

# Überwachung von Schwinggrößen einer Maschine durch ein Condition Monitoring System SIPLUS CMS1200

SIPLUS CMS1200 SM 1281, SIMATIC S7-1200

<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/109480750>

Siemens  
Industry  
Online  
Support



# Rechtliche Hinweise

## Nutzung der Anwendungsbeispiele

In den Anwendungsbeispielen wird die Lösung von Automatisierungsaufgaben im Zusammenspiel mehrerer Komponenten in Form von Text, Grafiken und/oder Software-Bausteinen beispielhaft dargestellt. Die Anwendungsbeispiele sind ein kostenloser Service der Siemens AG und/oder einer Tochtergesellschaft der Siemens AG („Siemens“). Sie sind unverbindlich und erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit und Funktionsfähigkeit hinsichtlich Konfiguration und Ausstattung. Die Anwendungsbeispiele stellen keine kundenspezifischen Lösungen dar, sondern bieten lediglich Hilfestellung bei typischen Aufgabenstellungen. Sie sind selbst für den sachgemäßen und sicheren Betrieb der Produkte innerhalb der geltenden Vorschriften verantwortlich und müssen dazu die Funktion des jeweiligen Anwendungsbeispiels überprüfen und auf Ihre Anlage individuell anpassen.

Sie erhalten von Siemens das nicht ausschließliche, nicht unterlizenzierbare und nicht übertragbare Recht, die Anwendungsbeispiele durch fachlich geschultes Personal zu nutzen. Jede Änderung an den Anwendungsbeispielen erfolgt auf Ihre Verantwortung. Die Weitergabe an Dritte oder Vervielfältigung der Anwendungsbeispiele oder von Auszügen daraus ist nur in Kombination mit Ihren eigenen Produkten gestattet. Die Anwendungsbeispiele unterliegen nicht zwingend den üblichen Tests und Qualitätsprüfungen eines kostenpflichtigen Produkts, können Funktions- und Leistungsmängel enthalten und mit Fehlern behaftet sein. Sie sind verpflichtet, die Nutzung so zu gestalten, dass eventuelle Fehlfunktionen nicht zu Sachschäden oder der Verletzung von Personen führen.

## Haftungsausschluss

Siemens schließt seine Haftung, gleich aus welchem Rechtsgrund, insbesondere für die Verwendbarkeit, Verfügbarkeit, Vollständigkeit und Mangelfreiheit der Anwendungsbeispiele, sowie dazugehöriger Hinweise, Projektierungs- und Leistungsdaten und dadurch verursachte Schäden aus. Dies gilt nicht, soweit Siemens zwingend haftet, z.B. nach dem Produkthaftungsgesetz, in Fällen des Vorsatzes, der groben Fahrlässigkeit, wegen der schuldhaften Verletzung des Lebens, des Körpers oder der Gesundheit, bei Nichteinhaltung einer übernommenen Garantie, wegen des arglistigen Verschweigens eines Mangels oder wegen der schuldhaften Verletzung wesentlicher Vertragspflichten. Der Schadensersatzanspruch für die Verletzung wesentlicher Vertragspflichten ist jedoch auf den vertragstypischen, vorhersehbaren Schaden begrenzt, soweit nicht Vorsatz oder grobe Fahrlässigkeit vorliegen oder wegen der Verletzung des Lebens, des Körpers oder der Gesundheit gehaftet wird. Eine Änderung der Beweislast zu Ihrem Nachteil ist mit den vorstehenden Regelungen nicht verbunden. Von in diesem Zusammenhang bestehenden oder entstehenden Ansprüchen Dritter stellen Sie Siemens frei, soweit Siemens nicht gesetzlich zwingend haftet.

Durch Nutzung der Anwendungsbeispiele erkennen Sie an, dass Siemens über die beschriebene Haftungsregelung hinaus nicht für etwaige Schäden haftbar gemacht werden kann.

## Weitere Hinweise

Siemens behält sich das Recht vor, Änderungen an den Anwendungsbeispielen jederzeit ohne Ankündigung durchzuführen. Bei Abweichungen zwischen den Vorschlägen in den Anwendungsbeispielen und anderen Siemens Publikationen, wie z. B. Katalogen, hat der Inhalt der anderen Dokumentation Vorrang.

Ergänzend gelten die Siemens Nutzungsbedingungen (<https://support.industry.siemens.com>).

## Securityhinweise

Siemens bietet Produkte und Lösungen mit Industrial Security-Funktionen an, die den sicheren Betrieb von Anlagen, Systemen, Maschinen und Netzwerken unterstützen.

Um Anlagen, Systeme, Maschinen und Netzwerke gegen Cyber-Bedrohungen zu sichern, ist es erforderlich, ein ganzheitliches Industrial Security-Konzept zu implementieren (und kontinuierlich aufrechtzuerhalten), das dem aktuellen Stand der Technik entspricht. Die Produkte und Lösungen von Siemens formen nur einen Bestandteil eines solchen Konzepts.

Der Kunde ist dafür verantwortlich, unbefugten Zugriff auf seine Anlagen, Systeme, Maschinen und Netzwerke zu verhindern. Systeme, Maschinen und Komponenten sollten nur mit dem Unternehmensnetzwerk oder dem Internet verbunden werden, wenn und soweit dies notwendig ist und entsprechende Schutzmaßnahmen (z.B. Nutzung von Firewalls und Netzwerksegmentierung) ergriffen wurden.

Zusätzlich sollten die Empfehlungen von Siemens zu entsprechenden Schutzmaßnahmen beachtet werden. Weiterführende Informationen über Industrial Security finden Sie unter: <https://www.siemens.com/industrialsecurity>.

Die Produkte und Lösungen von Siemens werden ständig weiterentwickelt, um sie noch sicherer zu machen. Siemens empfiehlt ausdrücklich, Aktualisierungen durchzuführen, sobald die entsprechenden Updates zur Verfügung stehen und immer nur die aktuellen Produktversionen zu verwenden. Die Verwendung veralteter oder nicht mehr unterstützter Versionen kann das Risiko von Cyber-Bedrohungen erhöhen.

Um stets über Produkt-Updates informiert zu sein, abonnieren Sie den Siemens Industrial Security RSS Feed unter: <https://www.siemens.com/industrialsecurity>.



# Inhaltsverzeichnis

<b>Rechtliche Hinweise .....</b>	<b>2</b>
<b>1 Einführung.....</b>	<b>4</b>
1.1 Überblick.....	4
1.2 Funktionsweise.....	5
1.2.1 Aufbau .....	5
1.2.2 Überwachungsbetrieb .....	6
1.2.3 Programmübersicht .....	8
1.3 Verwendete Komponenten.....	11
<b>2 Engineering .....</b>	<b>12</b>
2.1 Hardwareaufbau .....	12
2.2 Projektierung .....	13
2.2.1 STEP 7-Projekt in die CPU laden .....	13
2.2.2 WinCC-Projekt in das HMI laden .....	16
2.3 Inbetriebnahme .....	17
2.3.1 Parameter setzen .....	17
2.3.2 Erfassung des Gut-Zustands der Maschine.....	18
2.3.3 Warn- und Alarmgrenzen einstellen.....	21
2.4 Bedienung .....	24
2.4.1 Parameter setzen .....	24
2.4.2 Betriebsmodus ändern .....	25
2.4.3 Parameter aus Backup wiederherstellen .....	26
<b>3 Wissenswertes .....</b>	<b>27</b>
3.1 Grundbegriffe .....	27
3.2 Mechanische Schwingungen .....	28
3.2.1 Bedeutung und Aussagekraft von Schwingungen .....	28
3.2.2 Ursachen von mechanischen Schwingungen .....	29
3.3 Schwingungsüberwachung und –diagnose.....	30
3.3.1 Messung von Schwingungen .....	30
3.3.2 Übersicht der Diagnoseverfahren .....	34
3.3.3 Schwingungsdiagnose durch Kennwertbildung im Zeitbereich.....	35
3.3.4 Schwingungsdiagnose durch Frequenzanalyse .....	38
3.4 SIPLUS CMS1200 SM 1281 .....	38
3.5 Bibliothek "SM1281_Library".....	39
3.5.1 Übersicht .....	40
3.5.2 Funktionsbaustein "SM1281_Module" .....	40
3.5.3 Funktion "SM1281_Channel" .....	41
3.5.4 Datenbaustein "SM1281_Status" .....	41
3.5.5 Datenbaustein "SM1281_Backup" .....	41
3.5.6 Datentypen .....	41
<b>4 Anhang.....</b>	<b>42</b>
4.1 Service und Support.....	42
4.2 Links und Literatur .....	43
4.3 Änderungsdokumentation .....	43

核心为第3章节对  
振动相关概念原  
理的阐述

# 1 Einführung

## 1.1 Überblick

Um eine Maschine während des Betriebs wirkungsvoll vor mechanischen Schäden zu schützen und diese frühzeitig erkennen zu können, soll die Maschine permanent überwacht werden.

In diesem Zusammenhang sind mechanische Schwingungen von besonderer Bedeutung. Schwingungen entstehen vor allem durch Fliehkräfte an rotierenden Maschinenteilen.

Ursächlich hierfür sind zum Beispiel:

- Unwucht
- Ausrichtungsfehler von Maschinensträngen
- Lagerschäden
- Getriebefehler
- Magnetische, hydraulische und sonstige funktionsbedingte Wechselkräfte

Für die Überwachung mechanischer Komponenten stellt SIEMENS die Condition Monitoring Systeme SIPLUS CMS bereit. Mit diesem Überwachungssystem haben Sie sämtliche Maschinen und die komplette Anlage permanent im Blick. Im Sinne vorausschauender Instandhaltung lassen sich so Wartungsvorgänge besser planen und termingerecht durchführen.

Nach einem längeren ungestörten Betrieb sind anhand der dokumentierten Trendverläufe signifikante Veränderungen infolge von Verschleiß oder anderen schadensbedingten Ursachen frühzeitig erkennbar.

### Abgrenzung

In diesem Anwendungsbeispiel wird die Projektierung des Condition Monitoring Systems SIPLUS CMS1200 SM 1281 und die Überwachung und Visualisierung von Kennwertgrößen behandelt. Eine Auswertung des Frequenzspektrums über den integrierten Webserver ist nicht Teil dieser Dokumentation.

Diese Anwendung enthält keine Beschreibung folgender Punkte:

- Projektierung des Antriebs
- Schwingungsdiagnose durch Frequenzanalyse
- Bedienung des integrierten Webserver
- Datenaustausch über FTP

### Vorausgesetzte Kenntnisse

Folgende grundlegende Kenntnisse werden vorausgesetzt:

- SIMATIC Steuerungen
- STEP 7-Programmierung
- WinCC

## 1.2 Funktionsweise

### 1.2.1 Aufbau

Die Überwachung erfolgt über das Condition Monitoring System SIPLUS CMS1200 SM 1281. Speziell für die Anbindung an die SIMATIC S7-1200 entwickelt, lässt sich so die Überwachung nahtlos in den Automatisierungsprozess integrieren.

Die folgende Abbildung zeigt schematisch die wichtigsten Komponenten der Lösung:

Abbildung 1-1: Übersicht der Komponenten

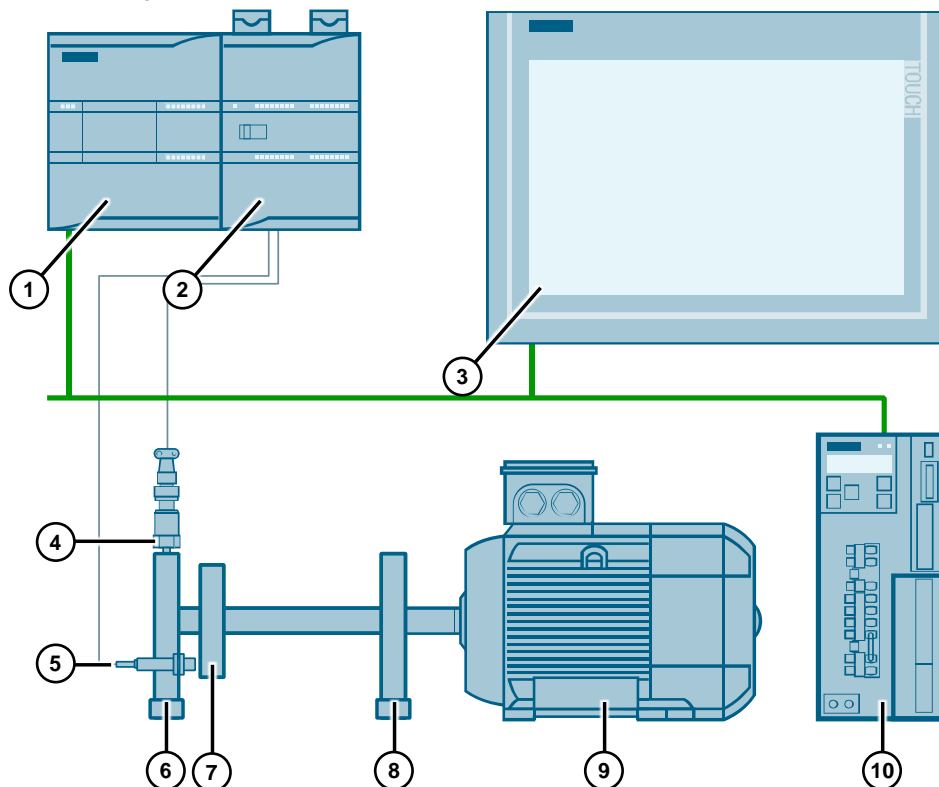


Tabelle 1-1: Legende zu Abbildung 1-1

	Bezeichnung
1.	Automatisierungssystem SIMATIC S7-1200
2.	Condition Monitoring System SIPLUS CMS1200 SM 1281
3.	HMI zur Visualisierung und Bedienung des CMS
4.	Vibrationsaufnehmer zur Erfassung der Schwingbeschleunigung
5.	Reflexionslichtschranke zur Erfassung der Drehzahl
6.	Lager am Wellenende
7.	Last
8.	Lager an der Wellenkupplung
9.	Motor
10.	Antrieb SINAMICS V90

### Vibrationsaufnehmer

Das SM 1281 überwacht mittels eines Vibrationsaufnehmers die Schwingungen am Lager des Wellenendes.

