

# Taktiler Positionieren

-

## Einsatz von Linearmotoren in Kraft-Weg überwachten Produktionsprozessen

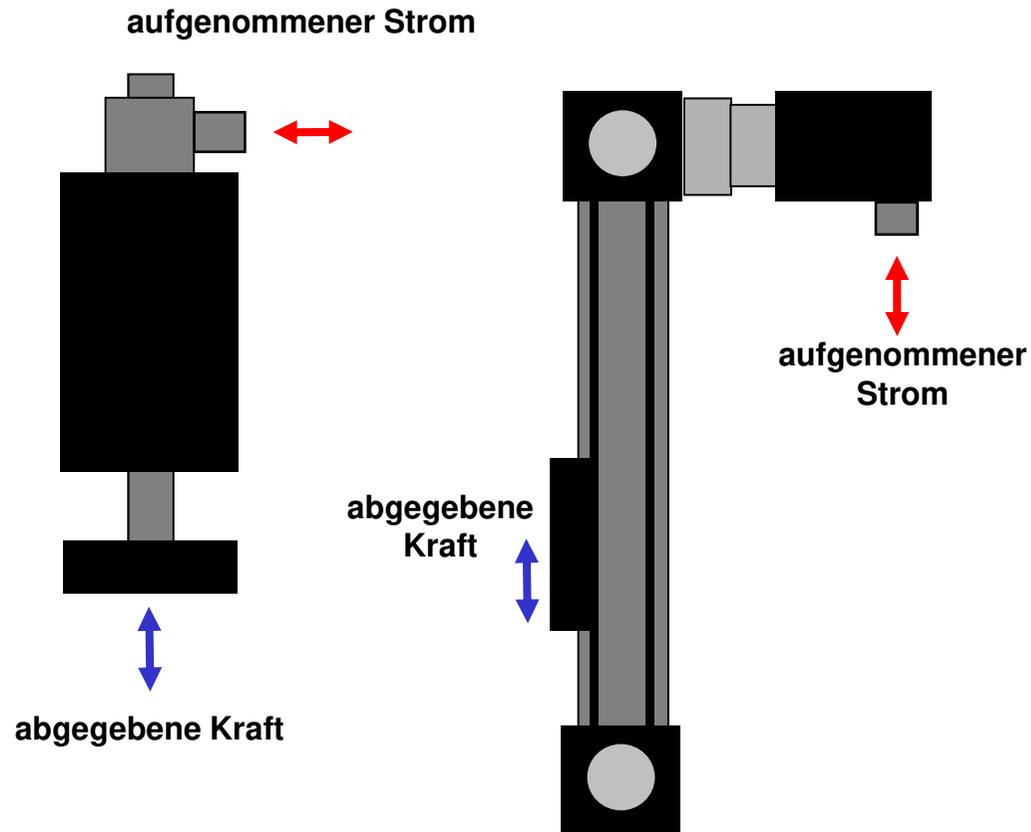
Autor: Dipl.-Physiker W. Jung - Stand: 06.12.2021



js030708.ppt

# 1. Grundlagen

## 1.1 Aktuatoren Vergleich

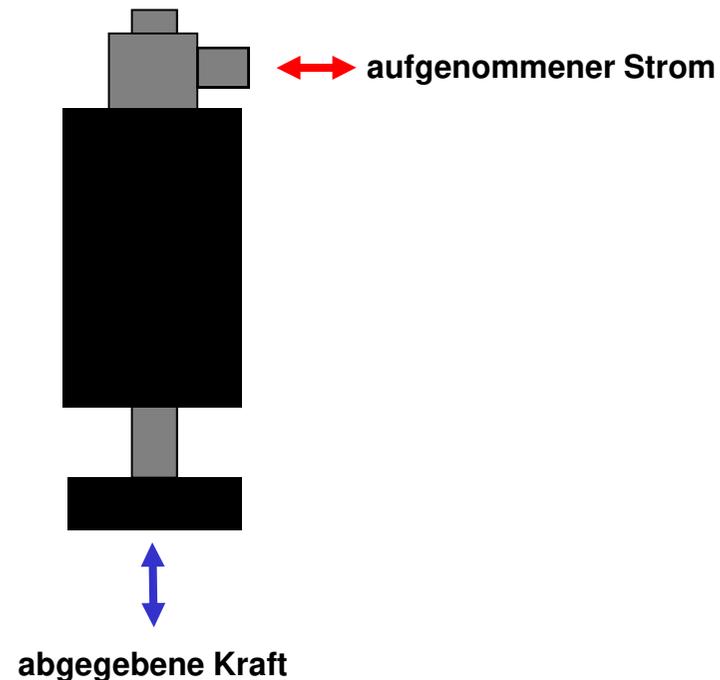


### Grundsätzlicher Vergleich

Der Vergleich von klassischen Vorschubsystemen, die mit Zahnriemen, Ritzel, Kupplungen, Planetengetrieben und rotativen Servomotoren ausgestattet sind, mit direkt angetriebenen Systemen, zeigt im Falle der klassischen Lösung anhand der Anzahl von Konstruktionselemente den Vorteil der linearen Direktantriebstechnik auf. Hier wird direkt aus Strom eine Kraft 'gemacht'!

Lineare Direktantriebe sind wegen der direkten Kopplung zwischen abgegebener Kraft und aufgenommenem Strom der Grund für die besondere Eignung beim taktilen Positionieren.

