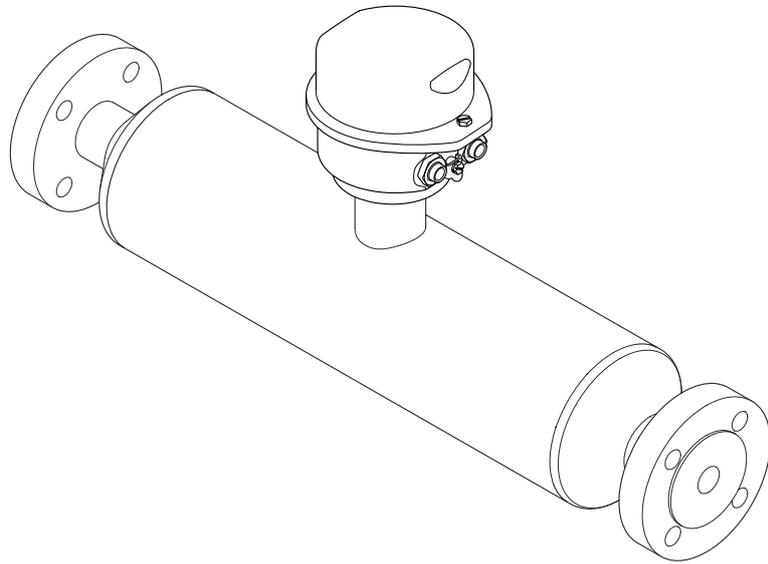


# Sonderdokumentation

## **Proline Promass I 100**

Anwendungspaket Viskositätsmessung





# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Hinweise zum Dokument</b> .....	<b>4</b>
1.1	Dokumentfunktion .....	4
1.2	Umgang mit dem Dokument .....	4
1.3	Verwendete Symbole .....	4
1.4	Dokumentation .....	5
<b>2</b>	<b>Inbetriebnahme</b> .....	<b>6</b>
2.1	Verfügbarkeit .....	6
2.2	Kommunikationsart 4-20 mA HART .....	6
2.3	Kommunikationsart EtherNet/IP .....	12
2.4	Kommunikationsart Modbus RS485 .....	15
<b>3</b>	<b>Betrieb</b> .....	<b>18</b>
3.1	Kommunikationsart 4-20 mA HART und EtherNet/IP .....	18
3.2	Kommunikationsart Modbus RS485 .....	19
<b>4</b>	<b>Technische Daten</b> .....	<b>20</b>
4.1	Anwendungsbereich .....	20
4.2	Eingang .....	20
4.3	Ausgang .....	20
4.4	Leistungsmerkmale .....	22
<b>5</b>	<b>Grundlagen Viskosität</b> .....	<b>23</b>
5.1	Definitionen der Viskosität (Allgemein) .....	23
5.2	Differenzierung des viskosen Verhaltens .....	25
5.3	Prinzip der Viskositätsmessung mit Promass I .....	28
5.4	Temperaturkorrektur des Viskositätswerts ...	29
5.5	Formelmodelle zur Temperaturkorrektur .....	30
<b>6</b>	<b>Vergleichstabelle für Viskositäten</b> ..	<b>31</b>

# 1 Hinweise zum Dokument

## 1.1 Dokumentfunktion

Das Dokument ist Teil der Betriebsanleitung und dient als Nachschlagewerk für anwendungsspezifische Parameter. Es liefert detaillierte Erläuterungen zu jedem einzelnen Parameter des Bedienmenüs.

## 1.2 Umgang mit dem Dokument

### 1.2.1 Informationen zum Dokumentaufbau

 Zur Anordnung der Parameter gemäß der Menüstruktur **Anzeige/Betrieb, Setup, Diagnose** mit Kurzbeschreibungen: Betriebsanleitung zum Gerät

 Zur Bedienphilosophie: Betriebsanleitung zum Gerät, Kapitel "Bedienphilosophie"

## 1.3 Verwendete Symbole

### 1.3.1 Symbole für Informationstypen

Symbol	Bedeutung
 A0011193	<b>Tipp</b> Kennzeichnet zusätzliche Informationen.
 A0011194	<b>Verweis auf Dokumentation</b> Verweist auf die entsprechende Dokumentation zum Gerät.
 A0011195	<b>Verweis auf Seite</b> Verweist auf die entsprechende Seitenzahl.
 A0011196	<b>Verweis auf Abbildung</b> Verweist auf die entsprechende Abbildungsnummer und Seitenzahl.
 A0013140	<b>Bedienung via Vor-Ort-Anzeige</b> Kennzeichnet die Navigation zum Parameter via Vor-Ort-Anzeige.
 A0013143	<b>Bedienung via Bedientool</b> Kennzeichnet die Navigation zum Parameter via Bedientool.
 A0013144	<b>Schreibgeschützter Parameter</b> Kennzeichnet einen Parameter, der sich mit einem anwenderspezifischen Freigabecode gegen Änderungen sperren lässt.

### 1.3.2 Symbole in Grafiken

Symbol	Bedeutung
1, 2, 3 ...	Positionsnummern
A, B, C, ...	Ansichten
A-A, B-B, C-C, ...	Schnitte

## 1.4 Dokumentation

Diese Anleitung ist eine Sonderdokumentation, sie ersetzt nicht die zum Lieferumfang gehörende Betriebsanleitung.

Ausführliche Informationen entnehmen Sie der Betriebsanleitung und den weiteren Dokumentationen auf der mitgelieferten CD-ROM oder unter "www.endress.com/ deviceviewer".

Die Sonderdokumentation ist fester Bestandteil der folgenden Betriebsanleitungen:

Modbus RS485	EtherNet/IP	HART
BA01058D	BA01066D	BA01190D



Diese Sonderdokumentation ist verfügbar:

- Auf der mitgelieferten CD-ROM zum Gerät (je nach bestellter Geräteausführung)
- Im Download-Bereich der Endress+Hauser Internetseite: [www.endress.com](http://www.endress.com) → Download

### 1.4.1 Inhalt und Umfang

Diese Sonderdokumentation beinhaltet die Beschreibungen der zusätzlichen Parameter und technische Daten, welche mit dem Anwendungspaket Viskosität zur Verfügung stehen. Alle nicht viskositätsrelevanten Parameter werden in der Betriebsanleitung beschrieben.

Allgemeine Informationen zur Viskosität und Viskositätsmessung befinden sich im Kapitel Grundlagen.

## 2 Inbetriebnahme

### 2.1 Verfügbarkeit

Wurde das Optionspaket für **Viskositätsmessung** für das Durchflussmessgerät ab Werk mitbestellt, so ist die Funktion bei Auslieferung im Messgerät verfügbar. Der Zugriff erfolgt über die Bedienschnittstellen des Messgeräts, via Webserver oder die Endress+Hauser Asset Management Software FieldCare. Es sind grundsätzlich keine besonderen Vorkehrungen nötig, um die Funktion in Betrieb zu nehmen.

Möglichkeiten der Verfügbarkeitsprüfung im Messgerät:

- Anhand der Seriennummer:  
W@M Device viewer<sup>1)</sup> → Bestellcode-Option **EG** "Viskositätsmessung"
- Im Bedienmenu:  
Überprüfen, ob die Funktion im Bedienmenü abgebildet ist: Diagnose → Messwerte → Prozessgrößen → Viskosität  
Ist die Auswahl "Viskosität" verfügbar, so ist die Funktion freigeschaltet.

Sollte die Funktion im Messgerät nicht zugreifbar sein, so wurde das Optionspaket nicht gewählt. Es besteht dann die Möglichkeit, die Funktion im Lebenszyklus des Messgeräts nachzurüsten. Bei den meisten Durchflussmessgeräten ist eine Freischaltung der Funktion ohne Nachrüstung der Firmware möglich.

#### 2.1.1 Freischaltung ohne Nachrüstung der Firmware

Eine Nachrüstung der Viskositätsoption im Lebenszyklus erfordert eine Viskositätskalibrierung. Dazu ist es zwingend notwendig das Gerät ins Werk zu senden.

Die Freischaltung ohne Nachrüstung ist ab folgenden Firmware Revisionen möglich:

- Modbus RS485: 01.02.zz
- EtherNet/IP: 01.01.zz
- HART: 01.00.zz
- PROFIBUS DP: 01.00.zz

#### 2.1.2 Firmware Upgrade vor Freischaltung

Besitzen Sie ein Messgerät, bei dem ein Firmware Upgrade vor Freischaltung erforderlich ist, kontaktieren Sie bitte ihre Endress+Hauser Serviceorganisation.

Diese Funktion erfordert einen Servicezugriff zum Messgerät.

Bei Messgeräten mit früherer Firmware Revision (vgl. "2.1.1 Freischaltung ohne Nachrüstung") ist ein Firmware Upgrade erforderlich. Zusätzlich muss bei der Inbetriebnahme der Referenzzustand des Messaufnehmers aufgezeichnet und ausgewählt werden.



Für weitere Informationen betreffend Produktverfügbarkeit und Nachrüstung bestehender Messgeräte kontaktieren Sie bitte ihre Endress+Hauser Service- oder Verkaufsorganisation.

