

Smart Function Kit Pressing - Expert Note Kraftregelung



Die angegebenen Daten dienen der Produktbeschreibung. Sollten auch Angaben zur Verwendung gemacht werden, stellen diese nur Anwendungsbeispiele und Vorschläge dar. Katalogangaben sind keine zugesicherten Eigenschaften. Die Angaben entbinden den Verwender nicht von eigenen Beurteilungen und Prüfungen. Unsere Produkte unterliegen einem natürlichen Verschleiß- und Alterungsprozess.

© Bosch Rexroth AG. Alle Rechte vorbehalten, auch bzgl. jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung, Weitergabe, sowie für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

Auf der Titelseite ist eine Beispielkonfiguration abgebildet. Das ausgelieferte Produkt kann daher von der Abbildung abweichen.

Das Originaldokument wurde in deutscher Sprache erstellt.

Inhaltsverzeichnis

1	Softwareversion	4
2	Beschreibung	5
2.1	Funktionsumfang	5
2.2	Abgrenzung	5
2.3	Einschränkungen	5
3	Projektierung	7
4	Hinweise zur Bedienung	9
4.1	Baustein und Parameter	9
4.1.1	Grundsätzliche Beschreibung des Bausteins	9
4.1.2	Parameter im Baustein	10
4.2	Prozessoptimierung	13

1 Softwareversion

Dieses Dokument ist gültig ab Software Version 5.3.114.

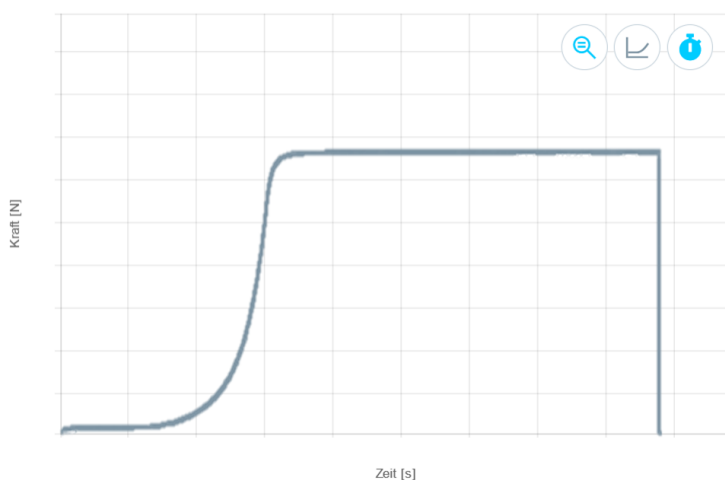
2 Beschreibung

2.1 Funktionsumfang

Mit der Funktion Kraftregelung im Baustein "Fügen mit Kraftregelung" können Prozesse realisiert werden, in denen die Zielkraft für einen definierten Zeitraum konstant gehalten werden muss, auch wenn sich das Werkstück in der Größe verändert bzw. die Position schwankt.

Nachdem die Zielkraft erreicht ist, bleibt die Position variabel und wird automatisch angepasst, sodass der Kraftwert gleich bleibt. Dabei werden Maximalposition und Maximalkraft überwacht, um Beschädigungen am System und am Werkzeug zu vermeiden.

Zur besseren Prozessdarstellung und Analyse kann in der Kurvenansicht von der Kraft/Position Ansicht auf die Kraft/Zeit Ansicht gewechselt werden.



2.2 Abgrenzung

Im Gegensatz zum Baustein "Fügen mit Kraftregelung" arbeiten die Bausteine "Fügen auf Kraft" und "Fügen auf Position" auf Basis einer Positionsregelung.

Sobald die Zielkraft oder Zielposition erreicht ist, erfolgt bei Nutzung dieser Bausteine in den meisten Fällen direkt das nächste Verfahrkommando (z.B. Rückhub).

