

- Verfahrensübersicht DIN 8580
- Eigenschaften: Werkstoffausnutzung, Erreichbare Toleranzen und Rauigkeiten, abbildende / erzeugende Verfahren,
- Zeitrechnung, Verfügbarkeit
- Kostenrechnung: fixe / variable Kosten
- Prozesskombination zu Prozessketten
- Automatisierbarkeit

Umformtechnik:

- kontinuumsmechanische Beschreibung: Kontigleichung, Dehnungen, Gleichgewicht, Wärmeleitung
- Stoffverhalten: Fließkurve, Fließortkurve, Versagensgrenze (Grenzformänderungsschaubild)
- Blechumformung: Tiefziehen, einfach- / doppeltwirkend
- Methodenplanung & Tryout
- Massivumformung kalt / halbwarm / warm
- Einzelverfahren: Fließpressen rückwärts, vorwärts, quer, hohl, voll
- Taumeln, Strangpressen

-
- Verfahrensübersicht DIN 8580
 - Eigenschaften: Werkstoffausnutzung, Erreichbare Toleranzen und Rauigkeiten, abbildende / erzeugende Verfahren,
 - Zeitrechnung, Verfügbarkeit
 - Kostenrechnung: fixe / variable Kosten
 - Prozesskombination zu Prozessketten
 - Fertigungsbetrieb, Fertigungsvorbereitung, Fertigungssteuerung
 - Terminierung Vorwärts / Rückwärts
 - Losgrösse
 - Fertigungsart, Fertigungsprinzip



Vorlesung 3: Wiederholung 2. Vorlesung

52

- Zeitrechnung, Verfügbarkeit
- Durchlaufzeit
- Kostenrechnung: fixe / variable Kosten
- Aufgaben und Funktionen im Unternehmen, Hilfsmittel
- Terminierung
- Losgrößenoptimierung
- Recycling als Fertigungsaufgabe



ETH

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

IWF

Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigung
Institute of Machine Tools and Manufacturing

3.4 Fertigungsarten

Fertigungsart				
Einzelfertigung	Serienfertigung			Massenfertigung
	Kleinserien	Mittelserien	Grossserien	
Bsp. Prototypenbau Anlagenbau	Bsp. Flugzeugbau	Bsp. Zweiradfertigung	Bsp. Automobilbau	Bsp. Schraubenfertigung
<ul style="list-style-type: none"> ● Erzeugnisse werden nur einmal hergestellt ● Auftragsproduktion, d.h. Fertigung nach Kundenwunsch ● hoher Kosten- und Zeitaufwand fällt auf Vorbereitungsaufgaben (Projektierung, Konstruktion) 	<ul style="list-style-type: none"> ● begrenzte Stückzahl ● Bildung von Fertigungslosen ● meist Auftragsproduktion standardisierter Erzeugnisse 			<ul style="list-style-type: none"> ● grosse Stückzahlen ● häufige Prozesswiederholung ● Anpassung an Kundenwünsche nur im Rahmen geplanter Erzeugnistypen ● sehr hoher einmaliger, bezogen auf das Einzelprodukt aber geringer Aufwand
1...10	10...100	100...1000	1000...10000	> 10000

Fertigungsarten

Kennzeichnend: Art der Leistungswiederholung

Einzelfertigung

Einmalfertigung

Wiederholfertigung in unregelmässigen Abständen

Variantenfertigung

Serienfertigung

Fertigungslose verschiedener Terminhorizonte

Massenfertigung

ohne Einflussnahme des Kunden



Vorbereitungsaufwand

Häufig verschiedene Fertigungsarten parallel in einem Unternehmen



ETH

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

IWF

Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigung
Institute of Machine Tools and Manufacturing

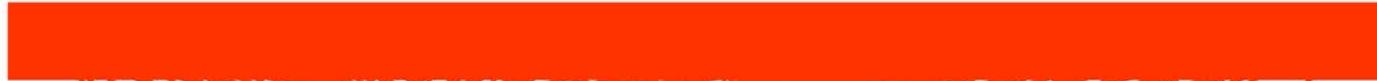
3.4 Fertigungsprinzipie

		Fertigungsprinzipien			
		Baustellenfertigung	Werkstattfertigung	Gruppenfertigung	Fließfertigung
(D) Drehen (F) Fräsen (B) Bohren (S) Schleifen					
Fertigungsarten	Einzelfertigung				
	Kleinserienfertigung				
	Mittelserienfertigung				
	Grossserienfertigung				
	Massenfertigung				

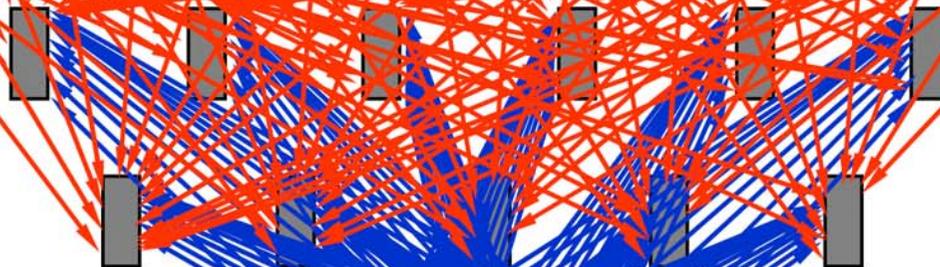
geeignet
 eingeschränkt geeignet

6. Fließmontage

Material



Maschinen



Informationen

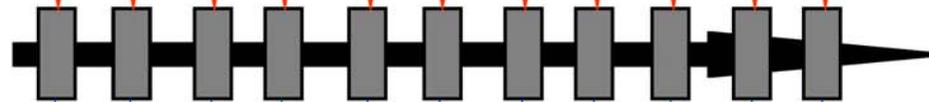


**Standplatz-
montage**

Material



Maschinen



Informationen



**Fließ-
montage**
Trumpf

6. Fließmontage gleicher Einheiten



3.4 Fertigungsprinzipie

	Baustellenfertigung	Werkstattfertigung	Gruppenfertigung	Fliessfertigung
Vorteile	<p>Werkstück wird nicht transportiert</p> <p>flexibel infolge universell einsetzbarer Arbeitsmittel</p> <p>Arbeitsgangfolge kann rasch geändert werden</p> <p>wenige Materialflussbeziehungen</p> <p>flexible Flächennutzung</p>	<p>hohe Flexibilität bezüglich Änderungen des Produktprogramms nach Art und Menge</p> <p>Redundanz bei Störungen</p> <p>Anpassungsfähigkeit an neue Fertigungsverfahren und geänderte Arbeitsablauffolgen</p>	<p>variable Maschinenanordnung</p> <p>kurze Transportwege</p> <p>kurze Durchlaufzeiten</p> <p>Anpassungsfähigkeit an neue Fertigungsverfahren und geänderte Arbeitsablauffolgen</p>	<p>übersichtlicher Materialfluss</p> <p>kurze Durchlaufzeiten</p> <p>keine bzw. geringe Bestände</p> <p>Personalbedarf mittel bis gering</p> <p>einfache Fertigungssteuerung</p>
Nachteile	<p>je nach Arbeitsplan hohe Materialflussdichte</p> <p>bewegliche Arbeitsmittel erforderlich</p> <p>evtl. lange Transportwege für Arbeitsmittel</p> <p>Betriebseinrichtung muss auf die Baustelle zugeschnitten sein</p>	<p>mangelnde Fertigungstransparenz</p> <p>mittlerer bis hoher Flächenbedarf</p> <p>lange Transportwege</p> <p>personalintensiv</p> <p>aufwendige Fertigungs- und Transportsteuerung</p>	<p>unübersichtlicher Materialfluss</p> <p>hoher Bedarf an qualifiziertem Personal</p> <p>hoher Aufwand bei Arbeitsvorbereitung</p>	<p>nur bedingt flexibel gegenüber Änderungen in der Produktion</p> <p>hohe Umstellkosten</p> <p>keine bzw. geringe Redundanz</p> <p>oft Spezialmaschinen</p> <p>teilweise aufwendige Fördertechnik</p>

