

## Festigkeitslehre:

$\sigma = \frac{F}{A}$  vorhandene Spannung mit zulässiger Spannung vergleichen.

Sicherheit bei zulässiger Spannung:

Überschlägig: 3-5

Bei Nachrechnung: 1,25

### Drei Belastungsfälle

- I. Ruhend
- II. Schwellend
- III. Wechselnd

Zulässige Werte werden von Gesetzgeber vorgegeben.

Normalspannung:  $\sigma = \frac{M_b}{W}$  (kann man arithmetisch addieren)

$$W = \frac{I}{e}$$

### Statisches Grundgesetz:

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$\sum M = 0$$

$$P = M * \omega[W]$$

$$P = F * v[Nm / s]$$

$$F = m * a$$

$$M = I * \alpha$$

$$q = k * A * \Delta t$$

k=0.2 gut isoliertes haus, 1 bei neuen fenstern

$k = \text{Temperaturkoeffizient}$

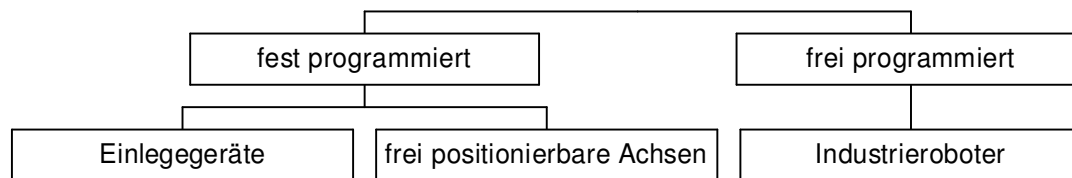
$A = \text{Oberfläche}$

$\Delta t = \text{Temperaturdifferenz}$

## 1. Handhabungstechnik

Die automatische Handhabung von Werkstücken und Werkzeugen ist ein wesentlicher Bestandteil der Fertigungsautomation. Roboter können auch direkt als Bearbeitungsmaschinen eingesetzt werden.

### Konzepte von Handhabungsgeräten:



#### 1.1 Einlegegeräte

- Ohne geregelten Antrieb meistens pneumatisch
- Ohne Messsystem
- Pro Achse im Allgemeinen zwei durch Anschläge definierte Positionen (Pick & Place Unit)
- Steuerung des Bewegungsablaufs meistens durch SPS oder in einfachen Fällen pneumatische Steuerung, (oder auch mechanisch durch Kurvenscheiben)
- Durch modularen Aufbau (Greifer, Lineareinheit, Drehmodul) lassen sich die Anlagen flexibel gestalten.

#### 1.2 Durch die Verwendung frei positionierbarer Achsen wird die Flexibilität noch mehr erhöht.

#### 1.3 Industrieroboter

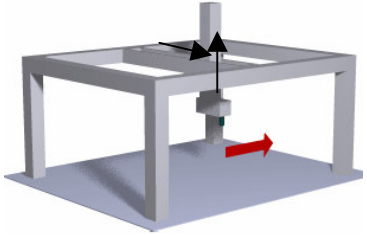
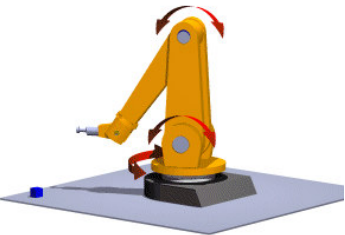
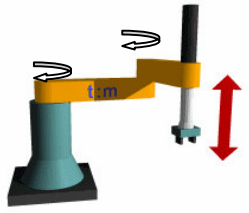
Die Achsen von Industrierobotern verfügen über Wegmesssysteme und werden wie die Achsen einer CNC Maschine angesteuert.

##### 1.3.1 Aufbau von Industrierobotern:

###### *a.) Mechanik und Kinematik*

- Drei Linearachsen ermöglichen das Erreichen jedes beliebigen Punktes im Raum.
- Drei Rotatorische Achsen ermöglichen die Räumliche Einstellung des Greifers
- Maximal 7 Achsen (eine Parallelachse) ausgeführt.