## 1.2 Prinzip Linearmotor als Kraftgeber



**Proportionalität zwischen aufgenommenem Strom und abgegebener Kraft beim Linearmotor**

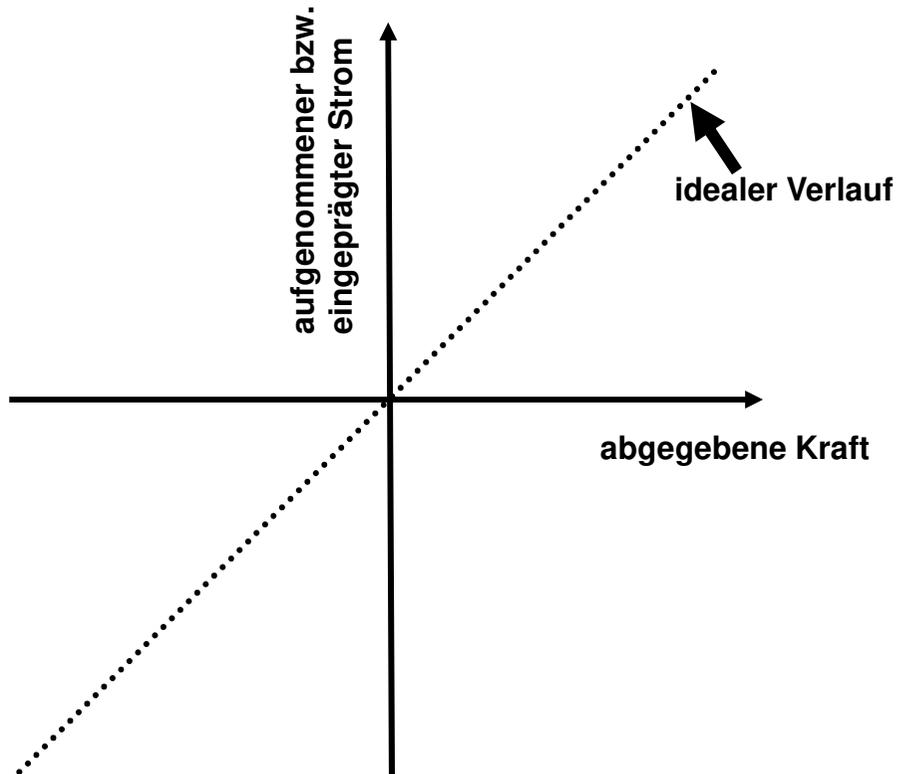
Zwischen aufgenommenem Strom und abgegebener Kraft besteht bei Linearmotoren ein direkter proportionaler Zusammenhang! Dieser Zusammenhang wird im Datenblatt des jeweiligen Motortypes durch die Kraftkonstante in der Einheit [N/A] spezifiziert.

Tatsächlich ist die vom Motor bzw. vom gesamten Aktuator abgegebene Kraft jedoch von verschiedenen Parametern abhängig!

Ohne weitere messtechnische Maßnahmen ist eine 'präzise' Kraftabgabe grundsätzlich zunächst nicht möglich!

## 1.3 Ideale Strom-Kraft Kennlinie

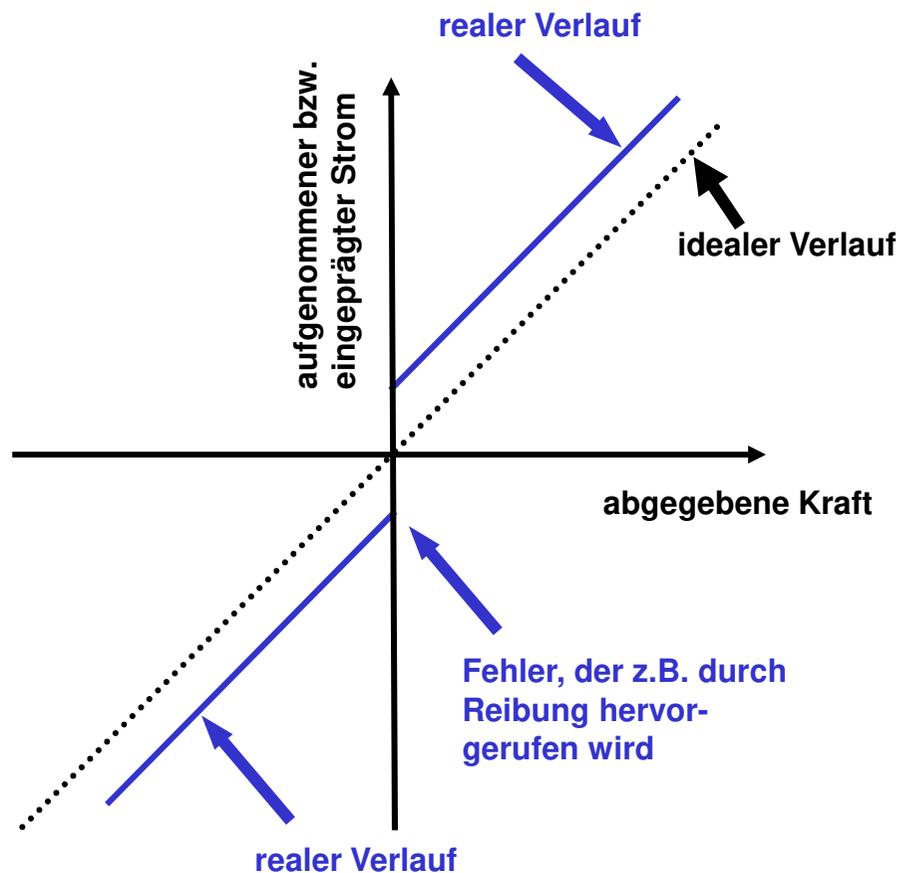
**JUNG** ANTRIEBSTECHNIK U.  
AUTOMATION GMBH



### Ideale Verhältnisse

- die abgegebene Kraft ist das Produkt aus Kraftkonstante und aufgenommenem Strom

## 1.4 Mechanische Fehlerquellen



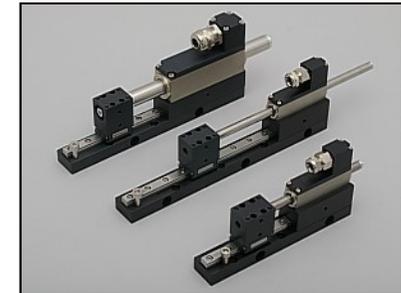
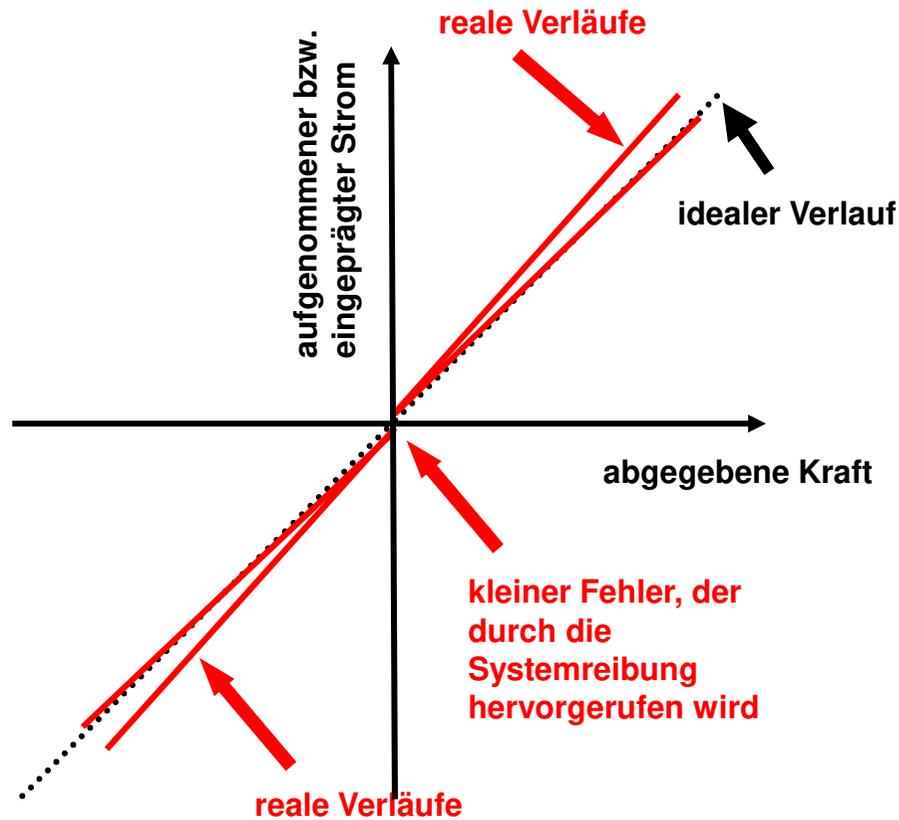
### Mechanische Fehlerquellen

