



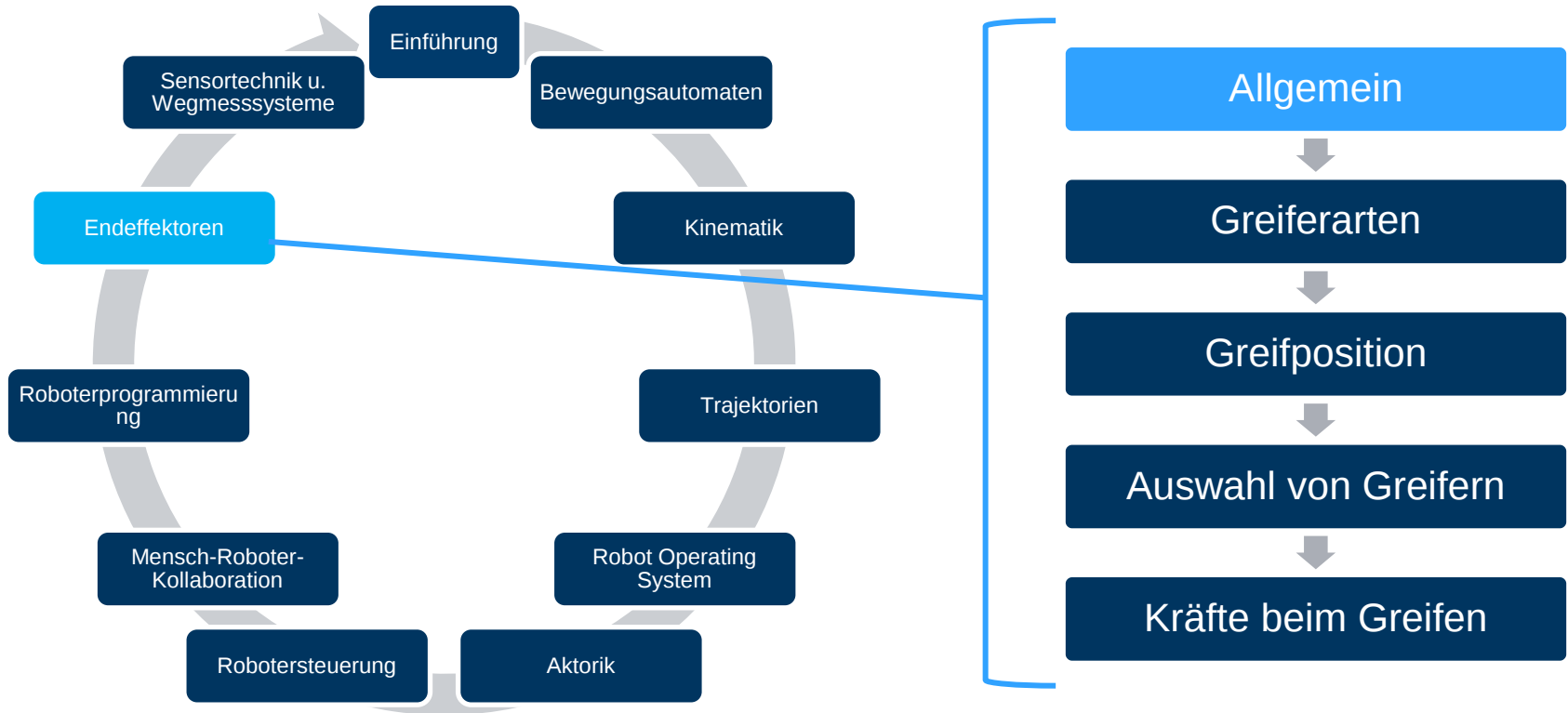
Technische Hochschule Georg Agricola

ROBOTIK VORLESUNG

14.10.2025 Bochum

Dr.-Ing. Lars N. Josler

VORLESUNGSIHALTE





Definition „Greifer“ (nach Hesse (2004))

Greifer sind Teilsysteme von Handhabungseinrichtungen, die einen zeitweiligen Kontakt zu einem Greifobjekt herstellen. Sie sichern Position und Orientierung beim Aufnehmen und während des Ablegens von Objekten gegenüber der Handhabungseinrichtung. Das Halten wird mit krafterzeugenden, formschließenden und stoffpaarigen Elementen erreicht. Der Begriff „Greifer“ wird auch dann benutzt, wenn im Sinne des Wortes nicht gegriffen, sondern irgendwie gehalten wird, wie zum Beispiel bei Vakuumsaugern. Die Haftkraft kann punktuell, linienartig oder flächig einwirken.

Handhaben (nach VDI 2860 (1990))

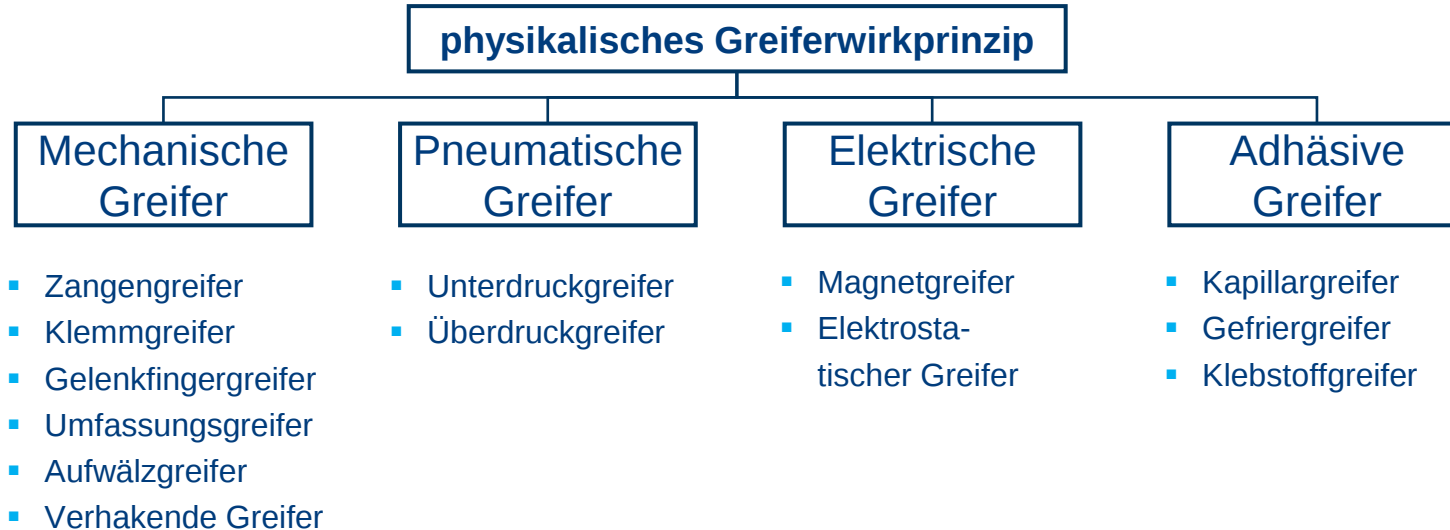
Handhaben ist das Schaffen, definierte Verändern oder vorübergehende Aufrechterhalten einer vorgegebenen räumlichen Anordnung von geometrisch bestimmten Körpern in einem Bezugskoordinatensystem.

Es können weitere Bedingungen – wie z. B. Zeit, Menge und Bewegungsbahn – vorgegeben sein.

EINTEILUNG NACH ART DER/DES GENUTZTEN PHYSIKALISCHEN ENERGIE/EFFEKTS

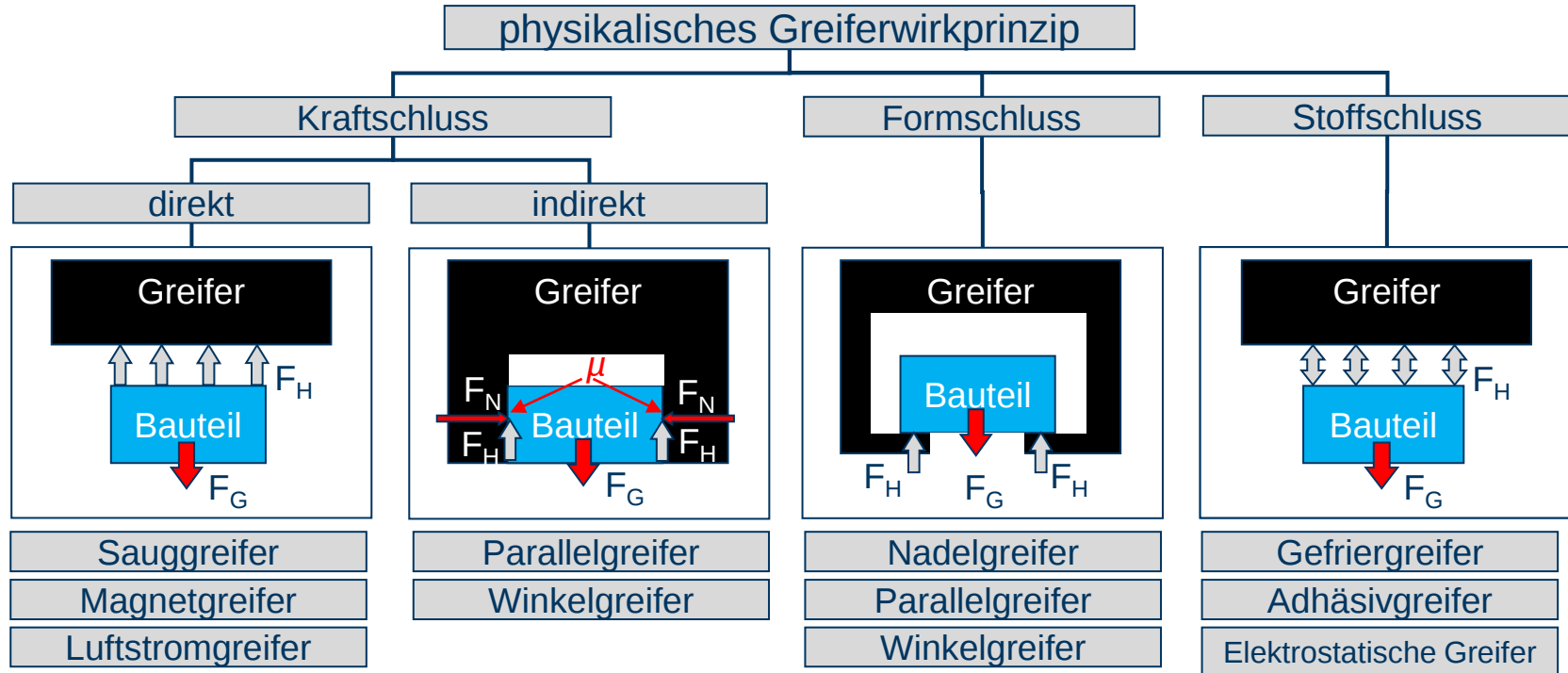


- Greifer lassen sich nach verschiedenen Gesichtspunkten gliedern. Gängige Unterscheidungsmerkmale sind Art des Greifens, Anzahl der Greifeinheiten, Anzahl der gleichzeitig zu greifenden Objekte und physikalische Prinzipien.
- Gliederung nach physikalischen Wirkprinzipien:



Quelle: Hesse

EINTEILUNG NACH ART DER VERBINDUNGSPAARUNG IN DER KONTAKTZONE



Quelle: Hesse



Greifvorgänge lassen sich in 4 Phasen gliedern:

1. Vorbereitung

Positionieren des Objektes (auch durch externe Vorrichtungen), Lageerkennung durch Sensorik

2. Kontaktherstellung

Kontakt zwischen Objekt und Greiferorgan (Kraft-, Form- oder Stoffpaarung)

3. Halten während der Manipulation

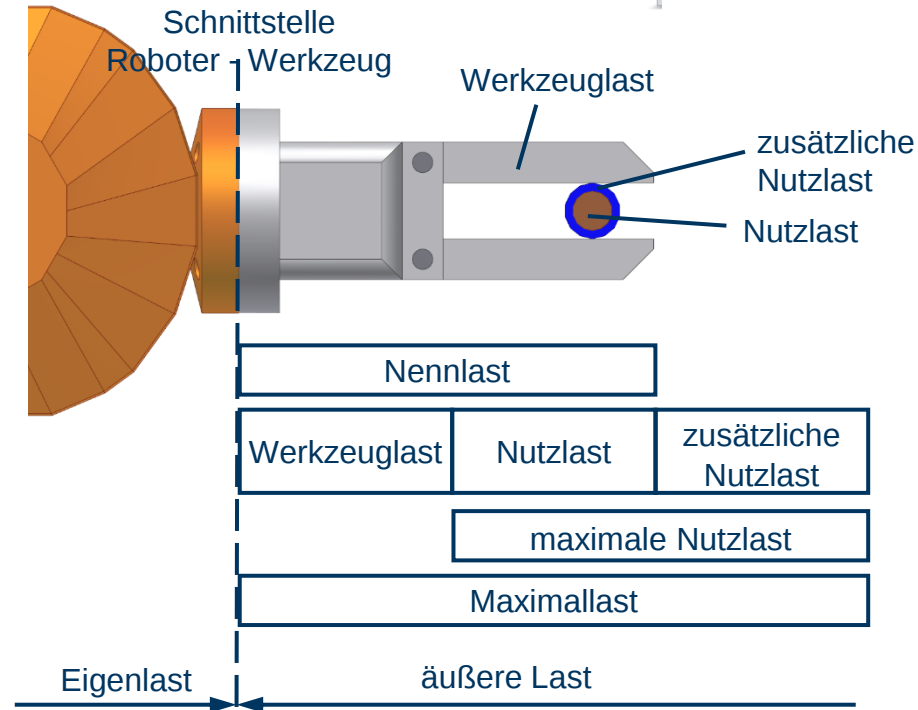
Halten des Objektes während der Manipulation (auch Bewegen, Drehen oder Montieren im Greifer), Aufnahme von statischen und dynamischen Kräften und Momenten

4. Freigabe

Freigabe des Objektes durch Öffnen des Greifers, Abschalten des Saugers

Source: Angelehnt an Hesse

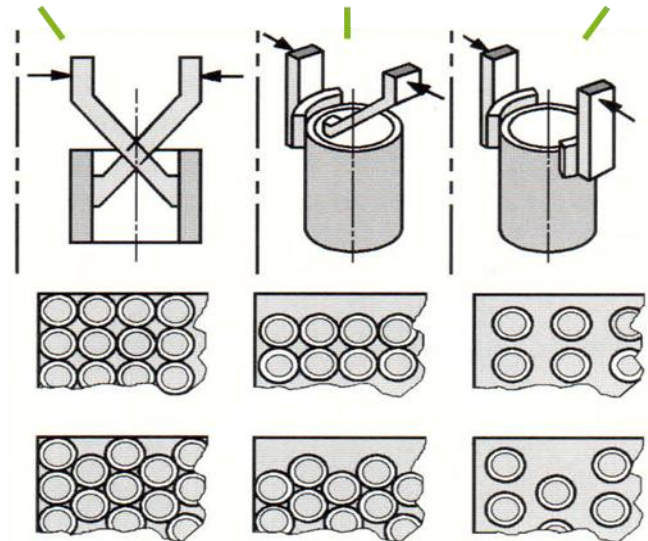
LASTEN AM ROBOTER (VDI 2861-2 (1988))





Die Ablagemuster lassen sich mit verschiedenen Greiferarten auflösen. Der Innengriff ermöglicht alle Muster und ermöglicht das kompakteste Packmuster. Beim Kombinationsgriff ist eine bestimmte Abnehmrichtung einzuhalten, da die äußere Greiferbacke Platz benötigt.