3.4 Fertigungsprinzipie

Montage und Teilefertigung unterschiedlich:

Montage: Baustellenmontage bis zu grösseren Stückzahlen,
Fließfertigung ab kleineren Stückzahlen

einstellige Einzelarbeit: 1 Person 1 Maschine

mehrstellige Einzelarbeit: Mehrmaschinenbedienung

einstellige Gruppenarbeit: Anlagenbesatzung

mehrstellige Gruppenarbeit: Mehrere Personen, mehrere Maschinen



ETH

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

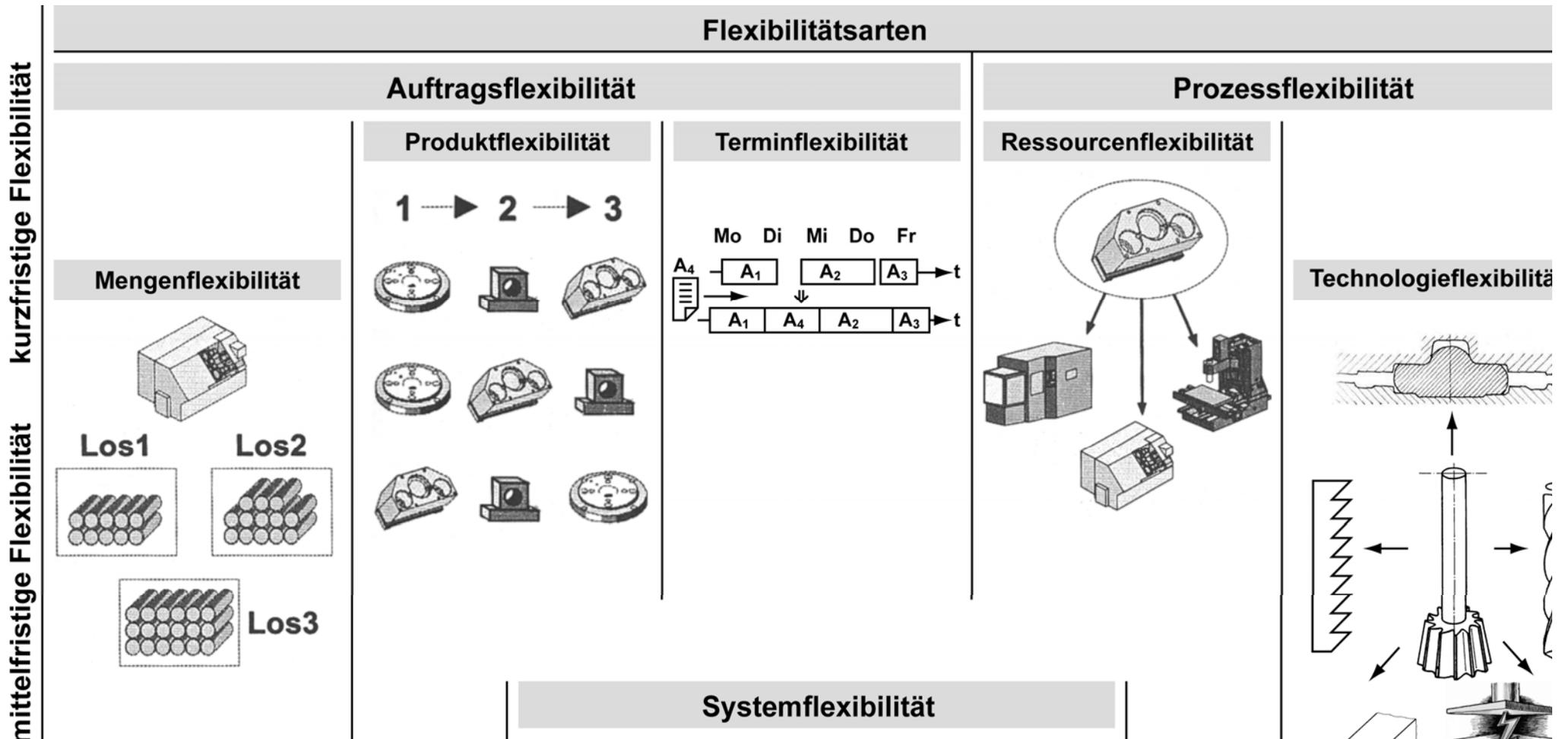
IWF

Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigung
Institute of Machine Tools and Manufacturing

3.5 Flexible Fertigung

Früher: Auslegung nach der Kammlinie

Heute: Hochfahren und Herunterfahren dauert so lange wie der gesamte stationäre Zustand