- Einbaulage des Aktuators vertikal (Gewichtskraft + Reibung) bzw. horizontal (nur Reibung)
- Stick-Slip-Effekt
- mechanische Reibung
- Befettungsgrad der Führung u. Motor
- Verschmutzung
- mechanisches Einlaufen

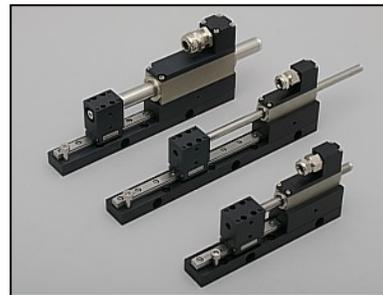
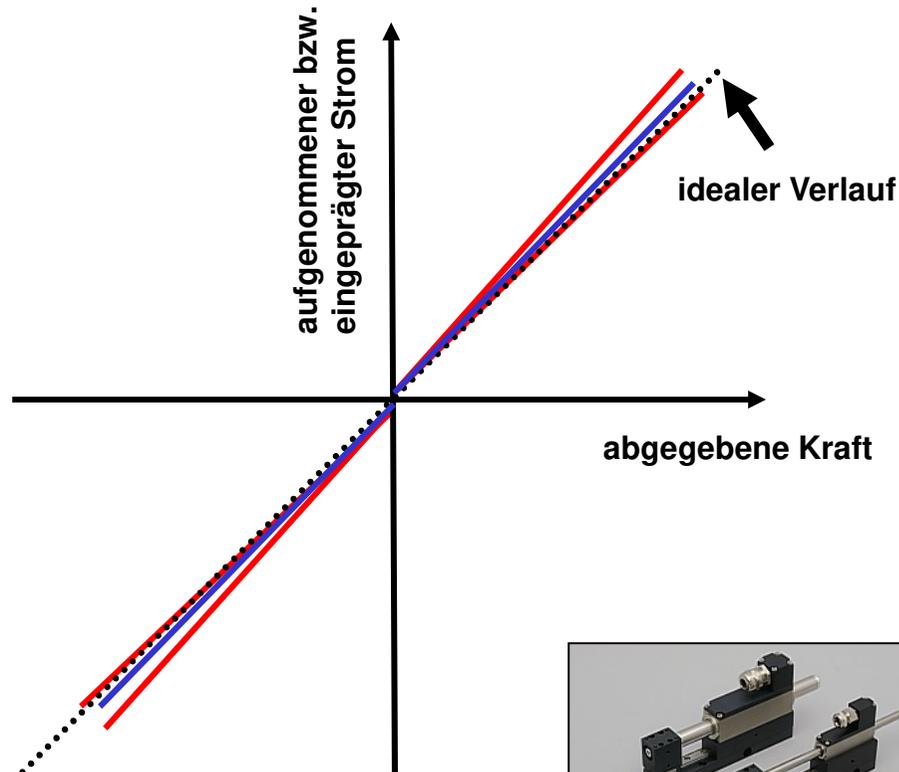
# 1.5 Magnetische Fehlerquellen (eisenlose Motortechnologie)

### Magnetische Fehlerquellen

- Toleranzen in der Magnetfeldstärke
- Toleranzen in der Magnetqualität
- Temperaturgang der Feldstärke



## 1.6 Gesamtfehler (eisenlose Motortechnologie)



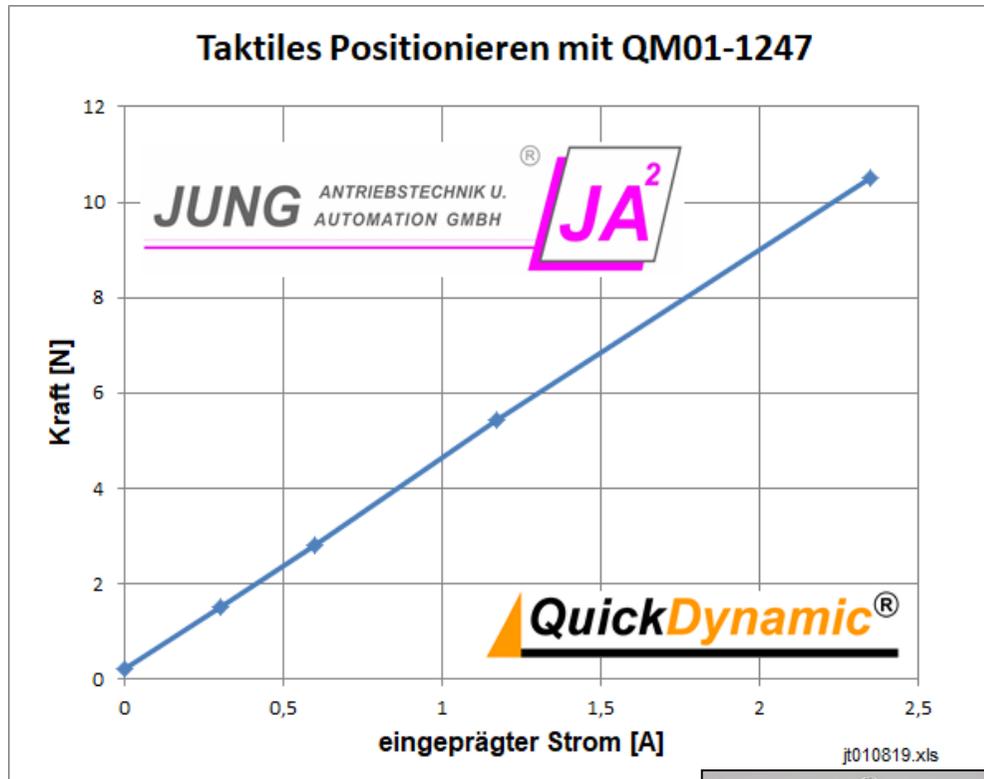
### Erfahrungswerte

Erfahrungsgemäß spielen als Fehlerquellen Gewichtskräfte, bedingt durch die Einbaulage und besonders die mechanische Reibung des gesamten Systems bei der Gesamtfehlerbetrachtung eine erhebliche Rolle!

