieb notwendig, um die jeweilige Anlage, das System, die Maschine und die Netzwerke gegen Cyber-Bedrohungen zu schützen. Die von Beckhoff verkauften Produkte bilden dabei nur einen Teil des gesamtheitlichen Security-Konzepts. Der Kunde ist dafür verantwortlich, dass unbefugte Zugriffe durch Dritte auf seine Anlagen, Systeme, Maschinen und Netzwerke verhindert werden. Letztere sollten nur mit dem Unternehmensnetzwerk oder dem Internet verbunden werden, wenn entsprechende Schutzmaßnahmen eingerichtet wurden.

Zusätzlich sollten die Empfehlungen von Beckhoff zu entsprechenden Schutzmaßnahmen beachtet werden. Weiterführende Informationen über Informationssicherheit und Industrial Security finden Sie in unserem <https://www.beckhoff.de/secguide>.

Die Produkte und Lösungen von Beckhoff werden ständig weiterentwickelt. Dies betrifft auch die Security-Funktionen. Aufgrund der stetigen Weiterentwicklung empfiehlt Beckhoff ausdrücklich, die Produkte ständig auf dem aktuellen Stand zu halten und nach Bereitstellung von Updates diese auf die Produkte aufzuspielen. Die Verwendung veralteter oder nicht mehr unterstützter Produktversionen kann das Risiko von Cyber-Bedrohungen erhöhen.

Um stets über Hinweise zur Informationssicherheit zu Produkten von Beckhoff informiert zu sein, abonnieren Sie den RSS Feed unter <https://www.beckhoff.de/secinfo>.

1.4 Ausgabestände dieser Dokumentation

Version	Änderungen
0.1.0	Erste Veröffentlichung mit TF8360 in Version 0.1.0

2 Übersicht

Die *TwinCAT 3 Power Functions* stellen Software in Form von TwinCAT Modulen für die Anwendung in elektrischen Energiesystemen bereit. Diese sind in drei *TwinCAT Functions* mit entsprechenden Lizenzen aufgeteilt:

- **TF8330 | TwinCAT 3 Power Collector**
Funktionen für die Leistungsmessung mittels EtherCAT-Klemmen der Baureihe EL34xx.
- **TF8350 | TwinCAT 3 Power Technologies**
Funktionen für die Leistungsmessung mittels EtherCAT-Klemmen der Baureihe EL37x3 und ELM3xxx.
- **TF8360 | TwinCAT 3 Power Control**
Funktionen für die Regelung von stromerzeugenden Anlagen.

3 Funktionen

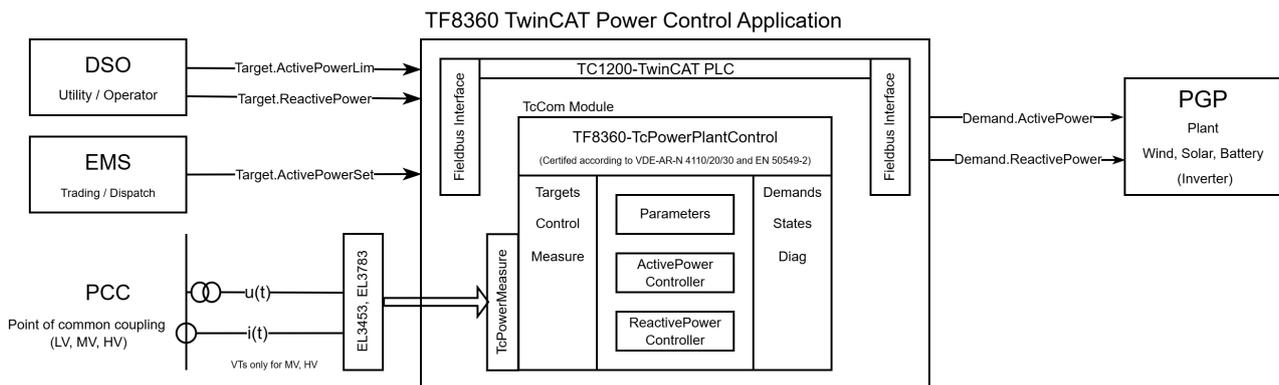
Das *TF8360 | TwinCAT 3 Power Control* ist eine modulare Softwarelösung zur Steuerung und Regelung elektrischer Energiesysteme, insbesondere für netzeinspeisende Erzeugungsanlagen (EZA). Diese TwinCAT Funktion stellt hierfür spezielle Softwarebausteine bereit, unter anderem zur Umsetzung eines normgerechten EZA-Reglers. Ein solcher Regler ist für den Betrieb von stromerzeugenden Anlagen erforderlich, um die technischen Anschlussbedingungen der jeweiligen Netzbetreiber einzuhalten – in Deutschland beispielsweise gemäß VDE-AR-N 4110 (Mittelspannung) oder VDE-AR-N 4120 (Hochspannung).

3.1 EZA-Regler

Das *TwinCAT Power Plant Control* ist ein TwinCAT Modul zum Einsatz als Regler von Energieerzeugungsanlagen (EZA-Regler).

Die technischen Anschlussregeln VDE-AR-N 4110, VDE-AR-N 4120 und VDE-AR-N 4130 definieren in Deutschland die Anforderungen für den Netzanschluss und Betrieb von Energieerzeugungsanlagen an das Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsnetz. Für den Einsatz eines EZA-Reglers ist ein Komponentenzertifikat gemäß diesen Normen verpflichtend.

Zum Einsatz als EZA-Regler wurde *TwinCAT Power Plant Control* für ausgewählte Hardware-Komponenten durch das FGH entsprechend zertifiziert (siehe [Zertifizierung](#) [► 11]). Grundlage des Zertifizierungsverfahrens sind Messungen, Auswertungen und die Bewertung der Reglerfunktionen gemäß den Anforderungen der FGW TR3.



Ein Beckhoff EZA-Regler besteht aus dem Embedded-PC und der Netzdatenerfassung (siehe [Netzdatenerfassung](#) [► 17]), sowie dem *TwinCAT Power Plant Control* als Reglerkern in Form des TwinCAT Moduls *TcPowerPlantControl*. Dieses Modul wird in ein TwinCAT-3-Projekt integriert und stellt alle erforderlichen Schnittstellen (siehe [Schnittstellen](#) [► 17]) und Regelungsfunktionen (siehe [Funktionen](#) [► 13]) zur Verfügung.

Netzdaten werden als *Measure* bezeichnet und werden durch eine geeignete Messtechnik am Netzverknüpfungspunkt (Point of Common Coupling, PCC) erfasst:

- Die Schnittstelle zur Netzdatenerfassung (engl. Power Measurement) wird im System als *Measure* bezeichnet und typisch über EtherCAT-Klemmen umgesetzt.

Sollwerte werden als *Target* bezeichnet und erhält der Regler typischerweise über zwei Schnittstellen, die projektspezifisch zu implementieren sind:

- Die Fernwirkschnittstelle zum Netzbetreibers (engl. Grid Operator) wird im System als *Operator* bezeichnet. Sie überträgt die Wirkleistungsbegrenzung ($f_{ActivePowerLim}$) sowie den Blindleistungssollwert ($f_{ReactivePowerSet}$). Der Netzbetreiber kann je nach Netzebene ein Verteilnetzbetreiber (VNB, engl. Distribution System Operator, DSO) oder ein Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB, engl. Transmission System Operator, TSO) sein. Diese Schnittstelle dient der netzseitigen Regelung von Frequenz und Spannung zur Sicherstellung eines stabilen Netzbetriebs.

- Die Schnittstelle zum Energiemanagementsystem (EMS) des Anlagenbetreibers (engl. Plant Operator) wird im System als `Marketer` bezeichnet. Sie überträgt den Wirkleistungssollwert (`fActivePowerSet`). Die Anbindung erfolgt an ein übergeordnetes System zur Vermarktung oder Aggregation der Einspeisung, etwa durch einen Direktvermarkter, Stromhändler oder Betriebsführer. Diese Rolle wird im internationalen Kontext auch als *Balancing Responsible Party (BRP)* bezeichnet.

Stellwerte werden als `Demand` bezeichnet und vom Regler über eine Kommunikationsschnittstelle zu der Erzeugungsanlage oder deren Einheiten übertragen. Auch diese Schnittstelle ist projektspezifisch umzusetzen:

- Die Schnittstelle zur Erzeugungsanlage (EZA, engl. Power Generation Plant, PGP) oder deren Erzeugungseinheiten (EZE, engl. Power Generation Units, PGU) wird im System als `Plant` bezeichnet. Darüber werden die Stellwerte für Wirkleistung (`fActivePowerDmd`) und Blindleistung (`fReactivePowerDmd`) an Wind-, Photovoltaik- (PV) oder Speichersysteme übertragen, ggf. direkt an die Wechselrichter.

Ein Modell des Reglerkerns (siehe [Modell \[▶ 38\]](#)) und ein Anwendungsbeispiel (siehe [Beispiele](#)) werden bereitgestellt, um den Einsatz des Reglers in einer geschlossenen Simulationsumgebung zu demonstrieren.

3.1.1 Zertifizierung

Die Zertifizierung des TwinCAT Power Plant Control als EZA-Regler bestätigt die Konformität mit den folgenden Normen (siehe [Referenzen \[▶ 62\]](#)):

Norm	Beschreibung	Zertifizierung
VDE AR-N 4110:2023	Technische Regeln für den Anschluss von Kundenanlagen an das Mittelspannungsnetz und deren Betrieb (TAR-MS).	Ausstehend Voraussichtlich Q3/2025
VDE AR-N 4120:2018	Technische Regeln für den Anschluss von Kundenanlagen an das Hochspannungsnetz und deren Betrieb (TAR-HS).	Ausstehend Voraussichtlich Q3/2025
VDE AR-N 4130:2018	Technische Regeln für den Anschluss von Kundenanlagen an das Höchstspannungsnetz und deren Betrieb (TAR HöS)	Ausstehend Voraussichtlich Q3/2025
EN 50549-2:2019	Anschluss an das Mittelspannungsverteilnetz für Erzeugungsanlagen	Ausstehend Voraussichtlich Q4/2025
PPPiREE, V1.3: 2024	Technische Umsetzung der (EU) 2016-631 für Polen.	Ausstehend Voraussichtlich Q4/2025

Regulatorische Grundlagen

Die EU-Verordnung (EU) 2016/631 ist auch bekannt als *Network Code Requirements for Generators (NC RfG)* und bildet den rechtlichen Rahmen für die Netzanschlussbedingungen von Erzeugungsanlagen in Europa. Die Norm EN 50549-2 konkretisiert diese Vorgaben, indem sie detaillierte technische Anforderungen für den Anschluss beschreibt.

Ergänzend schließen nationale Regelwerke, wie in Deutschland die VDE-AR-N 4110, 4120 und 4130, die Lücke zwischen den europaweiten Vorgaben durch die NC RfG und den technischen Spezifikationen der EN-Normen. Sie schaffen damit verbindliche Regeln für die Netzintegration auf nationaler Ebene.

Die FGW TR3 (Technische Richtlinie 3 der Fördergesellschaft Windenergie und andere Dezentrale Energien e.V.) beschreibt die Bestimmung von elektrischen Eigenschaften von Erzeugungseinheiten und -anlagen im Rahmen von Typ- und Komponentenzertifizierungen. Sie legt die Methoden und Prüfverfahren fest, mit denen das elektrische Verhalten gegenüber dem Netz nachgewiesen wird.

Die PPPiREE (Polskie Porozumienie Producentów i Rozdzielców Energii Elektrycznej) ist die polnische Branchenorganisation für Stromerzeuger und -verteiler, die unter anderem die technische Umsetzung der EU-Verordnung (EU) 2016/631 (NC RfG) in Polen koordiniert. Sie erstellt Leitfäden und technische Vorgaben, die die europäischen Anforderungen an Netzanschlussbedingungen in das nationale Regelwerk übertragen.

Diese Dokumente sind eng miteinander verknüpft:

- Die NC RfG legt fest, welche Anforderungen einzuhalten sind.
- Die EN 50549-2 definiert, wie diese Anforderungen praktisch umzusetzen sind.
- Die VDE-AR-N 4110, 4120 und 4130 definiert diese Umsetzung für Deutschland
- Die PPPIREE definiert diese Umsetzung für Polen
- Die FGW TR3 definiert, wie die Anforderungen zu prüfen und zu zertifizieren sind.

3.1.1.1 Gültigkeit

Im Rahmen der Zertifizierung wurde das Produkt `TwinCAT Power Control` mit der Produktnummer TF8360 geprüft. Der Reglerkern wird dabei durch das Modul *TwinCAT Power Plant Control* umgesetzt, das in TwinCAT als `TcPowerPlantControl` benannt ist.

Die Zertifizierung nach VDE-AR-N 4110, 4120 und 4130 erfolgte im September 2025 und wurde mit der Version 0.1.0 des *TwinCAT Power Plant Control* veröffentlicht. In den folgenden Abschnitten sind die geprüften Funktionen und Komponenten beschrieben.

Der Einsatz des *TwinCAT Power Plant Control* als EZA-Regler ist ausschließlich in den durch die Typprüfung abgedeckten Kombinationen von Hard- und Software zulässig. Darüber hinaus sind die Rahmenbedingungen (z. B. Messwandlergenauigkeit, Kommunikationsschnittstellen, Einsatzumgebung) der Komponenten verbindlich einzuhalten und im Rahmen einer Inbetriebnahme zu verifizieren. Siehe [Komponenten](#) [► 13].

Lizenzgebundene Einschränkung der Plattformen

Die Ausführung des *TwinCAT Power Plant Control* als EZA-Regler darf ausschließlich auf zertifizierten Beckhoff Embedded-PCs erfolgen. Dies wird durch die Lizenzierung des Produkts *TF8360 | TwinCAT Power Plant Control* geprüft:

- Die Lizenz ist auf die TwinCAT-Plattformen 20, 30, 40 und 50 beschränkt.
- Diese Plattformen repräsentieren die im Komponentenzertifikat zugelassenen Geräte.
- Eine Ausführung auf anderen Plattformen oder Fremdsystemen wird durch den Lizenzmechanismus von TwinCAT verhindert.

3.1.1.2 Funktionen

Eine Zusammenstellung der Regler-Funktionen mit Referenzen zu Kapiteln der VDE AR-N 4110/20/30 und der EN-50549 2 zeigt die folgende Tabelle:

Beschreibung	Name	VDE 4110/20/30	EN-50549-2	FGW TR3
Sollwertvorgabe einer max. Wirkleistung	<u>Sollwertvorgabe des Wirkleistungsreglers</u> [▶ 25]	10.2.4.1 / 10.2.4.2 / 11.2.7	4.11.2	6.1.3.6
Frequenzabhängige Wirkleistungsregelung P(f)	<u>Frequenzabhängige Wirkleistungsanpassung</u> [▶ 27]	10.2.4.3 / 11.2.8	4.6.1 / 4.6.2	6.1.4.5
Bereitstellung von Primärregelleistung	<u>Frequenzabhängige Primärregelung der Wirkleistung</u> [▶ 26]	10.5.3 / 11.2.8.3 (nur VDE 4110)	Entfällt	6.1.7
Wirkleistungsgradient nach Spannungslosigkeit	<u>Sollwertvorgabe des Wirkleistungsreglers</u> [▶ 25]	11.3.2	4.10.2	6.1.11
Spannungsbezogenen Wirkleistungsabsenkung	<u>Spannungsbezogene Wirkleistungsabsenkung</u> [▶ 29]	-	4.7.3	-
Blindleistungsregelung mit konstantem Sollwert	<u>Blindleistungsregelung mit konstantem Sollwert</u> [▶ 33]	10.2.2 / 11.3.2	4.7.2.3.2	6.1.4.1
Blindleistungsregelung mit Verschiebefaktor CosPhi	<u>Blindleistungsregelung mit Verschiebefaktor CosPhi</u> [▶ 33]	10.2.2.4 / 11.3.2	4.7.2.3.2	6.1.4.2
Blindleistungsregelung mit Spannungsbegrenzung	<u>Blindleistungsregelung mit Spannungsbegrenzungsfunktion Q(Ulim)</u> [▶ 35]	10.2.2.4 / 11.3	-	6.1.4.3
Blindleistungs-Spannungskennlinie Q(U)	<u>Blindleistungsregelung mit Spannungskennlinie Q(U)</u> [▶ 34]	10.2.2.4 / 11.3	4.7.2.3.3	6.1.4.4
Blindleistungs-Wirkleistungskennlinie Q(P)	<u>Blindleistungsregelung mit Wirkleistungskennlinie Q(P)</u> [▶ 36]	10.2.2.4 / 11.3	4.7.2.3.4	6.1.4.5
Verhalten bei Kommunikationsfehlern	<u>Verhalten bei Kommunikationsfehlern</u> [▶ 21]	10.2.2.4 / 11.3	-	6.1.8.2
Verhalten bei Ausfall der Stromversorgung / USV	<u>Verhalten bei Ausfall der Stromversorgung</u> [▶ 22]	10.2.2.4 / 11.4.21	-	6.1.8.1
Regler Überbrückung (Slave-Mode)	<u>Betriebszustände des Reglers</u> [▶ 20]	11.3.2	-	6.1.9
Automatische Zuschaltung nach Schutzauslösung	<u>Automatische Wiedereinschaltung nach Schutzauslösung</u> [▶ 22]	10.4 / 11.2.11	4.10.2	6.1.12
Umschaltverhalten im Betrieb	<u>Umschaltung Betriebsmodi im Betrieb</u> [▶ 33]	-	-	6.1.5
Priorisierung bei mehreren Sollwertvorgaben	<u>Sollwertvorgabe des Wirkleistungsreglers</u> [▶ 25]	11.3.2	-	6.1.10

3.1.1.3 Komponenten

Ein EZA-Regler mittels des *TwinCAT Power Plant Control* kann abhängig von der Anlagenkonfiguration aus ausgewählten vom Zertifikat abgedeckten Komponenten bestehen.

Zertifiziert wurde die Verwendung auf Embedded-PCs basierend auf Arm® Cortex® Prozessoren wie dem CX8200, CX8290 und CX9240, sowie den Intel Atom® Prozessoren aus der Elkhart Lake Serie wie im CX5330 und CX5340 verbaut. Zur Netzdatenerfassung wurden die EtherCAT-Klemmen aus der Serie zur Leistungsmessung validiert, insbesondere der Einsatz der EL3453 und EL3783, sowie deren Varianten EL3453-0100 und EL3783-0100.

Die Produktion dieser Komponenten erfolgt unter einem nach ISO 9001 zertifizierten Qualitätsmanagementsystem.

Übersicht der Embedded-PCs:

Komponente	Beschreibung	Referenz
CX8200	Arm® Cortex®-A53 CPU	WWW , PDF
CX8290	2 Kerne, 1.2 GHz, 1 GB RAM	WWW , PDF
CX9240	Arm® Cortex®-A53 CPU 4 Kerne, 1.2 GHz, 2 GB RAM	WWW , PDF
CX5330	Intel Atom® x6214RE CPU 2 Kerne, 1.4 GHz, 4 GB RAM	WWW , PDF
CX5340	Intel Atom® x6425RE CPU 4 Kerne, 1.9 GHz, 8 GB RAM	WWW , PDF

Übersicht der EtherCAT-Klemmen zur Netzdatenerfassung:

Komponente	Beschreibung	Referenz
EL3453	EtherCAT-Klemme	WWW , PDF
EL3453-0100	130 / 690 V AC, 1 / 5 A, 24 Bit	WWW , PDF
EL3783	EtherCAT-Klemme	WWW , PDF
EL3783-0100	130 / 690 V AC, 1 / 5 A, 16 Bit, 20 kSps	WWW , PDF

3.1.2 Vereinbarungen

Die folgenden Abschnitte definieren zentrale Begriffe und Grundlagen zur Verwendung des *TwinCAT Power Plant Control* als EZA-Regler. Beschriebene Begriffe und Benennungen finden sowohl in den Softwaremodulen von *TwinCAT Power Plant Control* als auch in dieser Dokumentation Anwendung. Darüber hinaus gelten die Begriffe und Abkürzungen aus der VDE-AR-N 4110, VDE-AR-N 4120 und VDE-AR-N 4130, folgend als VDE-Normen bezeichnet, sowie der EN-50549-2 und abgeleiteten Normen, folgend als EN-Normen bezeichnet (siehe [Referenzen](#) [[▶ 62](#)]).

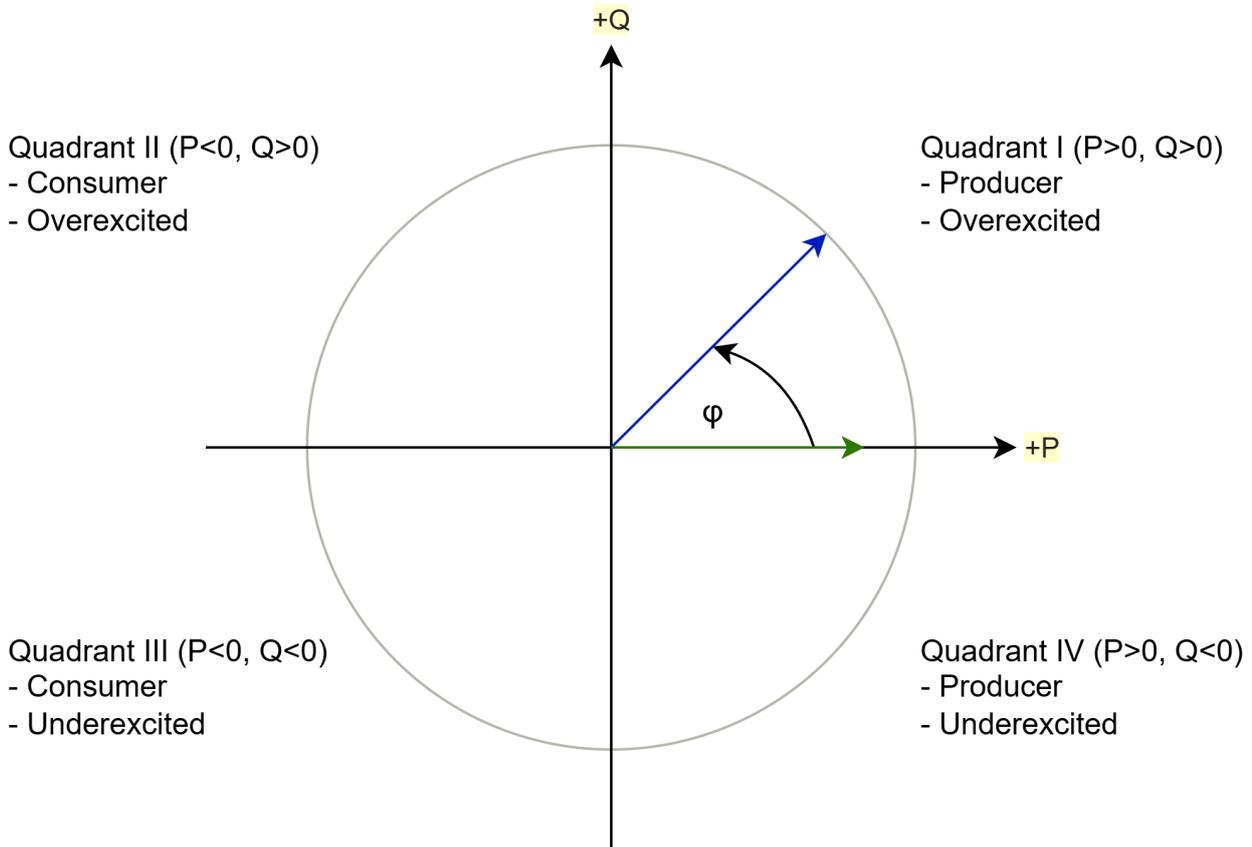
3.1.2.1 Nomenklatur

Die Einbindung des *TwinCAT Power Plant Control* als Reglerkern erfolgt über mehrere Schnittstellen des TwinCAT-Moduls. Über diese Schnittstellen werden Betriebszustände, Steuerbefehle und Sollwerte übergeben sowie Regelzustände, Stellgrößen und Diagnoseinformationen ausgelesen. Die Datenpunkte in den jeweiligen Schnittstellen sind nach in Kategorien strukturiert und werden mit folgenden Begriffen beschrieben.