kurzfristige Flexibilität

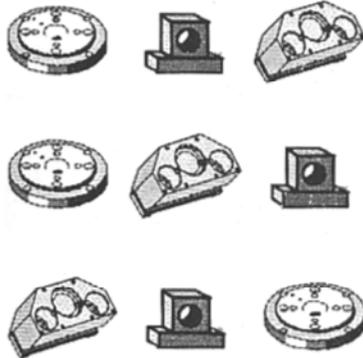
mittelfristige Flexibilität

langfristige Flexibilität

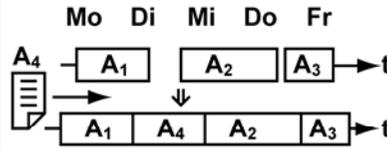
Flexibilitätsarten

Auftragsflexibilität

Produktflexibilität

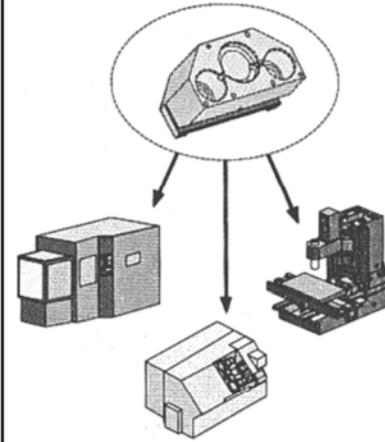


Terminflexibilität

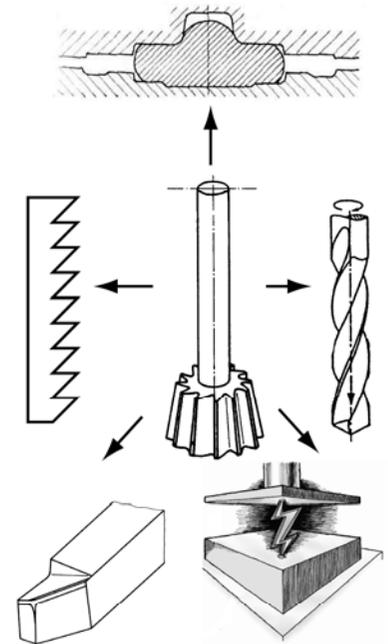


Prozessflexibilität

Ressourcenflexibilität

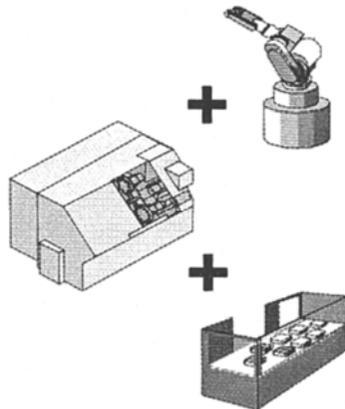


Technologieflexibilität

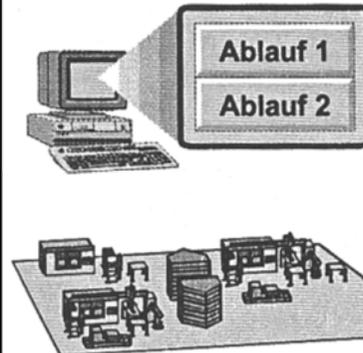


Systemflexibilität

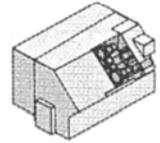
Erweiterungsflexibilität



Anpassflexibilität

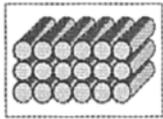
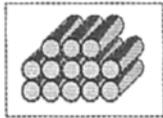
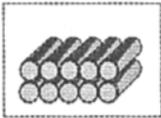


Mengenflexibilität



Los1

Los2



Los3

3.5 Flexible Fertigung

Produktflexibilität: Bearbeitung bekannter Produkte in beliebiger Reihenfolge: Umrüstaufwand zu bewerten.

Mengenflexibilität: technische und wirtschaftliche Möglichkeiten zur Veränderung der Ausbringungsleistung

Terminflexibilität: Anpassung des Produktionsplans, Vorziehen von Eilaufträgen

Technologische Flexibilität: Variationsbreite der beherrschten Technologien und Teilevielfalt

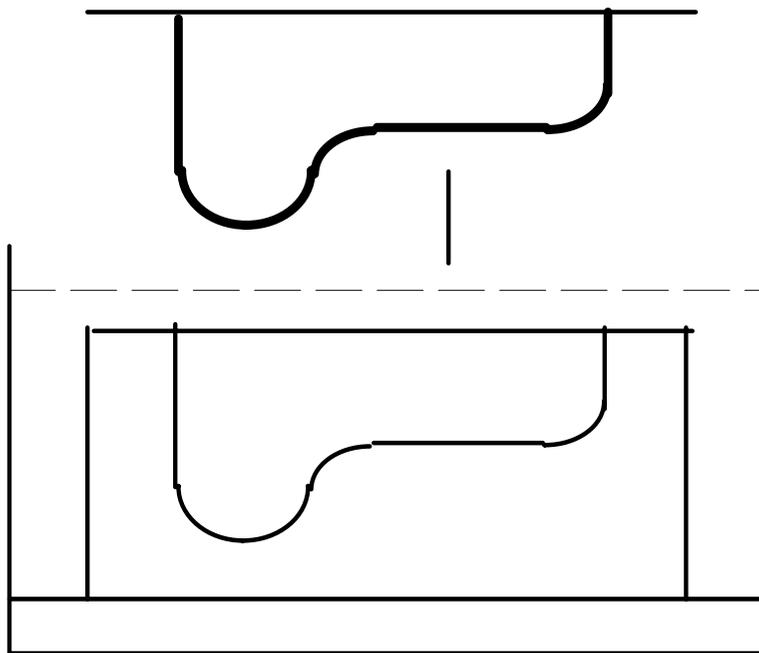
Ressourcenflexibilität: Möglichkeit zum Ausweichen auf andere Produktionsmittel

Anpassflexibilität: Anpassungsfähigkeit bei beliebig verändertem (unbekanntem) Produktionsprogramm

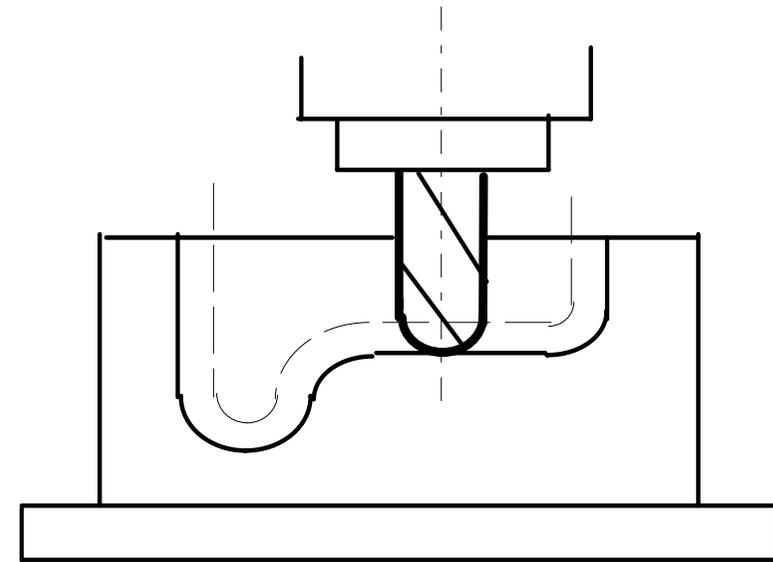
Erweiterungsflexibilität: Integration weiterer Bearbeitungs-, Automatisierungs – und Informationseinrichtungen zur Steigerung der Ausbringung

3.5 Flexible Fertigung: Formspeichergrad

Formspeichergrad = wertmässiger Anteil der Aktivteile, der im Mittel zum Geometriewechsel auszutauschen ist



Abbildendes Verfahren: Senkerodieren
Formspeichergrad 100%



Erzeugendes Verfahren: Formfräsen
Formspeichergrad klein



ETH

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

IWF

Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigung
Institute of Machine Tools and Manufacturing

3.5 Flexible Fertigung: Verfahrensvergleich

- Fräsen von Turbinenschaufeln:
 - Wechsel ggf. Fräswerkzeug, Spannvorrichtung
 - Formspeichergrad klein
- Blechumformung auf Grossteiltransferpresse:
 - Wechsel aller Werkzeuge, Ablageschablonen, Greifer
 - Formspeichergrad nahe 100%
- Erzeugen von Blechzuschnitten im Flachbettlaserbeschnitt, manuelle Beschickung:
 - Austausch des Programms,
 - Formspeichergrad 0

Ziel: Formspeichergrad klein.