Erfolgt kein Verfahrkommando wird die Position konstant gehalten. Auf eine eventuelle Veränderung der Werkstückgröße kann nicht durch Nachregelung reagiert werden, was bedeutet, dass sich die Kraft bei Ausdehnung des Werkstücks erhöht bzw. bei Verkleinerung reduziert.

2.3 Einschränkungen

Die Funktion Kraftregelung hat folgende Einschränkungen und Limitierungen:

- Die Funktion Kraftregelung kann nur in Kombination mit einem Kraftsensor genutzt werden.
- Die Haltezeit ist auf maximal 10 Minuten beschränkt (die thermische Auslastung von Motor oder Antriebsregler können die mögliche Haltezeit weiter limitieren).
- Für die im Baustein "Fügen mit Kraftregelung" eingebbbare Haltezeit und Zielkraft gibt es keine Einschränkung im Bezug auf die thermische Auslastung von Motor, Antriebsregler und ggf. auch Zylinder. Diese Betrachtung muss bereits in der Projektierungsphase erfolgen. Eine Berechnung ist mit dem Tool LinSelect möglich. (Siehe Kapitel [Projektierung](#)).

**Hinweis**

Im Falle einer thermischen Überlastung von Motor oder Antriebsregler im Betrieb gibt das System zuerst eine Warnmeldung und bei Erreichung der zulässigen Maximaltemperatur eine Fehlermeldung aus. Motor und Regler werden dann automatisch abgeschaltet um Schäden zu vermeiden.

- Bewertungselemente (Fenster, Grenzwerte, Hüllkurven) können nur in der Kraft/Position Ansicht des Kurvendiagramms erstellt werden. Nicht in der Kraft/Zeit Ansicht.
- Die Eingabe von Zugkräften ist nicht möglich.
- Zwischen zwei aufeinander folgenden Bausteinen "Fügen mit Kraftregelung" gibt es eine Stillstandszeit von bis zu 30 ms. Während dieser Zeit hält das System die Position konstant.
- Das Kurvendiagramm im Dashboard wird bei Prozessen > 10 s nur alle 500 ms geupdatet. Die Datenaufzeichnung ist davon nicht betroffen und erfolgt über den gesamten Prozess hinweg mit der parametrisierten Rate (in der Regel 4 ms).

3 Projektierung

Um sicherzustellen, dass das System die Zielkraft über den geforderten Zeitraum halten kann, ist eine Auslegung im Tool LinSelect zwingend erforderlich.

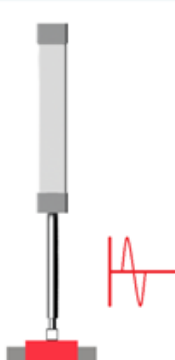
Dieses steht auf der [Rexroth Homepage](#) zum Download zur Verfügung.

Dort können alle berechnungsrelevanten Prozessdaten erfasst werden und das System wird sowohl bzgl. der mechanischen, der elektrischen als auch der thermischen Auslastung ausreichend dimensioniert.

Auswahl Referenzprozess "Einpressen/Kraftregelung":

Prozess definieren

Wählen Sie Ihren Referenzprozess aus.



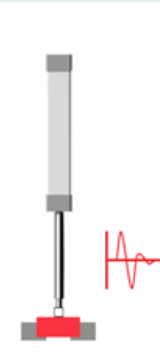
Referenzprozesse

- ☐ Einpressen
- ☒ Einpressen/Kraftregelung
- ☐ Handling
- ☐ Individuell

→ Weiter

Prozess definieren

Tragen Sie hier Ihre Anwendungsparameter ein und erstellen Sie im Anschluss Ihren Referenzprozess.



