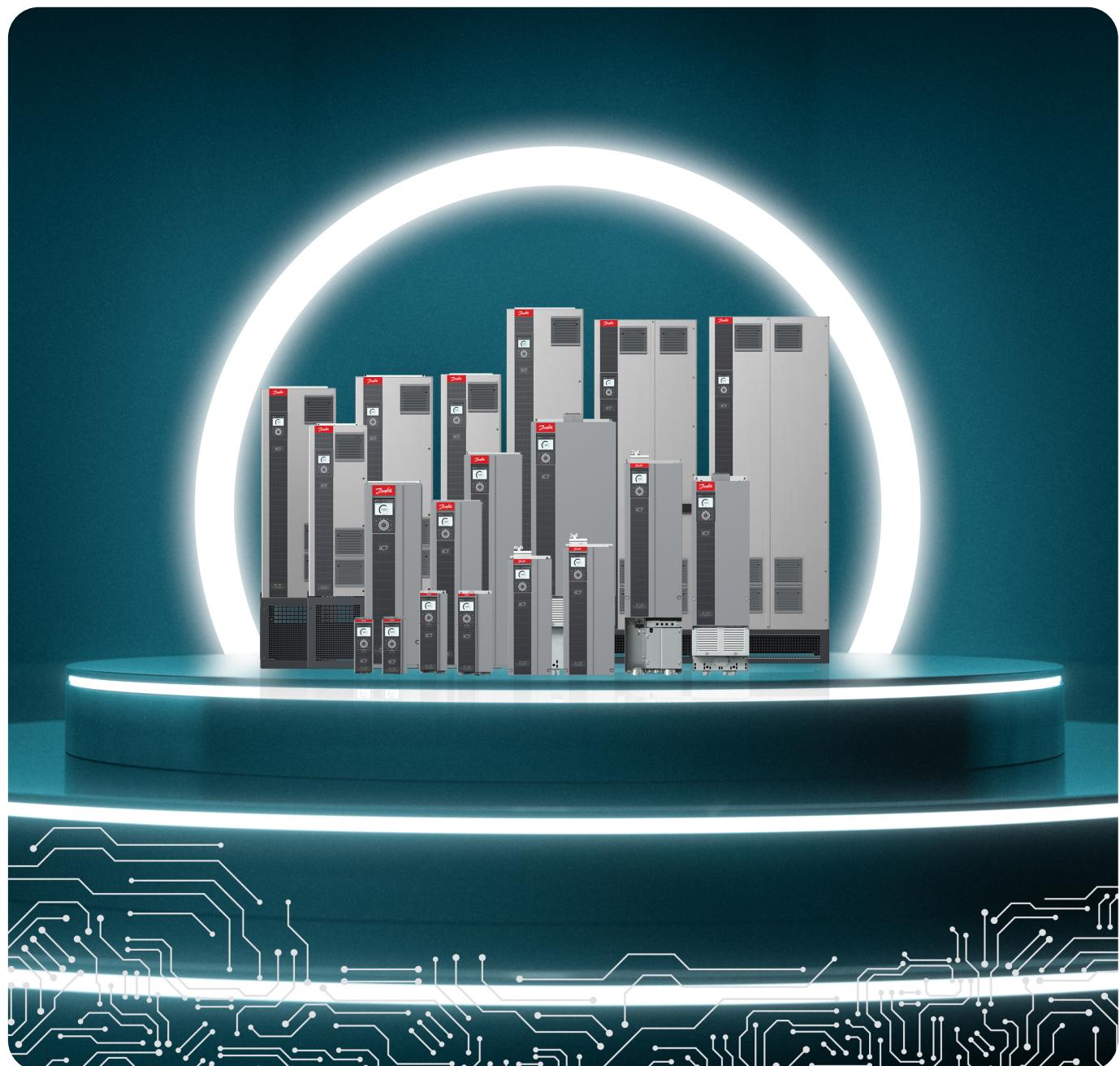


Funktionale Sicherheit iC7-Automation

Frequenzumrichter, 1,3–1260 A



Explore our solutions
drives.danfoss.com

Inhalt

1 Einleitung

1.1 Zweck dieser Bedienungsanleitung	7
1.2 Zusätzliche Materialien	7
1.3 Abkürzungen	7
1.4 Marken	8
1.5 Versionshistorie	8

2 Sicherheit

2.1 Qualifiziertes Personal für die Arbeit mit Funktionaler Sicherheit	9
2.2 Allgemeine Sicherheitserwägungen	9

3 Funktionale Sicherheit für Frequenzumrichter mit STO, nicht nachrüstbar (+BEF1)

3.1 Funktionale Sicherheit der iC7-Serie	10
3.1.1 Übersicht	10
3.1.2 Sicherheit der Systemkonfiguration	11
3.1.3 Safe Torque Off (STO)	11
3.1.4 STO-Aktivierung	11
3.1.5 Automatischer/Manueller Wiederanlauf	11
3.1.6 STO-Eigenschaften	12
3.1.7 STO-Feedback	13
3.2 Installation	14
3.2.1 STO-Installation für Frequenzumrichter mit Gruppe 1 Funktionale Sicherheit (STO – nicht nachrüstbar)	14
3.2.2 Anschlussbeispiele	16
3.3 Inbetriebnahme	17
3.3.1 Sicherheitshinweise zur Inbetriebnahme	17
3.3.2 Inbetriebnahmeprüfung	17
3.3.2.1 Übersicht	17
3.3.2.2 Inbetriebnahmeprüfung für STO-Anwendungen im manuellen Wiederanlaufmodus	17
3.3.2.3 Inbetriebnahmeprüfung der STO-Anwendungen mit automatischem Wiederanlauf	18
3.4 Betrieb und Wartung	19
3.4.1 Funktionsprüfung	19
3.4.1.1 Durchführen von Funktionsprüfungen	19
3.4.1.2 Funktionsprüfung mit STO-Istwertsignal	19
3.4.1.3 Funktionsprüfung ohne Verwendung des STO-Istwertsignals	20

3.4.2 Diagnosetest	20
3.5 Spezifikationen	22
3.5.1 Normen und Leistung für funktionale Sicherheit	22
3.5.2 Technische Daten	23
3.5.3 Betriebsbedingungen	24
3.5.4 Kabelspezifikationen	24
4 Funktionale Sicherheit für Frequenzumrichter, nachrüstbar (+BEF2)	
4.1 Funktionale Sicherheitsoptionen	25
4.2 Beschreibung des funktionalen Sicherheitssystems	25
4.3 Sicherheitsfunktionen	25
4.3.1 Übersicht der Frequenzumrichter mit STO und SS1-t (+BEF2)	25
4.3.2 STO-Aktivierung	26
4.3.3 Konfigurieren des Neustart- und Quittierungsverhaltens	26
4.3.4 Eigenschaften der Sicherheitseingänge	27
4.3.5 STO-Feedback	28
4.4 Parameter für Sicherheitsfunktionen	30
4.4.1 Übersicht über die Sicherheitsfunktionsparameter	30
4.4.2 Allgemeine Parameter der funktionalen Sicherheit	31
4.4.3 Ausfallkonfiguration	31
4.4.4 Sicherer Feldbus	32
4.4.5 Safe Torque Off (STO)	32
4.4.6 Sicherer Stopp 1 zeitgesteuert (SS1-t)	33
4.4.7 Speichern auf dem Gerät	35
4.4.8 Validierung und Erstellung eines Inbetriebnahmeberichts	35
4.5 Sicherer Feldbus	36
4.5.1 PROFIsafe	36
4.5.2 PROFIsafe-System	36
4.5.3 PROFIsafe-Frame	37
4.5.4 Parametrierung für PROFIsafe	38
4.5.5 PROFIsafe-Watchdog-Zeit	39
4.5.6 Antwortzeit der PROFIsafe-Sicherheitsfunktion (SFRT)	40
4.5.7 PROFIdrive auf PROFIsafe	40
4.5.8 PROFIsafe-Steuerwort	40
4.5.9 PROFIsafe-Zustandswort	41

4.6 Installation	42
4.6.1 Installation für Frequenzumrichter mit STO, SS1-t und Unterstützung für einen sicheren Feldbus (+BEF2)	42
4.6.2 Anschlussbeispiele	43
4.7 Konfigurationswerkzeuge	44
4.7.1 Übersicht	44
4.7.2 Sicherheit der Systemkonfiguration	44
4.7.3 Vorbereiten eines PC-Anschlusses	45
4.7.4 MyDrive® Insight	45
4.7.4.1 Installation von MyDrive® Insight	45
4.7.4.2 Datensicherung und Wiederherstellung von Parametern	45
4.7.4.3 Zurücksetzen auf Werkseinstellungen	46
4.7.4.4 Aktualisierung der Software	46
4.8 Inbetriebnahme	47
4.8.1 Inbetriebnahmesicherheit	47
4.8.2 Inbetriebnahmeprüfung	47
4.8.3 Inbetriebnahme-Checkliste	48
4.8.4 Inbetriebnahmeprüfung für die Sicherheitsfunktion STO	49
4.8.5 Inbetriebnahmeprüfung für die Sicherheitsfunktion Sicherer Stopp 1 zeitgesteuert (SS1-t)	49
4.8.6 Validierung und Erstellung eines Inbetriebnahmeberichts	50
4.9 Betrieb und Wartung	51
4.9.1 Übersicht der Funktionsprüfungen	51
4.9.2 Diagnostik	51
4.9.3 Installation und Wartung in großen Höhen	52
4.9.4 Frequenzumrichterwechsel	52
4.10 Fehlersuche und -behebung	52
4.10.1 Status-LEDs	52
4.10.2 Instanzen des STO-Istwertsignals	53
4.10.3 Sicherheitsfunktion Wiederherstellung nach Fehler (Recovery)	53
4.10.4 Ereignisse	54
4.11 Spezifikationen	56
4.11.1 Normen und Leistung für funktionale Sicherheit	56
4.11.2 Technische Daten	57
4.11.3 Betriebsbedingungen	58
4.11.4 Kabelspezifikationen	59

1 Einleitung

1.1 Zweck dieser Bedienungsanleitung

Diese Bedienungsanleitung enthält Informationen zu den funktionalen Sicherheitsfunktionen der iC7-Frequenzumrichter und richtet sich an Benutzer, die bereits mit der Danfoss iC7-Serie vertraut sind. Sie ist als Ergänzung zu den antriebsspezifischen Anleitungen vorgesehen.

Die Bedienungsanleitung enthält Anweisungen zur Überprüfung, ob die integrierten funktionalen Sicherheitsfunktionen aktiv sind, und zur Konfiguration der Sicherheitsfunktionen.

1.2 Zusätzliche Materialien

Für ein besseres Verständnis der Funktionen sowie zur sicheren Installation und Bedienung der Produkte der iC7-Serie stehen die folgenden zusätzlichen Ressourcen zur Verfügung:

- Sicherheitshandbücher, die wichtige Sicherheitsinformationen zur Installation von Frequenzumrichtern und Leistungswandlern der iC7-Serie enthalten.
- Installationshandbücher, welche die mechanische und elektrische Installation von Frequenzumrichtern, Leistungswandlern oder Funktionserweiterungsoptionen abdecken.
- Projektierungshandbücher, die technische Informationen zu den Einsatzmöglichkeiten der Frequenzumrichter oder Leistungswandler der iC7-Serie für die Integration in Systeme zur Motorsteuerung und -überwachung enthält.
- Bedienungsanleitungen, die Anweisungen zu Steueroptionen und anderen Komponenten des Frequenzumrichters enthalten.
- Applikationshandbücher mit Anweisungen zur Einrichtung des Frequenzumrichters oder Leistungswandlers für eine bestimmte Endanwendung. Applikationshandbücher für Applikationssoftwarepakete bieten auch einen Überblick über die Parameter und Wertebereiche für den Betrieb der Frequenzumrichter oder Leistungswandler, Konfigurationsbeispiele mit empfohlenen Parametereinstellungen und Schritte zur Fehlerbehebung.
- *Wissenswertes über Wechselstrom-Frequenzumrichter*, abrufbar unter www.danfoss.com.
- Weitere ergänzende Publikationen, Zeichnungen und Leitfäden finden Sie unter www.danfoss.com.

Die neuesten Versionen der Danfoss-Produktdokumentation können unter <https://www.danfoss.com/de-de/service-and-support/documentation/> heruntergeladen werden.

1.3 Abkürzungen

Tabelle 1: Auf die Funktionale Sicherheit bezogene Abkürzungen

Abkürzung	Sollwert	Beschreibung
FIT	–	Failure in Time (FIT). 1 FIT entspricht einem Ausfall pro 1E9 Betriebsstunden.
HFT	EN IEC 61508-4	Hardwarefehltoleranz: HFT = n bedeutet, dass n+1 Fehler zu einem Verlust der Sicherheitsfunktion führen können.
MTTFd	EN ISO 13849-1	Mean Time To Failure - dangerous (Mittlere Zeit bis zu einem gefährlichen Ausfall). Einheit: Jahre. Jahre werden unterteilt in Niedrig, Mittel und Hoch.
PFH	EN IEC 61508-4	Probability of Dangerous Failures per Hour (Wahrscheinlichkeit eines gefährlichen Ausfalls pro Stunde). Dieser Wert ist zu berücksichtigen, wenn die Sicherungseinrichtung mit hohem Anforderungsgrad oder mit kontinuierlicher Anforderungsrate betrieben wird, wobei die Anforderung an das sicherheitsbezogene System mehr als einmal pro Jahr erfolgt.

Tabelle 1: Auf die Funktionale Sicherheit bezogene Abkürzungen - (Fortsetzung)

Abkürzung	Sollwert	Beschreibung
PFD	EN IEC 61508-4	Mittlere Ausfallwahrscheinlichkeit im Anforderungsfall, verwendeter Wert für den Betrieb mit niedriger Anforderungsrate.
PL	EN ISO 13849-1	Kenngroße für die Zuverlässigkeit von sicherheitsbezogenen Funktionen von Steuerungssystemen zur Ausführung einer Sicherheitsfunktion unter vorhersehbaren Bedingungen. Kenngrößen sind unterteilt in a bis e.
PLr	EN ISO 13849-1	Required Performance Level (das erforderliche Leistungsniveau für eine bestimmte Sicherheitsfunktion).
SIL	EN IEC 61508-4	Safety Integrity Level
STO	EN IEC 61800-5-2	Safe Torque Off
SS1	EN IEC 61800-5-2	Sicherer Stopp 1 (Safe Stop 1)

1.4 Marken

PROFIBUS® und PROFINET® sind eingetragene Marken von PROFIBUS und PROFINET International (PI).

PROFIdrive® ist eine eingetragene Marke, die von PROFIBUS und PROFINET International (PI) lizenziert wurde.

PROFIsafe® ist eine eingetragene Marke, die von PROFIBUS und PROFINET International (PI) lizenziert wurde.

1.5 Versionshistorie

Diese Anleitung wird regelmäßig geprüft und aktualisiert. Verbesserungsvorschläge sind jederzeit willkommen.

Die Originalsprache dieses Handbuchs ist Englisch.

Tabelle 2: Versionshistorie

Version	Anmerkungen
AQ319741840653, Version 0501	Aktualisiert um weitere Informationen über Funktionsprüfungen.
AQ319741840653, Version 0401	Aktualisiert zur Einbeziehung der funktionalen Sicherheitsoption +BEF2 für iC7-Automation-Frequenzumrichter bis 1260 A.
AQ319741840653, Version 0301	Geringfügige Aktualisierungen. Die Informationen in dieser Version gelten für iC7-Automation-Frequenzumrichter bis 1260 A.
AQ319741840653, Version 0201	Geringfügige Aktualisierungen. Die Informationen in dieser Version gelten für iC7-Automation-Frequenzumrichter bis 106 A.
AQ319741840653, Version 0101	Erste Version. Die Informationen in dieser Version gelten für iC7-Automation-Frequenzumrichter bis 43 A.

2 Sicherheit

2.1 Qualifiziertes Personal für die Arbeit mit Funktionaler Sicherheit

Nur qualifiziertes Personal darf Funktionen der Funktionalen Sicherheit installieren, konfigurieren, in Betrieb nehmen, warten und außer Betrieb nehmen. Qualifiziertes Personal für die Arbeit mit Funktionaler Sicherheit sind Elektrofachkräfte oder von Elektrofachkräften ausgebildete Personen, die über entsprechende Erfahrungen verfügen, um Geräte, Systeme, Maschinen und Anlagen gemäß den allgemein gültigen Normen und Richtlinien zur Sicherheitstechnik zu betreiben.

Außerdem müssen sie:

- mit grundlegenden Vorschriften zu Gesundheit und Sicherheit/Unfallverhütung vertraut sein.
- die Sicherheitsrichtlinien in diesem Handbuch gelesen und verstanden haben.
- verfügen über gute Kenntnisse der Fachgrund- und Produktnormen für die jeweilige Anwendung.

Installateure und Systemintegratoren von Systemen mit Antriebssystemen (sicherheitsrelevant) sind verantwortlich für:

- Die Gefährdungs- und Risikoanalyse der Anwendung.
- Die Gesamtsicherheit der Anwendung.
- Ermittlung erforderlicher Sicherheitsfunktionen und Zuweisung von SIL oder PL zu allen Funktionen, anderen Teilsystemen und die Gültigkeit der Signale und Befehle aus diesen Teilsystemen.
- Entwicklung geeigneter sicherheitsbezogener Steuerungssysteme, wie z. B. Hardware, Software und Parametrierung.

2.2 Allgemeine Sicherheitserwägungen

Beachten Sie bei der Installation oder beim Betrieb des Frequenzumrichters die Sicherheitshinweise in den Anweisungen. Weitere Informationen zu Sicherheitsrichtlinien für die Installation finden Sie im produktsspezifischen Sicherheitshandbuch, das im Lieferumfang des Frequenzumrichters enthalten ist. Weitere Informationen zu Sicherheitsrichtlinien für den Betrieb des Frequenzumrichters finden Sie in den produktsspezifischen Bedienungsanleitungen.

HINWEIS

INBETRIEBNAHMEPRÜFUNG

Führen Sie nach Installation der STO-Funktion eine Inbetriebnahmeprüfung durch.

Nach der Erstinstallation und jeder darauf folgenden Änderung der Installation oder Anwendung der Funktionalen Sicherheit ist eine erfolgreiche Inbetriebnahmeprüfung erforderlich.

Wenn die Inbetriebnahmeprüfung fehlschlägt, kann der sichere Betrieb nicht gewährleistet werden.

⚠️ WARNUNG



GEFAHR EINES STROMSCHLAGS

Die STO-Funktion bietet jedoch keine elektrische Sicherheit. Die Funktion „Safe Torque Off“ allein reicht nicht aus, um die in EN 60204-1:2018 definierte Notabschaltfunktion zu realisieren. Die Verwendung der STO-Funktion zur Umsetzung einer Notabschaltfunktion kann zum Tod oder zu Personenschäden/Verletzungen führen.

- Die Notabschaltung erfordert Maßnahmen zur elektrischen Isolierung, z. B. durch Abschaltung der Netzversorgung über ein zusätzliches Schütz.

3 Funktionale Sicherheit für Frequenzumrichter mit STO, nicht nachrüstbar (+BEF1)

3.1 Funktionale Sicherheit der iC7-Serie

3.1.1 Übersicht

Frequenzumrichter mit der funktionalen Sicherheitsoption **STO, nicht aufrüstbar (+BEF1)** bieten die Sicherheitsfunktion Safe Torque Off (STO) mit einem zweikanaligen, galvanisch getrennten Eingang und einem STO-Istwertsignal für Diagnosezwecke.

Der Frequenzumrichter integriert die STO-Funktion über die E/A-Klemmen für funktionale Sicherheit, wie in [Tabelle 3](#) beschrieben.

Der iC7-Frequenzumrichter mit STO-Funktion ist für folgende Anforderungen ausgelegt und zugelassen:

- Kategorie 3 nach EN ISO 13849-1
- Performance Level „e“ nach EN ISO 13849-1
- SIL 3 nach IEC 61508 und 61800-5-2

Die STO-Sicherheitsfunktion ist aktiv, wenn einer oder beide STO-Eingänge nicht mit einem +24-V-Signal verbunden sind. Der Frequenzumrichter kann nicht in den RUN-Zustand wechseln. Weitere Informationen siehe [Tabelle 4](#).

Voraussetzungen für den Normalbetrieb (STO-Funktion ist nicht aktiv) sind:

- STO A- und STO B-Signale werden aktiviert.
- Keine internen Fehler aktiv.

Sofern nicht anders angegeben, sind alle Steuerein- und -ausgänge galvanisch von der Versorgungsspannung (PELV) und anderen Hochspannungsanschlüssen getrennt.

Tabelle 3: E/A-Klemmen für Funktionale Sicherheit in Frequenzumrichtern

Klemme X31			Klemme X32		
Nummerierung	Klemmenbezeichnung	Funktionen	Nummerierung	Klemmenbezeichnung	Funktionen
41	24 V	+ 24 V DC Ausgang	45	GND	0 V/GND
42	S.INA+	+ STO-Eingang Kanal A	46	S.INA-	- STO-Eingang Kanal A
43	S.INB+	+ STO-Eingang Kanal B	47	S.INB-	- STO-Eingang Kanal B
44	S.FB+	+ STO-Feedback	48	S.FB-	- STO-Feedback

Tabelle 4: Instanzen der STO-Funktion und STO-Feedback

STO-Eingänge	Betriebsbedingungen	STO-Funktion	STO-Feedback-Signal	Fehler/ Warnungstext
Beide Eingänge mit 24 V DC bestromt	Normalbetrieb	Deaktiviert	Deaktiviert	Keine Fehler oder Warnungen
Spannung von beiden Eingängen getrennt	STO-Anforderung	Aktiviert	Aktiviert	„STO activated“ ⁽¹⁾
Nur ein Eingang bestromt	Fehler bei Anforderung oder durch internen Fehler	Aktiviert	Deaktiviert	„STO – Fault [Kanalname] ⁽²⁾

1) Reguläre STO-Anforderung: Kann je nach Einstellung des Wiederanlaufs entweder ein Fehler oder eine Warnung sein.

2) Fehler bei Anforderung oder durch internen Fehler (immer ein „Fehler“, nicht konfigurierbar). Wird nach Ablauf des Diskrepanztimers (500 ms) angezeigt.