Es haben sich folgende Kinematische Grundtypen durchgesetzt:

Portalroboter	Knickarmroboter	Schwenkarmroboter Scara Roboter
		 <i>SCARA-Roboter</i>
<b>LLL</b>	<b>RRR</b>	<b>LRR</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Robuste Konstruktion</li> <li>- Hohe Steifigkeit</li> <li>- Der Roboter kann über einen anderen Arbeitsbereich gebaut werden.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aufwendigste Konstruktion mit prinzipiellen Nachteilen bzgl. Der Steifigkeit</li> <li>- Vorteil: sehr flexibel da auch Innenräume erreicht werden.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Einfache und kompakte Konstruktion für ebene Problemstellungen.</li> </ul>
Anwendung bei Maschinenbeschickung, Palletieraufgaben, insbesondere bei schweren Lasten.	Anwendung bei Lackieren, Schweißen, Kleben, Entgraten	Anwendung hauptsächlich für Montageanlagen.

### b.) Greifer und Hand

Auf einer Grundplatte können unterschiedliche System montiert werden um Werkstücke oder Werkzeuge zu greifen, festzuhalten, zu transportieren und in der gewünschten Lage zu positionieren. Der Greifer ist das Schnittstellenelement zwischen Roboter und Werkstück.

#### Aufbau des Greifers:

##### Schnittstelle:

<i>Roboterachse</i>	<i>Greifer</i>
Steuerung	<b>Sensor</b> (Kraft, Moment, Schlupf, Anwesenheit, Form, Orientierung)
Mechanik	<b>Energie</b> (pneumatisch, elektrisch, hydraulisch)
Kinematik	<b>Kinematik</b> (Hebeln, Kurve, Räder, Schraubenge triebe)
	Haltesystem (Finger oder Backe)
	Flansch

Flansch des Roboters stimmt oft mit dem Greiferflansch des Roboters nicht überein. (ISO9409-1 Standartisierungsprogramm) Abhilfe durch Zwischenflansch.

- Zu Sensor:** In der Praxis werden wegen der Störanfälligkeit eher nur induktive Sensoren zur Anwesenheitsüberwachung verwendet.
- zu Energie und Antrieb:**
- wegen des einfachen Aufbaus wird der pneumatische Antrieb am häufigsten verwendet.
  - Vakuumgreifer benötigen keine Kinematik und sind daher am billigsten.
  - Flexible Greifereinrichtungen werden primär *elektrisch* angetrieben. (wegen des großen Verstellbereichs der Greiffinger und der guten Regelbarkeit)
  - Der hydraulische Antrieb wird fast ausschließlich bei hohen Werkstückgewichten verwendet.
- zu Kinematik**
- Neben der Schnelligkeit der Backenbewegung hängt die Greifkraft und der Greifkraftverlauf von der Kinematik ab. Es sind lineare, rotatorische oder krummlinige Backenbewegungen möglich.
- zu Haltesystem**
- setzt sich aus Greiffingern und den daran befestigten Greiferbacken zusammen. Meist fräst sich der Anwender die Backen selbst.

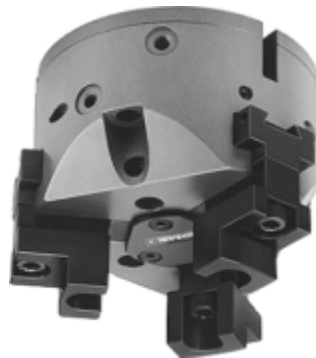
### Auswahlkriterien für Greifer

Hub, Spannart, Greifkraft, Gewicht, Schließ und Öffnungszeiten, Greifkraftsicherung bei Energieausfall,

### Einteilung der Greifer

#### a.) Standardgreifer

- **mechanisch**
  - i. **Parallelbackengreifer** mit translatorischer Schließbewegung
  - ii. **Winkelgreifer** als Scheren und Zangengreifer (einfach; Drehbolzen + Pneumatikzylinder → Greifer; aber eventuelle nur Linienberührung mit dem Werkstück.
  - iii. **Dreifingergreifer**