Verfahrweg (Eilgang vor) [mm]

Verfahrweg (Einpressen) [mm]

Überschwingen (Regelung) [mm]

Gesamtzykluszeit [s]

Zeit (Einpressen) [s]

Regelzeit [s]

Regelzeit = 1[s] - 600[s] möglich

Pause [s]

Masse [kg]

Einpresskraft (DRUCK) [N]

☐ konstant ☒ ansteigend

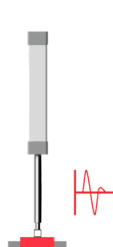
+ Erstellen

← Zurück

Eingabe der Prozessparameter:

Prozess definieren

Der Referenzprozess kann sehr leicht angepasst werden. Einfach den gewünschten Parameter überschreiben und aktualisieren. Mit 'Individuell' können einzelne Prozessschritte angepasst, gelöscht oder eingefügt werden.



Verfahrweg (Eilgang vor) [mm]

Verfahrweg (Einpressen) [mm]

Überschwingen [mm]

Gesamtzykluszeit [s]

Zeit (Einpressen) [s]

Regelzeit [s]

Regelzeit = 1[s] - 600[s] möglich

Pause [s]

Masse [kg]

Einpresskraft (DRUCK) [N]

☐ konstant ☒ ansteigend

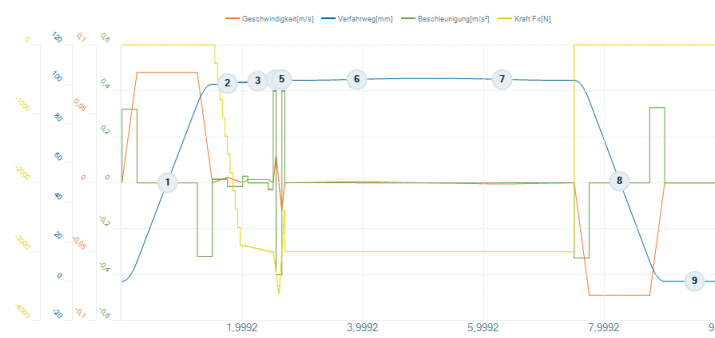
← Zurück ☒ Individuell

Prozess

Anzeigemodus ☐ ☐ ☐ ☒

Eff. Verfahrweg s eff.: 103 [mm] Max. Geschwindigkeit v max.: 0,082 [m/s] Gesamtzykluszeit t zyk.: 10 [s]

Hubreserve s res.: 10 [mm] Max. Verfahrweg s max.: 113 [mm] Max. Beschleunigung a max.: 0,4 [m/s²] Rückbegrenzung: 25 [%]



— Geschwindigkeit[m/s] — Verfahrweg[mm] — Beschleunigung[m/s²] — Kraft Fx[N]

1 2 3 5 6 7 8 9

[s]

Ergebnis:

Empfehlungen			
Beste Technik	SPK-004-NN-1	Max. Verfahrenweg Ausführung Mech Antrieb Motoranbau Motor Antriebsregler Automations- und Antriebspaket Funktionspaket	113 [mm] Smart Function Kit - Pressing MF01 mit Flansch 1 Kugelgewindetrieb/ BASA 20x5Rx3-4 11 MF MS2N04 216 MS2N04-C0BTN-CMSH1-NNNNE-NN/ mit Haltebremse 1XX HCS01.1E-W0008--_03-_ _ _ _ _ IndraDrive, PR21, Kraftsensor, Web HMI Pressing
Bester Preis	SPK-004-NN-1		
Beste Lieferzeit	SPK-004-NN-1	Auslastung Mechanik Auslastung Motor Auslastung Antriebsregler	erforderlich Produktgrenze [%] 43 100 [%] 45 100 [%] 89 100

Hinweis

Für Unterstützung bei der Projektierung kontaktieren Sie ihren lokalen Rexroth Ansprechpartner.
Contact locator: www.boschrexroth.com/contact

4 Hinweise zur Bedienung

4.1 Baustein und Parameter

Der Baustein ist in der Bibliothek unter dem Namen "Fügen mit Kraftregelung" zu finden.