Innengriff **Kombinationsgriff** **Außengriff**



mögliche
Packmuster

GREIFVORGANG

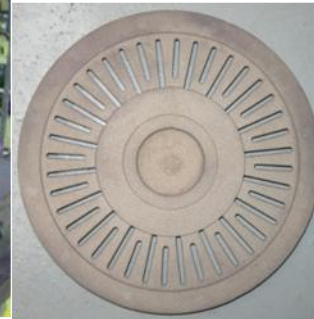
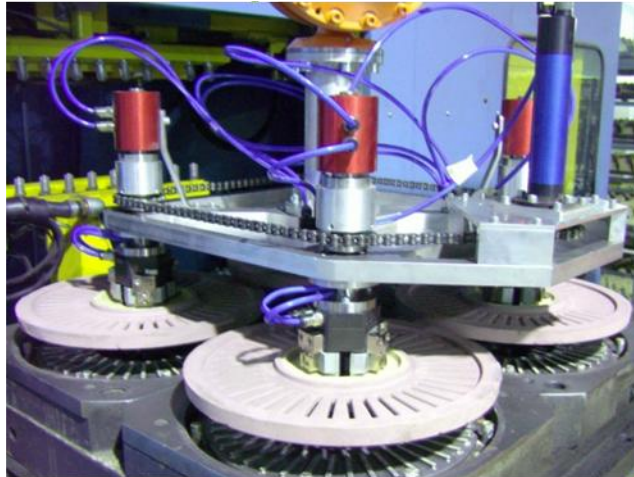


Die Ablagemuster lassen sich mit verschiedenen Greiferarten auflösen. Der Innengriff ermöglicht alle Muster und ermöglicht das kompakteste Packmuster. Beim Kombinationsgriff ist eine bestimmte Abnehmrichtung einzuhalten, da die äußere Greiferbacke Platz benötigt.

Innengriff

Kombinationsgriff

Außengriff



Quelle: irpa

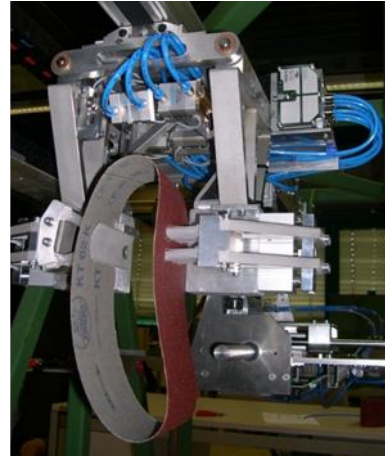


Die Ablagemuster lassen sich mit verschiedenen Greiferarten auflösen. Der Innengriff ermöglicht alle Muster und ermöglicht das kompakteste Packmuster. Beim Kombinationsgriff ist eine bestimmte Abnehmrichtung einzuhalten, da die äußere Greiferbacke Platz benötigt.

Innengriff

Kombinationsgriff

Außengriff



Quelle: irpa

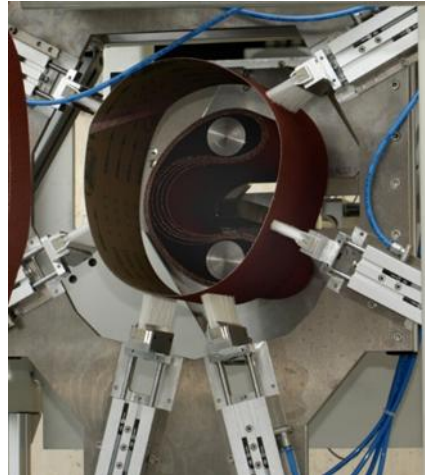


Die Ablagemuster lassen sich mit verschiedenen Greiferarten auflösen. Der Innengriff ermöglicht alle Muster und ermöglicht das kompaktste Packmuster. Beim Kombinationsgriff ist eine bestimmte Abnehmrichtung einzuhalten, da die äußere Greiferbacke Platz benötigt.

Innengriff

Kombinationsgriff

Außengriff



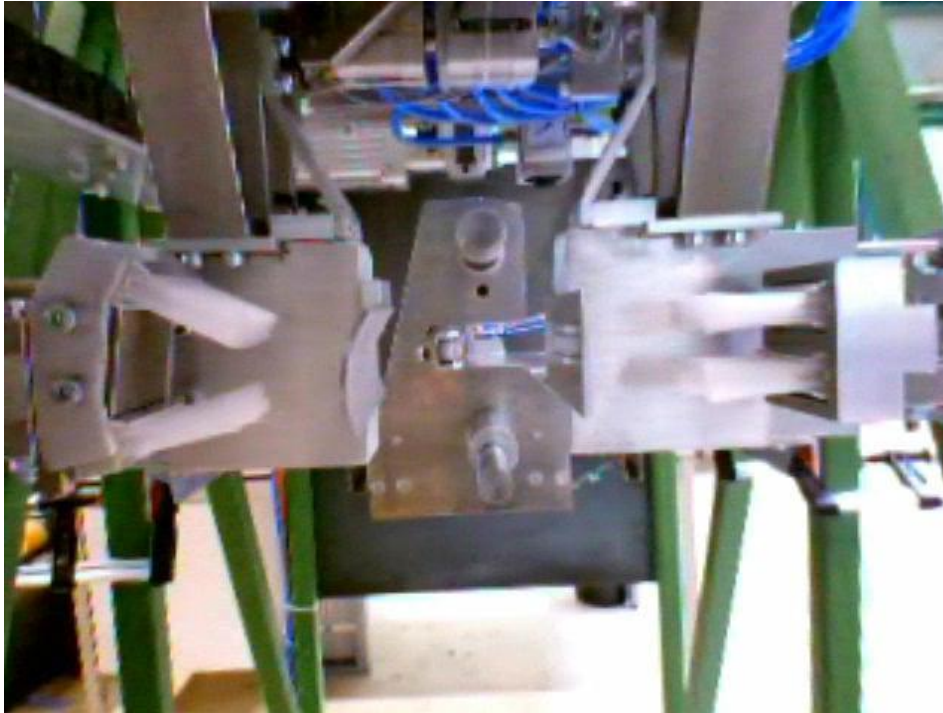
Quelle: irpa

KOMBINATIONSGREIFER DER NESTMASCHINE



Doppelter
Kombinationsgriff zum
Nesten von
Endlosschleifbändern
mit dem Ziel des
Aufspreizens

Video
Kombinationsgreifer
Nestmaschine



Quelle: irpa

KOMBINATIONSGREIFER DER NESTMASCHINE



Video
Nestmaschine

Quelle: irpa

GREIFERGERECHTE GESTALTUNG DER HANDHABUNGSOBJEKTE



Regel

Formpaarung vor
Kraftpaarung verwenden

ungünstig



besser



Bei Haftgreifern
Abgleichtsicherung
verwenden



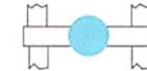
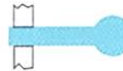
Parallele Griffflächen
vorsehen



Griffflächen bewusst
gestalten



Schwerpunkt zwischen die
Greiferbacken legen



Quelle: Wolf

GREIFERGERECHTE GESTALTUNG DER HANDHABUNGSOBJEKTE

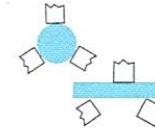
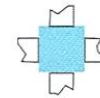


Regel

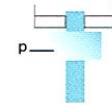
Gleiche Greifstellen für unterschiedliche Teile verwenden

ungünstig

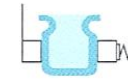
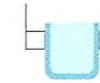
besser



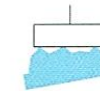
An empfindlichen (p = polierten) Flächen nicht greifen



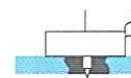
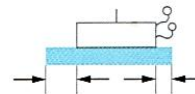
Dünnwandige Teile versteifen und Greifkraft begrenzen



Ebene Flächen ausbilden



Beim Genaugreifen Zentrierelemente vorsehen

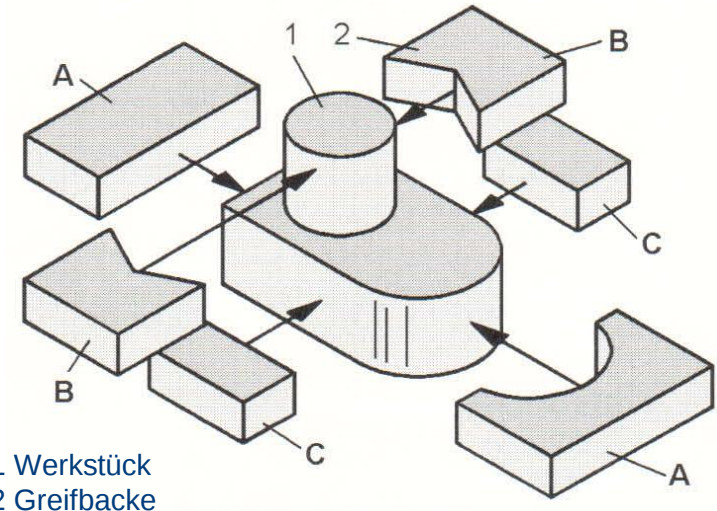


Quelle: Wolf



Gestaltung der Greiferbacken

- formschlüssiges Greifen ist dem kraftschlüssigen Greifen vorzuziehen
- abhängig von der Kontur des Werkstücks
- Flächenkontakt ist Linien- oder Punktberührung vorzuziehen
- Ausgleich von Ungenauigkeiten oder geringen Schrägen durch die Verwendung nachgiebiger Flächen (z. B. Gummibelag)



1 Werkstück
2 Greifbacke

A Formbacke – Flachbacke
B Prismabacke – Prismabacke
C Flachbacke – Flachbacke

ANALYSE EINES GREIFOBJEKTES AM BEISPIEL „KOSMETIKDOSE“



- Greifobjekt: untere Schale einer Kosmetikverpackung aus 99,9 %-igem Aluminium



- Produktionsschritte:
 1. tiefgezogenes Halbzeug
 2. tiefgezogenes Halbzeug, geschliffen
 3. tiefgezogenes Halbzeug, geschliffen, poliert, eloxiert und mit weiteren Komponenten (Kunststoffeinsatz, Dekoring und Deckel) montiert

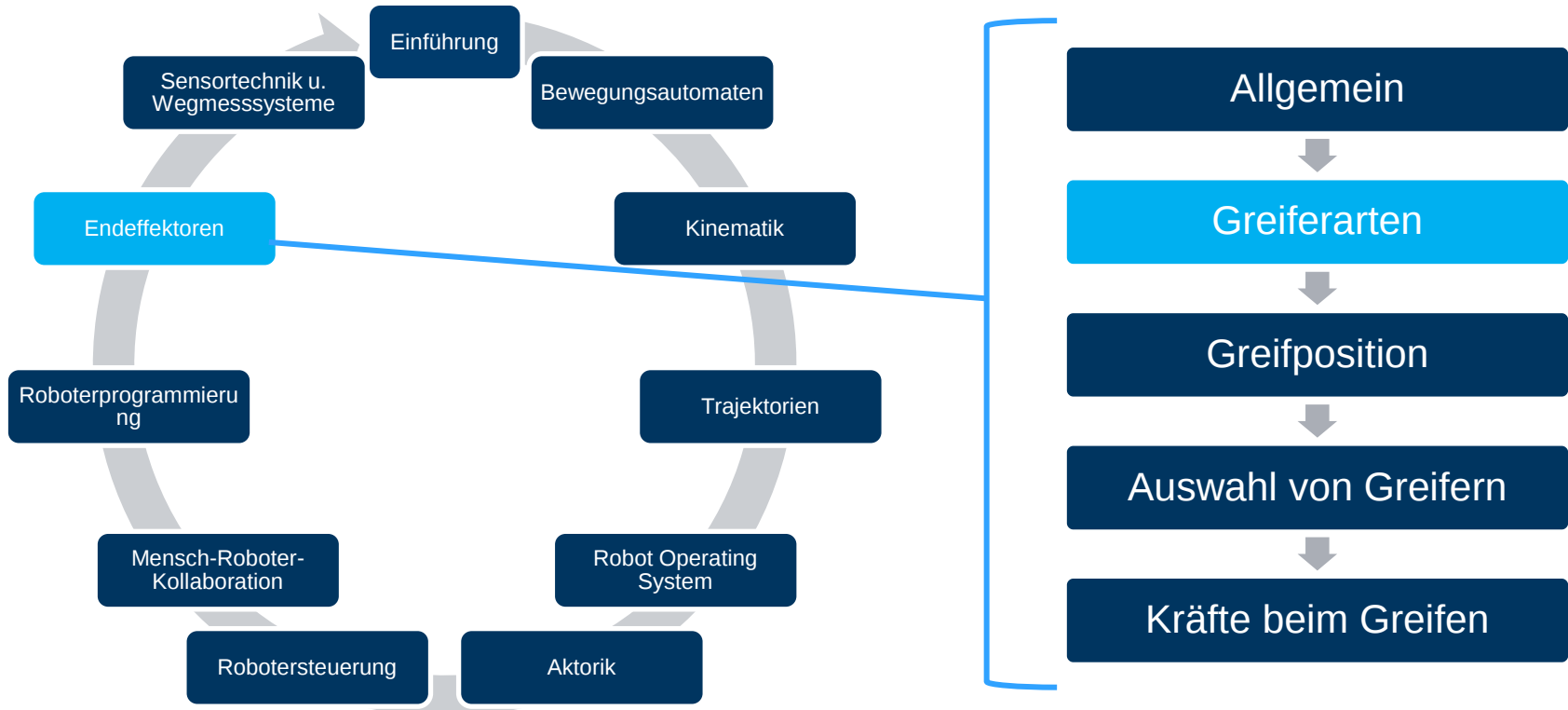
AUSWAHL UND GESTALTUNG DES GREIFERS FÜR DAS GREIFOBJEKT „KOSMETIKDOSE“



Vierbackengreifer MHS 4 25D von SMC mit angepassten Greiferbacken auf CAD-Basis für den Schleifprozess



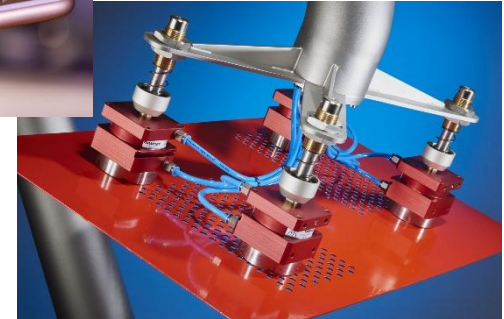
Quelle: ipra





Nachfolgend werden Greifer mit unterschiedlichen physikalischen Greiferwirkprinzipien näher betrachtet.