Bei der Inbetriebnahme der Maschine wird der Gut-Zustand gemessen. Aus den gemessenen Kennwerten ermittelt der Anwender Warn- und Alarmgrenzen und hinterlegt diese im SM 1281.

Abbildung 1-2: Vibrationsaufnehmer



Während des Betriebs werden die Schwingungen an der Maschine permanent überwacht und der Zustand über ein HMI dem Bediener gemeldet. Bei Überschreitung der eingestellten Grenzwerte werden Warnungen bzw. Alarmer ausgegeben.

### 1.2.2 Überwachungsbetrieb

Im Überwachungsbetrieb werden immer alle zu überwachenden Messgrößen gemessen, berechnet, und auf parametrisierte Grenzwerte überwacht. Bei Überschreiten der Grenzwerte werden entsprechende Meldungen ausgegeben und die parametrisierten Reaktionen ausgeführt. Über einen Funktionsbaustein kann das Steuerprogramm auf die Meldungen zugreifen.

Die Messgrößen werden zyklisch an die Steuerung übertragen und als Trendverlauf im SM 1281 aufgezeichnet. Die Trendverläufe können über den integrierten Webserver angezeigt werden.

#### Hinweis

Dieses Anwendungsbeispiel konzentriert sich auf die Inbetriebnahme des SM 1281 und dessen Überwachungsbetrieb. Weitere Betriebsmodi finden Sie in der Betriebsanleitung des SM 1281:

<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/109757963>

### RMS-Überwachung

Das SM 1281 ermöglicht die Berechnung der folgenden Kennwerte:

- **vRMS** (Root mean square velocity): Die Berechnung erfolgt anhand des Intervall-Effektivwerts der Schwinggeschwindigkeit.
- **aRMS** (Root mean square acceleration): Die Berechnung erfolgt anhand des Intervall-Effektivwerts der Schwingbeschleunigung.
- **DKW** (Diagnosekennwert): Die Berechnung erfolgt anhand des Intervall-Effektivwerts der Schwingbeschleunigung.

Für jeden Schwingungskanal können Warn- und Alarmgrenzen und Hysterese eingestellt werden.

### Hysteresese

Bei der Überwachung von  $v_{RMS}$ ,  $a_{RMS}$ ,  $DKW$  und Spektren müssen drei aufeinander folgende Schwellwertüberschreitungen vorliegen, damit eine Warnung bzw. Alarm ausgelöst wird. Analog dazu müssen drei aufeinander folgende Schwellwertunterschreitungen (mit Einbeziehung der Absolutwerthysteresese) vorliegen, damit die Warnung bzw. der Alarm wieder erlischt.

### 1.2.3 Programmübersicht

#### PLC

In diesem Anwendungsbeispiel wird die zum Signalmodul SM 1281 gehörende Bibliothek "SM1281\_Library" verwendet. Sie enthält Programmbausteine und HMI-Textlisten. Die Bibliothek ermöglicht eine einfache Integration der Funktionen des SM 1281 in das Steuerungsprogramm des Anwenders. Bausteine und Datentypen, die Teil der Bibliothek sind, tragen den Präfix "SM1281" im Namen. Weitere Informationen zur Bibliothek "SM1281\_Library" finden Sie in Kapitel [3.5](#).

Das Anwenderprogramm in diesem Anwendungsbeispiel ist modular aufgebaut, sodass es einfach um weitere Module ergänzt werden kann.

Abbildung 1-3: Programmübersicht

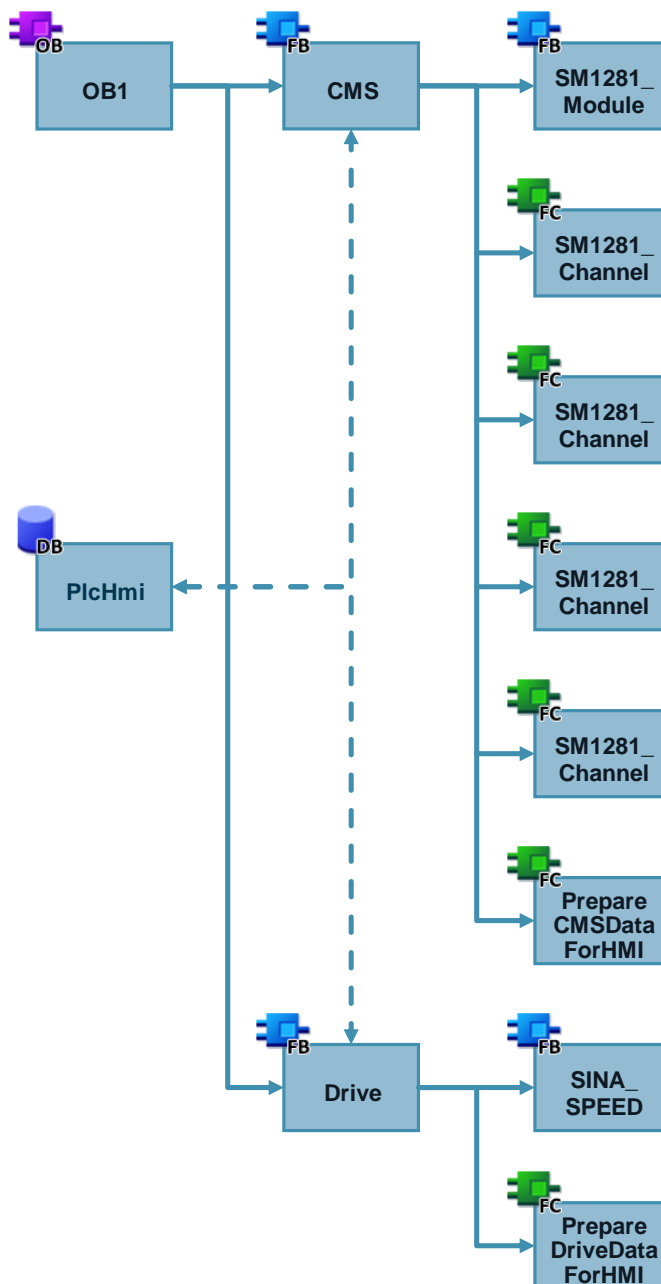




Tabelle 1-2: Erläuterung der Bausteine

Baustein	Erläuterung
CMS	Dieser Funktionsbaustein ruft alle benötigten Bausteine für ein bestimmtes SM 1281-Modul auf. Wenn Sie mehrere Module einsetzen, erstellen Sie weitere Instanzen dieses Funktionsbausteins.
SM1281_Module	Dieser Funktionsbaustein ist Teil der "SM1281_Library" und dient zum Parametrieren, Steuern und beobachten des SM 1281-Moduls.
SM1281_Channel	Diese Funktion ist Teil der "SM1281_Library" und dient zum Parametrieren, Steuern und Beobachten eines Kanals des SM 1281. Für jeden verwendeten Kanal (Vibrationsaufnehmer) wird die Funktion "SM1281_Channel" aufgerufen. Das Beispielprojekt ist für die max. Anzahl an Kanälen für ein Modul SM 1281 vorbereitet, auch wenn nur ein Kanal aktiviert ist und ausgewertet wird.
PrepareCMSDataForHMI	Diese Funktion bereitet die Daten vom SM 1281 für die Visualisierung vor.
Drive	Dieser Funktionsbaustein steuert den SINAMICS V90 Antrieb. Wenn Sie mehrere Antriebe einsetzen, erstellen Sie weitere Instanzen dieses Funktionsbausteins.
PrepareDriveDataForHMI	Diese Funktion bereitet die Daten vom Antrieb für die Visualisierung vor.
PlcHmi	Über diesen Datenbaustein werden die Daten zwischen PLC und HMI ausgetauscht.

## HMI

Das Parametrieren, Bedienen und Überwachen des SM 1281 erfolgt über ein HMI. Die Visualisierung besteht aus folgenden Bildern:

Tabelle 1-3: Erläuterung der Bilder

Bild	Erläuterung
Overview	Dieses Startbild zeigt den Überwachungsstatus des SM 1281 und steuert den Antrieb.
Actual Values	In diesem Bild können Sie die Istwerte der Kanäle einsehen und die Aufzeichnung von Rohdaten- oder Fingerprints starten.
Backup	In diesem Bild können Sie die Parameter des Moduls, die als Backup gespeichert sind, einsehen und wiederherstellen.
Maintenance	In diesem Bild können Sie Daten per FTP mit dem Modul austauschen. Diese Funktion wird in diesem Anwendungsbeispiel nicht behandelt.
Parameters	In diesem Bild können Sie die Parameter des Moduls und dessen Kanäle festlegen.

Damit das Anwendungsbeispiel einfach um weitere Module ergänzt werden kann, sind in dem Projekt folgende Bildbausteine angelegt:

Tabelle 1-4: Erläuterung der Bildbausteine

Bildbaustein	Erläuterung
ChannelBackup	Dieser Bildbaustein zeigt die Parameter eines Kanals, die als Backup gespeichert sind.
ChannelParameters	Mit diesem Bildbaustein können Sie die Parameter eines Kanals festlegen.
ChannelStatus	Dieser Bildbaustein zeigt die Überwachungsstatus eines Kanals an.
ModuleBackup	Dieser Bildbaustein zeigt die Parameter des Moduls, die als Backup gespeichert sind.
ModuleOverview	Dieser Bildbaustein zeigt eine Übersicht über die Überwachungsstatus eines Moduls an.
ModuleParameters	Mit diesem Bildbaustein können Sie die Parameter des Moduls festlegen.

## 1.3 Verwendete Komponenten

### Gültigkeit

Diese Anwendung ist gültig für

- STEP 7 ab V15
- WinCC ab V15
- S7-1200 ab FW 4.2
- SM 1281 FW 3.0

### Verwendete Komponenten

Dieses Anwendungsbeispiel wurde mit diesen Hard- und Softwarekomponenten erstellt:

Tabelle 1-5: Verwendete Komponenten

Komponente	Anz.	Artikelnummer	Hinweis
Stromversorgung	1	6EP1332-4BA00	PM 190 W
SIMATIC S7-CPU	1	6ES7212-1AE40-0XB0	CPU 1212C DC/DC/DC
SIPLUS CMS1200 SM 1281	1	6AT8007-1AA10-0AA0	FW 3.0
Reflexionslichtschranke	1	GLV18-55-G/73/120	Pepperl + Fuchs
Vibrationsaufnehmer	1	6AT8002-4AB00	Empfindlichkeit: 100,08 mV/g
SIMATIC HMI TP1200 Comfort	1	6AV2124-0MC01-0AX0	12"
SINAMICS V90 PN	1	6SL3210-5FB10-2UF0	Einphasiger Betrieb an 240 V
STEP 7 Basic	1	6ES7822-0AE05-0YA5	
WinCC Advanced	1	6AV2102-0AA05-0AH5	

### Hinweis

Mit den angegebenen Hardwarekomponenten wurde die Funktionalität getestet. Es können auch ähnliche, von obiger Liste abweichende Produkte verwendet werden. Beachten Sie in einem solchen Fall, dass gegebenenfalls Änderungen im Beispielcode (z. B. andere Adressen) notwendig werden.