3.1.2 Sicherheit der Systemkonfiguration

iC7-Frequenzumrichter sind mit vorgeschriebenen und konfigurierbaren Sicherheitsfunktionen ausgestattet, die einen unbefugten Zugriff auf den Frequenzumrichter verhindern, eine sichere Verbindung zum Frequenzumrichter gewährleisten und den Frequenzumrichter vor unbefugten Softwareänderungen schützen.

Weitere Informationen zu den Sicherheitsfunktionen der Anwendungssoftware finden Sie in der Dokumentation der Anwendungssoftware.

Konfigurierbare Sicherheitsfunktionen können an die Anwendungsanforderungen angepasst werden. Die sicherheitsrelevanten Parameter sind passwortgeschützt.

3.1.3 Safe Torque Off (STO)

HINWEIS

- Wählen Sie die Komponenten aus und wenden Sie sie im sicherheitsbezogenen Steuerungssystem richtig an, um die erforderliche Betriebssicherheitsstufe zu erreichen. Vor der Integration und Nutzung der Funktion „Safe Torque Off“ des Frequenzumrichters in einer Anlage müssen Sie eine umfassende Risikoanalyse der Anlage durchführen. Dies dient dazu, zu ermitteln, ob die Funktion „Safe Torque Off“ und die Sicherheitsstufen des Frequenzumrichters für die Anlage und Anwendung angemessen und ausreichend sind.

Die Funktion Safe Torque Off (STO) ist ein Bestandteil des sicherheitsbezogenen Steuerungssystems. STO verhindert, dass das Gerät die für die Drehung des Motors erforderliche Leistung erzeugt.

Die iC7 Frequenzumrichter sind erhältlich mit:

- Safe Torque Off (STO) gemäß EN IEC 61800-5-2:2017
- Stoppkategorie 0 gemäß EN IEC 60204-1:2018

Die STO-Funktion ist für iC7-Automation-Frequenzumrichter mit dem funktionalen Sicherheits-Plus-Code +BEF1 verfügbar. Spezifische Hardware-Revisionen sind im Anhang des Zertifikats zur funktionalen Sicherheit aufgeführt.

3.1.4 STO-Aktivierung

Die STO-Funktion wird durch Wegnahme der Spannung an den STO-Eingängen des Frequenzumrichters aktiviert. Der Anschluss von externen Sicherheitsvorrichtungen an den Frequenzumrichter mit einer sicheren Verzögerung bieten auch die Möglichkeit, eine sicheren Stopp 1 zu realisieren. Externe Sicherungseinrichtungen müssen die erforderlichen Kat./PL oder SIL erfüllen, wenn sie an STO-Eingänge angeschlossen werden.

Bei den Standardeinstellungen wechselt der Frequenzumrichter bei Aktivierung der STO-Funktion in den Fehlerzustand mit Motorfreilauf, so dass der Motor austrudelt. Zum Wiederanlauf müssen Sie den Frequenzumrichter manuell neu starten.

Verwenden Sie die STO-Funktion, um den Frequenzumrichter in Situationen zu stoppen, in denen eine Sicherheitsfunktion erforderlich ist. Setzen Sie im Normalbetrieb, bei dem Sie kein „Safe Torque Off“ benötigen, stattdessen die normale Stoppfunktion des Frequenzumrichters ein.

3.1.5 Automatischer/Manueller Wiederanlauf

Die STO-Standardeinstellung verhindert einen unerwarteten Wiederanlauf (Wiederanlaufschutz).

HINWEIS

Die Verhinderung eines unbeabsichtigten Wiederanlaufs nach STO-Abschaltung erfüllt nicht eine SIL 2- oder SIL 3-Anforderung.

- Wenn ein unbeabsichtigter Neustart für die Installation kritisch ist, muss dies durch den Einsatz von STO gesteuert werden, sowohl nach der STO-Aktivierung als auch bei normalen Anlaufzyklen, z. B. nach einem normalen Aus-/Einschaltzyklus.

VORSICHT

- Das Standard-Wiederanlaufverhalten ist auf **Manuell** eingestellt. Stellen Sie vor dem Umschalten auf **Automatik** sicher, dass die Anforderungen gemäß EN ISO 12100:2011 Abschnitt 6.3.3.2.5 erfüllt sind.

Beenden des STO und Wiederaufnahme des Normalbetriebs

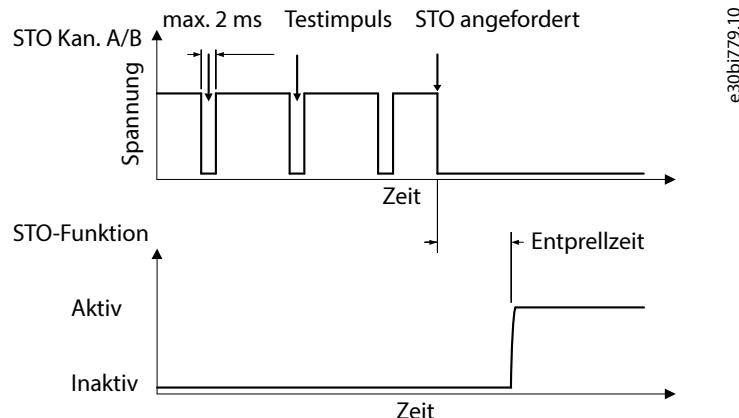
- Legen Sie die 24 V DC-Versorgung wieder an die sicheren Eingänge an.
- Senden Sie über den Feldbus, die Digital-E/A oder die Bedieneinheit ein Reset-Signal.

Stellen Sie die STO-Funktion auf automatischen Wiederanlauf, indem Sie den Wert von Parameter **7.3.1 Safe Torque Off Response** (Antwort auf Safe Torque Off) von der Werkseinstellung **Fault** (Fehler) (manueller Reset) auf den Wert **Warning** (Warnung) (automatischer Reset) setzen. Automatischer Wiederanlauf bedeutet, dass der Frequenzumrichter das „Safe Torque Off“ beendet und den Normalbetrieb wieder aufnimmt, sobald an den STO-Eingängen 24 V DC anliegt. Es ist kein Reset-Signal erforderlich.

3.1.6 STO-Eigenschaften

Zur flexiblen Anpassung an das Sicherheitssystem besitzen die STO-Eingänge folgende Eigenschaften:

- Galvanische Trennung der Klemmen:** Die E/A-Klemmenblöcke für funktionale Sicherheit auf der Steuerkarte (X31, X32) verfügen über separate, galvanisch getrennte Eingänge, um es beispielsweise zu ermöglichen, die Polaritäten der STO-Eingangsklemmen zu vertauschen, wie in [Abbildung 1](#) und [Abbildung 2](#) dargestellt.
- Testimpulsfilterung:** Verschiedene Steuermodule testen ihre sicheren Ausgänge über Testimpulsmuster (Ein/Aus-Tests), um Störungen durch Kurz- oder Querschlüsse zu identifizieren. Wenn die STO-Eingänge mit einem sicheren Ausgang eines Steuermoduls verbunden werden, dürfen Testimpulse den STO nicht aktivieren. Aus diesem Grund werden Testimpulse, die kürzer als 2 ms sind, an den STO-Eingangsleitungen ignoriert.



- Asynchrone Eingangstoleranz:** Die Eingangssignale an den STO-Klemmen sind nicht immer synchron. Wenn die Zeitdifferenz zwischen den beiden Signalen mehr als 500 ms beträgt, zeigt der Frequenzumrichter einen STO-Fehler an, wie in [Tabelle 4](#) beschrieben. Diese Funktion verzögert die Aktivierung der STO-Funktion nicht.

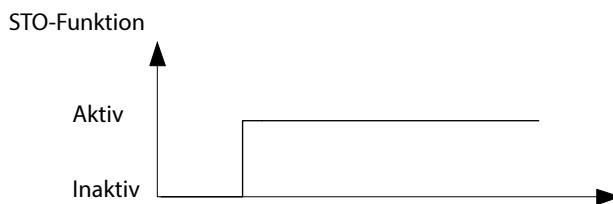
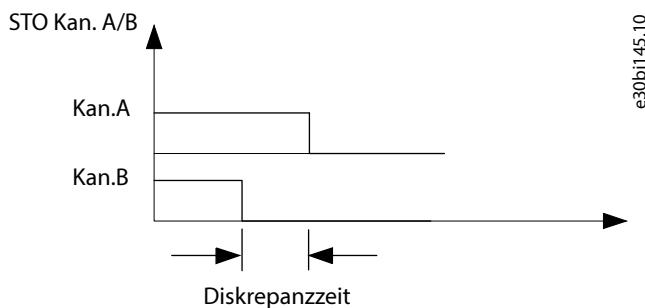


Abbildung 2: Diskrepanzzeit

3.1.7 STO-Feedback

Der STO-Istwert ist ein einkanaliges Istwertsignal, das für Diagnosezwecke und zur Anzeige eines aktiven STO verwendet werden kann. Sie kann dazu beitragen, die Sicherheit auf Systemebene zu verbessern, z. B. in Retrofit-Fällen, in denen eine Diagnoserückmeldung an das Sicherheitssystem erforderlich ist.

⚠️ VORSICHT

- Das Istwertsignal ist nicht als Bestandteil der Sicherheitsfunktion ausgelegt und hat kein Sicherheits-Integritätslevel.

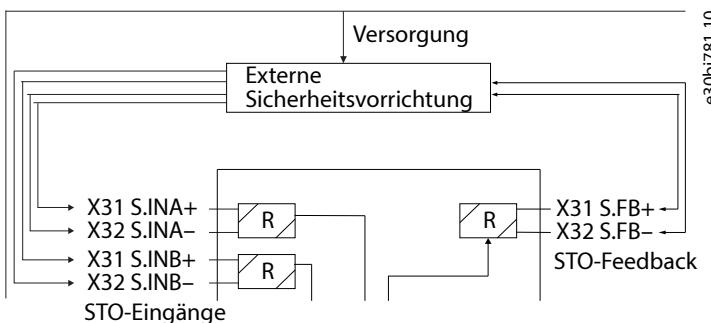


Abbildung 3: Beispiel für STO-Istwert für iC7-Frequenzumrichter

Es kann auch als Digitalausgang ein Statussignals zur Verfügung stellen. In diesem Fall könnte die Last ein Digitaleingang einer SPS sein.

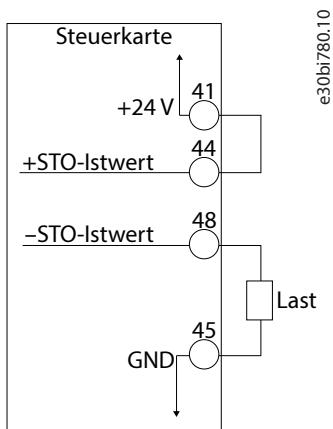


Abbildung 4: Beispiel für STO-Istwert für iC7-Frequenzumrichter

Die STO-Feedback funktioniert ähnlich wie ein Schütz, das geschlossen wird, sobald beide STO-Eingangskanäle stromlos sind.

3.2 Installation

3.2.1 STO-Installation für Frequenzumrichter mit Gruppe 1 Funktionale Sicherheit (STO – nicht nachrüstbar)

Voraussetzungen:

Für den Motoranschluss, den AC-Netzanschluss und die Verdrahtung der Steuerung befolgen Sie die Anweisungen für eine sichere Installation in der mit dem Umrichter gelieferten Dokumentation.

Die gesamte Verkabelung für die funktionale Sicherheit muss an den Klemmenblöcken X31 und X32 erfolgen. Zur Lage der Klemmen siehe [Abbildung 5](#).

HINWEIS

Wenn bei der Installation mehradrige Drähte verwendet werden, müssen Aderendhülsen oder andere geeignete Mittel verwendet werden, um zu verhindern, dass einzelne Ader mit benachbarten Stiften kurzgeschlossen werden.

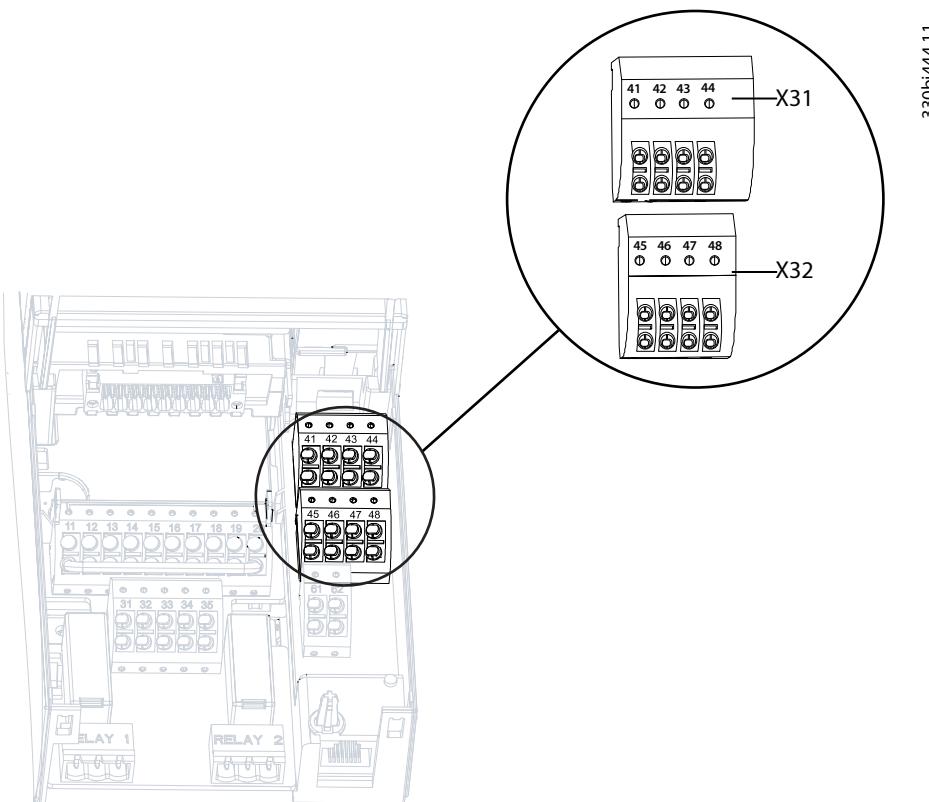


Abbildung 5: Anschlussklemmen für Funktionale Sicherheit

Tabelle 5: E/A-Klemmen für Funktionale Sicherheit in Frequenzumrichtern

Klemme X31			Klemme X32		
Nummerierung	Klemmenbezeichnung	Funktionen	Nummerierung	Klemmenbezeichnung	Funktionen
41	24 V	+ 24 V DC Ausgang	45	GND	0 V/GND
42	S.INA+	+ STO-Eingang Kanal A	46	S.INA-	- STO-Eingang Kanal A
43	S.INB+	+ STO-Eingang Kanal B	47	S.INB-	- STO-Eingang Kanal B
44	S.FB+	+ STO-Feedback	48	S.FB-	- STO-Feedback

Der Frequenzumrichter wird ohne Verdrahtung zu den E/A-Klemmen für die Funktionale Sicherheit ausgeliefert. Dadurch werden alle sicheren Eingänge stromlos und der STO ist aktiv.

1. Wenn die STO-Sicherheitsfunktion nicht benötigt wird, verdrahten Sie den Klemmenblock gemäß [Abbildung 6](#) oder verwenden Sie die STO-Steckbrückenklemmen aus dem Montagezubehör und montieren Sie diese an den Klemmen X31 und X32. Dadurch wird sichergestellt, dass beide STO-Eingänge mit 24 V DC versorgt werden, um den normalen Betrieb zu ermöglichen.

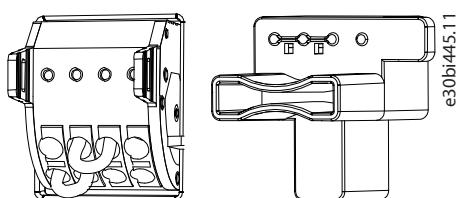


Abbildung 6: Verdrahteter Klemmenblock (links) und STO-Steckbrückenklemme (rechts)

3.2.2 Anschlussbeispiele

Durch die galvanische Trennung der STO-Eingänge sind verschiedene Anschlussvarianten und unterschiedliche Polaritäten in der Verdrahtung möglich. Schließen Sie beispielsweise ein Sicherheitsstellglied an STO-Eingangsklemmen an und stellen Sie die Bezugsspannungen wie in [Abbildung 7](#) und [Abbildung 8](#) gezeigt ein. Es werden sowohl Einstellungen mit gleichem Spannungsniveau auf beiden Kanälen (+24 V) als auch Einstellungen mit unterschiedlichen Spannungsniveaus (+24 V und 0 V) unterstützt.

HINWEIS

GEFÄHRLICHER SPANNUNGSPPEGEL

- Um eine Stapelung und ein Abdriften der Spannungen auf ein gefährliches Niveau zu vermeiden, müssen GND PELV des Umrichters und die externe Sicherheitseinrichtung miteinander verbunden werden.

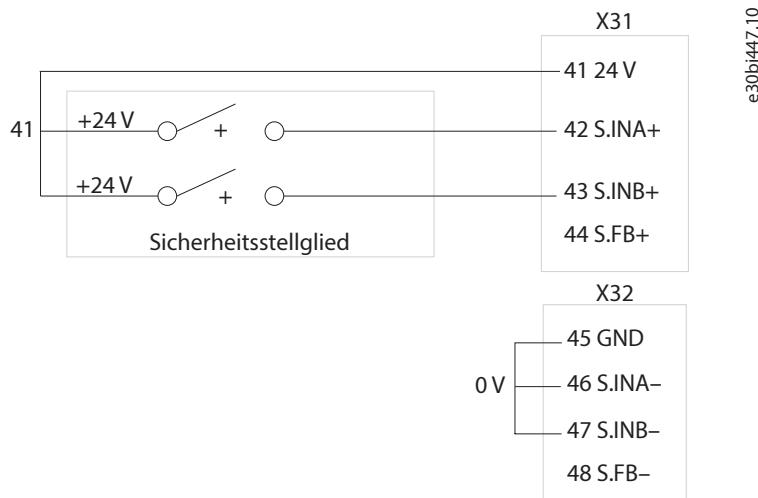


Abbildung 7: STO-Anschlussbeispiel für die Verwendung der gleichen Polaritäten (Kanal A und Kanal B = 24 V)

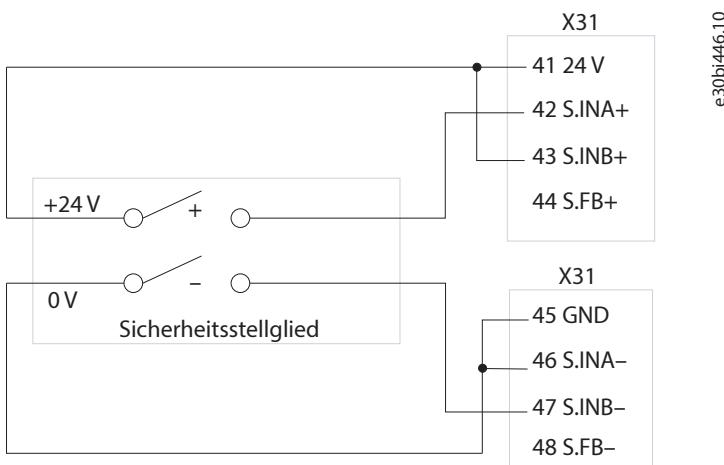


Abbildung 8: STO-Anschlussbeispiel für die Verwendung unterschiedlicher Polaritäten

Weitere Verdrahtungsbeispiele finden Sie in der Dokumentation der Anwendungssoftware.

3.3 Inbetriebnahme

3.3.1 Sicherheitshinweise zur Inbetriebnahme

Weitere Sicherheitshinweise finden Sie in [2.2 Allgemeine Sicherheitserwägungen](#) und in den entsprechenden produktspezifischen Bedienungsanleitungen. Beachten Sie außerdem stets die Anleitungen des Motorherstellers.

WARNUNG

RESTDREHUNG

Sie können die STO-Funktion für Asynchron-, Synchron- und Permanentmagnetmotoren verwenden. Im Leistungshalbleiter des Frequenzumrichters können zwei Fehler auftreten. Bei Verwendung synchroner oder Permanentmagnetmotoren kann dies zu einer Restdrehung führen. Der Drehwinkel kann nach der Formel „Winkel = 360/(Polzahl)“ berechnet werden.

- Bei Anwendungen, die synchrone oder Permanentmagnetmotoren einsetzen, müssen Sie die Restdrehung berücksichtigen und sicherstellen, dass dadurch kein sicherheitskritisches Problem entsteht. Dies trifft nicht auf Asynchronmotoren zu.

3.3.2 Inbetriebnahmeprüfung

3.3.2.1 Übersicht

Nach der Installation und vor dem Erstbetrieb ist eine Inbetriebnahmeprüfung mit STO erforderlich. Die Inbetriebnahmeprüfung ist auch nach jeder Änderung der Installation oder Anwendung erforderlich, die den STO einschließt.

HINWEIS

INBETRIEBNAHMEPRÜFUNG

Führen Sie nach Installation der STO-Funktion eine Inbetriebnahmeprüfung durch.

Nach der Erstinstallation und jeder darauf folgenden Änderung der Installation oder Anwendung der Funktionalen Sicherheit ist eine erfolgreiche Inbetriebnahmeprüfung erforderlich.

Wenn die Inbetriebnahmeprüfung fehlschlägt, kann der sichere Betrieb nicht gewährleistet werden.

So führen Sie eine Inbetriebnahmeprüfung durch:

- Prüfen Sie [3.3.2.2 Inbetriebnahmeprüfung für STO-Anwendungen im manuellen Wiederanlaufmodus](#), ob der STO auf manuellen Wiederanlaufmodus eingestellt ist, d. h. ob Parameter **7.3.1 Safe Torque Off Response** (STO-Antwort) auf die Werkseinstellung **Fault, reset required** (manueller Reset) (Fehler, Reset erforderlich) eingestellt ist.
- Prüfen Sie in [3.3.2.3 Inbetriebnahmeprüfung der STO-Anwendungen mit automatischem Wiederanlauf](#), ob der STO auf automatischen Wiederanlauf eingestellt ist, d. h. ob Parameter **7.3.1 Safe Torque Off Response** (STO-Antwort) auf **Warning, no reset required** (automatische Fehlerquittierung) (Warnung, kein Reset erforderlich) eingestellt ist.