- **Mechanische Greifer**
- Pneumatische Greifer
- Magnetgreifer
- Greifer für spezielle Anwendungen



MERKMALE MECHANISCHER GREIFER



- Greifertyp mit der häufigsten Verwendung
- 2 – 4 Greiffinger
- Bauformen:
 - Zangengreifer (z. B. Parallel-, Winkel- oder Innengreifer)
 - Klemmgreifer (federklemmend, gewichtsklemmend)
 - Fingergreifer (handähnlicher Aufbau, mind. 3 starre oder gelenkige Finger, Basis für menschenähnliche Roboterhände)
 - Umfassungsgreifer (geschlossene Umfassung oder Teilweise Umfassung)
 - Verhakende Greifer (Einstechen in das Greifobjekt)
 - Aufwältzgreifer (Anheben des Objektes durch stirnflächige Berührung mit einer rotierenden Rolle oder einem Riemen, dann unterfahren)
 - Werkzeuggreifer
- Anpassbarkeit an die Aufgabe, Anpassung der Greiferbacken an das Objekt i. d. R. auch erforderlich
- aufwendige, z. T. komplizierte Konstruktion
- hohe Betriebssicherheit
- starke, einstellbare Kraftentfaltung



ANIMATION EINES RADIALGREIFERS



Animation
Radialgreifer

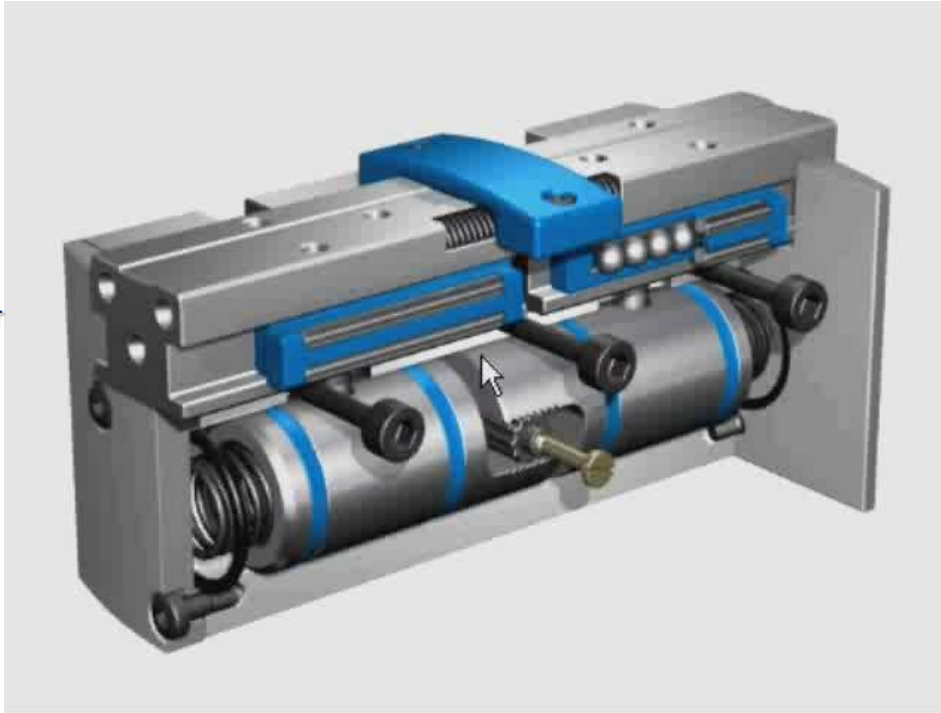


Quelle: Festo

ANIMATION EINES PARALLELEN PRÄZISIONSGREIFERS



Animation
Paralleler Präzisionsgreifer

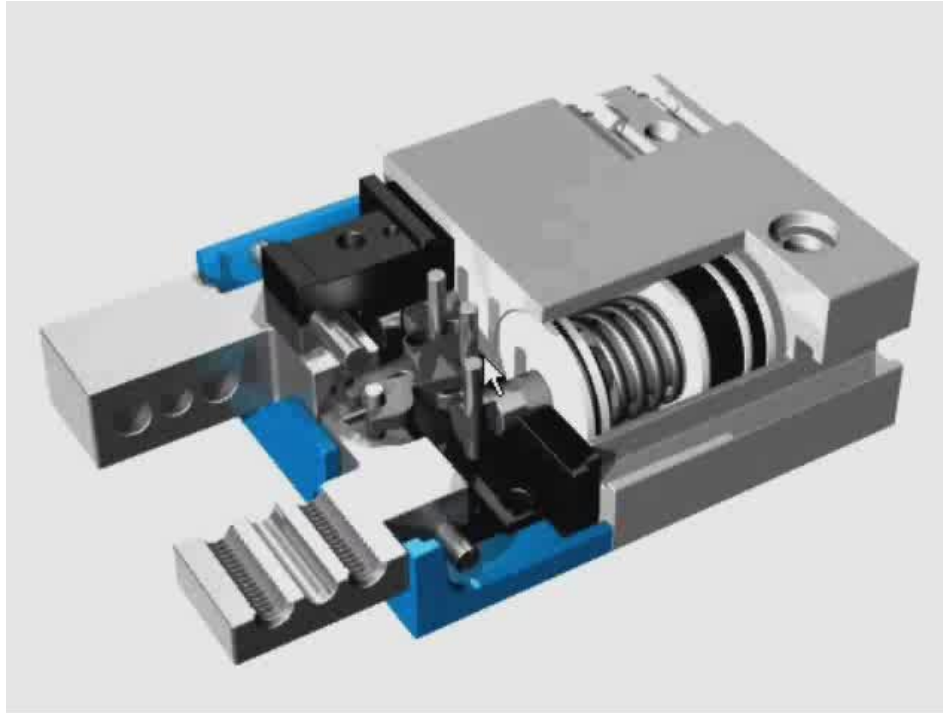


Quelle: Festo

ANIMATION EINES PARALLELGREIFERS



Animation
Parallelgreifer

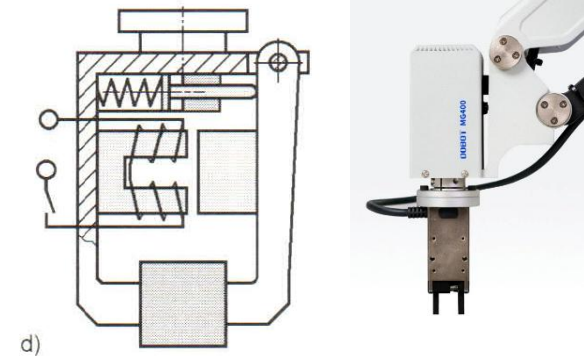
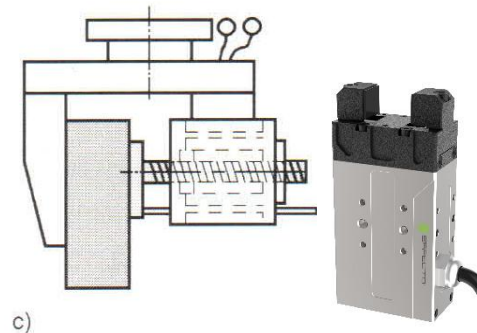
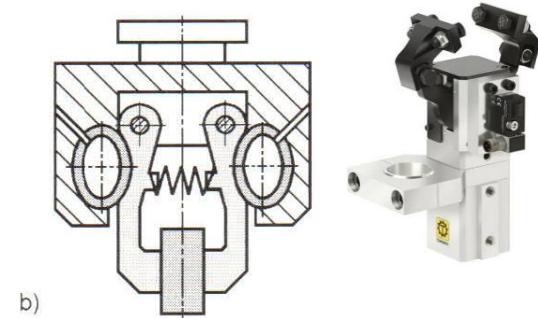
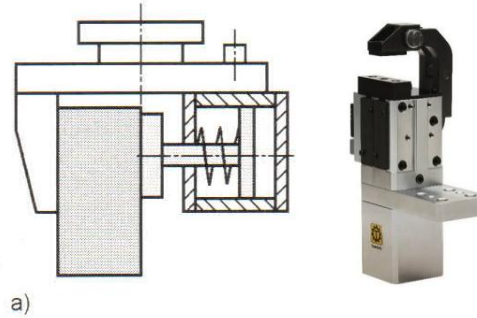


Quelle: Festo

WEITERE BEISPIELE FÜR MECHANISCHE GREIFER



- a) Pneumatikzylinder
- b) Membranzylinder
- c) elektromechanischer Antrieb mit rotatorischer Mutter und Führungsstange
- d) Elektromagnetantrieb, öffnet mit Federkraft

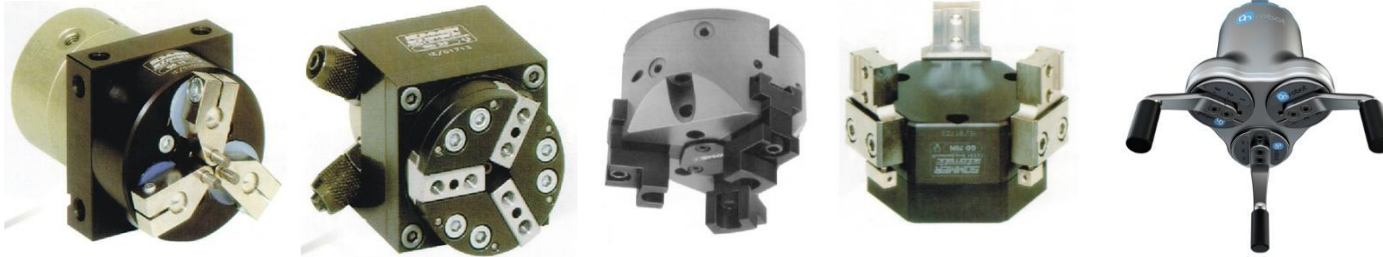


Quelle: Hesse, [GN 32](#), [Heinzmeier](#), [DOBOT](#)

BEISPIELE FÜR MECHANISCHE GREIFER



Drei-Finger-Greifer / Dreibackengreifer



Zwei-Finger-Greifer



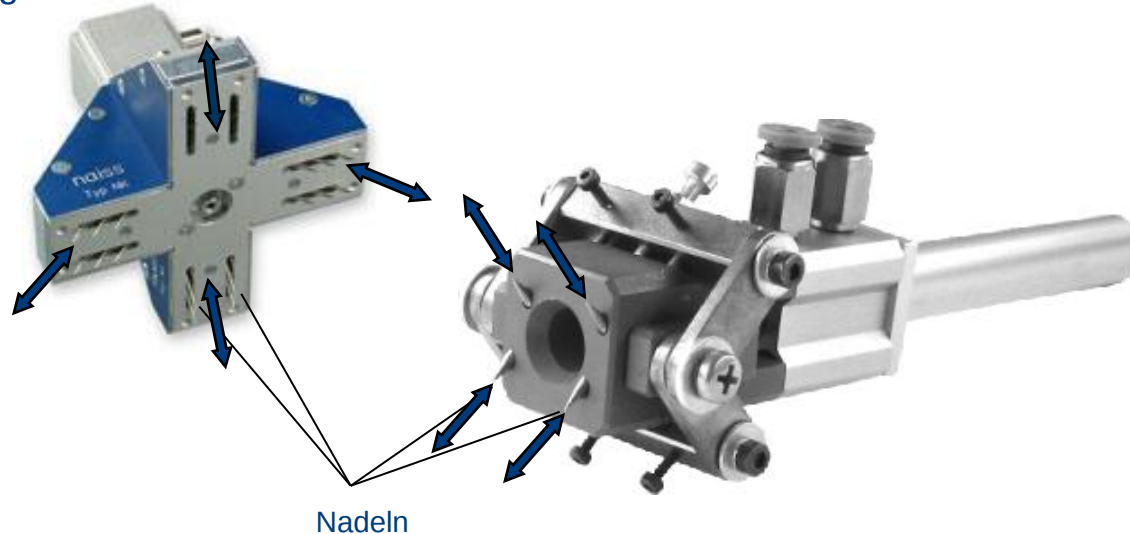
Quelle: Industrieroboterlehrgang, "Systemanwender für Robotertechnik (WDH)

OnRobot



Nadelgreifer

- Erzeugung des Formschlusses durch Einstecken von Nadeln in das Werkstück
- Vorrangige Nutzung für Textilien
- Greifkraft begrenzt



Quelle: Industrieroboterlehrgang, "Systemanwender für Robotertechnik (WDH)"

BEISPIEL: NADELGREIFER BEI DÄMMWOLLE



ERC Lab-03
Needle gripper handling test

00:00:00:802

[Needle gripper handling test Fanuc R-2000 165F](#)



Mechanische Greifer (z. B. Backengreifer ohne externe Energiequelle) sind robust, wartungsarm und unkompliziert, erfordern aber präzise Positionierung und sind starr bei empfindlichen oder unregelmäßigen Teilen

Einsatzgebiete:

- Montage und Handhabung starrer Teile (Bolzen, Blöcke, Metallteile)
- Schwere Lasten und grobe Aufgaben (Entstapeln, Sortieren fester Werkstücke)

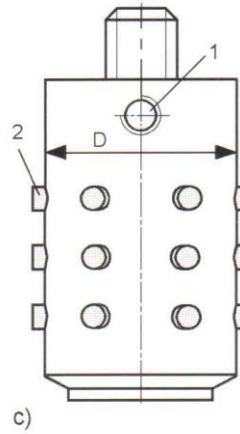
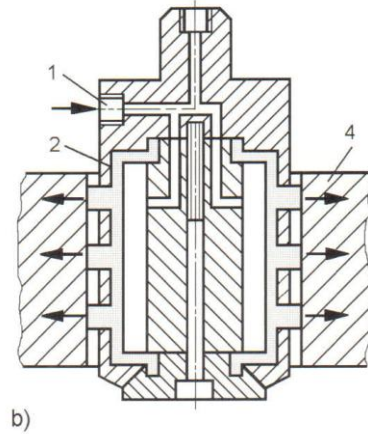
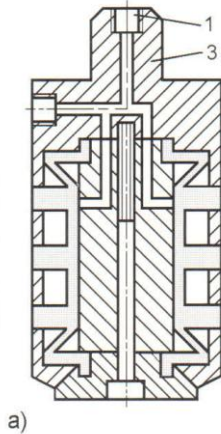
Vorteile	Nachteile
▪ Hohe Zuverlässigkeit und Langlebigkeit: Robuste Konstruktion, geringer Verschleiß, ▪ Kostengünstig: Niedrige Anschaffungs- und Betriebskosten, besonders wenn keine zusätzliche Infrastruktur benötigt wird. ▪ Schnelle Greifbewegungen: Hohe Geschwindigkeit und Genauigkeit bei moderaten Zyklen ▪ Breite Anwendbarkeit	▪ Begrenzte Flexibilität: Starrer Greifstil, ungeeignet für empfindliche Oberflächen ▪ Präzise Positionierung erforderlich: Der Roboter muss das Werkstück exakt zentrieren, sonst greift es nicht oder rutscht; ▪ Schwer und sperrig: Oft höheres Gewicht, was die Dynamik des Roboters einschränkt

PNEUMATISCHE GREIFER



- Mechanische Greifer
- **Pneumatische Greifer**
- Magnetgreifer
- Greifer für spezielle Anwendungen

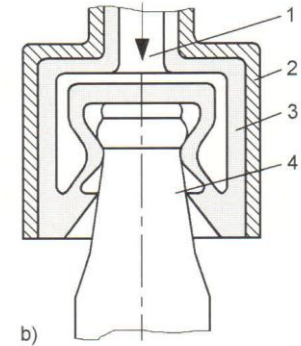
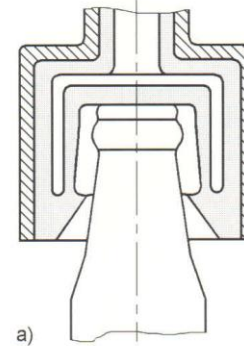
PNEUMATISCHE GREIFER



Lochgreifer

- a) entspannt
- b) gespannt
- c) Außenansicht

- 1 Druckanschluss
- 2 Gummikörper
- 3 Gehäuse
- 4 Greifobjekt



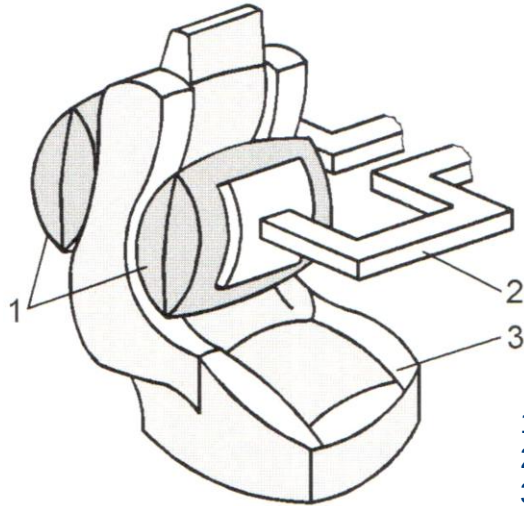
Zapfengreifer

- a) entspannter Zustand
 - b) gespannter Zustand
- 1 Druckluft
 - 2 Gehäuse
 - 3 Gummi-Formeinsatz
 - 4 Flaschenhals