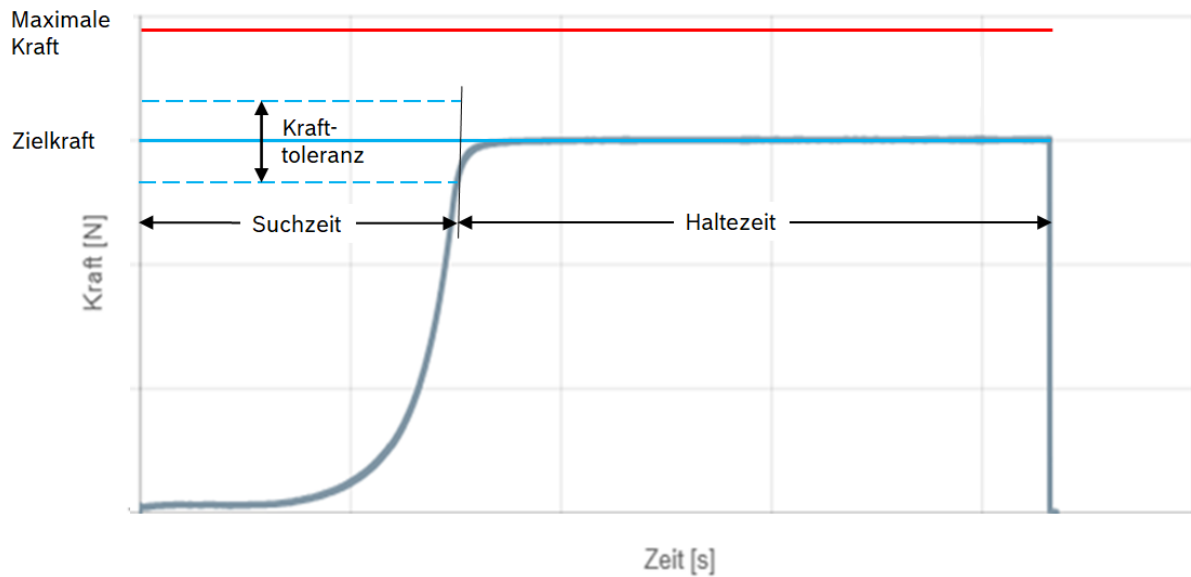
Er kann per Drag&Drop oder durch Anklicken in die Sequenz eingefügt werden.

BIBLIOTHEK



4.1.1 Grundsätzliche Beschreibung des Bausteins

- Im Baustein wird kontinuierlich die Differenz zwischen der aktuellen Kraft des Systems und der vorgegebenen Zielkraft ermittelt und reduziert (kontinuierliche Regelung).
- Es wird intern in die zwei Modi Suchmodus und Regelmodus unterschieden.
 - Suchmodus:
 - System versucht Zielkraft zu erreichen.
 - Die maximale Zeit, die das System im Suchmodus verbringen soll kann im Baustein limitiert werden.
 - Erreicht das System die Zielkraft nicht innerhalb der vorgegebenen Zeit, erscheint ein Fehler und das Programm wird abgebrochen, Position wird gehalten.
 - Regelmodus:
 - Zielkraft (unter Berücksichtigung der definierten Krafttoleranz) wurde mindestens ein Mal erreicht.
 - Die Haltezeit startet.
 - Das System hält die Kraft für die definierte Haltezeit konstant.
- In beiden Modi ist die Kraftregelung mit den gleichen Parametern aktiv.
- Ist die Haltezeit vorüber, verbleibt das System an seiner aktuellen Position, bis das nächste Verfahrkommando erfolgt.
- Der Baustein kann mit vorhergehenden Bausteinen verschliffen werden d.h. das System stoppt die Bewegung zwischen zwei Bausteinen nicht vollständig ($v=0$), sondern passt nur die Geschwindigkeit auf die neue Vorgabe an.
- Der Baustein kann mehrfach hintereinander im Programmablauf verwendet werden.
- Es gibt die Limits maximale Position, maximale Kraft und maximale Zeit für Zielkraftherreichung, die überwacht werden.
- Die Datenaufzeichnung erfolgt üblicherweise im 4 ms Takt. Bei Bedarf (z.B. um die Datenmenge zu reduzieren) kann die Datenaufzeichnungsrate über den Parameter [P-0-0279 Zeitauflösung Trending](#) in den Einstellungen angepasst/reduziert werden.