Brauchbar: Stückzahl hoch → Formspeichergrad hoch



ETH

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

IWF

Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigung
Institute of Machine Tools and Manufacturing

3.5 Flexible Fertigung: Automatisierung

Automatisierungseinrichtungen nutzen die Teilegeometrie als Funktionsflächen

- steigender Formspeichergrad
- sinkende Flexibilität



ETH

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

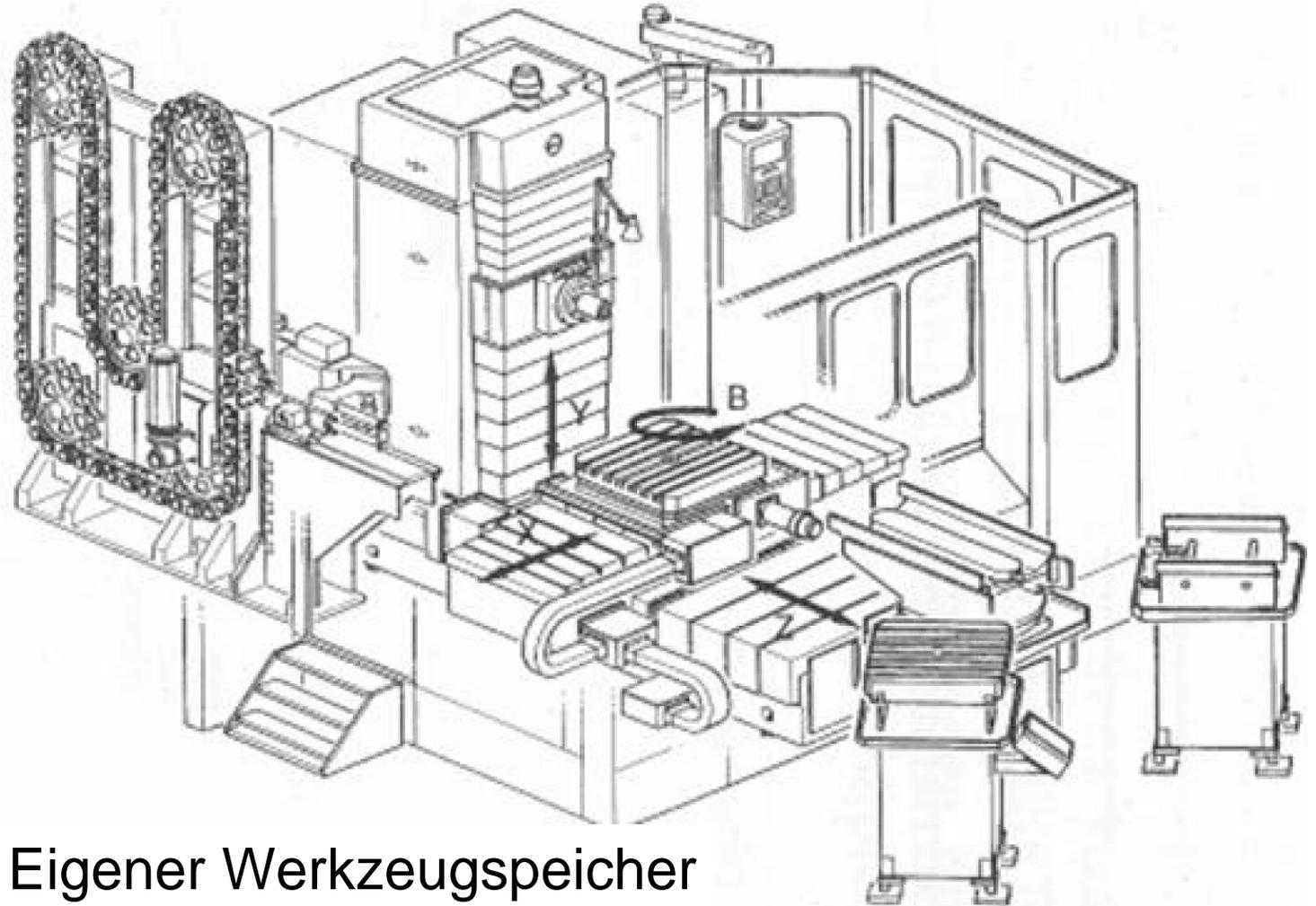
IWF

Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigung
Institute of Machine Tools and Manufacturing

3.5 Flexible Fertigung Fertigungsmittel

Einzelmaschinen (z.B. Drehmaschine)

Automat: Einzelmaschine mit NC – Steuerung (z.B. Drehautomat)



Fertigungszentrum: Eigener Werkzeugspeicher

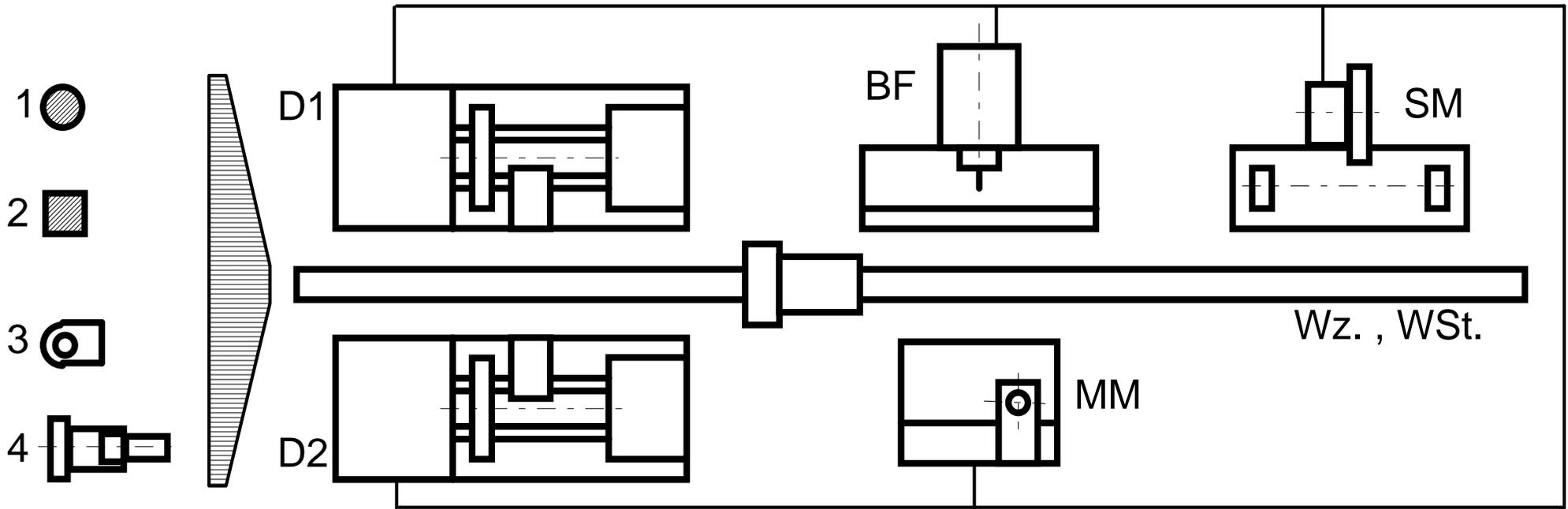
3.5 Flexible Fertigung Fertigungsmittel

Mehrmaschinensysteme: Zur Verringerung der Übergangszeiten
Transferstrasse: Weiterreichen des Teils nach vorgegebener Taktzeit
Starre Transferstrasse: Nur ein Teil
Umrüstbare Transferstrasse: Begrenzter Austausch von Komponenten
Flexible Transferstrasse: Verkettung NC – gesteuerter Bearbeitungseinheiten, die an unterschiedliche Bearbeitungsaufgaben anpassbar sind