In kleinen Kräftebereichen sind die Fehler bezogen auf den Nutzkraftwert sehr hoch anzusetzen!  
So kann nur ganz grob ein Fehler in der Größenordnung ca. 2 % angesetzt werden, der sich auf die Spitzenkraft des jeweiligen Antriebes bezieht!

Damit ist bei dieser Motortechnologie eine relativ gute Aussage über den Kraftwert möglich. Durch eine einmalige Kalibrierung mit einer Kraftmessdose kann die Messgenauigkeit erheblich verbessert werden.

## 1.7 Versuch als Beispiel (eisenlose Motortechnologie)



### Beispiel

Mit einem QuickDynamic® QM01-1247 Linearmotor-Modul wurde mit LinMot® Controller eine Strom-Kraft Kurve aufgenommen.

#### Systemvoraussetzungen:

- Spitzenkraft des Motors 10,5 N
- Dauerkraft des Motors 3,6 N
- sehr leichte Befettung des Führungswagens
- Reibkraft Motor und Schlitten in Horizontallage ca. 0,2 N
- bewegte Masse 50 Gramm (0,5 N)

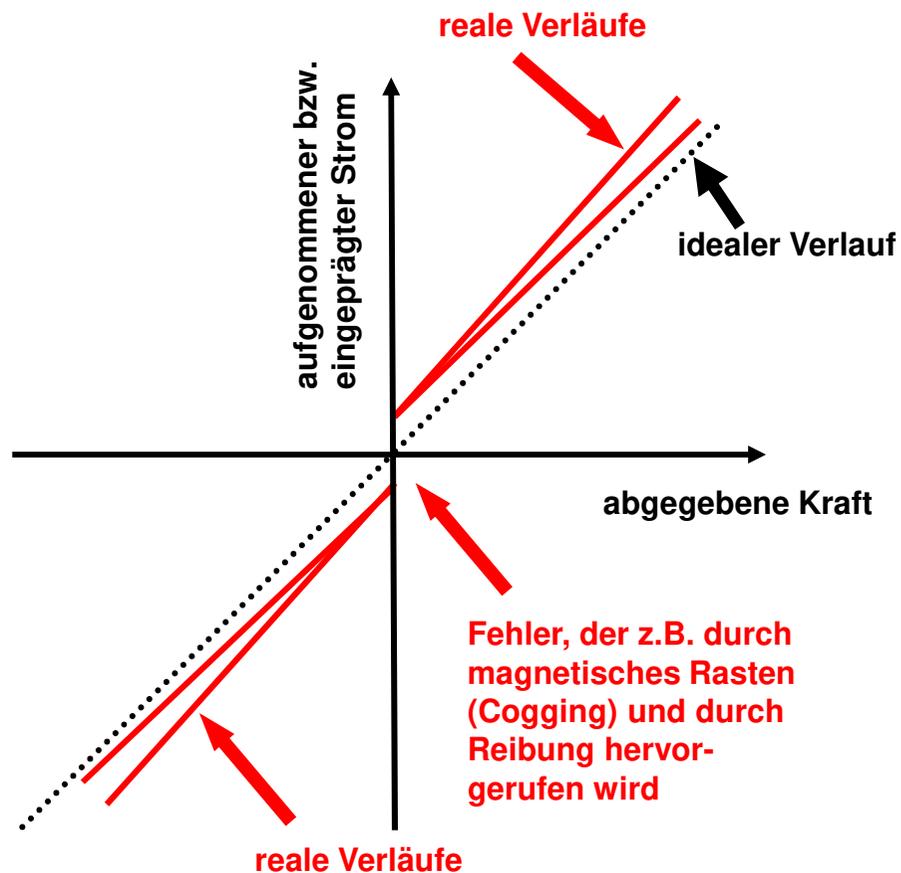
#### Versuchsbedingungen:

- Vertikale Einbaulage des Moduls mit Kraftapplikation nach unten.
- Gewichtskraft in Vertikallage (abzüglich der Reibkraft) ca. 0,3 N (siehe Graph am Nullpunkt)

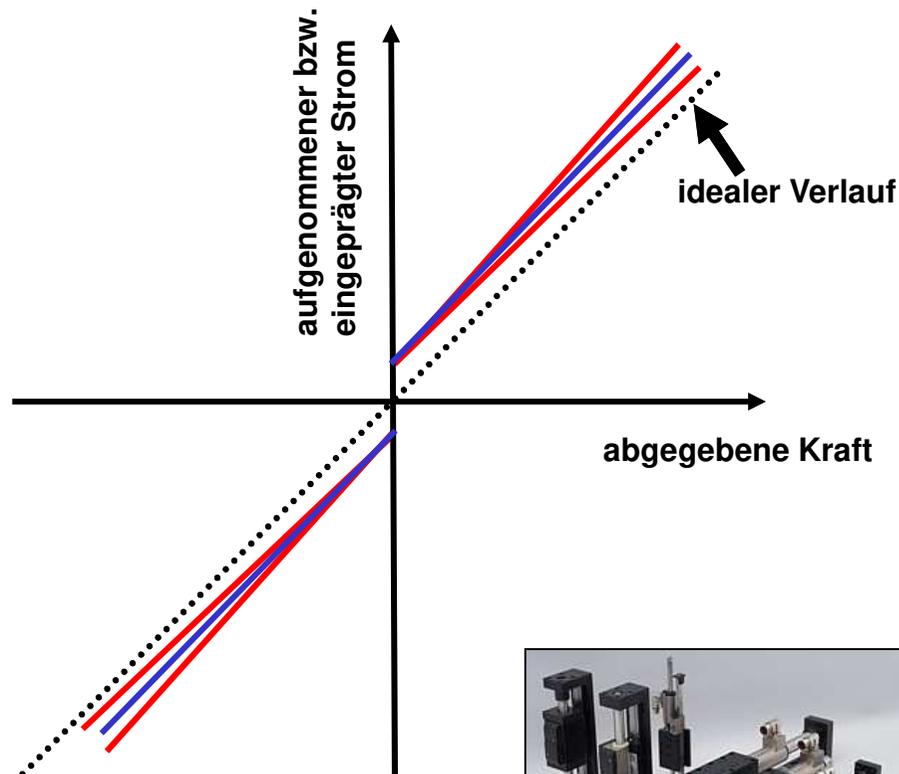
## 1.8 Magnetische Fehlerquellen (eisenbehaftete Motortechnologie)