Dieses Anwendungsbeispiel besteht aus folgenden Komponenten:

Tabelle 1-6: Komponenten des Anwendungsbeispiels

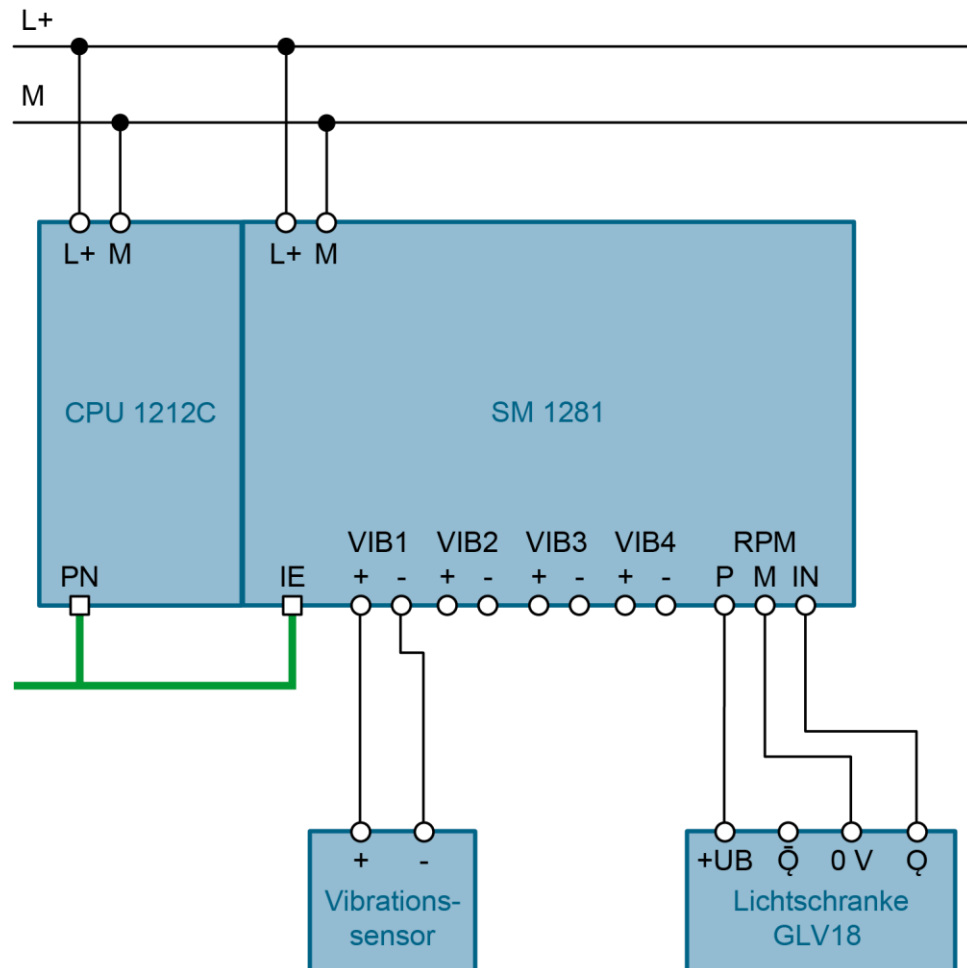
Komponente	Hinweis
109480750_CMS_S7-1200_RMS_DOC_V30_de.pdf	Dieses Dokument.
109480750_CMS_S7-1200_RMS_PROJ_V30.zip	Diese gepackte Datei enthält das Projekt für TIA Portal V15.

## 2 Engineering

### 2.1 Hardwareaufbau

Nachfolgendes Bild zeigt den Hardwareaufbau der Anwendung.

Abbildung 2-1: Hardwareaufbau



1. Setzen Sie die CPU und das SM 1281 nebeneinander auf eine Hutschiene
2. Verbinden Sie die beiden Komponenten mittels des integrierten Busses miteinander.
3. Montieren Sie den Vibrationsaufnehmer am Lagerbock des Wellenendes. Möglichkeiten der Befestigung des Sensors sind in Kapitel [3.3.1](#) dargestellt.
4. Montieren Sie die Reflexionslichtschranke.  
Der Einsatz eines eigenen Drehzahlsensors ist nicht zwingend nötig. Sie können dem SM 1281 die Drehzahl auch über das Anwenderprogramm zur Verfügung stellen. Der Funktionsbaustein "SM1281\_Module" stellt hierfür die Parameter "SpeedSource" und "Speed" bereit.
5. Verdrahten Sie die Komponenten wie in der obigen Abbildung dargestellt.
6. Schalten Sie die Spannungsversorgung ein.

Für dieses Anwendungsbeispiel wurden folgende IP-Adressen verwendet:

Tabelle 2-1: Verwendete IP-Adressen

Komponente	IP-Adresse	Subnetzmaske
CPU 1212C	192.168.0.1	255.255.255.0
HMI TP1200	192.168.0.2	255.255.255.0
Webserver SM 1281	192.168.0.200	255.255.255.0
SINAMICS V90 PN	192.168.0.3	255.255.255.0

**Hinweis**

Die IP-Adresse des Webserver des SM 1281 legen Sie am Parameter "IP\_Config" des FB "SM1281\_Module" bzw. über das HMI fest (siehe Kapitel [2.3.1](#)).

## 2.2 Projektierung

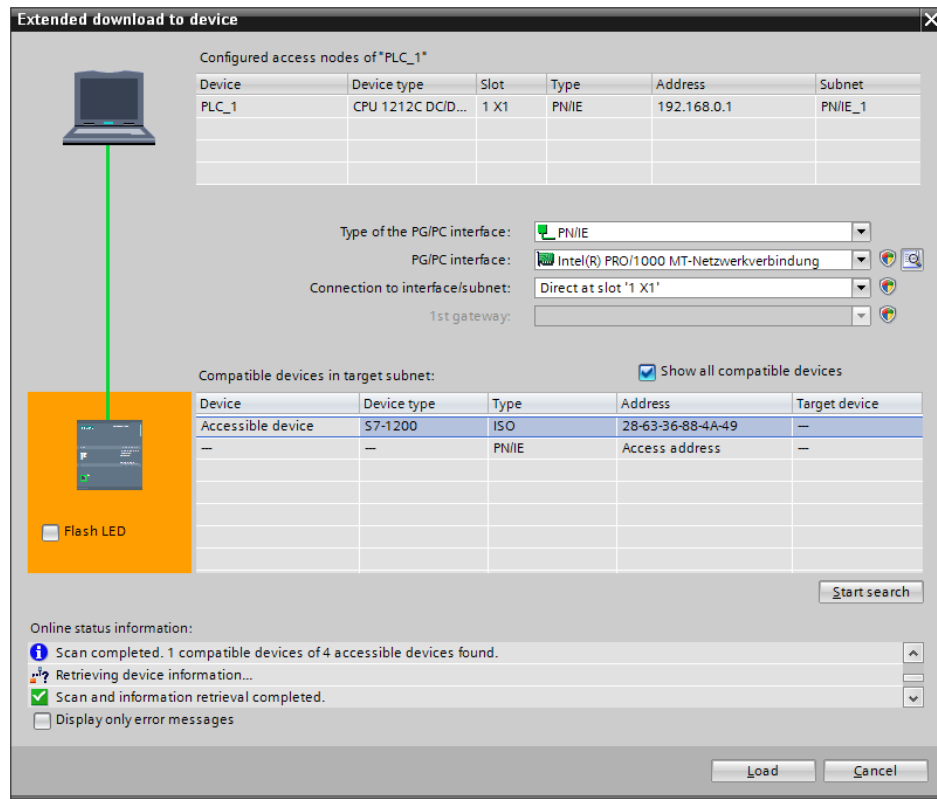
### 2.2.1 STEP 7-Projekt in die CPU laden

1. Laden Sie sich die Projektdatei "109480750\_CMS\_S7-1200\_RMS\_PROJ\_V30.zip" runter:  
<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/109480750>
2. Speichern Sie die zip-Datei in einem beliebigen Verzeichnis auf Ihrem Computer und entpacken Sie diese.
3. Stellen Sie die IP-Adresse des PG/PC ein, sodass sich das PG/PC im selben Subnetz wie die CPU befindet.
4. Verbinden Sie mit einem Ethernet-Kabel das PG/PC mit der Ethernet-Schnittstelle der CPU.
5. Öffnen Sie das entpackte Projekt.
6. Klicken Sie mit der rechten Maustaste im Projektbaum auf "PLC\_1 [CPU1212C DC/DC/DC]" und dann auf "Laden in Gerät > Hardware und Software (nur Änderungen)" ("Download to device > Hardware and Software (only changes)").



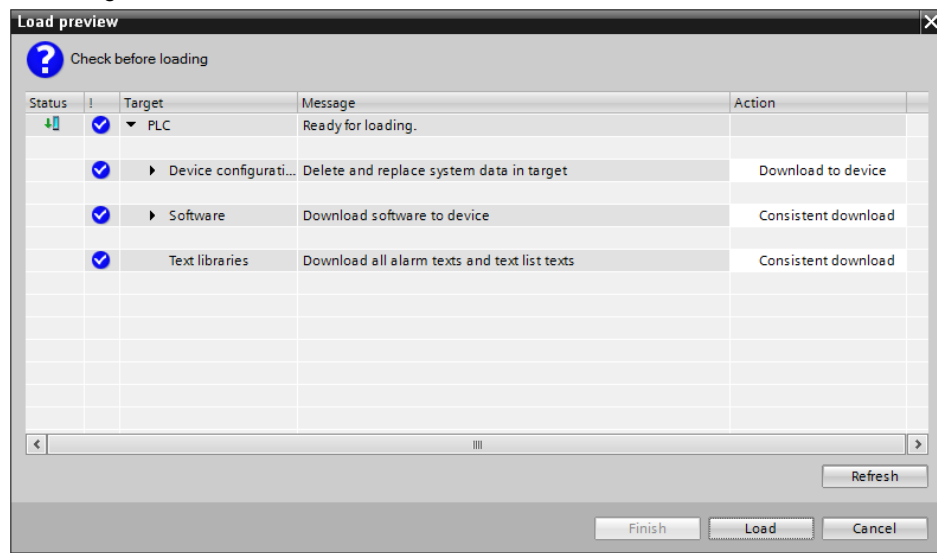
7. Wählen Sie die jeweilige Schnittstelle aus und klicken Sie auf "Suche starten" ("Start search").

Abbildung 2-2



8. Wählen Sie die CPU anhand der IP- bzw. MAC-Adresse aus und klicken Sie anschließend auf "Laden" ("Load").

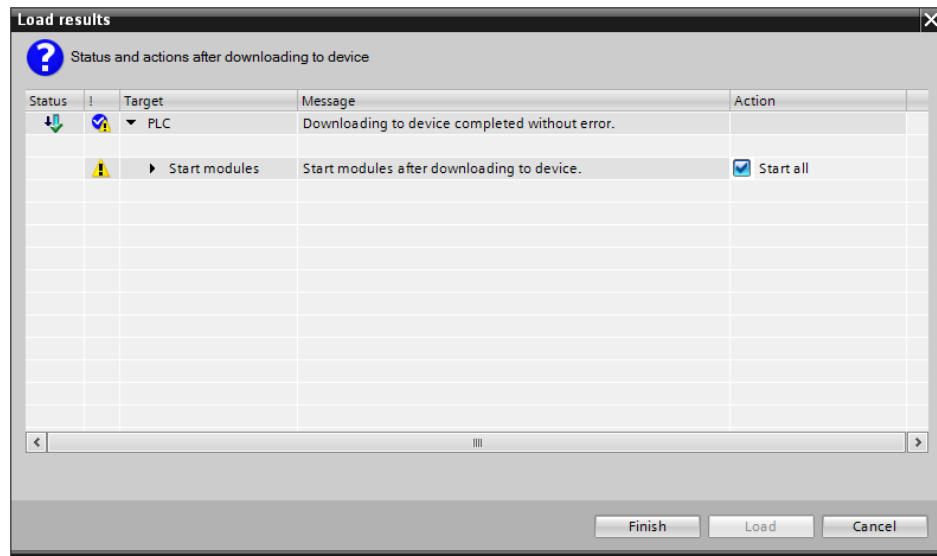
Abbildung 2-3

**Hinweis**

Die IP-Adresse und der Gerätenamen werden beim Laden des Projekts in die CPU automatisch zugewiesen.

- Bestätigen Sie den Dialog indem Sie auf "Laden" ("Load") klicken. Befindet sich die CPU in diesem Moment nicht im STOP, muss diese gestoppt werden.

Abbildung 2-4

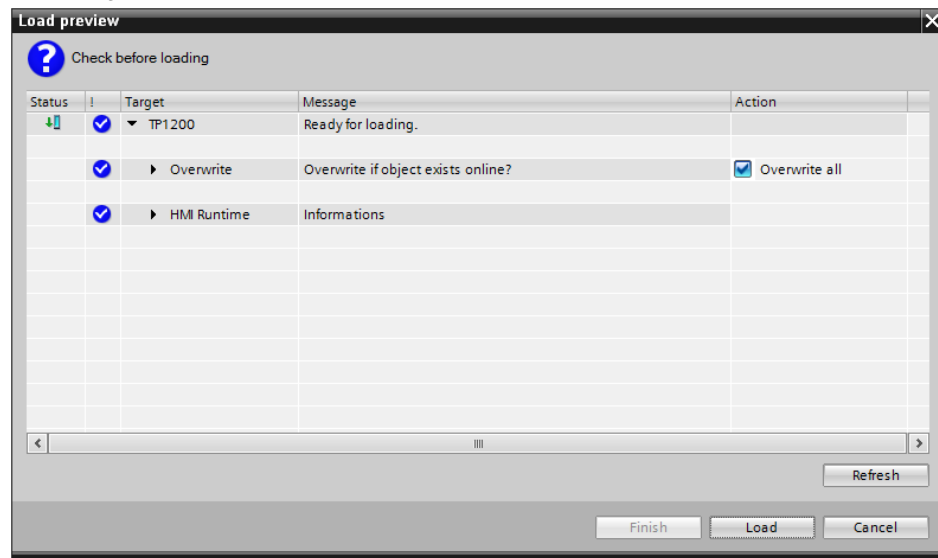


- Setzen Sie das Kontrollkästchen "Alle starten" ("Start all") und klicken Sie auf "Fertig" ("Finish").