Name	Beschreibung
<i>Target(s)</i>	Prozessdaten Eingang für Vorgabe von Sollwerten der Applikation an den Regler.
<i>Control</i>	Prozessdaten Eingang für Weitergabe von Applikation-Zustände und Kommandos an den Regler.
<i>Demand(s)</i>	Prozessdaten Ausgang für die Ausgabe der Regler Stellwerte.
<i>Status</i>	Prozessdaten Ausgang für die Ausgabe der Regler Betriebszustände.
<i>Diagnostic(s)</i>	Prozessdaten Ausgang für die Ausgabe von internen Reglergrößen zur Diagnose. Wird in TwinCAT über Modulreiter->Data Area dem Modul Prozessdaten Ausgang hinzugefügt. Interne Regelgrößen werden in [pu] Skalierung ausgegeben.
<i>Measure(s)</i>	Prozessdaten Eingang für die Netzdatenerfassung. Kann in TwinCAT über die <i>Data Areas</i> den Prozessdaten des Moduls hinzugefügt werden. Der Regler benötigt eine Spannungsmittelwert U123 über 3 Phasen und einen Summen Wirk- und Fundamental Blindleistungswert mit Vorzeichen.
<i>Betriebszustand</i>	Interner Betriebszustand des Reglers. Wird durch Flags in <i>Status</i> angezeigt
<i>(e)ActiveMode</i>	Betriebsmode des Wirkleistungsreglers
<i>(e)ReactiveMode</i>	Betriebsmode des Blindleistungsreglers
<i>Active Power Control</i>	Wirkleistungsregler des <i>TcPowerPlantControl</i> Moduls
<i>Reactive Power Control</i>	Blindleistungsregler des <i>TcPowerPlantControl</i> Moduls
<i>Fallback Control</i>	Ein <i>FallbackMode</i> konfiguriert das Verhalten des Reglers bei Ausfall der Kommunikation zu dem Energieversorger, bei Ausfall der Kommunikation zum Direktvermarkter, bei Ausfall der Kommunikation zu der Erzeugungsanlage oder beim Ausfall der Netzdatenerfassung.
<i>Persistent Control</i>	Dateibasierte Speicherung und Wiederherstellung der zuletzt gültigen Sollwerte und der Parameter eines <i>TcPowerPlantControl</i> oder eines <i>TcPowerMeasure</i> Moduls.
<i>Übererregter Betrieb</i>	Eine positive Blindleistung (Richtung von der Erzeugungsanlage zum Netz) erhöht die Spannung an dem Netzverknüpfungspunkt der Erzeugungsanlage. Als Kürzel für Parameter und Prozessdaten wird <i>OvExt</i> verwendet. Der Regler benötigt Soll- und Istwerte mit Vorzeichen um den unterregten und übererregten Betrieb in der Erzeugungsanlage richtig abzubilden (siehe Zählpfeilsystem [▶ 16]).
<i>Untererregter Betrieb</i>	Eine negative Blindleistung (Richtung vom Netz zur Erzeugungsanlage) erniedrigt die Spannung an der Erzeugungsanlage. Als Kürzel für Parameter und Prozessdaten wird <i>UdExt</i> verwendet. Der Regler benötigt Soll- und Istwerte mit Vorzeichen um den unterregten und übererregten Betrieb in der Erzeugungsanlage richtig abzubilden (siehe Zählpfeilsystem [▶ 16]).

3.1.2.2 Zählpfeilsystem

Das *TwinCAT Power Control* nutzt das Erzeuger-Zählpfeilsystem laut untenstehender Abbildung. Das Erzeuger-Zählpfeilsystem (EZS) wird auch von der EN-Normen verwendet. Im Gegensatz dazu verwenden die VDE-Normen das Verbraucher-Zählpfeilsystem (VZS). Damit sind alle dort gelisteten Kennlinien und Parameter für einen Abgleich mit dem *TwinCAT Power Plant Control* in das Erzeuger-Zählpfeilsystem zu übertragen.



Vorzeichenkonvention für Q und $\cos \varphi$ im Erzeuger-Zählpfeilsystem

Für die Blindleistung (Q) gilt folgende Vorzeichenkonvention:

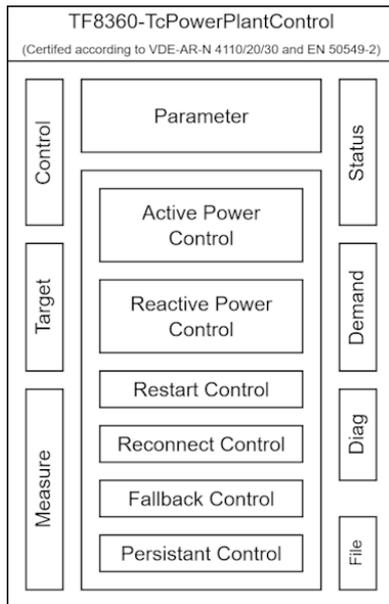
- $Q > 0$: Anlage speist Blindleistung ins Netz ein
- $Q < 0$: Anlage nimmt Blindleistung aus dem Netz auf

Da der Wirkfaktor ($\cos \varphi$) eigentlich vorzeichenlos ist, wird sein Vorzeichen aus der Blindleistung abgeleitet:

- $\cos \varphi > 0$: Anlage speist Blindleistung ins Netz ein ($Q > 0$)
- $\cos \varphi < 0$: Anlage nimmt Blindleistung aus dem Netz auf ($Q < 0$)

3.1.3 Schnittstellen

Das *TwinCAT Power Plant Control* berechnet die Wirkleistungs- und Blindleistungsstellwerte als *Demands* anhand der gemessenen Istwerte aus *Measure*, den übergebenen Vorgaben in *Controls* und den Sollwerten in *Targets*. Die *Targets* werden dabei bezogen auf ihren Nominalwerten skaliert übergeben bzw. vom Modul als Demand berechnet. Die *Parameter* des Moduls werden über den Reiter *Parameter (Init)* vorkonfiguriert. Der Wirkleistungsregler wird unter Wirkleistungsregler [▶ 23] und der Blindleistungsregler unter Blindleistungsregler [▶ 30] beschrieben. Unter Nomenklatur [▶ 15] sind die vom *TwinCAT Power Plant Control* und dieser Dokumentation verwendeten Namen und Vereinbarungen, sowie ihre Bedeutung gelistet. Unter Datentypen [▶ 60] finden sich Auflistungen der Aufzählungsdefinitionen und der Datenstrukturen zu den Schnittstellen des Reglers. Auch findet sich eine Parameterliste des Reglers mit Minimal, Maximal und den Standardwerten mit Beschreibung unter Parameter [▶ 48].



3.1.3.1 Netzdatenerfassung

Die im Rahmen der Zertifizierung geprüften EtherCAT-Klemmen zur Netzdatenerfassung sind folgend aufgeführt (siehe auch Komponenten [▶ 13]):

Komponente	Beschreibung
EL3453 EL3453-0100	EtherCAT-Klemme 130 / 690 V AC, 1 / 5 A, 24 Bit <ul style="list-style-type: none"> • Genauigkeit Spannung/Strom ≤ 0.3 % • Genauigkeit Leistung ≤ 0.6 % • Genauigkeit Frequenz ≤ 5 mHz • Aktualisierungsrate = 10 ms
EL3783 EL3783-0100	EtherCAT-Klemme 130 / 690 V AC, 1 / 5 A, 16 Bit, 20 kSps <ul style="list-style-type: none"> • Genauigkeit Spannung/Strom ≤ 0.2 % • Genauigkeit Leistung ≤ 0.4 % • Genauigkeit Frequenz ≤ 5 mHz • Aktualisierungsrate = 1 ms

Für die Erfassung und Berechnung von Netzdaten kommt ein *TwinCAT Power Measure* Modul aus dem *TF8330 | TwinCAT Power Collector* oder dem *TF8360 | TwinCAT Power Technologies* zum Einsatz. Diese Module dienen in Verbindung mit EtherCAT-Klemmen zur Netzdatenerfassung.

- EL3453: Die Netzdaten der Klemme EL3453 werden über das `TcPowerMeasureEL3453` Modul abgerufen. In diesem Fall erfolgen Netzanalysen und Auswertungen der gemessenen Spannungen und Ströme direkt in der EtherCAT-Klemme. Die Ergebnisse werden vom *TwinCAT Power Measure* übernommen.
Siehe auch `TcPowerMeasureEL3453`.
- EL3783: Die Netzdaten der Klemme EL3783 werden über das `TcPowerMeasureEL3783` Modul eingelesen. Die Klemme stellt dabei Instantanwerte von Spannungen und Strömen bereit, welche anschließend vom *TwinCAT Power Measure* ausgewertet werden.
Siehe auch `TcPowerMeasureEL3783`.

Die Standardvarianten der EL3453 und EL3783 dienen zur direkten Messung im Niederspannungsnetz bis 690 V. Die *-0100 Varianten* beider Klemmen sind für den Einsatz mit Spannungswandlern optimiert und ermöglichen die Messung von Mittel- oder Hochspannung über deren 100 V Sekundärseite. Technisch handelt es sich lediglich um unterschiedliche Eingangsbeschaltungen, während die Firmware und Software zur Messwertverarbeitung identisch sind.

Für den Einsatz des *TwinCAT Power Plant Control* als EZA-Regler in Höchstspannungsnetzen ist zwingend die EL3783 mit dem `TcPowerMeasureEL3783` einzusetzen, um den höheren Anforderungen gerecht zu werden.

Die Lizenzen *TF8330* zum Einbinden der *EL3453* mittels des `TcPowerMeasureEL3453` Moduls ist in der Lizenz *TF8360* enthalten. Für das Einbinden der *EL3783* mittels des `TcPowerMeasureEL3783` Moduls muss zusätzlich die Lizenz *TF8350* erworben werden.

Die Daten des jeweiligen `TcPowerMeasure` Moduls werden über einen Interface Pointer direkt in das `TcPowerPlantControl` übergeben, ohne den Umweg über das explizite Mapping von Inputs and Outputs der Prozessdaten. Die Messwerte werden in SI-Einheiten an den Regler übergeben. Zur internen Weiterverarbeitung skaliert der Regler diese Werte in die Per-Unit-Darstellung (pu), um eine normierte Bewertung relativ zum jeweiligen Nennwert zu ermöglichen.

Der Regler verwendet für die Spannungsführung den symmetrischen Dreiphasen-Mittelwert U123. Zur Überwachung der Zuschaltbedingungen während der Betriebszustände *Restart* und *Reconnect* werden die Phasen-Phasen-Spannungen U12, U23 und U31 herangezogen. Für die Berechnung der Wirk- und Blindleistung nutzt der Regler die Fundamentalwerte der Grundschwingung als vorzeichenbehaftete Summenleistung über alle drei Phasen.

Externe Geräte zur Netzdatenerfassung

Werden abweichend von den unterstützten EtherCAT-Klemmen externe Geräte zur Netzdatenerfassung eingesetzt, müssen die Messwerte den folgenden Anforderungen entsprechen und in geeigneter Form dem *TwinCAT Power Plant Control* zur Verfügung gestellt werden.

Messwert	Genauigkeit	Aktualisierungsrate
Spannung	≤ 1.0 %	≤ 100 ms
Strom	≤ 1.0 %	≤ 100 ms
Leistung	≤ 1.0 %	≤ 100 ms
Frequenz	≤ 10 mHz	≤ 100 ms

Für den Einsatz des EZA-Reglers in Höchstspannungsnetzen gelten erweiterte Anforderungen an die Netzdatenerfassung. Diese sind bei der Auswahl und Anbindung externer Geräte zur Netzdatenerfassung zwingend zu berücksichtigen.

Messwert	Genauigkeit	Aktualisierungsrate
Spannung	≤ 0.5 %	≤ 100 ms
Strom	≤ 0.5 %	≤ 100 ms
Leistung	≤ 0.5 %	≤ 100 ms
Frequenz	≤ 5 mHz	≤ 100 ms

3.1.3.2 Sollwertvorgaben

Die Schnittstellen zum Empfang von Sollwertvorgaben sowie zum Versand der Stellwerte an die Erzeugungsanlagen können unter anderem über die folgenden Produkte und Protokolle realisiert werden.

Dabei sollte eine Übertragungsgenauigkeit von mindestens 1 % des Nennwertes und eine Verzögerungszeit von maximal 100 ms gewährleistet sein.

Produkt/Referenz	Schnittstelle
EL1002	Digitale Signale
EL2002	0..24 V, 0..12 V, 0..10 V, 0..5 V
EL3022	Analoge Signale
EL4022	4..20 mA, 0..20 mA, 0..10 V, +/- 10 V
TF6500	IEC 60870-5-101 IEC 60870-5-104
TF6510	IEC 61850 IEC 61400-25
TF6250 EL625x	Modbus TCP
TF6255	Modbus RTU
TF6100	OPC UA Server/Client
TF6105	OPC UA Pub/Sub
TF6270	PROFINET RT
EL6633	PROFINET IRT
TF628x EL665x	EtherNet/IP
EL673x	PROFIBUS
EL675x	CAN, CANopen

3.1.3.3 Skalierungen

Im Folgenden wird dargestellt, wie Einheiten und Skalierungen im *TwinCAT Power Plant Control* verwendet und konfiguriert werden.

Alle Leistungswerte in *Target* und *Demand* sowie für die Leistungsregelung assoziierte Parameter werden bezogen auf den Nominalwert vom Regler in Prozent erwartet. Der Nominalwert wird definiert über den Parameter *ActiveNominal* (in Watt) und entspricht dem $P_{b\ inst}$ nach VDE-Normen, bzw. P_{Max} nach EN-Normen. Eine anwenderspezifische Skalierung kann für Leistungswerte der *Targets* und *Demands* mit dem Parameter *ActiveScale* (Default=100.0) für Wirkleistungswerte und *ReactiveScale* (Default=100.0) für Blindleistungswerte konfiguriert werden. Bei *Scale* = 1.0 wird dann eine Per-Unit-Skalierung eingestellt. Als Default ist ein *Scale* = 100 eingetragen was der Prozent-Skalierung entspricht.

Eingehende Netzdaten werden in SI-Einheit (wie V, A, W) empfangen und mit entsprechenden Parametern wie *VoltageNominal* intern auf Per-Unit skaliert. Die der Spannung zugeordneten Parameter werden wie bei den VDE- und EN-Normen in Prozent angegeben.

Die Frequenz wird nicht normiert und wird vom Regler in Hertz erwartet.

3.1.3.4 Schrittweiten

Alle analogen Signale und Messwerte werden im Datentyp „Floating Point“ mit einfacher Genauigkeit (Single Precision) gemäß IEEE 754 übermittelt. Dabei stehen mehr als sechs signifikanten Stellen bei der Datenübergabe an den Regler zu Verfügung. Diese gewährleistet eine hohe Genauigkeit und präzise Wertübergabe an den Regler. Die Genauigkeitsgrenzen sind durch die Spezifikation des IEEE 754 Standards definiert.

Die Schrittweite bei der Einstellung von Parametern hängt vom verwendeten Datentyp ab:

- **BOOL**: Booleschen Wert, der nur zwei Zustände erlaubt (TRUE, FALSE).
- **ENUM**: Aufzählung, die ausschließlich vordefinierte Zustände erlaubt.
- **TIME**: Numerischer Wert, der Zeitdauern in Millisekunden darstellt. Damit stehen Zeiträume von 0 Sekunden bis ca. 49 Tagen zur Verfügung.
- **REAL**: Gleitkommazahl mit einfacher Genauigkeit (Single Precision) gemäß IEEE 754. Damit stehen mehr als sechs signifikanten Dezimalstellen zur Verfügung.

3.1.4 Betriebsmodi

Der folgende Abschnitt beschreibt die möglichen Zustände des Reglers während des Betriebs. Dabei wird erläutert, wie der Regler auf unterschiedliche Vorgaben und Netzbedingungen reagiert.

3.1.4.1 Betriebsvorgaben des Reglers

Der Regler berücksichtigt Betriebszustände der Applikation über *Control* Prozessdaten (siehe [DataAreas](#) [► 56]).

Variable	Beschreibung
bEnable	Freigabe des Reglers mit Zurücksetzen aller Zeitglieder, Filter und Integrationen.
bSupplyError	Externe USV ist durch Ausfall der Versorgung aktiv. Signal an den Regler, um internen Zustände über ein kontrolliertes Ausschalten und Neustarten hinweg zu speichern.
bMeasureError	Kommunikationsfehler zum Netzdatenerfassungsgerät an der <i>Measure</i> Schnittstelle. Der Regler geht für die Zeit des Fehlers in den Zustand <i>Bypass</i> und nutzt die Sollwerte, die durch Parameter des <i>Fallback Control</i> und dem <i>FallbackMode</i> ausgewählt wurden.
bPlantError	Kommunikationsunterbrechungen zu einer angeschlossenen Erzeugungsanlage. Betrifft die Stellwerte aus der <i>Demand</i> Schnittstelle. Der Regler geht für die Zeit des Fehlers in den Zustand <i>Bypass</i> .
bOperatorError	Unterbrechung der Kommunikation zu der Fernwirkschnittstelle des Netzbetreibers. Der Regler nutzt für die Targets <i>fActivePowerLim</i> und <i>fReactivePowerSet</i> , sowie <i>fCosPhiSet</i> die Sollwerte, die über den Parameter <i>OperatorFallbackMode</i> ausgewählt wurden. Nach Aufhebung des Fehlers gilt eine Wiedereinschaltverzögerung entsprechend des Parameters <i>OperatorFallbackDelay</i> .
bMarketerError	Unterbrechung der Kommunikation zum Energiemanagementsystem des Direktvermarkters. Der Regler nutzt für <i>fActivePowerSet</i> den Sollwert, der über den Parameter <i>MarketerFallbackMode</i> ausgewählt wurde. Nach Aufhebung des Fehlers gilt eine Wiedereinschaltverzögerung entsprechend des Parameters <i>MarketerFallbackDelay</i> .
bVoltageProtection	Spannungsschutz durch externes Gerät ausgelöst. Betrifft die <i>Reconnect</i> Funktion des Reglers.
bFrequencyProtection	Frequenzschutz durch externes Gerät erkannt. Betrifft die <i>Reconnect</i> Funktion des Reglers.

3.1.4.2 Betriebszustände des Reglers

Der Regler kennt die folgenden Betriebszustände als Teil des Data Area *Status* (siehe [DataAreas](#) [► 56]).

Die Betriebszustände *Normal*, *Critical*, *Restart*, *Reconnect* dienen zur Anwahl der Anstiegsbegrenzung des Wirkleistungssollwertes.

Variable	Beschreibung
bValid	Der Regler ist korrekt über Parameter und Targets konfiguriert und kann durch <i>Enable</i> = TRUE gestartet werden. Die <i>Demand</i> Stellwerte sind nutzbar.

Variable	Beschreibung
bStart	Der Regler ist durch <i>Enable</i> aktiviert und betriebsbereit. Die Zuschaltbedingungen für <i>Restart</i> oder <i>Reconnect</i> sind erfüllt und die Wartezeit ist abgelaufen, um die Erzeugungsanlagen einzuschalten.
bNormal	Der Regler ist in einem normalen Betriebszustand. Der netzkritische Betrieb ist nicht aktiv. Auch sind alle Bedingungen für ein <i>Restart</i> oder <i>Reconnect</i> erfüllt und es ist keine Wartezeit aktiv.
bCritical	Der Regler erkennt den netzkritischen Zustand durch kontinuierliche Überwachung der Frequenz bei der frequenzabhängigen Wirkleistungsanpassung P(f) erkannt. Die Diagnose-Informationen enthalten weitergehende Informationen, welche der Zuschaltbedingungen nicht erfüllt wurden.
bRestart	Hochlauf der Energieerzeugungsanlage ist aktiv. Die Diagnose-Informationen enthalten weitergehende Informationen, welche der Zuschaltbedingungen nicht erfüllt wurden.
bRestartWait	Freigabebedingungen sind erfüllt und Wartezeit zur Freigabe der Energieerzeugung ist aktiv.
bReconnect	Wiederzuschaltung der Energieerzeugungsanlage nach Schutzauslösung ist aktiv. Das <i>Reconnect</i> wird nach Beendigung der Hochfahrrampe deaktiviert. Die Diagnose-Informationen enthalten weitergehende Informationen, welche der Zuschaltbedingungen nicht erfüllt wurden.
bReconnectWait	Freigabebedingungen sind erfüllt und Wartezeit zur automatische Wiederzuschaltung nach Abschaltung ist aktiv.

3.1.4.3 Freigabe der Energieerzeugung

Die Freigabe der Energieerzeugung nach einem Hochlauf ist eine Funktion gemäß EN-Normen. Diese Funktion ist insbesondere bei dezentralen Energieerzeugern relevant, um ein ungeordnetes Wiedereinschalten nach einem Netzausfall zu vermeiden und die Systemstabilität gemäß Netzanschlussrichtlinien sicherzustellen. Im *TwinCAT Power Plant Control* wird diese Funktion als *Restart* bezeichnet und über Parameter der Gruppe *Restart* konfiguriert (siehe [Restart](#) [► 49]).

Mit dem Parameter *RestartAutomatic* = *TRUE* wird die Funktion aktiviert. Nach einem Netzwiederkehr-Ereignis überwacht der *Restart*-Mechanismus während des Hochlaufs die Netzfrequenz und Netzspannung, um die in der Norm definierten Freigabebedingungen zu prüfen. Es stehen folgende Statussignale zur Verfügung:

- *bRestartWait*: Zeigt an, dass die technischen Freigabebedingungen (Frequenz, Spannung) erfüllt sind, jedoch die konfigurierte Wartezeit (Parameter *RestartDelay*) noch läuft.
- *bRestart*: Signalisiert, dass die Wartezeit abgeschlossen ist und sich die Energieerzeugungsanlage im Hochlauf befindet.
- *bStart*: Dient als Freigabesignal für die Energieerzeugung (z. B. zur Ansteuerung eines Leistungsschalters), sofern die *Restart*-Funktion aktiviert ist.

3.1.4.4 Verhalten bei Kommunikationsfehlern

Für Sollwerte, Messwerte und Stellwerte der Erzeugungsanlage kann jeweils ein individueller *Fallback*-Modus mit Wiedereinschaltverzögerung (*Delay*) über die Parametergruppe *Plant* konfiguriert werden (siehe [Plant](#) [► 49]). Diese Funktion ist in den Anforderungen der VDE-Normen, sowie der EN-Normen verankert.

Funktion des Fallback-Modus

Der *FallbackMode* definiert das Verhalten des Reglers bei Kommunikationsausfällen zu folgenden Komponenten:

- dem Netzbetreiber (*Operator*) – betrifft Sollwerte aus dem Netzleitsystem
- dem Direktvermarkter (*Marketer*) – betrifft Sollwerte aus der Vermarktung
- der Erzeugungsanlage (*Plant*) – betrifft die Rückmeldung und Ansteuerung der Einheiten
- der Netzdatenerfassung (*Measure*) – betrifft Messwerte am Netzverknüpfungspunkt (PCC)

Ein Ausfall der jeweiligen Kommunikationsverbindung wird über zugeordnete Status-Flags der Control-Schnittstelle (siehe [Betriebsvorgaben des Reglers](#) [► 20]) erkannt und dem Regler signalisiert.

Verfügbare Fallback-Modi

Je nach Konfiguration reagiert der Regler im Fehlerfall wie folgt:

- `Default`: Der als Parameter konfigurierte Default wird als Sollwert verwendet
- `Last`: Der zuletzt gültige Sollwert wird weiterverwendet

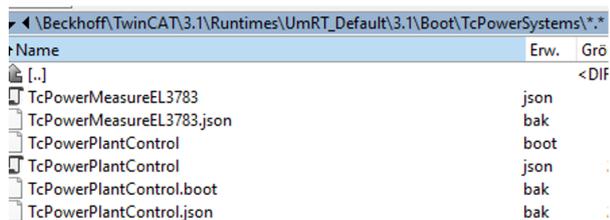
Dieser wird über das *Persistent Control* auch bei einem Neustart gespeichert und wiederhergestellt. Diese *Fallback* Logik ist auch beim Hochlauf des Reglers nach Aktivierung mittels `bEnable = TRUE` aktiv, selbst wenn zu diesem Zeitpunkt noch keine gültige Kommunikation besteht.

3.1.4.5 Verhalten bei Ausfall der Stromversorgung

Nach einem Ausfall der Versorgungsspannung soll der EZA-Regler seinen zuletzt gültigen Zustand mit den entsprechenden Sollwerten und Parametern automatisch wiederherstellen. Diese Anforderung ist in den VDE-Normen definiert.

Zur Umsetzung speichert das *TwinCAT Power Plant Control* beim Start (Übergang von Config nach Run) die aktuellen Parameter und Sollwerte im JSON-Format im TwinCAT Boot-Verzeichnis: `%TWINCAT3DIR%/Boot/TcPowerSystem`.