3.3.2.2 Inbetriebnahmeprüfung für STO-Anwendungen im manuellen Wiederanlaufmodus

Tabelle 6: Inbetriebnahmeprüfung im manuellen Wiederanlaufmodus

Prüfablauf		Freigegeben
1	Den Frequenzumrichter einschalten.	<input type="checkbox"/>
2	Stellen Sie sicher, dass keine Sicherheitsfehler vorliegen.	<input type="checkbox"/>
3	Starten Sie den Motor.	<input type="checkbox"/>
4	Trennen Sie die 24-V-DC-Spannungsversorgung an den STO-Eingangsklemmen über die Sicherheitsvorrichtung, während der Frequenzumrichter den Motor antreibt (d. h., die Netzversorgung wird nicht unterbrochen).	<input type="checkbox"/>

Tabelle 6: Inbetriebnahmeprüfung im manuellen Wiederanlaufmodus - (Fortsetzung)

Prüfablauf		Freigegeben
5	Stellen Sie sicher, dass der Motor in den Freilauf geht. Es dauert ggf. lange, bis der Motor stoppt.	<input type="checkbox"/>
6	Wenn eine Bedieneinheit installiert ist, prüfen Sie, ob auf dem Bedienfeld STO aktiviert angezeigt wird.	<input type="checkbox"/>
	Wenn die Bedieneinheit nicht installiert ist, prüfen Sie, ob im Ereignisprotokoll STO aktiviert aufgeführt ist.	<input type="checkbox"/>
7	Überprüfen Sie bei Verwendung des STO-Istwertes, ob STO aktiviert ist, indem Sie den Status des STO-Istwerts überprüfen. Siehe Abbildung 12 .	<input type="checkbox"/>
8	Legen Sie 24 V DC wieder an die STO-Eingänge an.	<input type="checkbox"/>
9	Stellen Sie sicher, dass der Motor im Freilauf und das angeschlossene Relais aktiviert bleiben.	<input type="checkbox"/>
10	Senden Sie ein Reset-Signal über Feldbus, Digital-E/A oder die Bedieneinheit.	<input type="checkbox"/>
11	Stellen Sie sicher, dass der Motor betriebsbereit ist und innerhalb des ursprünglichen Drehzahlbereichs läuft.	<input type="checkbox"/>

3.3.2.3 Inbetriebnahmeprüfung der STO-Anwendungen mit automatischem Wiederanlauf

Tabelle 7: Inbetriebnahmeprüfung bei automatischem Wiederanlauf

Prüfablauf		Freigegeben
1	Den Frequenzumrichter einschalten.	<input type="checkbox"/>
2	Stellen Sie sicher, dass keine Sicherheitsfehler vorliegen.	<input type="checkbox"/>
3	Starten Sie den Motor.	<input type="checkbox"/>
4	Trennen Sie die 24-V-DC-Spannungsversorgung an den STO-Eingangsklemmen über die Sicherheitsvorrichtung, während der Frequenzumrichter den Motor antreibt (d. h., die Netzversorgung wird nicht unterbrochen).	<input type="checkbox"/>
5	Stellen Sie sicher, dass der Motor in den Freilauf geht. Es dauert ggf. lange, bis der Motor stoppt.	<input type="checkbox"/>
6	Wenn eine Bedieneinheit installiert ist, prüfen Sie, ob auf dem Bedienfeld STO aktiviert angezeigt wird.	<input type="checkbox"/>
	Wenn die Bedieneinheit nicht installiert ist, prüfen Sie, ob im Ereignisprotokoll STO aktiviert aufgeführt ist.	<input type="checkbox"/>
7	Überprüfen Sie bei Verwendung des STO-Istwertes, ob STO aktiviert ist, indem Sie den Status des STO-Istwerts überprüfen. Siehe Abbildung 12 .	<input type="checkbox"/>
8	Legen Sie 24 V DC wieder an die STO-Eingänge an.	<input type="checkbox"/>
9	Stellen Sie sicher, dass der Motor betriebsbereit ist und innerhalb des ursprünglichen Drehzahlbereichs läuft.	<input type="checkbox"/>

3.4 Betrieb und Wartung

3.4.1 Funktionsprüfung

3.4.1.1 Durchführen von Funktionsprüfungen

Um die Sicherheitsnormen der EN IEC 61800-5-2 und jene auf Systemebene zu erfüllen und eine Anhäufung potenzieller Sleep-Fehler im Frequenzumrichter zu vermeiden, ist eine regelmäßige Prüfung des STO erforderlich.

- Es ist **Vorschrift**, für PL e oder SIL 3 alle 3 Monate eine Funktionsprüfung durchzuführen, um einen Ausfall oder eine Fehlfunktion der STO-Funktionen zu erkennen.
- Es ist **Vorschrift**, für PL d oder SIL 2 alle 12 Monate eine Funktionsprüfung durchzuführen, um einen Ausfall oder eine Fehlfunktion der STO-Funktionen zu erkennen.
- Obwohl es nicht vorgeschrieben ist, wird **empfohlen**, für PL c oder SIL 1 alle 12 Monate eine Funktionsprüfung durchzuführen, um einen Ausfall oder eine Fehlfunktion der STO-Funktionen zu erkennen.

HINWEIS

Wenn die Funktionsprüfung fehlschlägt, kann ein sicherer Betrieb nicht gewährleistet werden.

1. Führen Sie die Funktionsprüfung durch, indem Sie die in [3.4.1.2 Funktionsprüfung mit STO-Istwertsignal](#) oder [3.4.1.3 Funktionsprüfung ohne Verwendung des STO-Istwertsignals](#) beschriebenen Schritte durchführen.

3.4.1.2 Funktionsprüfung mit STO-Istwertsignal

Das Istwertsignal ist immer dann aktiv, wenn die STO-Funktion intern von beiden redundant ausgeführten STO-Kanälen (A+B) aktiviert wird. Es ist ein einfacher Indikator dafür, dass beide Kanäle funktionieren.

Tabelle 8: Funktionsprüfung mit dem STO-Feedback

Prüfablauf		Freigegeben
1	Den Frequenzumrichter einschalten.	<input type="checkbox"/>
2	Stellen Sie sicher, dass keine Sicherheitsfehler vorliegen.	<input type="checkbox"/>
3	Starten Sie den Motor.	<input type="checkbox"/>
4	Stellen Sie sicher, dass der STO-Feedback keinen aktiven STO signalisiert.	<input type="checkbox"/>
5	Aktivieren Sie die STO-Funktion, indem Sie die 24-V-DC-Spannungsversorgung für die STO-Eingangskanäle A und B wegschalten, während der Frequenzumrichter den Motor betreibt (d. h. die Netzversorgung wird nicht unterbrochen).	<input type="checkbox"/>
6	Stellen Sie sicher, dass der Motor in den Freilauf geht. Es dauert ggf. lange, bis der Motor stoppt.	<input type="checkbox"/>
7	Überprüfen Sie, ob der STO-Feedback einen aktiven STO signalisiert. Der Ausgang gibt nur dann einen vollständigen STO aus, wenn beide Kanäle aufgerufen werden.	<input type="checkbox"/>
8	Geben Sie einen Startbefehl, um zu überprüfen, ob die STO-Funktion den Betrieb des Frequenzumrichters blockiert. Der Motor darf nicht starten.	<input type="checkbox"/>
9	Legen Sie 24 V DC wieder an die STO-Eingänge an.	<input type="checkbox"/>
10	Wahlweiser Schritt, nur bei Einstellung des manuellen Reset-Modus: Senden Sie ein Reset-Signal über Feldbus, Digitaleingang/-ausgang oder die Bedieneinheit.	<input type="checkbox"/>
11	Stellen Sie sicher, dass der Motor betriebsbereit ist und innerhalb des ursprünglichen Drehzahlbereichs läuft.	<input type="checkbox"/>

3.4.1.3 Funktionsprüfung ohne Verwendung des STO-Istwertsignals

Alternativ kann die STO-Funktion auch ohne das Feedback-Signal überprüft werden. In diesem Fall müssen beide Kanäle separat geprüft werden.

Tabelle 9: Funktionsprüfung ohne Verwendung des STO-Feedback-Signals

Prüfablauf		Freigegeben
1	Den Frequenzumrichter einschalten.	<input type="checkbox"/>
2	Stellen Sie sicher, dass keine Sicherheitsfehler vorliegen.	<input type="checkbox"/>
3	Starten Sie den Motor.	<input type="checkbox"/>
4	Trennen Sie die 24 V DC-Spannungsversorgung an den Klemmen von STO-Eingangskanal A , während der Frequenzumrichter den Motor antreibt (d. h. Netzversorgung ist nicht unterbrochen).	<input type="checkbox"/>
5	Stellen Sie sicher, dass der Motor in den Freilauf geht. Es dauert ggf. lange, bis der Motor stoppt.	<input type="checkbox"/>
6	Wenn eine Bedieneinheit installiert ist, prüfen Sie, ob auf dem Bedienfeld STO – Fehler Kanal A angezeigt wird.	<input type="checkbox"/>
7	Wenn die Bedieneinheit nicht installiert ist, prüfen Sie, ob im Ereignisprotokoll STO – Fehler Kanal A aufgeführt ist.	<input type="checkbox"/>
8	Geben Sie einen Startbefehl, um zu überprüfen, ob die STO-Funktion den Betrieb des Frequenzumrichters blockiert. Der Motor darf nicht starten.	<input type="checkbox"/>
9	Legen Sie 24 V DC wieder an die STO-Eingänge an.	<input type="checkbox"/>
10	Senden Sie ein Reset-Signal über Feldbus, Digitaleingang/-ausgang oder die Bedieneinheit.	<input type="checkbox"/>
11	Stellen Sie sicher, dass der Motor betriebsbereit ist und innerhalb des ursprünglichen Drehzahlbereichs läuft.	<input type="checkbox"/>
12	Trennen Sie die 24 V DC-Spannungsversorgung an den Klemmen des STO-Eingangskanals , während der Frequenzumrichter den Motor antreibt (d. h. Netzversorgung ist nicht unterbrochen).	<input type="checkbox"/>
13	Stellen Sie sicher, dass der Motor in den Freilauf geht. Es dauert ggf. lange, bis der Motor stoppt.	<input type="checkbox"/>
14	Wenn eine Bedieneinheit installiert ist, prüfen Sie, ob auf dem Bedienfeld STO – Fehler Kanal B angezeigt wird.	<input type="checkbox"/>
15	Wenn die Bedieneinheit nicht installiert ist, prüfen Sie, ob im Ereignisprotokoll STO – Fehler Kanal B aufgeführt ist.	<input type="checkbox"/>
16	Geben Sie einen Startbefehl, um zu überprüfen, ob die STO-Funktion den Betrieb des Frequenzumrichters blockiert. Der Motor darf nicht starten.	<input type="checkbox"/>
17	Legen Sie 24 V DC wieder an die STO-Eingänge an.	<input type="checkbox"/>
18	Senden Sie ein Reset-Signal über Feldbus, Digitaleingang/-ausgang oder die Bedieneinheit.	<input type="checkbox"/>
19	Stellen Sie sicher, dass der Motor betriebsbereit ist und innerhalb des ursprünglichen Drehzahlbereichs läuft.	<input type="checkbox"/>

3.4.2 Diagnosetest

Wenn das STO-Istwertsignal verwendet wird, führen Sie alle 24 Monate eine zusätzliche Prüfung für SIL3 durch, um eventuelle Ausfälle der STO-Istwertfunktion zu erkennen.

Tabelle 10: Diagnosetest für STO-Feedback-Signal

Prüfablauf		Freigegeben
1	Den Frequenzumrichter einschalten.	<input type="checkbox"/>
2	Stellen Sie sicher, dass keine Sicherheitsfehler vorliegen.	<input type="checkbox"/>
3	Starten Sie den Motor.	<input type="checkbox"/>
4	Stellen Sie sicher, dass der STO-Feedback keinen aktiven STO signalisiert.	<input type="checkbox"/>
5	Trennen Sie die 24 V DC-Spannungsversorgung an den Klemmen von STO-Eingangskanal A , während der Frequenzumrichter den Motor antreibt (d. h. Netzversorgung ist nicht unterbrochen).	<input type="checkbox"/>
6	Stellen Sie sicher, dass der Motor in den Freilauf geht. Es dauert ggf. lange, bis der Motor stoppt.	<input type="checkbox"/>
7	Wenn eine Bedieneinheit installiert ist, prüfen Sie, ob auf dem Bedienfeld STO – Fehler Kanal A angezeigt wird.	<input type="checkbox"/>
8	Wenn die Bedieneinheit nicht installiert ist, prüfen Sie, ob im Ereignisprotokoll STO – Fehler Kanal A aufgeführt ist.	<input type="checkbox"/>
9	Stellen Sie sicher, dass der STO-Feedback keinen aktiven STO signalisiert. (Der Ausgang gibt nur dann einen vollständigen STO aus, wenn beide Kanäle aufgerufen werden.)	<input type="checkbox"/>
10	Geben Sie einen Startbefehl, um zu überprüfen, ob die STO-Funktion den Betrieb des Frequenzumrichters blockiert. Der Motor darf nicht starten.	<input type="checkbox"/>
11	Legen Sie 24 V DC wieder an die STO-Eingänge an.	<input type="checkbox"/>
12	Senden Sie ein Reset-Signal über Feldbus, Digitaleingang/-ausgang oder die Bedieneinheit.	<input type="checkbox"/>
13	Stellen Sie sicher, dass der Motor betriebsbereit ist und innerhalb des ursprünglichen Drehzahlbereichs läuft.	<input type="checkbox"/>
14	Trennen Sie die 24 V DC-Spannungsversorgung an den Klemmen des STO-Eingangskanals , während der Frequenzumrichter den Motor antreibt (d. h. Netzversorgung ist nicht unterbrochen).	<input type="checkbox"/>
15	Stellen Sie sicher, dass der Motor in den Freilauf geht. Es dauert ggf. lange, bis der Motor stoppt.	<input type="checkbox"/>
16	Wenn eine Bedieneinheit installiert ist, prüfen Sie, ob auf dem Bedienfeld STO – Fehler Kanal B angezeigt wird.	<input type="checkbox"/>
17	Wenn die Bedieneinheit nicht installiert ist, prüfen Sie, ob im Ereignisprotokoll STO – Fehler Kanal B aufgeführt ist.	<input type="checkbox"/>
18	Stellen Sie sicher, dass der STO-Feedback keinen aktiven STO signalisiert. (Der Ausgang gibt nur dann einen vollständigen STO aus, wenn beide Kanäle aufgerufen werden.)	<input type="checkbox"/>
19	Geben Sie einen Startbefehl, um zu überprüfen, ob die STO-Funktion den Betrieb des Frequenzumrichters blockiert. Der Motor darf nicht starten	<input type="checkbox"/>
20	Legen Sie 24 V DC wieder an die STO-Eingänge an.	<input type="checkbox"/>
21	Senden Sie ein Reset-Signal über Feldbus, Digitaleingang/-ausgang oder die Bedieneinheit.	<input type="checkbox"/>
22	Stellen Sie sicher, dass der Motor betriebsbereit ist und innerhalb des ursprünglichen Drehzahlbereichs läuft.	<input type="checkbox"/>

3.5 Spezifikationen

3.5.1 Normen und Leistung für funktionale Sicherheit

Alle Sicherheitsfunktionen in den iC7 Frequenzumrichtern erfüllen die Anforderungen der in diesem Abschnitt aufgeführten Normen.

Tabelle 11: Normen und Leistung für funktionale Sicherheit

Richtlinien oder Normen	Version
Europäische Richtlinien	Maschinenrichtlinie (2006/42/EG)
	EN ISO 13849-1:2015, EN ISO 13849-2:2012
	EN IEC 61800-5-2:2007
	EMV-Richtlinie (2014/30/EU)
Sicherheitsnormen	EN IEC 61800-3:2018 – Zweite Umgebung
	EN IEC 61326-3-1:2017
Sicherheitsfunktion	Niederspannungsrichtlinie (2014/35/EU)
	EN IEC 61800-5-1:2017
Safety Performance	Maschinensicherheit
	EN ISO 13849-1:2015, IEC 60204-1:2018
IEC 61508:2010	Funktionale Sicherheit
	IEC 61508-1:2010, IEC 61508-2:2010, EN IEC 61800-5-2:2017
	EN IEC 61800-5-2:2017 Safe Torque Off (STO)
	IEC 60204-1:2018 Stoppkategorie 0
	EN ISO 13849-1:2015
	Kategorie
	Kat. 3
	Diagnosedeckungsgrad (Funktionstest)
	>90 % (Mittel)
	Performance Level
	Bis PL e
	Maximales Diagnosetestintervall für den entsprechenden Performance-Level
	PL e: 3 Monate
	PL d: 12 Monate
	Mittlere Zeit bis zu einem gefährlichen Ausfall
	Hoch (100 Jahre pro Kanal)
IEC 61508:2010	Safety Integrity Level
	Bis SIL 3
	Maximales Diagnosetestintervall für den entsprechenden Sicherheits-Integritätslevel
	SIL 3: 3 Monate
	SIL 2: 12 Monate
	Wahrscheinlichkeit eines gefährlichen Ausfalls pro Stunde
	PFH: <8 FIT
	Wahrscheinlichkeit eines gefährlichen Ausfalls bei Anforderung
	PFD: <5·10 ⁻⁴
	HFT
	Hardware-Fehlertoleranz = 1
	Teilsystemklassifizierung
	Typ A
	Intervall der Wiederholungsprüfungen T1
	20 Jahre
	Missionszeit TM
	20 Jahre

Tabelle 11: Normen und Leistung für funktionale Sicherheit - (Fortsetzung)

Richtlinien oder Normen		Version
Reaktionszeit	Antwortzeiten zwischen Ein- und Ausgang	<30 ms Reaktionszeit
	Fehlerreaktionszeit	<30 ms
Betriebsart	High Demand, Low Demand und kontinuierlich	

1) zwischen Eingang und Ausgang bei abgeschirmten Leitungen. Andernfalls kann sich dieser Wert unter ungünstigsten EMV-Bedingungen um maximal 20 ms erhöhen.

3.5.2 Technische Daten

Sofern nicht anders angegeben, sind die Steuereingänge und -ausgänge PELV (Schutzkleinspannung – Protective extra low voltage) galvanisch von der Versorgungsspannung und anderen Hochspannungsanschlüssen getrennt.

Tabelle 12: 24-V-Digitaleingang für STO-Eingang

Funktion	Daten
Eingangstyp	Einseitig/potenzialfrei
Logik	PNP
Spannungsniveau	0–24 V DC
Spannungsniveau, logisch 0 PNP	<5 V
Spannungsniveau, logisch 1 PNP	>11 V
Maximale Spannung am Eingang bei funktionalem Zustand	30 V
Maximale Spannung am Eingang bei sicherem Zustand	60 V
Eingangsstrom	8 mA > I _c > 5 mA @ 24 V
Äquivalenter Eingangswiderstand	3 kΩ < R _i < 4,7 kΩ bei 24 V
Isolierung	Funktional
Schutz vor umgekehrter Polarität	Ja
Maximaler Eingangsstrom Aus-Zustand	0,1 mA

Tabelle 13: 24-V-Digitalausgänge für STO-Istwert

Funktion	Daten
Ausgabetyp	Senke/Quelle
Nennspannung	24 V DC Open Collector/60 V maximal
Nennstrom	50 mA
Isolierung	Ja
Überlastschutz	Ja
Schutz vor umgekehrter Polarität	Ja
Spannung EIN-Zustand	>17,4 V
Ableitstrom Aus-Zustand	0,1 mA

Tabelle 14: Hilfsspannungen

Funktion	Daten	
24-V-Ausgang, Funktionale Sicherheit (X31, X32)	Ausgangsspannung	24 V $\pm 15\%$
	Maximale Last	100 mA

3.5.3 Betriebsbedingungen

Tabelle 15: Betriebsbedingungen für die Funktionale Sicherheit

Funktion	Daten
Betriebstemperatur	Gemäß Spezifikation des Frequenzumrichters.
Lagertemperatur	-40 ...+70 °C (-40 ...+158 °F)
Luftfeuchtigkeit	Gemäß Spezifikation des Frequenzumrichters (nicht kondensierend).
Betriebshöhe	Gemäß Spezifikation des Frequenzumrichters.
Umgebungsbedingungen	<p>Das Produkt muss in einer Umgebung gemäß EN IEC 61800-5-1:2017 PD2 – nicht kondensierend – installiert werden.</p> <p>Für Umgebungen mit Kondensation gemäß PD2 muss das Produkt in einem Schaltschrank mit Schutzart IP54/NEMA 12 gemäß EN IEC 60529 AMD 2:2013 oder gleichwertig installiert werden.</p>

Überprüfen Sie die Betriebsbedingungen für jeden Frequenzumrichter im produktspezifischen Projektierungshandbuch oder in der Bedienungsanleitung. Die neuesten Versionen der Danfoss-Produktanleitungen können unter <https://www.danfoss.com/en/service-and-support/documentation/> heruntergeladen werden.

3.5.4 Kabelspezifikationen

Tabelle 16: Kabelgrößen für Steckverbinder X31, X32

Kabeltyp	Querschnitt [mm ² (AWG)]	Abisolierlänge [mm (in)]
Fest	0,5–1,5 (24–16)	10 (0,4)
Flexibel	0,5–1,5 (24–16)	10 (0,4)
Flexibel mit Aderendhülse ohne Kunststoffhülse	0,5–1,5 (24–16)	10 (0,4)
Flexibel mit Aderendhülse mit Kunststoffhülse	0,5 (24)	10 (0,4)

4 Funktionale Sicherheit für Frequenzumrichter, nachrüstbar (+BEF2)

4.1 Funktionale Sicherheitsoptionen

Die funktionale Sicherheitsoption +BEF2 umfasst die Sicherheitsfunktionen Safe Torque Off (STO) und Sicherer Stopp 1 zeitgesteuert (SS1-t). Frequenzumrichter mit +BEF2 enthalten auch eine Erweiterung Funktionale Sicherheit, welche die Konfiguration funktionaler Sicherheitsparameter mit MyDrive® Insight ermöglicht.

4.2 Beschreibung des funktionalen Sicherheitssystems

Eine zusätzliche Erweiterung Funktionale Sicherheit wird verwendet, um Sicherheitsfunktionen gemäß der Norm EN IEC 61800-5-2 in iC7-Automation-Frequenzumrichtern mit +BEF2 zu implementieren.