- **Vakuumgreifer**  
Vorteil: einfach, geringes Gewicht, schnelle Auswechselbarkeit.  
Nachteil: Positioniergenauigkeit und Tragfähigkeit gering
- **Sondergreifer**  
z.b.: Nadelgreifer, Lochgreifer, Gummifingergreifer

#### b.) flexible Greifer und Greifsysteme

- Schwenkgreifer
- Greifer und Greiferbacken Wechselsysteme
- Universalgreifersysteme, mehrgliedrige 5 Finger Systeme (spielen in der Praxis keine Rolle)

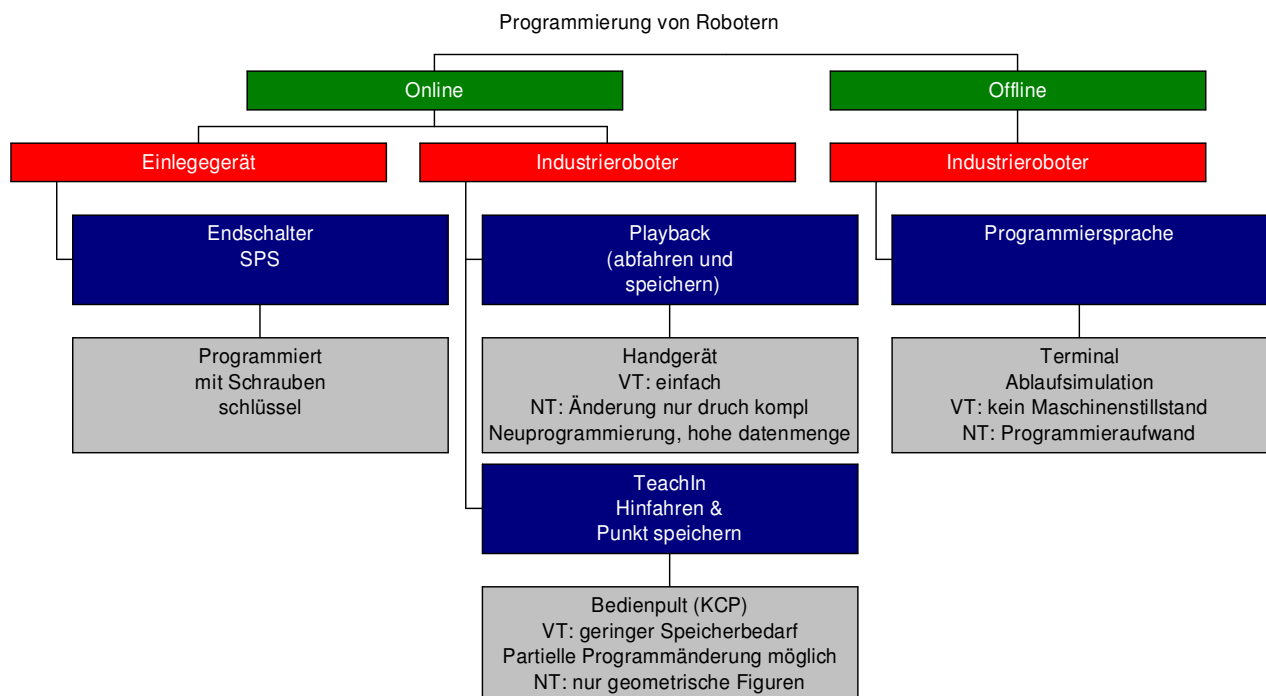
Die hohe Flexibilität der Greifer ist nicht notwendig wenn schon bei der Konstruktion der Teile planparallel gegenüberliegende Flächen vorgesehen werden.

In der Praxis hat sich gezeigt dass 90% der Bauteile von Standardgreifern problemlos manipuliert werden können.

### 1.3.3 Steuerung

#### 2 Steuerungstypen

- **Punkt Steuerung**  
die Bewegung der Achsen erfolgt ohne Funktionszusammenhang von Position zu Position.  
Einsatz: Punktschweißen, Palettieren, Montage,
- **Bahnsteuerung**  
Anwendung bei Schweißen, Lackieren, Entgraten, Kleben,



### 1.3.4 Antrieb

Die Achsen werden mit AC Servomotoren, evnt. polumschaltbaren Motoren mit oder ohne Getriebe angetrieben. Die Getriebe spielarm oder spielfrei sein. Für Einlegegeräte werden pneumatische, selten hydraulische Antriebe verwendet. Die dynamischen Anforderungen an die Antriebe sind sehr hoch.