Beim Stopp des Systems (Übergang von Run nach Config) werden diese Werte aus den gespeicherten JSON-Dateien wiederhergestellt. Sind die Dateien nicht vorhanden oder fehlerhaft, werden die Initialwerte belassen.



Name	Erw.	Grö
[.]		<DIR
TcPowerMeasureEL3783	json	
TcPowerMeasureEL3783.json	bak	
TcPowerPlantControl	boot	
TcPowerPlantControl	json	
TcPowerPlantControl.boot	bak	
TcPowerPlantControl.json	bak	

3.1.4.6 Automatische Wiederschaltung nach Schutzauflösung

Die automatische Wiederschaltung nach einer (Schutz-) Abschaltung ist eine Anforderung der VDE-, sowie EN-Normen. Die *Reconnect* Funktion stellt sicher, dass eine ungeplante Wiederschaltung der Energieerzeugungsanlage nur unter stabilen Netzbedingungen erfolgt, um einen zentralen Beitrag zur Systemsicherheit im Verteil- und Übertragungsnetz zu leisten. Sie verhindert das Risiko von Netzrückwirkungen oder Instabilitäten nach Netzfehlern oder Inselnetzbetrieb. Im *TwinCAT Power Plant Control* wird diese Funktion unter der Bezeichnung *Reconnect* umgesetzt und über Parameter der Gruppe *Reconnect* konfiguriert (siehe [Reconnect](#) [► 50]).

Aktivierung und Grundfunktion

Die *Reconnect*-Funktion wird durch Setzen vom Parameter `ReconnectAutomatic = TRUE` aktiviert. Im aktiven Zustand überwacht die Funktion beim Hochlauf kontinuierlich auf Einhaltung der in der Norm definierten Wiederschaltbedingungen:

- die Netzfrequenz (F)
- die Phasen-Phasen-Spannungen (U12, U23, U31)

Es erfolgt eine Zustandsanzeige durch die `Status` Flags:

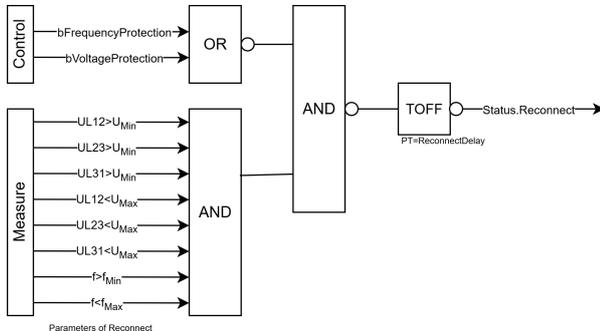
- `bReconnectWait`: Die Wiederschaltbedingungen sind erfüllt, aber die Wiedereinschaltverzögerung (`ReconnectDelay`) läuft noch.
- `bReconnect`: Die Wartezeit ist abgelaufen – die Anlage befindet sich im Hochlauf.
- `bStart`: Das Freigabesignal für die Energieerzeugung (z. B. zur Ansteuerung des Leistungsschalters) bei aktivem *Reconnect*.

Optionale Integration externer Schutzgeräte

Schutzauslösungen von externen Schutzgeräten können ebenfalls über die Flags `bVoltageProtection` und/oder `bFrequencyProtection` berücksichtigt werden

Funktionsprinzip im Blockschaltbild

Das funktionale Blockschaltbild der *Reconnect* Funktion gemäß den Anforderungen aus den VDE-Normen:



3.1.5 Wirkleistungsregler

Die Wirkleistungsregelung einer Erzeugungsanlage wird über die Parameter der Gruppe `ActivePower` konfiguriert (siehe [ActivePower](#) [► 50]). Sie passt sich flexibel an die Charakteristik der angeschlossenen Erzeugungseinheiten an und erfüllt die Anforderungen aus VDE-, sowie EN-Normen.

Initialisierung

Der Regler wird durch Setzen von `bEnable = TRUE` in den `Control` Eingangs-Prozessdaten aktiviert (siehe [DataAreas](#) [► 56]).

Beim Start werden alle Integratorzustände und Filter auf die aktuellen Eingangswerte angepasst bzw. zurückgesetzt, um einen sauberen Regelbeginn zu gewährleisten.

Begrenzung der Wirkleistung

Die maximal verfügbare Wirkleistung der angeschlossenen Erzeugungsanlage (EZA) wird in zwei Stufen definiert:

- Statisch über Parameter: `ActiveMaximum`, `ActiveMinimum`
 - Werte in [%] relativ zur Anlagenleistung, mit Vorzeichen gemäß dem Erzeuger-Zählpfeilsystem.
- Dynamisch über Sollwert-Eingänge (*Targets*):
 - Zwei separate externe Sollwerteingänge können zur dynamischen Begrenzung verwendet werden (z. B. durch Netzbetreiber oder Direktvermarkter).

Frequenzabhängige Leistungsanpassungen

Die nicht deaktivierbare frequenzabhängige Wirkleistungsregelung (*ActiveByFrequency*) erfolgt gemäß den Vorgaben der VDE 4110/4120 und ist im Kapitel [Frequenzabhängige Wirkleistungsanpassung](#) [► 27] beschrieben.

Die optional zuschaltbare Primärregelleistung (*ActiveByPrimary*) gemäß VDE-AR-N 4120 wird im Kapitel [Frequenzabhängige Primärregelung der Wirkleistung](#) [► 26] behandelt.

Signalfilterung

Folgende Parameter dienen zur Filterung der gemessenen Wirkleistung:

- `ActualFilterTime` (Default: 10 ms)
- `ActualFilterType` (Default: PT1)

Sowie folgende Parameter zur Filterung der gemessenen Frequenz:

- `FrequencyFilterTime` (Default: 10 ms)

- `FrequencyFilterType` (Default: PT1)

Reglerstruktur

Der Wirkleistungsregler ist als klassischer PI-Regler aufgebaut:

- `ControlGain`: Verstärkung
- `ControlIntegration`: Integrationszeitkonstante

Prädiktive Regelung (Optional)

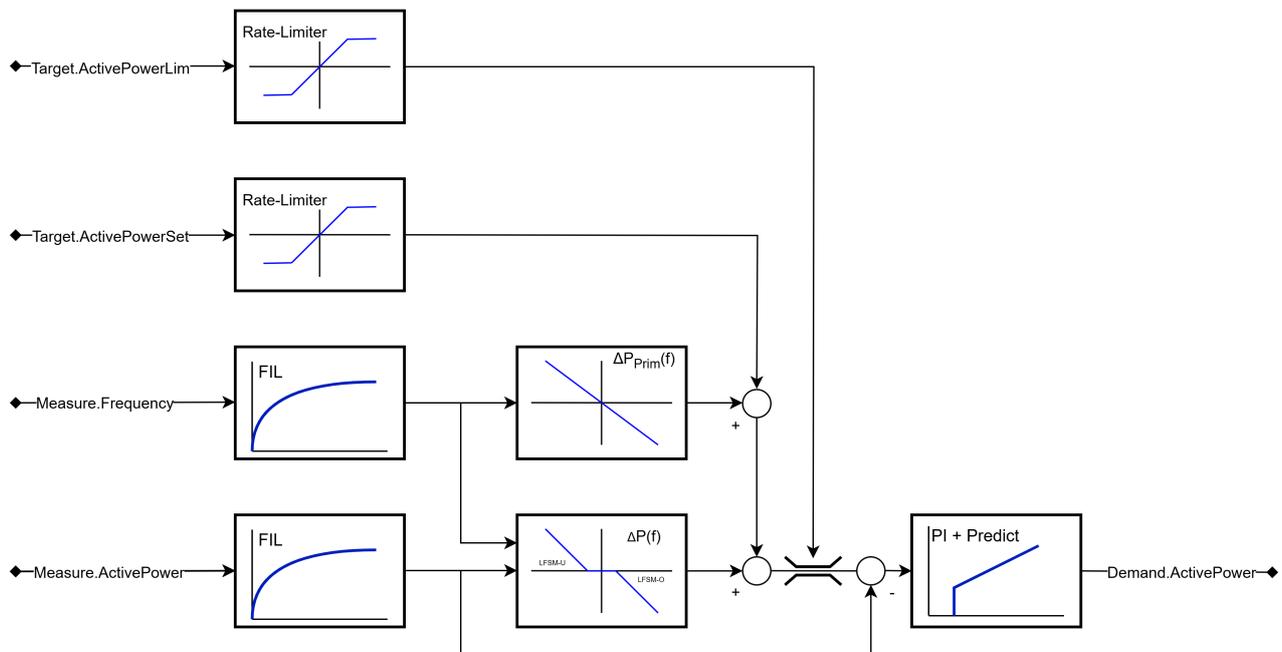
Die typische dynamische Reaktion einer EZA gemäß VDE kann durch ein einfaches PT1-Verhalten mit Kennwerten der Verzögerungszeit und Totzeit beschrieben werden. Wenn die tatsächliche Streckencharakteristik der Anlage bekannt ist, kann das Regelverhalten durch folgende Parameter verbessert werden.

- `PredictDeadtime`: Abbildung der Totzeit der Strecke
- `PredictFilterTime`: Abbildung der PT1-Verzögerung

Diese Werte werden vom PI-Regler berücksichtigt, um das Einschwingverhalten zu optimieren – insbesondere bei Anlagen mit signifikanter Totzeit im Vergleich zur Regelstrecke.

Blockschaltbild

Die folgende Abbildung zeigt den prinzipiellen Aufbau des Wirkleistungsreglers:



3.1.5.1 Betriebsmodi des Wirkleistungsreglers

Der Prozessdaten-Eingang `eActiveMode` unter `Targets` steuert die Umschaltung zwischen verschiedenen Betriebsmodi des Wirkleistungsreglers (siehe [DataAreas](#) |> 56]). Dabei sind folgende Modi verfügbar:

- **Default:**
Der Sollwert wird durch den statisch definierten Parameter `ActiveTargetDefault` vorgegeben.
- **Normal:**
Der Sollwert stammt dynamisch aus `fActivePowerSet` und wird vom Regler verarbeitet.
- **Slave:**
Im `Slave`-Modus arbeitet der Wirkleistungsregler als unterlagerter Regler. Der Sollwert `fActivePowerSet` wird dabei direkt dem PI-Regler zugeführt und umgeht die Anstiegsbegrenzung, sodass die Vorgabe ohne Verzögerung umgesetzt wird.

- Bypass:
Im `Bypass`-Modus wird der Wirkleistungsregler inklusive Anstiegsbegrenzung umgangen.

Diese Umschaltung kann im laufenden Betrieb erfolgen und ermöglicht eine flexible Anpassung an unterschiedliche Einsatzszenarien.

3.1.5.2 Sollwertvorgabe des Wirkleistungsreglers

Die Sollwerte für die Wirkleistungsregelung werden über die Eingangs-Prozessdaten in der Struktur `Targets` definiert (siehe [DataAreas](#) [► 56]), wobei die Parameter der Gruppe `ActivePower` zur Einstellung herangezogen werden (siehe [ActivePower](#) [► 50]).

Der EZA-Regler verarbeitet Sollwerte nach den in den Normen definierten Prioritäten:

- Netzbetreiber (Operator): Die Vorgabe `fActivePowerLim` dient als Begrenzung.
- Direktvermarkter (Marketer): Die Vorgabe `fActivePowerSet` dient als Sollwert.

Bei widersprüchlichen Vorgaben wird der betragsmäßig kleinere Sollwert verwendet. So werden Vorgaben des Direktvermarkters nur innerhalb der durch den Netzbetreiber definierten Begrenzung umgesetzt.

Netzspezifische Anforderungen

Die Priorisierung der Wirkleistungsvorgaben wird über den Parameter `ControllerMode` netzspezifisch eingestellt (siehe [Plant](#) [► 49]):

- `DE_VDE4110_2023` für Mittelspannungsnetz
- `DE_VDE4120_2018` für Hochspannungsnetz
- `DE_VDE4130_2018` für Höchstspannungsnetz

Durch Auswahl des passenden `ControllerMode` wird automatisch die für das jeweilige Netz geltende, folgend beschriebene Priorisierung der Wirkleistungsvorgaben angewendet.

- Mittel- und Hochspannungsnetz (VDE-AR-N 4110 / 4120):
 - Die Wirkleistungsausgabe des Reglers an die Erzeugungseinheiten ist auf die vom Netzbetreiber vorgegebene Begrenzung als Maximalwert beschränkt.
- Höchstspannungsnetz (VDE-AR-N 4130):
 - Im Fall einer Leistungssteigerung infolge eines Unterfrequenzereignisses hat die automatische Netzschutzmaßnahme (z. B. frequenzabhängige Wirkleistungsregelung $P(f)$) Vorrang und darf die vom Netzbetreiber vorgegebene Begrenzung überschreiten.

Anstiegsbegrenzung der Sollwerte

Die Anpassung der Sollwerte erfolgt mit einer betriebszustandsabhängigen Anstiegsbegrenzung, die über folgende Parameter konfiguriert wird:

- `ActiveTargetSlopeNormal` für Normalbetrieb
- `ActiveTargetSlopeCritical` für kritischer Zustand
- `ActiveTargetSlopeRestart` für Restart-Phase
- `ActiveTargetSlopeReconnect` für Reconnect-Phase

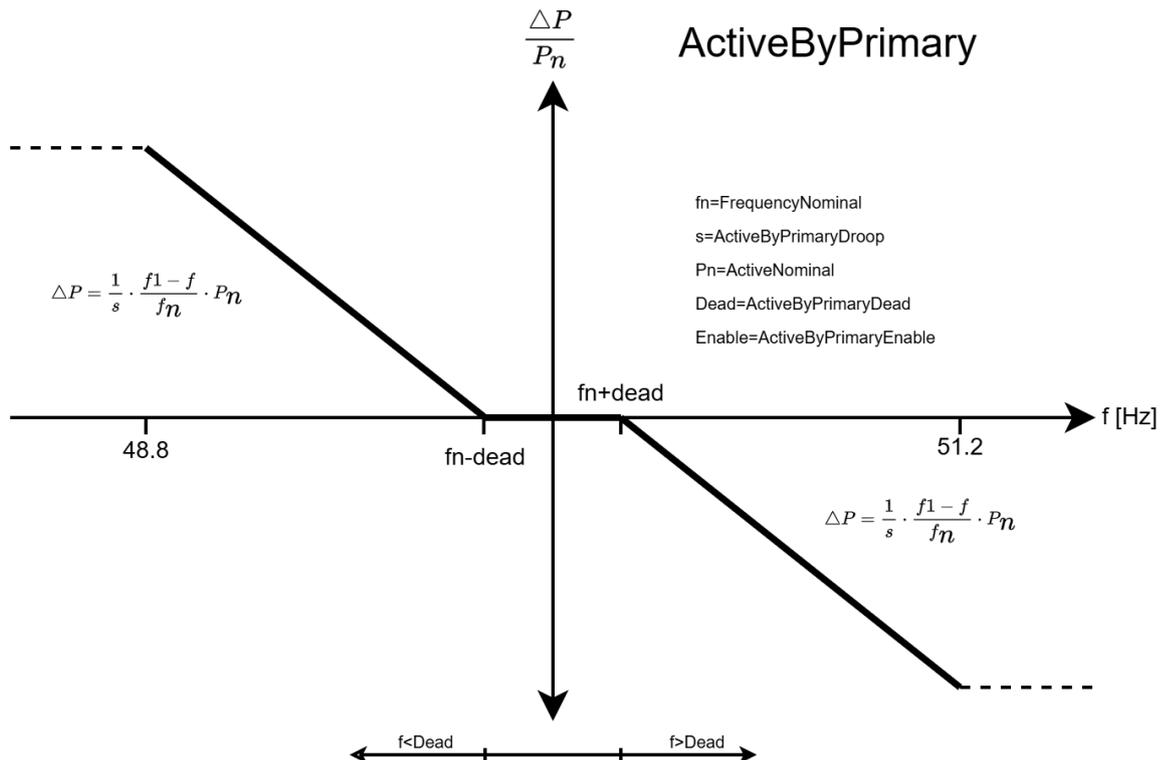
Diese differenzierte Anstiegsbegrenzung gewährleistet eine sichere und stabile Anpassung der Sollwerte unter Berücksichtigung der Netzsituation und der Anlagenbetriebszustände.

3.1.5.3 Frequenzabhängige Primärregelung der Wirkleistung

Die Kennlinie im Parameter `ActiveByPrimary` passt die Wirkleistung der Erzeugungsanlage in Abhängigkeit von der Netzfrequenz an. Diese Funktion ist gemäß VDE-Normen verpflichtend umzusetzen. Die Regelung erfolgt auf Basis der Parametergruppe `ActiveByPrimary` und wird durch den Parameter `ActiveByPrimaryEnable` aktiviert (siehe [ActiveByPrimary](#) [► 51]).

In Rahmen der EN-Normen wird dieser Betriebsmodus auch als *Frequency Sensitivity Mode (FSM)* bezeichnet.

Die zugehörige Kennlinie bildet eine frequenzabhängige Leistungsanpassung durch den Parameter `ActiveByPrimaryDroop` mit dem konfigurierbaren Totband um die Nennfrequenz durch den Parameter `ActiveByPrimaryDeadband`. Standardmäßig ist das Totband auf ± 10 mHz voreingestellt, um die geforderte Unempfindlichkeit von 10 mHz abzubilden.



3.1.5.4 Frequenzabhängige Wirkleistungsanpassung

Die Kennlinie im Parameter `ActiveByFrequency` passt die Wirkleistung der Erzeugungsanlage abhängig von der Netzfrequenz an, sobald ein Übergang in einen netzkritischen Betriebszustand erfolgt. Diese Funktion ist Bestandteil der Anforderungen aus VDE-, sowie der EN-Normen. Sie deckt sowohl Überfrequenz (*LFSM-O*) als auch Unterfrequenz (*LFSM-U*) ab. Die Konfiguration erfolgt über die Parametergruppe `ActiveByFrequency` (siehe [ActiveByFrequency \[► 51\]](#)).

Im Rahmen der EN-Normen wird dieser Betriebsmodus auch als *Limited Frequency Sensitive Mode (LFSM)* bezeichnet.

Ein unkritischer Netzzustand liegt vor, wenn sich die Netzfrequenz innerhalb der zulässigen Grenzen befindet. Wird eine Frequenzgrenze überschritten und läuft die jeweils konfigurierte Verzögerungszeit (`StrDelay`) ab, wird der kritische Betriebszustand aktiviert (*LFSM-U* oder *LFSM-O*). Dieser Zustand wird im *Status* mittels `Critical` signalisiert.

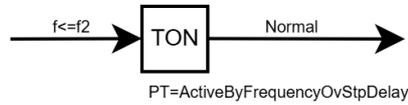
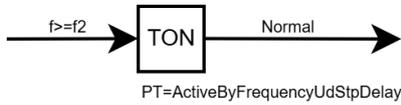
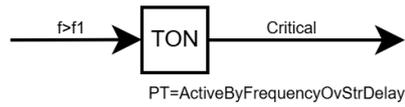
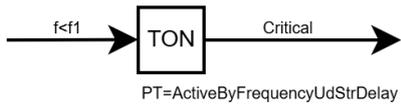
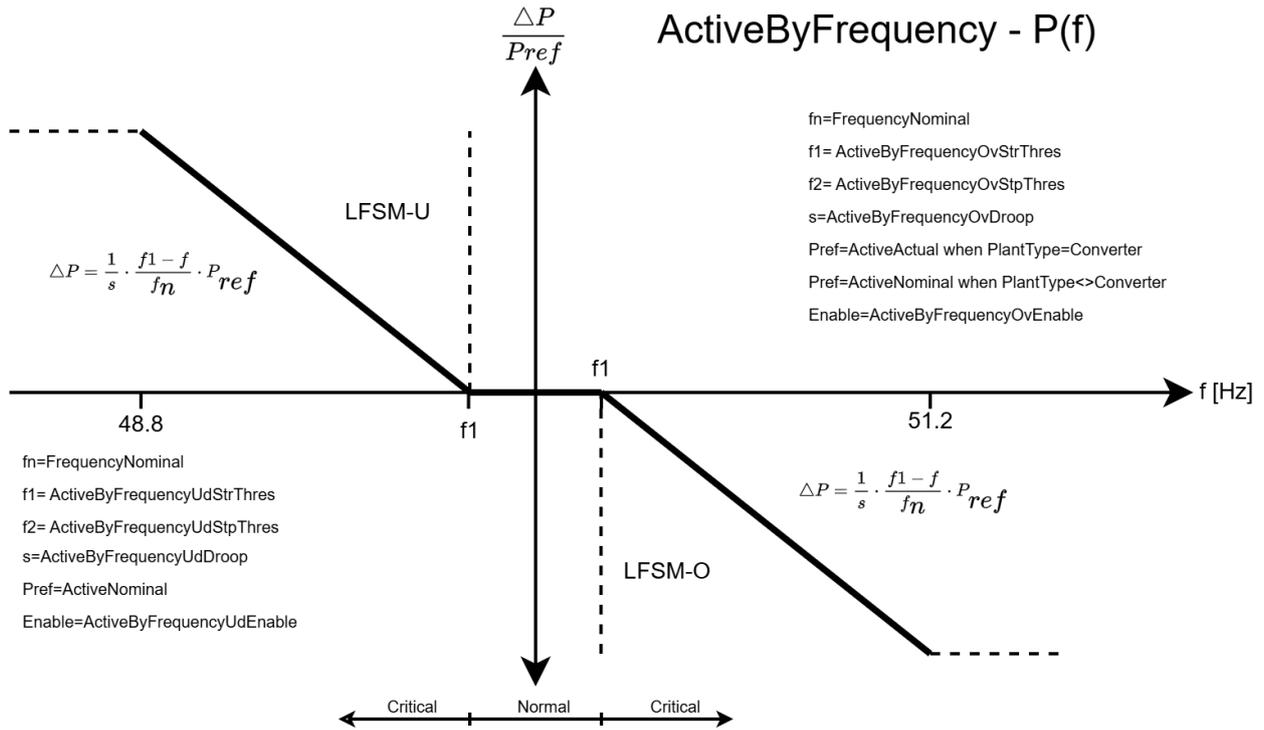
- *LFSM-U* (Unterfrequenzbetrieb): Die Leistungsanpassung ΔP wird über den Bezugswert $P_{\text{Ref}} = \text{ActiveNominal}$ und den Parameter `UdDroop` berechnet.
- *LFSM-O* (Überfrequenzbetrieb): Der Bezugswert P_{Ref} hängt vom Anlagentyp ab. Bei Anlagen mit `PlantType = Converter` wird `ActiveActual` verwendet, andernfalls `ActiveNominal`. Die Leistungsreduktion erfolgt dann über P_{Ref} und `OvDroop`.

Der Rückfall in den unkritischen Zustand erfolgt, wenn die Frequenz wieder im zulässigen Bereich liegt und die Rückfallverzögerung (`StrDelay`) abgelaufen ist.

Dabei ist der Bezugswert P_{Ref} über den Parameter `ActiveNominal` entsprechend der Nennleistung der Erzeugungsanlage einzustellen (siehe [Parameter \[► 50\]](#)).

Frequenzmessung, Vorfilterung und Regelung sind hinsichtlich der Durchlaufverzögerung optimiert. Zusätzlich lassen sich bewusst Verzögerungen konfigurieren, um unerwünschte Schalthäufigkeit zu vermeiden.

Im kritischen Betriebszustand greift für den Sollwert `fActivePowerSet` die Anstiegsbegrenzung `ActiveTargetSlopeCritical` (siehe [ActivePower \[► 50\]](#)).