Die Erweiterung Funktionale Sicherheit verarbeitet die sicheren E/A und übernimmt die Überwachung aktiver Sicherheitsfunktionen. Die Erweiterung Funktionale Sicherheit übernimmt nicht die Steuerung des Frequenzumrichters. Der Frequenzumrichter kann z. B. mit der Frequenzumrichter-Applikation oder der externen Prozessregelung gesteuert werden. Die Erweiterung Funktionale Sicherheit unterstützt derzeit Frequenzumrichter, die an TN- oder TT-Netztypen angeschlossen sind. Für zukünftige Releases ist die Unterstützung weiterer Netztypen geplant.

Die Erweiterung Funktionale Sicherheit kann mit den digitalen E/A und ggf. über den sicheren Feldbus gesteuert werden.

4.3 Sicherheitsfunktionen

4.3.1 Übersicht der Frequenzumrichter mit STO und SS1-t (+BEF2)

Frequenzumrichter mit STO und SS1-t (+BEF2) bieten folgende Sicherheitsfunktionen:

- Safe Torque Off (STO) gemäß EN IEC 61800-5-2:2017.
- Stoppkategorie 0 gemäß EN IEC 60204-1:2018.
- Sicherer Stopp 1 zeitgesteuert (SS1-t) gemäß EN IEC 61800-5-2:2017.
- Stoppkategorie 1 gemäß EN IEC 60204-1:2018.

Die Funktion Safe Torque Off (STO) ist ein Bestandteil des sicherheitsbezogenen Steuerungssystems. STO verhindert, dass das Gerät die für die Drehung des Motors erforderliche Leistung erzeugt.

Mit SS1-t verzögert der Motor innerhalb einer vorgegebenen Verzögerungszeit. STO wird am Ende einer Verzögerungszeit aktiviert.

Beide Sicherheitsfunktionen sind für folgende Anforderungen ausgelegt und als dafür geeignet zugelassen:

- Kategorie 3 nach EN ISO 13849-1
- Performance Level „e“ nach EN ISO 13849-1
- SIL 3 nach IEC 61508 und EN 61800-5-2

Beide Funktionen sind für iC7-Frequenzumrichter mit dem funktionalen Sicherheitsoptionscode +BEF2 verfügbar. Spezifische Hardware-Revisionen sind im Anhang des Zertifikats zur funktionalen Sicherheit aufgeführt.

Die Frequenzumrichter sind mit einem galvanisch getrennten Zweikanaleingang und einem STO-Istwertsignal für Diagnosezwecke ausgestattet.

Sofern nicht anders angegeben, sind alle Steuerein- und -ausgänge galvanisch von der Versorgungsspannung (PELV) und anderen Hochspannungsanschlüssen getrennt.

HINWEIS

Wählen Sie die Komponenten aus und wenden Sie sie im sicherheitsbezogenen Steuerungssystem richtig an, um die erforderliche Betriebssicherheitsstufe zu erreichen. Vor der Integration und Nutzung der Funktion „Safe Torque Off“ des Frequenzumrichters in einer Anlage müssen Sie eine umfassende Risikoanalyse der Anlage durchführen. Dies dient dazu, zu ermitteln, ob die Funktion „Safe Torque Off“ und die Sicherheitsstufen des Frequenzumrichters für die Anlage und Anwendung angemessen und ausreichend sind.

4.3.2 STO-Aktivierung

Die STO-Funktion wird aus einem der folgenden Gründe aktiviert:

- Eine externe Anforderung.
- Eine Verletzung einer anderen Sicherheitsfunktion.
- Ein von der internen Diagnostik erkannter Fehler.

Die Funktion Sicherer Stopp 1 (SS1-t) aktiviert die STO-Funktion, wenn eine anwendungsspezifische Zeitverzögerung abgelaufen ist (Zeitüberwachung).

Verwenden Sie die STO-Funktion, um den Frequenzumrichter in Situationen zu stoppen, in denen eine Sicherheitsfunktion erforderlich ist. Setzen Sie im Normalbetrieb, bei dem Sie kein „Safe Torque Off“ benötigen, stattdessen die normale Stoppfunktion des Frequenzumrichters ein.

4.3.3 Konfigurieren des Neustart- und Quittierungsverhaltens

Sicherheitsfunktionen können so eingestellt werden, dass sie eine Quittierung sicherheitsrelevanter Ereignisse erfordern. Zu diesen Ereignissen gehören die Einschaltung des Geräts oder die Deaktivierung einer Sicherheitsfunktion.

Es gibt folgende Konfigurationsmöglichkeiten:

- **Direct restart** (Direkter Neustart): Der Übergang in den Betriebszustand erfordert keine Handlung.
- **Nonsafe Acknowledge required** (Nicht-sichere Quittierung erforderlich): Eine Quittierung über einen ausgewählten nicht-sicheren Eingang oder Feldbus ist erforderlich.
- **Safe Acknowledge required** (Sichere Quittierung erforderlich): Eine Quittierung über einen ausgewählten sicheren Eingang oder sicheren Feldbus ist erforderlich.



WICHTIG: Wenn das Problem weiterhin besteht und das Gerät im Fehlermodus bleibt, wenden Sie sich an Danfoss.

HINWEIS

Die Standardverhinderung eines unbeabsichtigten Wiederanlaufs nach STO-Abschaltung entspricht nicht den Anforderungen für SIL 2 oder SIL 3. Dies gilt für die Konfiguration eines manuellen Wiederanlaufs mit Parameter **7.3.1 Safe Torque Off Response** (Antwort auf STO).

- Wenn ein unbeabsichtigter Neustart für die Installation kritisch ist, muss dies durch den Einsatz von STO gesteuert werden, sowohl nach der STO-Aktivierung als auch bei normalen Anlaufzyklen, z. B. nach einem normalen Aus-/Einschaltzyklus.
- Wenn die STO-Quittierung Bestandteil der Sicherheitsfunktion ist, muss die manuelle Anlauf-Quittierung durch einen allgemeinen funktionalen Sicherheitsparameter eingestellt werden. Siehe [4.4.2 Allgemeine Parameter der funktionalen Sicherheit](#) für weitere Informationen zum Parameter **Manual startup acknowledge** (Bestätigung manueller Anlauf).

VORSICHT

Das Standard-Neustartverhalten ist auf manuell eingestellt (Parameter **7.3.1 Safe Torque Off Response** = „Fehler“).

Da der Frequenzumrichter immer in einem sicheren Zustand startet, ist die Quittierung der Freigabe des STO auch nach Netz-Einschaltung des Gerätes erforderlich.

- Dies kann durch Auswahl des automatischen Wiederanlaufs verhindert werden, der den sicheren Zustand nach Abschluss des Anlaufs aufhebt (Parameter **7.3.1 Safe Torque Off Response** = „Warning“). Stellen Sie vor dem Umschalten auf Automatik sicher, dass die Anforderungen gemäß EN ISO 12100:2011 Abschnitt 6.3.3.2.5 erfüllt sind. Alternativ kann die manuelle Anlaufquittierung durch einen allgemeinen funktionalen Sicherheitsparameter eingestellt werden. Nähere Informationen finden Sie unter [4.4.2 Allgemeine Parameter der funktionalen Sicherheit](#).

Beenden des STO und Wiederaufnahme des Normalbetriebs

1. Nehmen Sie die STO-Anforderung zurück.

Je nach Konfiguration kann dies erfolgen, indem die 24-V-DC-Versorgung wieder an die sicheren Eingänge angelegt oder die STO-Anforderung über den sicheren Feldbus weggeschaltet wird.

2. Senden Sie über den Feldbus, die Digital-E/A oder die Bedieneinheit ein Reset-Signal.

Stellen Sie die STO-Funktion auf **Warning**, indem Sie den Wert von Parameter **7.3.1 Safe Torque Off Response** (Antwort auf Safe Torque Off) von der Werkseinstellung **Fault** (Fehler) (manueller Reset) auf den Wert **Warning** (automatischer Reset) setzen. **Warning** bedeutet, dass „STO“ beendet und der Normalbetrieb wieder aufgenommen wird, sobald an den sicheren Eingängen 24 V DC anliegen. Es ist kein Reset-Signal erforderlich.

4.3.4 Eigenschaften der Sicherheitseingänge

Zur flexiblen Anpassung an das Sicherheitssystem besitzen die sicheren Eingänge folgende Eigenschaften:

- **Galvanische Trennung der Klemmen:** Die Klemmenblöcke für funktionale Sicherheit auf der Steuerkarte verfügen über separate, galvanisch getrennte Eingänge, um es beispielsweise zu ermöglichen, die Polaritäten der sicheren Eingangsklemmen zu vertauschen, wie in [Abbildung 9](#) und [Abbildung 10](#) dargestellt.
- **Testimpulsfilterung:** Verschiedene Steuermodule prüfen ihre sicheren Ausgänge über Testimpulsmuster (Ein/Aus-Prüfungen), um Störungen durch Kurz- oder Querschlüsse zu identifizieren. Bei Verbindung des sicheren Eingangs des Frequenzumrichters mit einem sicheren Ausgang des Steuermoduls reagiert der Frequenzumrichter auf die Testsignale. Ein Signalwechsel während eines Testimpulsmusters wird mit dem Parameter **Stable Signal Time** (Stabile Signalzeit) (Bereich 1–5000 ms) konfiguriert. Testimpulse mit der Länge, die im Parameter **Stable Signal Time** (Stabile Signalzeit) konfiguriert ist, werden an den sicheren Eingangsleitungen ignoriert. Außerdem können kurze Impulse gefiltert werden, die zu einer falschen Aktivierung der Sicherheitsfunktionen führen könnten.

Weitere Informationen zum Parameter **Stable Signal Time** (Stabile Signalzeit) finden Sie unter [4.4.2 Allgemeine Parameter der funktionalen Sicherheit](#).

HINWEIS

- Die stabile Signalzeit verlängert die Antwortzeit der Sicherheitsfunktion. Die Sicherheitsfunktion wird nach Ablauf der Antwortzeit aktiviert.
- Wenn das am Sicherheitseingang anliegende Signal nicht stabil ist, reagiert der Frequenzumrichter mit einem Fehler.

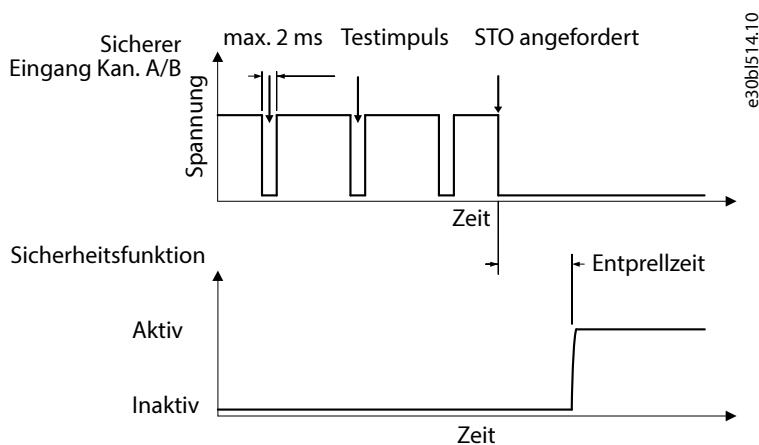


Abbildung 9: Testimpulsfilterung

- **Asynchrone Eingangstoleranz:** Die Eingangssignale an den sicheren Eingangsklemmen sind nicht immer synchron. Wenn die Zeitdifferenz zwischen den beiden Signalen mehr als 500 ms beträgt, zeigt der Frequenzumrichter einen EA-Fehler an, wie in [4.10.2 Instanzen des STO-Istwertsignals](#) beschrieben. Diese Funktion verzögert die Aktivierung der Sicherheitsfunktion nicht.

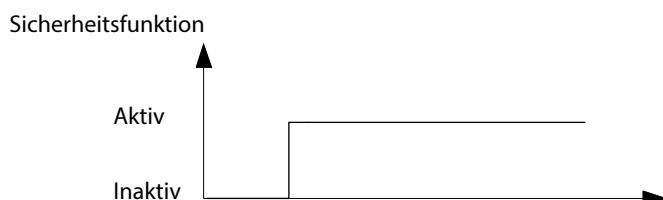
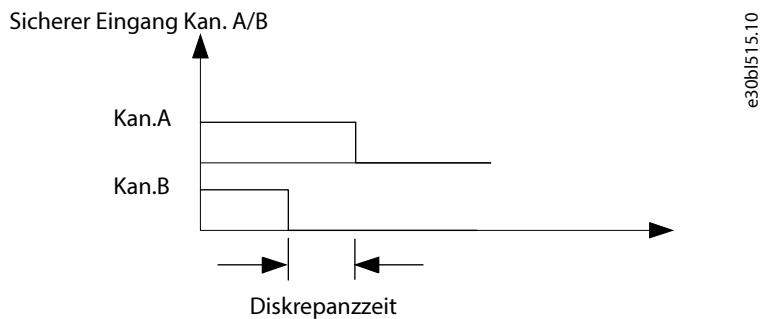


Abbildung 10: Diskrepanzzeit

4.3.5 STO-Feedback

Der STO-Istwert ist ein einkanaliges Istwertsignal, das für Diagnosezwecke und zur Anzeige eines aktiven STO verwendet werden kann. Sie kann dazu beitragen, die Sicherheit auf Systemebene zu verbessern, z. B. in Retrofit-Fällen, in denen eine Diagnoserückmeldung an das Sicherheitssystem erforderlich ist.

VORSICHT

- Das Istwertsignal ist nicht als Bestandteil der Sicherheitsfunktion ausgelegt und hat kein Sicherheits-Integritätslevel.

Tabelle 17: Instanzen des STO-Istwerts

Zustand	Istwert-Zustand ⁽¹⁾	Zusätzliche Informationen
Standardfunktion	Unbestromt	Der Motor läuft und es ist keine Sicherheitsfunktion aktiv. STO-Istwert ist nicht bestromt.
STO-Zustand ist erreicht	Erregt	STO ist angefordert und der sichere Zustand ist erreicht. Der STO-Zustand ist erreicht und die Verbindung zu allen Leistungseinheiten ist hergestellt. Der STO-Ausgang ist nicht bestromt.
Konfiguration erforderlich	Unbestromt	Sichere Eingänge müssen eine validierte Konfiguration haben, um sicherzustellen, dass alle Leistungseinheiten den sicheren Eingangszustand erreicht haben. Die angeschlossenen Leistungseinheiten sind Bestandteil der Konfiguration, und ohne eine validierte Konfiguration kann der sichere Eingang nicht davon ausgehen, dass eine Verbindung zu allen Leistungseinheiten hergestellt ist.
Software-Aktualisierung	Unbestromt	Während der Software-Aktualisierung ist der Zustand des sicheren Ausgangs nicht zuverlässig. Der STO-Ausgang ist nicht bestromt.
Bootloader und Anlauf	Unbestromt	Der Bootloader kommuniziert nicht und kennt den Zustand des STO-Ausgangs an den Leistungseinheiten nicht. Beim Anlauf ist die Kommunikation noch nicht hergestellt und die Karte mit den sicheren Eingängen kennt den Zustand des sicheren Ausgangs an den Leistungseinheiten nicht.
Interner Fehler	Unbestromt	Weist auf ein schwerwiegendes Problem hin, zum Beispiel in der STO-Schaltung. Es kann nicht davon ausgegangen werden, dass der Sicherheits-EA weiß, dass alle STO-Ausgänge nicht bestromt sind.
Interner schwerer Fehler	Unbestromt	Wird ausgelöst, wenn ein schwerwiegendes internes Problem aufgetreten ist, z. B. ein CPU- oder RAM-Fehler. Der Betrieb kann nicht garantiert werden und es kann nicht davon ausgegangen werden, dass die Bestromung der sicheren Ausgänge weggeschaltet werden kann.

1) „Energized“ (bestromt): STO_FB+ \Rightarrow STO_FB -Stromkreis geschlossen = Stromfluss = logische „0“ bei Low-Side-Treiberkonfiguration. **De-energized** (nicht bestromt): STO_FB+ \Rightarrow STO_FB -Stromkreis offen = kein Stromfluss = logische „1“ bei Low-Side-Treiberkonfiguration.

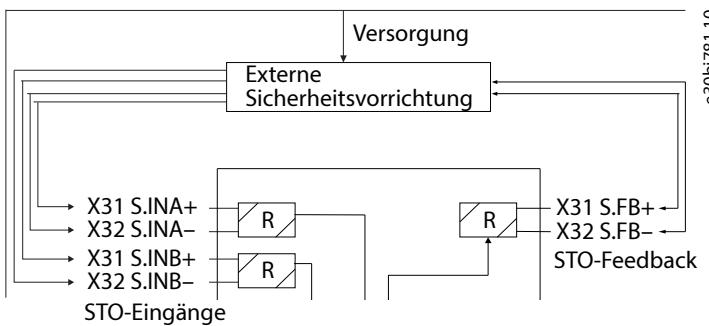


Abbildung 11: Beispiel für STO-Istwert für iC7-Frequenzumrichter

Es kann auch als Digitalausgang ein Statussignals zur Verfügung stellen. In diesem Fall könnte die Last ein Digitaleingang einer SPS sein.

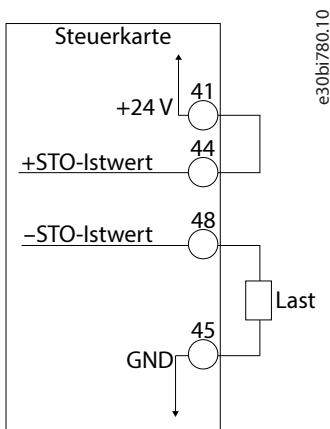


Abbildung 12: Beispiel für STO-Istwert für iC7-Frequenzumrichter

Die STO-Feedback funktioniert ähnlich wie ein Schütz, das geschlossen wird, sobald beide STO-Eingangskanäle stromlos sind.

4.4 Parameter für Sicherheitsfunktionen

4.4.1 Übersicht über die Sicherheitsfunktionsparameter

Die Konfiguration der funktionalen Sicherheit erfolgt in MyDrive® Insight unter *Setup & Service > Functional safety > Safety configuration* (Einrichtung und Service – Funktionale Sicherheit – Sicherheitskonfiguration). Die Änderung von Parametern in Bezug auf die funktionale Sicherheit erfordert eine Anmeldung als Administrator.

Parameter, die sich auf die Applikationssoftware beziehen, z. B. automatisches/manuelles Neustartverhalten nach STO-Deaktivierung, sind in der Parametergruppe **Functional Safety** (Funktionale Sicherheit) enthalten. Werkseinstellungen und andere voreingestellte Werte gelten nicht für Sicherheitsanwendungen an sich, und alle Parameterwerte müssen überprüft werden, um sicherzustellen, dass die Konfiguration für die Anwendung geeignet ist. Weitere Informationen zur Einstellung der Parameter finden Sie in der Dokumentation der Applikationssoftware.

! WICHTIG: Nach dem ersten Anlauf und der Änderung der Konfiguration oder der funktionalen Sicherheitsparameter ist eine Inbetriebnahmeprüfung durchzuführen, um die Funktion einzelner Sicherheitsfunktionen zu überprüfen. Weitere Informationen finden Sie unter [4.8.4 Inbetriebnahmeprüfung für die Sicherheitsfunktion STO](#) und [4.8.5 Inbetriebnahmeprüfung für die Sicherheitsfunktion Sicherer Stopp 1 zeitgesteuert \(SS1-t\)](#).

Die Konfiguration der funktionalen Sicherheitsfunktionen muss gemäß der Installation und Beschaltung des Sicherheitssystems erfolgen und besteht aus den folgenden Schritten:

1. Konfiguration allgemeiner Parameter
2. Ausfallkonfiguration
3. Sichere Feldbus-Konfiguration
4. STO-Konfiguration
5. SS1-Konfiguration
6. Speichern auf dem Gerät
7. Parameterüberprüfung
8. Bericht validieren
9. Inbetriebnahmebericht

4.4.2 Allgemeine Parameter der funktionalen Sicherheit

Tabelle 18: Allgemeine Parameter der funktionalen Sicherheit

Parametername ⁽¹⁾	Optionen	Werkseinstellung	Beschreibung
Stabile Signalzeit (A)	1–5000 ms	10	Verzögerung, bis ein Signalwechsel auf Low (niederpegelig) als stabil erkannt wird. Dieser Parameter gibt eine Verzögerung zusätzlich zu der für die Auswertung des Eingangssignals im Frequenzumrichter angegebenen Zeit an.
Quittiereingang für E/A-Fehler (B)	Nicht ausgewählt	Nicht ausgewählt	Gibt den sicheren Digitaleingang an, der mit der Quittierung der E/A-Fehler verknüpft werden kann.
	Safe Input (X31/X32) (Sicherer Eingang)		
Auslösende Flanke für die EA-Fehlerquittierung (C)	Steigende Flanke	Steigende Flanke	Legt die Flanke für die Quittierung der E/A-Fehler fest.
	Fallende Flanke		
Neustartverhalten zur Freigabe von EA-Fehlern (D)	Nonsafe Acknowledge required (Nicht-sichere Quittierung erforderlich)	Nonsafe Acknowledge required (Nicht-sichere Quittierung erforderlich)	Legt das Neustartverhalten für E/A-Fehler fest.
	Safe Acknowledge required (Sichere Quittierung erforderlich)		
Quittiereingang für Anlauf (E)	Nicht ausgewählt	Nicht ausgewählt	Gibt den sicheren Digitaleingang an, der mit der Quittierung des Anlaufs verknüpft werden kann.
	Sicherer Eingang (X33)		
Auslösende Flanke für Neustartquittierung (F)	Steigende Flanke	Steigende Flanke	Legt die Flanke für die Quittierung der E/A-Fehler fest.
	Fallende Flanke		
Quittierung manueller Anlauf (G)	Direct restart (Direkter Neustart)	Direct restart (Direkter Neustart)	Legt das Neustartverhalten für die Anlaufquittierung fest.
	Nonsafe Acknowledge required (Nicht-sichere Quittierung erforderlich)		
	Safe Acknowledge required (Sichere Quittierung erforderlich)		

1) Parameter sind im Abschnitt Safety configuration (Sicherheitskonfiguration) in MyDrive® Insight mit Buchstaben gekennzeichnet. Der Buchstabe wird in Klammern nach dem Parameternamen für jeden Parameter dieser Tabelle angegeben.