Quelle: Hesse, Sommer Automatic

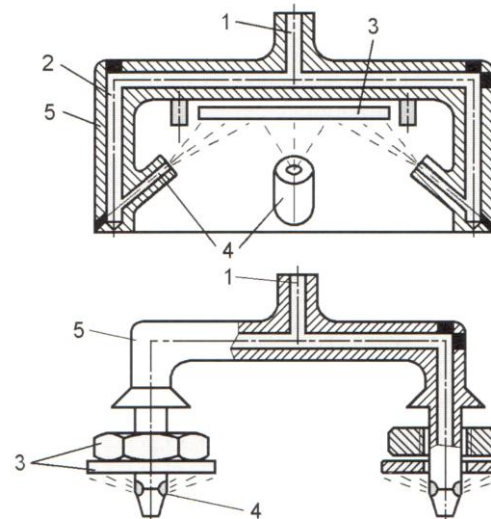


Membrangreifer



- 1 Druckkissen
- 2 Greiffinger
- 3 Greifobjekt

Luftstrahlgreifer



oben: Plattengreifer
unten: Doppelgreifer

- 1 Druckluftzufuhr
- 2 Druckluftkanal
- 3 Füge teil
- 4 Strahldüse
- 5 Grundkörper

Quelle: Hesse



Pneumatische Greifer – Bauarten Unterdruckgreifer Vakuumsauger



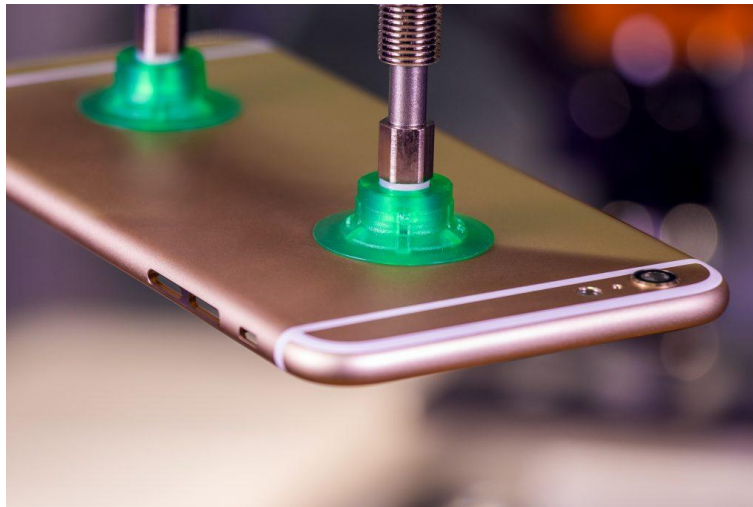
Quelle: Schmalz

PNEUMATISCHER GREIFER



Vakuumsauger

- einfacher Aufbau, Greifkraft wird durch Druckverhältnis und Grifffläche begrenzt
- Schonender Umgang mit dem Objekt
- üblicher Druckbereich: 0,3 bar Absolutdruck



Quelle: Schmalz

PNEUMATISCHE GREIFER



Quelle: Schmalz



Wafer-Greifer (SWG)

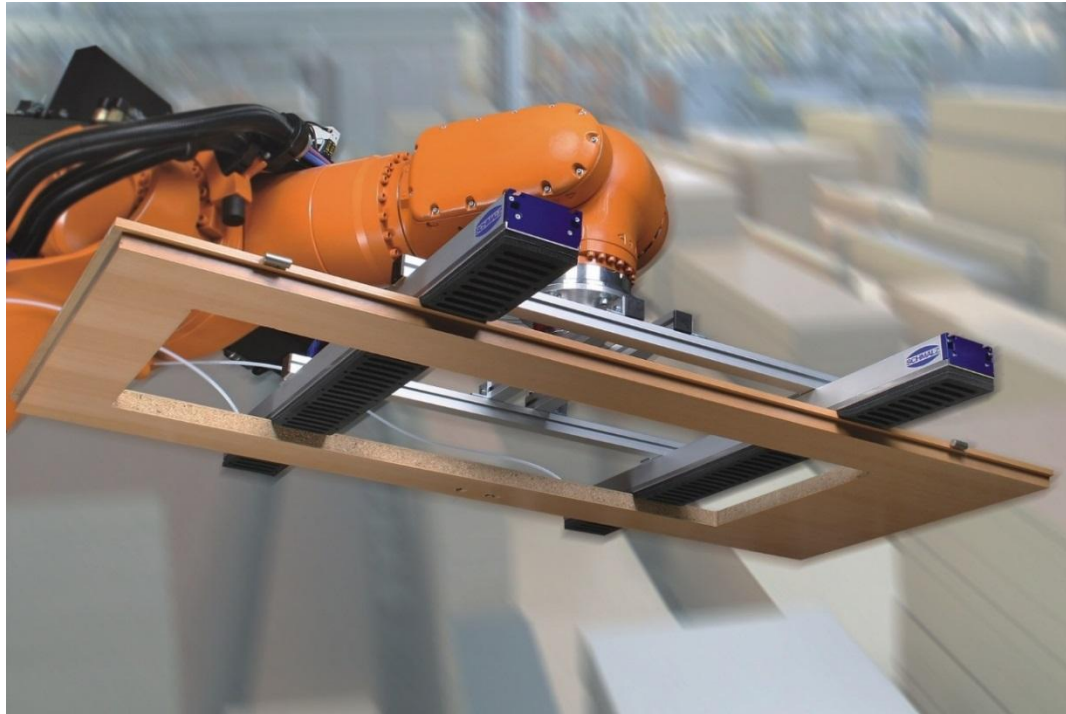
Beispiel für Sonderbauformen von Sauggreifern

- Sicheres, schonendes, verdrehsicheres und abdruckarmes Greifen
- Sicheres Fixieren mit minimalem Muschelbruchrisiko und hoher Querkraftaufnahme
- Höchste Beschleunigungen ($>10g$) und schnellste Taktzeiten
- Schonende Handhabung dünnster Gläser (bis $120\mu m$ dünne Wafer)



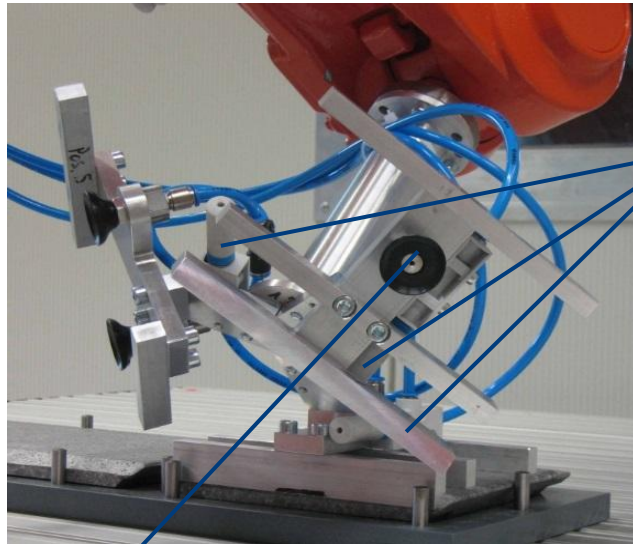
Quelle: [Schmalz-Wafer-Greifer - Handhabung hochempfindlicher Wafer oder Solarzellen](#) | Schmalz

PNEUMATISCHE GREIFER



Quelle: Schmalz

BEISPIEL: PNEUMATISCHE GREIFER



Ejektoren

Sauggreifer

Video
3-Finger-Sauggreifer

Roboter und flexibler Greifer

Quelle: irpa

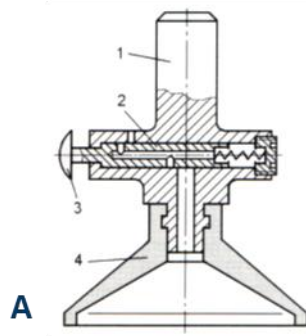


Pneumatische Greifer – Bauarten Unterdruckgreifer

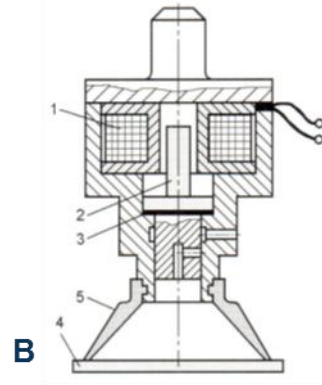
Haftsauger

A manuelle Lüftung

B elektromagnetische Lüftung



1. Gundkörper
2. Ventilschieber
3. Bedienkopf
4. Scheibensauger



1. Zugmagnet
2. Kolben
3. Dichtring
4. Greifobjekt
5. Sauger

Quelle: Hesse



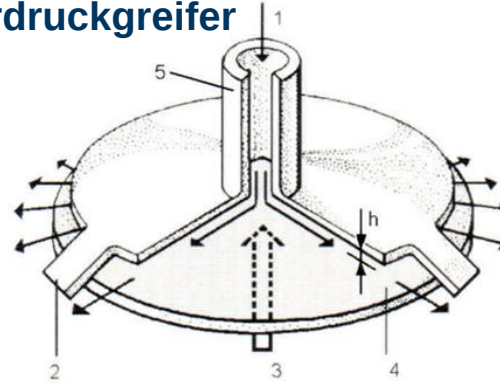
Pneumatische Greifer – Bauarten Unterdruckgreifer

Luftstromgreifer

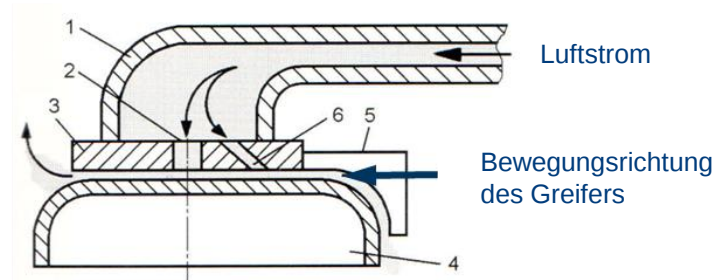


Luftstromgreifer mit Ausrichtdüse

1. Luftkanal
2. Düse
3. Düsenplatte
4. Werkstück
5. Anschlagnase
6. Schrägstrahldüse



1. Druckluft
2. Zentrierelement
3. Haltekraft
4. Werkstück
5. Düse



Quelle: Hesse, Zauberhafte Physik: Bernoulli Effekt - YouTube

PNEUMATISCHER GREIFER



Pneumatische Greifer sind robust, schnell und kostengünstig, erfordern aber Druckluft, sind laut und bieten nur begrenzte Kontrolle über Greifkraft und -weg.

Einsatzgebiete:

- Pick and Place Aufgaben: Verpacken und Palettieren
- Handling von Metall und Kunststoffteilen in der Automobilindustrie

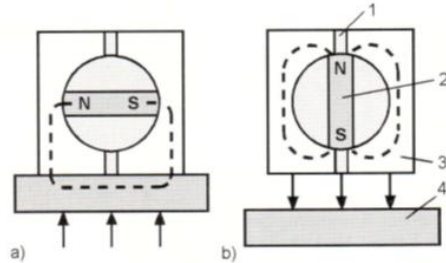
Vorteile	Nachteile
▪ Schonender Umgang mit dem Material ▪ Hohe Greifkraft bei kompakter Baugröße ▪ Eignet sich für staubige, feuchte oder sonst raue Industrieumgebungen ▪ Kann viele Geometrien greifen ▪ Geringe Anschaffungskosten ▪ Einfacher Aufbau	▪ Geräuscentwicklung: Abluft, Schaltvorgänge ▪ Begrenzte Kraft- und Positionsregelung ▪ Hoher Wartungsaufwand: Dichtungen, Ventile, Zylinder ▪ Wenig Feedback ans Leitsystem: Meist nur Endlagesignale



- Mechanische Greifer
- Pneumatische Greifer
- **Magnetgreifer**
- Greifer für spezielle Anwendungen



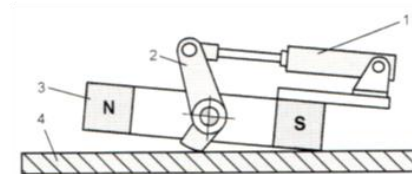
Magnethaftgreifer - Permanentmagnetgreifer



Magnethaftgreifer mit mechanischer Magnetfluss-Lenkung

Durch die Ausrichtung des Magnetes werden Stahlbauteile gehalten (a) oder abgestoßen (b).

- 1 unmagnetisches Material
- 2 Permanentmagnet
- 3 ferromagnetisches Gehäuse
- 4 Greifobjekt



Magnethaftgreifer mit Abdruckmechanismus

- 1 Pneumatikzylinder
- 2 Abdruckhebel
- 3 Magnet
- 4 Werkstück



Magnethaftgreifer - Elektromagnetgreifer

Erzeugung des magnetischen Feldes durch den Stromfluss durch eine Spule. Im Gegensatz zu Permanentmagneten sind Elektromagneten steuerbar.

Einsatzgebiete:

- Handhabung dünner Platten, Folien
- Handling empfindlicher Elektronik Substrate

Vorteile	Nachteile
▪ einfacher Aufbau, keine mech. Antriebe erforderlich, kleine Baugröße ▪ einfache Energiezuführung ▪ kein Greifkraftverlust durch Reibung in Getrieben und Gelenken ▪ für verschiedene Greifobjekte einsetzbar, nicht bauteilspezifisch ▪ steuerbar	▪ nur für magnetische Werkstoffe einsetzbar ▪ Haften nach Abschaltung durch Restmagnetismus (Remanenz) ▪ Bauteilverlust bei Energieausfall (nicht bei Permanentmagneten) ▪ relativ große Masse ▪ geringe Genauigkeiten oder zusätzliche Zentrierhilfen erforderlich ▪ Gefahr des Greifens mehrerer gestapelter Teile (z. B: Blechstapel) ▪ ggf. Entmagnetisierung erforderlich



Magnethaftgreifer - Permanent-Elektromagnetgreifer

Permanent-Elektro-Haftmagnete kombinieren die Wirkprinzipien der Permanent- und der Elektromagnetgreifer. Durch das Einschalten des Elektromagnetes wird das Magnetfeld des Permanentmagnetes neutralisiert und das Werkstück freigegeben. Zur Vermeidung des Haftens durch Restmagnetismus kann ein Gegenfeld geschaltet werden.

GREIFER FÜR SPEZIELLE ANWENDUNGEN

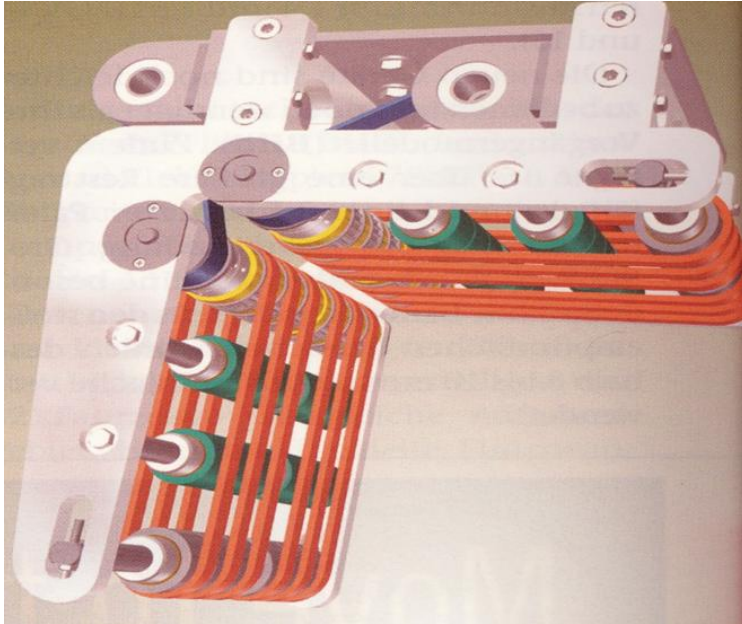


- Mechanische Greifer
- Pneumatische Greifer
- Magnetgreifer
- **Greifer für spezielle Anwendungen**

GREIFER FÜR SPEZIELLE ANWENDUNGEN



TractionGripper vom FhG-IML



Quelle: [FhG-IML](#), [Video](#)

GREIFER FÜR SPEZIELLE ANWENDUNGEN



- Anwendungsbereiche:
- Handhabung biegeschlaffer und luftdurchlässiger Bauteile wie z.B. Textilien

1. Material mit Wasser benetzen.
2. Aufsetzen des Greifers und Frieren des Wassers.
3. Material mit Greifer abheben, transportieren und ablegen.
4. Eis wird durch Druckluft aufgetaut und getrocknet. Material löst sich vom Greifer.