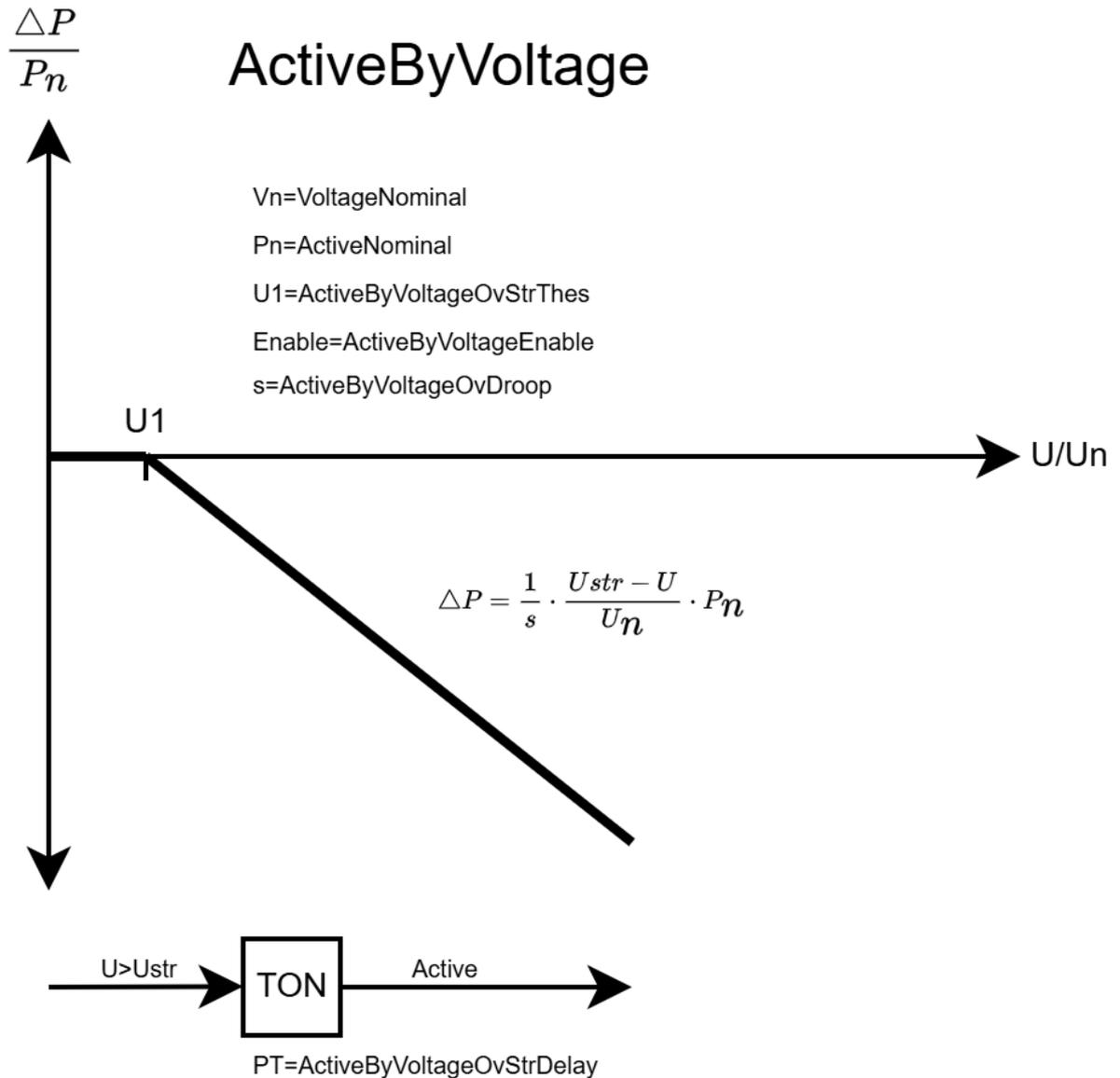


3.1.5.5 Spannungsbezogene Wirkleistungsabsenkung

Die spannungsabhängige Wirkleistungsabsenkung reduziert die Wirkleistung der Erzeugungsanlage bei Überspannung, um ein Ansprechen des Überspannschutzes zu verhindern. Diese Funktion ist gemäß EN-Normen gefordert.

Die Umsetzung erfolgt über die Parametergruppe `ActiveByVoltage` (siehe [ActiveByVoltage](#) ▶ 521). Die Kennlinie wird aktiviert über den Parameter `Enable`. Die Einschaltswelle zur Auslösung der Absenkung wird durch `OvStrThres` definiert, die zugehörige Verzögerungszeit über `OvStrDelay`.

Sobald die gemessene Spannung den Schwellwert überschreitet und die Verzögerung abgelaufen ist, wird im aktiven Bereich der Kennlinie der Absenkverlauf durch den Faktor `OvDroop` bestimmt. Dieser legt fest, in welchem Maß die Wirkleistung in Abhängigkeit von der Überspannung reduziert wird.



3.1.6 Blindleistungsregler

Die Konfiguration der Blindleistungsregelung erfolgt über die Parameter der Gruppe `ReactivePower` (siehe [ReactivePower](#) [► 52]). Die Regelung orientiert sich an den Anforderungen den VDE- sowie den EN-Normen und berücksichtigt das typische Verhalten dezentraler Erzeugungsanlagen im Netzbetrieb.

Initialisierung

Der Blindleistungsregler wird durch Setzen von `bEnable = TRUE` in den `Control` Eingangs-Prozessdaten aktiviert (siehe [DataAreas](#) [► 56]).

Beim Aktivieren werden alle Integratoren und Filter auf die aktuellen Eingangswerte gesetzt bzw. zurückgesetzt, um einen stabilen Regelstart zu gewährleisten.

Begrenzung der Blindleistung

Die im Betrieb verfügbare Blindleistung der angeschlossenen Erzeugungsanlage wird über folgende Parameter angegeben:

- `ReactiveMaxUdExt`: Maximale kapazitive Blindleistung (Unterer Bereich)
- `ReactiveMaxOvExt`: Maximale induktive Blindleistung (Oberer Bereich)

Die Werte sind mit Vorzeichen gemäß dem Erzeuger-Zählpeilsystem zu interpretieren.

Optional kann eine wirklastabhängige Blindleistungskurve der Erzeugungsanlage aktiviert werden, um das Q(P)-Verhalten der Anlage zu berücksichtigen (siehe Kapitel [Blindleistungsregelung mit Wirkleistungskennlinie Q\(P\)](#) [► 36]).

Signalfilterung

Folgende Parameter dienen zur Filterung der gemessenen Blindleistung:

- `ActualFilterTime` (Default: 10 ms)
- `ActualFilterType` (Default: PT1)

Sowie folgende Parameter zur Filterung der gemessenen Spannung:

- `VoltageFilterTime` (Default: 10 ms)
- `VoltageFilterType` (Default: PT1)

Reglerstruktur

Der Blindleistungsregler ist als klassischer PI-Regler aufgebaut:

- `ControlGain`: Reglerverstärkung
- `ControlIntegration`: Integrationszeitkonstante

Eine zusätzliche Filterung über folgende Parameter dient sowohl zur Glättung als auch zur Anstiegsbegrenzung des Sollwerts in Richtung des Reglers, damit die Dynamik der Steuerung dem geforderten Verhalten eines Filters erster Ordnung entspricht.

- `ReactiveTargetFilterTime` (Default: 2 s)
- `ReactiveTargetFilterType` (Default: PT1)

Zur zusätzlichen Glättung und Begrenzung der Sollwertanstiegs wird ein Tiefpass erster Ordnung (PT1) eingesetzt. Dadurch entspricht die eingestellte Filterzeit einem Zeitglied 1. Ordnung mit der Zeitkonstante τ .

- `ReactiveTargetFilterTime` (Default: 2000 ms = 2 s = 1 τ)
- `ReactiveTargetFilterType` (Default: PT1)

Mit der im Default eingestellten Filterzeit von 2 Sekunden (1 τ) wird der Sollwert auf ca. 63 % des Endwerts angehoben. Dies entspricht der VDE-Anforderungen, ein Einschwingverhalten über 3 $\tau \approx 6$ Sekunden einzuhalten.

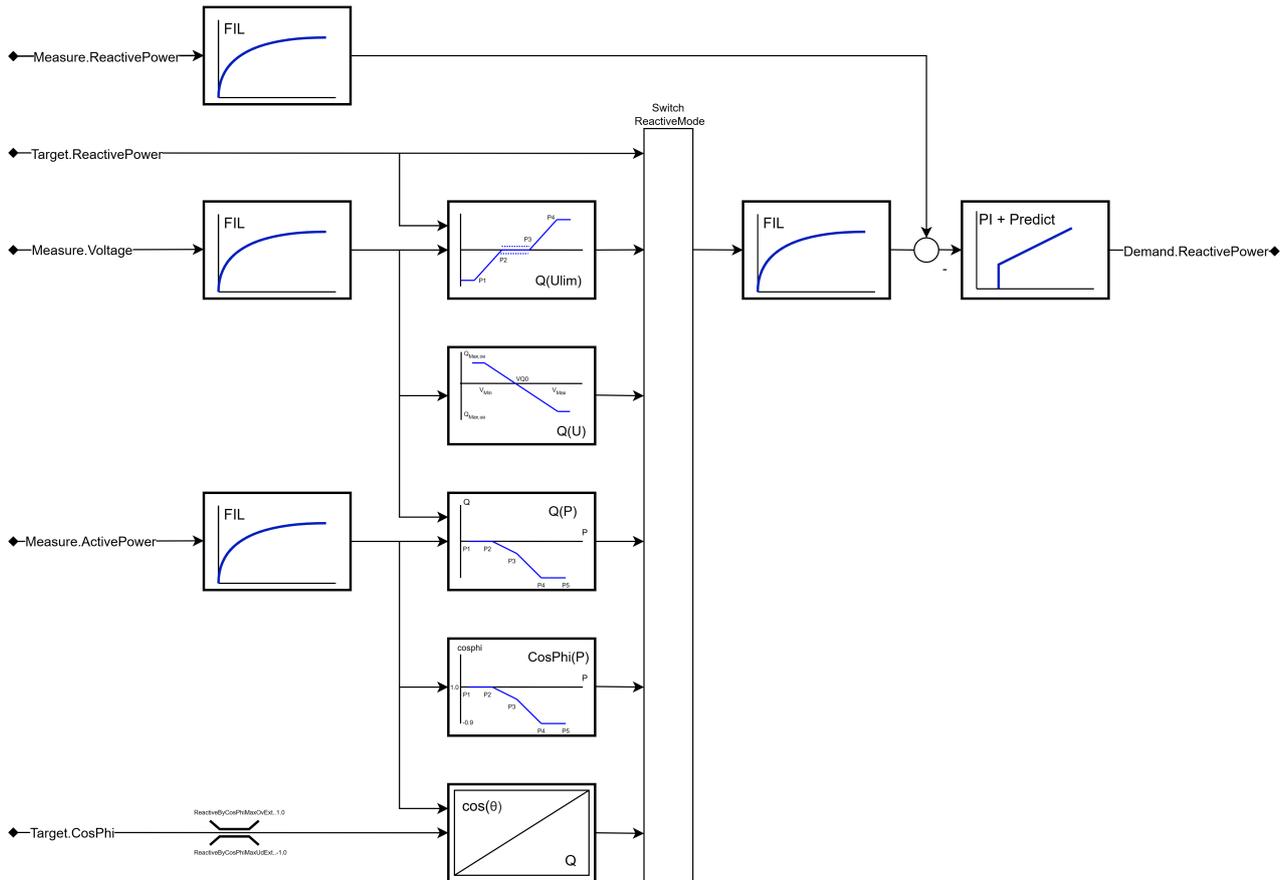
Prädiktive Regelung (Optional)

Bei bekannter Anlagencharakteristik kann die Streckenverzögerung modellbasiert berücksichtigt werden. Diese Parameter verbessern das Einschwingverhalten insbesondere bei Anlagen mit einer im Verhältnis zur Streckenverzögerung dominanten Totzeit.

- PredictDeadtime: Abbildung der Totzeit der Strecke
- PredictFilterTime: Abbildung der PT1-Verzögerung

Blockschaltbild

Die folgende Abbildung zeigt den prinzipiellen Aufbau des Blindleistungsreglers:



3.1.6.1 Betriebsmodi des Blindleistungsreglers

Der Prozessdaten-Eingang `eReactiveMode` unter den *Targets* steuert die Auswahl der Betriebsart des Blindleistungsreglers (siehe [DataAreas](#) [► 56]). Folgende Modi stehen zur Verfügung:

- **Default:**
Der Sollwert wird durch den statischen Parameter `ReactiveTargetDefault` vorgegeben.
- **Normal:**
Der Sollwert stammt dynamisch aus `fReactivePowerSet` und wird vom Regler verarbeitet.
- **Slave:**
Im *Slave*-Modus arbeitet der Blindleistungsregler als unterlagerter Regler. Der Sollwert `fReactivePowerSet` wird dabei direkt dem PI-Regler zugeführt und umgeht die Anstiegsbegrenzung, sodass die Vorgabe ohne Verzögerung umgesetzt wird.
- **Bypass:**
Im *Bypass*-Modus wird der Blindleistungsregler inklusive Anstiegsbegrenzung umgangen.

Zusätzlich sind folgende erweiterte Regelmodi verfügbar:

- **ByCosPhi:**
Blindleistungsregelung mit Verschiebefaktor *CosPhi* (siehe [ReactiveByCosPhi](#) [► 53])
- **ByVoltage:**
Spannungskennlinie $Q(U)$ (siehe [ReactiveByVoltage](#) [► 54])
- **ByVoltageLim:**
Spannungsabhängige Blindleistungsbegrenzung $Q(Ulim)$ (siehe [ReactiveByVoltageLim](#) [► 54])
- **ByActive:**
Wirkleistungskennlinie $Q(P)$ (siehe [ReactiveByActive](#) [► 54])

- `ByActiveCosPhi`:
`CosPhi(P)`-Kennlinie nach EN-Norm (siehe [ReactiveByActive](#) [► 54])

Diese Betriebsmodi können dynamisch umgeschaltet werden, z. B. durch eine Fernwirkchnittstelle des Netzbetreibers (siehe [Sollwertvorgaben](#) [► 19]). Die Umschaltung erfolgt unter Einhaltung der in der Norm geforderten Übergangverhalten und Filterparameter (z. B. `ReactiveTargetFilterTime`, `ReactiveTargetFilterType`, siehe [ReactivePower](#) [► 52]).

3.1.6.2 Umschaltung Betriebsmodi im Betrieb

Die Umschaltung des Blindleistungsregelmodus kann im laufenden Betrieb über den Prozessdaten-Eingang `eReactiveMode` erfolgen, beispielsweise durch eine Fernwirkchnittstelle (siehe [Sollwertvorgaben](#) [► 19]).

Das Umschaltverhalten wird dabei durch den Sollwertfilter vor dem Regler bestimmt. Dieser ist über die Parameter `ReactiveTargetFilterTime` und `ReactiveTargetFilterType` konfigurierbar. Gemäß den Anforderungen der VDE-, sowie der EN-Normen ist standardmäßig ein PT1-Filterverhalten voreingestellt, um eine gleitende und netzverträgliche Umschaltung sicherzustellen.

3.1.6.3 Blindleistungsregelung mit konstantem Sollwert

Der Prozessdaten-Eingang `fReactivePowerSet` unter `Targets` (siehe [DataAreas](#) [► 56]) definiert den Blindleistungssollwert im Betriebsmodus `Normal`. Dieser Sollwert wird typischerweise vom Netzbetreiber (`Operator`) über eine Fernwirkchnittstelle vorgegeben (siehe [Sollwertvorgaben](#) [► 19]).

Im Betriebsmodus `Default` verwendet der Regler stattdessen den statisch konfigurierten Wert `ReactiveTargetDefault` als festen Blindleistungssollwert.

3.1.6.4 Blindleistungsregelung mit Verschiebefaktor CosPhi

Der Prozessdaten-Eingang `fCosPhiSet` gibt den Sollwert für den Verschiebefaktor im Betriebsmodus `ByCosPhi` vor. Die Konfiguration dieser Regelung erfolgt über die Parametergruppe `ReactiveByCosPhi` (siehe [ReactiveByCosPhi](#) [► 53]).

Das Vorzeichen des `CosPhi`-Sollwerts ist gemäß dem Erzeuger-Zählpeilsystem anzugeben (siehe [Zählpeilsystem](#) [► 16]):

- `CosPhi < 0`: untererregter Betrieb (Blindleistung vom Netz zur Anlage), Begrenzung erfolgt zwischen $-1,0$ und dem Parameter `MaxUdExt`.
- `CosPhi > 0`: übererregter Betrieb (Blindleistung von der Anlage ins Netz), Begrenzung erfolgt zwischen $+1,0$ und `MaxOvExt`.

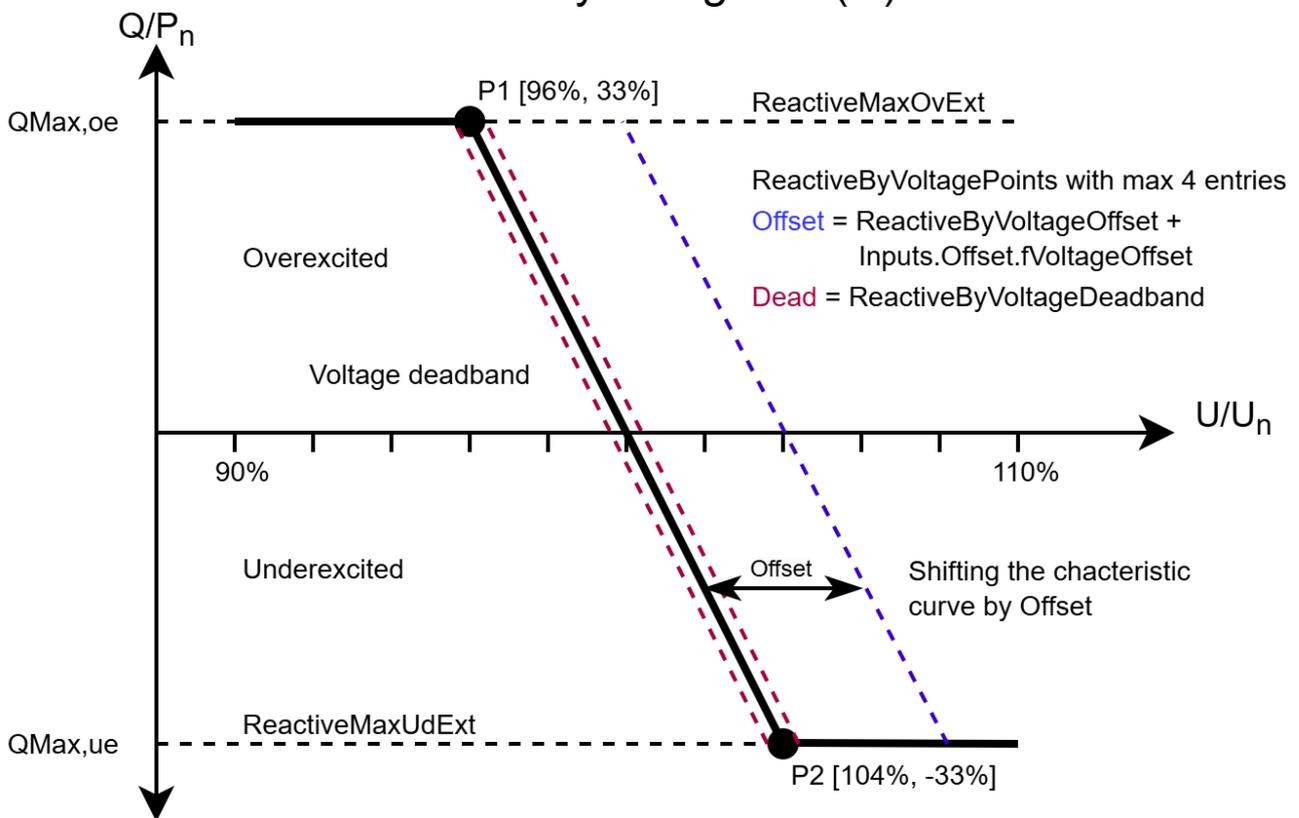
Der Parameter `ReactiveTargetDefault` definiert den Standardwert für `CosPhi` (siehe [ReactivePower](#) [► 52]). Dieser wird außerdem verwendet, wenn beim Starten des Reglers noch kein gültiger Sollwert über die Kommunikationsschnittstelle verfügbar ist oder wenn die Verbindung zum Netzbetreiber unterbrochen ist.

3.1.6.5 Blindleistungsregelung mit Spannungskennlinie Q(U)

Mit Setzen des `eReactiveMode = ByVoltage` ist die Spannungskennlinie $Q(U)$ für die Blindleistungsregelung aktiviert. Mit den Parametern der Gruppe `ReactiveByVoltage` wird die spannungsabhängige Kennlinie $Q(U)$ konfiguriert (siehe [ReactiveByVoltage](#) [► 54]).

Eine Lookup-Kennlinie `ReactiveByVoltagePoints` ist als Parameter mit 4 Arbeitspunkten vorbereitet. Voreingestellt sind dabei die Arbeitspunkte nach VDE-AR-N 4110. Eine vertikale Verschiebung der Kennlinie kann mit dem Parameter `ReactiveByVoltageOffset` vorgegeben werden und verschiebt die Spannung für $Q=0$. Ein Spannungstotband kann mit Parameter `ReactiveByVoltageDeadband` eingestellt werden. Sobald die Spannung die Grenzen des Totbandes überschreitet, wird ein neuer Blindleistungswert berechnet und angefahren. Dieser ergibt sich aus dem Schnittpunkt der gemessenen Spannung und der überschrittenen Totbandgrenze. Die implementierte Kennlinie mit den verwendeten Parametern zeigt folgende Abbildung. Die EN-Normen fordern eine Sperr- und Entsperrleistung sowie einen minimalen $\cos\phi$, um die Blindleistung bei niedrigen Wirkleistungen zu begrenzen. Diese Anforderungen werden durch den Regler über die zusätzlichen Parameter `ReactiveByVoltageStrPower`, `ReactiveByVoltageStpPower` und `ReactiveByVoltageCosPhiMin` bereitgestellt und sind für VDE-Normen zu deaktivieren.

ReactiveByVoltage - Q(U)

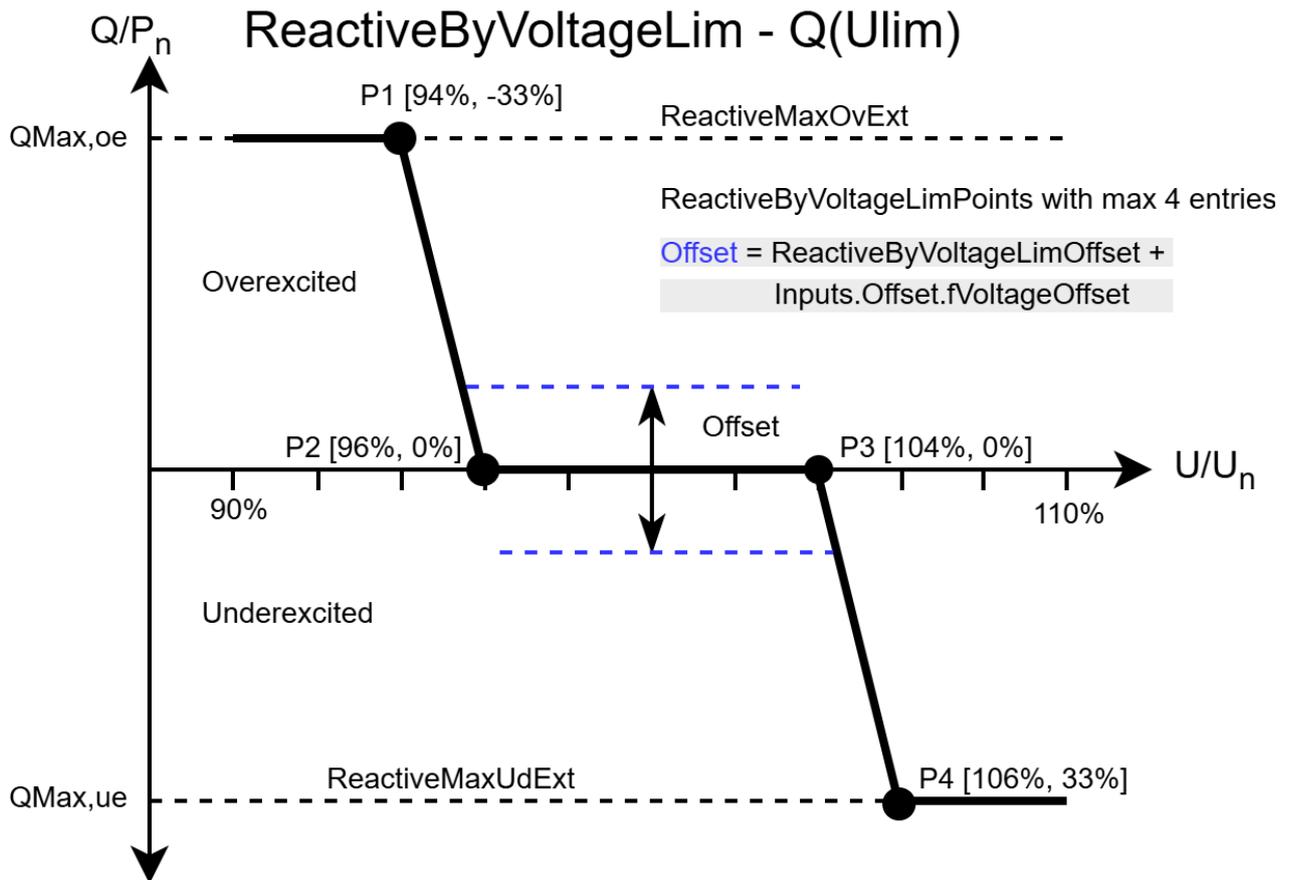


3.1.6.6 Blindleistungsregelung mit Spannungsbegrenzungsfunktion Q(U_{lim})

Im Betriebsmodus `ByVoltageLim` ist die spannungsabhängige Begrenzungskennlinie $Q(U_{lim})$ für die Blindleistungsregelung aktiv. Die Konfiguration erfolgt über die Parametergruppe `ReactiveByVoltageLim` (siehe [ReactiveByVoltageLim](#) [► 54]).