### Magnetische Fehlerquellen

- Toleranzen in der Magnetfeldstärke
- Toleranzen in der Magnetqualität
- Temperaturgang der Feldstärke
- magnetisches Rasten (Cogging)



## 1.9 Gesamtfehler (eisenbehaftete Motortechnologie)



### Erfahrungswerte

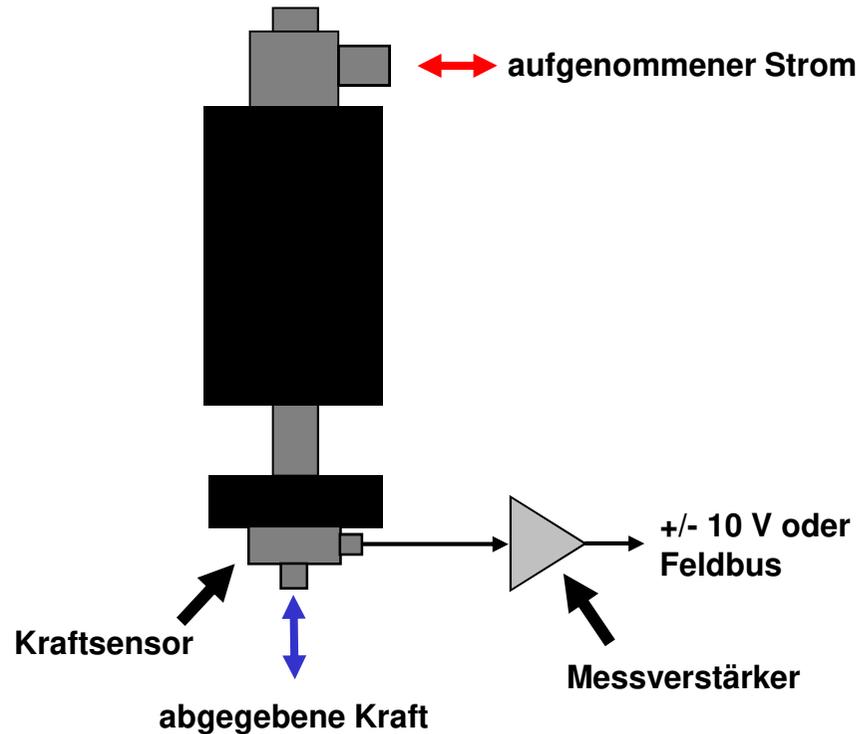
Erfahrungsgemäß spielen als Fehlerquellen Gewichtskräfte, bedingt durch die Einbaulage und besonders die mechanische Reibung des gesamten Systems bei der Gesamtfehlerbetrachtung eine erhebliche Rolle!

In kleinen Kräftebereichen sind die Fehler bezogen auf den Nutzkraftwert sehr hoch anzusetzen! So kann nur ganz grob ein Fehler in der Größenordnung ca. 5 - 10 % angegeben werden, der sich auf die Spitzenkraft des jeweiligen Antriebes bezieht!

Damit ist bei dieser Motortechnologie nur eine qualitative Aussage über den Kraftwert möglich. Durch eine einmalige Kalibrierung mit einer Kraftmessdose kann die Messgenauigkeit erheblich verbessert werden.

## 1.10 Erhöhung der Messgenauigkeit

**JUNG** ANTRIEBSTECHNIK U.  
AUTOMATION GMBH

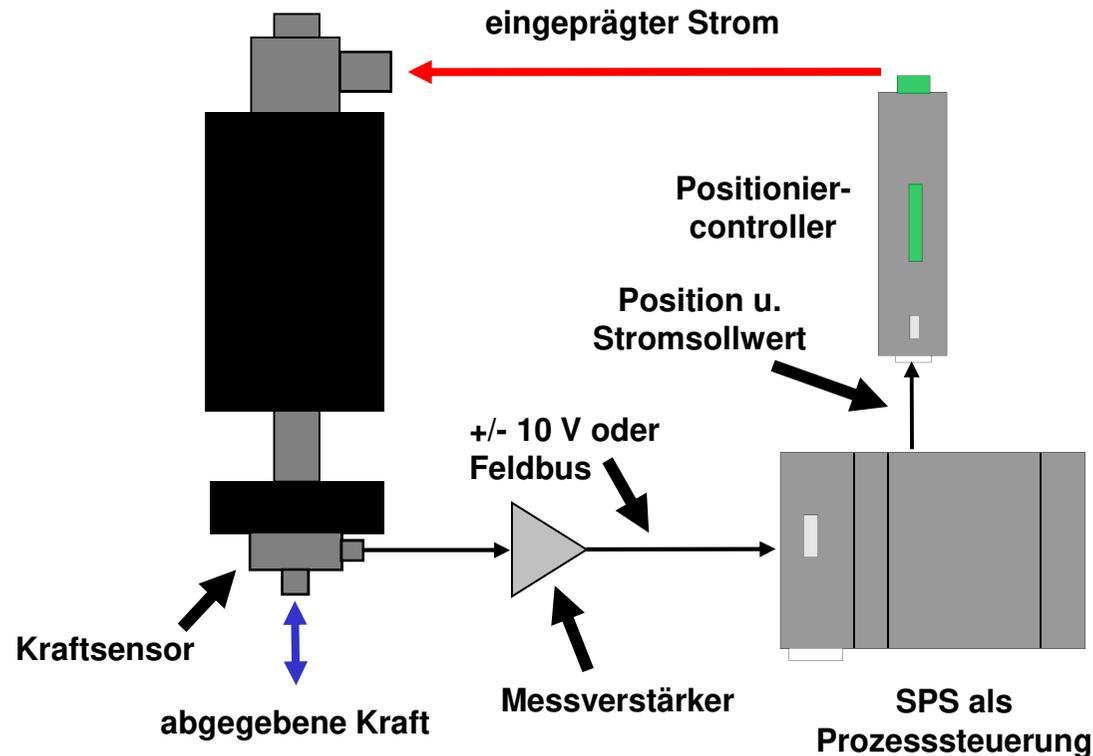


**Zusätzlicher Kraftsensor zur Messung der tatsächlich abgegebenen Kraft**

Mit einem zusätzlichen Kraftsensor kann die tatsächlich abgegebene Kraft live gemessen und ausgewertet werden.