Wasser aufsprühen



Aufsetzen und anfrieren



Transportieren



Freigeben



Quelle: Linattec GmbH

GREIFER FÜR SPEZIELLE ANWENDUNGEN



Quelle: Wolf, ABB



Video
SCHUNK ADHESO



Quelle: Schunk



SCHUNK SHV

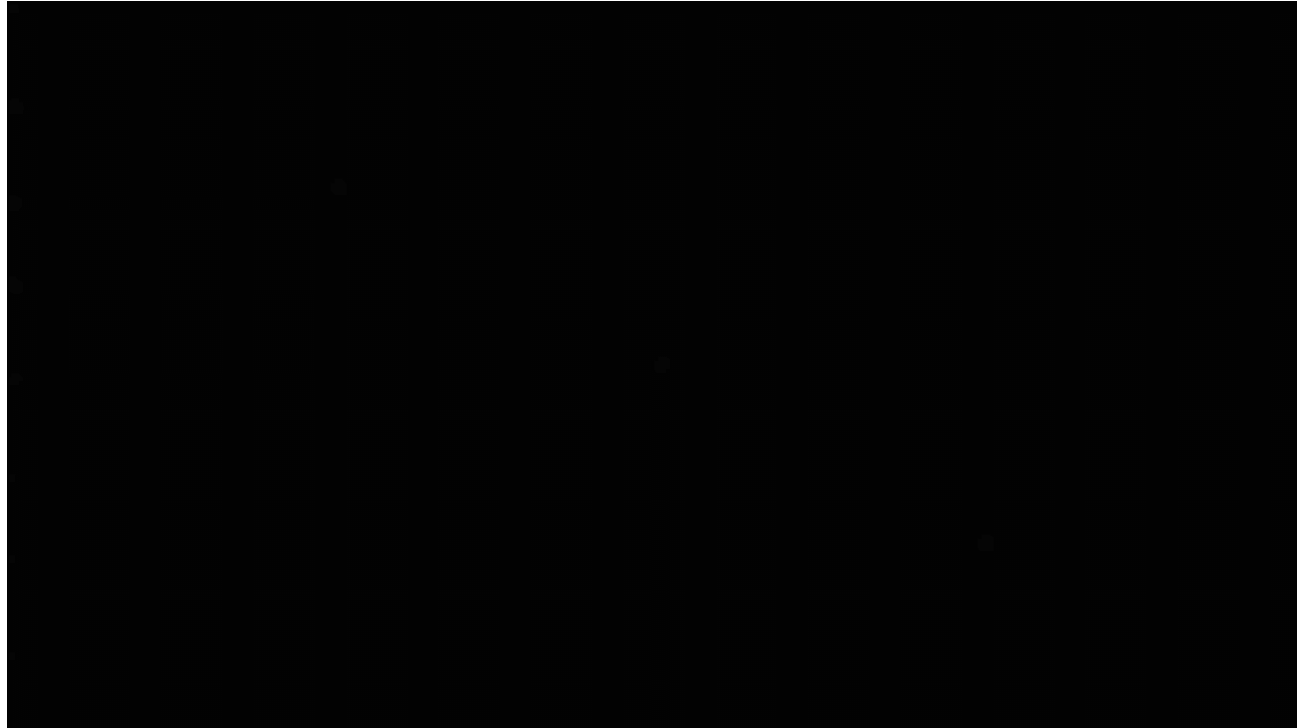


Quelle: Schunk



Video

FlexShapeGripper



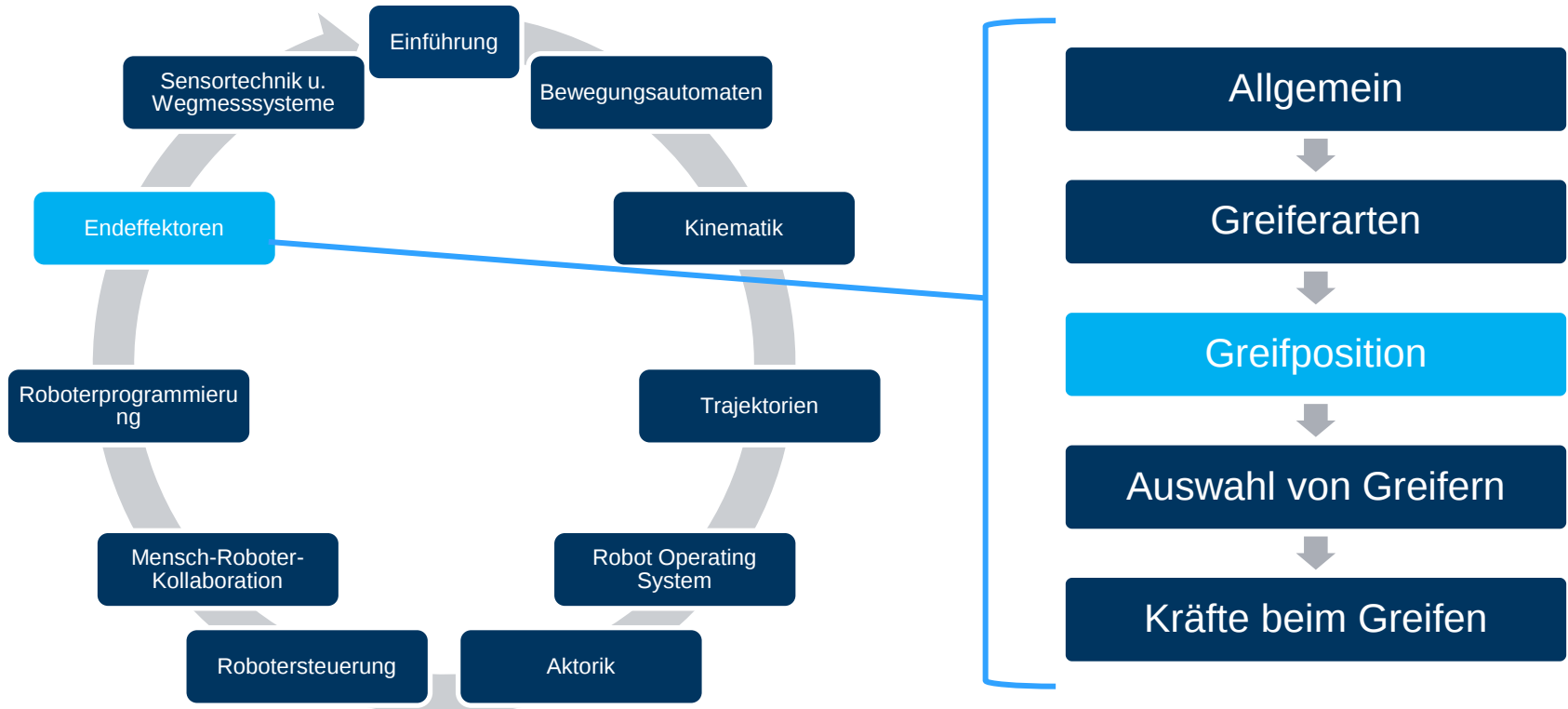
Quelle: Festo



Die zuvor aufgeführten Robotergreifer dienen der Werkstückführung in Prozessen der Robotik oder anderen Handhabungssystemen. Dem gegenüber stehen Anwendungen mit Werkzeugführung.

Die folgenden Beispiele stellen mögliche werkzeuggeführte Anwendungen in der Robotik dar:

- Punkt- und Bahnschweißen
- Laserschweißen und -schneiden
- Trennverfahren, z. B. Fräsen von Kunststoffbauteilen
- Oberflächenbearbeitung (Schleifen, Polieren)
- Beschichtungsverfahren, z. B. Lackieren
- Aufbringen von Kleber / Dichtungsmittel
- Qualitätssicherung durch führen von Sensorik
- Verpackungstechnik



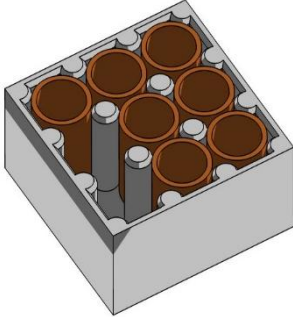
CHARAKTERISIERUNG DES GRIFFPUNKTES



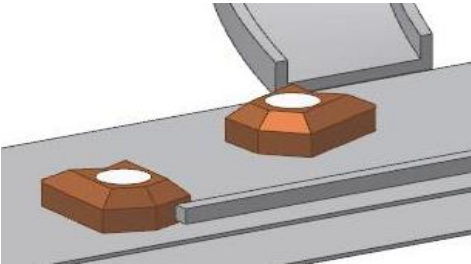
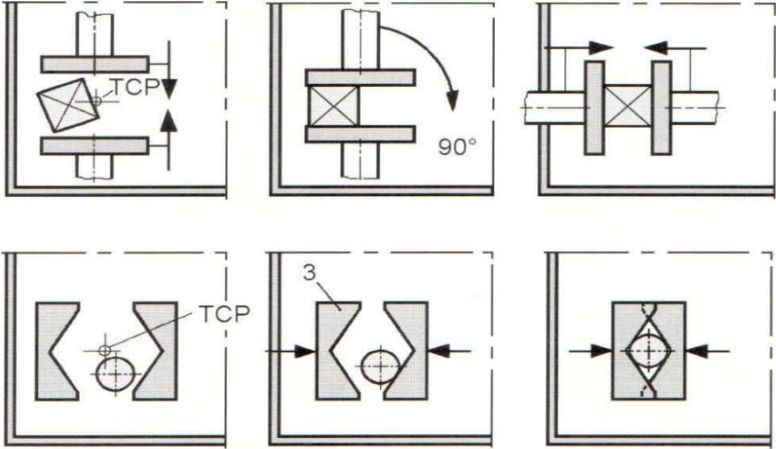
Beschreibung	Beispiel
Fixer Griffpunkt	Greifen von einem Magazinplatz
Wandernder Griffpunkt	Greifen vom laufenden Förderband
Vagabundierender Griffpunkt	Greifen eines hin und her laufenden Teils
Unbekannter, sensorisch zu bestimmender Griffpunkt	Griff vom Tisch, evtl. auch Nachgreifen bei verrutschten Teilen
Unbekannter Griffpunkt in 3 Dimensionen	„Griff in die Kiste“

Quelle: Hesse

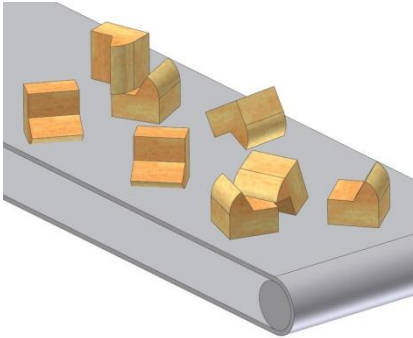


Zustand des Werkstücks	Beschreibung
Werkstück liegt positioniert und orientiert vor 	■ Greif- und Spannzonen dürfen sich nicht überschneiden ■ Greifzone möglichst nah am Masseschwerpunkt ■ wirkende Greifbackenbreite möglichst $> 5 \text{ mm}$ ■ für Werkstücklängen $> 200 \text{ mm}$ sollten Greifer mit Doppelgreifbacken verwendet werden ■ Veränderung der Greifpunkte durch Bearbeitungsprozesse möglich

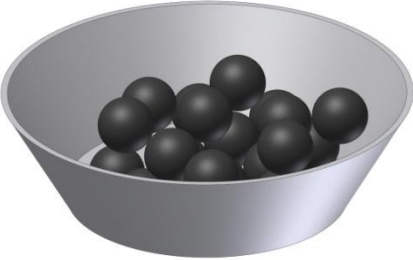


Zustand des Werkstücks	Beschreibung
Werkstück liegt auf einer Ebene 	Schiebebewegungen zur Werkstückpositionierung 



Zustand des Werkstücks	Beschreibung
Mehrere Werkstücke liegen auf einer Ebene 	■ Position und Orientierung des Greifobjektes nicht bekannt ■ Teile liegen regellos, können sich überdecken ■ optische Sensorik zur Erkennung und Bewertung der Greifobjekte erforderlich (Zugänglichkeit, erforderlicher Greifraum) ■ Algorithmen zur Generierung von Suchbahnen erforderlich



Zustand des Werkstücks	Beschreibung
Mehrere Werkstücke liegen im Raum (Haufwerk) 	■ keine Informationen zu Position und Orientierung ■ Suchbewegungen des Greifers oder Auswertung einer optisch aufgenommenen Szene ■ idealerweise Vermeidung des Haufwerks (Vibrationswendelförderer für Kleinteile, Auflösen des Haufwerks durch Verteilen)

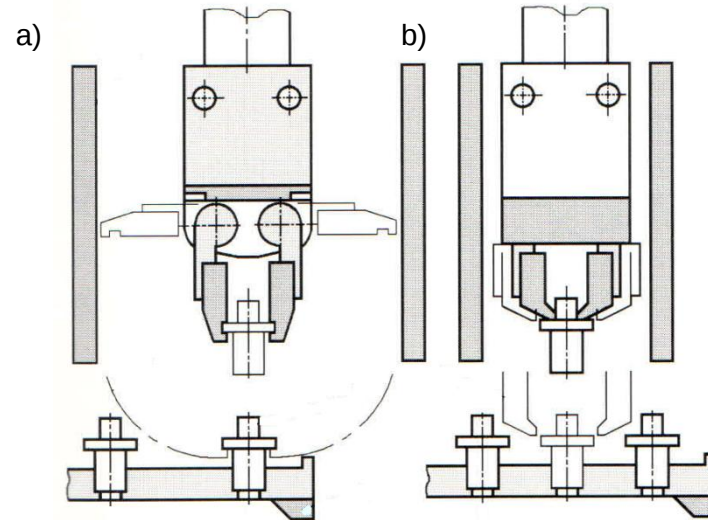
ZUGÄNGLICHKEIT DES GREIFORTS



Die An- und Abrückbewegung muss kollisionsfrei mit

- leerem, geschlossenem Greifer
- leerem, geöffnetem Greifer
- und beladenem, geschlossenem Greifer möglich sein.