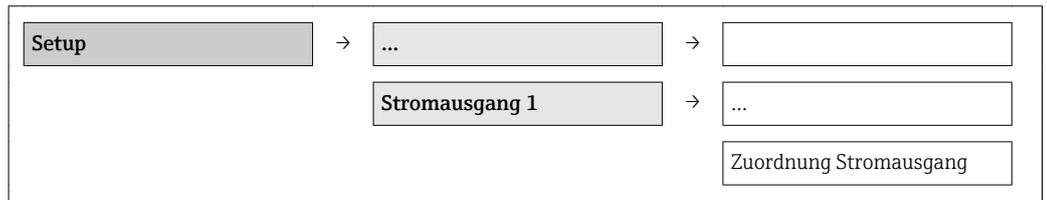
## 2.2 Kommunikationsart 4-20 mA HART

### 2.2.1 Messgerät konfigurieren

Die Beschreibung in diesem Kapitel ist gültig für folgende Kommunikationsart: 4-20 mA HART

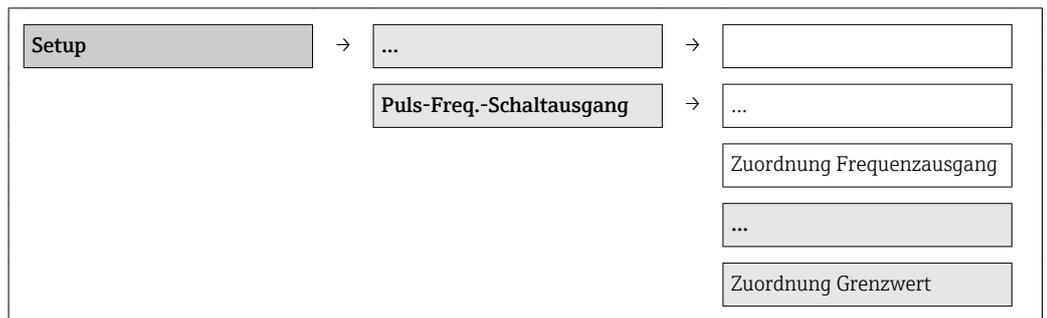
1) [www.endress.com/deviceviewer](http://www.endress.com/deviceviewer)

### Stromausgang konfigurieren



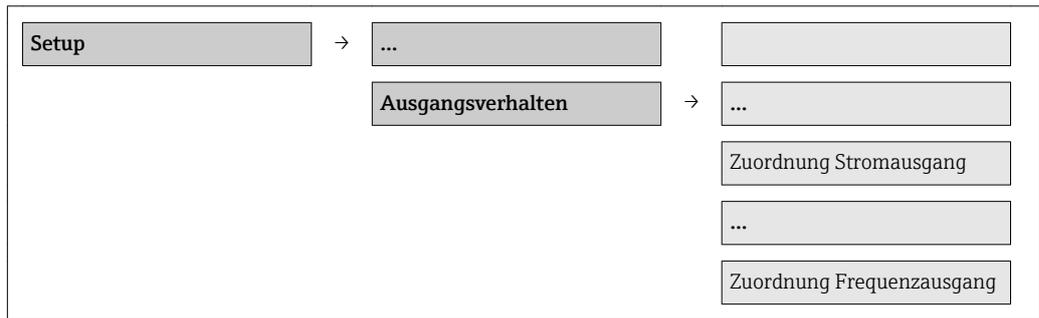
Parameter	Beschreibung	Auswahl/ Eingabe	Werkeinstellung
Zuordnung Stromausgang	Prozessgröße für Stromausgang wählen.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ...</li> <li>▪ Dynamische Viskosität</li> <li>▪ Kinematische Viskosität</li> <li>▪ Temperatur kompensierte dynamische Viskosität</li> <li>▪ Temperatur kompensierte kinematische Viskosität</li> <li>▪ ...</li> </ul>	Massefluss

### Impuls-/Frequenz-/Schaltausgang konfigurieren



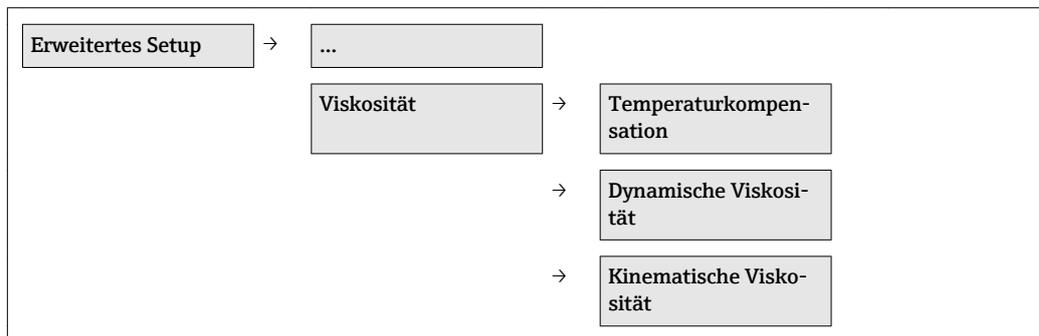
Parameter	Beschreibung	Auswahl/ Eingabe	Werkeinstellung
Zuordnung Frequenzausgang	Prozessgröße für Frequenzausgang wählen.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ...</li> <li>▪ Dynamische Viskosität</li> <li>▪ Kinematische Viskosität</li> <li>▪ Temperatur kompensierte dynamische Viskosität</li> <li>▪ Temperatur kompensierte kinematische Viskosität</li> <li>▪ ...</li> </ul>	Aus
Zuordnung Grenzwert	Prozessgröße für Grenzwertfunktion wählen.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ...</li> <li>▪ Dynamische Viskosität</li> <li>▪ Kinematische Viskosität</li> <li>▪ Temperatur kompensierte dynamische Viskosität</li> <li>▪ Temperatur kompensierte kinematische Viskosität</li> <li>▪ ...</li> </ul>	Massefluss

### Ausgangsverhalten konfigurieren



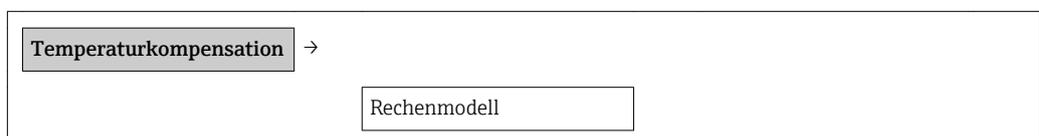
Parameter	Beschreibung	Auswahl/ Eingabe	Werkeinstellung
Zuordnung Stromausgang	Prozessgröße für Stromausgang wählen.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ...</li> <li>▪ Dynamische Viskosität</li> <li>▪ Kinematische Viskosität</li> <li>▪ Temperatur kompensierte dynamische Viskosität</li> <li>▪ Temperatur kompensierte kinematische Viskosität</li> <li>▪ ...</li> </ul>	Massefluss
Zuordnung Frequenzausgang	Prozessgröße für Frequenzausgang wählen.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ...</li> <li>▪ Dynamische Viskosität</li> <li>▪ Kinematische Viskosität</li> <li>▪ Temperatur kompensierte dynamische Viskosität</li> <li>▪ Temperatur kompensierte kinematische Viskosität</li> <li>▪ ...</li> </ul>	Aus

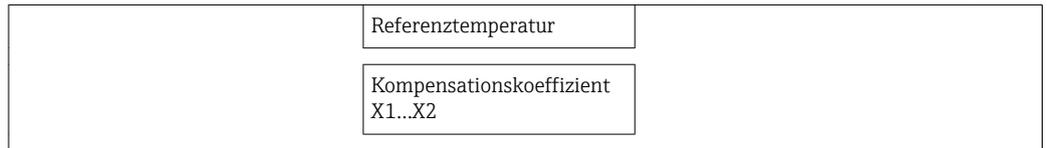
### 2.2.2 Erweiterte Einstellungen



### Temperaturkompensation

#### Aufbau des Untermenüs



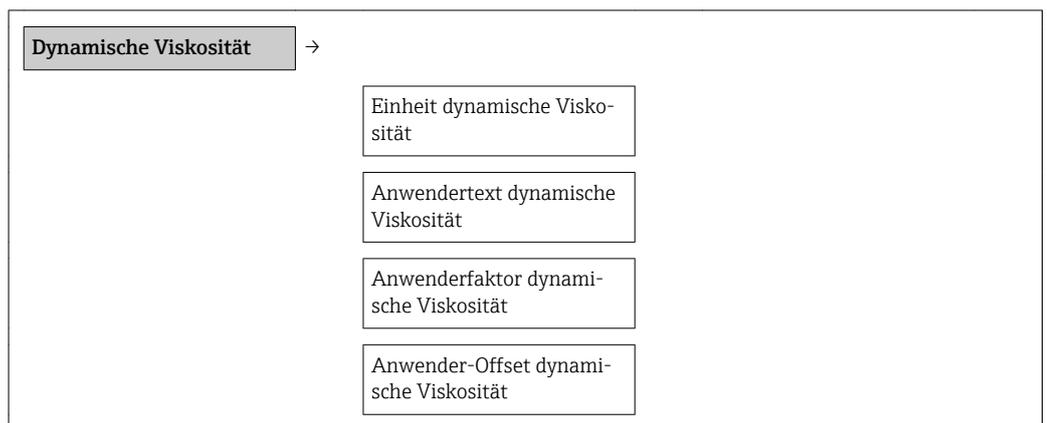


*Parameterübersicht mit Kurzbeschreibung*

Parameter	Beschreibung	Auswahl/Eingabe	Werkeinstellungen
Rechenmodell	Auswahl eines Rechenmodells (→  30) für die Temperaturkompensation. Je nach Temperaturverhalten kann das Modell gewählt werden, welches am ehesten die Funktion abbildet.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Potenziell</li> <li>▪ Exponentiell</li> <li>▪ Polynom</li> </ul>	Polynom
Referenztemperatur	Eingabe der Referenztemperatur zur Berechnung der temperaturkompensierten Viskosität	Gleitkommazahl mit Vorzeichen	0 °C
Kompensationskoeffizient X1...X2	Eingabe des Kompensationskoeffizienten zur Berechnung der temperaturkompensierten Viskosität. Berechnung: (→  30))	Gleitkommazahl mit Vorzeichen	0