Zu berücksichtigen ist für das zusätzliche Messsystem der nicht unerheblich höhere Kostenaufwand, das Zeitverhalten, die Überlastfähigkeit und der Mehraufwand für die Auswertung

## 1.11 Kraftregelung

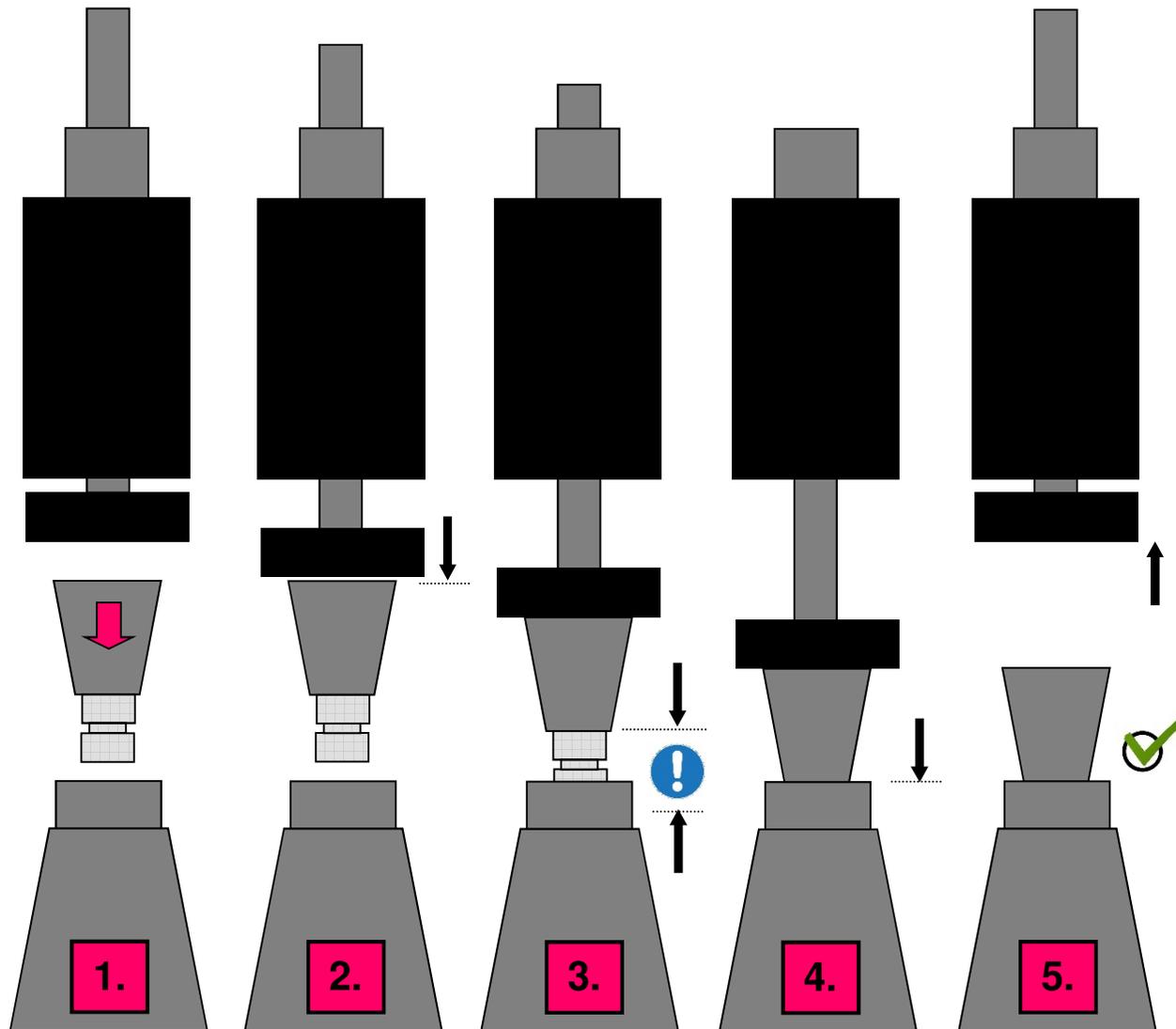


### Kraftregelung mit Kraftsensor und schneller SPS

Die Funktionalität stellt eine Kombination aus Positionieren und Kraftregelung dar! Hier übernimmt eine schnelle SPS die Messdatenerfassung, den Prozessablauf und die Kraftregelung. Bei Einsatz einer entsprechenden Analogbaugruppe ist die Auswertung von bipolaren Kraftsignalen möglich. Als Kraftstellgröße dient der über Feldbus vorgegebene Stromsollwert. Die Aufgabe der Positionsregelung übernimmt der Positioniercontroller. Über den Feldbus lassen sich Funktions-, Regel- und Messablauf frei gestalten! Betreffend erreichbarer Genauigkeit und Dynamik ist eine umfassende Definitions- und Klärungsphase notwendig!