Die Kennlinie basiert auf einer festen Lookup-Tabelle mit vier Arbeitspunkten (Points) und ist entsprechend den Vorgaben aus den VDE-Normen implementiert. Standardmäßig sind die Arbeitspunkte gemäß VDE-AR-N 4110 voreingestellt. Eine horizontale Verschiebung der Kennlinie ist über den Parameter `ReactiveByVoltageLimOffset` möglich.

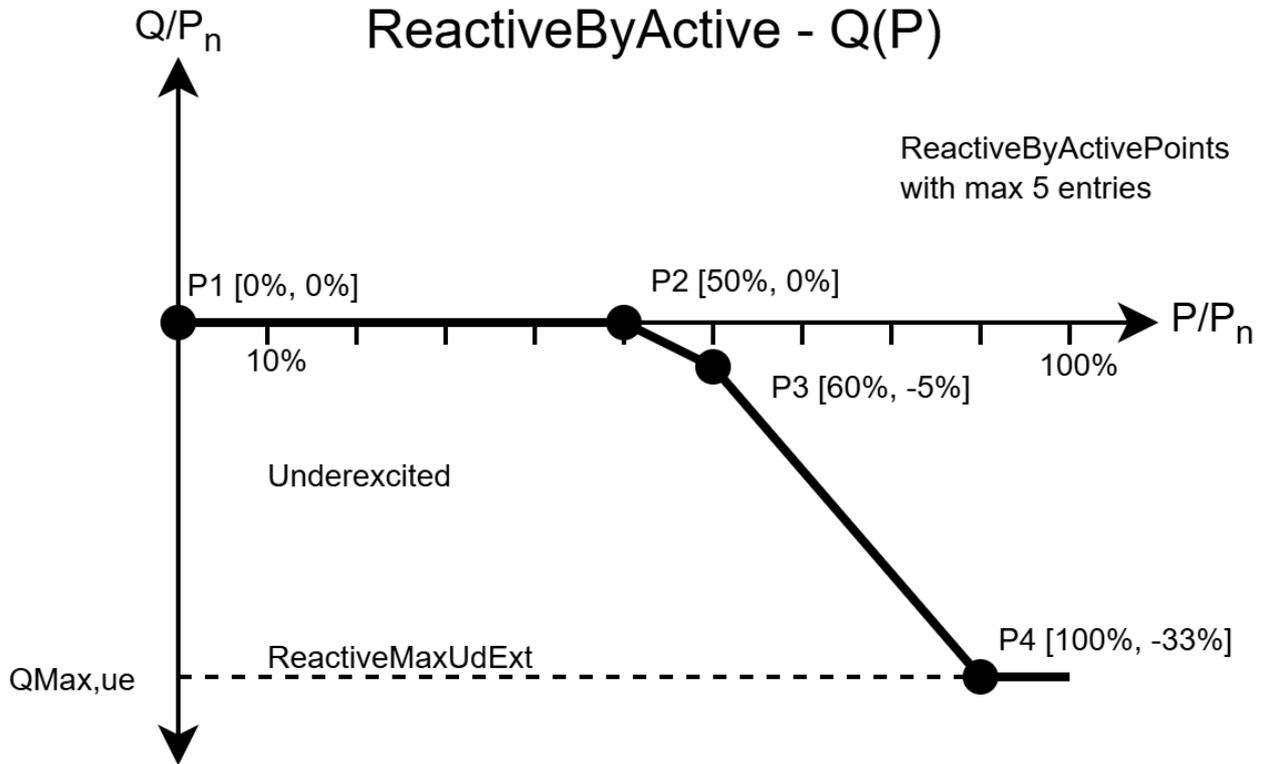
Die resultierende Kennlinie mit den zugehörigen Parametern ist in folgender Abbildung dargestellt.



3.1.6.7 Blindleistungsregelung mit Wirkleistungskennlinie Q(P)

Mit Setzen des `eReactiveMode = ByActive` ist die Wirkleistungskennlinie Q(P) für die Blindleistungsregelung aktiv. Mit den Parametern der Gruppe `ReactiveByActive` wird die wirkleistungsabhängige Kennlinie Q(P) konfiguriert (siehe [ReactiveByActive](#) [► 54]).

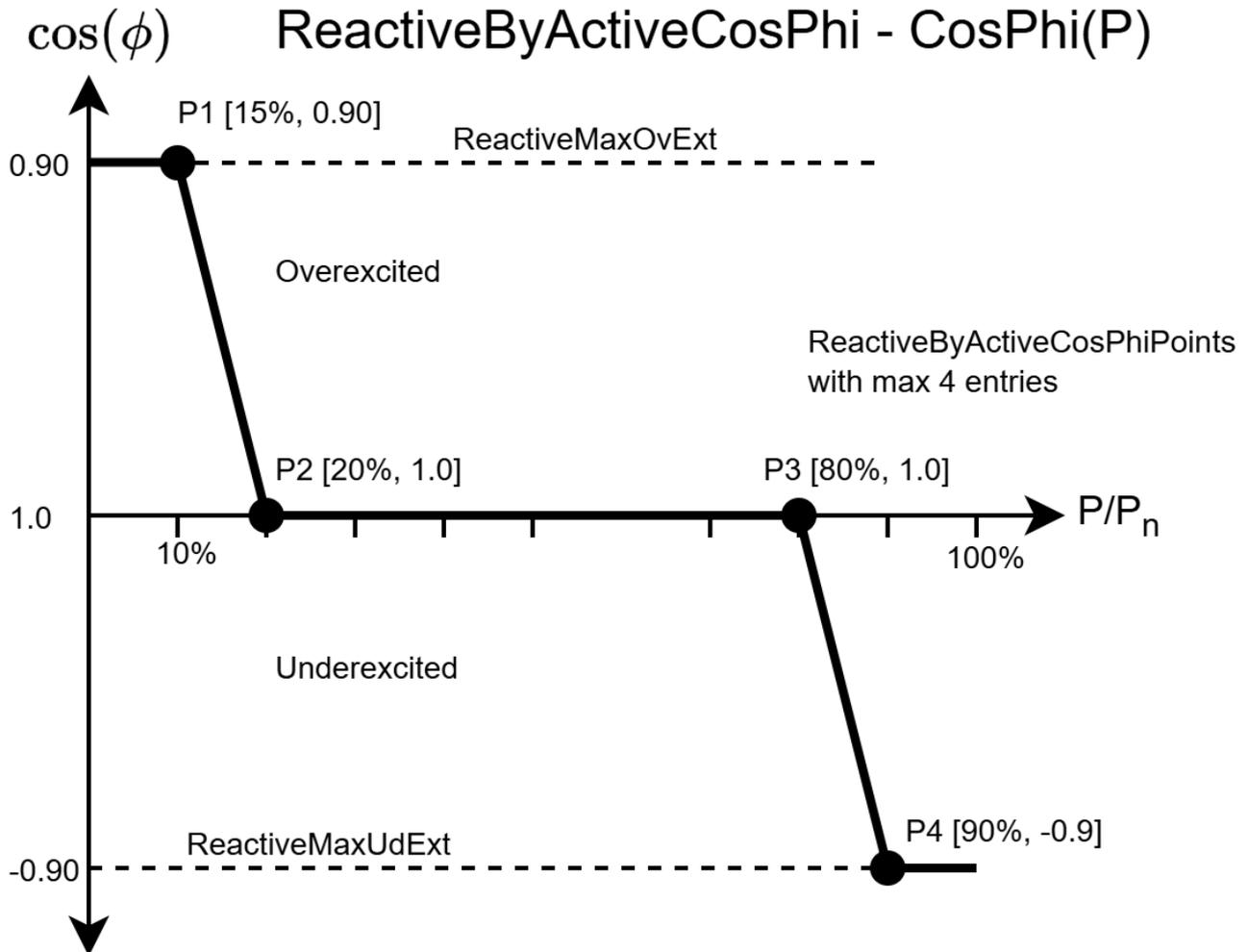
Eine Lookup-Kennlinie *Points* ist als Parameter mit 5 Arbeitspunkten hinterlegt. Voreingestellt sind dabei Arbeitspunkte nach VDE-AR-N 4110. Eine optionale Hysterese zur Aktivierung der Funktion kann über die Parameter `StrVoltage`, `StpVoltage` eingestellt werden und sind per Default (=0.0) deaktiviert. Die implementierte Kennlinie mit den verwendeten Parametern zeigt folgende Abbildung.



3.1.6.8 Blindleistungsregelung mit CosPhi(P)-Kennlinie

Als Erweiterung zur $Q(P)$ Kennlinie der VDE- und EN-Normen wurde eine $CosPhi(P)$ Kennlinie implementiert. Es gelten die Parameter der Gruppe `ReactiveByActive`. (siehe [ReactiveByActive](#) [► 54]).

Mit Setzen vom `eReactiveMode = ByActiveCosPhi` ist die $CosPhi(P)$ Kennlinie für die Blindleistungsregelung aktiv. Diese wird analog zu $Q(P)$ über die Lookup-Tabelle `ReactiveByActiveCosPhiPoints` konfiguriert. Eine Hysterese ist über die Parameter `ReactiveByActiveStrVoltage`, `ReactiveByActiveStpVoltage` implementiert. Die resultierende Kennlinie mit ihren verwendeten Parametern zeigt die folgende Abbildung.



3.1.6.9 Wirkleistungsabhängige Blindleistungsvermögen

Es ist vorbereitet, das Blindleistungsvermögen einer Erzeugungsanlage in Abhängigkeit der Wirkleistung getrennt für induktiv und kapazitiv über die zwei Kennlinien `UdExt` und `OvExt` vorgegeben werden. Die Kennlinien sind in der Parametergruppe `ReactiveCapability` hinterlegt (siehe [ReactiveCapability](#) [► 53]).

Das wirkleistungsabhängige Blindleistungsvermögen ist optional und nicht nach VDE- oder EN-Normen gefordert und wird bei Bedarf über den Parameter `Enable` aktiviert. Die Ausgänge der Kennlinien werden durch die Maximalwerte `ReactiveMaxUdExt` und `ReactiveMaxOvExt` der Erzeugungsanlage limitiert.

3.1.7 Spannungsversorgung

Für den Embedded-PC und die EtherCAT-Klemmen zur Netzdatenerfassung ist eine externe 24-V-Gleichspannungsversorgung erforderlich (24 V DC, -15 % / +20 %).

Um den Betrieb des EZA-Reglers auch bei Netzausfall sicherzustellen, ist eine unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV) vorzusehen. Typischerweise wird eine Haltezeit von mindestens 30 Minuten gefordert. Die Dimensionierung der USV erfolgt auf Basis des ermittelten Energiebedarfs.

Bei der Auslegung von Netzteil, Sicherungen und USV ist die maximale Leistungsaufnahme des jeweiligen Embedded-PCs zu berücksichtigen (siehe [Komponenten](#) [► 13]).

Die typ. Leistungsaufnahme der Embedded-PCs ohne Peripherie:

- CX8290: 4 W
- CX9240: 7 W
- CX5330: 16 W
- CX5340: 18 W

Im Falle eines Netzausfalls muss eine entsprechende Meldung der USV über das Flag `bSupplyError` in der `Area Control` der Eingangs-Prozessdaten an das `TcPowerPlantControl` übergeben werden (siehe [Verhalten bei Ausfall der Stromversorgung](#) [► 22]).

Geeignete USV-Module

Produkt	Beschreibung	Referenz
CU8130-0120	USV-Modul, batteriegestützt Energie von max. 15 Wh bei max. Abgabeleistung von 110 W.	WWW
CU8130-0240	USV-Modul, batteriegestützt Energie von max. 30 Wh bei max. Abgabeleistung von 220 W.	WWW

3.1.8 Modell

Ein Modell eines EZA-Reglers wird bereitgestellt, um die normkonforme Regelung von Erzeugungsanlagen gemäß den geltenden Anforderungen (beispielsweise aus der VDE-AR-N 4110, VDE-AR-N 4120 oder EN 50549) validieren zu können.

Hierfür steht eine *Functional Mock-up Unit* (FMU) nach dem FMI-Standard in Version 2 zur Verfügung. Diese FMU enthält den Reglerkern des *TwinCAT Power Plant Control* und bildet dessen Funktionsverhalten originalgetreu ab. Alle Funktionen, Schnittstellen und Parameter entsprechen vollständig dem TwinCAT-Modul *TcPowerPlantControl* und werden daher in diesem Kapitel nicht erneut beschrieben.

Die Verwendung des FMI-Standards ermöglicht eine flexible Integration des Modells in sämtliche FMI-kompatible Simulationsumgebungen. Dazu zählen unter anderem MATLAB®/Simulink® (MathWorks®) und PowerFactory (DIgSILENT). Die exemplarische Einbindung in diese Tools wird in den folgenden Abschnitten erläutert.

3.1.8.1 PowerFactory

Ab *PowerFactory* ab Version 2025 SP1 wird das Functional Mock-Up Interface (FMI) 2.0 unterstützt. Über diese Schnittstelle kann der Reglerkern des *TwinCAT Power Plant Control* in Simulationsmodelle eingebunden und zur Validierung des EZA-Reglers verwendet werden.

3.1.8.1.1 Anwendung

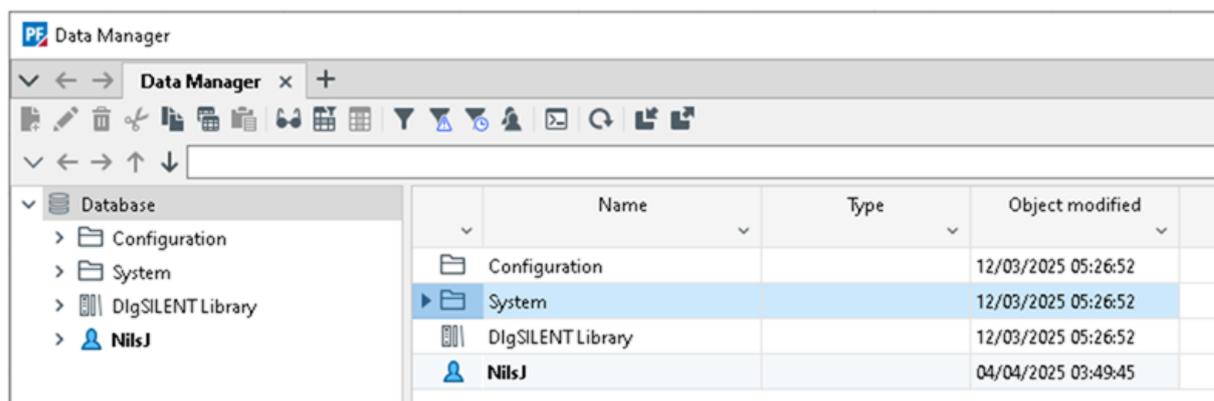
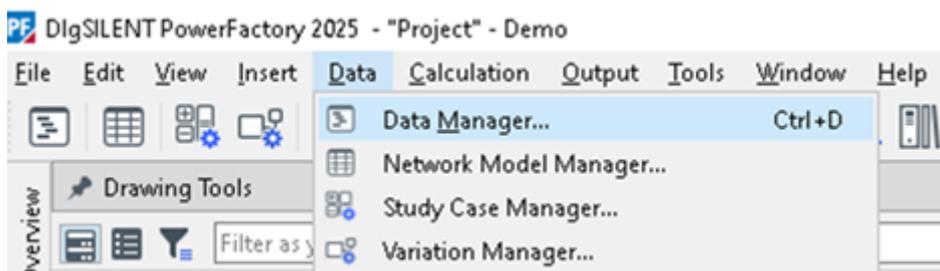
Folgend wird beispielhaft das Modell vom Reglerkern als FMU in PowerFactory 2025 SP1 integriert.

- Im PowerFactory Manual wird die Einbindung im Kapitel 29.12 beschrieben.

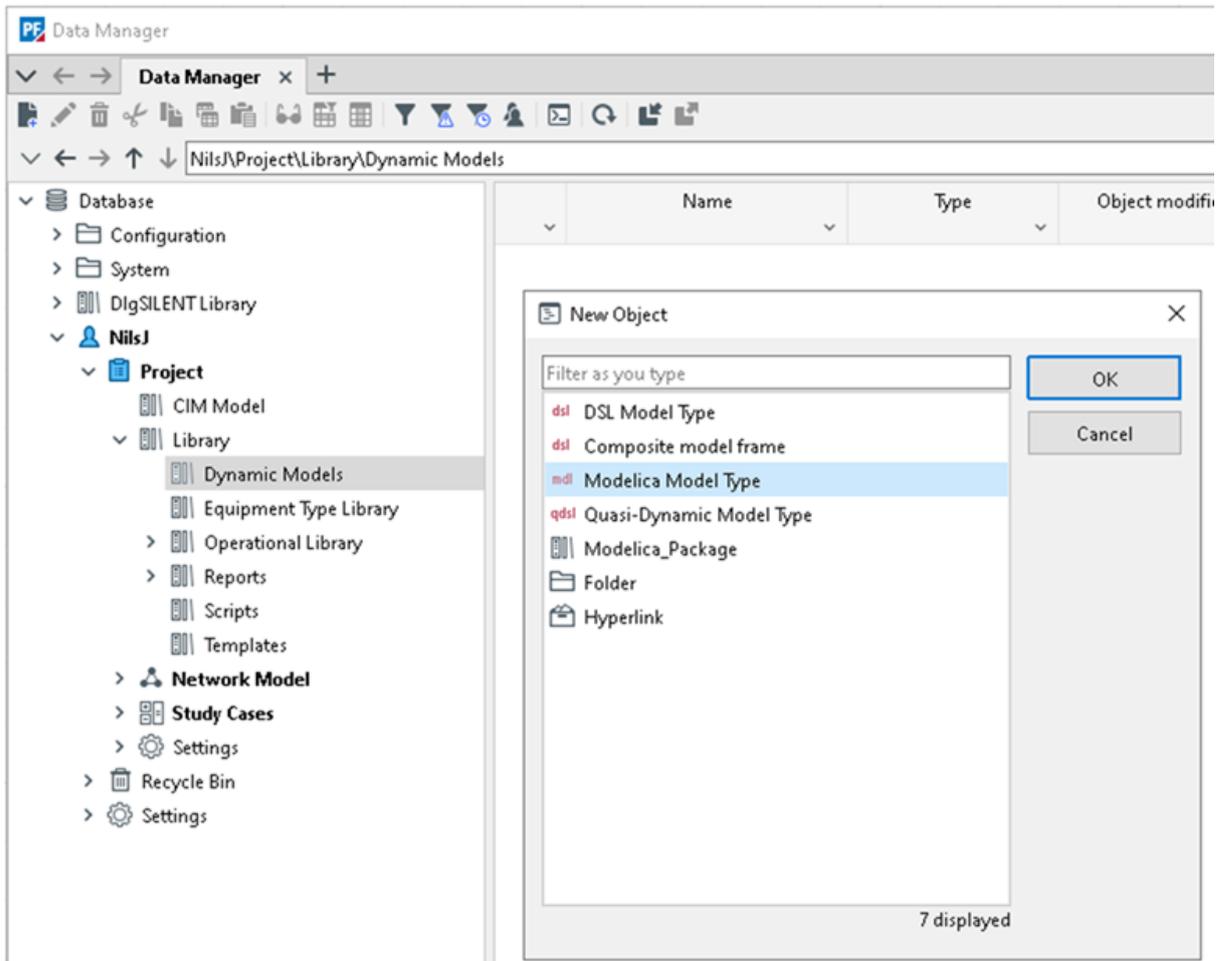
29.12 Co-Simulation mit externer Anwendung

Dieser Abschnitt bietet Hilfe bei der Konfiguration und Verwendung der *Co-Simulation mit externer Anwendung*. Dieser Abschnitt ist wie folgt gegliedert:

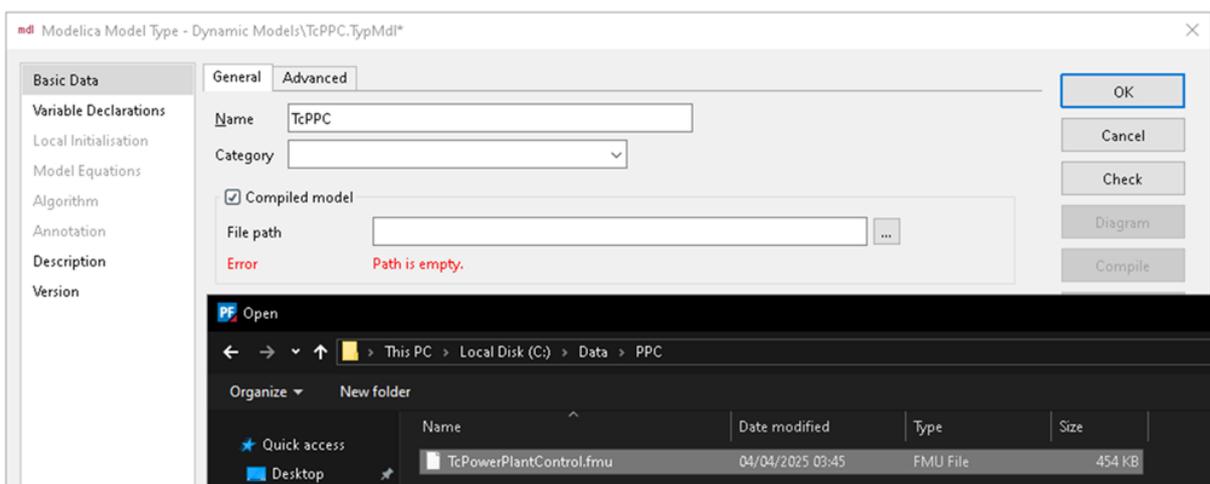
- Einen Überblick über die *Co-Simulation mit externer Anwendung* gibt Abschnitt [29.12.1](#).
 - Die Konfiguration des Co-Simulationswerkzeugs ist im Abschnitt [29.12.2](#) beschrieben.
 - Die Ausführung und die Darstellung der Co-Simulationsergebnisse sind im Unterabschnitt [29.12.3](#) ausführlich beschrieben.
 - Der Befehl *Vorbereitung als FMU-Agent (ComCosimsetup)* ist im Unterabschnitt [29.12.4](#) beschrieben.
 - Die Objekte FMU-Agent-I/O (*ElmAgentio*) und FMU-Agent (*ElmAgent*) sind im Unterabschnitt [29.12.5](#) beschrieben.
 - Der Befehl *Anfangsbedingungen für die Co-Simulation (ComCosim)* ist im Unterabschnitt [29.12.6](#) ausführlich beschrieben.
 - Die Begriffe und Definitionen finden Sie im Unterabschnitt [29.12.7](#).
- Öffnen Sie **PowerFactory**.
 - Öffnen Sie **Data > Data Manager**.