**Dynamische Viskosität**

*Aufbau des Untermenüs*



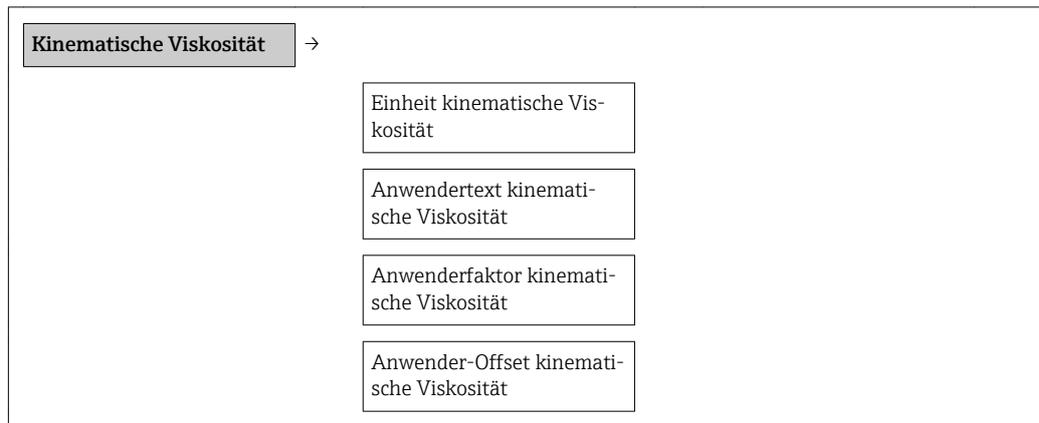
*Parameterübersicht mit Kurzbeschreibung*

Parameter	Beschreibung	Auswahl/Eingabe	Werkeinstellungen
Einheit dynamische Viskosität	Einheit für dynamische Viskosität wählen.	Abhängig vom Land: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pa s</li> <li>▪ mPa s</li> <li>▪ P</li> <li>▪ cP</li> <li>▪ Benutzerdefiniert</li> </ul>	cP
Anwendertext dynamische Viskosität	Eingabe eines Textes für die benutzerdefinierte Einheit. Es wird nur der Text definiert, die zugehörige Zeiteinheit wird aus einer Auswahl (s, min, h, day) bereitgestellt.	Max. 10 Zeichen wie Buchstaben, Zahlen oder Sonderzeichen (+, -, Unterstrich, Leerstelle)	UserDynVis

Parameter	Beschreibung	Auswahl/Eingabe	Werkeinstellungen
Anwenderfaktor dynamische Viskosität	Eingabe des Mengenfaktors für die benutzerdefinierte Einheit. Dieser Faktor bezieht sich auf eine dynamische Viskosität von 1 m <sup>2</sup> /s .	Gleitkommazahl mit Vorzeichen	1
Anwender-Offset dynamische Viskosität	Eingabe eines Ausgleichswerts (Offset) zum Messwert der dynamischen Viskosität. Abhängig vom Vorzeichen wird der Ausgleichswerts addiert oder subtrahiert.	Gleitkommazahl mit Vorzeichen	0

### Kinematische Viskosität

#### Aufbau des Untermenüs

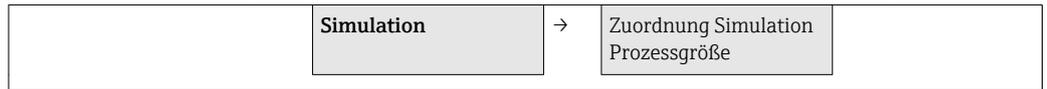


#### Parameterübersicht mit Kurzbeschreibung

Parameter	Beschreibung	Auswahl/Eingabe	Werkeinstellungen
Einheit kinematische Viskosität	Einheit für kinematische Viskosität wählen.	Abhängig vom Land: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ m<sup>2</sup>/s</li> <li>■ mm<sup>2</sup>/s</li> <li>■ St</li> <li>■ cSt</li> <li>■ Benutzerdefiniert</li> </ul>	cSt
Anwendertext kinematische Viskosität	Eingabe eines Textes für die benutzerdefinierte Einheit. Es wird nur der Text definiert, die zugehörige Zeiteinheit wird aus einer Auswahl (s, min, h, day) bereitgestellt.	Max. 10 Zeichen wie Buchstaben, Zahlen oder Sonderzeichen (+, -, Unterstrich, Leerstelle)	UserKinVis
Anwenderfaktor kinematische Viskosität	Eingabe des Mengenfaktors für die benutzerdefinierte Einheit. Dieser Faktor bezieht sich auf eine kinematische Viskosität von 1 m <sup>2</sup> /s .	Gleitkommazahl mit Vorzeichen	1
Anwender-Offset kinematische Viskosität	Eingabe eines Ausgleichswerts (Offset) zum Messwert der kinematischen Viskosität. Abhängig vom Vorzeichen wird der Ausgleichswerts addiert oder subtrahiert.	Gleitkommazahl mit Vorzeichen	0

### 2.2.3 Simulation



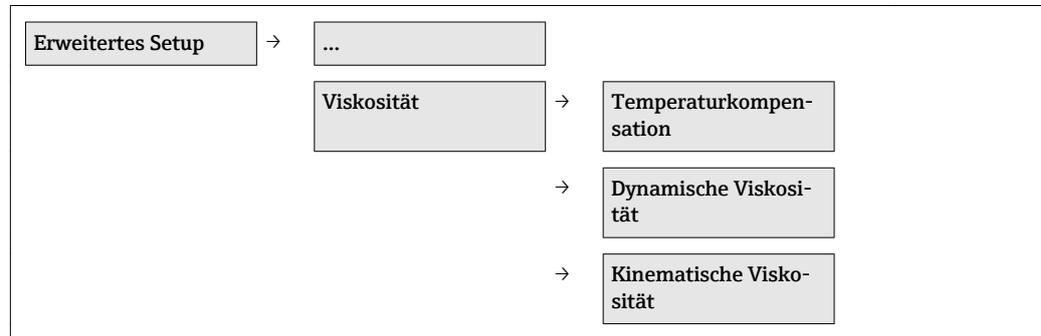


*Parameterübersicht mit Kurzbeschreibung*

Parameter	Beschreibung	Auswahl/Eingabe	Werkeinstellungen
Zuordnung Simulation Prozessgröße	Prozessgröße für Simulation wählen, die dadurch aktiviert wird.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ...</li> <li>▪ Dynamische Viskosität</li> <li>▪ Kinematische Viskosität</li> <li>▪ Temp.kompensierte dynamische Viskosität</li> <li>▪ Temp.kompensierte kinematische Viskosität</li> <li>▪ ...</li> </ul>	Aus

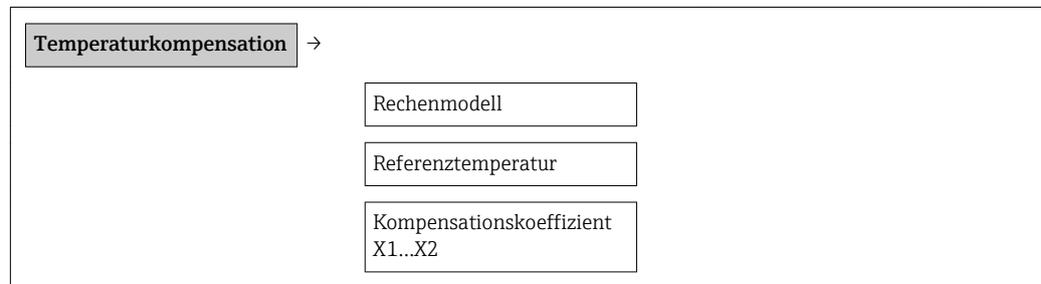
## 2.3 Kommunikationsart EtherNet/IP

### 2.3.1 Erweiterte Einstellungen



#### Temperaturkompensation

*Aufbau des Untermenüs*

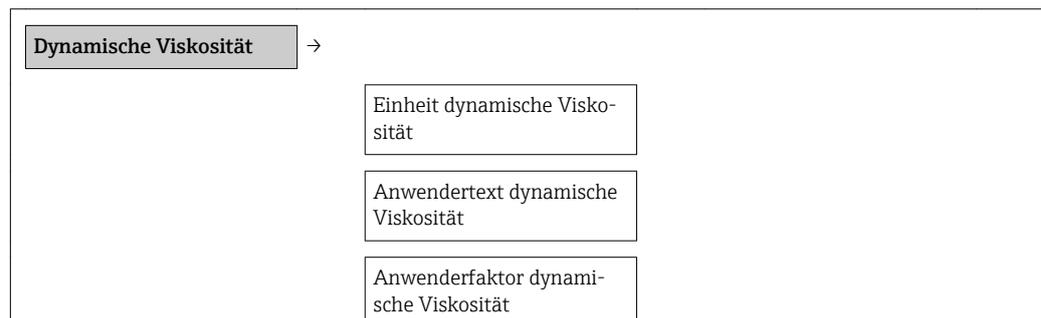


*Parameterübersicht mit Kurzbeschreibung*

Parameter	Beschreibung	Auswahl/Eingabe	Werkeinstellungen
Rechenmodell	Auswahl eines Rechenmodells (→  30) für die Temperaturkompensation. Je nach Temperaturverhalten kann das Modell gewählt werden, welches am ehesten die Funktion abbildet.	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Potenziell</li> <li>■ Exponentiell</li> <li>■ Polynom</li> </ul>	Polynom
Referenztemperatur	Eingabe der Referenztemperatur zur Berechnung der temperaturkompensierten Viskosität	Gleitkommazahl mit Vorzeichen	0 °C
Kompensationskoeffizient X1...X2	Eingabe des Kompensationskoeffizienten zur Berechnung der temperaturkompensierten Viskosität. Berechnung: (→  30))	Gleitkommazahl mit Vorzeichen	0