### 2.2.2 WinCC-Projekt in das HMI laden

1. Stellen Sie sicher, dass sich das HMI im Transfermodus befindet oder der automatische Transfer zugelassen ist.
2. Klicken Sie mit der rechten Maustaste im Projektbaum auf "HMI\_1 [TP1200 Comfort] und dann auf "Laden in Gerät > Hardware und Software (nur Änderungen)" ("Download to device > Hardware and Software (only changes)").
3. Wählen Sie die jeweilige Schnittstelle aus und klicken Sie auf "Suche starten" ("Start search").
4. Wählen Sie das HMI anhand der IP- bzw. MAC-Adresse aus und klicken Sie anschließend auf "Laden" ("Load").

Abbildung 2-5



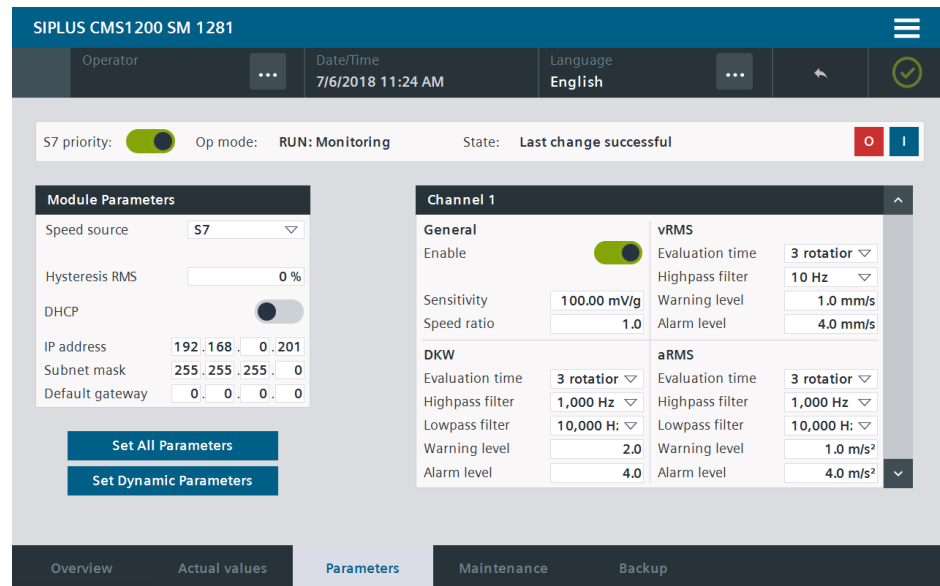
11. Setzen Sie das Kontrollkästchen ("Overwrite all" und klicken Sie auf "Laden" ("Load").

## 2.3 Inbetriebnahme

### 2.3.1 Parameter setzen

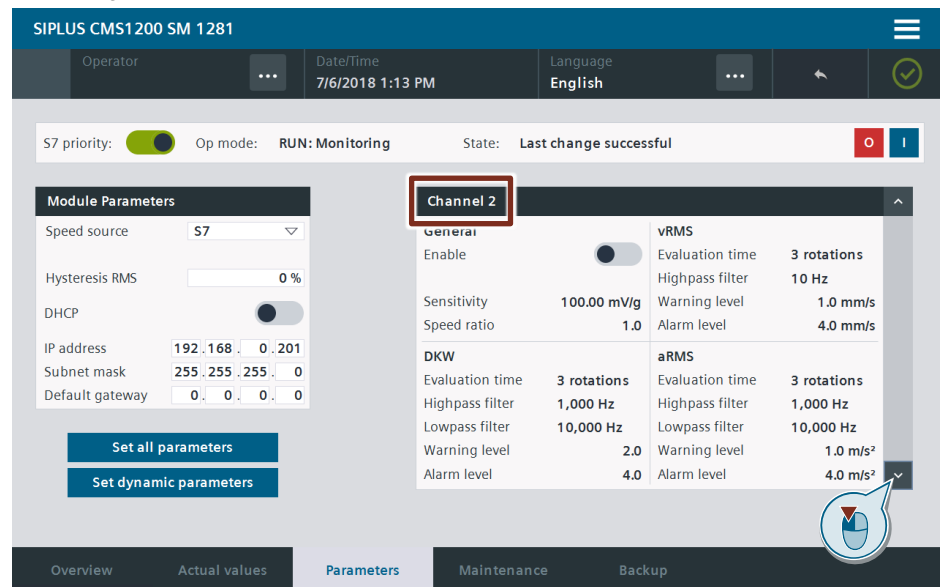
1. Öffnen Sie auf dem HMI das Bild "Parameter" ("Parameters").
2. Setzen Sie die gewünschten Parameter für das Modul und Kanal 1.

Abbildung 2-6



3. Um Parameter für weitere Kanäle zu setzen, blättern Sie rechts neben den Kanalparametern nach unten.

Abbildung 2-7



4. Tippen Sie auf die Schaltfläche "Alle Parameter setzen" ("Set All Parameters"). Das SM 1281 wechselt in die Betriebsart "STOP: Konfiguration" und setzt die Parameter. Anschließend wechselt es wieder in die letzte Betriebsart.

### 2.3.2 Erfassung des Gut-Zustands der Maschine

Um Verschleiß und Schäden an der Maschine erkennen zu können, müssen die Schwinggrößen im Gut-Zustand bekannt sein. Die Schwinggrößen werden daher bei der Inbetriebnahme gemessen und dienen als Referenzwerte für die Berechnung von Warn- und Alarmgrenzen.

Gehen Sie dazu wie folgt vor:

#### Referenzwerte für vRMS und aRMS messen

1. Tippen Sie auf die "Ein"-Schaltfläche.

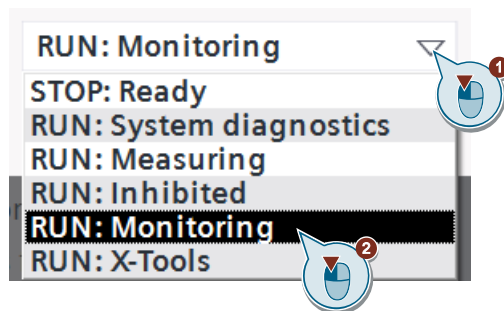
Abbildung 2-8

State: **Last change successful**



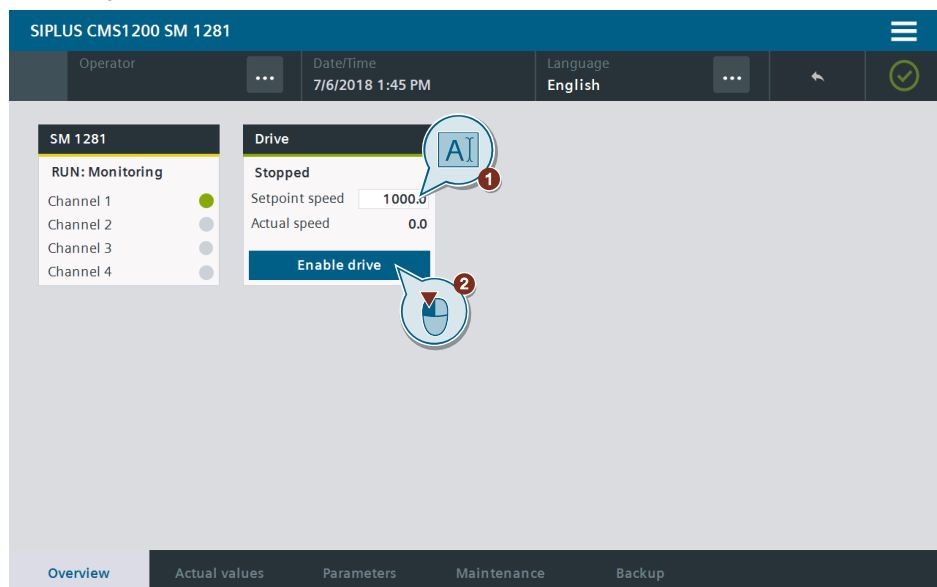
2. Wählen Sie aus der Dropdown-Liste die Betriebsart "RUN: Überwachen" ("RUN: Monitoring") aus und tippen Sie auf "OK".

Abbildung 2-9



3. Öffnen Sie das Bild "Übersicht" ("Overview"), geben Sie eine typische Drehzahl vor und geben Sie den Antrieb frei.

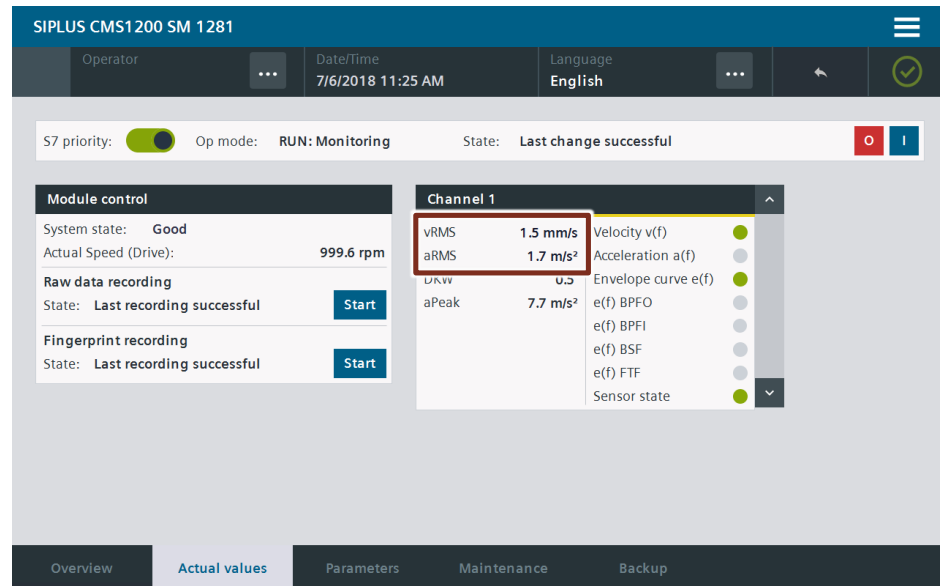
Abbildung 2-10





- Öffnen Sie das Bild "Aktualwerte" ("Act. Values") und notieren Sie sich die Messwerte für die jeweiligen Kanäle.

Abbildung 2-11



**Hinweis** Die Indikatoren der Spektren zeigen nur dann einen Status an, wenn frequenzselektive Überwachung im SM 1281 aktiviert ist.

**ACHTUNG** Liegt bei der Inbetriebnahme bereits ein Lagerschaden vor, wird dies nicht automatisch durch das CMS erkannt. Beachten Sie die Richtwerte aus [Tabelle 2-2](#), um den Zustand Ihrer Maschine bei der Inbetriebnahme zu bewerten.

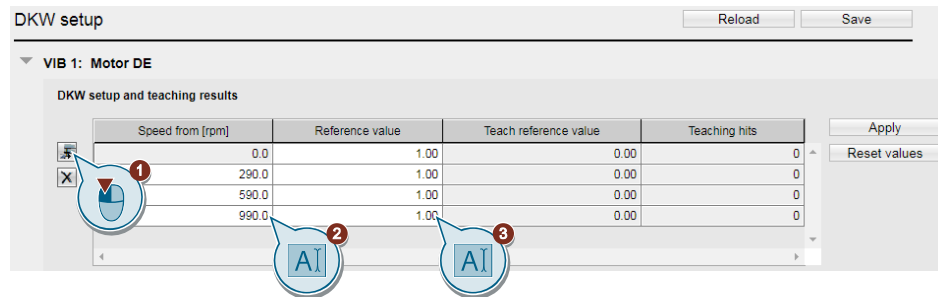
### Referenzwerte für die DKW-Berechnung erfassen

Die Referenzwerte für die DKW-Berechnung werden mittels Teaching über den Webserver des SM 1281 erfasst. Gehen Sie dazu wie folgt vor:

- Deaktivieren Sie das Kontrollkästchen "S7-Hoheit" ("S7 priority") auf dem HMI, um die Steuerhoheit dem Webserver zu übergeben.
- Öffnen Sie den Webserver des SM 1281 in einem Webbrowser.
- Melden Sie sich am Webserver an. Wurde das Passwort nicht geändert, gilt das Default-Passwort "0000".
- Öffnen Sie "Überwachungseinstellungen > DKW-Berechnung" ("Monitoring settings > DKW-Setup").
- Schalten Sie das SM 1281 in den Betriebsmodus "STOP: Bereit" ("STOP: System ready").