4.4.3 Ausfallkonfiguration

Tabelle 19: Ausfallkonfigurationsparameter

Parametername ⁽¹⁾	Optionen	Werkseinstellung	Beschreibung
EA-Fehlerzuordnung (A)	STO	STO	Zuordnung der Fehlerinstanz zu EA.
	Erste Instanz von SS1		

1) Parameter sind im Abschnitt Safety configuration (Sicherheitskonfiguration) in MyDrive® Insight mit Buchstaben gekennzeichnet. Der Buchstabe wird in Klammern nach dem Parameternamen für jeden Parameter dieser Tabelle angegeben.

4.4.4 Sicherer Feldbus

Tabelle 20: Allgemeine Parameter der funktionalen Sicherheit

Parametername ⁽¹⁾	Optionen	Werkseinstellung	Beschreibung
Sichere FeldbusAdresse (A)	1-65535	1	Die Adresse des Geräts im sicheren Feldbus-Subsystem.
Sichere Feldbus-Konfiguration (B)	FALSE/TRUE (Kontrollkästchen Enabled (Aktiviert) nicht ausgewählt/ausgewählt.)	FALSCH (Kontrollkästchen Enabled (Aktiviert) nicht ausgewählt.)	Gibt an, ob der sichere Feldbus aktiviert ist.

1) Parameter sind im Abschnitt *Safety configuration (Sicherheitskonfiguration)* in MyDrive® Insight mit Buchstaben gekennzeichnet. Der Buchstabe wird in Klammern nach dem Parameternamen für jeden Parameter dieser Tabelle angegeben.

4.4.5 Safe Torque Off (STO)

Die Sicherheitsfunktion Safe Torque Off (STO) ermöglicht es, den Ausgang des Frequenzumrichters zu deaktivieren, damit der Frequenzumrichter kein Drehmoment an der Motorwelle erzeugen kann.

STO entspricht auch einem unkontrollierten Stopp der Kategorie 0 nach EN IEC 60204-1. Folgende Ereignisse können die STO-Funktion aktivieren:

- Eine externe Anforderung.
- Eine Verletzung einer anderen Sicherheitsfunktion.
- Ein von der internen Diagnostik erkannter Fehler.

HINWEIS

Der Frequenzumrichter startet immer in einem sicheren Zustand, der nach Abschluss des Anlaufs automatisch gelöscht wird.

- Wenn der Parameter **Restart behavior for release of STO** (Neustartverhalten für die Freigabe von STO) so konfiguriert ist, dass eine Quittierung erforderlich ist, ist eine Quittierung auch bei Netz-Einschaltung des Geräts erforderlich, und nicht nur bei Deaktivierung einer Sicherheitsfunktion.

Tabelle 21: STO-Parameter

Parametername ⁽¹⁾	Optionen	Werkseinstellung	Beschreibung
Activation configuration (Aktivierungskonfiguration) (A)	De-energized (Stromlos, Funktion immer an)	Safe Input (X31/X32) (Sicherer Eingang)	Gibt den sicheren Digitaleingang an, der mit der Aktivierung der Sicherheitsfunktion verknüpft werden kann.
	Safe Input (X31/X32) (Sicherer Eingang)		
	Energized (bestromt, Funktion immer aus)		
Restart behavior for release of STO (B) (Neustartverhalten zur Freigabe von STO (B))	Direct restart (Direkter Neustart)	Direct restart (Direkter Neustart)	Legt das Neustartverhalten für STO fest.
	Nonsafe Acknowledge required (Nicht-sichere Quittierung erforderlich)		
	Safe Acknowledge required (Sichere Quittierung erforderlich)		

Tabelle 21: STO-Parameter - (Fortsetzung)

Parametername ⁽¹⁾	Optionen	Werkseinstellung	Beschreibung
Digital input assignment for STO restart acknowledge (C) (Digitaleingangszuweisung für STO-Neustartquittierung (C))	Nicht ausgewählt	Nicht ausgewählt	Legt den sicheren Digitaleingang fest, der mit der STO-Neustartquittierung verknüpft werden kann.
	Safe Input (X31/X32) (Sicherer Eingang)		
Triggering edge for STO restart acknowledge (D) (Auslösende Flanke für STO-Neustartquittierung (D))	Steigende Flanke	Steigende Flanke	Legt die Änderung am sicheren Digitaleingang fest, die mit der STO-Neustartquittierung verknüpft ist.
	Fallende Flanke		

1) Parameter sind im Abschnitt *Safety configuration* (Sicherheitskonfiguration) in MyDrive® Insight mit Buchstaben gekennzeichnet. Der Buchstabe wird in Klammern nach dem Parameternamen für jeden Parameter dieser Tabelle angegeben.

4.4.6 Sicherer Stopp 1 zeitgesteuert (SS1-t)

Die zeitgesteuerte Sicherheitsfunktion „Sicherer Stopp 1“ (SS1-t) löst die kontrollierte Verlangsamung auf Nulldrehzahl aus und aktiviert nach einer bestimmten Zeit die Sicherheitsfunktion „Safe Torque Off“ (STO).

Die Funktionsmerkmale der Sicherheitsfunktion sind:

- Die Sicherheitsfunktion „Sicherer Stopp 1“ entspricht einem Stopp der Kategorie 1 (kontrollierter Stopp) nach EN IEC 60204-1.
- Der Motor wird drehmomentfrei und gefährliche Bewegungen werden abgeschaltet.

Die Funktion SS1-t arbeitet im Zeitüberwachungsmodus und aktiviert die STO-Funktion, wenn eine anwendungsspezifische Zeitverzögerung abgelaufen ist.

Es können 2 separate SS1-Funktionsinstanzen mit individuellen Parametersätzen konfiguriert werden.

⚠️ VORSICHT

- Denken Sie daran, die Parameter **7.4.1 Safe Stop 1 Response** (Sicherer Stopp 1 Antwort) und **7.4.3 Safe Deceleration Ramp** (Sichere Verzögerungsrampe) in Parametergruppe **7.4 SS1 SS2** zu konfigurieren.
- Mit den Werkseinstellungen für die Parameter in Gruppe **7.4 SS1 SS2** wird STO nach Ablauf des Timers **Maximum time** (Maximalzeit) aktiviert, ohne dass der Motor bei Aktivierung der SS1-Funktion herunterfährt (Rampe ab).

Die Parameter sind im Abschnitt *Safety configuration* (Sicherheitskonfiguration) in MyDrive® Insight mit Buchstaben gekennzeichnet. Der Buchstabe wird in Klammern nach dem Parameternamen für jeden Parameter in [Tabelle 22](#) angegeben.

Tabelle 22: SS1-Parameter

Parametername	Optionen	Werkseinstellung	Beschreibung
SS1-Instanz 1			
Activation configuration (Aktivierungskonfiguration) (A)	De-energized (Stromlos, Funktion immer an)	Energized (bestromt, Funktion immer aus)	Gibt den sicheren Digitaleingang an, der mit der Aktivierung der Sicherheitsfunktion verknüpft werden kann.
	Safe Input (X31/X32) (Sicherer Eingang)		
	Energized (bestromt, Funktion immer aus)		
Maximalzeit (B)	2–360000 ms	2 ms	Die maximale Dauer des Stoppvorgangs.
Verzögerung vor Überwachung (C), die ⁽¹⁾	1–60000 ms	1 ms	Die Zeit für das Ignorieren der Verzögerung nach der Aktivierung von SS1.

Tabelle 22: SS1-Parameter - (Fortsetzung)

Parametername	Optionen	Werkseinstellung	Beschreibung
Verzögerungszeit zum Erkennen eines eingeschränkten Zustands (D) ⁽¹⁾	1–60000 ms	1 ms	Die Zeit, innerhalb der die Drehzahl wieder innerhalb des Grenzwertbereichs liegen muss, bevor der Endzustand aktiviert wird (frühzeitige Aktivierung).
Verzögerungsgrenze (E) ⁽¹⁾	1/500 Umdrehungen/(s*s)	0	Der Grenzwert für die Verzögerung. a_SS1 = 0 bedeutet „Keine Verzögerungsüberwachung“.
Grenzwert für die Drehzahl (F) ⁽¹⁾	2^-16 Umdrehungen/s	1	Der Grenzwert innerhalb dessen die Drehzahl als 0 akzeptiert wird.

SS1-Instanz 2

Activation configuration (Aktivierungskonfiguration) (A)	De-energized (Stromlos, Funktion immer an)	Energized (bestromt, Funktion immer aus)	Gibt den sicheren Digitaleingang an, der mit der Aktivierung der Sicherheitsfunktion verknüpft werden kann.
	Safe Input (X31/X32) (Sicherer Eingang)		
	Energized (bestromt, Funktion immer aus)		
Maximalzeit (B)	2–3600000 ms	2 ms	Die maximale Dauer des Stoppvorgangs.
Verzögerungszeit vor Überwachung (C) ⁽¹⁾	1–60000 ms	1 ms	Die Zeit für das Ignorieren der Verzögerung nach der Aktivierung von SS1.
Verzögerungszeit zum Erkennen eines eingeschränkten Zustands (D) ⁽¹⁾	1–60000 ms	1 ms	Die Zeit, innerhalb der die Drehzahl wieder innerhalb des Grenzwertbereichs liegen muss, bevor der Endzustand aktiviert wird (frühzeitige Aktivierung).
Verzögerungsgrenze (E) ⁽¹⁾	1/500 Umdrehungen/(s*s)	0	Der Grenzwert für die Verzögerung. a_SS1 = 0 bedeutet „Keine Verzögerungsüberwachung“.
Grenzwert für die Drehzahl (F) ⁽¹⁾	2^-16 Umdrehungen/s	1	Der Grenzwert innerhalb dessen die Drehzahl als 0 akzeptiert wird.

¹⁾ Parameter C–F können nicht für SS1-t konfiguriert werden.

HINWEIS

Die Funktion „SS1 Verzögerung“ überwacht nicht das Stoppen des Frequenzumrichters. Die sicherheitsrelevante Zeit ermöglicht das Anhalten des Frequenzumrichters, bevor die Funktion „Safe Torque Off“ aktiviert wird, und stellt sicher, dass das System angehalten wird, bevor die Funktion „Safe Torque Off“ aktiviert wird.

Wenn ein Fehler auftritt, kommt der Frequenzumrichter nicht zum Stillstand. Er läuft nach der Zeitverzögerung unabhängig von der Frequenzumrichterdrehzahl im Freilauf.

Die Verwendung der SS1-Verzögerung kann dazu führen, dass sich der Motor noch dreht, wenn Safe Torque Off aktiviert wird.

- Die Risikoanalyse für die Maschine muss angeben, dass dieses Verhalten toleriert werden kann.
- Eine Verriegelung kann erforderlich sein.

4.4.7 Speichern auf dem Gerät

Nach der Konfiguration der Sicherheitsparameter für die Applikation speichern Sie diese auf dem Gerät.

1. Navigieren Sie in MyDrive® Insight zu *Setup & Service > Functional safety > Safety configuration > Save to device* (Einrichtung und Service – Funktionale Sicherheit – Sicherheitskonfiguration – Auf Gerät speichern).
2. Klicken Sie auf *Accept* (Akzeptieren).

☞ Die Parameter werden überprüft und der Status wird von **Ready** (Bereit) auf **Verify** (Überprüfung) aktualisiert.

4.4.8 Validierung und Erstellung eines Inbetriebnahmeberichts

Für Frequenzumrichter mit der funktionalen Sicherheitsoption +BEF2 kann ein Inbetriebnahmebericht mit MyDrive® Insight erstellt werden. Der Inbetriebnahmebericht nennt die Werte, die für die sicherheitsrelevanten Parameter im Frequenzumrichter eingestellt wurden.

1. Gehen Sie in MyDrive® Insight zu *Device > Setup & Service > Functional safety > Validate report* (Gerät – Einrichtung und Service – Funktionale Sicherheit – Bericht validieren).
2. Gehen Sie zu *Device > Setup & Service > Functional safety > Commissioning Report* (Gerät – Einrichtung und Service – Funktionale Sicherheit – Inbetriebnahmebericht), um den Inbetriebnahmebericht einzusehen.

☞ Nach der Inbetriebnahme aller Sicherheitsfunktionen klicken Sie auf das Download-Symbol in der oberen rechten Ecke, um den Bericht als PDF-Datei herunterzuladen. Es wird empfohlen, eine Kopie des Inbetriebnahmeberichts an einem externen Ort zu speichern.

3. Speichern Sie die Berichte der Abnahmeprüfung im Logbuch der Maschine.

Der Bericht muss Folgendes enthalten:

- Eine Beschreibung der Sicherheitsanwendung.
- Eine Beschreibung und Überarbeitungsstände der Sicherheitskomponenten, die in der Sicherheitsanwendung verwendet werden.
- Eine Liste aller Sicherheitsfunktionen, die in der Sicherheitsanwendung verwendet werden.
- Eine Liste aller sicherheitsrelevanten Parameter und deren Werte. Es wird empfohlen, auch Parameter und Werte aufzulisten, die nicht sicherheitsrelevant sind.
- Dokumentation der Inbetriebnahmearbeitivitäten mit Verweis auf Fehlerberichte und die Behebung von Fehlern.
- Die Prüfergebnisse für jede Sicherheitsfunktion, alle Werte von Sicherheitsparametern, einschließlich des CRC-Werts der Sicherheitskonfiguration, des Prüfdatums und einer Bestätigung durch das Prüfpersonal.

4. Validieren Sie den Inbetriebnahmebericht.
 - a. Überprüfen Sie, ob die Hardware- und Konfigurationsangaben richtig sowie die Softwareversionen der sicherheitsrelevanten Komponenten und Subsysteme korrekt sind.
 - b. Überprüfen Sie, ob die Informationen des in Betrieb genommenen Moduls mit den Informationen im Inbetriebnahmeplan und -bericht übereinstimmen.

! WICHTIG: Nach jeder Änderung oder Wartungsmaßnahme an der Anlage müssen neue Berichte zur Abnahmeprüfung im Protokoll der Maschine gespeichert werden.

4.5 Sicherer Feldbus

4.5.1 PROFIsafe

PROFIsafe ist ein zusätzliches Sicherheitsprotokoll zu einem Standardübertragungssystem (PROFINET/PROFIBUS). PROFIsafe verwendet mehrere Technologien, um die Gültigkeit und den Status der Feldbus-Kommunikation zu gewährleisten, was die Verwendung mit Sicherungseinrichtungen zuverlässig macht.

Zu diesen Maßnahmen zählen:

- Fortlaufende Nummerierung.
- Watchdog-Zeitüberwachung mit Quittierung.
- Codename je Kommunikationsbeziehung.
- Zyklische Redundanzprüfung auf Datenintegrität.

Die Kommunikation über die nicht-sicheren Übertragungssysteme wird als „schwarzer Kanal“ bezeichnet.

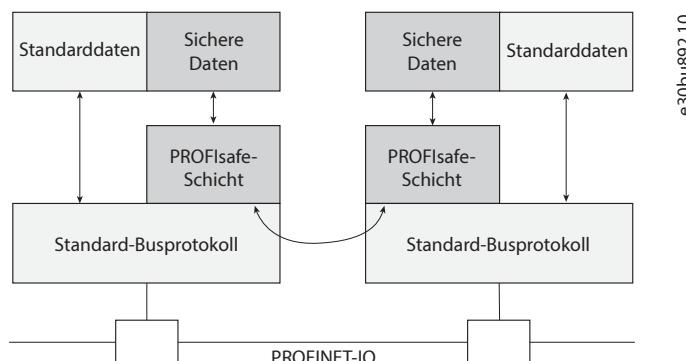


Abbildung 13: PROFIsafe-Kommunikation

e30bu892.10

4.5.2 PROFIsafe-System

Der Frequenzumrichter kann über PROFINET mit der Sicherheits-SPS kommunizieren. Die ausgetauschten Daten umfassen sicherheitsrelevante Daten und nicht-sichere Prozessdaten. Für sicherheitsrelevante Daten wird der PROFIsafe-Frame durchlaufen und das PROFIdrive-Format angewendet.

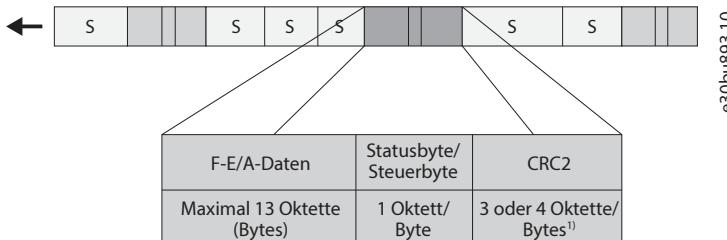
Der Frequenzumrichter unterstützt PROFIsafe V2.4 und V2.6. V2.6 ist aufwärtskompatibel zu V2.4. Um maximale Flexibilität und höchsten Komfort zu bieten, enthält die GSD-Datei 2 Module. Wählen Sie je nach Anforderung eines der folgenden Module aus, um die Kommunikation zwischen SPS und Frequenzumrichter einzustellen:

- Standardtelegramm 30 (PROFIsafe 2.4): 3 Oktette (Bytes) CRC-Prüfsumme
- Standardtelegramm 30 (PROFIsafe 2.6.1): 4 Oktette (Bytes) CRC-Prüfsumme

4.5.3 PROFIsafe-Frame

Der PROFIsafe-Frame, der zwischen der Sicherheits-SPS (F-Host) und dem Sicherheits-Follower (F-Device) ausgetauscht wird, umfasst:

- Sicherheits-E/A-Daten (F-E/A), die zur Steuerung des Frequenzumrichter-Sicherheitsprozesses verwendet werden.
- Ein Status-/Steuerbyte, das für die PROFIsafe-Kommunikation verwendet wird.
- Eine CRC-Signatur, welche die Gültigkeit des Frames sicherstellt.



e30bu893.10

1) PROFIsafe V2.4 entspricht 3 Oktetten (Bytes) und PROFIsafe V2.6 entspricht 4 Oktetten (Bytes).

Abbildung 14: Aufbau des PROFIsafe-Frames (S=Standard-Frame)

Zur Anzeige, Überwachung und Einstellung des Sicherheitsstatus des F-Geräts siehe die Beschreibungen der Status- und Steuerbytes in [Tabelle 23](#) und [Tabelle 24](#).

Weitere Informationen finden Sie unter *PROFIsafe – Profile for Safety Technology on PROFIBUS DP and PROFINET IO Technical Specification*.

Tabelle 23: Beschreibung des PROFIsafe-Statusbytes

Bit	Signal	Beschreibung
0	iPar_OK	Unbenutzt.
1	Device_Fault	Fehler im F-Gerät
2	CE_CRC	Kommunikationsfehler: CRC
3	WD_timeout	Kommunikationsfehler: Watchdog-Zeitüberschreitung
4	FV_activated	Ausfallsichere Werte (FV) aktiviert.
5	Toggle_d	Bit umschalten (F-Gerät)
6	Cons_nr_R	Die laufende Nummer wurde zurückgesetzt.
7	–	Reserviert

Tabelle 24: Beschreibung des PROFIsafe-Steuerbytes

Bit	Signal	Beschreibung
0	iPar_EN	Unbenutzt.
1	OA_Req	Bedienerquittierung
2	R_cons_nr	Laufende Nummer zurücksetzen
3	–	Reserviert
4	Activate_FV	Zu aktivierende ausfallsichere Werte (FV).
5	Toggle_h	Bit umschalten (F-Host)
6	–	Reserviert
7	–	Reserviert

4.5.4 Parametrierung für PROFIsafe

Bei Verwendung von PROFIsafe erfordert das Protokoll, dass spezifische Sicherheitsparameter (F-Parameter) vom F-Host an das F-Gerät gesendet werden. Diese Parameterwerte müssen über MyDrive® Insight auf dem Frequenzumrichter und über das Konfigurationstool des F-Hosts auf dem F-Host eingestellt werden. Beim Anlauf werden die Werte auf dem F-Host an den Frequenzumrichter übertragen und der Frequenzumrichter vergleicht die Werte mit den im Frequenzumrichter vorhandenen Werten. Die für F-Host und F-Gerät konfigurierten Werte müssen übereinstimmen, damit die Sicherheitskommunikation anläuft.

Die Sicherheitsschicht läuft an, wenn der Kommunikationskanal (PROFINET) zyklisch kommuniziert. Eine erfolglose Initialisierung des PROFIsafe-Protokolls hat keinen Einfluss auf die zyklische PROFINET-Kommunikation. Die zyklische PROFINET-Kommunikation kann verwendet werden, um Diagnoseinformationen auszulesen, wenn die PROFIsafe-Parametrierung fehlschlägt.

Tabelle 25: Einstellungen in der Sicherheits-SPS

Wert	Beschreibung
F-Quelladresse	PROFIsafe-Adresse der SPS.
F-Zieladresse	Der Wert muss mit der F-Zieladresse auf dem Frequenzumrichter übereinstimmen.
F_WD_Time	Der Wert muss gleich dem Wert von F_WD_Time im Frequenzumrichter sein.
Sicherheitstelegramm und F-E/A-Daten des Sicherheitstelegramms	Der Wert muss dem Sicherheitstelegramm im Frequenzumrichter entsprechen. Die F-E/A-Daten müssen wie in den Tabellen in 4.5.8 PROFIsafe-Steuerwort und 4.5.9 PROFIsafe-Zustandswort beschrieben zugeordnet werden.

Die folgenden PROFIsafe-bezogenen Parameter können im Frequenzumrichter nicht bearbeitet werden. Sie müssen in der Sicherheits-SPS-Kommunikation an den Gateway-Chip im Frequenzumrichter über PROFIsafe denselben Wert haben. Die Werte in der folgenden Tabelle sind in der Feldbus-GSD-Beschreibungsdatei definiert, die von Danfoss für den Gateway-Chip im Frequenzumrichter bereitgestellt wird, und dürfen nicht geändert werden.

! WICHTIG: Der Frequenzumrichter hat den Typ 1 F-Address-Check, d. h. nur F_DestAdd wird vom Frequenzumrichter geprüft.

! WICHTIG: Führen Sie eine Inbetriebnahmeprüfung durch, um sicherzustellen, dass der iParameter des Frequenzumrichters korrekt ist.

Tabelle 26: Nicht editierbare F-Parameter

Parameter	Wert	Einheit	Beschreibung
F-Check iPar	0 = NoCheck	–	Herstellerspezifische iPar-Prüfung.
F CRC-Length (Länge)	0 = 3 Byte oder 4 Byte CRC ⁽¹⁾	–	CRC2-Signaturlänge.
F Block ID	1 = F iPar CRC im F-Parameter-block	–	Typkennung des Parameter-blocks.
F Par Version	1 = V2-Modus	–	Versionsnummer der F-Parameter.
F SIL	8 = SIL 3	–	Verwendetes SIL-Niveau des F-Geräts.