#### Dynamische Viskosität

*Aufbau des Untermenüs*



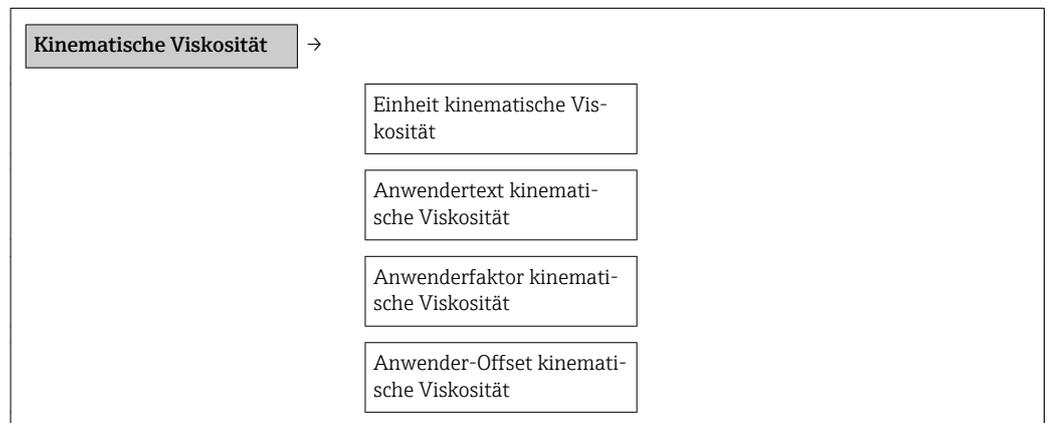
Anwender-Offset dynamische Viskosität

*Parameterübersicht mit Kurzbeschreibung*

Parameter	Beschreibung	Auswahl/Eingabe	Werkeinstellungen
Einheit dynamische Viskosität	Einheit für dynamische Viskosität wählen.	Abhängig vom Land: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Pa s</li> <li>■ mPa s</li> <li>■ P</li> <li>■ cP</li> <li>■ Benutzerdefiniert</li> </ul>	cP
Anwendertext dynamische Viskosität	Eingabe eines Textes für die benutzerdefinierte Einheit. Es wird nur der Text definiert, die zugehörige Zeiteinheit wird aus einer Auswahl (s, min, h, day) bereitgestellt.	Max. 10 Zeichen wie Buchstaben, Zahlen oder Sonderzeichen (+, -, Unterstrich, Leerstelle)	UserDynVis
Anwenderfaktor dynamische Viskosität	Eingabe des Mengenfaktors für die benutzerdefinierte Einheit. Dieser Faktor bezieht sich auf eine dynamische Viskosität von 1 m <sup>2</sup> /s .	Gleitkommazahl mit Vorzeichen	1
Anwender-Offset dynamische Viskosität	Eingabe eines Ausgleichswerts (Offset) zum Messwert der dynamischen Viskosität. Abhängig vom Vorzeichen wird der Ausgleichswerts addiert oder subtrahiert.	Gleitkommazahl mit Vorzeichen	0

**Kinematische Viskosität**

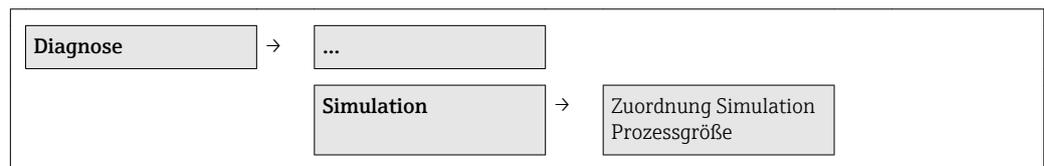
*Aufbau des Untermenüs*



*Parameterübersicht mit Kurzbeschreibung*

Parameter	Beschreibung	Auswahl/Eingabe	Werkeinstellungen
Einheit kinematische Viskosität	Einheit für kinematische Viskosität wählen.	Abhängig vom Land: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ m<sup>2</sup>/s</li> <li>■ mm<sup>2</sup>/s</li> <li>■ St</li> <li>■ cSt</li> <li>■ Benutzerdefiniert</li> </ul>	cSt
Anwendertext kinematische Viskosität	Eingabe eines Textes für die benutzerdefinierte Einheit. Es wird nur der Text definiert, die zugehörige Zeiteinheit wird aus einer Auswahl (s, min, h, day) bereitgestellt.	Max. 10 Zeichen wie Buchstaben, Zahlen oder Sonderzeichen (+, -, Unterstrich, Leerstelle)	UserKinVis
Anwenderfaktor kinematische Viskosität	Eingabe des Mengenfaktors für die benutzerdefinierte Einheit. Dieser Faktor bezieht sich auf eine kinematische Viskosität von 1 m <sup>2</sup> /s .	Gleitkommazahl mit Vorzeichen	1
Anwender-Offset kinematische Viskosität	Eingabe eines Ausgleichswerts (Offset) zum Messwert der kinematischen Viskosität. Abhängig vom Vorzeichen wird der Ausgleichswerts addiert oder subtrahiert.	Gleitkommazahl mit Vorzeichen	0

**2.3.2 Simulation**

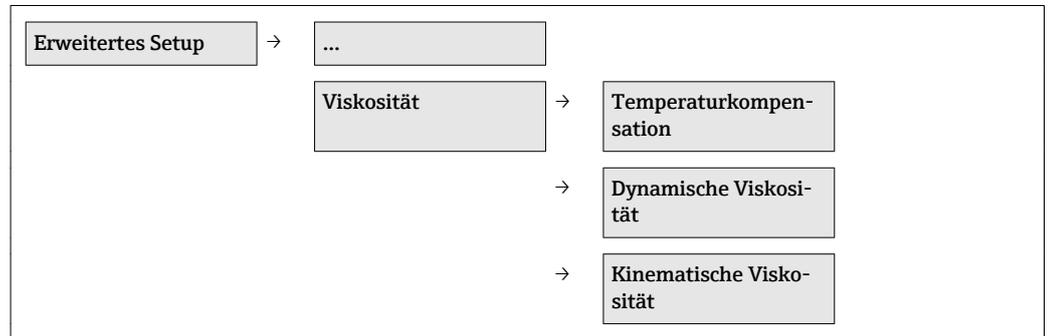


*Parameterübersicht mit Kurzbeschreibung*

Parameter	Beschreibung	Auswahl/Eingabe	Werkeinstellungen
Zuordnung Simulation Prozessgröße	Prozessgröße für Simulation wählen, die dadurch aktiviert wird.	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ...</li> <li>■ Dynamische Viskosität</li> <li>■ Kinematische Viskosität</li> <li>■ Temp.kompensierte dynamische Viskosität</li> <li>■ Temp.kompensierte kinematische Viskosität</li> <li>■ ...</li> </ul>	Aus

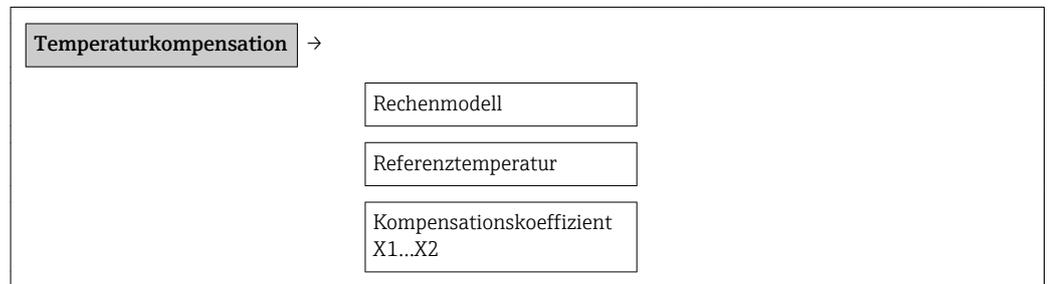
## 2.4 Kommunikationsart Modbus RS485

### 2.4.1 Erweiterte Einstellungen



#### Temperaturkompensation

*Aufbau des Untermenüs*

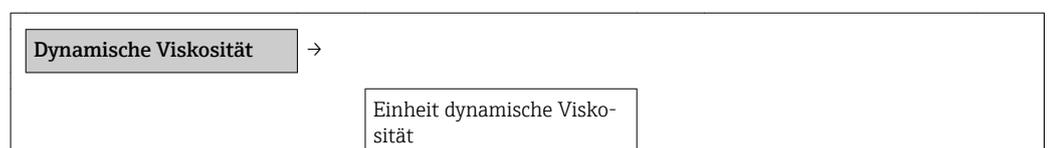


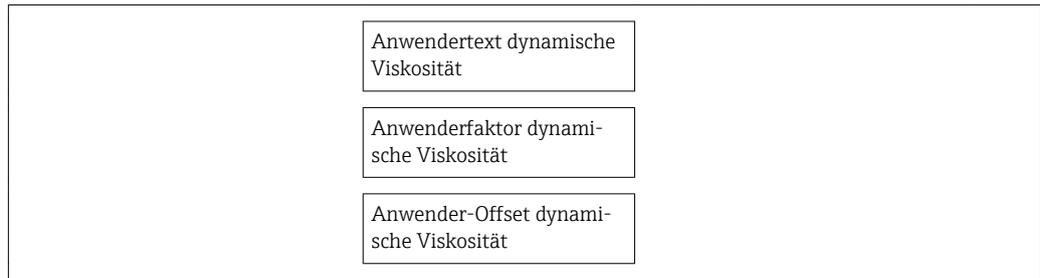
*Parameterübersicht mit Kurzbeschreibung*