## 2. Technische Realisierungen

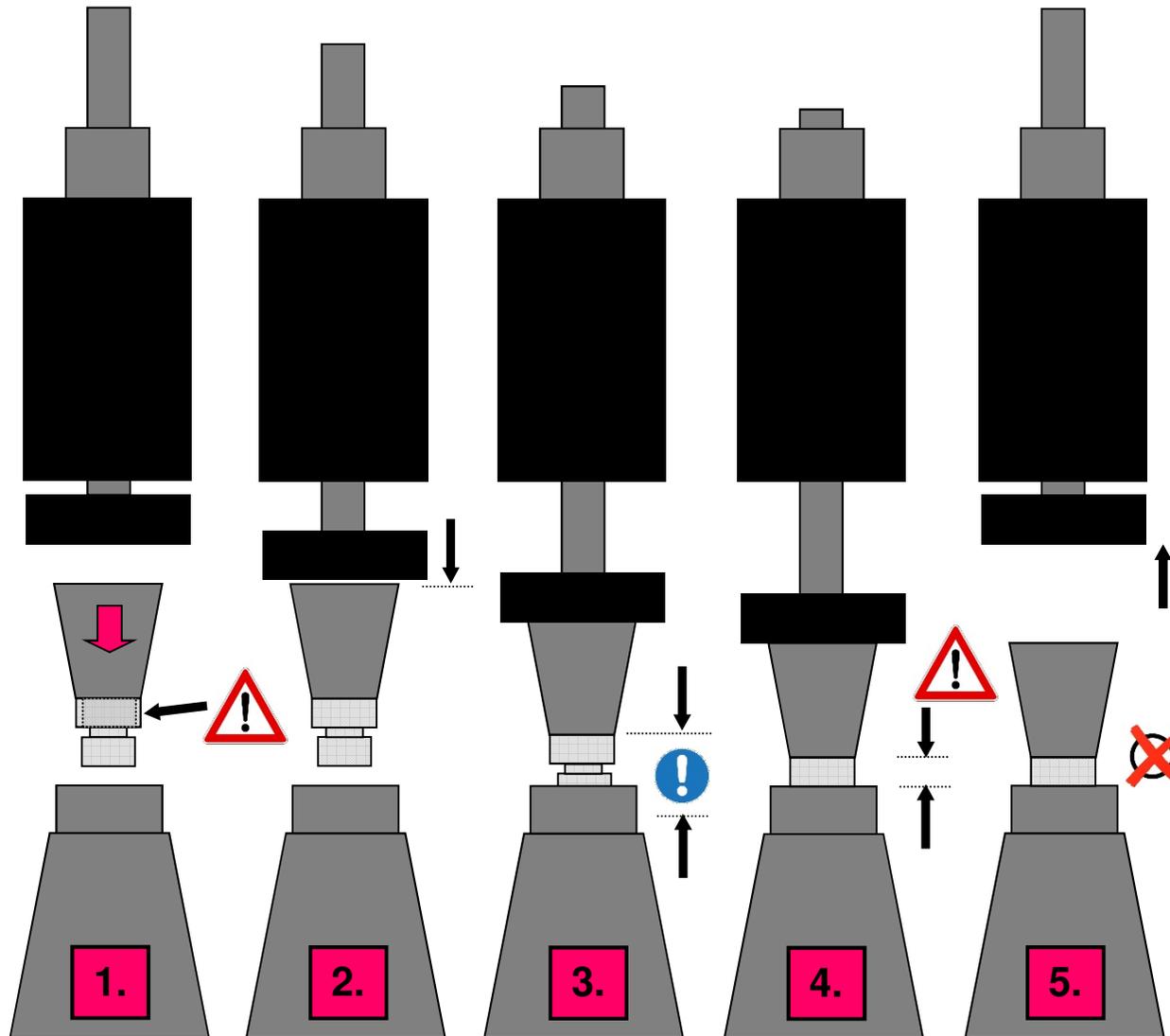
## 2.1 Einfacher Fügevorgang



### Prozessablauf

1. Ausgangssituation
2. Schnelles Positionieren zum Prozessanfang
3. Langsame, gefühlvolle Positionierfahrt mit reduziertem Strom über das eigentliche Ziel hinaus , Schleppfehlerüberwachung deaktiviert
4. Ende Fügevorgang kann erkannt werden durch:
  - Stromanstieg
  - Zeitüberschreitung und Prozess-Positionsfenster erreicht
5. Schnelles Positionieren zurück zur Ausgangssituation

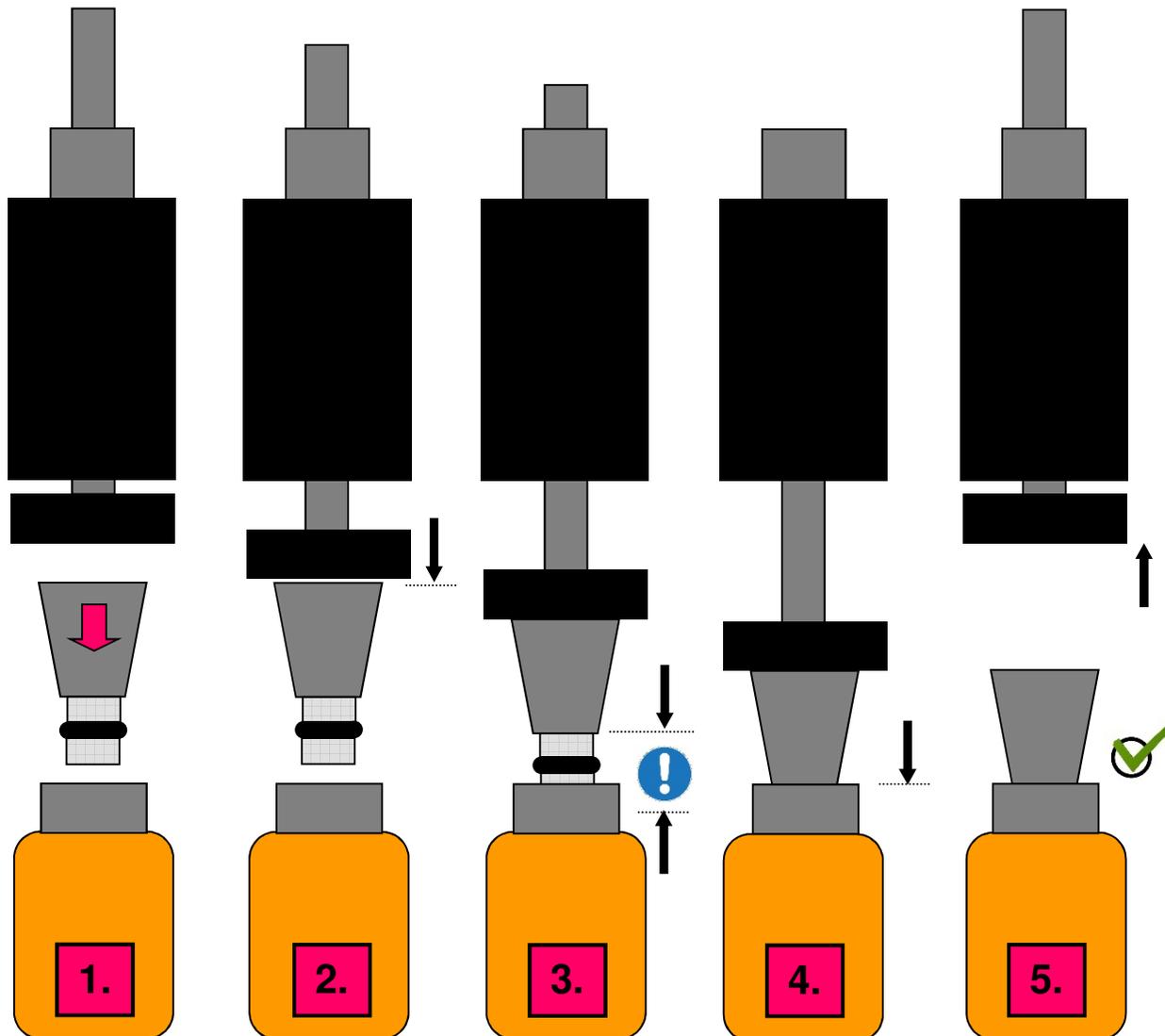
## 2.2 Fügevorgang mit Kontrolle



### Prozessablauf

1. Ausgangssituation
2. Schnelles Positionieren zum Prozessanfang
3. Langsame, gefühlvolle Positionierfahrt mit reduziertem Strom über das eigentliche Ziel hinaus , Schleppfehlerüberwachung deaktiviert
4. Schlechtteil  und Ende Fügevorgang kann erkannt werden durch:
  - Stromanstieg
  - nach Zeitüberschreitung wird Prozess-Positionsfenster **nicht** erreicht
5. Schnelles Positionieren zurück zur Ausgangssituation