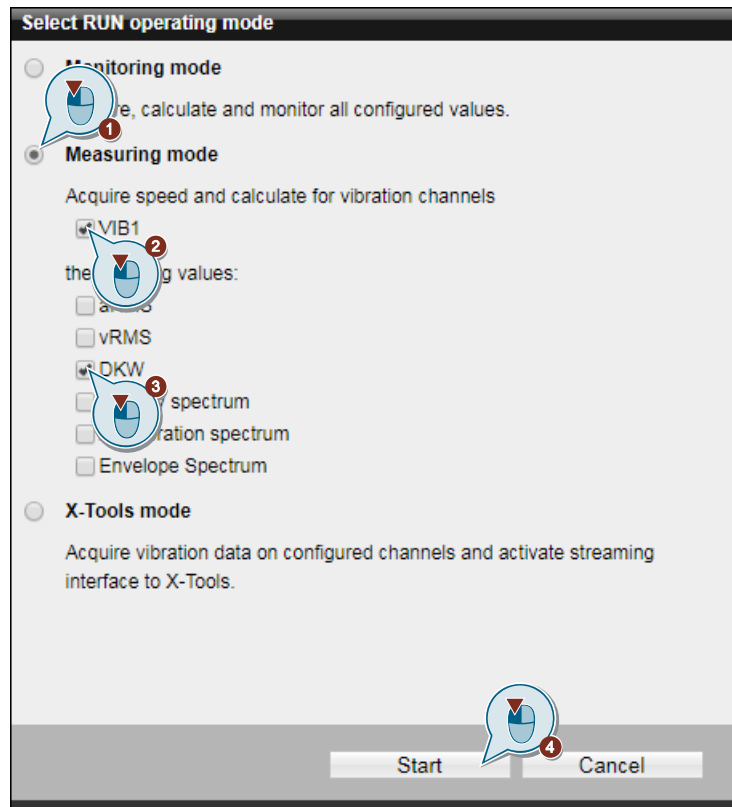
6. Fügen Sie weitere Zeilen hinzu und legen Sie typische Drehzahlbereiche jeweils mit dem Referenzwert "1.00" an.

Abbildung 2-12



7. Klicken Sie auf "Speichern" ("Save").
8. Schalten Sie das SM 1281 in den Betriebsmodus "RUN: Messen" ("RUN: Measuring") und aktivieren Sie die Berechnung des DKW für den jeweiligen Kanal.

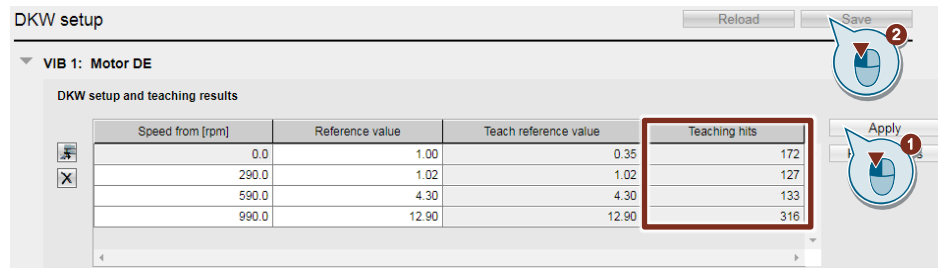
Abbildung 2-13



9. Geben Sie über das HMI den Antrieb frei und lassen Sie ihn in den verschiedenen Drehzahlbereichen drehen. Der Webserver aktualisiert die Teaching-Werte zyklisch.
10. Wenn Sie für jeden Drehzahlbereich ausreichend Teaching-Werte erfasst haben (das SM 1281 speichert pro Drehzahlbereich bis 1000 Werte), schalten Sie das SM 1281 in den Betriebsmodus "STOP: Bereit" ("STOP: System ready").

11. Um die erfassten Teaching-Werte als Referenzwerte zu übernehmen, klicken Sie auf "Übernehmen" ("Apply") und "Speichern" ("Save").

Abbildung 2-14



### 2.3.3 Warn- und Alarmgrenzen einstellen

Die Bestimmung der Warn- und Alarmgrenzen wird anhand eines Beispiels dargestellt. Die beispielhafte Maschine hat folgende Eigenschaften:

- Die Leistung des Motors beträgt 20 kW
- Der Motor ist auf weichem Fundament montiert

Gemäß DIN ISO 10816-3 gelten für diese Art von Maschinen folgende Richtwerte:

Tabelle 2-2: Richtwerte gemäß DIN ISO 10816-3

Bewertungszonen		Schwinggeschwindigkeit
A	Neu in Betrieb genommene Maschine	< 2,3 mm/s
B	Maschinen in unbegrenztem Langzeitbetrieb	< 4,5 mm/s
C	Maschinen in kurzzeitigem Betrieb	< 7,1 mm/s
D	Schwingungen verursachen Schäden	> 7,1 mm/s

#### Warngrenze v<sub>RMS</sub>

Die Warngrenze soll darstellen, dass eine deutliche Änderung eingetreten ist, der Betrieb im Allgemeinen aber noch fortgesetzt werden kann. Die Gründe für die Änderung des Schwingungszustands sollten untersucht und gegebenenfalls Abhilfemaßnahmen geschaffen werden.

Empfehlung aus DIN ISO 10816-3:

*Wenn der Anstieg (oder Abfall) der Schwinggröße 25 % des oberen Grenzwertes der jeweiligen Zone B übersteigt, so sind die Änderungen als wesentlich anzusehen, vor allem wenn sie plötzlich erfolgen.*

*Es wird daher empfohlen, die Warngrenze um 25 % des oberen Grenzwertes der jeweiligen Zone B über den Basiswert zu setzen (der Basiswert ergibt sich aus den bisherigen Betriebserfahrungen an dieser Messstelle). Die Grenze soll generell nicht höher als das 1,25-fache der Obergrenze der Zone B sein.*

Da zu Beginn noch keine Erfahrungswerte vorhanden sind, wird als Basiswert der gemessene Referenzwert bei der Erfassung des Gut-Zustands verwendet. Für die Beispielmachine wird ein Referenzwert von 0,8 mm/s gemessen.

In diesem Beispiel wird die Warngrenze daher wie folgt festgelegt:

$$\text{Warngrenze } v_{RMS} = \text{Basiswert} + 0,25 * \text{obere Grenze Zone B}$$

$$\text{Warngrenze } v_{RMS} = 0,8 \frac{mm}{s} + \left( 0,25 * 4,5 \frac{mm}{s} \right)$$

$$\text{Warngrenze } v_{RMS} = 1,925 \frac{mm}{s}$$

### Alarmgrenze $v_{RMS}$

Die Alarmgrenze soll darstellen, dass ein Weiterbetrieb der Maschine Schäden verursachen kann. Wird dieser Grenzwert überschritten, sollten sofort Maßnahmen zur Minderung der Schwingungen ergriffen oder die Maschine abgeschaltet werden.

Empfehlung aus DIN ISO 10816-3:

*Im Allgemeinen liegt die Grenze innerhalb der Zonen C oder D. Die Grenze soll generell nicht höher als das 1,25-fache der Obergrenze der Zone C sein.*

In diesem Beispiel wird die obere Grenze der Zone C als Alarmgrenze verwendet:

$$\text{Alarmgrenze } v_{RMS} = 7,1 \frac{mm}{s}$$

### Warngrenze $a_{RMS}$

Sie können den Wert der effektiven Schwingbeschleunigung  $a_{RMS}$ , gemittelt über einen Frequenzbereich von 1 kHz bis 10 kHz, als Lagerzustandsüberwachung verwenden.

Die vorgeschlagenen Grenzwerte für Warnung und Alarm werden an praktischen Erfahrungswerten angelehnt. Eine normative Vorgabe für Grenzwerte existiert nicht.

Addieren Sie zur Bestimmung die Warngrenze  $1 \text{ m/s}^2$  zum gemessenen Referenzwert im Gut-Zustand der Maschine.

Für die Beispielmachine wird ein Referenzwert von  $0,8 \text{ m/s}^2$  gemessen.

$$\text{Warngrenze } a_{RMS} = \text{Basiswert} + 1 \frac{m}{s^2}$$

$$\text{Warngrenze } a_{RMS} = 1,8 \frac{m}{s^2}$$

### Alarmgrenze $a_{RMS}$

Addieren Sie zur Bestimmung der Alarmgrenze  $2 \text{ m/s}^2$  zum gemessenen Referenzwert im Gut-Zustand der Maschine.

$$\text{Alarmgrenze } a_{RMS} = \text{Basiswert} + 2 \frac{m}{s^2}$$

$$\text{Alarmgrenze } a_{RMS} = 2,8 \frac{m}{s^2}$$

## Warn- und Alarmgrenzen DKW

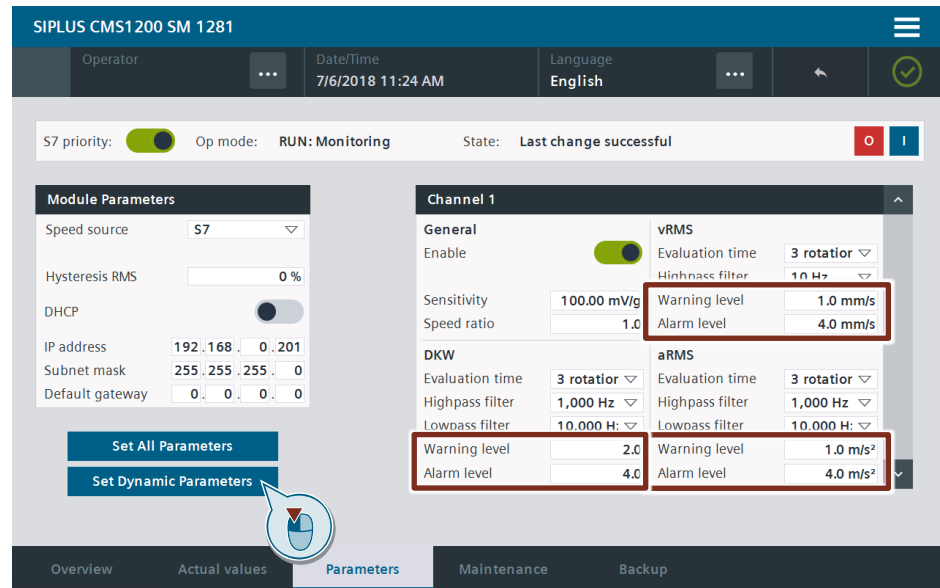
Gemäß [Tabelle 3-7](#) empfiehlt sich eine Warngrenze des DKW größer 2.

Legen Sie die Alarmgrenze des DKW auf einen Wert zwischen 5 und 50 fest.

## Warn- und Alarmgrenzen einstellen

1. Öffnen Sie das Bild "Parameter" ("Parameters").
2. Setzen Sie die ermittelten Warn- und Alarmgrenzen für vRMS, aRMS und DKW für die jeweiligen Kanäle.

Abbildung 2-15



3. Tippen Sie auf die Schaltfläche "Dynamische Parameter setzen" ("Set dynamic parameters").

### Hinweis

In einer realen Anwendung genügen feste Warn- und Alarmgrenzen nicht für alle Betriebsarten einer Maschine. Legen Sie dafür z. B. eine Betriebsartentabelle, die Warn- und Alarmgrenzen in Abhängigkeit der Drehzahl und Last enthält, in einem Datenbaustein der CPU an.

### Hinweis

Im Laufe der Zeit schwingt sich die Maschine ein und Sie müssen die Warn- und Alarmgrenzen ggf. anpassen.



## 2.4 Bedienung

### 2.4.1 Parameter setzen

#### Statische Parameter

Die an den Bausteinschnittstellen anliegenden Parameter werden grundsätzlich nur auf Anforderung an das SM 1281 übertragen. Mit einer positiven Flanke am Eingangsparameter "SetAllParameters" werden alle Parameter, die an den Eingangsparametern der Bausteine "SM1281\_Module" und "SM1281\_Channel" anliegen, an das SM 1281 übertragen.

Je nach aktueller Betriebsart des SM 1281 werden dabei automatisch Betriebsartenwechsel durchgeführt. Dies ist notwendig, da einige Parameter nicht in einem RUN-Zustand von dem SM 1281 übernommen werden können. Nach erfolgreicher Übernahme der Parameter im SM 1281 wird die Betriebsart, die vor dem Übertragen der Parameter aktiv war, wiederhergestellt.

Wenn die Parameter nicht erfolgreich übertragen wurden, wird wie bei einem fehlgeschlagenen Betriebsartenwechsel eine Fehlermeldung am Ausgangsparameter "OpModeChangeStatus" des Bausteins "SM1281\_Module" ausgegeben und jedem Bild oben rechts angezeigt.

Wie Sie statische Parameter setzen, ist in Kapitel [2.3.1](#) beschrieben.

#### Dynamische Parameter

Neben der Möglichkeit alle Parameter an das SM 1281 zu übertragen können auch nur die so genannten dynamischen Parameter übertragen werden. Mit einer positiven Flanke am Eingangsparameter "SetDynParameters" werden die dynamischen Parameter, die an den Eingangsparametern der Funktionen "SM1281\_Channel" anliegen, an das SM 1281 übertragen.

Diese Parameter können auch im Zustand "RUN: Überwachen" ("RUN: Monitoring") und "RUN: Überw. deaktiviert" ("RUN: Inhibited") übertragen werden, ohne dass das SM 1281 einen Betriebsartenwechsel in einen Stop-Zustand durchführen muss.

Folgende Parameter gehören zu den dynamischen Parametern:

Tabelle 2-3: Dynamische Parameter des SM 1281

Parameter	Beschreibung
AlarmLevel_vRMS	Alarmgrenze Schwinggeschwindigkeit in mm/s
WarningLevel_vRMS	Warngrenze Schwinggeschwindigkeit in mm/s
AlarmLevel_aRMS	Alarmgrenze Schwingbeschleunigung in m/s <sup>2</sup>
WarningLevel_aRMS	Warngrenze Schwingbeschleunigung in m/s <sup>2</sup>
AlarmLevel_DKW	Alarmgrenze DKW
WarningLevel_DKW	Warngrenze DKW

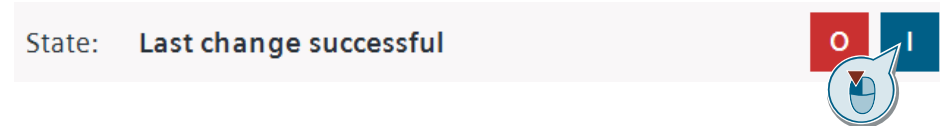
Wie Sie dynamische Parameter setzen, ist in Kapitel [2.3.3](#) beschrieben.