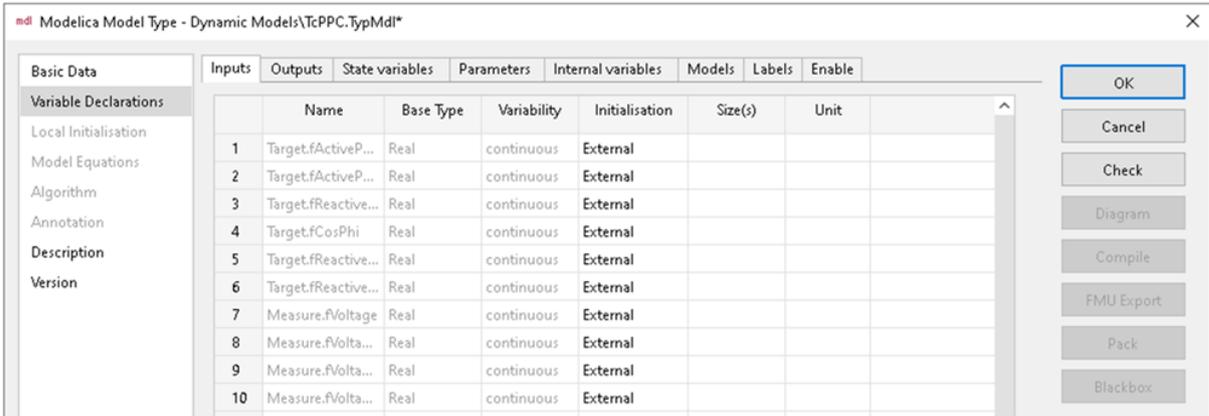
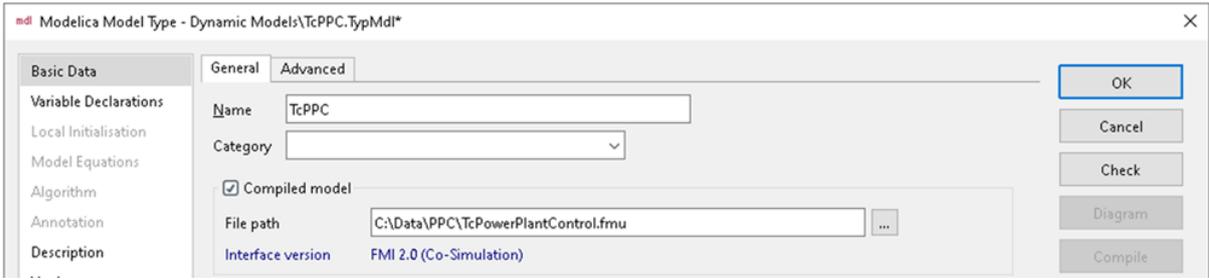
- Erzeugen Sie im Data Manager unter **Library > Dynamic Models** mittels „New Object“ ein „Modelica Model Type“.



- Definieren Sie in dem neuen „Modelica Model Type“ den Namen.
- Aktivieren Sie „Compiled model“.
- Wählen Sie unter „File path“ die FMU aus.

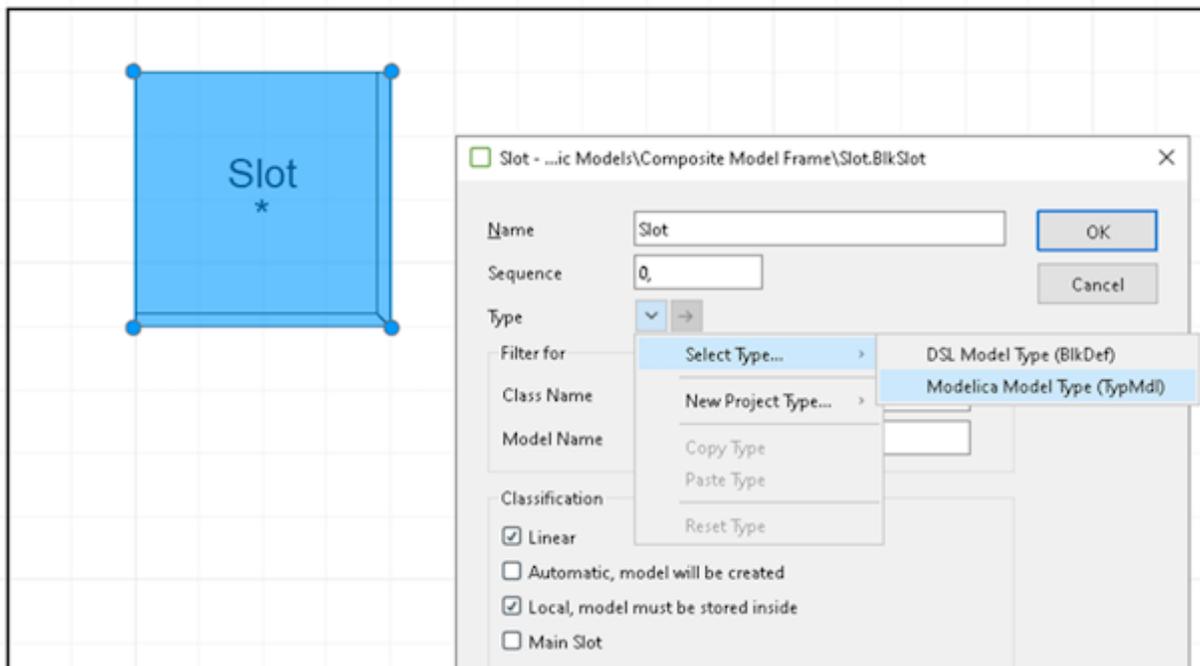


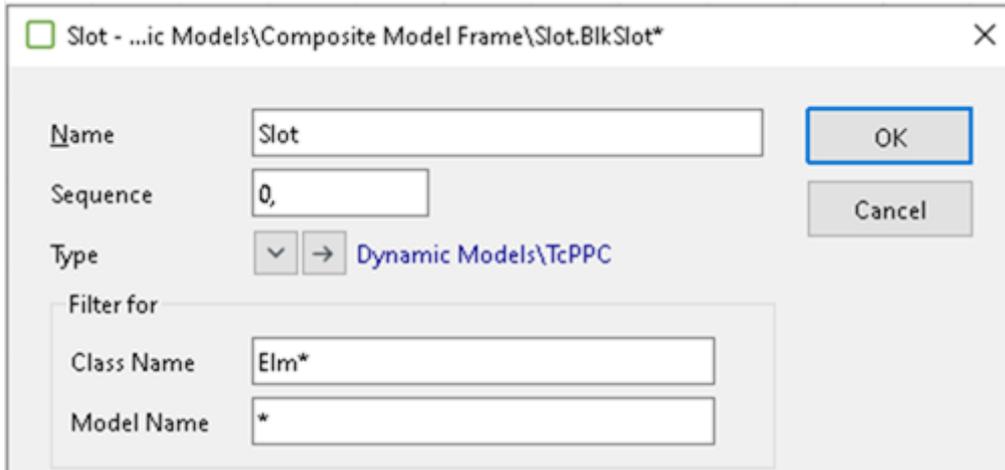
Daraufhin können die Inputs und Outputs bereits unter „Variable Declarations“ eingesehen werden.



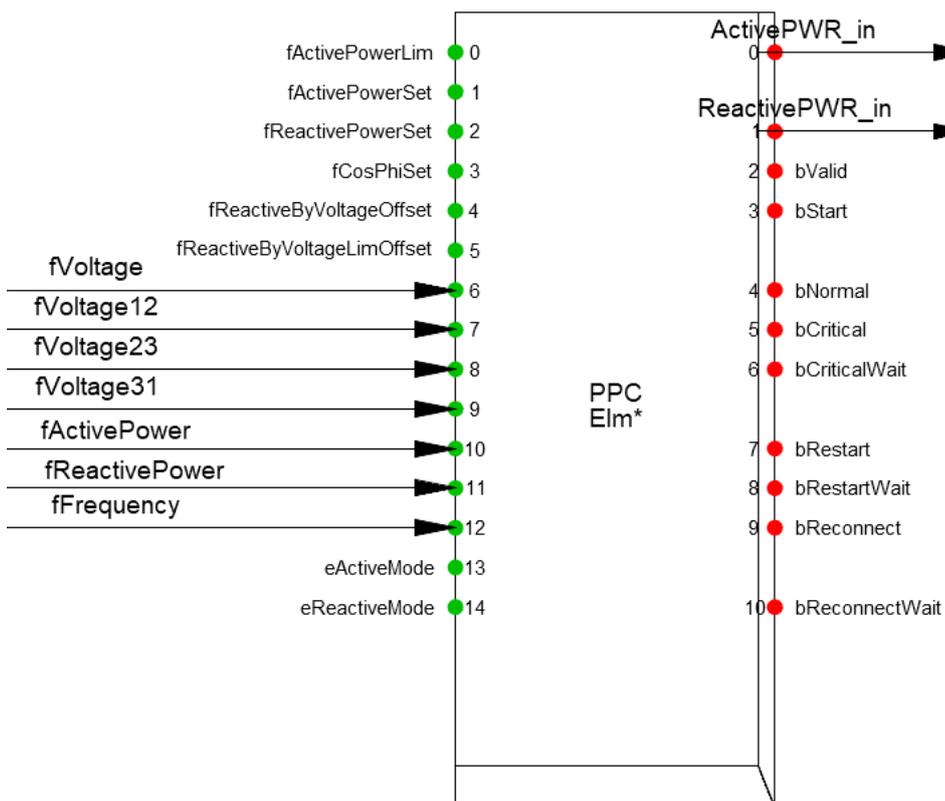
- Im „Composite Model Frame“ kann mittels „Slot“ als „Modelica Model Type“ dieses neue Modell ausgewählt werden.

Composite Model Frame:



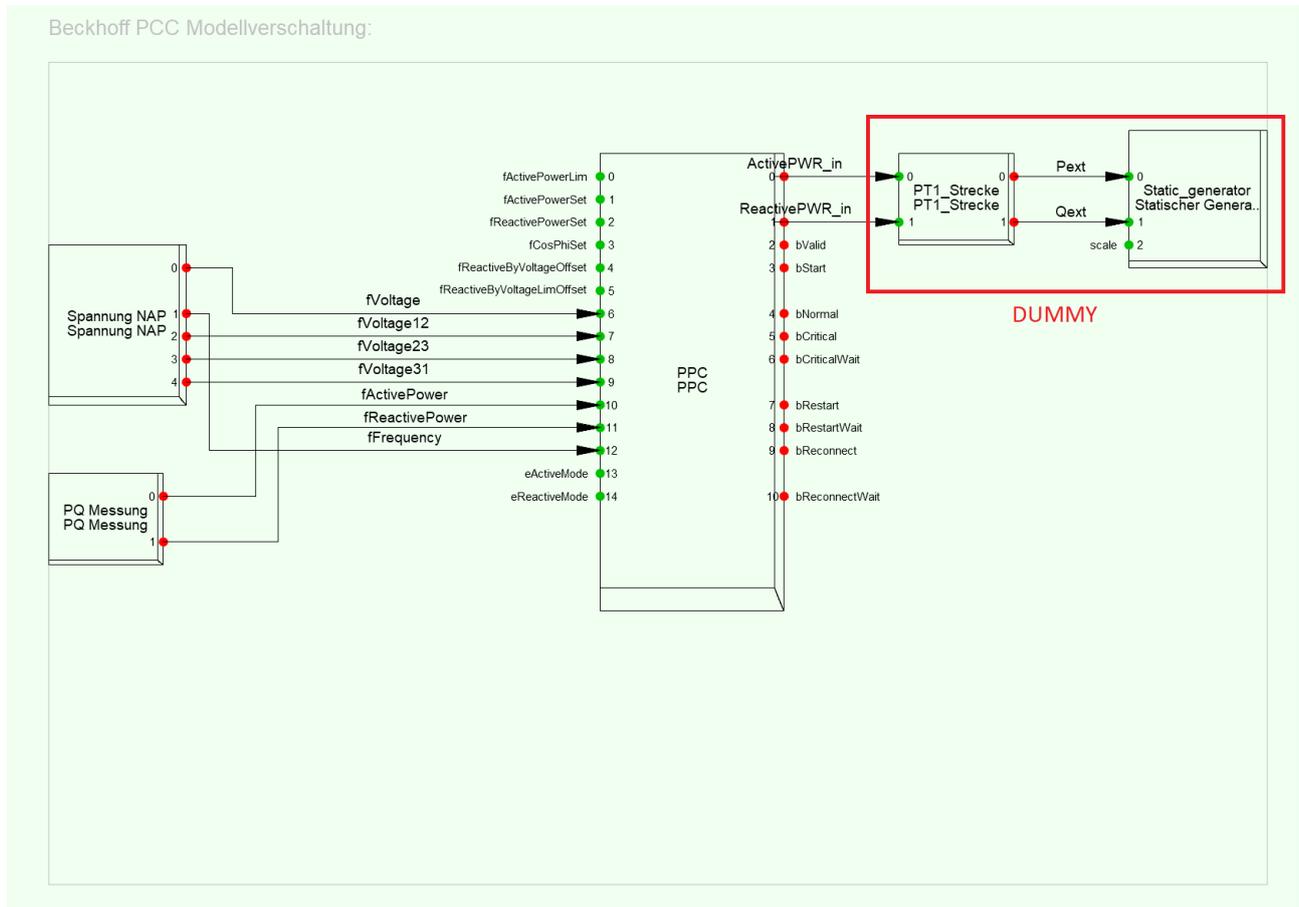


Woraufhin die Inputs und Outputs des Modells dargestellt werden.



3.1.8.1.2 Template

Als Beispiel für die Einbindung des Reglerkerns in *PowerFactory* kann ein Template einer Erzeugungsanlage bereitgestellt werden. Dieses demonstriert die Simulation in Kombination mit einer exemplarischen Erzeugungseinheit (Im Screenshot in Rot als *DUMMY* dargestellt), die im praktischen Einsatz durch die spezifische Einheit der zu simulierenden Anlage ersetzt werden muss.



3.1.8.1.3 Parameter

Wie eingehend beschrieben, werden die gleichen Parameter in der FMU bereitgestellt, wie von TcPowerPlantControl Modul (siehe [Parameter \[► 48\]](#)).

Zur vereinfachten Verwendung in *PowerFactory* sind die Skalierungen (siehe [Skalierungen \[► 19\]](#)) bereits in Per-Unit (pu) vordefiniert. Für die folgenden Parameter wurden die entsprechenden Standardwerte angepasst.

Name	Default	Min	Max	Einheit	Datentyp
ActiveNominal	1.0	1.0		W/pu	REAL
ActiveScale	1.0	1.0			REAL
ReactiveScale	1.0	1.0			REAL
VoltageNominal	1.0	1.0		V/pu	REAL

Zur Abbildung von Tabellen (siehe [Tabellen \[► 49\]](#)) werden für Arrays in der FMU sogenannte *VendorAnnotations* verwendet. In *PowerFactory* können diese als zweidimensionale Matrizen dargestellt und wie folgt eingebunden werden.

The screenshot shows the Modelica IDE interface. The main window displays a parameter table with the following data:

Name	Vektor/Matrix IntMat	Einheit	Beschreibung
ReactiveByVoltagePoints	Q(U)4120	%	Reactive power support by voltage curve [V/Vnom, Q...
ReactiveByVoltageLimPoints	Q(Ulim)4120	%	Reactive power support by voltage curve [V/Vnom, Q...
ReactiveByActivePoints		%	Reactive power support by active power curve [P/Pno...
ReactiveByActiveCosPhiPoints			Reactive power support by CosPhi curve (0,0)

Two detailed matrix configuration windows are shown below:

Matrix - Templates\Beckhoff_TcPPC_Template\PPC\PPC\Q(U)4120.IntMat

Name: Q(U)4120

	U [%]	Q [%]
Stützstelle	98,	41,
	109,	-33,
	0,	0,
	0,	0,

Matrix - Templates\Beckhoff_TcPPC_Template\PPC\PPC\Q(Ulim)4120.IntMat

Name: Q(Ulim)4120

	U [%]	Q [%]
Stützstelle	94,	41,
	96,	0,
	108,	0,
	110,	-33,

4 Installation

4.1 Systemvoraussetzungen

Engineering (XAE)

Technische Daten	Voraussetzungen
Betriebssystem	Windows 10, Windows 11
Zielplattform	x64
TwinCAT-Version	Build 4026
Erforderliche TwinCAT-Lizenz	

Runtime (XAR)

Technische Daten	Voraussetzungen
Betriebssystem	Windows, Beckhoff RT Linux®, TwinCAT/BSD
Zielplattform	x64
TwinCAT-Version	Build 4026
Erforderliche TwinCAT-Lizenz	TF8360

4.2 Installation

TwinCAT Package Manager: Installation (TwinCAT 3.1 Build 4026)

Eine ausführliche Anleitung zur Installation von Produkten finden Sie im Kapitel [Workloads installieren](#) in der [Installationsanleitung TwinCAT 3.1 Build 4026](#).

Installieren Sie den folgenden Workload, um das Produkt nutzen zu können:

TwinCAT Package Manager UI:

- TF8360 | TwinCAT 3 Power Control

TwinCAT Package Manager CLI:

- `TcPkg install TF8360.PowerControl.XAE`

4.3 Lizenzierung

Die TwinCAT 3 Function ist als Vollversion oder als 7-Tage-Testversion freischaltbar. Beide Lizenztypen sind über die TwinCAT-3-Entwicklungsumgebung (XAE) aktivierbar.

Lizenzierung der Vollversion einer TwinCAT 3 Function

Die Beschreibung der Lizenzierung einer Vollversion finden Sie im Beckhoff Information System in der Dokumentation „[TwinCAT-3-Lizenzierung](#)“.

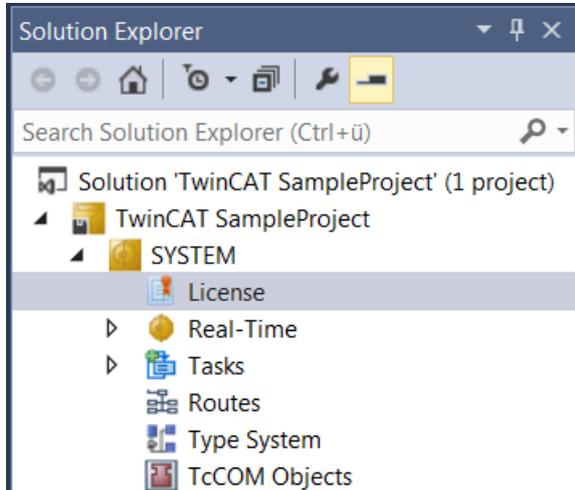
Lizenzierung der 7-Tage-Testversion einer TwinCAT 3 Function



Eine 7-Tage-Testversion kann nicht für einen [TwinCAT-3-Lizenz-Dongle](#) freigeschaltet werden.

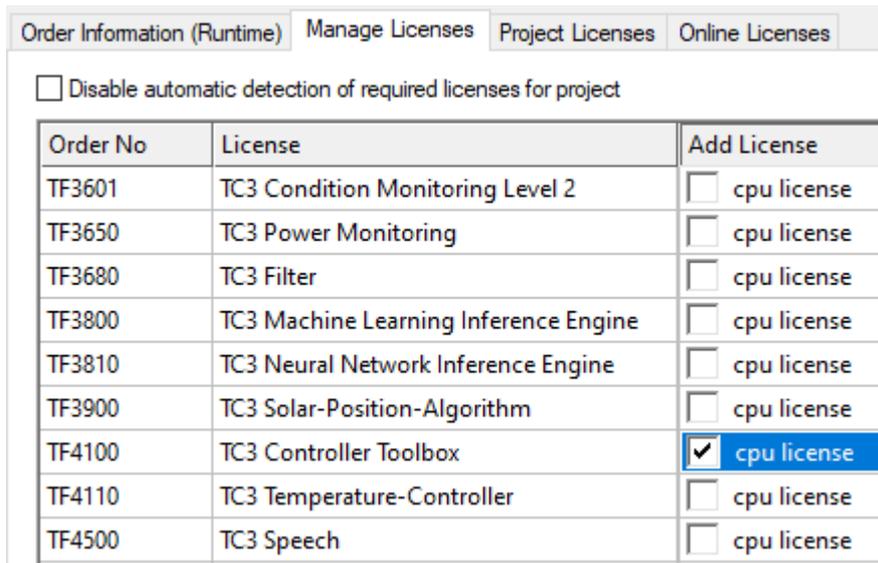
1. Starten Sie die TwinCAT-3-Entwicklungsumgebung (XAE).
2. Öffnen Sie ein bestehendes TwinCAT-3-Projekt oder legen Sie ein neues Projekt an.

3. Wenn Sie die Lizenz für ein Remote-Gerät aktivieren wollen, stellen Sie das gewünschte Zielsystem ein. Wählen Sie dazu in der Symbolleiste in der Drop-down-Liste **Choose Target System** das Zielsystem aus.
 - ⇒ Die Lizenzierungseinstellungen beziehen sich immer auf das eingestellte Zielsystem. Mit der Aktivierung des Projekts auf dem Zielsystem werden automatisch auch die zugehörigen TwinCAT-3-Lizenzen auf dieses System kopiert.
4. Klicken Sie im **Solution Explorer** im Teilbaum **SYSTEM** doppelt auf **License**.



⇒ Der TwinCAT-3-Lizenzmanager öffnet sich.

5. Öffnen Sie die Registerkarte **Manage Licenses**. Aktivieren Sie in der Spalte **Add License** das Auswahlkästchen für die Lizenz, die Sie Ihrem Projekt hinzufügen möchten (z. B. „TF4100 TC3 Controller Toolbox“).



6. Öffnen Sie die Registerkarte **Order Information (Runtime)**.
 - ⇒ In der tabellarischen Übersicht der Lizenzen wird die zuvor ausgewählte Lizenz mit dem Status „missing“ angezeigt.

7. Klicken Sie auf **7 Days Trial License...**, um die 7-Tage-Testlizenz zu aktivieren.

The screenshot shows a software interface with several sections:

- Order Information (Runtime)**: Includes tabs for 'Manage Licenses', 'Project Licenses', and 'Online Licenses'. Below are fields for 'License Device' (set to 'Target (Hardware Id)'), 'System Id' (containing '2DB25408-B4CD-81DF-5488-6A3D9B49EF19'), and 'Platform' (set to 'other (91)').
- License Request**: Includes a 'Provider' dropdown set to 'Beckhoff Automation', a 'Generate File...' button, and input fields for 'License Id', 'Customer Id', and 'Comment'.
- License Activation**: Contains two buttons: '7 Days Trial License...' (highlighted with a red box) and 'License Response File...'.

⇒ Es öffnet sich ein Dialog, der Sie auffordert, den im Dialog angezeigten Sicherheitscode einzugeben.

The dialog box titled 'Enter Security Code' contains the following elements:

- Text: 'Please type the following 5 characters:'
- Code display box: 'Kg8T4'
- Input field: A two-character input field with a red border, currently empty.
- Buttons: 'OK' (highlighted with a red box) and 'Cancel'.

8. Geben Sie den Code genauso ein, wie er angezeigt wird, und bestätigen Sie ihn.

9. Bestätigen Sie den nachfolgenden Dialog, der Sie auf die erfolgreiche Aktivierung hinweist.

⇒ In der tabellarischen Übersicht der Lizenzen gibt der Lizenzstatus nun das Ablaufdatum der Lizenz an.

10. Starten Sie das TwinCAT-System neu.

⇒ Die 7-Tage-Testversion ist freigeschaltet.

4.4 Versionierung

Version	Änderungen
< 0.1.0	Erste Prototypen zur Zertifizierung bei FGH.
0.1.0	Erstes Release zertifiziert nach VDE-AR-N 4110, 4120 und 4130.

4.5 Einschränkungen

Aufgrund einer notwendigen Zertifizierung ist dieses Softwareprodukt ausschließlich auf spezifisch freigegebenen Embedded-PCs und in Kombination mit ausgewählten Geräten zur Netzdatenerfassung einsetzbar. Die Lizenzierung des Moduls TF8360 ist daher aktuell nur für die TwinCAT Plattform-Level 20, 30, 40 und 50 verfügbar (siehe [Komponenten](#) [▶ 13]).

Die TwinCAT Module selbst unterliegen diesen Einschränkungen nicht und das Ausführen der Software ist auf allen TwinCAT Runtime Systemen sowie innerhalb der TwinCAT Usermode Runtime möglich (siehe [Systemvoraussetzungen](#) [▶ 45]).

5 Module

5.1 TcPowerPlantControl

Das *TwinCAT Power Plant Control* dient zur Regelung von Energieerzeugungsanlagen (EZA-Regler) in Form des TwinCAT Moduls `TcPowerPlantControl`. Eine detaillierte Darstellung zum Einsatz und Funktionen als EZA-Regler sind im Kapitel Beispiele zu finden, während folgend die Konfiguration des TwinCAT Moduls beschrieben werden.

5.1.1 Modul

Das `TcPowerPlantControl` wird als TcCOM-Objekt in das System integriert und zyklisch über einen Task ausgeführt. Es stellt seine Prozessdaten in Form von Ein- und Ausgängen bereit und kann über eine Schnittstelle mit einem `TcPowerMeasure` Modul zur Netzdatenerfassung verbunden werden (siehe [Netzdatenerfassung \[► 17\]](#)).

Lizenz

Für den dauerhaften Betrieb des Moduls ist eine gültige *TF8360 | TwinCAT Power Control Lizenz* erforderlich. Zum Testen oder Evaluieren kann alternativ eine 7-Tage-Testlizenz genutzt werden (siehe [Lizenzierung \[► 45\]](#)).

5.1.2 Context

Unter `Context` wird die Task ausgewählt, unter der das Modul zur Ausführung gebracht wird.