### 1.3.5 Messsystem

Das Messsystem zum messen der Position, Verstellgeschwindigkeit und Beschleunigung jeder Achse.

Inkremental wird eher bei den Grundachsen verwendet, in der Handachse eher absolute Messsystem da beim einschalten des Roboters möglichst sofort die absolute Stellung im Raum erkennbar sein muss.

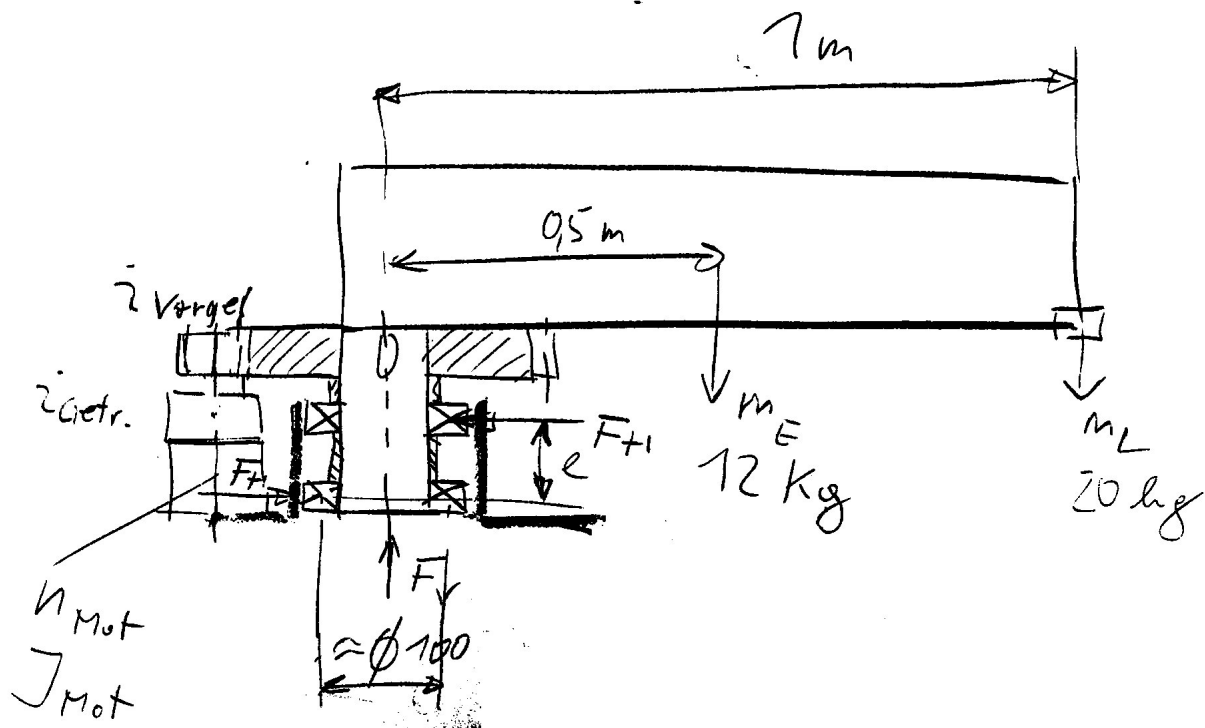
### 1.3.6 Sensoren

Sensoren sind Messwertaufnehmer mit deren Hilfe menschliche Sinne und Empfindungen nachgebildet werden.

	Mensch	Tech. Sensoren	
Hören	Gehör Ohr	Mikrofon	Schall
Sehen	Licht Auge	Fotozelle Kamera	Licht Konturen
Fühlen	Temperatur Haut Schwerkraft Muskel Tastsinn Nerven	Thermometer Waage Kraftsensoren Fühler (Schalter)	Wärme Gewicht Gewicht Form, Lage
Riechen	Nase		
Schmecken	Zunge, Gaumen		

Die Einsatzmöglichkeiten eines Industrieroboter werden wesentlich von den eingesetzten Sensoren bestimmt.