4.1.2 Parameter im Baustein

<p>✓ Zielkraft</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>FESTWERT</th> <th>VARIABLE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5000</td> <td>N</td> </tr> </tbody> </table>	FESTWERT	VARIABLE	5000	N	<p>Kraft, die während der Bausteinabarbeitung erreicht und gehalten werden soll.</p> <p>Die Zielkraft kann höher oder niedriger als die zuletzt anliegende Kraft sein (aber nicht negativ).</p> <p>Jeder Wert innerhalb der Systemgrenzen ist möglich.</p> <p>Der Parameter kann als Festwert oder Variable vorgegeben werden.</p> <p>Einheit: Newton</p>
FESTWERT	VARIABLE				
5000	N				
<p>! Maximalkraft</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>FESTWERT</th> <th>VARIABLE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>6000</td> <td>N</td> </tr> </tbody> </table>	FESTWERT	VARIABLE	6000	N	<p>Maximalkraft, die während der Bausteinabarbeitung gültig ist.</p> <p>Vorbelegt und limitiert auf die System-Maximalkraft. Niedrigere Eingabewerte sind möglich.</p> <p>Die Maximalkraft muss höher als die Zielkraft sein.</p> <p>Wird die Maximalkraft überschritten, wird die Sequenz mit einem Fehler abgebrochen.</p> <p>Der Parameter kann als Festwert oder Variable vorgegeben werden.</p> <p>Einheit: Newton</p>
FESTWERT	VARIABLE				
6000	N				

<div> <div>✓ Haltezeit</div> <div> <div>FESTWERT</div> <div>VARIABLE</div> </div> <div> <div>60</div> <div>s</div> </div> </div>	<p>Haltezeit im Regelmodus.</p> <p>Eingaben zwischen 0 und 600 Sekunden möglich.</p> <p>Die Haltezeit beginnt sobald der Baustein im Regelmodus ist (Zielkraft, unter Berücksichtigung der definierten Krafttoleranz, wurde mindestens ein Mal erreicht).</p> <p>Ist die Haltezeit vorüber, verbleibt das System an seiner aktuellen Position, bis das nächste Verfahrkommando erfolgt.</p> <p>Der Parameter kann als Festwert oder Variable vorgegeben werden.</p> <p>Einheit: Sekunden</p>
<div> <div>⚙️ Regeldynamik (P)</div> <div> <div>FESTWERT</div> <div>VARIABLE</div> </div> <div> <div>1</div> <div>(mm/s)/kN</div> </div> </div>	<p>Regelungsparameter P.</p> <p>P bestimmt die Geschwindigkeit des Systems basierend auf der Formel: $v = P * (\text{Zielkraft [kN]} - \text{aktuelle Kraft [kN]})$</p> <p>Vorbelegt mit P = 1, es wird empfohlen mit diesem Wert zu starten.</p> <p>Eingaben zwischen -1.000.000 und 1.000.000 möglich. Aber nicht 0.</p> <p>Für die Standardanwendungsfälle Aufbau einer Druckkraft durch Ausfahren des Zylinders und Kraftreduktion durch Einfahren des Zylinders ist P als positiver Wert einzugeben.</p> <p>Der Parameter kann als Festwert oder Variable vorgegeben werden.</p> <p>Einheit: (mm/s) / kN</p>
<div> <div>📌 Geschwindigkeit</div> <div> <div>FESTWERT</div> <div>VARIABLE</div> </div> <div> <div>50</div> <div>mm/s</div> </div> </div>	<p>Maximale Geschwindigkeit während der Bausteinabarbeitung.</p> <p>Eingabe limitiert auf die System-Maximalgeschwindigkeit.</p> <p>Der Parameter kann als Festwert oder Variable vorgegeben werden.</p> <p>Einheit: mm/s</p>
<div> <div>☰ Beschleunigung</div> <div> <div>FESTWERT</div> <div>VARIABLE</div> </div> <div> <div>15000</div> <div>mm/s²</div> </div> </div>	<p>Maximale Beschleunigung während der Bausteinabarbeitung.</p> <p>Vorbelegt und limitiert auf die System-Maximalbeschleunigung.</p> <p>Der Parameter kann als Festwert oder Variable vorgegeben werden.</p> <p>Einheit: mm/s²</p>