Für den `TcPowerPlantControl` wird die Verwendung einer Task mit einer Zykluszeit zwischen 1 ms und 10 ms empfohlen.

5.1.3 Parameter

Die Parameter des `TcPowerPlantControl` sind in folgende Gruppen kategorisiert und in den folgenden Abschnitten entsprechend aufgelistet.

Gruppe	Beschreibung
Plant	Erzeugungsanlage
Restart	Freigabesignal für Beginn der Energieerzeugung
Reconnect	Automatische Wiedereinschaltung nach Abschaltung
ActivePower	Wirkleistungsregler
ActiveByPrimary	Frequenzabhängige Primärregelung der Wirkleistung
ActiveByFrequency	Frequenzstützung durch Wirkleistung
ActiveByVoltage	Wirkleistungsabsendung aufgrund Überspannung
ReactivePower	Blindleistungsregler
ReactiveCapability	Blindleistungsvermögen in Abhängigkeit der Wirkleistung
ReactiveByCosPhi	Blindleistungsregelung mit Verschiebefaktor CosPhi
ReactiveByVoltage	Blindleistungs-Spannungskennlinie Q(U)
ReactiveByVoltageLim	Blindleistung mit Spannungsbegrenzungskennlinie Q(Ulim)
ReactiveByActive	Blindleistungs-Wirkleistungskennlinien Q(P)
Voltage	Netzspannung Überwachung
Frequency	Netzfrequenz Überwachung
Misc	Sonstige Einstellungen

Details zur einstellbaren Schrittweite der Parameter sind unter [Schrittweiten \[► 19\]](#) beschrieben.

5.1.3.1 Tabellen

Einige Parameter werden in Form mehrdimensionaler Arrays als Tabellen angegeben. Typischerweise handelt es sich dabei um sogenannte *Lookup*-Tabellen, bei denen zwei Dimensionen verwendet werden:

- X-Werte (Array-Index 0)
- Y-Werte (Array-Index 1)

Beispiel: `[[X1, Y1], [X2, Y2], [X3, Y3], ...]`

Die X-Werte müssen in strikt aufsteigender oder strikt absteigender Reihenfolge angegeben werden. Wird diese Reihenfolge bei aufeinanderfolgenden X-Werten verletzt, gilt dies als Ende der Tabelle.

Die zugehörigen Y-Werte werden anhand der X-Werte bestimmt. Liegt der Abfragewert zwischen zwei Tabellenpunkten, erfolgt eine lineare Interpolation. Werte außerhalb des X-Wertebereichs werden bei Bedarf linear extrapoliert.

5.1.3.2 Plant

Die Parameter der Gruppe `Plant` dienen zur grundsätzlichen Einstellung der Anlage, sowie den Reaktionen bei Ausfall einer Schnittstelle (siehe [Verhalten bei Kommunikationsfehlern](#) [▶ 21]).

Name	Default	Min	Max	Einheit	Datentyp
PlantType	None				ETcPowerPlantType [▶ 60]
	Typ der Erzeugungsanlage(n)				
ControllerMode	DE_VDE4110_2023				ETcPowerPlantControllerMode [▶ 60]
	Norm zur Definition vom Verhalten des Reglers				
MeasureFallbackMode	Last				ETcPowerPlantFallbackMode [▶ 61]
	Fallback-Modus bei Ausfall der Messeinrichtung				
MeasureResetDelay	60000	0		ms	TIME
	Wiederanlaufverzögerung nach Wegfall des Messfehlers				
PlantFallbackMode	Last				ETcPowerPlantFallbackMode [▶ 61]
	Fallback-Modus bei Ausfall der Kommunikation zur Anlage				
PlantResetDelay	60000	0		ms	TIME
	Wiedereinschaltverzögerung nach Ausfall der Kommunikation zur Anlage				
OperatorFallbackMode	Last				ETcPowerPlantFallbackMode [▶ 61]
	Fallback-Modus bei Ausfall der Kommunikation zum Energieversorger				
OperatorFallbackDelay	60000	0		ms	TIME
	Wiedereinschaltverzögerung nach Ausfall der Kommunikation zum Energieversorger				
MarketerFallbackMode	Last				ETcPowerPlantFallbackMode [▶ 61]
	Fallback-Modus bei Ausfall der Kommunikation zum Direktvermarkter				
MarketerFallbackDelay	60000	0		ms	TIME
	Wiedereinschaltverzögerung nach Ausfall der Kommunikation zum Direktvermarkter				

5.1.3.3 Restart

Die Parameter der Gruppe `Restart` dienen zur Einstellung des Verhaltens nach Neustart des Systems (siehe [Freigabe der Energieerzeugung](#) [▶ 21]).

Name	Default	Min	Max	Einheit	Datentyp
RestartAutomatic	FALSE				BOOL
	Automatische Freigabe zur Energieerzeugung aktivieren				
RestartDelay	600000	0		ms	TIME

Name	Default	Min	Max	Einheit	Datentyp
	Wiedereinschaltverzögerung der Freigabe nach Neustart				
RestartVoltageMin	90.0	50.0	100.0	%	REAL
	Minimal zulässige Spannung zur Freigabe nach Neustart				
RestartVoltageMax	110.0	100.0	120.0	%	REAL
	Maximal zulässige Spannung zur Freigabe nach Neustart				
RestartFrequencyMin	49.5	40.0	60.0	Hz	REAL
	Minimal zulässige Frequenz zur Freigabe nach Neustart				
RestartFrequencyMax	50.5	50.0	70.0	Hz	REAL
	Maximal zulässige Frequenz zur Freigabe nach Neustart				

5.1.3.4 Reconnect

Die Parameter der Gruppe `Reconnect` dienen zur Einstellung des Verhaltens zur Wiederschaltung nach Netzfehlern (siehe [Automatische Wiederschaltung nach Schutzauslösung](#) [► 22]).

Name	Default	Min	Max	Einheit	Datentyp
ReconnectAutomatic	FALSE				BOOL
	Automatische Freigabe der Energieerzeugung aktivieren				
ReconnectDelay	600000	0		ms	TIME
	Wiedereinschaltverzögerung der Freigabe nach Netzfehler				
ReconnectVoltageMin	95.0	0.0	100.0	%	REAL
	Minimal zulässige Spannung zur Freigabe nach Netzfehler				
ReconnectVoltageMax	110.0	100.0	120.0	%	REAL
	Maximal zulässige Spannung zur Freigabe nach Netzfehler				
ReconnectFrequencyMin	49.9	40.0	60.0	Hz	REAL
	Minimal zulässige Frequenz zur Freigabe nach Netzfehler				
ReconnectFrequencyMax	50.1	50.0	70.0	Hz	REAL
	Maximal zulässige Frequenz zur Freigabe nach Netzfehler				

5.1.3.5 ActivePower

Die Parameter der Gruppe `ActivePower` dienen zur Einstellung der Wirkleistungsregelung (siehe [Wirkleistungsregler](#) [► 23]).

Name	Default	Min	Max	Einheit	Datentyp
ActiveNominal	10000000	1.0		W/pu	REAL
	Nennleistung der Energieerzeugungsanlage (P_{nom})				
ActiveScale	100.0	1.0			REAL
	Wirkleistungsskalierung für Prozessdaten (1.0 = PerUnit, 100.0 = Prozent)				
ActiveMinimum	0.0	-200.0	200.0	%	REAL
	Minimal mögliche Wirkleistung der Anlage				
ActiveMaximum	100.0	-200.0	+200.0	%	REAL
	Maximal mögliche Wirkleistung der Anlage				
ActiveModeDefault	Normal				ETcPowerPlantActiveMode [► 60]
	Modus des Wirkleistungsreglers bei Default, Ausfall oder Neustart				
ActiveActualFilterTime	10	0		ms	TIME
	Filterzeit von Messung der Wirkleistung				
ActiveActualFilterType	PT1				ETcPowerFilterType [► 61]
	Filtertyp von Messung der Wirkleistung				

Name	Default	Min	Max	Einheit	Datentyp
ActiveTargetDefault	100.0	0.0	100.0	%	REAL
	Wirkleistungssollwert bei Ausfall der Kommunikation				
ActiveTargetSlopeNormal	0.5	0.1	0.66	%/s	REAL
	Gradient vom Wirkleistungssollwert im Normalbetrieb				
ActiveTargetSlopeCritical	0.167	0.01	0.17	%/s	REAL
	Gradient vom Wirkleistungssollwert im netzkritischen Betrieb (Über- oder Unterfrequenz)				
ActiveTargetSlopeRestart	0.5	0.1	50.0	%/s	REAL
	Gradient vom Wirkleistungssollwert bei Neustart				
ActiveTargetSlopeReconnect	0.5	0.1	50.0	%/s	REAL
	Gradient vom Wirkleistungssollwert bei Wiederschaltung				
ActivePredictDeadTime	0	0		ms	TIME
	Totzeit der Strecke zur Kompensation im Wirkleistungsregler (0 = Deaktiviert)				
ActivePredictFilterTime	0	0		ms	TIME
	Übertragungszeit der Strecke zur Kompensation im Wirkleistungsregler (0 = Deaktiviert)				
ActiveControlGain	100.0	0.1	200.0	%	REAL
	Proportionalverstärkung im Wirkleistungsregler				
ActiveControlIntegration	500	0		ms	TIME
	Integrationszeitkonstante im Wirkleistungsregler				

5.1.3.6 ActiveByPrimary

Die Parameter der Gruppe `ActiveByPrimary` dienen zur Einstellung der Primärregelung (siehe [Frequenzabhängige Primärregelung der Wirkleistung](#) [► 26]).

Name	Default	Min	Max	Einheit	Datentyp
ActiveByPrimaryEnable	FALSE				BOOL
	Aktivieren der Primärregelung				
ActiveByPrimaryDroop	2.0	0.4	12.0	%	REAL
	Regelabweichungsfaktor von Primärregelung				
ActiveByPrimaryDeadband	0.01	0.0	2.0	Hz	REAL
	Totband um Nennfrequenz zum Einschalten der Primärregelung				
ActiveByPrimaryMax	100.0	0.0	100.0	%	REAL
	Maximale Wirkleistung bei aktiver Primärregelung				

5.1.3.7 ActiveByFrequency

Die Parameter der Gruppe `ActiveByFrequency` dienen zur Einstellung der Wirkleistungsregelung in Abhängigkeit von der Frequenz (siehe [Frequenzabhängige Wirkleistungsanpassung](#) [► 27]).

Name	Default	Min	Max	Einheit	Datentyp
ActiveByFrequencyOvEnable	TRUE				BOOL
	Aktivieren der Wirkleistungsunterstützung bei Überfrequenz				
ActiveByFrequencyOvDroop	5.0	2.0	12.0	%	REAL
	Regelabweichungsfaktor bei Wirkleistungsunterstützung				
ActiveByFrequencyOvStrThres	50.2	50.0	70.0	Hz	REAL
	Schwelle der Überfrequenz zum Beginn der Wirkleistungsunterstützung				

Name	Default	Min	Max	Einheit	Datentyp
ActiveByFrequencyOv StrDelay	0	0		ms	TIME
	Verzögerung der Überfrequenz zum Beginn der Wirkleistungsunterstützung				
ActiveByFrequencyOv StpThres	50.2	50.0	70.0	Hz	REAL
	Schwelle der Überfrequenz zum Beenden der Wirkleistungsunterstützung				
ActiveByFrequencyOv StpDelay	600000	0		ms	TIME
	Verzögerung der Überfrequenz zum Beenden der Wirkleistungsunterstützung				
ActiveByFrequencyUd Enable	TRUE				BOOL
	Aktivieren der Wirkleistungsunterstützung bei Unterfrequenz				
ActiveByFrequencyUd Droop	5.0	2.0	12.0	%	REAL
	Regelabweichungsfaktor bei Wirkleistungsunterstützung				
ActiveByFrequencyUd StrThres	49.8	40.0	60.0	Hz	REAL
	Schwelle der Unterfrequenz zum Beginn der Wirkleistungsunterstützung				
ActiveByFrequencyUd StrDelay	0	0		ms	TIME
	Verzögerung der Unterfrequenz zum Beginn der Wirkleistungsunterstützung				
ActiveByFrequencyUd StpThres	49.8	40.0	70.0	Hz	REAL
	Schwelle der Unterfrequenz zum Beenden der Wirkleistungsunterstützung				
ActiveByFrequencyUd StpDelay	600000	0		ms	TIME
	Verzögerung der Unterfrequenz zum Beenden der Wirkleistungsunterstützung				

5.1.3.8 ActiveByVoltage

Die Parameter der Gruppe `ActiveByVoltage` dienen zur Einstellung der Wirkleistungsregelung in Abhängigkeit von der Spannung (siehe [Spannungsbezogene Wirkleistungsabsenkung](#) [► 29]).

Name	Default	Min	Max	Einheit	Datentyp
ActiveByVoltageOv Enable	FALSE				BOOL
	Aktivieren der Wirkleistungsunterstützung bei Überspannung				
ActiveByVoltageOv Droop	0.0	0.0	100.0		REAL
	Regelabweichungsfaktor bei Wirkleistungsunterstützung				
ActiveByVoltageOv StrThres	108.0	100.0	120.0	%	REAL
	Schwelle der Überspannung zum Beginn der Wirkleistungsunterstützung				
ActiveByVoltageOv StrDelay	0	0		ms	TIME
	Verzögerung der Überspannung zum Beginn der Wirkleistungsunterstützung				

5.1.3.9 ReactivePower

Die Parameter der Gruppe `ReactivePower` dienen zur Einstellung der Blindleistungsregelung (siehe [Blindleistungsregler](#) [► 30]).

Name	Default	Min	Max	Einheit	Datentyp
ReactiveScale	100.0	1.0			REAL
	Wirkleistungsskalierung für Prozessdaten (1.0 = PerUnit, 100.0 = Prozent)				

Name	Default	Min	Max	Einheit	Datentyp
ReactiveMaxUdExt	-33.0	-100.0	0.0	%	REAL
	Maximal mögliche Blindleistung der Anlage untererregt				
ReactiveMaxOvExt	+33.0	+100.0	0.0	%	REAL
	Maximal mögliche Blindleistung der Anlage übererregt				
ReactiveModeDefault					ETcPowerPlantReactiveMode [▶ 60]
	Modus des Blindleistungsreglers bei Default, Ausfall oder Neustart				
ReactiveActualFilterTime	10	0		ms	TIME
	Filterzeit von Messung der Blindleistung				
ReactiveActualFilterType	PT1			ETcPowerFilterType [▶ 61]	
	Filtertyp von Messung der Blindleistung				
ReactiveTargetDefault	0.0	-100.0	+100.0	%	REAL
	Blindleistungssollwert bei Ausfall der Kommunikation				
ReactiveTargetFilterTime	2000	0		ms	TIME
	Filterzeit von Stellwert der Blindleistung				
ReactiveTargetFilterType	PT1			ETcPowerFilterType [▶ 61]	
	Filtertyp von Stellwert der Blindleistung				
ReactivePredictDeadTime	0	0		ms	TIME
	Totzeit der Strecke zur Kompensation im Blindleistungsregler (0 = Deaktiviert)				
ReactivePredictFilterTime	0	0		ms	TIME
	Übertragungszeit der Strecke zur Kompensation im Blindleistungsregler (0 = Deaktiviert)				
ReactiveControlGain	75.0	0.1	200.0	%	REAL
	Proportionalverstärkung im Blindleistungsregler				
ReactiveControlIntegration	200	0		ms	TIME
	Integrationszeitkonstante im Blindleistungsregler				

5.1.3.10 ReactiveCapability

Die Parameter der Gruppe `ReactiveCapability` dienen zur Einstellung der Blindleistungsvermögens (siehe [Wirkleistungsabhängige Blindleistungsvermögen](#) [▶ 37]).

Name	Default	Min	Max	Einheit	Datentyp
ReactiveCapabilityEnable	FALSE				BOOL
	Aktivieren des Blindleistungsvermögens				
ReactiveCapabilityUdExt				%	ARRAY[1..3, 1..2] OF REAL
	Kennlinie der Blindleistungsvermögens untererregt (P/P_{nom} , Q/P_{nom})				
ReactiveCapabilityOvExt				%	ARRAY[1..3, 1..2] OF REAL
	Kennlinie der Blindleistungsvermögens übererregt (P/P_{nom} , Q/P_{nom})				

5.1.3.11 ReactiveByCosPhi

Die Parameter der Gruppe `ReactiveByCosPhi` dienen zur Einstellung der Blindleistungsregelung durch einen Verschiebefaktor (siehe [Blindleistungsregelung mit Verschiebefaktor CosPhi](#) [▶ 33]).

Name	Default	Min	Max	Einheit	Datentyp
ReactiveByCosPhiMaxUdExt	-0.9	-1.0	-0.8		REAL
	Maximal möglicher Verschiebefaktor untererregt				
ReactiveByCosPhiMaxOvExt	0.9	0.8	1.0		REAL

Name	Default	Min	Max	Einheit	Datentyp
	Maximal möglicher Verschiebefaktor übererregt				
ReactiveByCosPhiDefault	1.0	-1.0	+1.0		REAL
	Verschiebefaktor bei Ausfall der Kommunikation				

5.1.3.12 ReactiveByVoltage

Die Parameter der Gruppe `ReactiveByVoltage` dienen zur Einstellung der Blindleistungsregelung in Abhängigkeit von der Spannung (siehe [Blindleistungsregelung mit Spannungskennlinie Q\(U\)](#) [► 34]).

Name	Default	Min	Max	Einheit	Datentyp
ReactiveByVoltagePoints	[[96.0, 33.0],[104.0, -33.0]]			%	ARRAY[1..4, 1..2] OF REAL
	Blindleistungs-Spannungskennlinie (V/V_{nom} , Q/P_{nom})				
ReactiveByVoltageDeadband	0.0	0.0	5.0	%	REAL
	Gleitendes Totband um Kennlinie.				
ReactiveByVoltageOffset	0.0	-20.0	+20.0	%	REAL
	Verschiebung der Spannungskennlinie (V_{Q0}/V_{nom})				
ReactiveByVoltageStrPower	0.0	0.0	100.0	%	REAL
	Schwelle der Wirkleistung zum Beginn der Blindleistungsunterstützung (0 = Deaktiviert)				
ReactiveByVoltageStpPower	0.0	0.0	100.0	%	REAL
	Schweller der Wirkleistung zum Beenden der Blindleistungsunterstützung (0 = Deaktiviert)				
ReactiveByVoltageCosPhiMin	0.0	0.0	1.0		REAL
	Minimal erlaubter Verschiebefaktor zur Blindleistungsunterstützung				

5.1.3.13 ReactiveByVoltageLim

Die Parameter der Gruppe `ReactiveByVoltageLim` dienen zur Einstellung der Blindleistungsregelung mit Spannungsbegrenzung (siehe [Blindleistungsregelung mit Spannungsbegrenzungsfunktion Q\(Ulim\)](#) [► 35]).

Name	Default	Min	Max	Einheit	Datentyp
ReactiveByVoltageLimPoints	[[94.0, 33.0], [96.0, 0.0], [104.0, 0.0], [106.0, -33.0]]			%	ARRAY[1..4, 1..2] OF REAL
	Blindleistungs-Spannungsbegrenzungskennlinie (V/V_{nom} , Q/P_{nom})				
ReactiveByVoltageLimOffset	0.0	-50.0	+50.0	%	REAL
	Verschiebung der Spannungsbegrenzungskennlinie (Q_{Offset}/P_{nom})				

5.1.3.14 ReactiveByActive

Die Parameter der Gruppe `ReactiveByActive` dienen zur Einstellung der Blindleistungsregelung in Abhängigkeit von der Wirkleistung (siehe [Blindleistungsregelung mit Wirkleistungskennlinie Q\(P\)](#) [► 36]).

Name	Default	Min	Max	Einheit	Datentyp
ReactiveByActivePoints	[[0.0, 0.0], [50.0, 0.0], [60.0, -5.0], [90.0, -33.0], [100.0, -33.0]]			%	ARRAY[1..5, 1..2] OF REAL
	Blindleistungs-Wirkleistungskennlinie (P/P_{nom} , Q/P_{nom})				
ReactiveByActiveCosPhiPoints	[[15.0, 0.9], [20.0, 1.0], [80.0, 1.0], [90.0, -0.9]]				ARRAY[1..4, 1..2] OF REAL
	Verschiebefaktor-Wirkleistungskennlinie (CosPhi , Q/P_{nom})				
ReactiveByActiveStrVoltage	0.0	0.0	120.0	%	REAL
	Schwelle der Spannung zum Beginn der Blindleistungsunterstützung (0 = Deaktiviert)				

Name	Default	Min	Max	Einheit	Datentyp
ReactiveByActive StpVoltage	0.0	0.0	120.0	%	REAL
Schwelle der Spannung zum Beenden der Blindleistungsunterstützung (0 = Deaktiviert)					

5.1.3.15 Voltage

Die Parameter der Gruppe `Voltage` dienen zur Einstellung der Spannung (siehe Verwendung zur [Freigabe der Energieerzeugung](#) [► 21] und [Verhalten bei Ausfall der Stromversorgung](#) [► 22]).

Name	Default	Min	Max	Einheit	Datentyp
VoltageNominal	20000.0	1.0		V/pu	REAL
Nennspannung (V_{nom})					
VoltageMinimum	85.0	0.0	100.0	%	REAL
Minimal zulässige Spannung					
VoltageMaximum	125.0	100.0	200.0	%	REAL
Maximal zulässige Spannung					
VoltageFilterTime	10	0		ms	TIME
Filterzeit von Messung der Spannung					
VoltageFilterType	PT1				ETcPowerFilterType [► 61]
Filtertyp von Messung der Spannung					

5.1.3.16 Frequency

Die Parameter der Gruppe `Frequency` dienen zur Einstellung der Frequenz (siehe Verwendung zur [Freigabe der Energieerzeugung](#) [► 21] oder [Automatische Wiederzuschaltung nach Schutzauslösung](#) [► 22]).

Name	Default	Min	Max	Einheit	Datentyp
FrequencyNominal	50.0	40.0	70.0	Hz	REAL
Nennfrequenz (F_{nom})					
FrequencyMinimum	47.0	40.0	60.0	Hz	REAL
Minimal zulässige Frequenz					
FrequencyMaximum	53.0	50.0	70.0	Hz	REAL
Maximal zulässige Frequenz					
FrequencyFilterTime	10	0		ms	TIME
Filterzeit von Messung der Frequenz					
FrequencyFilterType	PT1				ETcPowerFilterType [► 61]
Filtertyp von Messung der Frequenz					

5.1.3.17 Misc

Die Parameter der Gruppe `Misc` dienen zur Einstellung des Moduls.

Name	Default	Min	Max	Einheit	Datentyp
TimeType	Hard				ETcPowerTimeType [► 61]
Typ der Zeitquelle					
PersistMode	None				ETcPowerPersistMode [► 61]
Modus zum persistenten Speicher der Parameter (siehe Verhalten bei Ausfall der Stromversorgung [► 22])					

5.1.4 DataAreas

Unter Data Area werden die Prozessdaten definiert, welche vom Modul als Eingänge und Ausgänge bereitgestellt werden.

Inputs

Als Eingangs-Prozessdaten werden folgende Strukturen bereitgestellt.

Name	Datatype	Beschreibung
Control	STcPowerPlantControlControl [▶ 56]	Zustandssignale an das Modul übergeben
Target	STcPowerPlantControlTarget [▶ 57]	Sollwerte an das Modul übergeben

Outputs

Als Ausgangs-Prozessdaten werden folgende Strukturen bereitgestellt.

Name	Datatype	Beschreibung
Status	STcPowerPlantControlStatus [▶ 57]	Zustandssignale aus dem Modul
Demand	STcPowerPlantControlDemand [▶ 57]	Stellwerte aus dem Modul

Diagnostics

Optional können als Ausgangs-Prozessdaten folgende Strukturen zur Diagnose interner Prozesse bereitgestellt werden.

Name	Datatype	Beschreibung
Diag	STcPowerPlantControlDiagnostic [▶ 57]	Diagnoseinformationen aus dem Modul

Measures

Optional können als Eingangs-Prozessdaten mittels folgender Strukturen eine externe Netzdatenerfassung eingebunden werden. Unter Verwendung einer Referenz zu einem TcPowerMeasure Moduls zur Netzdatenerfassung werden diese Prozessdaten automatisch beschrieben.