- Näherungsschalter, Berührungslose Sensoren (Kontrolle ob Werkstück vorhanden ist oder nicht, eventuell grobe Lagekorrektur),
- Kraft & Momentensensoren (Werden meist nur beim Fügen eingesetzt um die Lage zu korrigieren.
- Optische Bilderkennung: z.b. Hell dunkel, oder Farberkennungssystem, Videokamera, (Der Griff in die Kiste bleibt noch Utopie)



[20022122.mcd](#) → 0.1 Nm

Dieser Antrieb ist Leistungsmäßig 6 Fach überdimensioniert da die AC Servomotoren ein relativ konstantes Drehmoment über die gesamte Drehzahl haben, kann die Motordrehzahl und somit die Übersetzung reduziert werden.

[20022122 andere werte](#): Annahme 1500 Umdrehungen → 0.06 Nm

(Files in manlm Verzeichnis 5ahta)

## 2. Verbrennungstechnik

### 2.1 Berechnung der Luftmenge zur Verbrennung

#### a.) zu wenig Luft

Folgen:

- schlechte Ausnutzung des Brennstoffes
- Gefahr von Verpuffung (Explosion) bei plötzlichem hinzukommen von Luft

#### b.) stöchiometrische Verbrennung

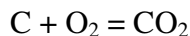
- gerade soviel Luft wie unbedingt notwendig ist.
- führt zu höchsten Verbrennungstemperaturen

#### c.) Verbrennung mit Luftüberschuss

- kommt technisch immer vor wegen mangelnder Mischung von Luft und Brennstoff

#### d.) Verbrennungsrechnung eines flüssigen, festen oder gasförmigen Brennstoffes:

**z.b.:** Analyse eines festen oder flüssigen Brennstoffes: (C,H,S,N<sub>2</sub>,O,H<sub>2</sub>O [kg/kg][%])



$$12+32 = 44$$

Für 12 Kg Kohlenstoff brauche ich 22.4 Norm m<sup>3</sup> O

$$O_{\min} = C * 22.4 / 12$$

O<sub>min</sub> → stöchiometrische Verbrennung (ohne Luft überschuss)

$$O_{\min} = C * 1,87 \text{ in } [Nm^3/kg]$$

$$O_{\text{minimum}} = H * 5.6$$

$$O_{\text{minimum}} = S * 0.7$$

$$O_{\min} = 1,87C + 5.6H + 0.7 S - 0.7 * O \rightarrow \text{Sauerstoff benötigt}$$

#### Luftmenge benötigt:

$$L_{\min}^{\text{trocken}} = \frac{100}{21\%} * O_{\min} = 4.76 O_{\min} [Nm^3 / kg]$$

$$L_{\min}^{\text{feucht}} = L_{\min}^{\text{trocken}} \left( 1 + \psi * \frac{p_s}{p - p_s} \right)$$

$$\psi \dots \text{Sättigungsgrad}; \psi = \frac{\psi_{D(\text{tats. Wassergehalt der Luft})}}{\psi_{(\text{maximal möglich})}}$$

$p_s \dots$  Sättigungsdruck des Wassers

$p \dots$  tatsächlicher Druck

tatsächliche Menge bei Luftüberschuss:

$$L_n = n * L \text{ min} \quad \begin{array}{l} \text{bei flüssigen} \\ \text{gasförmigen Stoffen} \end{array} \quad \text{oder}$$

$$n = 1.1 - 1.2$$

$$n = 1.8 \text{ feste Stoffe}$$

Richtwerte für den praktischen Verbrennungsluftbedarf:

Erdgas .... 10 m<sup>3</sup>Luft /m<sup>3</sup> Gas

Heizöl .... 12 m<sup>3</sup>Luft /kg Gas

Holz .... 8 m<sup>3</sup>Luft /kg<sup>3</sup> Gas

## 2.2 Berechnung der Abgasmenge zur Querschnittsbestimmung der Rauchgasmenge

$$V_{\text{min}} = 1,87 * C + 0,7 * S + \underbrace{0,8 * N + 0,79 * L}_{\text{NL}} \text{ min} \left[ \frac{\text{Nm}^3 \text{RG}}{\text{kg Brennstoff}} \right]$$