Parameter	Beschreibung	Auswahl/Eingabe	Werkeinstellungen
Rechenmodell Modbus Register: 9401 Datentyp: Integer Zugriff: Read/write	Auswahl eines Rechenmodells (→ 30) für die Temperaturkompensation. Je nach Temperaturverhalten kann das Modell gewählt werden, welches am ehesten die Funktion abbildet.	0 = Polynom 1 = Potenziell 2 = Exponentiell	Polynom
Referenztemperatur Modbus Register: 9402 Datentyp: Integer Zugriff: Read/write	Eingabe der Referenztemperatur zur Berechnung der temperaturkompensierten Viskosität	Gleitkommazahl mit Vorzeichen	0 °C
Kompensationskoeffizient X1...X2 Modbus Register X1: 9404 Modbus Register X2: 9406 Datentyp: Integer Zugriff: Read/write	Eingabe des Kompensationskoeffizienten zur Berechnung der temperatur-kompensierten Viskosität. Berechnung: (→ 30))	Gleitkommazahl mit Vorzeichen	0

#### Dynamische Viskosität

*Aufbau des Untermenüs*



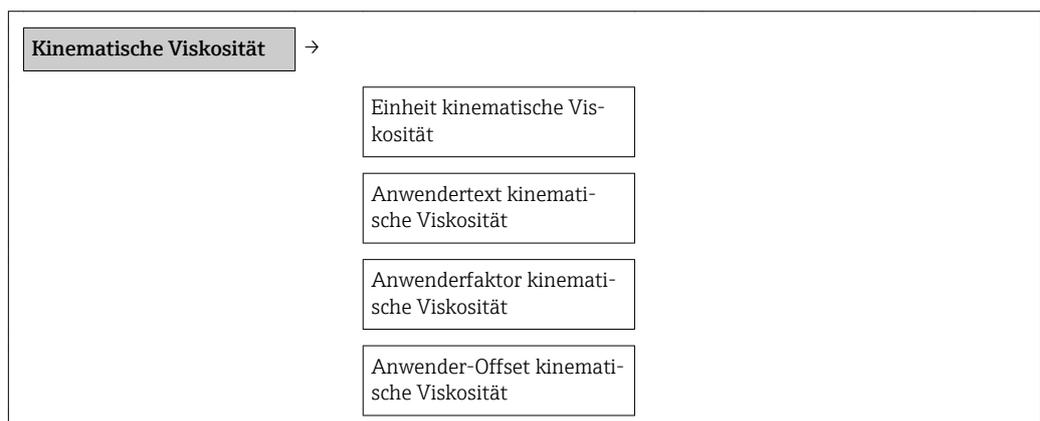


*Parameterübersicht mit Kurzbeschreibung*

Parameter	Beschreibung	Auswahl/Eingabe	Werkeinstellungen
Einheit dynamische Viskosität Modbus Register: 2111 Datentyp: Integer Zugriff: Read/write	Einheit für dynamische Viskosität wählen.	Abhängig vom Land: 0 = cP 1 = P 2 = Pa s 3 = mPa s 4 = Benutzerdefiniert	0 = cP
Anwendertext dynamische Viskosität Modbus Register: 3353 Datentyp: String Zugriff: Read/write	Eingabe eines Textes für die benutzerdefinierte Einheit. Es wird nur der Text definiert, die zugehörige Zeiteinheit wird aus einer Auswahl (s, min, h, day) bereitgestellt.	Max. 10 Zeichen wie Buchstaben, Zahlen oder Sonderzeichen (+, -, Unterstrich, Leerstelle)	UserDynVis
Anwenderfaktor dynamische Viskosität Modbus Register: 2137 Datentyp: Float Zugriff: Read/write	Eingabe des Mengenfaktors für die benutzerdefinierte Einheit. Dieser Faktor bezieht sich auf eine dynamische Viskosität von 1 m <sup>2</sup> /s .	Gleitkommazahl mit Vorzeichen	1
Anwender-Offset dynamische Viskosität Modbus Register: 2139 Datentyp: Float Zugriff: Read/write	Eingabe eines Ausgleichswerts (Offset) zum Messwert der dynamischen Viskosität. Abhängig vom Vorzeichen wird der Ausgleichswerts addiert oder subtrahiert.	Gleitkommazahl mit Vorzeichen	0

**Kinematische Viskosität**

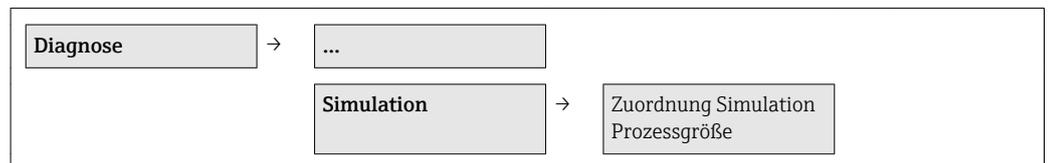
*Aufbau des Untermenüs*



*Parameterübersicht mit Kurzbeschreibung*

Parameter	Beschreibung	Auswahl/Eingabe	Werkeinstellungen
Einheit kinematische Viskosität Modbus Register: 2112 Datentyp: Integer Zugriff: Read/write	Einheit für kinematische Viskosität wählen.	Abhängig vom Land: 0 = m <sup>2</sup> /s 1 = mm <sup>2</sup> /s 2 = cSt 3 = St 4 = Benutzerdefiniert	2 = cSt
Anwendertext kinematische Viskosität Modbus Register: 3358 Datentyp: String Zugriff: Read/write	Eingabe eines Textes für die benutzerdefinierte Einheit. Es wird nur der Text definiert, die zugehörige Zeiteinheit wird aus einer Auswahl (s, min, h, day) bereitgestellt.	Max. 10 Zeichen wie Buchstaben, Zahlen oder Sonderzeichen (+, -, Unterstrich, Leerstelle)	UserKinVis
Anwenderfaktor kinematische Viskosität Modbus Register: 2143 Datentyp: Float Zugriff: Read/write	Eingabe des Mengenfaktors für die benutzerdefinierte Einheit. Dieser Faktor bezieht sich auf eine kinematische Viskosität von 1 m <sup>2</sup> /s .	Gleitkommazahl mit Vorzeichen	1
Anwender-Offset kinematische Viskosität Modbus Register: 2145 Datentyp: Float Zugriff: Read/write	Eingabe eines Ausgleichswerts (Offset) zum Messwert der kinematischen Viskosität. Abhängig vom Vorzeichen wird der Ausgleichswerts addiert oder subtrahiert.	Gleitkommazahl mit Vorzeichen	0

**2.4.2 Simulation**



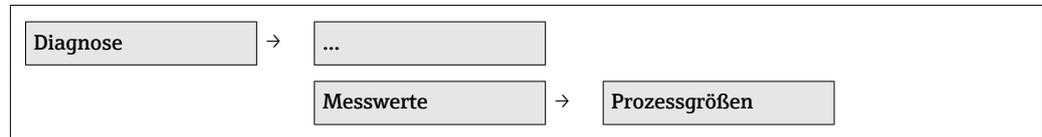
*Parameterübersicht mit Kurzbeschreibung*

Parameter	Beschreibung	Auswahl/Eingabe	Werkeinstellungen
Zuordnung Simulation Prozessgröße Modbus Register: 6813 Datentyp: Integer Zugriff: Read/write	Prozessgröße für Simulation wählen, die dadurch aktiviert wird.	... 45 = Kinematische Viskosität 46 = Dynamische Viskosität 76 = Temp.kompensierte dynamische Viskosität 77 = Temp.kompensierte kinematische Viskosität ...	Aus

## 3 Betrieb

### 3.1 Kommunikationsart 4-20 mA HART und EtherNet/IP

#### 3.1.1 Messwerte ablesen

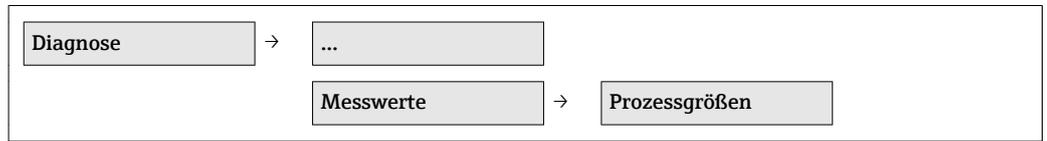


#### *Parameterübersicht mit Kurzbeschreibung*

Parameter	Beschreibung	Anzeige
Dynamische Viskosität	Zeigt aktuell berechnete dynamische Viskosität	Gleitkommazahl mit Vorzeichen
Kinematische Viskosität	Zeigt aktuell berechnete kinematische Viskosität	Gleitkommazahl mit Vorzeichen
Temperatur kompensierte dynamische Viskosität	Zeigt aktuell berechnete temperatur-kompensierte dynamische Viskosität	Gleitkommazahl mit Vorzeichen
Temperatur kompensierte kinematische Viskosität	Zeigt aktuell berechnete temperatur-kompensierte kinematische Viskosität	Gleitkommazahl mit Vorzeichen

## 3.2 Kommunikationsart Modbus RS485

### 3.2.1 Messwerte ablesen



#### Parameterübersicht mit Kurzbeschreibung

Parameter	Beschreibung	Anzeige
Dynamische Viskosität Modbus Register: 2019 Datentyp: Float Zugriff: Read	Zeigt aktuell berechnete dynamische Viskosität	Gleitkommazahl mit Vorzeichen
Kinematische Viskosität Modbus Register: 2083 Datentyp: Float Zugriff: Read	Zeigt aktuell berechnete kinematische Viskosität	Gleitkommazahl mit Vorzeichen
Temperatur kompensierte dynamische Viskosität Modbus Register: 2093 Datentyp: Float Zugriff: Read	Zeigt aktuell berechnete temperatur-kompensierte dynamische Viskosität	Gleitkommazahl mit Vorzeichen
Temperatur kompensierte kinematische Viskosität Modbus Register: 2095 Datentyp: Float Zugriff: Read	Zeigt aktuell berechnete temperatur-kompensierte kinematische Viskosität	Gleitkommazahl mit Vorzeichen