<p><input checked="" type="checkbox"/> Krafttoleranz für Start Haltezeit</p> <div> <div></div> <div> <div>FESTWERT</div> <div>VARIABLE</div> </div> <div> <div>1</div> <div></div> <div>N</div> </div> </div>	<p>Krafttoleranz für den Übergang von Suchmodus in Regelmodus und damit dem Start der Haltezeit.</p> <p>Der Übergang erfolgt sobald $\text{Zielkraft [N]} - \text{aktuelle Kraft [N]} < \text{Krafttoleranz}$.</p> <p>Das System versucht auch nach dem Erreichen des Toleranzbereichs noch näher an die vorgegebene Zielkraft zu kommen.</p> <p>Vorbelegt mit 1 N und limitiert auf die System-Maximalkraft.</p> <p>Eingabe nur als positiver Wert (oder 0) möglich, aber wirksam als Toleranz in beide Richtungen (bei Annäherung an die Zielkraft von einem größeren oder von einem kleineren Kraftwert kommend)</p> <p>Der Parameter kann als Festwert oder Variable vorgegeben werden.</p> <p>Einheit: Newton</p>
<p>! Maximale Zeit für Zielkrafterreichung</p> <div> <div></div> <div> <div>FESTWERT</div> <div>VARIABLE</div> </div> <div> <div>600</div> <div></div> <div>s</div> </div> </div>	<p>Maximale Zeit im Suchmodus.</p> <p>Vorbelegt und limitiert auf 600 s.</p> <p>Bei einer Eingabe des Wertes 0 wird der Suchmodus übersprungen und der Regelmodus beginnt sofort (sofern die Zielkraft bereits anliegt).</p> <p>Erreicht das System die Zielkraft nicht innerhalb der vorgegebenen Zeit, erscheint Fehler 041027 "Programmfehler: Fehler im Funktionsbaustein 'Kraftregelung': Zeit für Zielkrafterreichung überschritten" und das Programm wird abgebrochen. Die Position wird gehalten.</p> <p>Der Parameter kann als Festwert oder Variable vorgegeben werden.</p> <p>Einheit: Sekunden</p>
<p>! Maximalposition</p> <div> <div></div> <div> <div>FESTWERT</div> <div>VARIABLE</div> </div> <div> <div>400</div> <div></div> <div>mm</div> <div></div> </div> </div>	<p>Maximalposition, die während der Bausteinabarbeitung gültig ist.</p> <p>Vorbelegt und limitiert auf die System-Maximalposition. Niedrigere Eingabewerte sind möglich.</p> <p>Wird die Maximalposition überschritten, wird die Sequenz mit einem Fehler abgebrochen.</p> <p>Der Parameter kann als Festwert oder Variable vorgegeben werden.</p> <p>Einheit: Millimeter</p>

**Hinweis**

Die Maximalkraft im Baustein, der auf den Baustein "Fügen mit Kraftregelung" folgt muss größer sein, als die Zielkraft im Baustein "Fügen mit Kraftregelung".