CO<sub>2</sub>                      SO<sub>2</sub>                      NL

$$V_{\text{min+}} = V_{\text{mintr}} + \underbrace{11,2 \text{ H}_2 + 1,24 \text{ H}_2\text{O}}_{\text{H}_2\text{O}} + L_{\text{mintr}} * \varphi * \frac{p_s}{p - p_s}$$

Abgasmenge die tatsächlich im Ofenraum vorkommt:

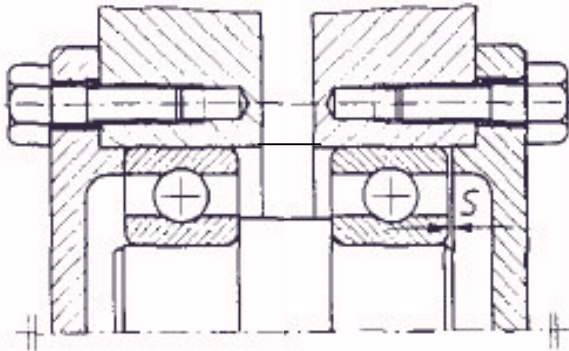
$$V_{n+} = 1,87 * C + 0,7S + 0,8 * N + 0,79 * L_n$$

$$L_n = L \text{ min} * n$$



## Lagerung:

### schwimmende Lagerung:

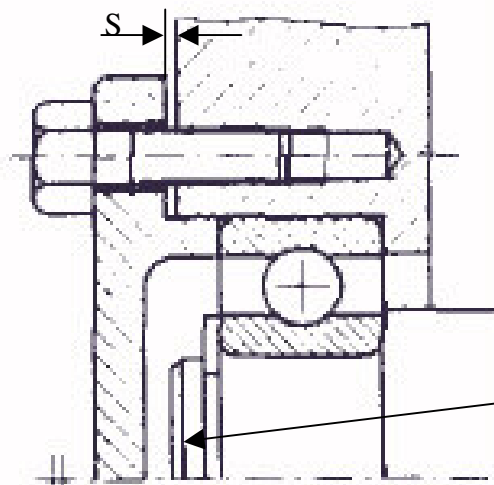


S .... 0.1 – 0.2 mm → Spiel

Für kleine Lagerabstände, wechselnde Axialkräfte sind verboten.

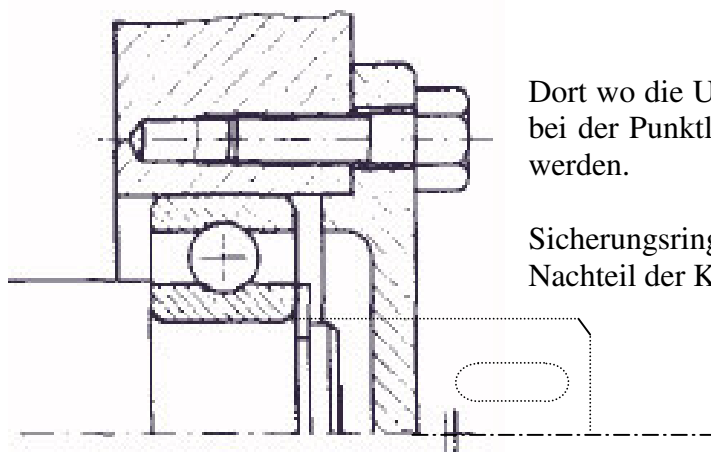
Sonst Loslager und Festlager verwenden.

### Los und Festlager:



**Festlager: beide Ringe fixiert.**

Sicherungsschraube: Hiermit wird das Lager auf der Welle fest montiert  
Oder wie hier mit Sicherungsring



Dort wo die Umfangslast ist muss ein fester Sitz sein, bei der Punktlast kann dann ein loser Sitz angebracht werden.

Sicherungsring ist nicht unbedingt notwendig, hat den Nachteil der Kerbwirkung. Besser mit Presspassung.

**Loslager: Nur ein Ring fixiert.**