### 2.4.2 Betriebsmodus ändern

Der Betriebsmodus kann von jedem Bild aus geändert werden:

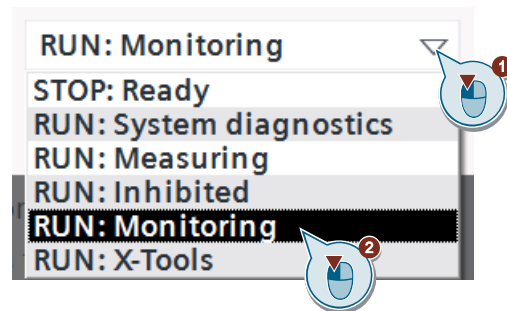
1. Tippen Sie auf die "Ein"-Schaltfläche.

Abbildung 2-16



2. Wählen Sie aus der Dropdown-Liste die gewünschte Betriebsart aus und tippen Sie auf "OK".

Abbildung 2-17



Der Wechsel der Betriebsart wird durchgeführt. Der Status wird in dem Textfeld darunter angezeigt.

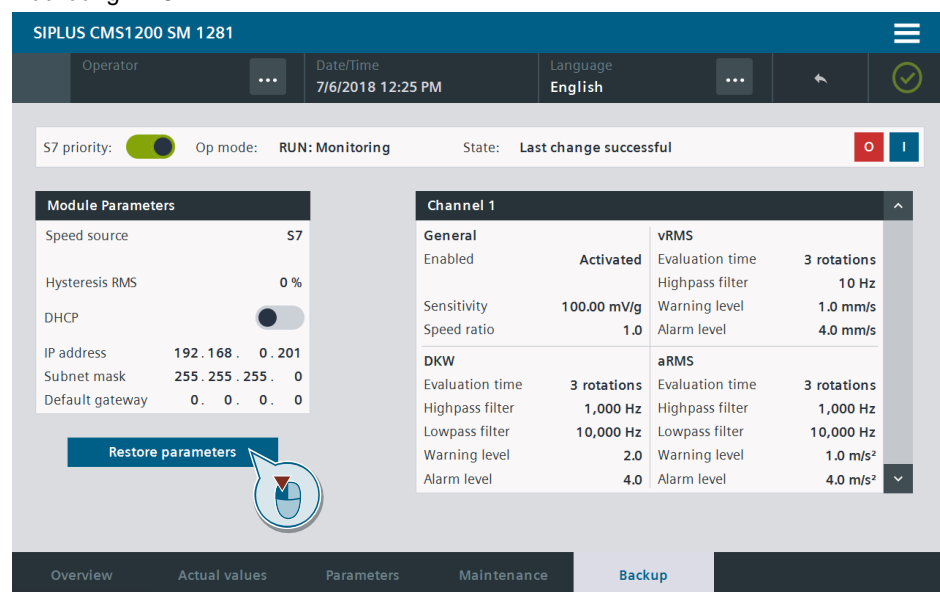
### 2.4.3 Parameter aus Backup wiederherstellen

Bei jedem Übergang in die Betriebsart "RUN: Überwachen" ("RUN: Monitoring") werden die zuletzt an das SM 1281 übertragenen Parameter automatisch auf Gültigkeit geprüft. Sind die Parameter gültig, werden diese im remanenten Datenbaustein "SM1281\_Backup" gesichert. Sind die Parameter ungültig, erfolgt eine Fehlermeldung im HMI und Meldesystem des SM 1281 und das SM 1281 verbleibt in der Betriebsart "STOP: Bereit" ("STOP: Ready").

Nach einem Neustart der CPU oder nach einer fehlerhaften Parametrierung, können Sie die gespeicherten Parameter wiederherstellen.

1. Tippen Sie auf die Schaltfläche "Backup".
2. Tippen Sie auf die Schaltfläche "Parameter wiederherstellen" ("Restore Parameters").

Abbildung 2-18



Das SM 1281 wechselt in die Betriebsart "STOP: Konfiguration" und setzt die Parameter. Anschließend wechselt es wieder in die letzte Betriebsart.

## 3 Wissenswertes

### 3.1 Grundbegriffe

#### **CMS**

CMS steht für Condition Monitoring System.

#### **DKW**

Diagnosekennwert zur qualitativen Diagnose des Gesamtzustands eines Wälzlagers.

#### **IEPE**

Die Abkürzung IEPE steht für Integrated Electronics Piezo Electric. Sie bezeichnet einen Industriestandard für piezoelektrische Sensoren mit eingebauter Impedanzwandler-Elektronik. Dabei kann es sich um Beschleunigungs-, Kraft- und Drucksensoren handeln.

#### **RMS**

RMS steht für Root Mean Square und ist der englische Begriff für den Effektivwert bzw. das quadratische Mittel. Bei der quadratischen Mittelung haben – im Gegensatz zum geometrischen Mittel – größere Werte einen stärkeren Einfluss als kleinere.

#### **vRMS**

Mittelwert der Schwinggeschwindigkeit (engl. velocity).

#### **aRMS**

Mittelwert der Schwingbeschleunigung (engl. acceleration).

## 3.2 Mechanische Schwingungen

### 3.2.1 Bedeutung und Aussagekraft von Schwingungen

#### Begriff

Mechanische Schwingungen sind Schwingungen, die an Oberflächen von Körpern mess- und fühlbar sind. Bei der Maschinenüberwachung sind das insbesondere Oberflächen von Maschinen, Bauteilen und Fundamenten.

Mechanische Schwingungen werden auch als "Körperschall" bezeichnet, da sie sich ausschließlich in festen Körpern fortpflanzen. Im Unterschied hierzu bewegt sich der hörbare "Luftschall" in gasförmigen Medien, z. B. der Luft, weiter.

#### Entstehung mechanischer Schwingungen

Wenn sich Massen bewegen, treten immer auch mechanische Schwingungen auf. Diese Massen können rotierende oder oszillierende Teile von Maschinen sein. Zu diesen Massen zählen jedoch auch Gase oder Flüssigkeiten, die auf feste Körper auftreten.

#### Aussagekraft von Schwingungen

Bezogen auf die Maschinenüberwachung verfügen mechanische Schwingungen in mehrfacher Hinsicht über eine ausgezeichnete Aussagekraft:

- Indikator für den Maschinenzustand
- Hinweis auf dynamische Beanspruchungen von Maschinen, Fundamenten, benachbarten Maschinenteilen
- Hinweis auf Betriebssicherheit, Lebensdauer und Wirtschaftlichkeit von Maschinen
- Grundlage der Maschinendiagnose und Schwingungsdämpfung

An laufenden Maschinen lassen verschiedene Symptome Rückschlüsse auf den Maschinenzustand, z. B. auf sich anbahnende Maschinenschäden, zu.

Zu diesen zustandsrelevanten Fehlersymptomen zählen etwa:

- Veränderungen des Luftschalls
- Verlagerungen von Maschinenteilen
- Ansteigende Lagertemperaturen
- Verändertes mechanisches Schwingungsverhalten



### 3.2.2 Ursachen von mechanischen Schwingungen

#### Entstehen von Schwingungen

Schwingungen entstehen vor allem durch Fliehkräfte an rotierenden Maschinenteilen.

Ursächlich hierfür sind z. B.:

- Unwucht
- Ausrichtungsfehler von Maschinensträngen
- Lagerschäden
- Getriebefehler
- Magnetische, hydraulische und/oder sonstige funktionsbedingte Wechselkräfte

#### Übertragung und Intensität der Schwingungen

Der Rotor und die Rotorwelle werden durch dynamische Kräfte zu Schwingungen angeregt. Diese Schwingungen werden über z. B. Wälzlager übertragen. Die Übertragung folgt diesem Pfad:

1. Von den bewegten auf die unbewegten Maschinenteile
2. Von den unbewegten Maschinenteilen auf das Fundament

Die Intensität der übertragenen Schwingungen richtet sich unter anderem nach diesen Parametern:

- Steifigkeit sowie Dämpfung:
  - der Maschinenkonstruktion
  - der Lagerkonstruktion
  - des Fundaments
- Schmiermittelzustand des Wälzlagers
- Entkopplung des Fundaments
- Verhältnis der Massen von Maschine und Fundament

### 3.3 Schwingungsüberwachung und –diagnose

Damit eine Maschine während des Betriebs wirkungsvoll überwacht werden kann, müssen bestimmte Messgrößen aufgenommen werden. In diesem Zusammenhang sind mechanische Schwingungen aufgrund ihrer Aussagekraft von besonderer Bedeutung.

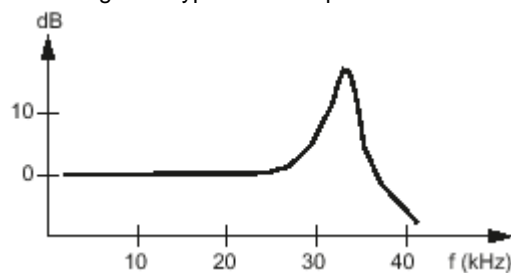
#### 3.3.1 Messung von Schwingungen

##### Vibrationsaufnehmer

Für die in der Schwingungsüberwachung mit SM 1281 abzudeckenden Frequenzen und Frequenzbereiche werden piezoelektrische Vibrationsaufnehmer verwendet. Diese Sensoren erzeugen bei dynamischen Druck- und Zugkräften ein analoges Spannungssignal, das weiterverarbeitet werden kann. Statische Beschleunigungskräfte wie z. B. die Erdbeschleunigung werden von diesen Sensoren nicht erfasst. Ein Industriestandard für piezoelektrische Sensoren ist IEPE (Integrated Electronics Piezo-Electric).

Die folgende Abbildung zeigt den Frequenzgang eines typischen Vibrationsaufnehmers.

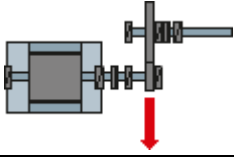
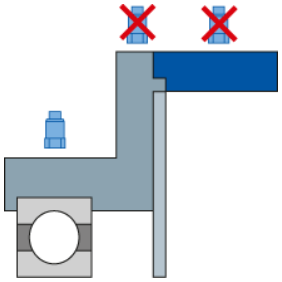
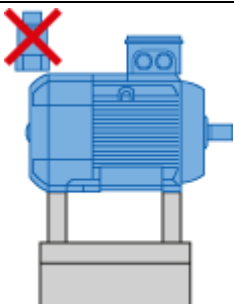
Abbildung 3-1: Typisches Frequenzverhalten



**Wahl des Messorts**

Nachfolgend einige grundsätzliche Hinweise zur Platzierung des Vibrationsaufnehmers.

Tabelle 3-1: Messorte

	Beschreibung	Darstellung
1.	Für ein optimales Messergebnis soll die Messachse des Sensors möglichst in der Lastrichtung ausgerichtet sein.	
2.	Messweg zwischen Maschinenlager und Messpunkt so kurz und direkt wie möglich. Dabei gilt folgendes: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schwingungssignale werden mit zunehmendem Signalweg schwächer</li> <li>• Materialübergänge dämpfen und/oder reflektieren das zu messende Signal</li> </ul>	
3.	Nicht geeignet als Messorte sind frei schwingende oder elastisch verformbare Gehäuse- oder Verkleidungsteile (z. B. Lüfterdeckel).	

**Befestigung am Messobjekt**

Die Befestigung des Sensors beeinflusst in hohem Maße die Messgenauigkeit.

Voraussetzung für eine hohe Signalqualität sind glatte und saubere Koppelflächen. Auch Farbaufträge auf Koppelflächen verschlechtern das Ergebnis.

Nachfolgend einige gebräuchliche Befestigungsarten von Vibrationsaufnehmern:

Tabelle 3-2: Befestigungsarten

Befestigungsart		Eignung	Obere Frequenzgrenze
	Direkte Schraubbefestigung mit Gewindebolzen	Bei ebener und glatter Auflage	10 kHz bis 20 kHz
	Schraubbefestigung über Zwischenadapter	Bei nicht ebenen und/oder lackierten Flächen	10 kHz bis 20 kHz
	Klebefestigung mit z. B. Sekundenkleber oder Epoxydharz	Abhängig von den Temperatureigenschaften des verwendeten Klebers	10 kHz bis 18 kHz
	Befestigung mit Permanentmagneten	Für schnelle flexible Befestigung Eignung abhängig von der Haftkraft, Abfall bei höheren Frequenzen	5 kHz bis 15 kHz

## Messgrößen, Frequenzen und Energie

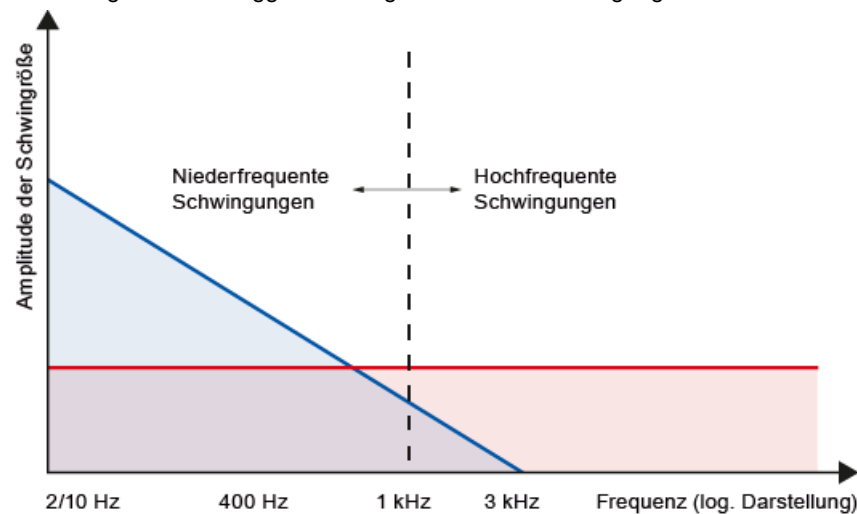
Vibrationsaufnehmer liefern ein kontinuierliches Schwingbeschleunigungs-Zeitsignal (rote Linie in Abbildung 3-2).