- a) Winkelgreifer
- b) Parallelgreifergreifer



Quelle: Hesse

GREIFERFLEXIBILITÄT



- **A einfacher Kompaktgreifer**
- **B Revolvergreifer**
- **C Greifer mit seriellen Greifstellen**
- **D Einzelgreifer mit Wechselsystem**
- **E Greifer mit NC-verstellbaren Fingern**
- **F Revolvergreifer mit Wechselsystem**

Wechselsystem

Greifer

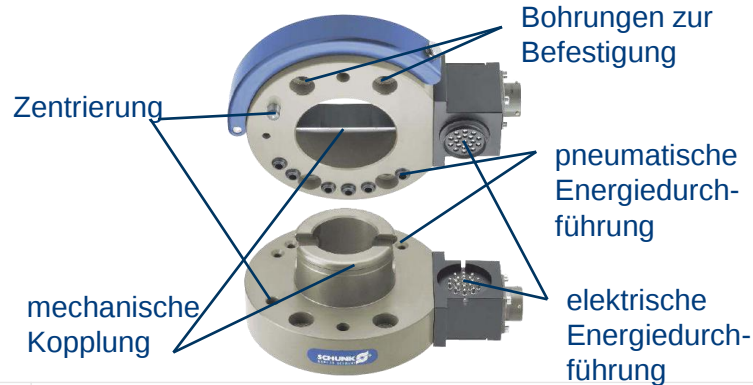
Greifobjekte

A	B	C	D	E	F

Quelle: Hesse

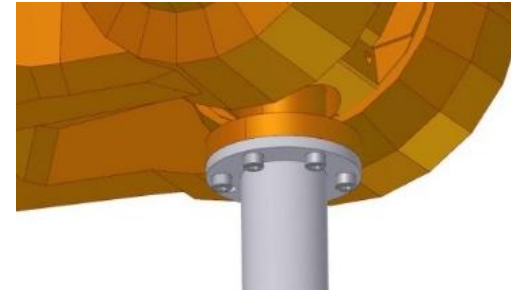


manuelles Wechselsystem



+	Schneller manueller Wechsel	
+	Varianten inklusive Energiedurchführung verfügbar	
+	keine Einmessung nach einem Greiferwechsel erforderlich	
-	kurze manuelle Rüstzeit beim Greiferwechsel erforderlich	
-	Höhere Kosten	

ohne Wechselsystem



+	keine zusätzlichen Kosten
-	hohe Rüstzeiten beim Greiferwechsel
-	Neues Einmessen des Greifers nach dem Wechsel erforderlich
-	zusätzliche Energiekopplung notwendig

Quelle: Schunk



automatisches Wechselsystem



1. Adapterplatte
2. Schnellwechselkopf SWK
3. Elektromodul roboterseitig
4. Verriegelungsmechanik
5. Verriegelungsring
6. Schnellwechseladapter SWA
7. Elektromodul werkzeugseitig

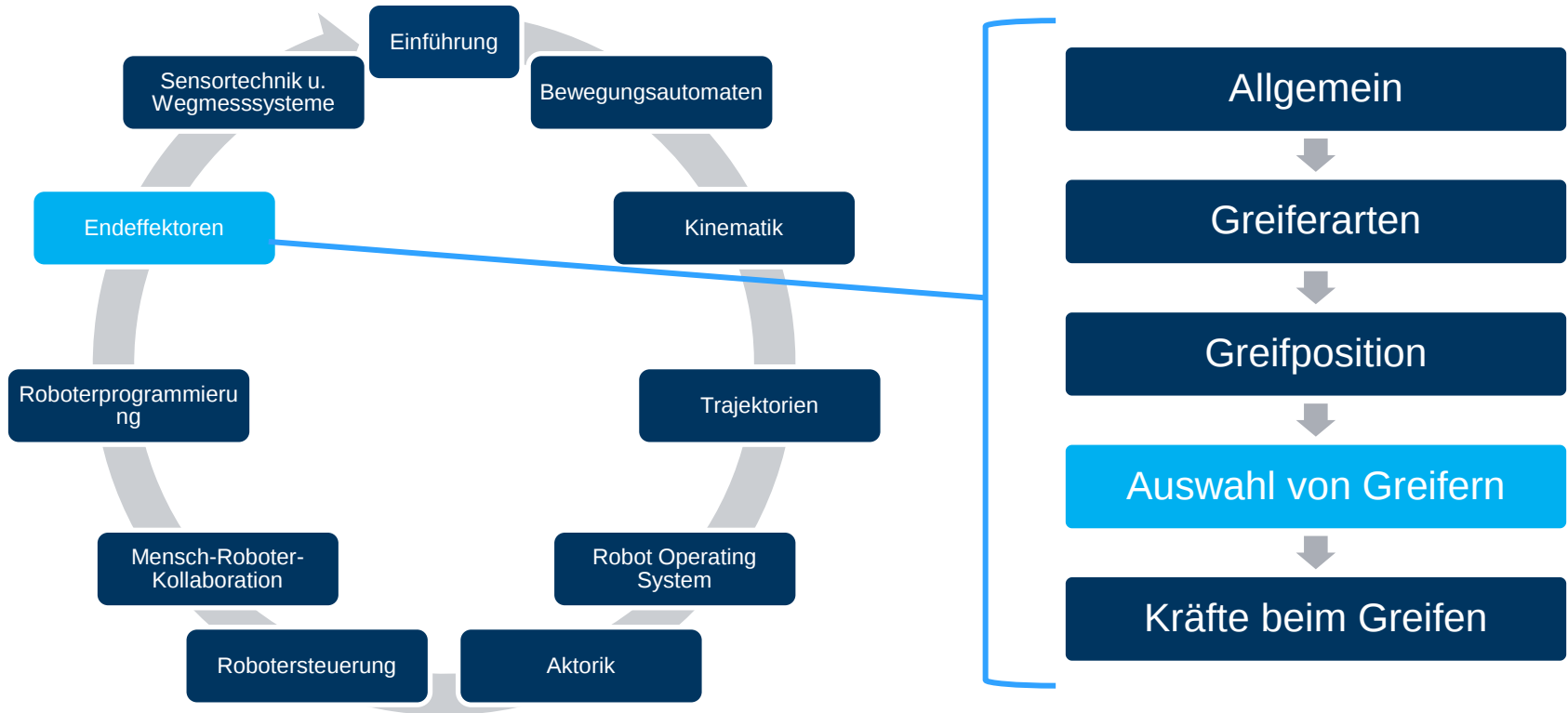
+	schneller automatisierter Wechsel, kein Öffnen des Sicherheitsbereiches
+	inklusive Energiedurchführung
+	keine Einmessung nach einem Greiferwechsel erforderlich
+	kein manueller Eingriff erforderlich
-	zusätzliche Kosten
-	zusätzlicher Programmieraufwand

BEISPIEL: AUTOMATISCHES WECHSELSYSTEM

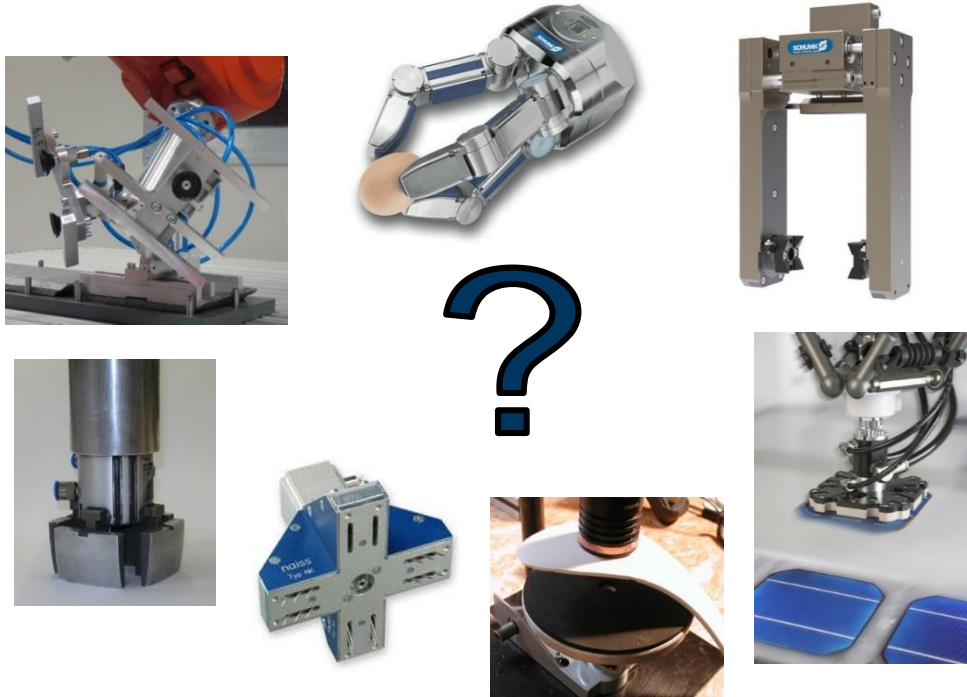


[Produktanimation: Automatischer Werkzeugwechsler CPS - YouTube](#)

VORLESUNGSIHALTE



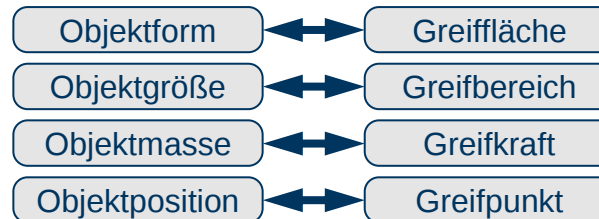
PLANUNG UND AUSWAHL VON GREIFERN



Quelle: Schunk, Schmalz, Linattec



- **Die Auswahl von Greifern erfolgt nach aufgabenspezifischen Anforderungen:**
 - Technologische Anforderungen
 - Greifzeit, Greifweg, Greifkraftverlauf und Anzahl der Greifobjekte je Griff
 - Einfluss von Greifobjekten
 - Masse, Gestalt, Abmessungen, Toleranzen, Schwerpunktlage, Standsicherheit, Oberfläche, Werkstoff, Festigkeit und Temperatur
 - Beziehungen zwischen Objekt und Greifer





- **Einfluss der Handhabungseinrichtung**
 - Positioniergenauigkeit, Achsbeschleunigungen, Anschlüsse (mechanisch, elektrisch, fluidisch)
- **Einfluss von Umweltparametern**
 - Prozesskräfte, Bedingungen an Zuführeinrichtungen und Spannstellen, Ablagebedingungen, Verunreinigungen, Feuchtigkeit, Schwingungen



- **Möglichkeiten zum Antrieb von Greifern**
 - elektromotorisch (rotatorisch, translatorisch)
 - pneumatisch
 - hydraulisch
 - magnetisch
 - piezoelektrisch



Quelle: PiezoMotor, Festo, Bodine Electric Company, Dexter

KRITERIEN ZUR ANWENDUNGSORIENTIERTEN BEWERTUNG VON ANTRIEBEN MECHANISCHER GREIFER



- Kraftdichte (Verhältnis der Kraft zur Baugröße)
- realisierbares Greifkraftvermögen
- Regelbarkeit (Position, Kraft)
- Komplexität der Energieübertragung und der Steuerungstechnik
- Immissionsempfindlichkeit (z. B. Staub, Feuchtigkeit, Schwingungen, Temperatur)
- Wartungsaufwand
- Not-Aus-Verhalten
- Investitionskosten
- Energiekosten (Energieverbrauch pro Zyklus, Wirkungsgrad, Energieart)
- Dynamik (Öffnungs- und Schließzeit)
- besonderer Einsatzbereich (z. B. Reinraumapplikation, Lebensmittelindustrie, Gießereiprozess)



- **Allgemeine Angaben:**
 - Typbezeichnung, Bauart, Baugröße
- **Primäre Kenngrößen:**
 - **Wirkprinzip:**
 - Mechanisch
 - Fluidisch (Druckluft, Saugluft)
 - Magnetisch (permanentmagnetisch, elektromagnetisch)
 - Adhäsiv
 - **Greifkraft**
 - **Greifkraftverlauf (Greifkraftdiagramm)**
 - **Greifhub (je Backe in mm oder °)**
 - **Greifweiteneinstellung**
 - **maximale Tragkraft**
 - **Schließzeit (Greifzeit)**
 - **Öffnungszeit (Freigabezeit)**
 - **Belastungsgrenzwerte**
 - Kräfte
 - Drehmomente
 - Fingerlänge
 - **Anzahl der Greiforgane**
 - **Bewegungsart der Finger**
 - **Hauptabmessungen des Greifers**
 - **Eigenmasse**
 - **Antriebsart**

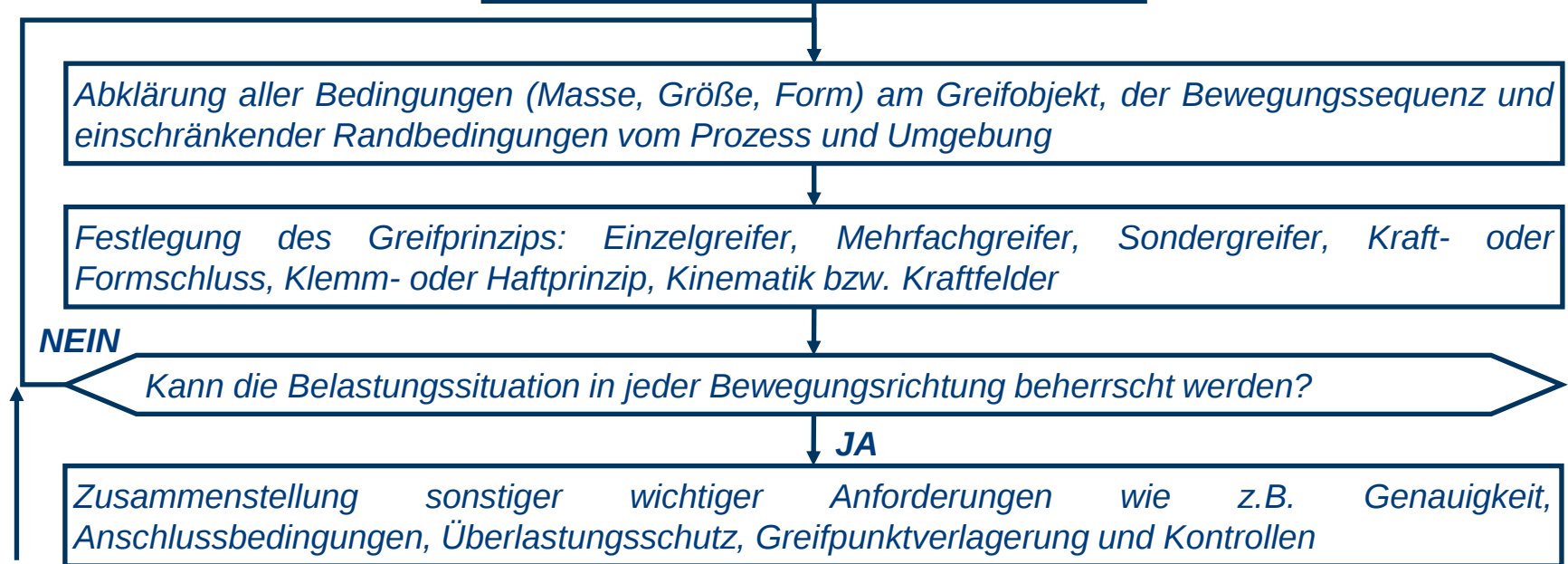


- **Sekundäre Kenngrößen:**
 - **Umweltverhalten (z. B. Schutz- und Reinraumklasse)**
 - Abluft
 - Abtrieb
 - **Ausführungen der Lager und Führungen**
 - **Baureihenstufung**
 - **Betriebstemperatur**
 - **Wirkungsweise**
 - einfachwirkend
 - doppeltwirkend
 - **Leistungsmasse**
 - **Massenträgheitsmoment**
- **Wiederholgenauigkeit**
- **Wartungszyklen**
- **Einbaulage**
- **maximale Arbeitsfrequenz**
- **Energieart und –verbrauch**
- **Greifkraftsicherung bei Energieausfall**
- **Greifhubüberwachung**
- **Materialangaben**
- **Schnittstellenangaben**
 - Mechanisch
 - Fluidisch
 - Elektrisch
- **Nutzungsdauer**
- **Kompatibilität/Kombinations-/Befestigungsmöglichkeiten von Zusatzbauteilen/Fingern/Greiferbacken**