1) Abhängig von der PROFIsafe-Version: V2.4: 3 Byte CRC; V2.6: 4 Byte CRC.

4.5.5 PROFIsafe-Watchdog-Zeit

Über den F-Parameter Watchdog-Zeit (F_WD_Time) kann eine Watchdog-Zeit für die Kommunikation zwischen F-Host und F-Device festgelegt werden.

Die minimale Watchdog-Zeit hat 4 Bestandteile:

- DAT = Gerätbestätigungszeit (Device Acknowledgment Time). Das F-Gerät empfängt einen Frame, verarbeitet ihn und bereitet einen neuen Frame für den Versand vor.
- Bus = Übertragungszeit des Frames vom Frequenzumrichter zum F-Host.
- HAT = Host-Bestätigungszeit (Host Acknowledgment Time). Der F-Host empfängt einen Frame, verarbeitet ihn und generiert einen neuen Frame.
- Bus = Übertragungszeit des Frames vom F-Host zum Frequenzumrichter.

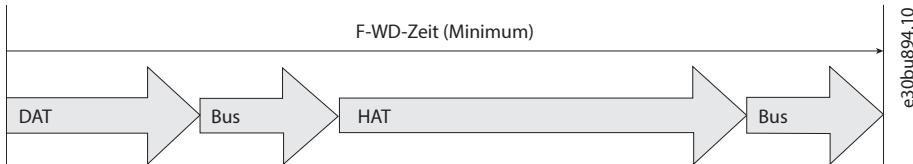


Abbildung 15: PROFIsafe-Watchdog-Zeit

Manchmal ist es schwierig, die Busübertragungszeit zu bestimmen, die zur Berechnung der Watchdog-Zeit verwendet wird. Weitere Informationen zu den Zykluszeiten finden Sie in den Benutzerhandbüchern des jeweiligen Feldbusses. Die ausgewählte F_WD_Time (Watchdog-Zeit) kann anhand der folgenden Formel berechnet werden: $F_WD_Time = DAT + HAT + 2 \times BT$

Tabelle 27: Bestandteile der Watchdog-Zeit

Symbol	Name	Beschreibung
DAT	Gerätbestätigungszeit (Device Acknowledgment Time)	60 ms für das gesamte Frequenzumrichtersystem.
HAT	HAT = Host-Bestätigungszeit (Host Acknowledgment Time)	Anwendungsspezifisch.
BT	Bus-Zykluszeit (Bus Cycle Time)	Die Bus-Zykluszeit.

Der F-Parameter F_WD_Time muss einen Wert aufweisen, der etwas höher ist als die Summe aus DAT, HAT und der 2-fachen Busübertragungszeit. Es wird empfohlen, den berechneten Wert nicht um mehr als 30 % zu überschreiten. Wenn eine kürzere Watchdog-Zeit eingestellt wird, wirkt sich dies nicht auf die Sicherheit eines Systems aus, kann aber einen Fehler verursachen und zur Abschaltung des Frequenzumrichters führen.

Wenn beispielsweise die HAT 4 ms und die PROFINET-Zykluszeit 4 ms beträgt, sollte F_WD_Time wie folgt eingestellt werden:

$$F_WD_Time = (DAT + HAT + 2 \times BT) \times 1.3 = (60\text{ms} + 4\text{ms} + 2 \times 4\text{ms}) \times 1.3 = 94\text{ms}$$



ERLÄUTERUNG: Bei extremen elektromagnetischen Störungen nutzen die Kommunikationssysteme Mechanismen zur Wiederholung der Übertragungsversuche, um die Robustheit des Systems zu erhöhen. Vor dem Einstellen der F_WD_Time wird empfohlen, die Anzahl der Wiederholversuche für jede Verbindung zu ermitteln und ggf. die minimale Watchdog-Zeit anzupassen.

4.5.6 Antwortzeit der PROFIsafe-Sicherheitsfunktion (SFRT)

PROFIsafe gibt eine Antwortzeit der Sicherheitsfunktion (SFRT) vor, während der das Sicherheitssystem auf einen Fehler in der Anlage reagieren muss. Die SFRT beinhaltet alle Einzelverzögerungen inklusive der Busübertragungszeiten. All diese Elemente weisen minimale und maximale Verzögerungen auf. Die tatsächliche Verzögerung liegt wahrscheinlich irgendwo zwischen diesen beiden Werten. Aus Sicherheitsgründen hat jeder Kommunikationszyklus eine eigene Watchdog-Zeit WDT_i, nach deren Ablauf der sichere Zustand aktiviert wird, wenn in diesem Kommunikationszyklus ein Fehler auftritt.

Die Antwortzeit der Sicherheitsfunktion wird mit der folgenden Formel berechnet: $SFRT = \sum_{i=1}^n WCDT_i + \max_{i=1,2,\dots,n} (WDT_{Time_i} - WCDT_i)$

Tabelle 28: Bestandteile der Berechnung für die Antwortzeit der Sicherheitsfunktion

Abkürzung	Definition
SFRT	Antwortzeit der Sicherheitsfunktion
WCDT _i	Worst-Case-Verzögerungszeit des Objekts i
WDT _{Time_i}	Watchdog-Zeit des Objekts i. Siehe 4.5.5 PROFIsafe-Watchdog-Zeit .

Die Addition der Worst-Case-Verzögerungszeiten für die Komponenten des Sicherheitssystems ergibt die Worst-Case-Gesamtverzögerungszeit, wie in [Tabelle 29](#) angegeben.

Tabelle 29: Zeitparameter

Gerät	Worst Case-Verzögerungszeit	Watchdog-Zeit
Das komplette Frequenzumrichtersystem	120 ms	Empfohlen sind 250 ms oder mehr

4.5.7 PROFIdrive auf PROFIsafe

Der Frequenzumrichter unterstützt das PROFIsafe-Standardtelegramm 30. Die folgenden Abschnitte beschreiben die Bits des PROFIdrive-auf-PROFIsafe-Standardtelegramms 30. In einem SPS-Programm adressieren Sie die Sicherheitsfunktionen über Bits und nicht über Bytes.

Byte 0 ist „PROFIdrive auf PROFIsafe“-spezifisch, und Byte 1 ist lieferantenspezifisch.

4.5.8 PROFIsafe-Steuerwort

Tabelle 30: PROFIsafe-Steuerwort

Byte	Bit	Name	Zusätzliche Informationen
Byte 0	0	STO	–
	1	SS1_INSTANCE_1	–
	2–6	Nicht unterstützt	Nicht unterstützte Bits werden auf 0 gesetzt.
	7	INTERNAL_EVENT_ACK	–
Byte 1	0	ACK_SAFETY	–
	1–7	Nicht unterstützt	Nicht unterstützte Bits werden auf 0 gesetzt.

- Byte 0 Bit 0, STO
 - Bit 0.0 = 0, Safe Torque Off (Null-aktiv).
 - Bit 0.0 = 1, Kein Safe Torque Off.

- Byte 0 Bit 1, SS1_INSTANCE_1
 - Bit 0.1 = 0, Sicherer Stopp 1 (Null-aktiv).
 - Bit 0.1 = 1, Kein sicherer Stopp 1.
- Byte 0, Bit 7, INTERNAL_EVENT_ACK
 - Wenn dieser Bitwert von 1 auf 0 wechselt (Flanke 1→0), wird eine Quittierung an den Sicherheitsfehlerpuffer gegeben. Die Fehlereinträge im Sicherheitsfehlerpuffer wechseln zur zuletzt bestätigten Fehlersituation. Fehler, die weiterhin vorliegen oder nicht bestätigt werden können, erscheinen erneut in der aktuellen Fehlersituation. Weitere Informationen finden Sie in der Beschreibung des PROFIdrive-Profil unter www.profibus.com.
- Byte 1 Bit 0, ACK_SAFETY
 - Quittieren der Sicherheitsfunktion (1 → 0) für STO

4.5.9 PROFIsafe-Zustandswort

Tabelle 31: PROFIsafe-Zustandswort

Byte	Bit	Name	Zusätzliche Informationen
Byte 0	0	POWER_REMOVED	Wenn STO durch den sicheren DI oder durch den abgelaufenen SS1-Timer ausgelöst wird, zeigt dieses Bit auch „aktiv“ an.
	1	SS1_INSTANCE_1	Wenn SS1 durch den sicheren DI ausgelöst wird, zeigt dieses Bit auch „aktiv“ an.
	2–6	Nicht unterstützt	Nicht unterstützte Bits werden auf 0 gesetzt.
	7	INTERNAL_EVENT	–
Byte 1	0	SAFETY_EVENT	–
	1–2	Nicht unterstützt	Nicht unterstützte Bits werden auf 0 gesetzt.
	3	SAFE_INPUT	Zustand der Klemmen X31/X32 für den sicheren Eingang
	4–7	Nicht unterstützt	Nicht unterstützte Bits werden auf 0 gesetzt.

- Byte 0 Bit 0, STO
 - Bit 0.0 = 0, Safe Torque Off inaktiv.
 - Bit 0.0 = 1, Safe Torque Off (ein-aktiv).
- Byte 0 Bit 1, SS1_INSTANCE_1
 - Bit 0.1 = 0, Sicherer Stopp 1 Instanz 1 inaktiv.
 - Bit 0.1 = 1, Sicherer Stopp 1 Instanz 1 (ein-aktiv).
- Byte 0, Bit 7, INTERNAL_EVENT
 - Bit 0.7 = 0, kein Sicherheitsfehler.
 - Bit 0.7 = 1, Sicherheitsfehler liegt vor.
- Byte 1 Bit 0 SAFETY_EVENT
 - 1: Eine nicht quittierte Sicherheitsfunktion ist aktiv (STO). Der Sicherheitsknoten im Frequenzumrichter erwartet eine Quittierung über ACK_SAFETY oder einen lokalen sicheren Eingang.
 - 0: Quittierung nicht erforderlich.
- Byte 1 Bit 3 SAFE_INPUT
 - 1: Lokaler sicherer Eingang im angeforderten Zustand.

- 0: Lokaler sicherer Eingang nicht im angeforderten Zustand.

4.6 Installation

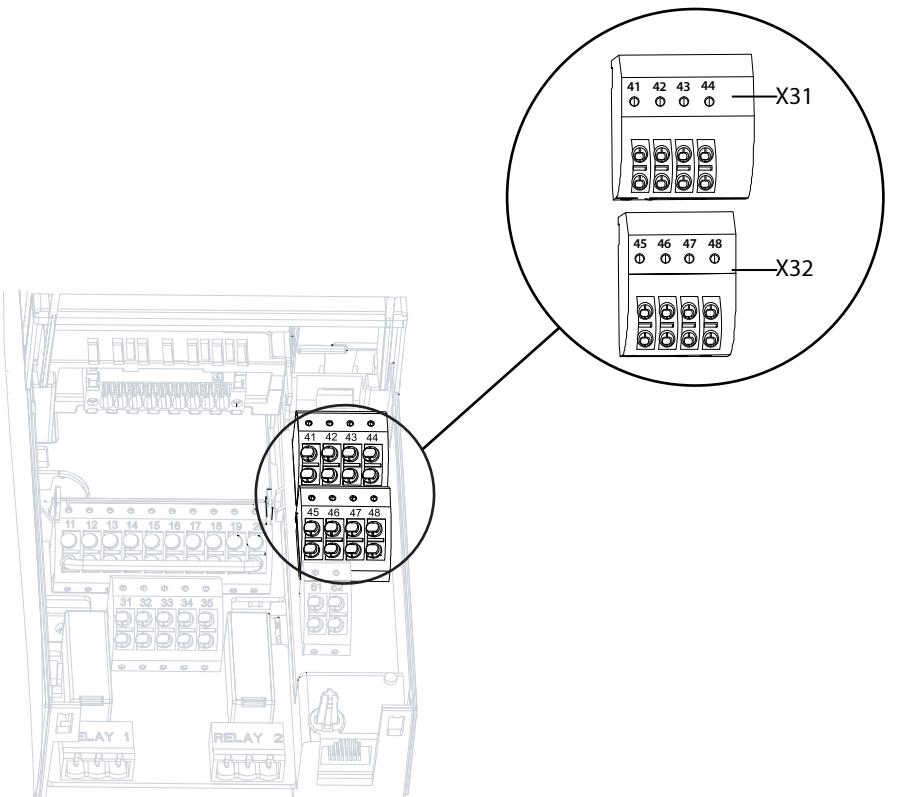
4.6.1 Installation für Frequenzumrichter mit STO, SS1-t und Unterstützung für einen sicheren Feldbus (+BEF2)

Voraussetzungen:

Für den Motoranschluss, den AC-Netzanschluss und die Verdrahtung der Steuerung befolgen Sie die Anweisungen für eine sichere Installation in der mit dem Umrichter gelieferten Dokumentation.

Alle Verkabelungen/Beschaltungen im Zusammenhang mit der funktionalen Sicherheit müssen an den Klemmenblöcken X31 und X32 erfolgen. Zur Lage der Klemmen siehe [Abbildung 16](#).

HINWEIS
Wenn bei der Installation mehradrige Drähte verwendet werden, müssen Aderendhülsen oder andere geeignete Mittel verwendet werden, um zu verhindern, dass einzelne Ader mit benachbarten Stiften kurzgeschlossen werden.



330bi444.11

Abbildung 16: Anschlussklemmen für Funktionale Sicherheit

Tabelle 32: E/A-Klemmen für Funktionale Sicherheit in Frequenzumrichtern

Klemme X31			Klemme X32		
Nummerierung	Klemmenbezeichnung	Funktionen	Nummerierung	Klemmenbezeichnung	Funktionen
41	24 V	+ 24 V DC Ausgang	45	GND	0 V/GND
42	S.INA+	+ Sicherer Eingang Kanal A	46	S.INA-	- Sicherer Eingang Kanal A

Tabelle 32: E/A-Klemmen für Funktionale Sicherheit in Frequenzumrichtern - (Fortsetzung)

Klemme X31			Klemme X32		
Nummerierung	Klemmenbezeichnung	Funktionen	Nummerierung	Klemmenbezeichnung	Funktionen
43	S.INB+	+ Sicherer Eingang Kanal B	47	S.INB-	- Sicherer Eingang Kanal B
44	S.FB+	+ STO-Feedback	48	S.FB-	- STO-Feedback

Der Frequenzumrichter wird ohne Verdrahtung zu den E/A-Klemmen für die Funktionale Sicherheit ausgeliefert. Folglich sind alle sicheren Eingänge nicht bestromt und der STO ist in der Standardkonfiguration aktiv.

1. Wenn die Sicherheitsfunktion STO nicht benötigt wird:

- Verdrahten Sie den Klemmenblock wie in [Abbildung 17](#) gezeigt oder verwenden Sie die STO-Steckbrücken aus dem Montagezubehör und setzen Sie diese auf X31 und X32. Dadurch wird sichergestellt, dass beide sicheren Eingänge mit 24 V DC versorgt werden, um den normalen Betrieb zu ermöglichen.

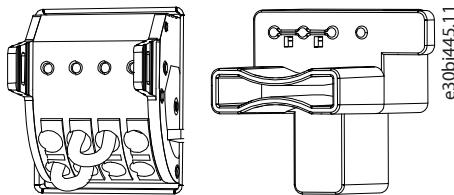


Abbildung 17: Verdrahteter Klemmenblock (links) und STO-Steckbrückenklemme (rechts)

- Konfigurieren Sie den STO-Parameter **Activation Configuration (A)** (Aktivierungskonfiguration A) auf **Energized (Function always off)** (Bestromt (Funktion immer aus)). Für weitere Informationen zu den Parametern siehe [4.4.2 Allgemeine Parameter der funktionalen Sicherheit](#).

4.6.2 Anschlussbeispiele

Durch die galvanische Trennung der STO-Eingänge sind verschiedene Anschlussvarianten und unterschiedliche Polaritäten in der Verdrahtung möglich. Schließen Sie beispielsweise ein Sicherheitsstellglied an STO-Eingangsklemmen an und stellen Sie die Bezugsspannungen wie in [Abbildung 18](#) und [Abbildung 19](#) gezeigt ein. Es werden sowohl Einstellungen mit gleichem Spannungsniveau auf beiden Kanälen (+24 V) als auch Einstellungen mit unterschiedlichen Spannungsniveaus (+24 V und GND) unterstützt.

HINWEIS

GEFÄHRLICHER SPANNUNGSPPEGEL

- Um eine Stapelung und ein Abdriften der Spannungen auf ein gefährliches Niveau zu vermeiden, müssen GND PELV des Umrichters und die externe Sicherheitseinrichtung miteinander verbunden werden.

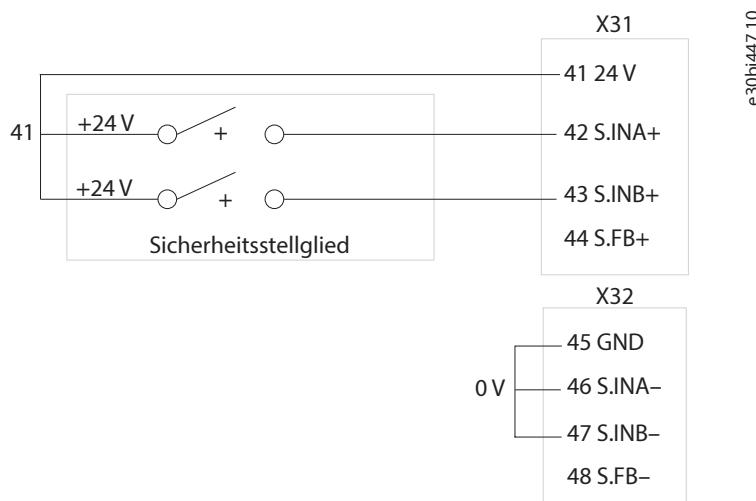


Abbildung 18: STO-Anschlussbeispiel für die Verwendung der gleichen Polaritäten (Kanal A und Kanal B = 24 V)

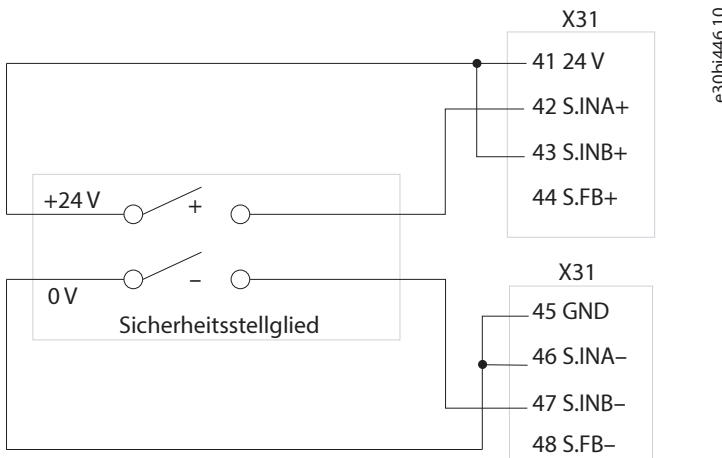


Abbildung 19: STO-Anschlussbeispiel für die Verwendung unterschiedlicher Polaritäten

Weitere Verdrahtungsbeispiele finden Sie in der Dokumentation der Anwendungssoftware.

4.7 Konfigurationswerkzeuge

4.7.1 Übersicht

MyDrive® Insight ist ein plattformunabhängiges Software-Tool für die Inbetriebnahme, das Engineering und die Überwachung von Frequenzumrichtern. MyDrive® Insight wird auch zur Konfiguration der Parameter des Frequenzumrichters verwendet.

MyDrive® Insight ist das einzige Tool, mit dem Sie die sicherheitsrelevanten Standardfunktionen und -merkmale von iC7-Frequenzumrichtern einstellen können. Erweiterte Sicherheitsfunktionen und sichere Feldbusse erfordern MyDrive® Insight.

Detaillierte Informationen zu MyDrive® Insight-Funktionen finden Sie in der Online-Hilfe in MyDrive® Insight.

4.7.2 Sicherheit der Systemkonfiguration

iC7-Frequenzumrichter sind mit vorgeschriebenen und konfigurierbaren Sicherheitsfunktionen ausgestattet, die einen unbefugten Zugriff auf den Frequenzumrichter verhindern, eine sichere Verbindung zum Frequenzumrichter gewährleisten und den Frequenzumrichter vor unbefugten Softwareänderungen schützen.

Weitere Informationen zu den Sicherheitsfunktionen der Anwendungssoftware finden Sie in der Dokumentation der Anwendungssoftware.

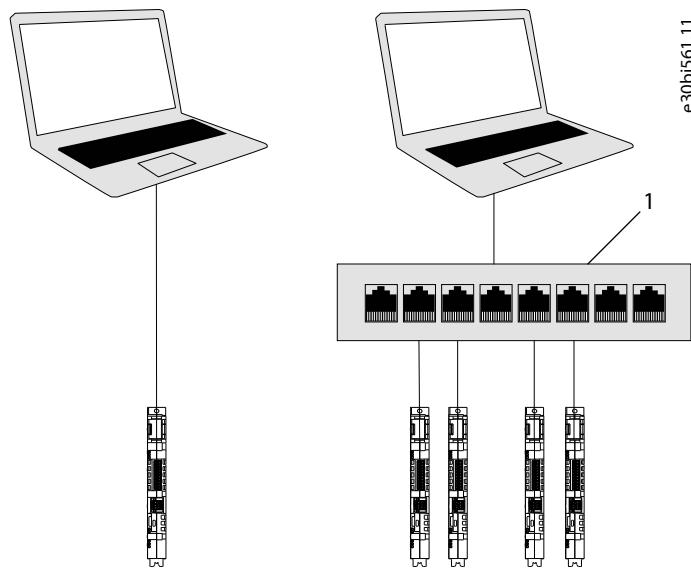
Konfigurierbare Sicherheitsfunktionen können an die Anwendungsanforderungen angepasst werden. Die sicherheitsrelevanten Parameter sind passwordgeschützt.

4.7.3 Vorbereiten eines PC-Anschlusses

Verwenden Sie diese Anweisungen, um den Frequenzumrichter oder mehrere Frequenzumrichter über ein RJ45-Kabel an einen PC anzuschließen.