Name	Datatype	Beschreibung
Diag	STcPowerMeasureDiag	Diagnose der Netzdatenerfassung
Voltage	STcPowerMeasureVoltageArea	Spannungen aus der Netzdatenerfassung
Frequency	STcPowerMeasureFrequencyArea	Frequenz aus der Netzdatenerfassung
Fundamentals	STcPowerMeasureFundamentalsArea	Leistungen aus der Netzdatenerfassung

5.1.4.1 STcPowerPlantControlControl

Die Struktur STcPowerPlantControlControl definiert Zustandsinformationen für das TcPowerPlantControl als Eingangs- Prozessdaten.

Name	Datentyp	Einheit	Beschreibung
bEnable	BOOL		Regler aktivieren
bSupplyError	BOOL		Versorgung ausgefallen (USV aktiviert)
bMeasureError	BOOL		Netzdatenerfassung ausgefallen
bPlantError	BOOL		Kommunikation zur Anlage ausgefallen
bOperatorError	BOOL		Kommunikation zum Netzbetreiber ausgefallen
bMarketerError	BOOL		Kommunikation zum Direktvermarkter ausgefallen
bVoltageProtection	BOOL		Spannungsschutz hat ausgelöst
bFrequencyProtection	BOOL		Frequenzschutz hat ausgelöst

5.1.4.2 STcPowerPlantControlTarget

Die Struktur `STcPowerPlantControlTarget` definiert Sollwerte für das `TcPowerPlantControl` als Eingangs- Prozessdaten. Die Einheiten sind entsprechend der Skalierung einstellbar, siehe dazu [Skalierungen \[► 19\]](#).

Name	Datentyp	Einheit	Beschreibung
<code>eActiveMode</code>	<code>ETcPowerPlantActiveMode</code> [► 60]		Mode des Wirkleistungsreglers
<code>fActivePowerLim</code>	REAL	%	Limitierung Wirkleistung (vom Netzbetreiber)
<code>fActivePowerSet</code>	REAL	%	Sollwert Wirkleistung (vom Direktvermarkter)
<code>eReactiveMode</code>	<code>ETcPowerPlantReactiveMode</code> [► 60]		Mode des Blindleistungsreglers
<code>fReactivePowerSet</code>	REAL	%	Sollwert Blindleistung (vom Netzbetreiber)
<code>fCosPhiSet</code>	REAL	-	Sollwert Leistungsfaktors (vom Netzbetreiber)

5.1.4.3 STcPowerPlantControlStatus

Die Struktur `STcPowerPlantControlStatus` definiert Zustände des `TcPowerPlantControl` als Ausgangs- Prozessdaten.

Name	Datentyp	Einheit	Beschreibung
<code>bValid</code>	BOOL		Stellwerte sind gültig.
<code>bStart</code>	BOOL		Start und Freigabe der Anlage.
<code>bNormal</code>	BOOL		Regler im normalen Betrieb.
<code>bCritical</code>	BOOL		Regler in kritischem Betrieb. (LFSM-O oder LFSM-U)
<code>bCriticalWait</code>	BOOL		Regler in kritischem Betrieb, wartend auf normalen Betrieb.
<code>bRestart</code>	BOOL		Regler im Hochlauf nach Neustart.
<code>bRestartWait</code>	BOOL		Regler wartend auf Rückkehr in normalen Betrieb.
<code>bReconnect</code>	BOOL		Regler im Hochlauf nach Netzfehler.
<code>bReconnectWait</code>	BOOL		Regler wartend auf Rückkehr in normalen Betrieb.

5.1.4.4 STcPowerPlantControlDemand

Die Struktur `STcPowerPlantControlDemand` definiert Stellwerte des `TcPowerPlantControl` als Ausgangs-Prozessdaten. Die Einheiten sind entsprechend der Skalierung einstellbar, siehe dazu [Skalierungen \[► 19\]](#).

Name	Datentyp	Einheit	Beschreibung
<code>fActivePower</code>	REAL	%	Stellwert der Wirkleistung (an die Erzeugungsanlage)
<code>fReactivePower</code>	REAL	%	Stellwert der Blindleistung (an die Erzeugungsanlage)

5.1.4.5 STcPowerPlantControlDiagnostic

Die Struktur `STcPowerPlantControlDiagnostic` bietet interne Signale des `TcPowerPlantControl` als optionale Ausgangs-Prozessdaten. Die unterlagerten Strukturen werden im Folgenden gelistet.

Name	Datentyp	Beschreibung
<code>Critical</code>	<code>STcPowerPlantControlDiagStatus</code>	Diagnosezustand bei netzkritischer Situation (LFSM)

Name	Datentyp	Beschreibung
Restart	STcPowerPlantControlDiagStatus	Diagnosewerte für Restart-Ablauf
Reconnect	STcPowerPlantControlDiagStatus	Diagnosewerte für Reconnect-Vorgang
Active	STcPowerPlantControlDiagActive	Diagnosedaten der Wirkleistungsregelung
Reactive	STcPowerPlantControlDiagReactive	Diagnosedaten der Blindleistungsregelung
Measure	STcPowerPlantControlDiagMeasure	Diagnosedaten der Netzmessung

STcPowerPlantControlDiagStatus

Name	Datentyp	Einheit	Beschreibung
bVoltageLow	BOOL		Unterspannung erkannt
bVoltageHigh	BOOL		Überspannung erkannt
bFrequencyLow	BOOL		Unterfrequenz erkannt
bFrequencyHigh	BOOL		Überfrequenz erkannt

STcPowerPlantControlDiagActive

Name	Datentyp	Einheit	Beschreibung
eMode	ETcPowerPlantActiveMode		Aktiver Betriebsmodus des Wirkleistungsreglers
fActual	REAL	%/pu	Gemessene Wirkleistung
fTarget	REAL	%/pu	Sollwert Wirkleistung
fPredict	REAL	%/pu	Prädizierte Leistung basierend auf Streckenmodell
fControl	REAL	%/pu	Ausgangssignal des PI-Reglers
fDemandByPrimary	REAL	%/pu	Anteil durch Primärregelung
fDemandByFrequency	REAL	%/pu	Anteil durch frequenzabhängige Regelung P(f)
fDemandByVoltage	REAL	%/pu	Anteil durch spannungsabhängige Wirkleistungsabsenkung

STcPowerPlantControlDiagReactive

Name	Datentyp	Einheit	Beschreibung
eMode	ETcPowerPlantReactiveMode		Aktiver Modus des Blindleistungsreglers
fActual	REAL	%/pu	Gemessene Blindleistung
fTarget	REAL	%/pu	Sollwert Blindleistung
fPredict	REAL	%/pu	Prädiktion basierend auf Modell
fControl	REAL	%/pu	PI-Reglerausgang
fDemandByCosPhi	REAL	%/pu	Sollwert über CosPhi-Regelung (ByCosPhi)
fDemandByVoltage	REAL	%/pu	Sollwert über Spannungscharakteristik Q(U)
fDemandByVoltageLim	REAL	%/pu	Sollwert durch Q(Ulim)-Begrenzung
fDemandByActive	REAL	%/pu	Sollwert durch Wirkleistungscharakteristik Q(P)
fDemandByActiveCosPhi	REAL	%/pu	Sollwert durch CosPhi(P)-Kennlinie

STcPowerPlantControlDiagMeasure

Name	Datentyp	Einheit	Beschreibung
fVoltage	REAL	V	Effektivwert der Spannung (3-phasig symmetrisch)
fVoltage12	REAL	V	Spannung Phase L1–L2
fVoltage23	REAL	V	Spannung Phase L2–L3
fVoltage31	REAL	V	Spannung Phase L3–L1
fActivePower	REAL	W	Gemessene Wirkleistung am PCC

Name	Datentyp	Einheit	Beschreibung
fReactivePower	REAL	var	Gemessene Blindleistung am PCC
fFrequency	REAL	Hz	Netzfrequenz

5.1.5 Schnittstellen

Unter `Interface Pointer` werden Schnittstellen und Referenzen zu anderen Modulen eingestellt. Darunter wird die Referenz zu dem Task automatisch durch den `Context` definiert. Zusätzlich lässt sich durch `Measure` eine Referenz zu einem `TcPowerMeasure` Modul eingestellt werden, um die Netzdatenerfassung einzubinden.

6 Anhang

6.1 Datentypen

6.1.1 ETcPowerPlantType

Die Aufzählung `ETcPowerPlantType` dient zu Definitionen eines Anlagentyps.

Name	Wert	Beschreibung
None	0	Kein spezifischer Anlagentyp
Generator	1	Synchrongenerator
Converter	2	Leistungsumrichter
Storage	3	Energiespeicher

6.1.2 ETcPowerPlantControllerMode

Der Aufzählungstyp `ETcPowerPlantControllerMode` definiert das Verhalten des Reglers entsprechend unterschiedlichen Normen.

Name	Wert	Beschreibung
EU_EN50549_2019	1	EN50549-2:2019
DE_VDE4110_2023	2	VDE-AR-N 4110:2023-09
DE_VDE4120_2018	3	VDE-AR-N 4120:2018-11
DE_VDE4130_2018	4	VDE-AR-N 4130:2018-11

6.1.3 ETcPowerPlantActiveMode

Der Betriebsmode des Wirkleistungsreglers wird mittels des Aufzählungstyps `ETcPowerPlantActiveMode` definiert (siehe [Betriebsmodi des Wirkleistungsreglers](#) [► 24]).

Name	Wert	Beschreibung
Normal	0	Normaler Betrieb
Default	1	Default aus Parameter für Wirkleistung übernehmen
Slave	101	Als unterlagertes System die Wirkleistung übernehmen
Bypass	102	Als unterlagertes System den Regler überbrücken

6.1.4 ETcPowerPlantReactiveMode

Der Betriebsmode des Blindleistungsreglers wird mittels des Aufzählungstyps `ETcPowerPlantReactiveMode` definiert (siehe [Betriebsmodi des Blindleistungsreglers](#) [► 32]).

Name	Wert	Beschreibung
Normal	0	Normaler Betrieb
Default	1	Blindleistungsregelung mit konstantem Sollwert [► 33]
ByCosPhi	11	Blindleistungsregelung mit Verschiebefaktor CosPhi [► 33]
ByVoltage	12	Blindleistungsregelung mit Spannungskennlinie Q(U) [► 34]
ByVoltageLim	13	Blindleistungsregelung mit Spannungsbegrenzungsfunktion Q(Ulim) [► 35]
ByActive	14	Blindleistungsregelung mit Wirkleistungskennlinie Q(P) [► 36]
ByActiveCosPhi	15	Blindleistungsregelung mit CosPhi(P)-Kennlinie [► 37]

Name	Wert	Beschreibung
Slave	101	Als unterlagertes System die Wirkleistung übernehmen
Bypass	102	Als unterlagertes System den Regler überbrücken

6.1.5 ETcPowerPlantFallbackMode

Die Aufzählung `ETcPowerPlantFallbackMode` definiert den Rückfall bei z.B. Kommunikationsausfall (siehe [Verhalten bei Kommunikationsfehlern](#) [▶ 21]).

Name	Wert	Beschreibung
None	0	Kein Rückfall definiert
Default	1	Rückfall zum Default aus Parameter
Last	2	Rückfall zum zuletzt gültigen Wert

6.1.6 ETcPowerFilterType

Die Aufzählung `ETcPowerFilterType` definiert das Verhalten eines Filters.

Name	Wert	Beschreibung
None	0	Kein Filter definiert
PT1	1	Verzögerungsglied erster Ordnung
PT2	2	Verzögerungsglied zweiter Ordnung
Slope	3	Steigungsbegrenzung
Average	4	Gleitender Mittelwert

6.1.7 ETcPowerTimeType

Die Aufzählung `ETcPowerTimeType` definiert die Art der Zeitsynchronisation der TwinCAT Systemzeit.

None	Wert	Lokale Systemzeit ohne Zeitsynchronisation
Hard	1	Systemzeit mit DC-Zeitsynchronisation (ns)
Medium	2	Systemzeit mit PTP-Zeitsynchronisation (us)
Soft	3	Systemzeit mit NTP-Zeitsynchronisation (ms)

6.1.8 ETcPowerPersistMode

Die Aufzählung `ETcPowerPersistMode` definiert die Art der Persistent Speicherung der Modulparameter (siehe [Parameter](#) [▶ 48]) und der Eingangs-Prozessdaten (siehe [STcPowerPlantControlTarget](#) [▶ 57] und [STcPowerPlantControlControl](#) [▶ 56])

Name	Wert	Beschreibung
None	0	Keine Speicherung
Enable	1	Laden und Sicherung freigegeben
LoadOnly	101	Nur Laden
SaveOnly	102	Nur Sichern

6.2 Referenzen

Name	Beschreibung
VDE TR3	Technische Richtlinie für Erzeugungseinheiten und -anlagen, Teil 3: Bestimmung der elektrischen Eigenschaften von Erzeugungseinheiten und -anlagen, Speicher sowie für deren Komponenten am Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsnetz, Rev. 26, 05.04.2022
VDE-AR-N 4110	Technische Regeln für den Anschluss von Kunden- anlagen an das Mittelspannungsnetz und deren Betrieb (TAR-MS), Berlin, November 2023.
VDE AR-N 4120	Technische Regeln für den Anschluss von Kunden- anlagen an das Hochspannungsnetz und deren Betrieb (TAR-HS), Berlin, November 2018.
VDE AR-N 4130	Technische Regeln für den Anschluss von Kunden- anlagen an das Höchstspannungsnetz und deren Betrieb (TAR-Hös), Berlin, November 2018.
EN 50549-2:2019	Technische Anforderungen an Erzeugungsanlagen mit Mittelspannungsanschluss
EN 50549-10:2022	Vermessung Protokoll
PPiREE, V1.3: 2024	Technische Umsetzung der (EU) 2016-631 in Polen

6.3 Fachbegriffe

DE	EN	Beschreibung
Abtastrate	Sampling Rate	Frequenz, mit der Messwerte erfasst werden
Akkreditiertes Prüflabor	Accredited Test Lab	Prüfstelle mit formeller Anerkennung
Anlagenzertifikat	System Certificate	Bestätigung der Netzanschlusskonformität einer EZA durch eine Zertifizierungsstelle
Anschlussnehmer	Connection Owner	Betreiber der elektrischen Anlage am Netzanschlusspunkt
Automatische Wiedereinschaltung	Automatic Reconnection	Funktion zum Wiedereinschalten nach Netzfehler
Bemessungs-scheinleistung	Design Apparent Power	Nennwert der maximalen Scheinleistung
Bilanzkreis verantwortlicher (BKV)	Balancing Responsible Party (BRP)	Verantwortlich für die Bilanzierung (Einspeisung vs. Entnahme)
Blindleistung (Q)	Reactive Power (Q)	Energieanteil, der zwischen Quelle und Last pendelt
Blindleistungsregler (Q-Regler)	Reactive Power Controller (Q-Controller)	Regelt die Blindleistung (Q) zur Spannungsstützung oder Netzdienstleistung
Blockheizkraftwerk (BHKW)	Cogeneration Plant (CHP)	Wärme- und Stromerzeugung in Kraft-Wärme-Kopplung
Direktvermarkter (DVM)	Direct Marketing Company (DMC)	Marktteilnehmer für Stromvermarktung
Echtzeit	Real-Time	Datenverarbeitung mit definiertem Zeitverhalten
Erzeugungsanlage (EZA)	Power Generating System (PGS)	Gesamtheit aller Erzeugungseinheiten an einem Netzanschlusspunkt
Erzeugungseinheit (EZE)	Power Generating Unit (PGU)	Einzelanlage zur Stromerzeugung innerhalb einer Erzeugungsanlage
EZA-Regler	PGP-Controller	Steuert Einspeisung nach Netzvorgaben
Frequenz	Frequency	Netzfrequenz, meist 50 Hz in Europa
Gleichstromanteil	DC Component	Gleichstromanteil in einer Wechselstrommessung
Harmonische	Harmonics	Oberschwingungen im Netz (Vielfache der Grundfrequenz)
Messdatenerfassung	Measurement	Erhebung elektrischer Größen
Messmittelwert	Averaged Measurement	Durchschnittswert über Zeitfenster

DE	EN	Beschreibung
Mittelspannung	Medium Voltage (MV)	Typisch 1–36 kV Netzebene
Momentanwert	Instantaneous Value	Unmittelbar gemessene Größe ohne Mittelung
Nennspannung	Nominal Voltage	Referenzwert für Spannung in einem Netzsystem
Netzanschlusspunkt (NAP)	Point of Connection (POC)	Physikalischer Übergabepunkt zum Netz
Netzbetreiber	Grid Utility	Verantwortlich für Betrieb und Ausbau eines Netzes
Netzfrequenz	Grid Frequency	Wechselzahl der Spannung pro Sekunde
Netzqualität	Power Quality	Bewertung elektrischer Parameter im Netz
Netzschutz	Protection	Sicherstellung netzverträglichen Betriebs
Netzverknüpfungspunkt (NVP)	Point of Common Coupling (PCC)	Bewertungsort für Netzurückwirkungen
Oberschwingungen	Harmonics	Spannungs- und Stromanteile oberhalb der Grundfrequenz
Phasenwinkel	Phase Angle	Winkel zwischen Spannung und Strom
Photovoltaikanlage (PV)	Photovoltaic System (PV)	Stromerzeugung mittels Solarzellen mit Wechselrichter
Regeldifferenz	Control Error	Abweichung zwischen Soll- und Istwert
Schaltanlage	Switchgear	Anlage zur Steuerung und Absicherung elektrischer Energie
Schutzgerät	Protection Device	Reagiert auf Fehlerzustände im Netz
Schutzrelais	Protection Relay	Komponente zur Fehlererkennung und Auslösung
Schutzsystem	Protection System	Kombination aus Relais, Logik, Messung und Aktorik
Spannungseinbruch	Voltage Sag	Kurzzeitige Reduktion der Netzspannung
Speicher	Storage	Energieeinheit mit Lade- und Entladefähigkeit
Synchronisierung	Synchronization	Abgleich von Zeit oder Frequenz zwischen Systemen
Transformatorstation	Transformer Station	Umspanneinrichtung zwischen Netzebenen
Transient Recorder	Transient Recorder	Aufzeichnung von Störungen in hoher zeitlicher Auflösung
Verteilnetzbetreiber (VNB)	Distribution System Operator (DSO)	Verantwortlich für Mittel-/Niederspannungsnetz
Virtuelles Kraftwerk	Virtual Power Plant (VPP)	Verbund steuerbarer dezentraler Erzeugung
Wirkleistung (P)	Active Power (P)	Leistung, die tatsächlich Arbeit verrichtet
Wirkleistungsregler (P-Regler)	Active Power Controller (P-Controller)	Regelt die Wirkleistung
Zeitstempel	Timestamp	Markierung eines Datenwertes mit Uhrzeit
Zwischenharmonische	Interharmonics	Frequenzen zwischen ganzzahligen Vielfachen der Grundfrequenz
Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB)	Transmission System Operator (TSO)	Verantwortlich für Hoch-/Höchstspannungsnetz

6.4 Abkürzungen

Abkürzung	Langform (DE)	Langform (EN)
CHP	Blockheizkraftwerk	Combined Heat and Power
DSO	Verteilnetzbetreiber (VNB)	Distribution System Operator
EN	Europäische Norm	European Standard
EZA	Erzeugungsanlage	Power Generating Plant (PGP)
EZE	Erzeugungseinheit	Power Generating Unit (PGU)
FRT	Fehlerüberbrückungsfähigkeit	Fault Ride-Through Capability
FSM	Frequenzabhängige Wirkleistung	Frequency Sensitivity Mode
GCR	Netzanschlussregeln (NAR)	Grid Connection Regulations
HV	Hochspannung	High Voltage
LFSM	Frequenzabhängige Wirkleistungsanpassung	Limited Frequency Sensitive Mode
LV	Niederspannung	Low Voltage
MPP	Maximaler Leistungspunkt	Maximum Power Point
MS	Mittelspannung	Medium Voltage (MV)
NAP	Netzanschlusspunkt	Point of Connection (POC)
NCP	Netzverknüpfungspunkt	Point of Common Coupling (PCC)
P-Controller	Wirkleistungsregler	Active Power Controller
PCC	Netzverknüpfungspunkt (NVP)	Point of Common Coupling
PGU	Erzeugungseinheit (EZE)	Power Generating Unit
PGS	Erzeugungsanlage (EZA)	Power Generating Plant
PSC	Energieversorgungsunternehmen (EVU)	Power Supply Company
POC	Netzanschlusspunkt (NAP)	Point of Connection
Q-Controller	Blindleistungsregler	Reactive Power Controller
RfG	Netzanschlussanforderungen für Stromerzeugungsanlagen	Requirements for Generators
RMS	Effektivwert	Root Mean Square
SVC	Statischer Var-Kompensator	Static Var Compensator
TSO	Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB)	Transmission System Operator
THD	Oberschwingungsverzerrung	Total Harmonic Distortion
TR	Technische Richtlinie	Technical Guideline
VDE	Verband der Elektrotechnik	Association of Electrical Engineering
VNB	Verteilnetzbetreiber	Distribution System Operator (DSO)
ÜNB	Übertragungsnetzbetreiber	Transmission System Operator (TSO)

6.5 Support und Service

Beckhoff und seine weltweiten Partnerfirmen bieten einen umfassenden Support und Service, der eine schnelle und kompetente Unterstützung bei allen Fragen zu Beckhoff Produkten und Systemlösungen zur Verfügung stellt.

Downloadfinder

Unser Downloadfinder beinhaltet alle Dateien, die wir Ihnen zum Herunterladen anbieten. Sie finden dort Applikationsberichte, technische Dokumentationen, technische Zeichnungen, Konfigurationsdateien und vieles mehr.

Die Downloads sind in verschiedenen Formaten erhältlich.

Beckhoff Niederlassungen und Vertretungen

Wenden Sie sich bitte an Ihre Beckhoff Niederlassung oder Ihre Vertretung für den lokalen Support und Service zu Beckhoff Produkten!

Die Adressen der weltweiten Beckhoff Niederlassungen und Vertretungen entnehmen Sie bitte unserer Internetseite: www.beckhoff.com

Dort finden Sie auch weitere Dokumentationen zu Beckhoff Komponenten.

Beckhoff Support

Der Support bietet Ihnen einen umfangreichen technischen Support, der Sie nicht nur bei dem Einsatz einzelner Beckhoff Produkte, sondern auch bei weiteren umfassenden Dienstleistungen unterstützt:

- Support
- Planung, Programmierung und Inbetriebnahme komplexer Automatisierungssysteme
- umfangreiches Schulungsprogramm für Beckhoff Systemkomponenten

Hotline: +49 5246 963-157

E-Mail: support@beckhoff.com

Beckhoff Service

Das Beckhoff Service-Center unterstützt Sie rund um den After-Sales-Service:

- Vor-Ort-Service
- Reparaturservice
- Ersatzteilservice
- Hotline-Service

Hotline: +49 5246 963-460

E-Mail: service@beckhoff.com

Beckhoff Unternehmenszentrale

Beckhoff Automation GmbH & Co. KG

Hülshorstweg 20
33415 Verl
Deutschland

Telefon: +49 5246 963-0

E-Mail: info@beckhoff.com

Internet: www.beckhoff.com

Trademark statements

Beckhoff®, ATRO®, EtherCAT®, EtherCAT G®, EtherCAT G10®, EtherCAT P®, MX-System®, Safety over EtherCAT®, TC/BSD®, TwinCAT®, TwinCAT/BSD®, TwinSAFE®, XFC®, XPlanar® and XTS® are registered and licensed trademarks of Beckhoff Automation GmbH.

Third-party trademark statements

Arm, Arm9 and Cortex are trademarks or registered trademarks of Arm Limited (or its subsidiaries or affiliates) in the US and/or elsewhere.

DSP System Toolbox, Embedded Coder, MATLAB, MATLAB Coder, MATLAB Compiler, MathWorks, Predictive Maintenance Toolbox, Simscape, Simscape™ Multibody™, Simulink, Simulink Coder, Stateflow and ThingSpeak are registered trademarks of The MathWorks, Inc.

Intel, the Intel logo, Intel Core, Xeon, Intel Atom, Celeron and Pentium are trademarks of Intel Corporation or its subsidiaries.

The registered trademark Linux® is used pursuant to a sublicense from the Linux Foundation, the exclusive licensee of Linus Torvalds, owner of the mark on a worldwide basis.

Microsoft, Microsoft Azure, Microsoft Edge, PowerShell, Visual Studio, Windows and Xbox are trademarks of the Microsoft group of companies.

Mehr Informationen:
www.beckhoff.com/tf8360

Beckhoff Automation GmbH & Co. KG
Hülshorstweg 20
33415 Verl
Deutschland
Telefon: +49 5246 9630
info@beckhoff.com
www.beckhoff.com