Niederfrequente, also mit der Rotation einhergehende, Schwingungen sind am energiereichsten.

Berücksichtigt man nun, dass die Fläche unter der roten Linie letztlich dem Energieinhalt der Schwingung entspricht wird deutlich, dass für niederfrequente Schwingungen die Auswertung der Schwinggeschwindigkeit zu bevorzugen ist.

Dazu wird das Sensorsignal integriert und es ergibt sich, bezogen auf den Energieinhalt der Schwingung, die blaue Linie in Abbildung 3-2.

Abbildung 3-2: Schwinggeschwindigkeit und -beschleunigung



## Weitere Informationen

Weitere Informationen zu geeigneten Sensoren und der Wahl des Messorts finden Sie in diesem FAQ:

<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/109740202>

### 3.3.2 Übersicht der Diagnoseverfahren

In der Maschinenüberwachung existiert eine große Anzahl unterschiedlicher Methoden und Verfahren zur Zustandsüberwachung und Diagnose.

Die Verfahren zur Signalverarbeitung von Schwingungsdaten für die Maschinen- und Lagerdiagnose werden in zwei Hauptgruppen unterteilt:

1. Schwingungsdiagnose durch Kennwertbildung im Zeitbereich
2. Schwingungsdiagnose durch Frequenzanalyse

#### Fehlerarten und Diagnose

Die folgende Tabelle zeigt die häufigsten Fehlerarten, die über die Diagnoseverfahren erfasst werden.

Tabelle 3-3: Fehlerarten und Diagnose

Fehlerart	Kennwert- bildung im Zeitbereich	Frequenzanalyse Spektrum		
		Schwing- geschwindigkeit	Schwing- beschleunigung	Hüllkurve
Unwucht	RMS	Einfache Drehfrequenz $f_n$	--	--
Ausrichtfehler, Kupplungsfehler	RMS	Einfache Drehfrequenz $f_n$ Doppelte Drehfrequenz $f_n$	--	--
Aufstellfehler	RMS	Einfache Drehfrequenz $f_n$ Doppelte Drehfrequenz $f_n$ Dreifache Drehfrequenz $f_n$	--	--
Schauelfpassierfrequenz	RMS	$f_{SP} \leq 1 \text{ kHz}$	$f_{SP} > 1 \text{ kHz}$	--
Zahneingriffsfehler	--	$f_Z \leq 1 \text{ kHz}$	$f_Z > 1 \text{ kHz}$	--
Riemenfehler	RMS	$f_R \leq 1 \text{ kHz}$	$f_R > 1 \text{ kHz}$	--
Resonanzen	RMS	Einfache Drehfrequenz $f_n$	--	--
Lagerverschleiß	DKW	--	$3 \text{ kHz} \leq f_{LE} \leq 10 \text{ kHz}$	--
Lagerschadfrequenz	DKW	--	--	Geometrie- abhängig für Außenring, Innenring, Käfig und Wälzkörper
Elektrische Statorfehler	RMS	Doppelte Netzfrequenz $f_{\text{Netz}}$	--	--
Elektrische Rotorfehler	RMS	$f_{\text{Stab}} \leq 1 \text{ kHz}$	$f_{\text{Stab}} > 1 \text{ kHz}$	--
Rotorstabbruch	RMS	Doppelte Netzfrequenz $f_{\text{Netz}}$	--	--

### 3.3.3 Schwingungsdiagnose durch Kennwertbildung im Zeitbereich

#### Anwendungsbereich der Schwingungsmessung im Zeitbereich

Breitbandige Schwingungsmessungen im Zeitbereich ermöglichen Aussagen über den Gesamtzustand einer Maschine und der Wirksamkeit von Maßnahmen zur Schwingungsunterdrückung.

Die Entwicklung des Maschinenzustands kann durch Vergleich von aktuellen Messungen mit früher aufgenommenen Schwingungspegeln oder durch Vergleich mit veröffentlichten Richtwerten bzw. Herstellerangaben überprüft werden. Durch diese Trendanalyse können Zustandsverschlechterungen rechtzeitig erkannt werden und entsprechende Maßnahmen geplant und eingeleitet werden.

**Hinweis** Eine detaillierte Fehlerdiagnose ist bei der kennwertbasierten Breitband-Schwingungsmessung nicht bzw. nur eingeschränkt möglich.

#### Merkmale von Schwingungsmessungen im Zeitbereich

- Die Messverfahren sowie die Beurteilung von breitbandigen Schwingungsmessungen sind in nationalen und internationalen Richtlinien und Normen festgelegt und standardisiert.
- Die Werte der effektiven Schwinggeschwindigkeit werden über einen definierten Frequenzbereich gemessen und gemittelt.
- Der Bereich umfasst die Frequenzen von 2 Hz bzw. 10 Hz bis 1 kHz. In Abhängigkeit von der Drehzahl beginnt nach der Norm ISO 10816 der Messbereich entweder bei 2 Hz (Drehzahlen ab 120 bis 600 U/min) oder bei 10 Hz (Drehzahlen größer gleich 600 U/min).

#### Normen und Richtlinien

Folgende Normen und Richtlinien werden für Maschinenüberwachung mittels breitbandiger Kennwerte in der Regel angewendet:

Tabelle 3-4: Normen und Richtlinien

Titel	Inhalt	Hinweise
EN 60034-14	Schwingungsmessung, Abnahme-Messungen im Herstellerwerk	Achshöhe $\geq 56$ mm, Bemessungsleistung $\leq 50$ MW, nNenn: 120 bis 15.000 1/min)
DIN ISO 10816-1 und -3	Schwingungsmessung, Beurteilung am Aufstellungsort	Kenngroße: Effektive Schwinggeschwindigkeit (bei SIPLUS CMS1200 SM 1281 als $v_{RMS}$ bezeichnet)
VDI 3832	Wälzlagerzustand, verschiedene Verfahren	--

### Trendüberwachung der Messgrößen

Das folgende Diagramm zeigt den typischen Verlauf einer Trendkurve durch Messung/Ermittlung von Kennwerten. Anzeichen einer sich anbahnenden Störung machen sich meistens schon lange vor einem Ausfall bemerkbar, z.B. durch Anwachsen einer Schwinggröße.

Abbildung 3-3: Trendüberwachung

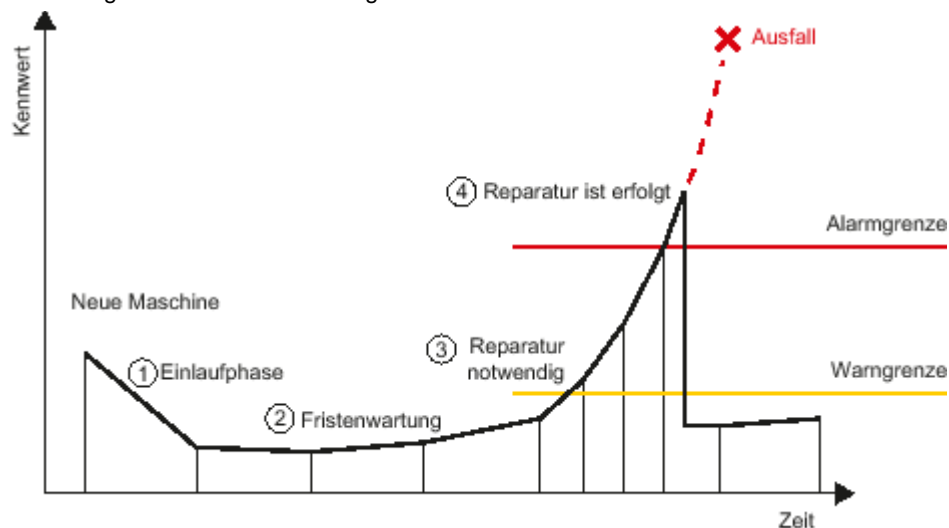


Tabelle 3-5: Erläuterung der Trendüberwachung

	Erläuterungen zum Diagramm
1.	In der Einlaufphase einer neuen Maschine sind die Kennwerte zunächst etwas erhöht. Danach gehen die Kenngrößen auf Werte zurück, die dem Gut-Zustand der Maschine entsprechen. Die DIN ISO 10816-3 enthält Richtwerte für verschiedene Arten von Maschinen.
2.	Die Instandhaltungsstrategie kann z.B. eine Fristenwartung vorsehen. Durch regelmäßige Zustandsüberwachung kann ein auftretender Schaden schon im Ansatz erkannt werden.
3.	Der Kennwert hat eine Warngrenze überschritten. Es ist eine Reparatur notwendig. Die Maschine kann aber weiterhin genutzt werden. Weitere Messungen zeigen einen Steilanstieg der Kennwerte. Aus dem Trend lässt sich extrapolieren, wann ein kapitaler Schaden mit Ausfall eintreten würde.
4.	Die definierte Alarmgrenze wird überschritten. Die Reparatur der Maschine wird nun durchgeführt. Messungen der Kennwerte zeigen wieder den Gut-Zustand der Maschine an.



**Bewertung des Maschinenzustands über den Effektivwert (RMS) der Schwinggröße**

Der Effektivwert der Schwinggeschwindigkeit ist ein breitbandiger Schwingwert. Die Berechnung erfolgt über eine mathematische Mittelwertbildung aller Schwingungsereignisse in einem definierten Frequenzbereich (z. B. 10 Hz bis 1 kHz bei der effektiven Schwinggeschwindigkeit).

Tabelle 3-6: Effektivwerte

Kennwert	Frequenzbereich	Überwachbar
vRMS	2 bzw. 10 Hz bis 1 kHz	Drehzahlabhängige Schäden
aRMS	> 1 kHz	Lagerschäden

都属于基于建构的理论模型上来进行分析诊断

In der Schwingfrequenz zwischen 2 Hz bzw. 10 Hz bis 1 kHz ist der Effektivwert der Schwinggeschwindigkeit die Analysegröße mit der höchsten Aussagekraft. In diesem Frequenzbereich liegen bei Maschinenschwingungen die typischen rotationsfrequenten Anregungen.

**Kennwertbildung über Schwingbeschleunigung (DKW)**

Die Kennwertbildung über den Diagnosekennwert DKW ermöglicht die qualitative Diagnose des Gesamtzustands des Wälzlagers.

Zur Berechnung des DKW-Werts werden die gemessenen Effektivwerte und Spitzenwerte der Schwingbeschleunigung im Anfangszustand (t) des Lagers mit denen des aktuellen Zustands (0) ins Verhältnis gesetzt.

Der Diagnosekennwert DKW weist eine hohe Korrelation zum Schädigungszustand von Wälzlagern auf und ist daher sehr aussagekräftig.

Der DKW berechnet sich wie folgt:

$$DKW(t) = \frac{a_{max}(t) \times a_{eff}(t)}{a_{max}(0) \times a_{eff}(0)}$$

Die Autoren Prof. Dr. Sturm, Dr. Förster, Dr. Hippmann und Dr. Kinsky ordnen in ihrem Buch "Wälzlagerdiagnose an Maschinen und Anlagen" ([16](#)) den DKW dem Wälzlagerzustand wie folgt zu:

Tabelle 3-7: Zuordnung des DKW

DKW	Lagerzustand
< 1	Verbesserung des technischen Zustands (z. B. Einlaufvorgang)
> 1 bis 2	Gute Laufeigenschaften
> 2 bis 5	Wirkung schädigungsbeschleunigender Einflussfaktoren
> 5 bis 50	Wirkung des Schädigungsprozesses
> 50	Ausbildung eines Schadens mit Risiko eines Ausfalls

### 3.3.4 Schwingungsdiagnose durch Frequenzanalyse

Für eine genaue Fehlerlokalisierung reichen Kenngrößenmessungen nicht aus. Hierzu muss das Schwingungsbild der Maschine näher analysiert werden. Die meisten Schadensarten sind im Frequenzspektrum am Auftreten typischer Schadensfrequenzen bzw. typischer Muster von Schadensfrequenzen erkennbar. Folgende Spektren können bei SM 1281 berechnet und zur Schwingungsdiagnose und Schwingungsüberwachung herangezogen werden:

- Frequenzspektrum der Schwinggeschwindigkeit
- Frequenzspektrum der Schwingbeschleunigung
- Hüllkurvenspektrum

Da dieses Anwendungsbeispiel die Diagnose durch Kennwertbildung im Zeitbereich behandelt, wird auf die Diagnose durch Frequenzanalyse nicht weiter eingegangen. Weitere Informationen zur Schwingungsdiagnose durch Frequenzanalyse finden Sie in dem Handbuch des SM 1281:

<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/109757963>

## 3.4 SIPLUS CMS1200 SM 1281

Das nachfolgende Kapitel bietet einen kurzen Überblick über das SM 1281 in Bezug auf die Funktionen, die in diesem Anwendungsbeispiel verwendet werden.