4.2 Prozessoptimierung

Je nach Bauteilbeschaffenheit und erforderlicher Genauigkeit können unterschiedliche Parameter im Baustein "Fügen mit Kraftregelung" zum jeweils besten Prozessergebnis führen.

Im Folgenden werden einige Einflussfaktoren für eine Prozessoptimierung beschrieben.

Parameter P:

Je höher der (absolute) Wert des Parameter P, desto schneller versucht das System die Differenz zwischen Zielkraft und aktueller Kraft zu reduzieren.

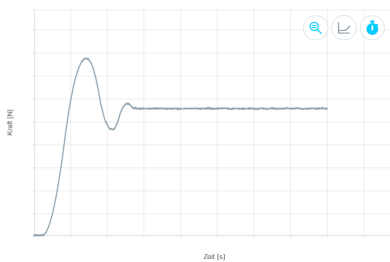
Allerdings kann ein zu hoher Wert für P auch zu einem Überschießen der Kraft mit ggf. anschließendem Aufschwingen führen.

→ P erhöhen um die Zielkraft schneller zu erreichen

→ P reduzieren um die Regelgüte zu erhöhen und Überschwngen zu reduzieren

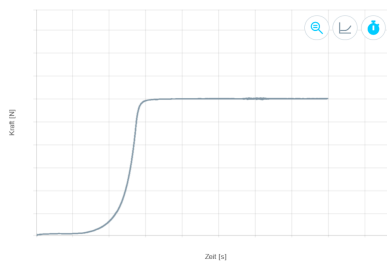
Der Parameter P muss für jede Applikation im Zuge der Prozessoptimierung passend ermittelt werden. Eine pauschale Vorgabe kann nicht gegeben werden.

Empfehlung: Niedriges P für harte Bauteile (hohe Steifigkeit), höheres P für weiche Bauteile (niedrige Steifigkeit). Beginnen mit $P = 1$.



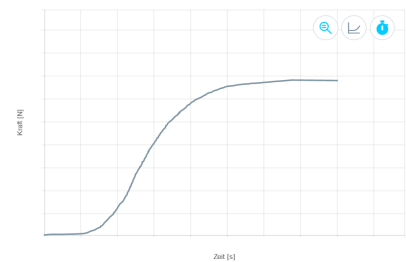
Zu hohes P:

Sehr schnelle Zielkrafterreichung, aber Gefahr von Überschießen und Aufschwingen.



Passendes P:

Schnelle Zielkrafterreichung ohne Überschwngen/Aufschwingen.



Zu niedriges P:

Sehr langsame Zielkrafterreichung, ggf. negativer Einfluss auf Taktzeit.

Beschleunigung:

Eine hohe Beschleunigung wirkt sich vorteilhaft auf die Reaktionszeit des Systems aus. Empfehlung: Starten mit dem Systemmaximum.

Geschwindigkeit:

Die Geschwindigkeit ist das Limit für die aus der Vorgabe des Parameter P resultierenden Geschwindigkeit ($v = P * (\text{target force [kN]} - \text{current force [kN]})$).

Sollte die Erhöhung des Parameter P keine Auswirkung auf die Schnelligkeit der Zielkrafterreichung haben, den Parameter Geschwindigkeit erhöhen.

Verfahrweg:

Für die Realisierung kurzer Zykluszeiten kann es sinnvoll sein, mit einem Positionierbefehl möglichst nah an das Werkstück heran zu fahren und erst dann in die Kraftregelung zu wechseln.



Hinweis

Die exakte Reaktionszeit des Systems kann vorab nicht bestimmt werden, da sie von vielen Einflussfaktoren abhängt.

Neben den beschriebenen Parametern im Baustein haben sowohl die Systemkonfiguration (Trägheit, Steifigkeit), als auch vor allem die Werkstückeigenschaften (Steifigkeit) entscheidenden Einfluss darauf.