## 4 Technische Daten

### 4.1 Anwendungsbereich

(→ 5)

### 4.2 Eingang

#### 4.2.1 Messbereich

DN		Viskositätsmessung im Nicht-Ex-Bereich	Viskositätsmessung im Ex-Bereich
[mm]	[in]		
8	$\frac{3}{8}$	5600 mPa·s	5600 mPa·s
15	$\frac{1}{2}$	10300 mPa·s	10300 mPa·s
25	1	20000 mPa·s	20000 Pa·s
40	$1\frac{1}{2}$	20000 mPa·s	5500 Pa·s (20000 mPa·s)
50	2	20000 mPa·s	5200 Pa·s (20000 mPa·s)
80	3	20000 mPa·s	2700 Pa·s (14100 mPa·s)

### 4.3 Ausgang

Erweiterte Auswahl bei Verwendung des Anwendungspaketts Viskosität

#### 4.3.1 Ausgangssignal

##### Stromausgang

Zuordenbare Messgrößen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ...</li> <li>▪ Dynamische Viskosität</li> <li>▪ Kinematische Viskosität</li> <li>▪ Temp.kompensierte dynamische Viskosität</li> <li>▪ Temp.kompensierte kinematische Viskosität</li> <li>▪ ...</li> </ul>
------------------------	--

##### Impuls-/Frequenz-/Schaltausgang

###### Frequenzausgang

Zuordenbare Messgrößen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ...</li> <li>▪ Dynamische Viskosität</li> <li>▪ Kinematische Viskosität</li> <li>▪ Temp.kompensierte dynamische Viskosität</li> <li>▪ Temp.kompensierte kinematische Viskosität</li> <li>▪ ...</li> </ul>
------------------------	--

*Schaltausgang*

Zuordenbare Funktionen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ...</li> <li>▪ Grenzwert</li> <li>- ...</li> <li>- Dynamische Viskosität</li> <li>- Kinematische Viskosität</li> <li>- Temp.kompensierte dynamische Viskosität</li> <li>- Temp.kompensierte kinematische Viskosität</li> <li>- ...</li> </ul>
------------------------	--

**4.3.2 Protokollspezifische Daten**

**HART**

Dynamische Variablen	<p>Die Messgrößen können den dynamischen Variablen frei zugeordnet werden.</p> <p><b>Messgrößen für SV, TV, QV (Zweite, dritte und vierte dynamische Variable)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ...</li> <li>▪ Dynamische Viskosität</li> <li>▪ Kinematische Viskosität</li> <li>▪ Temp.kompensierte dynamische Viskosität</li> <li>▪ Temp.kompensierte kinematische Viskosität</li> <li>▪ ...</li> </ul>
----------------------	---

**EtherNet/IP**

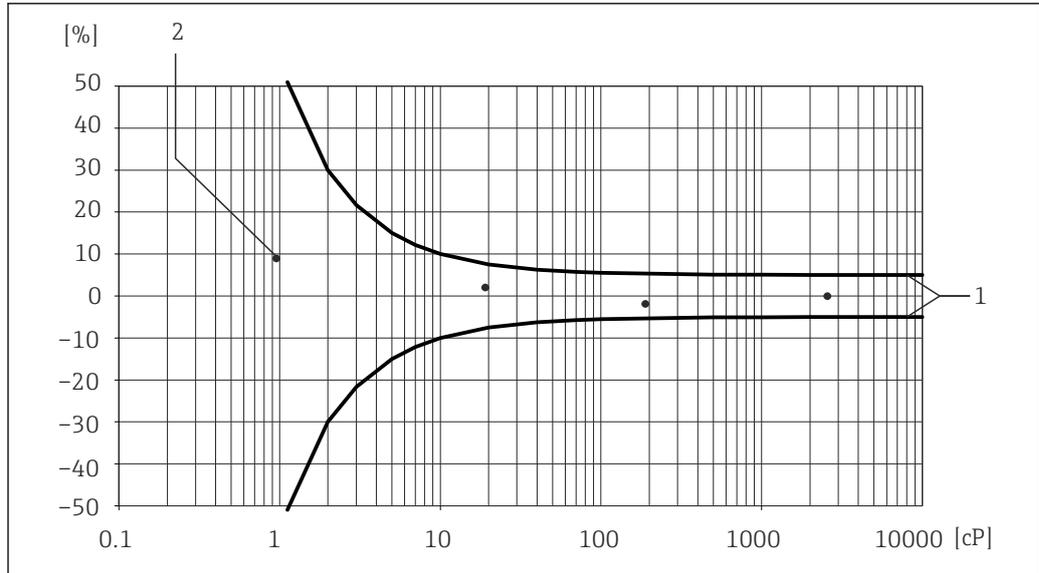
*Configurable Input*

Configurable Input Assembly	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ...</li> <li>▪ Dynamische Viskosität</li> <li>▪ Kinematische Viskosität</li> <li>▪ Temp.kompensierte dynamische Viskosität</li> <li>▪ Temp.kompensierte kinematische Viskosität</li> <li>▪ ...</li> </ul>
-----------------------------	--

## 4.4 Leistungsmerkmale

### 4.4.1 Maximale Messabweichung

Messgenauigkeit für Newton'sche Flüssigkeiten	$\pm 5\% \pm 0,5 \text{ mPa}\cdot\text{s (cP)}$ vom Messwert
---	--



1 Fehlerdiagramm mit Angabe des relativen Fehlers in % für den Verlauf einer Dynamischen Viskosität in cP

- 1 Maximale Messabweichung
- 2 Typische Messpunkte der Viskositätskalibration

### 4.4.2 Wiederholbarkeit

$\pm 0,5\%$  vom Messwert

## 5 Grundlagen Viskosität

Viskosität beschreibt das Fließverhalten von Fluiden (Flüssigkeit und Gas). Diese Eigenschaft hängt von Kräften ab, die zwischen den Molekülen wirken. Je dickflüssiger ein Fluid ist, desto stärker sind diese zwischenmolekularen Kräfte. Als Folge muss bei einer Bewegungs- oder Krafteinwirkung ein größerer innerer Widerstand überwunden werden.

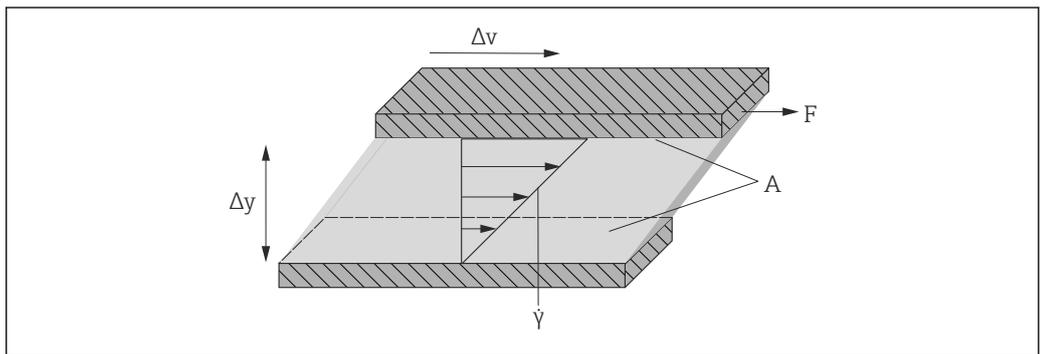
### 5.1 Definitionen der Viskosität (Allgemein)

Verschiebt man eine von zwei sich gegenüberliegenden Platten, zwischen denen sich eine Flüssigkeit befindet, in horizontaler Richtung (→ 2, 23) gegeneinander, so ist dazu eine bestimmte Kraft  $F$  (Scherkraft) notwendig, da die Flüssigkeit der Fließbewegung in Form eines inneren Widerstands entgegenwirkt.

Das Verhältnis zwischen der bewegten Fläche  $A$  und der Scherkraft  $F$  bezeichnet man als Schubspannung  $\tau$ .

$$\tau = \frac{F}{A} \quad \text{Pa} \quad \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

A0019949



A0002479

2 Schergeschwindigkeit

A	Reibfläche
F	Scherkraft
$\dot{\gamma}$	Schergeschwindigkeit
$\Delta v$	Geschwindigkeitsänderung
$\Delta y$	Plattenabstand bzw. Schichtdicke

Das Verhältnis zwischen Geschwindigkeitsänderung  $\Delta v$  und Schichtdicke  $\Delta y$  (Abstand zwischen den Platten) bezeichnet man als Schergeschwindigkeit  $\dot{\gamma}$ .

$$\dot{\gamma} = \frac{\Delta y}{\Delta v} \quad \frac{\text{m}}{\text{m} \cdot \text{s}} = \frac{1}{\text{s}}$$

A0019948

#### 5.1.1 Dynamische Viskosität

Die Dynamische Viskosität ( $\eta$ ) errechnet sich aus dem Verhältnis Schubspannung  $\tau$  zur Schergeschwindigkeit  $\dot{\gamma}$ .

$$\eta = \frac{\tau}{\dot{\gamma}} = \frac{F/A}{\Delta v / \Delta y} = \frac{F \cdot \Delta y}{A \cdot \Delta v} \quad \frac{\text{N/m}^2}{(\text{m/s})/\text{m}} = \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{(\text{m/s}) \cdot \text{m}^2} = \frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}^2} = \text{Pa} \cdot \text{s}$$

A0019947

Die SI-Einheit für die Dynamische Viskosität  $\eta$  ist die Pascalsekunde ( $\text{Pa} \cdot \text{s}$ ). Weit verbreitet ist noch die Einheit Poise (P), wobei gilt:

$$1 \text{ mPa} \cdot \text{s} = 1 \text{ cP}$$

$$1 \text{ Pa} \cdot \text{s} = 10 \text{ P}$$

Eine Auswahl der geläufigsten Viskositätseinheiten: ( $\rightarrow$   31).