Die Betriebsanleitung des SM 1281 finden Sie im Industry Online Support:

<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/109757963>

### Übersicht

Das SIPLUS CMS1200 SM 1281 ist ein Modul für den Einsatz zusammen mit dem Automatisierungssystem SIMATIC S7-1200.

Mit dem SM 1281 können Sie die Zustände verschleißbehafteter Komponenten (wie z. B.: Motoren, Lager) und kritischer Maschinenteile permanent überwachen.

Zusammen mit einer S7-1200 ist es als eigenständiges Überwachungssystem einsetzbar.

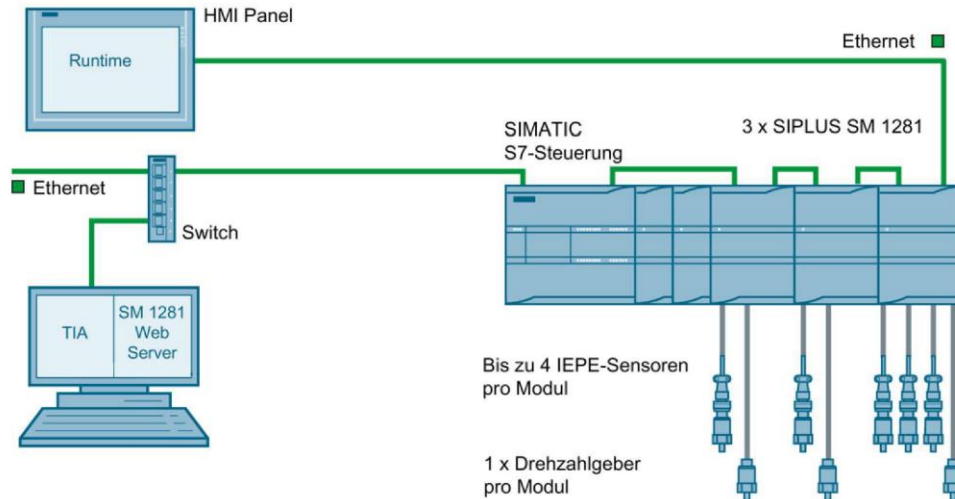
### Technische Merkmale

- 4 Vibrationsaufnehmerkanäle zur Schwingungssignalüberwachung
- 1 Digitaler Eingang zur Drehzahlerfassung
- Direkte Integration in bestehende SIMATIC S7-1200 Automatisierungssysteme
- Problemlose Integration in bestehende und neue Maschinen
- Hohe Abtastraten
- Schwingungsanalyse innerhalb des SM 1281. Das Ergebnis der Analyse wird in Form von Statusanzeigen über den Rückwandbus zur Weiterverarbeitung an die S7-1200 CPU übertragen
- Verarbeitung der Ergebnisse aus der Schwingungsanalyse im Steuerungsprogramm des Anwenders
- Projektierung von Funktionen des SM 1281 direkt aus dem TIA Portal

## Aufbau

Die folgende Abbildung zeigt eine Beispielkonfiguration mit dem SM 1281 zusammen mit einem Automatisierungssystem SIMATIC S7-1200.

Abbildung 3-4: Beispielhafter Aufbau



## 3.5 Bibliothek "SM1281\_Library"

In diesem Anwendungsbeispiel wird die zum Signalmodul SM 1281 gehörende Bibliothek "SM1281\_Library" verwendet. Sie enthält STEP 7-Bausteine und HMI-Textlisten. Die Bibliothek ermöglicht eine einfache Integration der Funktionen des SM 1281-Moduls in das Steuerungsprogramm des Anwenders.

Mit den STEP 7-Bausteinen aus der "SM1281\_Library" können die in der Gerätekonfiguration im TIA Portal projektierten SM 1281-Module parametrieren, gesteuert und diagnostiziert werden.

Es werden folgende Funktionen durch die Bausteine der Bibliothek bereitgestellt:

- Parametrierung der SM 1281-Module
- Ausgabe von Status- und Ampelinformationen
- Umschalten der Betriebsart
- Fingerprint- und Rohdatenaufzeichnung anfordern
- Statusinformationen über die Aufzeichnung ausgeben
- Automatische Sicherung von gültigen Parametersätzen

Je nach verwendeter CPU können mit Hilfe der Bausteine bis zu sieben SM 1281-Module in das Steuerungsprogramm integriert werden.

### 3.5.1 Übersicht

Das SM 1281-Modul verfügt über modul- sowie über kanalspezifische Einstellungen und Diagnoseinformationen. Zu den modulspezifischen Einstellungen und Diagnoseinformationen gehören z. B. die IP-Konfiguration sowie die Anwahl und Rückmeldung über die aktuelle Betriebsart. Die kanalspezifischen Einstellungen und Diagnoseinformationen beziehen sich auf die vier Schwingungskanäle des SM 1281-Moduls, an denen Vibrationsaufnehmer zur Maschinenüberwachung angeschlossen werden können.

Tabelle 3-8: Bestandteile der Bibliothek

Typ	Symbolischer Name
Funktionsbaustein	SM1281_Module
Funktion	SM1281_Channel
Globaler Datenbaustein	SM1281_Status
Globaler Datenbaustein	SM1281_Backup

#### Hinweis

Die in der Bibliothek enthaltenen Bausteine "SM1281\_Module" und "SM1281\_Channel" sind für den Betrieb des SM 1281-Moduls zwingend erforderlich. Ohne diese Bausteine ist eine Parametrierung und Statusüberwachung nicht möglich. Die Parameter, die über die Bausteine eingestellt werden, können nicht über den Webserver des SM 1281-Moduls geändert werden.

Die nachfolgenden Kapitel geben einen Überblick über die Funktionalität der Bausteine. Die Bibliothek finden Sie in SIOS:

<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/109482016>

Eine ausführliche Beschreibung der Parameter finden Sie in der Betriebsanleitung des SM 1281:

<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/109757963>

### 3.5.2 Funktionsbaustein "SM1281\_Module"

Mit dem Funktionsbaustein "SM1281\_Module" aus der Bibliothek können alle allgemeinen Moduleinstellungen vorgenommen werden sowie Statusmeldungen des Moduls überwacht werden.

Der Baustein "SM1281\_Module" bietet folgende Funktionen:

- IP-Konfiguration des SM 1281-Moduls vornehmen
- Drehzahlkonfiguration vornehmen
- Modul- und Kanalparameter an das SM 1281-Modul übertragen
- Fingerprint- und Rohdatenaufzeichnung anfordern
- Parametersatz wiederherstellen
- Betriebsart des SM 1281-Moduls anwählen
- Modul Status- und Fehlerinformationen ausgeben

### 3.5.3 Funktion "SM1281\_Channel"

Die Funktion "SM1281\_Channel" kann einem Kanal des SM 1281-Moduls zugeordnet werden und ermöglicht die Parametrierung und die Überwachung des entsprechenden Schwingungskanal.

Die Funktion "SM1281\_Channel" bietet folgende Funktion:

- Kanalspezifische Parametereinstellung vornehmen
- Ausgabe von kanalspezifischen Status- und Fehlerinformationen

Für jeden verwendeten Kanal des SM 1281-Moduls ist ein Aufruf der Funktion "SM1281\_Channel" notwendig. Die Zuordnung zu dem entsprechenden Kanal erfolgt über den Eingangsparameter "ChannelNR".

### 3.5.4 Datenbaustein "SM1281\_Status"

Der globale Datenbaustein "SM1281\_Status" enthält alle Status-, Ampel- und Fehlerinformationen des SM 1281-Moduls. Die Daten sind strukturiert nach Modul und Kanal abgelegt. In dem Datenbaustein sind die Daten für ein SM 1281-Modul vorangelegt.

Bei der Verwendung von mehr als einem SM1281 Modul, kann der Parameter "Module1" (PLC-Datentyp "SM1281\_Modulestatus") kopiert und als z.B. "Module2" eingefügt werden. Außerdem können die Namen der Parameter "Module", "Channel\_1", "Channel\_2", "Channel\_3", "Channel\_4" beliebig umbenannt werden.

### 3.5.5 Datenbaustein "SM1281\_Backup"

Der globale Datenbaustein "SM1281\_Backup" dient als Speicher für die automatische Sicherung von gültigen Parametersätzen.

Bei jedem Übergang in die Betriebsart "RUN: Überwachen" ("RUN: Monitoring") werden die zuletzt an das SM 1281 übertragenen Parameter automatisch auf Gültigkeit geprüft. Sind die Parameter gültig, werden diese im remanenten Datenbaustein "SM1281\_Backup" gesichert. Sind die Parameter ungültig, erfolgt eine Fehlermeldung im Meldesystem des SM 1281 und das SM 1281 verbleibt in der Betriebsart "STOP: Bereit" ("STOP: Ready").

Der letzte gültige und übertragene Parametersatz kann über den Eingangsparameter "RestoreParameters" des Bausteins "SM1281\_Module" wiederhergestellt werden.

### 3.5.6 Datentypen

Datentypen, die Teil der Bausteinbibliothek sind, tragen den Präfix "SM1281" im Namen.

#### ACHTUNG

Wenn Sie diese Datentypen verändern, kann es sein, dass sich aufgrund des Know-How-Schutzes der Bibliotheksbausteine Ihr Projekt nicht mehr übersetzen lässt. Verändern Sie daher diese Datentypen nicht.

## 4 Anhang

### 4.1 Service und Support

#### Industry Online Support

Sie haben Fragen oder brauchen Unterstützung?

Über den Industry Online Support greifen Sie rund um die Uhr auf das gesamte Service und Support Know-how sowie auf unsere Dienstleistungen zu.

Der Industry Online Support ist die zentrale Adresse für Informationen zu unseren Produkten, Lösungen und Services.

Produktinformationen, Handbücher, Downloads, FAQs und Anwendungsbeispiele – alle Informationen sind mit wenigen Mausklicks erreichbar:

<https://support.industry.siemens.com>

#### Technical Support

Der Technical Support von Siemens Industry unterstützt Sie schnell und kompetent bei allen technischen Anfragen mit einer Vielzahl maßgeschneiderter Angebote – von der Basisunterstützung bis hin zu individuellen Supportverträgen.

Anfragen an den Technical Support stellen Sie per Web-Formular:

[www.siemens.de/industry/supportrequest](http://www.siemens.de/industry/supportrequest)

#### SITRAIN – Training for Industry

Mit unseren weltweit verfügbaren Trainings für unsere Produkte und Lösungen unterstützen wir Sie praxisnah, mit innovativen Lernmethoden und mit einem kundenspezifisch abgestimmten Konzept.

Mehr zu den angebotenen Trainings und Kursen sowie deren Standorte und Termine erfahren Sie unter:

[www.siemens.de/sitrain](http://www.siemens.de/sitrain)

#### Serviceangebot

Unser Serviceangebot umfasst folgendes:

- Plant Data Services
- Ersatzteilservices
- Reparaturservices
- Vor-Ort und Instandhaltungsservices
- Retrofit- und Modernisierungsservices
- Serviceprogramme und Verträge

Ausführliche Informationen zu unserem Serviceangebot finden Sie im Servicekatalog:

<https://support.industry.siemens.com/cs/sc>

#### Industry Online Support App

Mit der App "Siemens Industry Online Support" erhalten Sie auch unterwegs die optimale Unterstützung. Die App ist für Apple iOS, Android und Windows Phone verfügbar:

<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/sc/2067>

## 4.2 Links und Literatur

Tabelle 4-1: Links und Literatur

	Thema
\1\	Siemens Industry Online Support <a href="https://support.industry.siemens.com">https://support.industry.siemens.com</a>
\2\	Downloadseite des Beitrags <a href="https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/109480750">https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/109480750</a>
\3\	Betriebsanleitung SM 1281 <a href="https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/109757963">https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/109757963</a>
\4\	STEP 7-Bibliothek SM 1281 <a href="https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/109482016">https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/109482016</a>
\5\	Support Packages für den Hardware Katalog im TIA Portal <a href="https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/72341852">https://support.industry.siemens.com/cs/ww/de/view/72341852</a>
\6\	Wälzlagerdiagnose an Maschinen und Anlagen Prof. Dr. Sturm, Dr. Förster, Dr. Hippmann, Dr. Kinsky ISBN-10: 3885852616 ISBN-13: 978-3885852612

## 4.3 Änderungsdokumentation

Tabelle 4-2: Änderungsdokumentation

Version	Datum	Änderung
V1.0	02/2016	Erste Ausgabe
V2.0	10/2017	Angepasst für SM 1281 FW 2.0
V2.1	08/2018	Angepasst für SM 1281 FW 3.0
V3.0	08/2018	Hochrüsten auf TIA Portal V15 Überarbeitung der Visualisierung auf Basis der HMI Template Suite