1. Schließen Sie ein RJ45-Kabel an den PC an.

Um mehrere Frequenzumrichter gleichzeitig anzuschließen, verwenden Sie einen Ethernet-Switch zwischen dem PC und der Steuereinheit.



1 Ethernet-Switch

Abbildung 20: Anschließen des Frequenzumrichters an einen PC

2. Schließen Sie das vom PC oder vom Ethernet-Switch kommende Kabel an den Ethernet-Anschluss X0 an der Steuereinheit des Frequenzumrichters an.
3. Informationen zu den nächsten Schritten finden Sie im Applikationshandbuch.

4.7.4 MyDrive® Insight

4.7.4.1 Installation von MyDrive® Insight

1. Gehen Sie zur Installation des Tools auf <https://suite.mydrive.danfoss.com/content/tools>.
2. Installieren Sie MyDrive® Insight.

Weitere Informationen zur Verwendung des Tools finden Sie in der Online-Hilfe in MyDrive® Insight.

3. Verwenden Sie MyDrive® Insight, um den Frequenzumrichter mit einem PC zu verbinden.

4.7.4.2 Datensicherung und Wiederherstellung von Parametern

Die Datensicherungs- und Wiederherstellungsfunktion für Parameter in MyDrive® Insight kann verwendet werden, um alle oder einen Teil der Frequenzumrichterparameter zu sichern und wiederherzustellen.

1. Melden Sie sich als Administrator bei MyDrive® Insight® an.
2. Gehen Sie zu *Device > Setup & Service > Parameters > Live* (Gerät – Einrichtung und Service – Parameter – Live).

3. Klicken Sie in der Menüleiste auf *Create backup/Restore* (Backup erstellen/Wiederherstellen).

Nächste Maßnahme: Weitere Informationen finden Sie in der entsprechenden Dokumentation von MyDrive® Insight.

4.7.4.3 Zurücksetzen auf Werkseinstellungen

Das Zurücksetzen auf die Werkseinstellungen kann für jede Parametergruppe einzeln oder für alle Einstellungen durchgeführt werden.

1. Gehen Sie in MyDrive® Insight zu *Device > Setup & Service > Restore > Select Restore Content* (Gerät – Einrichtung und Service – Wiederherstellen – Wiederherstellungsinhalt auswählen).
 - Um alle Einstellungen zurückzusetzen, wählen Sie *All Settings* (Alle Einstellungen).
 - Um nur die Einstellungen für die funktionale Sicherheit zurückzusetzen, wählen Sie *Functional Safety Configuration Variables* (Konfigurationsvariablen für funktionale Sicherheit).

→ Nach dem Zurücksetzen auf die Werkseinstellungen befinden sich alle Parameter im Status **Not commissioned** (Nicht in Betrieb genommen) und ihre Werte werden auf die Werkseinstellungen zurückgesetzt. Ein Zurücksetzen auf die Werkseinstellungen setzt auch den Benutzernamen und das Passwort auf die Standardeinstellungen zurück. Parameter müssen neu konfiguriert oder alternativ aus einer Sicherung wiederhergestellt werden.

HINWEIS

Nach dem Zurücksetzen auf die Werkseinstellungen müssen alle Parameter überprüft und erneut eingestellt werden.

- Parameter für Sicherheitsfunktionen, die nicht verwendet werden, müssen ebenfalls überprüft werden. Beispielsweise müssen die Parameter auch für SS1-Funktionen überprüft werden, auch wenn nur die STO-Funktion verwendet wird und umgekehrt.

4.7.4.4 Aktualisierung der Software

Voraussetzungen:

HINWEIS

- Der Frequenzumrichter darf während des Aktualisierungsprozesses nicht laufen.
- Zur Aktualisierung der sich auf die funktionale Sicherheit beziehenden Software ist eine Anmeldung bei MyDrive® Insight mit dem Standard-Admin-Konto im Frequenzumrichter erforderlich.

Schalten Sie die Geräte während einer Softwareaktualisierung nicht aus und führen Sie keinen Neustart durch. Es wird dringend empfohlen, vor der Aktualisierung der Software eine Datensicherung der aktuellen Parameter durchzuführen, falls die Parameter nach Abschluss der Softwareaktualisierung wiederhergestellt werden müssen. Für weitere Informationen, siehe [4.7.4.2 Datensicherung und Wiederherstellung von Parametern](#).

1. Melden Sie sich als Administrator bei MyDrive® Insight an.
2. Gehen Sie in MyDrive® Insight zu *Device > Setup & Service > Software update* (Gerät – Einrichtung und Service – Softwareaktualisierung).
3. Wählen Sie zur Softwareaktualisierung die Datei aus, die im Frequenzumrichter aktualisiert werden soll.
4. Wählen Sie ggf. *Allow devices to restart* (Neustart der Geräte zulassen) aus, damit die Geräte nach Abschluss der Aktualisierung neu starten können. Diese Auswahl ist optional.
5. Überprüfen Sie die installierte Version, die verfügbare Version und den Status.
6. Klicken Sie auf *Update* (Aktualisierung).
7. Überprüfen Sie die Warnmeldung und klicken Sie auf *Yes/No* (Ja/Nein).
8. Klicken Sie auf *Done* (Fertig), um die Aktualisierung zu bestätigen und abzuschließen.

9. Prüfen Sie, dass die Softwareaktualisierung erfolgreich war.
 - a. Gehen Sie zu *Device info > Extended device information* (Geräteinformationen – Erweiterte Geräteinformationen) und überprüfen Sie die Firmware-Version.
 - b. Führen Sie die Inbetriebnahmeprüfung aus.

Eine Inbetriebnahmeprüfung ist nach jeder Änderung der Installation oder Applikation erforderlich, die Sicherheitsfunktionen einschließt. Weitere Informationen siehe [4.8.2 Inbetriebnahmeprüfung](#).

Nächste Maßnahme: Weitere Informationen finden Sie in der entsprechenden MyDrive® Insight-Dokumentation:

Fehlersuche und -behebung bei der Softwareaktualisierung

1. Starten Sie das Gerät neu.
2. Stellen Sie sicher, dass sich das Gerät im Normalzustand befindet und keine Fehler vorliegen.
3. Überprüfen Sie die Version und Kompatibilität des Softwarepaketes und versuchen Sie, die Softwareaktualisierung erneut durchzuführen.

Wenn das Problem weiterhin besteht und das Gerät im Fehlermodus bleibt, wenden Sie sich an Danfoss.

4.8 Inbetriebnahme

4.8.1 Inbetriebnahmesicherheit

Bei Inbetriebnahme/Wiederinbetriebnahme der Anlage ist Folgendes zu beachten:

- Sichern Sie den Standort gemäß den Vorschriften, z. B. mit Absperrungen oder Warnschildern. Nur qualifiziertes Personal darf das System erstmalig oder erneut in Betrieb nehmen.
- Detaillierte Informationen und Spezifikationen finden Sie in der Dokumentation der Maschinensteuerungsanlage.
- Stellen Sie sicher, dass bei der Inbetriebnahme oder Wiederinbetriebnahme keine Personen- oder Sachschäden entstehen können, auch wenn sich die Anlage oder Maschine unbeabsichtigt in Bewegung setzt.
- Machen Sie sich vor Beginn der Inbetriebnahme mit allen Sicherheitsrichtlinien und Vorsichtsmaßnahmen in der Frequenzumrichter-spezifischen Dokumentation vertraut.
- Halten Sie während des Betriebs einer Anlage ohne bzw. mit verminderter Sicherheit die geltenden Gesetze und Rechtsvorschriften ein.
- Beachten Sie, dass sich dieser Inbetriebnahmebericht auf die funktionale Sicherheit der iC7-Serie bezieht und nicht notwendigerweise zur Prüfung und Dokumentation sämtlicher Sicherheitsfunktionen in der Anlage/Maschine ausreichend ist.

4.8.2 Inbetriebnahmeprüfung

Die Inbetriebnahmeprüfung für Systeme mit Sicherheitsfunktionen konzentriert sich auf die Validierung dessen, dass die im Frequenzumrichtersystem konfigurierten Sicherheitsfunktionen funktionstüchtig sind. Das Ziel der Prüfung ist der Nachweis einer ordnungsgemäßen Konfiguration der definierten Sicherheitsfunktionen und die Reaktion bestimmter Überwachungsfunktionen auf die explizite Eingabe von Werten außerhalb der Toleranzgrenzen. Die Prüfungen müssen alle Frequenzumrichter-spezifischen, Sicherheitsfunktionen abdecken, die in der endgültigen Konfiguration ausgeführt werden.

Eine Inbetriebnahmeprüfung ist erforderlich:

- Nach der Konfiguration jeder Maschine
- Nach jeder Änderung an der Frequenzumrichter-Sicherheitskonfiguration
- Nach Änderungen an der Maschine (gemäß geltenden Normen und Vorschriften)
- Nach dem Austausch des kompletten Frequenzumrichters oder jeglicher sicherheitsrelevanter Hardware oder Software.

Während und nach der Inbetriebnahme:

- Dokumentieren Sie jeden einzelnen Schritt der Prüfung.
- Notieren Sie die Prüfsumme der Frequenzumrichter-Sicherheitskonfiguration in den Unterlagen.
- Geben Sie das System NUR frei, wenn es alle einzelnen Schritte der Prüfung erfolgreich bestanden hat.
- Starten Sie den Frequenzumrichter neu und prüfen Sie, ob der Motor normal läuft.

HINWEIS

INBETRIEBNAHMEPRÜFUNG

Führen Sie nach Installation der STO-Funktion eine Inbetriebnahmeprüfung durch.

Nach der Erstinstallation und jeder darauf folgenden Änderung der Installation oder Anwendung der Funktionalen Sicherheit ist eine erfolgreiche Inbetriebnahmeprüfung erforderlich.

Wenn die Inbetriebnahmeprüfung fehlschlägt, kann der sichere Betrieb nicht gewährleistet werden.

4.8.3 Inbetriebnahme-Checkliste

Der Systemintegrator/Maschinenhersteller muss eine Inbetriebnahmeprüfung der Sicherheitsfunktionen des iC7 durchführen, um die Richtigkeit der Sicherheitskonfiguration zu prüfen und zu dokumentieren. Der Systemintegrator/Maschinenhersteller weist hiermit nach, dass er die Wirksamkeit und Vollständigkeit der verwendeten Sicherheitsfunktionen geprüft hat. Die Inbetriebnahmeprüfung muss auf Grundlage der Risikoanalyse durchgeführt werden. Alle geltenden Normen und Vorschriften müssen eingehalten werden.

Vor der Inbetriebnahmeprüfung:

- Stellen Sie sicher, dass die Maschine richtig verdrahtet/beschaltet ist.
- Alle Sicherheitseinrichtungen wie Schutztürüberwachungsgeräte, Lichtschranken oder Not-Aus-Schalter sind angeschlossen und betriebsbereit.
- Alle Motor- und Befehlsparameter sind am Frequenzumrichter korrekt eingestellt.

Tabelle 33: Inbetriebnahme-Checkliste für Frequenzumrichtern mit +BEF2

Art der Prüfung	Aufgabe	Freigegeben
Mechanische Installation	Überprüfen Sie, ob die Einheiten gemäß der im Lieferumfang enthaltenen Dokumentation installiert wurden.	<input type="checkbox"/>
	Stellen Sie sicher, dass die Betriebsbedingungen innerhalb des zulässigen Bereichs liegen.	<input type="checkbox"/>
	Stellen Sie sicher, dass Verpackungsmaterialien und Werkzeuge aus dem Installationsbereich entfernt wurden.	<input type="checkbox"/>
Elektrische Installation	Stellen Sie sicher, dass die richtigen Versorgungssicherungen (Eingangstrom) installiert sind.	<input type="checkbox"/>
	Die E/A-Verkabelung ist ordnungsgemäß geklemmt, gekennzeichnet, befestigt und geschützt.	<input type="checkbox"/>
Inbetriebnahme der funktionalen Sicherheit	Stellen Sie sicher, dass sich das System in einem betriebsbereiten Zustand befindet, wenn die Sicherheitsfunktion erforderlich ist.	<input type="checkbox"/>
	Stellen Sie sicher, dass die Quittierungsmethode entsprechend der Anwendung konfiguriert wurde (z. B. manuelle oder automatische Quittierung).	<input type="checkbox"/>
	Aktivieren Sie die Sicherheitsfunktion, indem Sie diese anfordern.	<input type="checkbox"/>
	Stellen Sie sicher, dass das System wie gewünscht funktioniert.	<input type="checkbox"/>

4.8.4 Inbetriebnahmeprüfung für die Sicherheitsfunktion STO

Tabelle 34: Inbetriebnahmeprüfung für STO

Prüfablauf		Freigegeben
1	Den Frequenzumrichter einschalten.	<input type="checkbox"/>
2	Stellen Sie sicher, dass die anderen Parameter der STO-Funktion korrekt konfiguriert sind.	<input type="checkbox"/>
3	Stellen Sie sicher, dass keine Sicherheitsfehler vorliegen.	<input type="checkbox"/>
4	Stellen Sie sicher, dass der Motor einwandfrei läuft und leicht stoppt.	<input type="checkbox"/>
5	Trennen Sie die 24-V-DC-Spannungsversorgung an den sicheren Eingangsklemmen über die Sicherheitsvorrichtung, während der Frequenzumrichter den Motor antreibt (d. h. die Netzversorgung wird nicht unterbrochen). Alternativ können Sie die STO-Funktion über den sicheren Feldbus aktivieren.	<input type="checkbox"/>
6	Stellen Sie sicher, dass das Frequenzumrichter-STO unmittelbar nach der STO-Anforderung aktiviert wird.	<input type="checkbox"/>
7	Wenn der STO-Istwert verwendet wird, überprüfen Sie den Status des STO-Istwerts, um sicherzustellen, dass STO aktiviert ist. Siehe Abbildung 12 .	<input type="checkbox"/>
8	Stellen Sie sicher, dass der Motor in den Freilauf geht. Es dauert ggf. lange, bis der Motor stoppt.	<input type="checkbox"/>
9	Wenn eine Bedieneinheit installiert ist, prüfen Sie, ob auf dem Bedienfeld STO activated (STO aktiviert) angezeigt wird. Wenn die Bedieneinheit nicht installiert ist, prüfen Sie, ob im Ereignisprotokoll STO activated (STO aktiviert) aufgeführt ist.	<input type="checkbox"/>
10	Legen Sie erneut 24 V DC an die STO-Eingänge an oder deaktivieren Sie die STO-Anforderung über den sicheren Feldbus.	<input type="checkbox"/>
11	Wenn der Frequenzumrichter für einen direkten Neustart konfiguriert ist: Durch ein Deaktivieren der STO-Anforderung geht der Motor in Betrieb und läuft innerhalb des ursprünglichen Drehzahlbereichs. Wenn keine automatische Quittierung verwendet wird: Quittierung einstellen (z. B. mit einer Quittierungstaste). Die Quittierung wird in den Sicherheitsparametern konfiguriert.	<input type="checkbox"/>
12	Stellen Sie sicher, dass es keine unerwünschten Fehler im Frequenzumrichter gibt.	<input type="checkbox"/>
13	Stellen Sie sicher, dass der Motor betriebsbereit ist und innerhalb des ursprünglichen Drehzahlbereichs läuft.	<input type="checkbox"/>

4.8.5 Inbetriebnahmeprüfung für die Sicherheitsfunktion Sicherer Stopp 1 zeitgesteuert (SS1-t)

Tabelle 35: Inbetriebnahmeprüfung für STO-Anwendungen mit sicherem Stopp 1 zeitgesteuert (SS1-t)

Prüfablauf		Freigegeben
1	Den Frequenzumrichter einschalten.	<input type="checkbox"/>
2	Stellen Sie sicher, dass die Parameter der SS1-t-Funktion korrekt konfiguriert sind.	<input type="checkbox"/>
3	Stellen Sie sicher, dass keine Sicherheitsfehler vorliegen.	<input type="checkbox"/>
4	Stellen Sie sicher, dass der Motor einwandfrei läuft und leicht stoppt.	<input type="checkbox"/>
5	Fordern Sie die Funktion SS1-t an, indem Sie die ihr zugeordneten Eingänge stromlos machen. Alternativ können Sie die Funktion auch über den sicheren Feldbus aktivieren.	<input type="checkbox"/>

Tabelle 35: Inbetriebnahmeprüfung für STO-Anwendungen mit sicherem Stopp 1 zeitgesteuert (SS1-t) - (Fortsetzung)

Prüfablauf		Freigegeben
6	Stellen Sie sicher, dass der Motor innerhalb der konfigurierten Maximalzeit herunterfährt. Die konfigurierte Zeit wird im Inbetriebnahmebericht angezeigt.	<input type="checkbox"/>
7	Wenn eine Bedieneinheit installiert ist, prüfen Sie, ob auf dem Bedienfeld STO activated (STO aktiviert) angezeigt wird.	<input type="checkbox"/>
	Wenn die Bedieneinheit nicht installiert ist, prüfen Sie, ob im Ereignisprotokoll STO activated (STO aktiviert) aufgeführt ist.	<input type="checkbox"/>
8	Wenn der STO-Istwert verwendet wird, überprüfen Sie den Status des STO-Istwerts, um sicherzustellen, dass STO aktiviert ist. Siehe Abbildung 12 .	<input type="checkbox"/>
9	Aktivieren Sie die Eingänge, die der STO-Funktion zugewiesen sind, oder deaktivieren Sie die STO-Anforderung über den Feldbus.	<input type="checkbox"/>
10	Wenn der Frequenzumrichter für einen direkten Neustart konfiguriert ist: Durch ein Deaktivieren der Sicherheitsfunktionsanforderung geht der Motor in Betrieb und läuft im ursprünglichen Drehzahlbereich. Wenn keine automatische Quittierung verwendet wird: Quittierung einstellen (z. B. mit einer Quittierungstaste). Die Quittierung wird in den Sicherheitsparametern konfiguriert.	<input type="checkbox"/>
11	Stellen Sie sicher, dass der Motor betriebsbereit ist und innerhalb des ursprünglichen Drehzahlbereichs läuft.	<input type="checkbox"/>

4.8.6 Validierung und Erstellung eines Inbetriebnahmeberichts

Für Frequenzumrichter mit der funktionalen Sicherheitsoption +BEF2 kann ein Inbetriebnahmebericht mit MyDrive® Insight erstellt werden. Der Inbetriebnahmebericht nennt die Werte, die für die sicherheitsrelevanten Parameter im Frequenzumrichter eingestellt wurden.

1. Gehen Sie in MyDrive® Insight zu *Device > Setup & Service > Functional safety > Validate report* (Gerät – Einrichtung und Service – Funktionale Sicherheit – Bericht validieren).
2. Gehen Sie zu *Device > Setup & Service > Functional safety > Commissioning Report* (Gerät – Einrichtung und Service – Funktionale Sicherheit – Inbetriebnahmebericht), um den Inbetriebnahmebericht einzusehen.

 Nach der Inbetriebnahme aller Sicherheitsfunktionen klicken Sie auf das Download-Symbol in der oberen rechten Ecke, um den Bericht als PDF-Datei herunterzuladen. Es wird empfohlen, eine Kopie des Inbetriebnahmeberichts an einem externen Ort zu speichern.

3. Speichern Sie die Berichte der Abnahmeprüfung im Logbuch der Maschine.

Der Bericht muss Folgendes enthalten:

- o Eine Beschreibung der Sicherheitsanwendung.
- o Eine Beschreibung und Überarbeitungsstände der Sicherheitskomponenten, die in der Sicherheitsanwendung verwendet werden.
- o Eine Liste aller Sicherheitsfunktionen, die in der Sicherheitsanwendung verwendet werden.
- o Eine Liste aller sicherheitsrelevanten Parameter und deren Werte. Es wird empfohlen, auch Parameter und Werte aufzulisten, die nicht sicherheitsrelevant sind.
- o Dokumentation der Inbetriebnahmearbeitäten mit Verweis auf Fehlerberichte und die Behebung von Fehlern.

- Die Prüfergebnisse für jede Sicherheitsfunktion, alle Werte von Sicherheitsparametern, einschließlich des CRC-Werts der Sicherheitskonfiguration, des Prüfdatums und einer Bestätigung durch das Prüfpersonal.
4. Validieren Sie den Inbetriebnahmevertrag.
- a. Überprüfen Sie, ob die Hardware- und Konfigurationsangaben richtig sowie die Softwareversionen der sicherheitsrelevanten Komponenten und Subsysteme korrekt sind.
 - b. Überprüfen Sie, ob die Informationen des in Betrieb genommenen Moduls mit den Informationen im Inbetriebnahmevertrag und -bericht übereinstimmen.



WICHTIG: Nach jeder Änderung oder Wartungsmaßnahme an der Anlage müssen neue Berichte zur Abnahmeprüfung im Protokoll der Maschine gespeichert werden.

4.9 Betrieb und Wartung

4.9.1 Übersicht der Funktionsprüfungen

Zur Einhaltung der Sicherheitsnormen EN IEC 61800-5-2 und jener auf Systemebene und zur Vermeidung einer Anhäufung potenzieller Sleep-Fehler im Frequenzumrichter ist eine regelmäßige Prüfung der Sicherheitsfunktion erforderlich.

- Es ist **Vorschrift** für PL e oder SIL 3, alle 3 Monate eine Funktionsprüfung durchzuführen, um einen Ausfall oder eine Fehlfunktion der Sicherheitsfunktion zu erkennen.
- Es ist **Vorschrift** für PL d oder SIL 2, alle 12 Monate eine Funktionsprüfung durchzuführen, um einen Ausfall oder eine Fehlfunktion der Sicherheitsfunktion zu erkennen.

Die Einsatzdauer des FU-Sicherheitssystems beträgt 20 Jahre. Nach 20 Jahren muss die gesamte Einheit ausgetauscht werden.

Führen Sie die Funktionsprüfung wie eine Inbetriebnahmeprüfung durch, wie in [4.8.2 Inbetriebnahmeprüfung](#) beschrieben.

HINWEIS

Wenn die Funktionsprüfung fehlschlägt, kann ein sicherer Betrieb nicht gewährleistet werden.

⚠️ WARNUNG

AUSFALL VON KOMPONENTEN IN SICHERHEITSRELEVANTEN FUNKTIONEN

Tritt ein Komponentenausfall in sicherheitsrelevanten Funktionen auf, muss der Frequenzumrichter von autorisiertem Personal ausgetauscht werden.

- Die Sicherheitsschaltung darf in keiner Weise verändert oder repariert werden.