HAUPTSCHRITTE ZUR GREIFERAUSWAHL

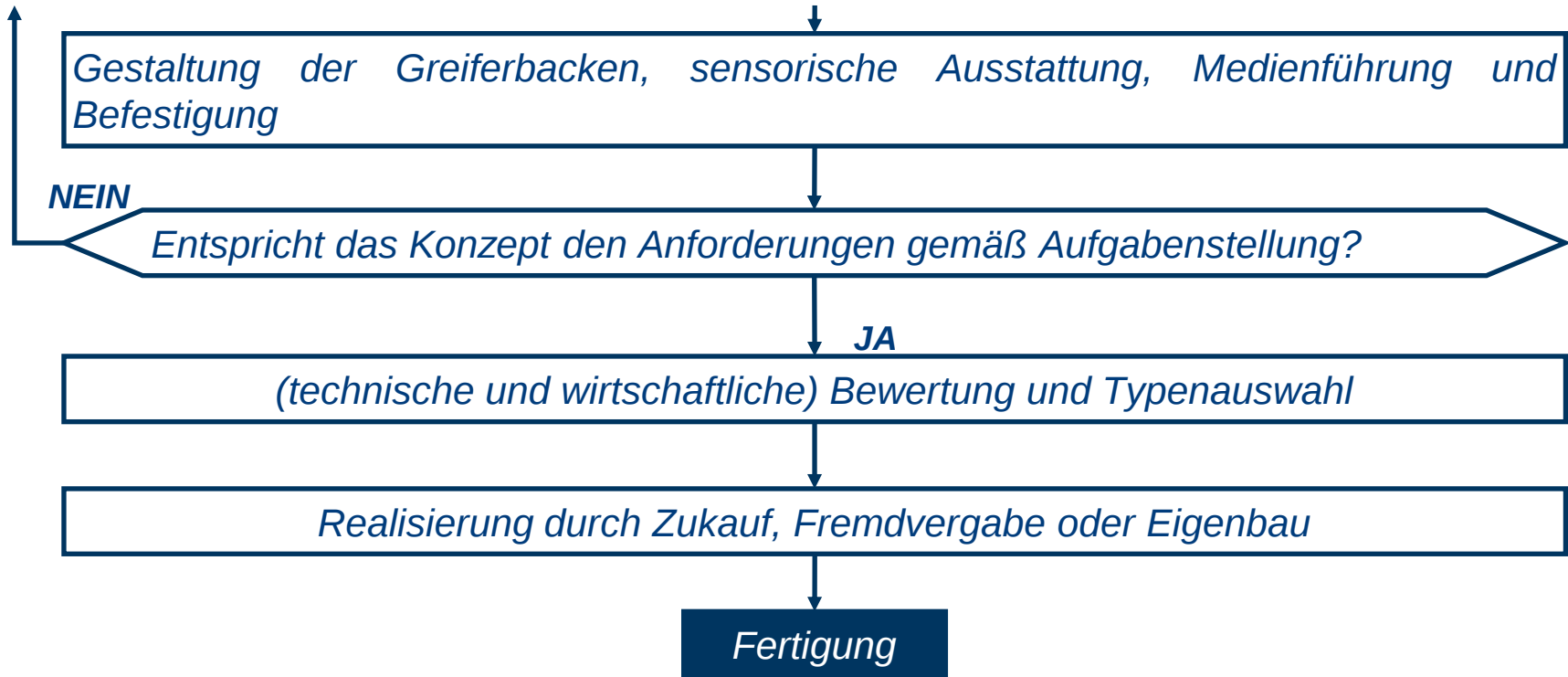


Hauptschritte bei der Greiferauswahl (nach Hesse)

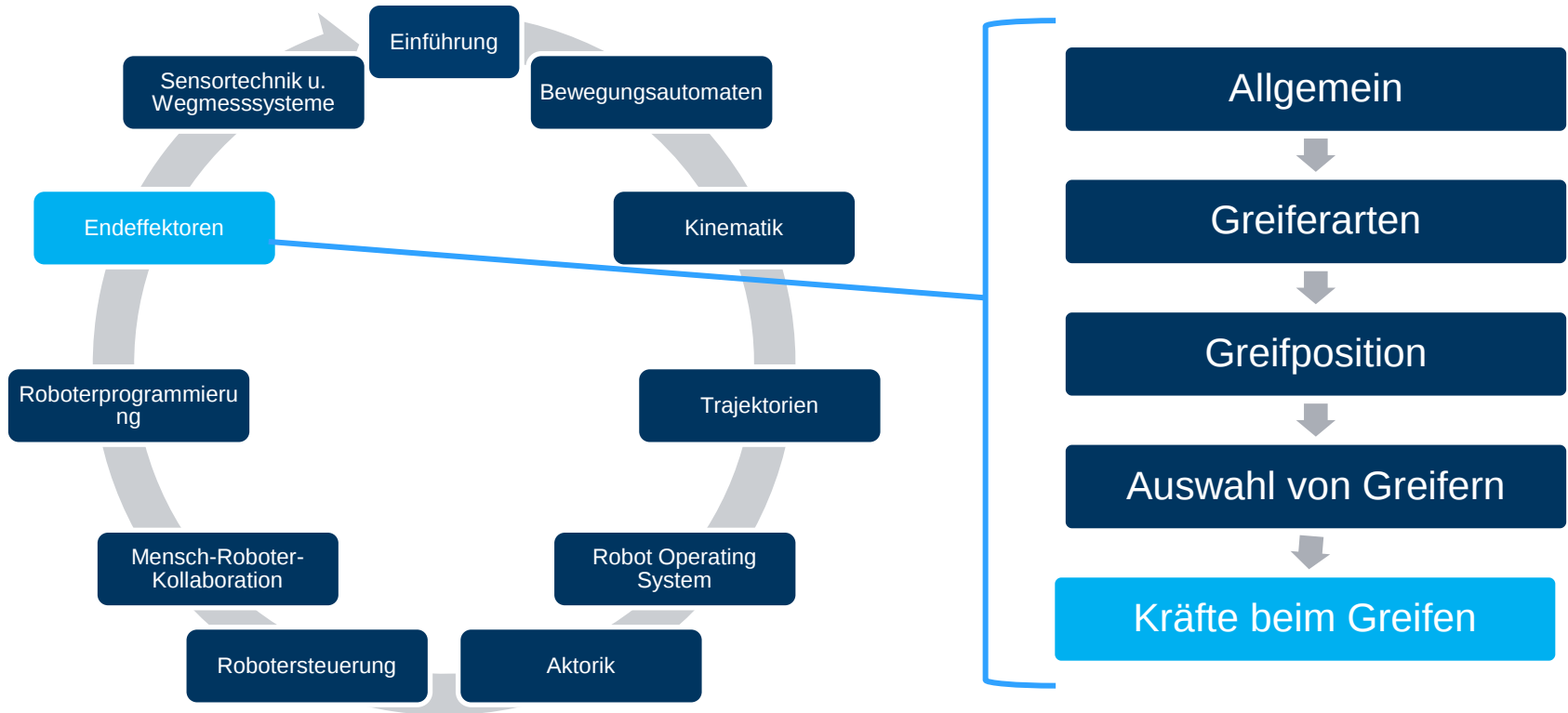


Quelle: Hesse

HAUPTSCHRITTE ZUR GREIFERAUSWAHL



Quelle: Hesse



WELCHE KRÄFTE ENTSTEHEN BEIM GREIFEN?

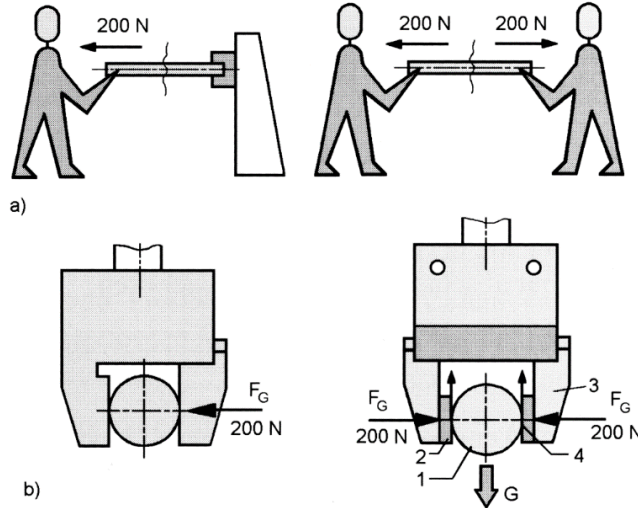


- **Faktoren, von denen die Greifkraft abhängt:**
 - Resultierende Kraft als Vektor aus allen wirkenden Einzelkräften: Gewichts-, Trägheits-, Coriolis-, Zentrifugalkraft
 - Geometrie des Greifobjekts, insbesondere der Griffstellen
 - Konstruktive Gestaltung der Greiferbacken
 - Material und Oberfläche der Greiferbacken
 - Umwelteinflüsse: ölige Flächen, Späne, Zunder und Temperatur
 - Räumliche Anordnung des Greifers im Verhältnis zu den Roboterachsen
 - Schwingungen durch den Roboter

WECHSELWIRKUNGSGESETZ DER KRÄFTE



- Die Greifkraft ist nicht abhängig von der Anzahl der (beweglichen) Greiffinger, sondern:



- „Die Kräfte, mit denen zwei Körper aufeinander wirken, treten stets zweimal auf, von gleicher Größe und in dieselbe Wirkungslinie fallend, aber mit entgegengesetzter Pfeilrichtung“

Quelle: Hesse

KRÄFTE AM KLEMMGREIFER



Klemmgreifer halten das Werkstück
allein mit Reibungskräften F_R
mit den Greifkräften F_G

Es gilt bei langsamer vertikaler
Richtung und ohne
Sicherheitszuschlag:

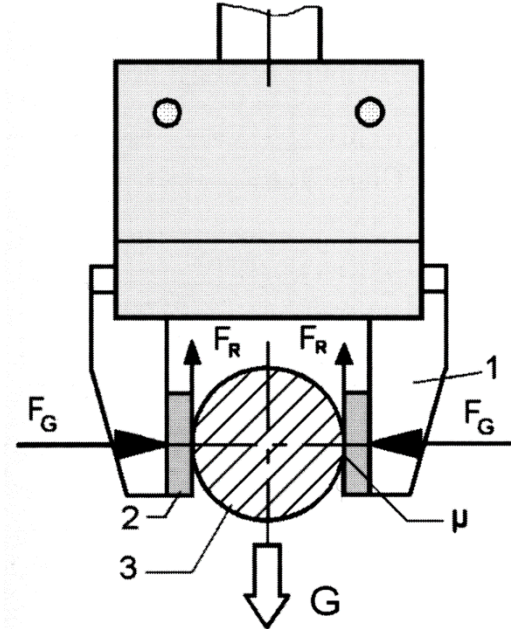
m : Masse

g : Erdbeschleunigung in m/s^2

n : Anzahl der Finger bzw. Greifbacken

μ : Reibungskoeffizient

$$F_G = \frac{m \cdot g}{\mu \cdot n}$$

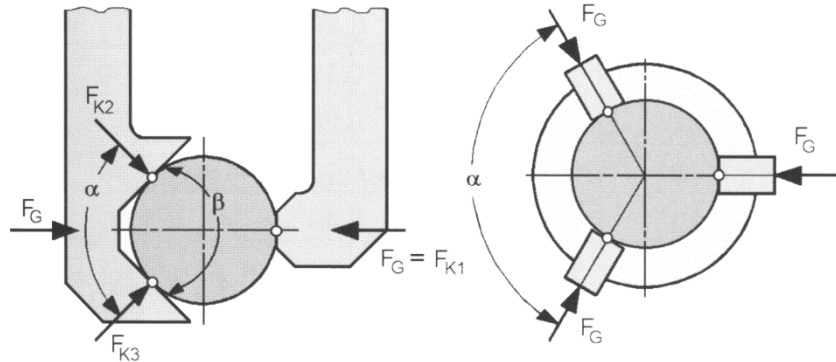


Quelle: Hesse

KRÄFTE AM KLEMMGREIFER



- Die Reibkräfte wirken an jeder einzelnen Greifbacke entgegen der Bewegungsrichtung.
- Beim Dreifingergreifer ist $n = 3$. Dabei spielt es keine Rolle, ob es sich um einen „echten“ Dreifingergreifer handelt, oder um einen Zweifingergreifer mit 3-Punkt-Anlage.



$$G = \sum F_{Ki} \cdot \mu$$

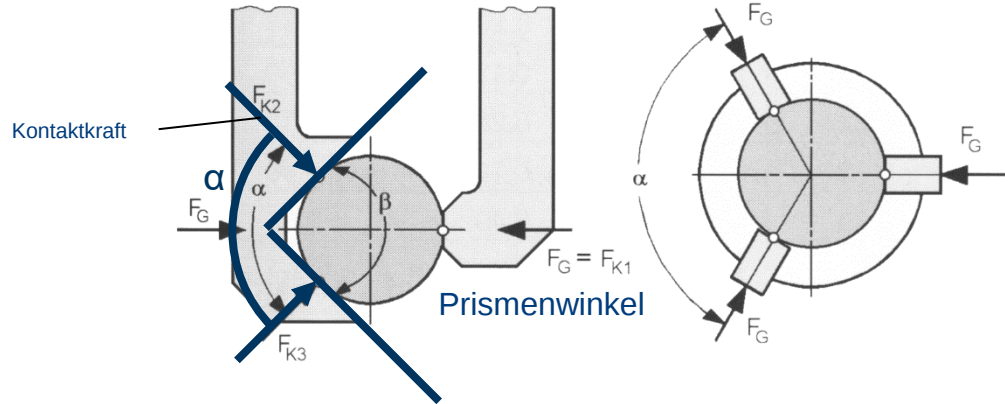
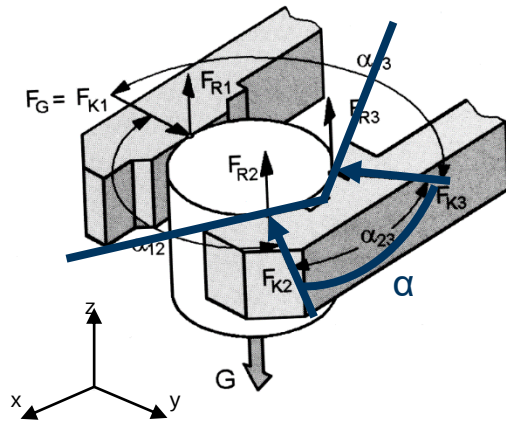
$$G = F_G \cdot \mu \cdot 3$$

$$F_G = \frac{m \cdot g}{\mu \cdot 3}$$

G : Gewichtskraft

Quelle: Hesse

ZU VORBEREITUNGSZWECKEN ZUR VERDEUTLICHUNG DES PRISMENWINKELS



Die Geometrie (Prismenwinkel α) lenkt die Kraft um:

- $\sin(\alpha/2)$ für Beschleunigung in z
- $\tan(\alpha/2)$ für Beschleunigung in x

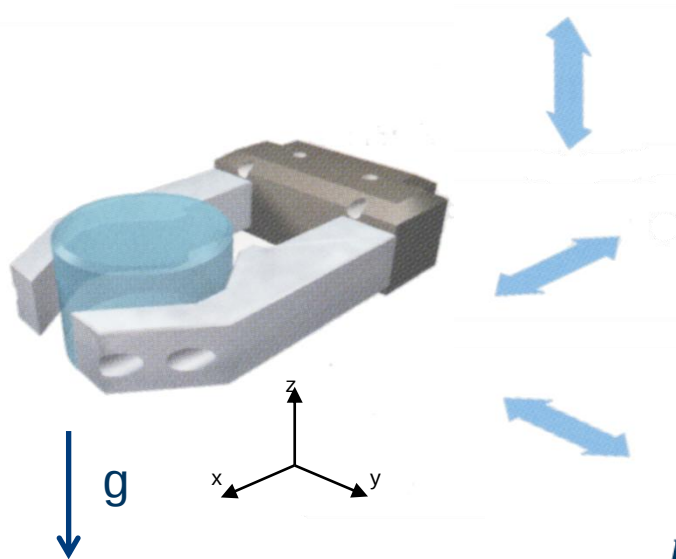
AUSWIRKUNG VON BEWEGUNG AUF DIE NOTWENDIGE GREIFKRAFT



Einbausituation

Beschleunigungsrichtung

Notwendige Greifkraft pro Greiffinger



$$F_{Gz} = m \cdot (a_z \pm g) \cdot \frac{\sin(\frac{\alpha}{2})}{n\mu} S$$

$$F_{Gx} = m \cdot a_x \cdot \frac{\tan(\frac{\alpha}{2})}{n} S$$

$$F_{Gy} = m \cdot a_y \cdot S$$

$$F_G = m \cdot (a_z + g) \cdot \frac{\sin \frac{\alpha}{2}}{n\mu} S$$

F_G Greifkraft

m Masse

a Beschleunigung

g Erdbeschleunigung

α Prismenwinkel

μ Reibungskoeffizient

S Sicherheit

n Zahl der Finger

Quelle: Wolf

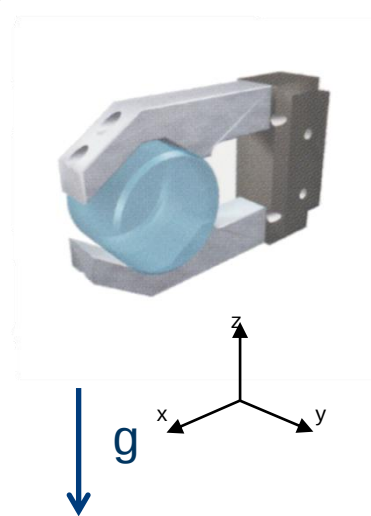
AUSWIRKUNG VON BEWEGUNG AUF DIE NOTWENDIGE GREIFKRAFT