### 5.1.2 Kinematische Viskosität

Die Kinematische Viskosität  $\nu$  ist der Quotient aus der Dynamischen Viskosität  $\eta$  einer Flüssigkeit und deren Dichte  $\rho$ .

$$\nu = \frac{\eta}{\rho} \quad \frac{(\text{N} \cdot \text{s})/\text{m}^2}{\text{kg}/\text{m}^3} = \frac{(\text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2 \cdot \text{s})/\text{m}^2}{\text{kg}/\text{m}^3} = \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

A0019950

Die SI-Einheit für die Kinematische Viskosität ist  $\text{m}^2/\text{s}$ , verbreitet ist aber auch die Einheit Stokes (St), wobei gilt:

$$1 \text{ m}^2/\text{s} = 1\,000\,000 \text{ cSt}$$

$$1 \text{ mm}^2/\text{s} = 1 \text{ cSt (centiStokes)}$$

Eine Auswahl der geläufigsten Viskositätseinheiten: ( $\rightarrow$   31).

## 5.2 Differenzierung des viskosen Verhaltens

Man unterscheidet Newton'sche Flüssigkeiten und Nicht-Newton'sche Flüssigkeiten nach ihrem Viskositätsverhalten bei unterschiedlichen Schergeschwindigkeiten. Bei Newton'sche Flüssigkeiten bleibt das Viskositätsverhalten bei unterschiedlichen Schergeschwindigkeiten gleich. Bei Nicht-Newton'sche Flüssigkeiten verändert sich das Viskositätsverhalten bei unterschiedlichen Schergeschwindigkeiten.

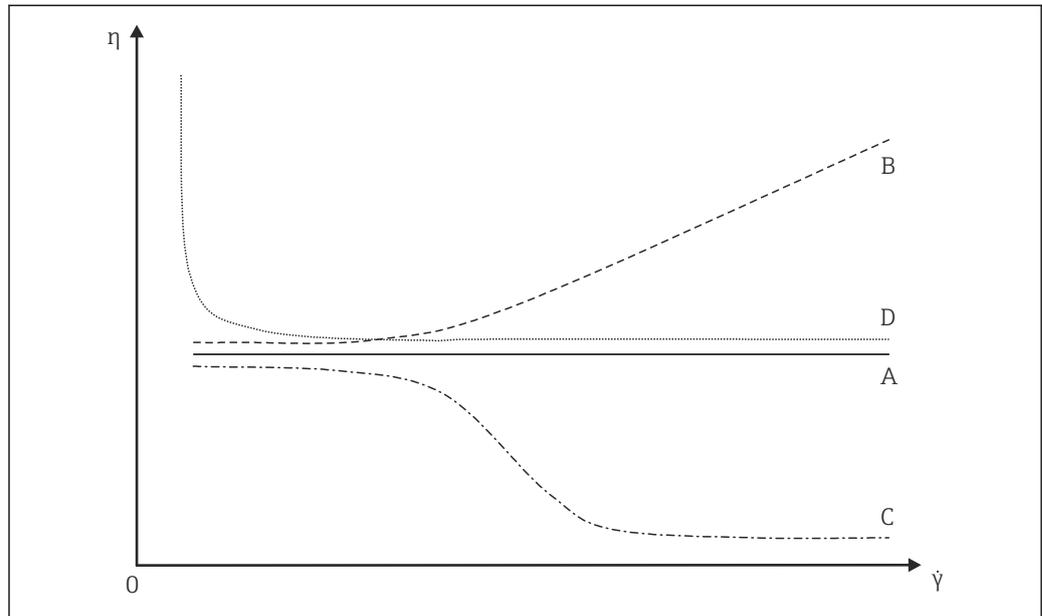
### 5.2.1 Newton'sche Flüssigkeit

	Beispiel	Viskositätsverhalten bei steigender Schergeschwindigkeit
<b>Merkmal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Wasser</li> <li>▪ Schmieröle</li> </ul>	kein Einfluss

### 5.2.2 Nicht-Newton'sche Flüssigkeit

	Beispiel	Viskositätsverhalten bei steigender Schergeschwindigkeit	
zeitunabhängiges Verhalten	<b>Dilatante Flüssigkeit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Konzentrierte Lösungen aus Zucker und Wasser</li> <li>▪ Wasserhaltige Suspensionen aus Reisstärke</li> <li>▪ Nasser Sand</li> </ul>	steigt
	<b>Strukturviskose Flüssigkeit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Gelatine</li> <li>▪ Ton</li> <li>▪ Milch</li> <li>▪ Creme</li> <li>▪ Fruchtsaftkonzentrate</li> <li>▪ Salatsoßen</li> </ul>	steigt
	<b>Bingham Flüssigkeit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bestimmte Emulsionen</li> <li>▪ Ölfarbe</li> </ul>	sinkt, verhält sich aber ab einer bestimmten Schergeschwindigkeit wie eine Newton'sche Flüssigkeit
zeitabhängiges Verhalten	<b>Thixotrope Flüssigkeit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Joghurt</li> <li>▪ Mayonnaise</li> <li>▪ Margarine</li> <li>▪ Speiseeis</li> <li>▪ Farben</li> </ul>	sinkt, nimmt aber im Ruhezustand wieder den Originalzustand an
	<b>Rheopexe Flüssigkeit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Gips suspension in Wasser</li> <li>▪ Druckertinte</li> </ul>	steigt, fällt im Ruhezustand aber wieder ab

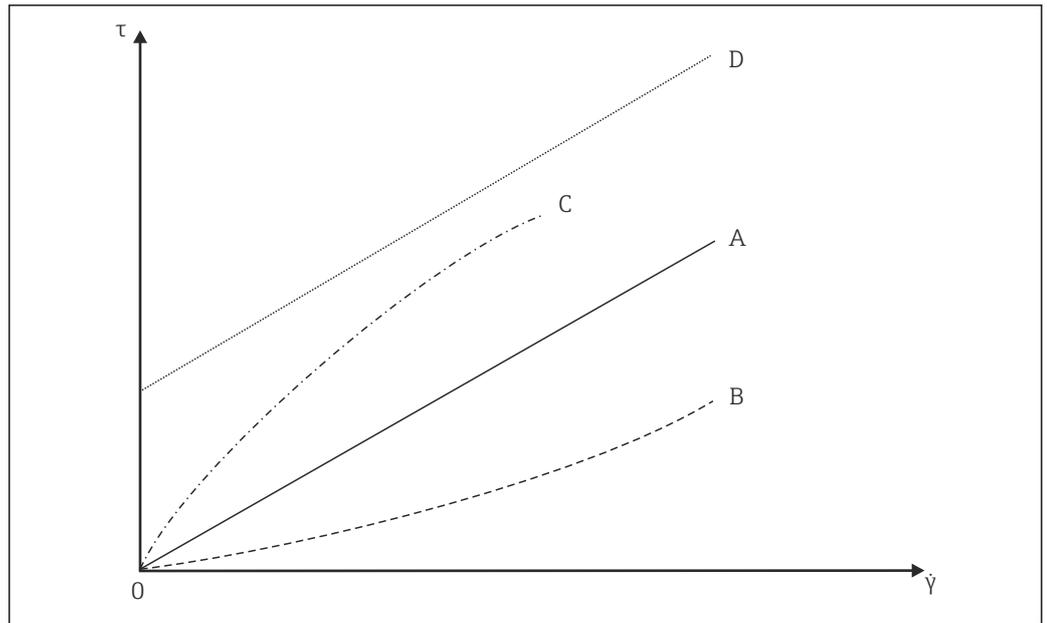
### 5.2.3 Viskositäts- und Fließkurven



A0002575

3 Viskositätskurven

- A Viskositätskurve einer Newton'schen Flüssigkeit
- B Viskositätskurve einer dilatanten Flüssigkeit
- C Viskositätskurve einer strukturviskosen Flüssigkeit
- D Viskositätskurve einer Bingham Flüssigkeit
- $\dot{\gamma}$  Schergeschwindigkeit
- $\eta$  Dynamische Viskosität



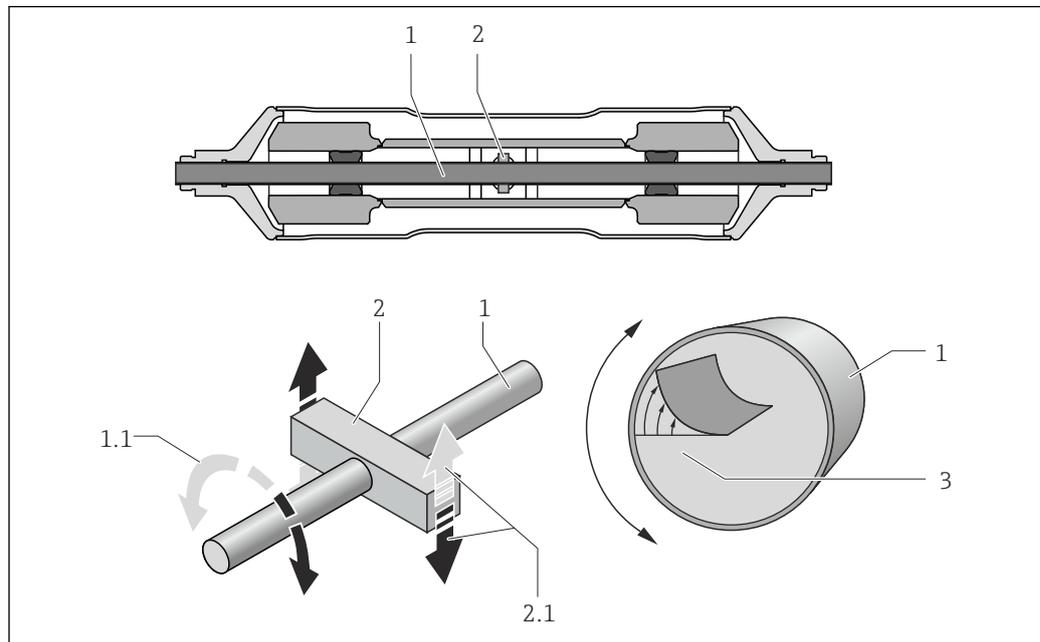
A0002492

4 Fließkurven

- A Fließkurve einer Newton'schen Flüssigkeit
- B Fließkurve einer dilatanten Flüssigkeit
- C Fließkurve einer strukturviskosen Flüssigkeit
- D Fließkurve einer Bingham Flüssigkeit
- $\dot{\gamma}$  Schergeschwindigkeit
- $\tau$  Schubspannung