## 2.3 Zweistufiger Fügevorgang

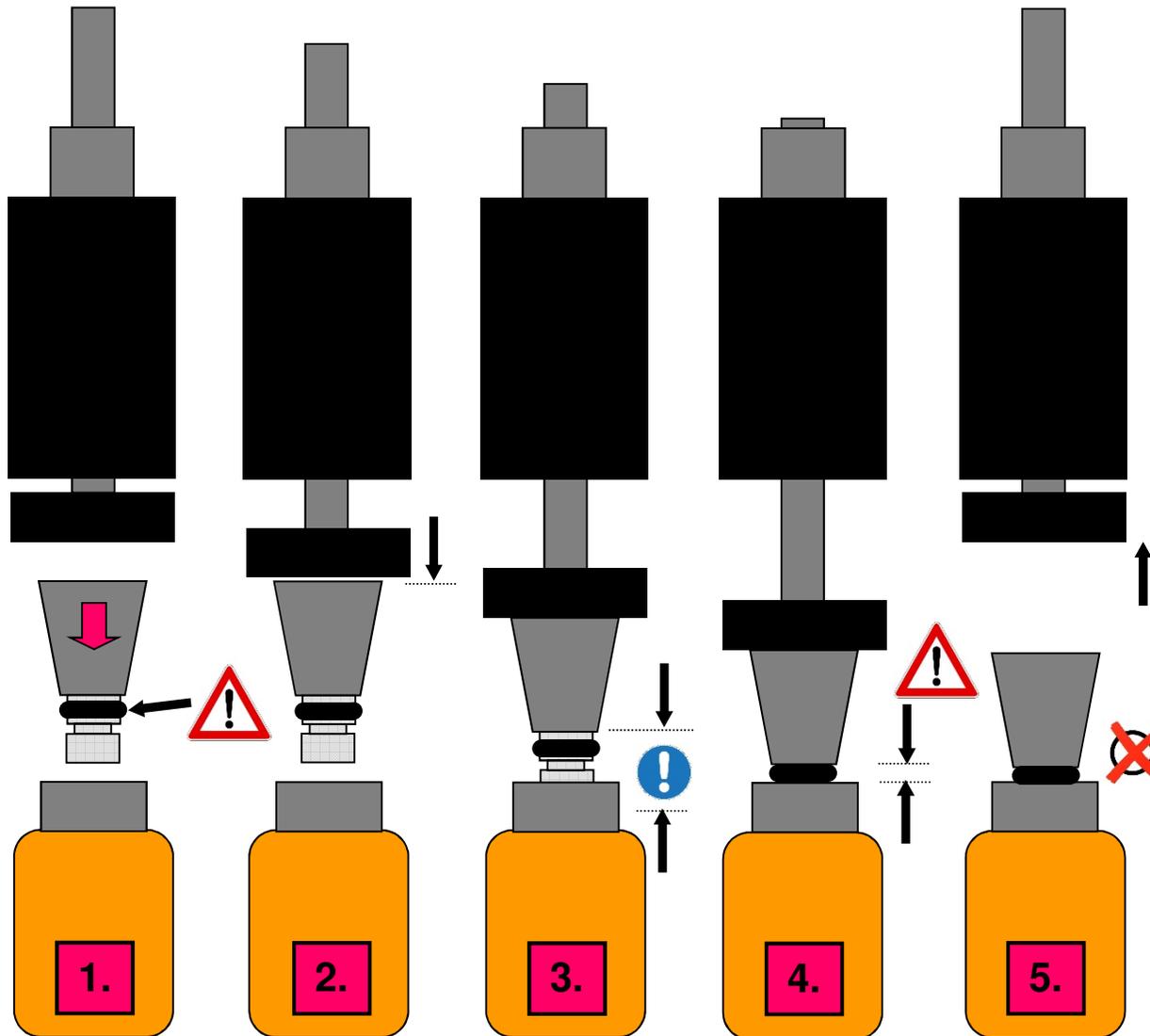


### Prozessablauf

1. u. 2. wie Beispiel 2.1
3. Langsame, gefühlvolle Positionierfahrt mit reduziertem Strom über das eigentliche Ziel hinaus !, Schleppfehlerüberwachung deaktiviert, während der Positionierfahrt kann das Eindrücken der Dichtung anhand einer Stromzunahme erkannt werden
4. Ende Fügevorgang kann erkannt werden durch:
  - Stromanstieg
  - Zeitüberschreitung und Prozess-Positionsfenster erreicht
5. Schnelles Positionieren zurück zur Ausgangssituation

## 2.4 Zweistuf. Fügevorgang mit Kontrolle

JUNG ANTRIEBSTECHNIK U.  
AUTOMATION GMBH



### Prozessablauf

- 1., 2. u. 3. wie Beispiel 2.3
4. Schlechtteil und Ende Fügevorgang kann erkannt werden durch:
  - Stromanstieg
  - nach Zeitüberschreitung wird Prozess-Positionsfenster **nicht** erreicht
5. Schnelles Positionieren zurück zur Ausgangssituation

# 3. Technische Ausführungen

## 3.1 Technische Ausführungen (eisenlose Motortechnologie)

Einfacher und leichter Tastfingern an ein QuickDynamic®  
QM01-1247-020 Linearmotor-Modul angebaut.  
In vertikaler Einbaulage werden damit Tastaturen geprüft.



## 3.2 Technische Ausführungen (eisenlose Motortechnologie)

Kundenspezifischer Kraftaktuator mit zwei  
'parallelgeschalteten' Linearmotoren, Kraftsensor und  
Vakuumsauger



Anbau eines Hottinger Sensors U2B an das HighDynamic®  
Linearmotor-Modul HM01-37 bzw. HM01-48