Einbausituation

Beschleunigungsrichtung

Notwendige Greifkraft pro Greiffinger



$$F_{Gz} = m \cdot (a_z \pm g) \cdot S$$

$$F_{Gx} = m \cdot a_x \cdot \frac{\tan(\frac{\alpha}{2})}{n} S$$

$$F_{Gy} = m \cdot a_y \cdot \frac{\sin(\frac{\alpha}{2})}{n \cdot \mu} \cdot S$$

Quelle: Wolf

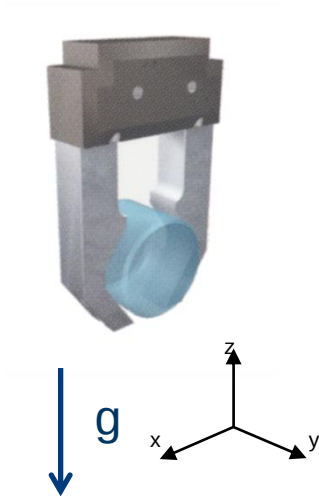
AUSWIRKUNG VON BEWEGUNG AUF DIE NOTWENDIGE GREIFKRAFT



Einbausituation

Beschleunigungsrichtung

Notwendige Greifkraft pro Greiffinger



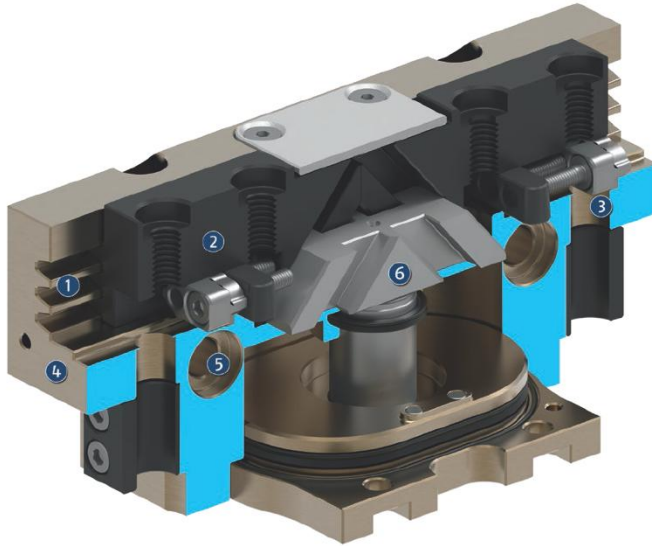
$$F_{Gz} = m \cdot (a_z \pm g) \cdot \frac{\tan(\frac{\alpha}{2})}{n} S$$

$$F_{Gx} = m \cdot a_x \cdot S$$

$$F_{Gy} = m \cdot a_y \cdot \frac{\sin(\frac{\alpha}{2})}{n\mu} S$$

Quelle: Wolf

SCHUNK PGN100 UND DRG100



1. Vielzahn-Gleitführung

hochbelastbare, spielfreie Grundbackenführung für große Fingerlängen

2. Grundbacke

zur Adaption der werkstückspezifischen Greiffinger

3. Sensorik

Halterungen für Näherungsschalter und einstellbare Schalnocken im Gehäuse

4. Gehäuse

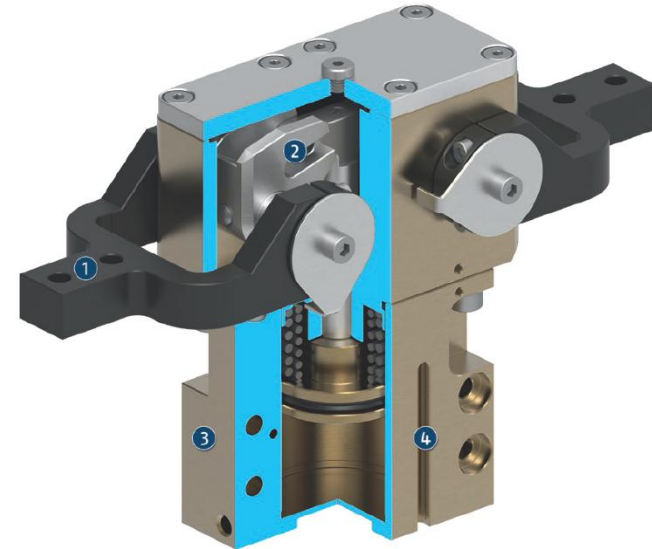
ist gewichtsoptimiert durch Verwendung einer hochfesten Aluminiumlegierung

5. Zentrier- und Befestigungsmöglichkeiten

für die universelle Montage des Greifers

6. Keilhakenprinzip

für hohe Kraftübertragung und zentrisches Greifen



1. Grundfinger

zur Adaption der werkstückspezifischen Greiferfinger

2. Kinematik

Kulissentriebe für zentrisches Greifen bei großen Öffnungs-/Schließbewegungen

3. Gehäuse

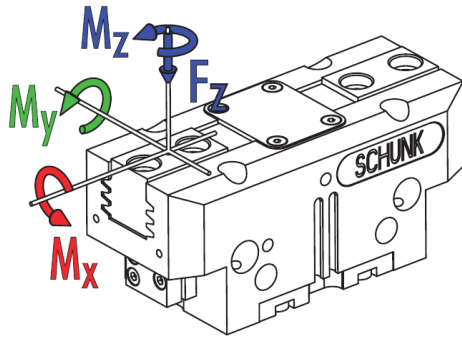
ist gewichtsoptimiert durch Verwendung einer hochfesten Aluminiumlegierung

4. Positionsabfrage

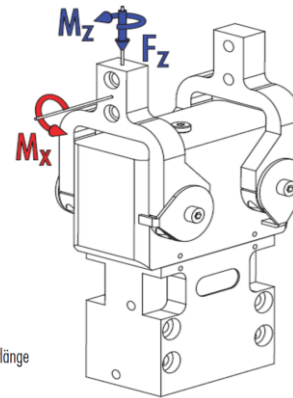
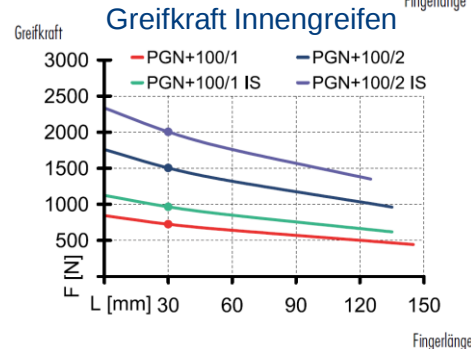
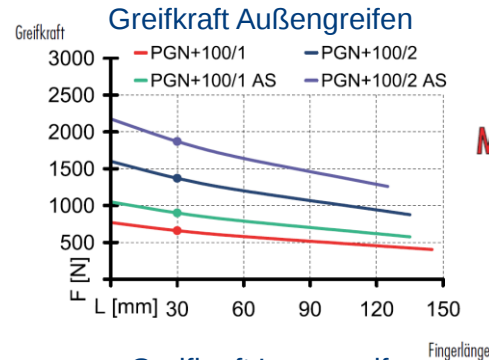
über C-Nutenschalter

Quelle: Schunk

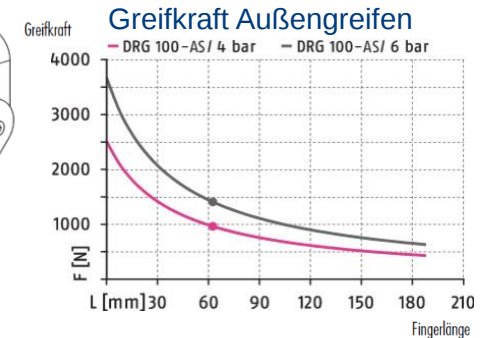
KRÄFTEVERLÄUFE FÜR VERSCHIEDENE GREIFERTYPEN



- M_x max. 80.0 Nm
- M_y max. 115.0 Nm
- M_z max. 70.0 Nm
- F_z max. 2000.0 N



- M_x max. 35.0 Nm
- M_z max. 10.0 Nm
- F_z max. 1200.0 N



Quelle: Schunk



Berechnung eines Saugers zur Handhabung eines Stahlbleches

- Aus $L = 2,5 \text{ m}$, $B = 1,25 \text{ m}$, $H = 2,5 \text{ mm}$, $\rho = 7,85 \text{ g/cm}^3$ folgt $m = 61,33 \text{ kg}$

F_{TH} = theoretische Haftkraft [N]

m = Masse [kg]

g = Erdbeschleunigung [$9,81 \text{ m/s}^2$]

a = Beschleunigung [m/s^2] der Anlage

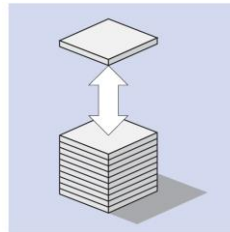
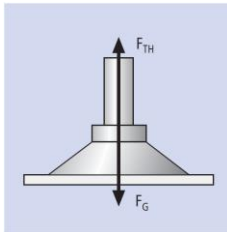
μ = Reibbeiwert (von 0,1 für ölige

Werkstoffe bis 0,6 für raue Oberflächen

S = Sicherheit (mind. 1,5 / höhere Werte für kritische, inhomogene raue oder poröse Werkstoffe)

- mögliche Lastfälle:**

1. Sauggreifer horizontal, Kraft vertikal

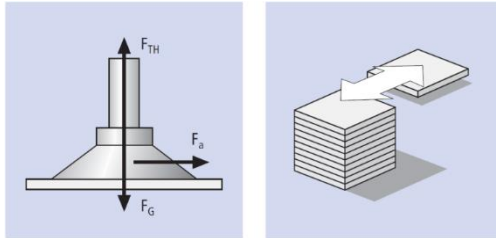


$$F_{TH} = m \cdot (g + a) \cdot S$$
$$F_{TH} = 61,33 \text{ kg} \cdot (9,81 + 5) \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1,5$$
$$F_{TH} = 1363 \text{ N}$$

Quelle: Schmalz



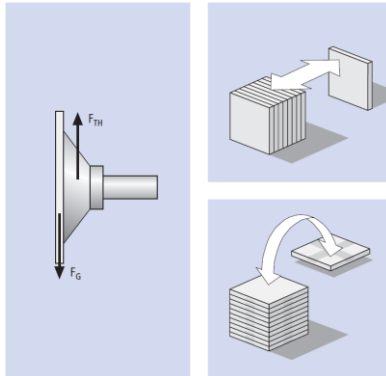
2. Sauggreifer horizontal, Kraft horizontal



$$F_{TH} = m \cdot \left(g + \frac{a}{\mu} \right) \cdot S$$

$$F_{TH} = 61,33kg \cdot \left(9,81 + \frac{5}{0,5} \right) \frac{m}{s^2} \cdot 1,5$$

3. Sauggreifer vertikal, Kraft vertikal



$$F_{TH} = 1822N$$

$$F_{TH} = \frac{m}{\mu} \cdot (g + a) \cdot S$$

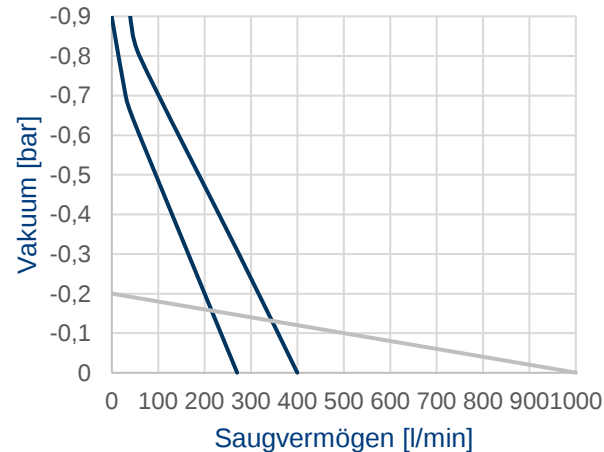
$$F_{TH} = \frac{61,33kg}{0,5} \cdot (9,81 + 5) \frac{m}{s^2} \cdot 1,5$$

$$F_{TH} = 3633N$$

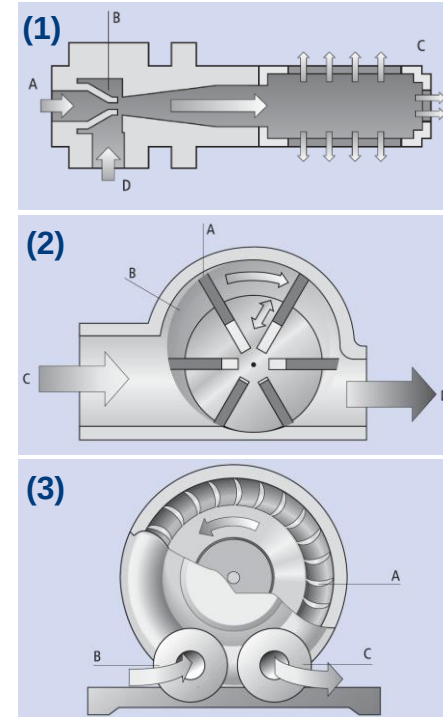


■ Vakuumerzeuger

- (1) Ejektor (Saugdüse)
- (2) Vakuumpumpe
- (3) Gebläse



— Ejektor
— Vakuumpumpe
— Vakuumgebläse



Quelle: Hesse, Schmalz



- **Berechnung fluidischer Antriebe**

$$p_L = 6 \text{ bar} = 6 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$p_U = 1 \text{ bar} = 1 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$D = 20 \text{ mm}$$

$$d = 5 \text{ mm}$$

$$F_{\text{Vorlauf}} = ?$$

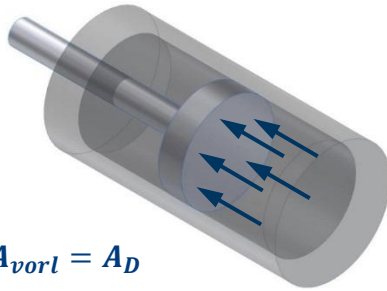
$$F_{\text{Rücklauf}} = ?$$



FUNKTIONSWEISE PNEUMATIKZYLINDER



Vorlauf:



$$A_{vorl} = A_D$$

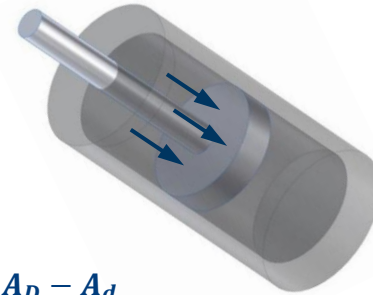
$$F_{vorl} = (p_L - p_U) \cdot A_D$$

$$F_{vorl} = (p_L - p_U) \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2 \pi$$

$$F_{vorl} = (6\text{bar} - 1\text{bar}) \cdot \left(\frac{20\text{mm}}{2}\right)^2 \pi$$

$$F_{vorl} = 157,08\text{N}$$

Rücklauf:



$$A_{rückl} = A_D - A_d$$

$$F_{rückl} = (p_L - p_U) \cdot (A_D - A_d)$$

$$F_{rückl} = (p_L - p_U) \cdot \left(\frac{D^2 - d^2}{4}\right) \pi$$

$$F_{rückl} = (6\text{bar} - 1\text{bar}) \cdot \left(\frac{(20\text{mm})^2 - (5\text{mm})^2}{4}\right) \pi$$

$$F_{rückl} = 147,26\text{N}$$