### 5.3 Prinzip der Viskositätsmessung mit Promass I

Das patentierte Messprinzip basiert auf einer Torsionsbewegung des Messrohres:



A0010144

- 1 Messrohr
- 1.1 Drehbewegung des Messrohres
- 2 Drehbalken
- 2.1 Drehbewegung des Drehbalkens
- 3 Geschwindigkeitsprofil im Medium

Ein am Messrohr (1) angebrachter "Drehbalken" (2) bewirkt eine Drehbewegung (Torsionsbewegung), welche für die Viskositätsmessung ausgenutzt wird. Diese Torsionsbewegung verursacht über den Rohrquerschnitt ein Geschwindigkeitsprofil im Medium (3). Das Geschwindigkeitsprofil ist somit Ausdruck der Viskosität. Da die Viskosität des Mediums die Messrohrschwingung dämpft, ist bei höherer Viskosität eine größere Erregerleistung, d.h. Kraft erforderlich, um die Torsionsbewegung aufrecht zu erhalten. Durch das Messen dieser Erregerleistung wird schließlich die dynamische Viskosität bestimmt. Durch die gleichzeitige und unabhängige Erfassung der Messstoffdichte, lässt sich zusätzlich auch die kinematische Viskosität ermitteln.

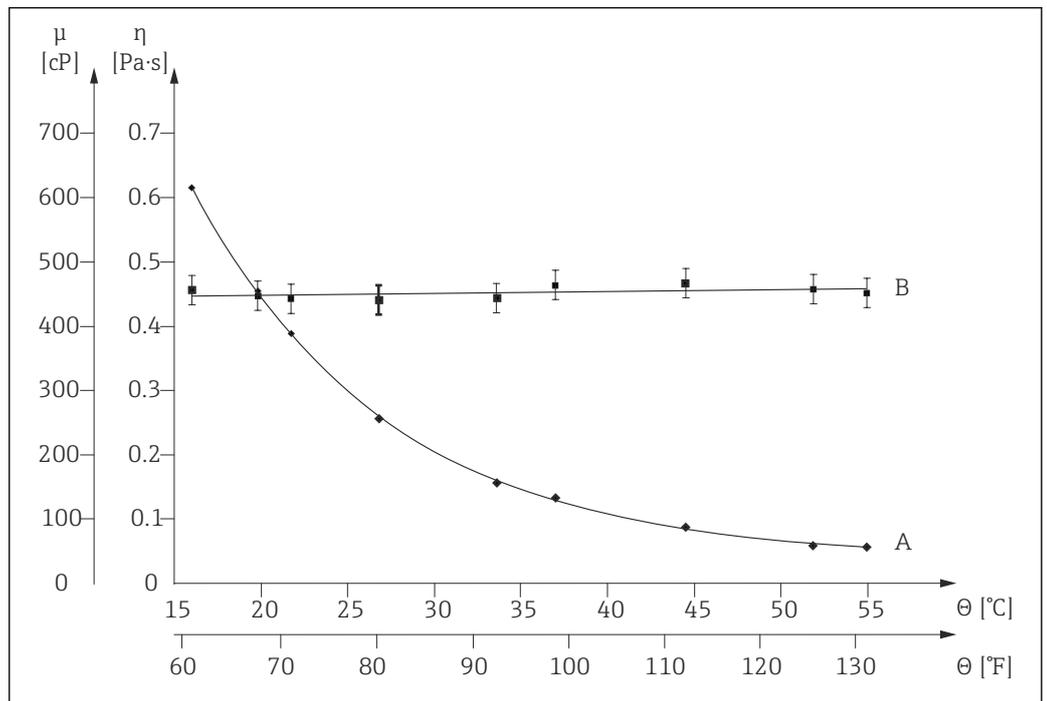
### 5.4 Temperaturkorrektur des Viskositätswerts

Die Viskosität einer Flüssigkeit hängt von der Mediumstemperatur ab. Im Regelfall sinkt die Viskosität bei steigender Temperatur.

Der Temperatureinfluss wird beim Vergleichen von Labor- und Prozessmessungen deutlich. Die Prozess- und Labortemperatur weichen im Standardfall voneinander ab. Damit beide Messungen vergleichbar sind, kann das Messgerät die Prozessviskosität mit verschiedenen Modellen auf eine Referenztemperatur zurückrechnen. Dafür stehen drei Rechenmodelle zur Verfügung (→ 30). Zum Einsatz kommt das Modell, bei dem der Viskositätsverhalten die geringste Fehlerabweichungen aufweist(→ 5, 29).

Das Messgerät berechnet die Temperaturkorrektur des Viskositätswerts auf Basis der Kompensationskoeffizienten X1 und X2 (→ 8).

In folgendem Beispiel wird die Korrektur der Viskosität auf 20 °C dargestellt:



5 Temperaturkorrektur der Viskosität von Glycerin auf 20 °C

- μ, η      Dynamische Viskosität
- θ          Temperatur
- A          Messwert aus Prozessmessung
- B          Berechnete Normviskosität auf 20°C bezogen

## 5.5 Formelmodelle zur Temperaturkorrektur

Das Messgerät berechnet die Temperaturkorrektur des Viskositätswerts auf Basis folgender Formelmodelle:

Modelle	dynamische Viskosität $\eta$
Potentiell	$\eta_N = \eta \cdot x_1 \cdot (\theta/\theta_{ref})^{x_2}$
Exponentiell	$\eta_N = \eta \cdot x_1 \cdot e^{x_2 \cdot (\theta - \theta_{ref})}$
Polynom	$\eta_N = \eta \cdot [1 + x_1 \cdot (\theta - \theta_{ref}) + x_2 \cdot (\theta - \theta_{ref})^2]$

Modelle	kinematische Viskosität $\nu$
Allgemein	$\nu_N = \eta_N / \rho_N$

$\eta_N$	Dynamische Viskosität unter Normal-/Laborbedingungen
$\eta$	Dynamische Viskosität bei Prozesstemperatur
$x_1$	Kompensationskoeffizient $X_1$
$x_2$	Kompensationskoeffizient $X_2$
$\theta$	Prozesstemperatur
$\theta_{ref}$	Referenztemperatur
$\nu_N$	kinematische Viskosität unter Normal-/Laborbedingungen
$\rho_N$	Normdichte

-  Bei großen Temperaturdifferenzen zwischen Flüssigkeit und Umgebung kann eine Rohrbeheizung bzw. -isolation helfen, um Abkühlungseffekte der Flüssigkeit zu vermeiden.
- Sollen mehr als eine Flüssigkeit korrigiert dargestellt werden, sollte die Korrektur extern (z.B. in einem SPS/PLC) durchgeführt werden.

## 6 Vergleichstabelle für Viskositäten

Centi Poise (cP) (mPa · s) <sup>1)</sup>	Poise (P)	DIN-Becher 4 (s) <sup>2)</sup>	Pascalsekunde (Pa · s) <sup>3)</sup>	°Engler	Ford-Becher 4 (s) <sup>2)</sup>
10	0,1	10	0,01	1,83	5
15	0,15	11	0,015	2,32	8
20	0,2	12	0,02	2,87	10
25	0,25	13	0,025	3,46	12
30	0,3	14	0,03	4,07	14
40	0,4	15	0,04	5,33	18
50	0,5	16	0,05	6,62	22
60	0,6	18	0,06	7,93	25
70	0,7	21	0,07	9,23	28
80	0,8	23	0,08	10,54	32
90	0,9	25	0,09	11,86	34
100	1	27	0,1	13,17	37
120	1,2	31	0,12	15,8	43
140	1,4	34	0,14	18,43	48
160	1,6	38	0,16	21,06	54
180	1,8	43	0,18	23,69	58
200	2	46	0,2	26,3	64
220	2,2	51	0,22	28,9	70
240	2,4	55	0,24	31,6	75
260	2,6	58	0,26	34,2	80
280	2,8	63	0,28	36,8	86
300	3	68	0,3	39,4	93
320	3,2	72	0,32	42,1	100
340	3,4	76	0,34	44,7	107
360	3,6	82	0,36	47,4	112
380	3,8	86	0,38	50	119
400	4	90	0,4	52	124
420	4,2	95	0,42	55,1	130
440	4,4	100	0,44	57,6	138
460	4,6	104	0,46	60,4	142
480	4,8	109	0,48	63,0	150
500	5,0	112	0,50	65,8	155
550	5,5	124	0,55	72,4	170
600	6,0	135	0,60	79,0	185
700	7,0	160	0,70	92,1	220
800	8,0	172	0,80	105,2	249
900	9,0	195	0,90	117,8	280
1000	10,0	218	1	131,6	310

- 1) Milli Pascal-Sekunde  
 2) Sekunde  
 3) Pascal-Sekunde

[www.addresses.endress.com](http://www.addresses.endress.com)

---