4.9.2 Diagnostik

Die iC7-Frequenzumrichter verfügen über zahlreiche Diagnosefunktionen zur Gewährleistung der Funktionstüchtigkeit der Sicherheitsfunktionen. Diagnoseelemente sind z. B. die Temperaturüberwachung, die interne Spannungsüberwachung und die Überwachung von Sicherheitsfunktionen. Der Frequenzumrichter gibt auf die funktionale Sicherheit bezogene Fehlercodes aus, wenn diese vorliegen. Zu den sicherheitsrelevanten Fehlercodes siehe [4.10.4 Ereignisse](#).

Das Diagnoseprüfintervall (DTI) hängt von der Sicherheitsfunktion und der Diagnosefunktion ab. Das maximale DTI und die Fehlerreaktionszeit (FRT) für jede Sicherheitsfunktion sind in [4.11.1 Normen und Leistung für funktionale Sicherheit](#) aufgeführt.

Wenn die Diagnostik, die auf die funktionale Sicherheit bezogen ist, einen Ausfall erkennt, werden die relevanten Sicherheitsfunktionen stets in einen sicheren Zustand versetzt.

Mehrere unerkannte Hardwarefehler können zu einem Zustand führen, in dem eine externe STO-Anforderung nicht zum Abschalten des Motors führt. Die in [4.11.1 Normen und Leistung für funktionale Sicherheit](#) aufgeführten PFH/PFD- und MTTF-Werte geben die Wahrscheinlichkeit dieses Fehlers wieder. Alle anderen STO-bezogenen, internen Fehler führen direkt zu einer unaufgeforderten Aktivierung der STO-Funktion oder beeinflussen nur einen der zwei redundanten STO-Kanäle.

4.9.3 Installation und Wartung in großen Höhen

Wenn der Frequenzumrichter in großen Höhen eingesetzt wird, müssen zusätzliche Maßnahmen ergriffen werden, um die Funktionstüchtigkeit des Sicherheitssystems zu gewährleisten. Da das Sicherheitssystem Regler enthält, die durch kosmische Strahlung beeinflusst werden, muss ein erhöhter Fluss kosmischer Strahlung in großen Höhen berücksichtigt werden. Je höher der Fluss kosmischer Strahlen ist, desto höher ist das Risiko einer Soft Error Rate (SER), die sich auf die Regler auswirkt.

Da die SER die PFD- und PFH-Werte des Frequenzumrichters beeinflusst, wird die Performance des Sicherheitssystems durch große Höhen beeinflusst. Die PFD- und PFH-Werte werden für verschiedene Höhen angegeben.

Tabelle 36: PFD- und PFH-Werte und Höhe

Höhe	Durchschnittliche Wahrscheinlichkeit eines gefährlichen Ausfalls bei Anforderung (PFD _{Davg})	Durchschnittliche Häufigkeit eines gefährlichen Ausfalls pro Stunde (1/h) (PFH)
Bis zu 1000 m (3300 ft)	$2 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{-9}$
Bis zu 2000 m (6600 ft)	$3 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-8}$
Bis zu 4400 m (14400 ft)	$5 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-8}$

4.9.4 Frequenzumrichterwechsel

Wenn ein interner Fehler zu einem dauerhaften Defekt führt, muss der Frequenzumrichter ausgetauscht werden. Die Komponenten des Sicherheitssystems sind nicht reparierbar.

Nach dem Austausch des defekten Frequenzumrichters muss eine Inbetriebnahme durchgeführt werden. Einzelheiten und Anweisungen zur Inbetriebnahme des Frequenzumrichters finden Sie in den produktsspezifischen Handbüchern. Befolgen Sie auch die im Kapitel [Inbetriebnahme](#) beschriebenen Verfahren.

4.10 Fehlersuche und -behebung

4.10.1 Status-LEDs

Tabelle 37: Status-LEDs

LED	Farbe	Status	Bedeutung
Bereit	Weiß	Aus	Überprüfen Sie, ob: <ul style="list-style-type: none">Der Frequenzumrichter ausgeschaltet ist.Der Frequenzumrichter nicht bereit ist.
		Blinkt	Der Frequenzumrichter läuft an.
		Stabil	Es liegen keine aktiven Fehler vor und der Frequenzumrichter ist betriebsbereit.

Tabelle 37: Status-LEDs - (Fortsetzung)

LED	Farbe	Status	Bedeutung
Warnung	Orange	Aus	Es liegt keine Warnung vor.
		Stabil	Der Frequenzumrichter ist nicht betriebsbereit. Überprüfen Sie, ob: <ul style="list-style-type: none">• Eine Sicherheitskonfiguration erforderlich ist.• STO aktiv oder eine STO-Quittierung erforderlich ist.• E/A-Fehler vorliegen oder eine Quittierung von E/A-Fehlern erforderlich ist.• Die STO-Antwort als Fehler konfiguriert ist (mit der Applikation).
Fehler	Rot	Aus	Es liegen keine aktiven Fehler vor und der Frequenzumrichter ist betriebsbereit.
		Stabil	Der Frequenzumrichter befindet sich in einem Fehlerzustand. Der Fehlerzustand kann durch einen der folgenden Gründe ausgelöst worden sein: <ul style="list-style-type: none">• Ausfall von Leistungseinheit und Steueranschluss• Hardware- oder Softwarefehler im Frequenzumrichter

4.10.2 Instanzen des STO-Istwertsignals

Weitere Informationen zu STO-Istwertsignalen finden Sie in [Tabelle 17](#).

4.10.3 Sicherheitsfunktion Wiederherstellung nach Fehler (Recovery)

Ein Fehler in einem Sicherheitskreis kann zur Aktivierung des sicheren Zustands oder des ausfallsicheren Zustands führen. Die STO-Aktivierung wird durch die Ereignisliste in MyDrive® Insight und an der Bedieneinheit bestimmt.

Bei einem ausfallsicheren Zustand wird STO aktiviert und ein relevanter Fehlercode angezeigt. Setzen Sie den Fehler zurück, bevor Sie den Normalbetrieb ausführen.

1. Prüfen Sie den Grund für das Ereignis im MyDrive® Insight-Ereignisprotokoll.
 2. Anweisungen zur Behebung der Fehlerursache finden Sie in [.](#)
 3. Quittieren Sie den Fehler.
 - Wenn der Fehler für einen direkten Neustart konfiguriert ist: Durch ein Deaktivieren des Not-Aus-Tasters wird der Motor betriebsbereit und läuft im ursprünglichen Drehzahlbereich.
 - Überprüfen Sie das Ereignisprotokoll in MyDrive® Insight, falls der Frequenzumrichter nach der Behebung des Fehlers in einem nicht betriebsbereiten Zustand bleibt.
 - Wenn eine sichere oder nicht-sichere Quittierung erforderlich ist, führen Sie die Quittierung über einen konfigurierten Kanal durch, indem Sie ein Quittierungssignal über den Feldbus, eine digitale E/A oder die Bedieneinheit senden.
- Die Quittierung wird in den Sicherheitsparametern konfiguriert.

Wenden Sie sich an einen Danfoss-Vertreter vor Ort, falls ein Fehler im Sicherheitssystem oder eine Sicherheitsfunktion die Wiederherstellung nach dem Fehler verhindert. Reichen Sie hierbei den Inbetriebnahmebericht der Sicherheitsparameterkonfiguration mit ein. Weitere Informationen finden Sie in der entsprechenden MyDrive® Insight-Dokumentation:

4.10.4 Ereignisse

Tabelle 38: Gruppe 0x54FE

Nummer	Name	Ursache	Lösung
4628	STO ist aktiviert.	Safe Torque Off wurde aktiviert.	<p>Wenn STO unbeabsichtigt aktiviert wird, ist Folgendes zu überprüfen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eingangsverkabelung • Externe Aktivierung • Externe Testimpuls-Zeitsteuerung • Relevante Sicherheitsparameter

Tabelle 39: Gruppe 0x61FF

Nummer	Name	Ursache	Lösung
4608	Interner Fehler	Es wurde ein interner Fehler im Sicherheitssystem erkannt.	<p>Starten Sie das System neu.</p> <p>Wenn das Problem weiterhin besteht, wenden Sie sich an den Kundendienst von Danfoss.</p>
4609	E/A-Fehler erkannt	Im Sicherheitssystem wurde ein E/A-Fehler erkannt. Siehe Ereignisdetails für weitere Informationen.	<p>Überprüfen Sie die Anschlüsse der Sicherheits-E/A-Schaltung. Stellen Sie bei Verwendung eines externen Testimpulses sicher, dass das Timing innerhalb der Spezifikation liegt.</p> <p>Siehe 3.1.6 STO-Eigenschaften.</p>
4611	SS1	Sicherer Stopp 1, Instanz 1 wurde aktiviert.	<p>Wenn SS1 unbeabsichtigt aktiviert wird, ist Folgendes zu überprüfen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eingangsverkabelung • Externe Aktivierung • Externe Testimpuls-Zeitsteuerung • Relevante Sicherheitsparameter
4612	SS1	Sicherer Stopp 1, Instanz 2 wurde aktiviert.	<p>Wenn SS1 unbeabsichtigt aktiviert wird, ist Folgendes zu überprüfen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eingangsverkabelung • Externe Aktivierung • Externe Testimpuls-Zeitsteuerung • Relevante Sicherheitsparameter
4613	Warnung erkannt	Nicht-kritischer Fehler erkannt. Der Betrieb kann fortgesetzt werden.	Weitere Informationen finden Sie in den Ereignisprotokollen und Meldungen in der Benutzeroberfläche.
4614	Anlauf-Quittierung erforderlich	Eine Anlauf-Quittierung ist erforderlich.	<p>Je nach Konfiguration kann die Quittierung erfolgen über:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sicherer Eingang • MyDrive® Insight • Feldbus-Schnittstelle • Bedieneinheit
4615	Konfigurations-Nichtübereinstimmung	Das erkannte Sicherheitssystem unterscheidet sich vom in Betrieb genommenen System.	Wenn eine Erweiterung Funktionale Sicherheit ausgetauscht wird, muss eine erneute Inbetriebnahme der Anlage erfolgen.

Tabelle 39: Gruppe 0x61FF - (Fortsetzung)

Nummer	Name	Ursache	Lösung
4616	Keine gültigen Sicherheitsparameter verfügbar	Die Sicherheitsparameter sind ungültig oder nicht im Gerät vorhanden.	Überprüfen Sie die Sicherheitskonfiguration in MyDrive® Insight. Stellen Sie sicher, dass alle Konfigurationsschritte erfolgreich verifiziert und validiert wurden. Eine Wiederinbetriebnahme des Sicherheitsmoduls ist erforderlich.
4617	PsAlarmFdestAddMismatch	Sicherheitszieladresse stimmt nicht überein.	Stellen Sie sicher, dass die Adressen in der SPS und im Frequenzumrichter übereinstimmen.
4226	PsAlarmWdTimeout	Timeout bei der Kommunikation mit dem Sicherheitsmodul. F_WD_Time oder F_WD_Time_2 abgelaufen.	Erhöhen Sie F_WD_Time oder F_WD_Time_2.
4633	Softwareaktualisierung im Sicherheitsmodul	Die Erweiterung Funktionale Sicherheit befindet sich gerade im Zustand der Softwareaktualisierung.	Das Gerät bleibt in einem sicheren Zustand, bis die Softwareaktualisierung erfolgreich abgeschlossen ist.
4634	Rücksetzen auf Werkseinstellungen	Vom Benutzer ausgelöste Aktion zum Zurücksetzen auf die Werkseinstellungen.	Nach dem Zurücksetzen auf die Werkseinstellungen muss die Sicherheitskonfiguration neu erstellt werden.
4635	Sicherheitskonfiguration geändert	Vom Benutzer ausgelöste Aktion zur Sicherheitsparametereinstellung.	Die Sicherheitskonfiguration wurde geändert. Stellen Sie vor dem Fortsetzen sicher, dass die Konfiguration korrekt ist. Größere Änderungen der Sicherheitskonfiguration können einen Neustart des Systems erfordern.
4636	E/A-Fehlerquittierung erforderlich	Aufgrund der Konfiguration ist eine E/A-Quittierung erforderlich.	Bei aktivierter Sicherheitsfunktion kann zur Fortsetzung des Betriebs nach der Behebung eines Signalfehlers eine Quittierung erforderlich sein.
4637	STO-Quittierung erforderlich	Aufgrund der Konfiguration ist eine STO-Quittierung erforderlich.	Bei aktivierter Sicherheitsfunktion kann zur Fortsetzung des Betriebs nach der Behebung eines STO-Zustands eine Quittierung erforderlich sein.
4650	Parameterabhängigkeitsprüfungen fehlgeschlagen	Eine Prüfung der Sicherheitsparameter ist fehlgeschlagen.	Sicherstellen, dass die Sicherheitskonfiguration gültig ist. Mögliche Fehler können folgende Ursachen haben: <ul style="list-style-type: none">• Eingangssignalzuordnung• Ausgangssignalzuordnung• Zeitverhalten der Parameter
4651	Parameterbereichsprüfung	Der Wert eines Parameters liegt außerhalb des zulässigen Bereichs. Die Variablen-ID wird als Detail angegeben.	Stellen Sie sicher, dass der Wert der angegebenen Variable im zulässigen Bereich liegt.

Tabelle 39: Gruppe 0x61FF - (Fortsetzung)

Nummer	Name	Ursache	Lösung
4652	Parametrierungsschritt fehlgeschlagen	Ein Versuch, die Sicherheitsparameter zu ändern, ist fehlgeschlagen.	Prüfen Sie, ob es detaillierte Informationen in MyDrive® Insight gibt. Stellen Sie sicher, dass die angeforderte Sicherheitsparameteränderung gültig ist. Vergewissern Sie sich, dass im Frequenzumrichtersystem keine Sonderbedingungen wie eine aktive Softwareaktualisierung oder Inbetriebnahme des Frequenzumrichters vorliegen, die nicht fehlerbezogen sind. Das Frequenzumrichtersystem neu starten. Wenn das Problem weiterhin besteht, wenden Sie sich an den Kundendienst von Danfoss.
4730	Informationen	Zusatzinformationen von der Erweiterung Funktionale Sicherheit. Siehe Details.	Das Sicherheitsmodul hat eine Anzeige ausgelöst, die dem Benutzer mitgeteilt werden muss. Weitere Details finden Sie über die Ereignisdetails in MyDrive® Insight.

4.11 Spezifikationen

4.11.1 Normen und Leistung für funktionale Sicherheit

Alle Sicherheitsfunktionen in den iC7 Frequenzumrichtern erfüllen die Anforderungen der in diesem Abschnitt aufgeführten Normen.

Tabelle 40: Normen und Leistung für funktionale Sicherheit

Richtlinien oder Normen	Version
Europäische Richtlinien	Maschinenrichtlinie (2006/42/EG)
	EN ISO 13849-1:2015, EN ISO 13849-2:2012
	EN IEC 61800-5-2:2007
	EMV-Richtlinie (2014/30/EU)
	EN IEC 61800-3:2018 – Zweite Umgebung
Sicherheitsnormen	EN IEC 61326-3-1:2017
	Niederspannungsrichtlinie (2014/35/EU)
Sicherheitsfunktion	EN IEC 61800-5-1:2017
	Maschinensicherheit
	EN ISO 13849-1:2015, IEC 60204-1:2018
	Funktionale Sicherheit
	IEC 61508-1:2010, IEC 61508-2:2010, IEC 61508-3:2010, EN IEC 61800-5-2:2017
	EN IEC 61800-5-2:2017 Safe Torque Off (STO), Safe Stop 1 (SS1-t)
	IEC 60204-1:2018 Stoppkategorie 0, Stoppkategorie 1

Tabelle 40: Normen und Leistung für funktionale Sicherheit - (Fortsetzung)

Richtlinien oder Normen	Version	
Safety Performance	IEC 61508:2010	
	Safety Integrity Level	SIL 3
	HFT (Hardwarefehlertoleranz)	1
	Teilsystemklassifizierung	Typ B
	Durchschnittliche Wahrscheinlichkeit gefährlicher Ausfälle (Failure on Demand, PFDavg) ⁽¹⁾ können ⁽²⁾	$< 1,5 \cdot 10^{-4}$
	Durchschnittliche Häufigkeit eines gefährlichen Ausfalls pro Stunde (1/h) (PFH) ⁽¹⁾⁽²⁾	$< 7,5 \cdot 10^{-9}$
	Intervall der Wiederholungsprüfungen T1	20 Jahre
	Missionszeit (TM)	20 Jahre
	ISO 13849-1:2015	
	Kategorie	Kat. 3
Reaktionszeit	Performance Level (PL)	PL e
	Durchschnittliche Zeit bis zu einem gefährlichen Ausfall (MTTFd)	Hoch (>100 Jahre)
	Diagnosedeckungsgrad (DCavg)	>90 %
	Fehlerreaktionszeit (FRT)	<40 ms
Antwortzeit	Reaktionszeit (vom Eingang bis zum sicheren Zustand)	<30 ms Reaktionszeit ⁽³⁾
Betriebsart	High Demand, Low Demand	

1) Auf Meereshöhe

2) Nachweisprüfungen nur in Danfoss-Anlagen durchgeführt werden, wenn der Frequenzumrichter überholt wird.

3) zwischen Eingang und Ausgang bei abgeschirmten Leitungen. Andernfalls kann sich dieser Wert unter ungünstigsten EMV-Bedingungen um maximal 20 ms erhöhen.

4.11.2 Technische Daten

Tabelle 41: 24-V-Digitaleingang für Frequenzumrichter mit STO, SS1-t und Unterstützung für sicheren Feldbus (+BEF2)

Funktion	Daten
Eingangstyp	Einseitig/potenzialfrei
Logik	PNP
Spannungsniveau	0–24 V DC
Spannungsniveau, logisch 0 PNP	<5 V
Spannungsniveau, logisch 1 PNP	>11 V
Maximale Spannung am Eingang bei funktionalem Zustand	30 V
Maximale Spannung am Eingang bei sicherem Zustand	60 V
Eingangsstrom	8 mA > I _c > 5 mA @ 24 V
Äquivalenter Eingangswiderstand	3 kΩ < R _i < 4,7 kΩ bei 24 V
Isolierung	Funktional

Tabelle 41: 24-V-Digitaleingang für Frequenzumrichter mit STO, SS1-t und Unterstützung für sicheren Feldbus (+BEF2) - (Fortsetzung)

Funktion	Daten
Schutz vor umgekehrter Polarität	Ja
Maximaler Eingangsstrom Aus-Zustand	< 2 mA

Tabelle 42: 24-V-Digitalausgänge für STO-Istwert

Funktion	Daten
Ausgabetyp	Senke/Quelle
Nennspannung	24 V DC Open Collector/60 V maximal
Nennstrom	50 mA
Isolierung	Ja
Überlastschutz	Ja
Schutz vor umgekehrter Polarität	Ja
Spannung EIN-Zustand	>17,4 V
Ableitstrom Aus-Zustand	0,1 mA

Tabelle 43: Hilfsspannungen

Funktion	Daten
24-V-Ausgang, Funktionale Sicherheit (X33)	Ausgangsspannung
	Maximale Last

4.11.3 Betriebsbedingungen

Tabelle 44: Betriebsbedingungen für die Funktionale Sicherheit

Funktion	Daten
Betriebstemperatur	Gemäß Spezifikation des Frequenzumrichters.
Lagertemperatur	-40 ...+70 °C (-40 ...+158 °F)
Luftfeuchtigkeit	Gemäß Spezifikation des Frequenzumrichters (nicht kondensierend).
Betriebshöhe	Gemäß Spezifikation des Frequenzumrichters.
Umgebungsbedingungen	Das Produkt muss in einer Umgebung gemäß EN IEC 61800-5-1:2017 PD2 – nicht kondensierend – installiert werden. Für Umgebungen mit Kondensation gemäß PD2 muss das Produkt in einem Schaltschrank mit Schutzart IP54/NEMA 12 gemäß EN IEC 60529 AMD 2:2013 oder gleichwertig installiert werden.

Überprüfen Sie die Betriebsbedingungen für jeden Frequenzumrichter im produktspezifischen Projektierungshandbuch oder in der Bedienungsanleitung. Die neuesten Versionen der Danfoss-Produktanleitungen können unter <https://www.danfoss.com/en/service-and-support/documentation/> heruntergeladen werden.

4.11.4 Kabelspezifikationen

Tabelle 45: Kabelgrößen für Steckverbinder X31, X32

Kabeltyp	Querschnitt [mm ² (AWG)]	Abisolierlänge [mm (in)]
Fest	0,5–1,5 (24–16)	10 (0,4)
Flexibel	0,5–1,5 (24–16)	10 (0,4)
Flexibel mit Aderendhülse ohne Kunststoffhülse	0,5–1,5 (24–16)	10 (0,4)
Flexibel mit Aderendhülse mit Kunststoffhülse	0,5 (24)	10 (0,4)



Danfoss A/S
Ulsnaes 1
DK-6300 Graasten
drives.danfoss.com

Alle Informationen, einschließlich, aber nicht beschränkt auf Informationen zur Auswahl von Produkten, ihrer Anwendung bzw. ihrem Einsatz, zur Produktgestaltung, zum Gewicht, den Abmessungen, der Kapazität oder zu allen anderen technischen Daten von Produkten in Produkthandbüchern, Katalogbeschreibungen, Werbungen usw., die schriftlich, mündlich, elektronisch, online oder via Download erteilt werden, sind als rein informativ zu betrachten, und sind nur dann und in dem Ausmaß verbindlich, als auf diese in einem Kostenvoranschlag oder in einer Auftragsbestätigung explizit Bezug genommen wird. Danfoss übernimmt keine Verantwortung für mögliche Fehler in Katalogen, Broschüren, Videos und anderen Drucksachen. Danfoss behält sich das Recht vor, ohne vorherige Bekanntmachung Änderungen an seinen Produkten vorzunehmen. Dies gilt auch für bereits in Auftrag genommene, aber nicht gelieferte Produkte, sofern solche Anpassungen ohne substanzelle Änderungen der Form, Tauglichkeit oder Funktion des Produkts möglich sind. Alle in dieser Publikation enthaltenen Warenzeichen sind Eigentum von Danfoss A/S oder Danfoss-Gruppenunternehmen. Danfoss und das Danfoss Logo sind Warenzeichen der Danfoss A/S. Alle Rechte vorbehalten.