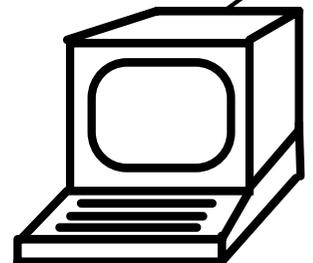
FFZ (FMS): Gruppierung einer Anzahl von CNC - Maschinen

- Leitrechner (Zellenrechner)
- integrierte Werkstück – und Werkzeugversorgung
- Können sich teilweise ersetzen und ergänzen
- fertigen alle Teile einer Teilefamilie
- fertigen die Teile in beliebigem Mix
- fertigen Teile in beliebiger Abfolge
- teilautomatisiert, Einbezug des Bedienpersonals

3.5 Flexible Fertigungszelle FFZ

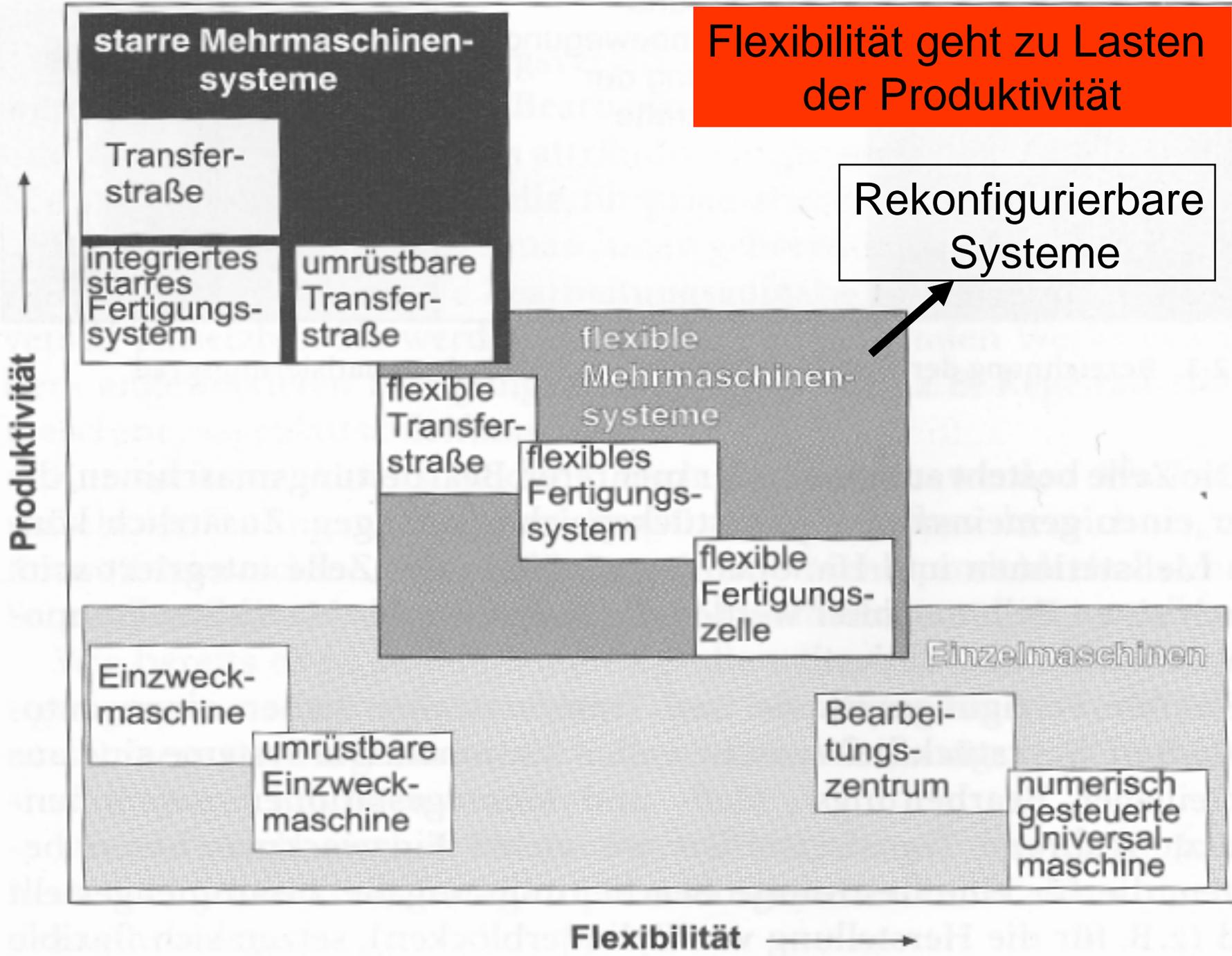


Teil 1:	D1 (D2) - SM - MM	Menge: 800 - 1200 Stück
Teil 2:	BF - MM	Menge: 800 Stück
Teil 3:	BF - MM	Menge: 0 - 60 Stück
Teil 4:	D1 (D2) - BF	Menge: 300 - 1000 Stück



D1, D2 Drehmaschinen, BF Bohr-/Fräsmaschine,
 SM Rundschleifmaschine, MM Messmaschine

Neu: Fertigungsinsel: Gruppe Personen und Gruppe Maschinen



Wiederholung Vorlesung 2

- Produktdaten, Bewegungsdaten
- Zeitmodelle, Kostenmodelle
- Ablauf Produktion von der Konstruktion bis zur Fertigung
- Aufgaben Fertigungsvorbereitung / steuerung
- Arbeitsplan
- Terminierung: Vorwärts - , Rückwärts -
- optimale Losgrösse
- Fertigungsfreigabe
- Recycling
- Fertigungsarten: Einzel-, Serien-, Massenfertigung
- Fertigungsprinzip: Baustellen-, Werkstatt-, Gruppen-, Fließfertigung
- Flexibilitätsarten, Technologie, Bedarf, Produkt, Redundanz, Mengen, Anpassung, Erweiterung
- Formspeichergrad -> Automatisierung
- Fertigungsmittel, Einzelmaschinen, Mehrmaschinensysteme starr bis flexibel (FFZ)



ETH

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

IWF

Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigung
Institute of Machine Tools and Manufacturing

3.11 Qualität

Bisher:

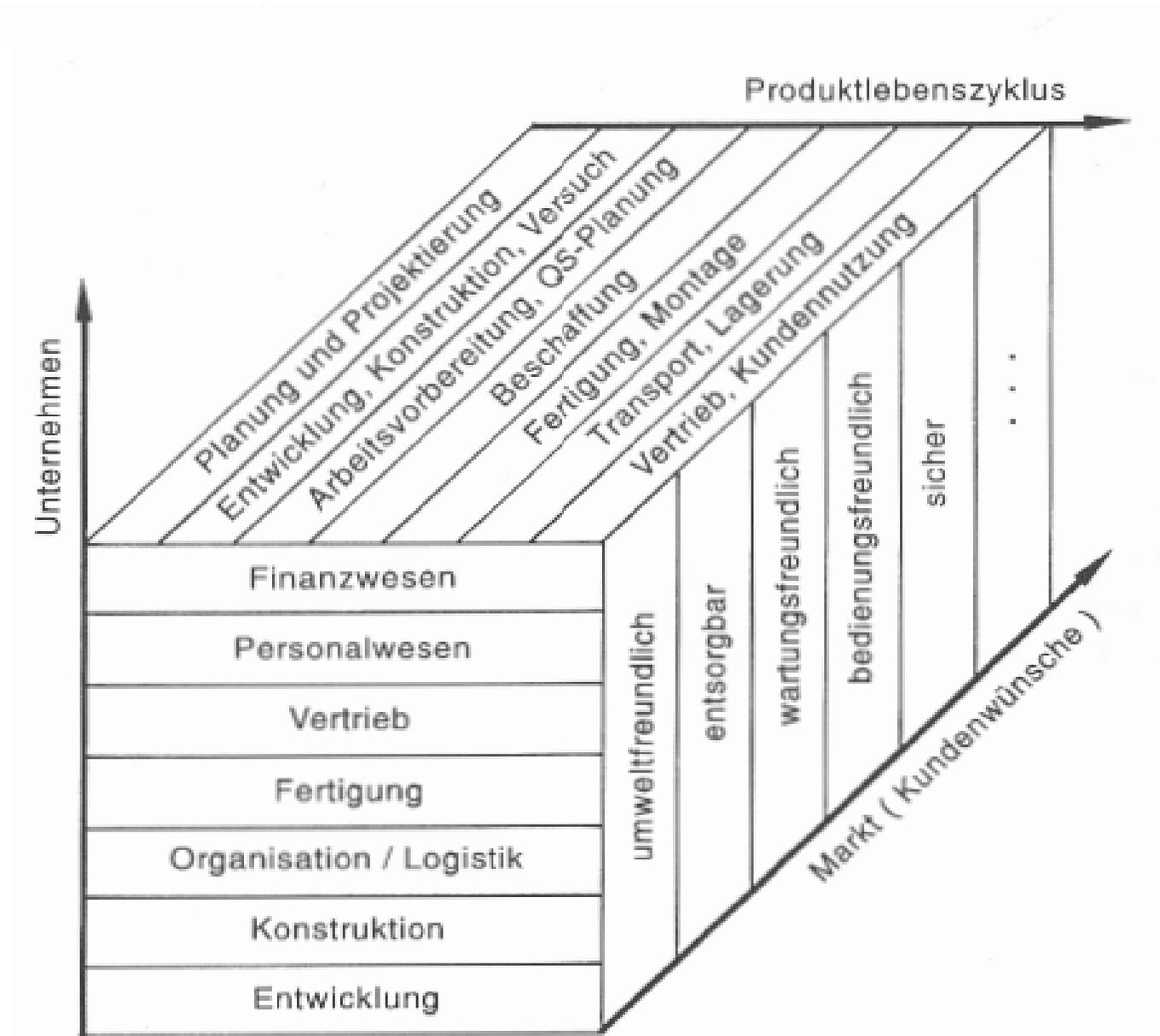
Erfüllung der Gesamtheit aller geforderten Merkmale eines Produktes

Neu (TQM):

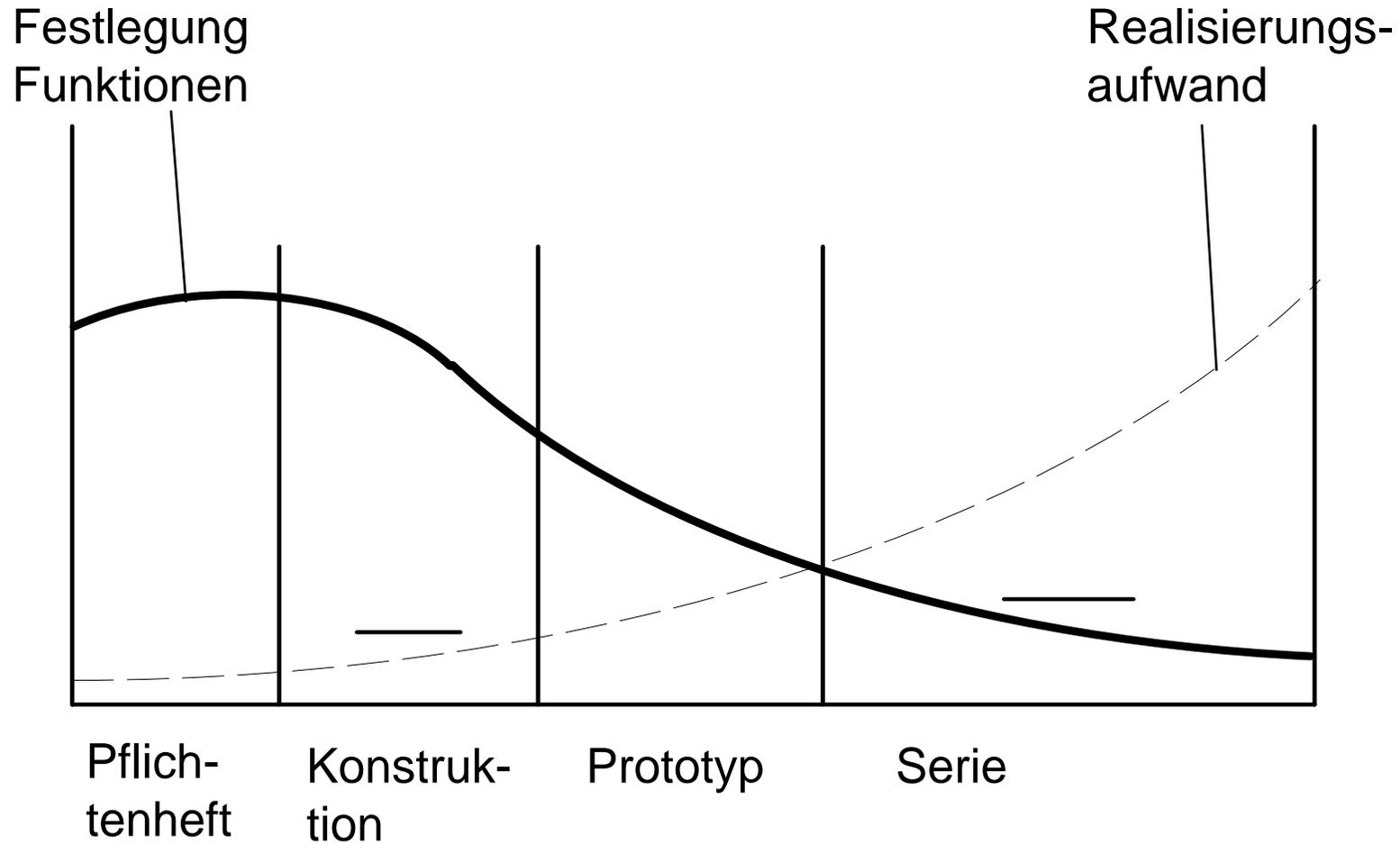
Ausrichtung auf Kunde
Durchführung aller Tätigkeiten derart, dass sie für die nachfolgende Tätigkeit die bestmögliche Voraussetzung schafft.
Anwendung auf alle und alles

Total Quality:

Kosten, Termin, Ausbringung, Qualität, Flexibilität



3.11 Qualität



ETH

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

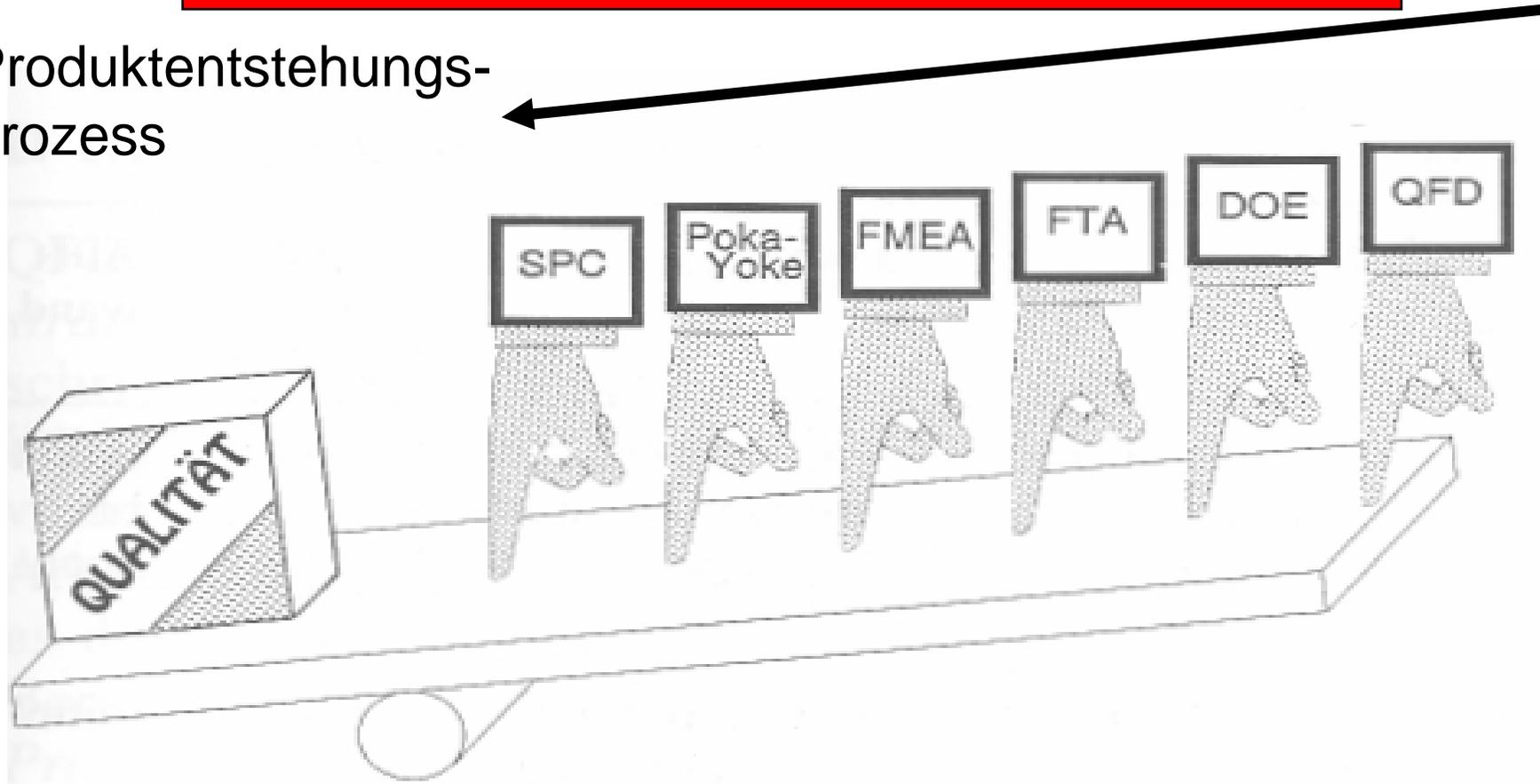
IWF

Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigung
Institute of Machine Tools and Manufacturing

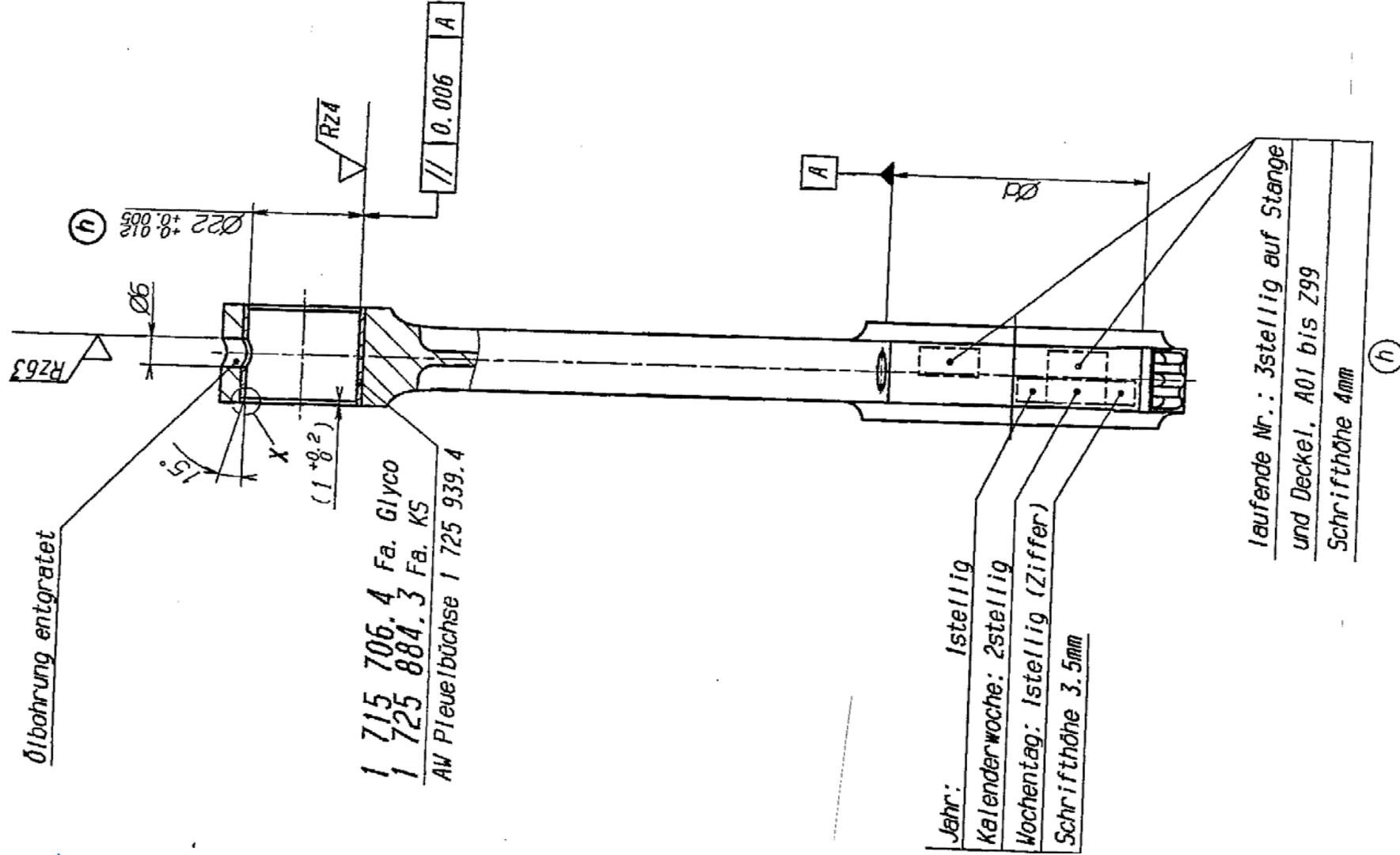
3.11 Qualität

Qualität wird nicht geprüft, sondern erzeugt

Produktentstehungs-
prozess



3.11 Qualitätssicherung: Beispiel Pleuel



Beschriftung öl- und temperaturbeständig
Richten der Pleuel ist nicht zulässig



ETH

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
 Swiss Federal Institute of Technology Zurich



Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigung
 Institute of Machine Tools and Manufacturing

3.11 Qualitätssicherung

Methoden zur Erzeugung von Qualität = Bausteine

QFD: konsequente Durchsetzung von Marktanforderungen
Matrix, die Kundenwünsche und Kompetenzen verknüpft

FTA: Systematische Suche nach möglichen Fehlerursachen

FMEA: Suche nach u. Bewertung von Fehlermöglichkeiten und deren Einfluss

DOE: Experimentelles Aufsuchen der wichtigsten Einflussfaktoren auf das Qualitätsziel

Poka – Yoke: „Umgang mit Murphy's law“

SPC: Statistische Prozesskontrolle mit Gegenregelung vor Eintreten der Toleranzüberschreitung

MFU / PFU: Feststellung, ob eine Maschine, ein Prozess in der Lage ist, die vorgegebenen Toleranzen zu halten

3.11 Qualitätssicherung: MFU

MFU: Untersuchung der Qualitätsfähigkeit einer Anlage unter Idealbedingungen: konstante Umgebungsbedingungen

Stichprobe von > 50 Teilen aus Fertigung entnommen

Maschinenfähigkeit (Capability machine): $C_m = \frac{T}{S}$

T = Toleranzbreite $T = X_{TO} - X_{TU}$

S = Prozessstreuung (6 x Standardabweichung s)

X_{TO} = oberer Grenzwert

X_{TU} = unterer Grenzwert

Maschinenfähigkeitskennwert

$Z_{krit} = \min(X_{TO} - \bar{x}; \bar{x} - X_{TU})$

$$C_{mk} = \frac{2Z_{krit}}{S}$$

\bar{x} = arithmetischer Mittelwert



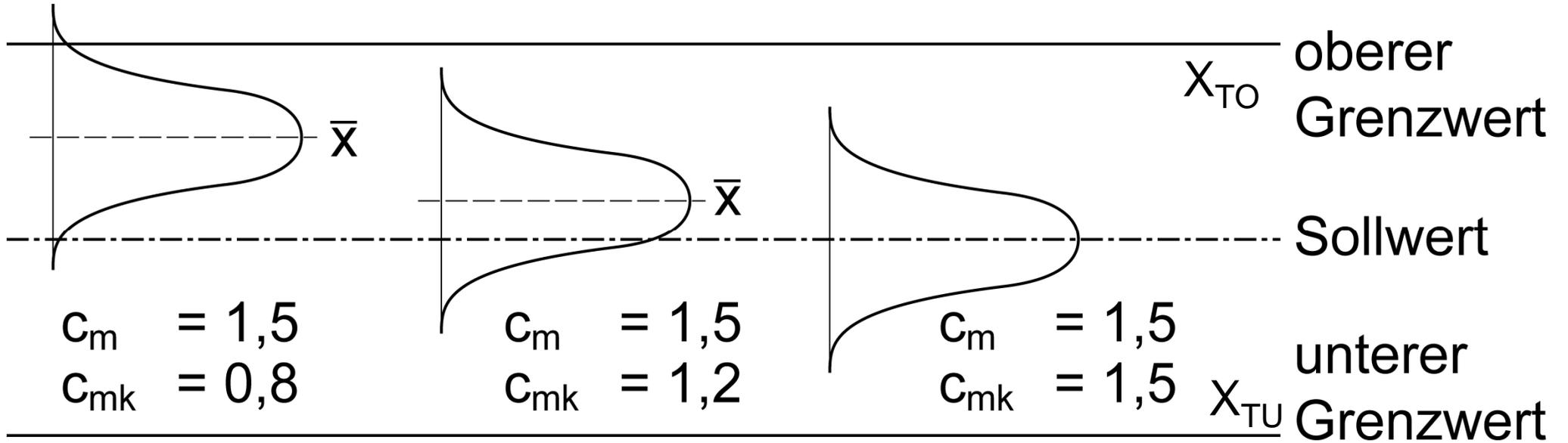
ETH

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

IWF

Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigung
Institute of Machine Tools and Manufacturing

3.11 Qualitätssicherung: SPC



$$C_m = \frac{T}{S}$$

$$C_{mk} = \frac{2Z_{krit}}{S}$$

$$T = X_{TO} - X_{TU}$$

$$Z_{krit} = \min(X_{TO} - \bar{x}; \bar{x} - X_{TU})$$



ETH

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
 Swiss Federal Institute of Technology Zurich

IWF

Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigung
 Institute of Machine Tools and Manufacturing

Wiederholung Vorlesung 5

- Aufbau Umformmaschinen
- Weg – Kraft – und energiegebundene Werkzeugmaschinen
- Einfach – und doppelwirkende Presse
- Flexibilitätsarten, Technologie, Bedarf, Produkt, Redundanz, Mengen, Anpassung, Erweiterung
- Formspeichergrad -> Automatisierung
- Fertigungsmittel, Einzelmaschinen, Mehrmaschinensysteme starr bis flexibel (FFZ)
- Qualität: TQM
- Qualitätsbausteine: QFD, FTA, FMEA, DOE, Poka Yoke, SPC
- MFU, PFU



ETH

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

IWF

Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigung
Institute of Machine Tools and Manufacturing

3.11 Qualitätssicherung: PFU

PFU: Untersuchung der Fähigkeit einer Anlage dauerhaft Gutteile zu produzieren. Stichprobe von 125 Teilen aus mehreren kleinen Einzelstichproben: 3 bis 5 der Fertigung zu versch. Zeiten entnommen

Prozessfähigkeit (Capability process): $C_p = \frac{T}{S}$

T = Toleranzbreite $T = X_{TO} - X_{TU}$

S = Prozessstreuung (6 x Schätzwert Standardabweichung $\hat{\sigma}$)

X_{TO} = oberer Grenzwert

X_{TU} = unterer Grenzwert

Prozessfähigkeitskennwert $C_{pk} = \frac{2Z_{krit}}{S}$

$$Z_{krit} = \min(X_{TO} - \bar{x}; \bar{x} - X_{TU})$$

\bar{x} = arithmetischer Mittelwert



ETH

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

IWF

Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigung
Institute of Machine Tools and Manufacturing

3.11 Qualität: SPC

Toleranzbereich nur zu 3/4 ausnutzen →

Prozess fähig $c_p \geq 1.33$

Prozess nicht fähig $c_p < 1.33$

Prozess beherrscht $c_{pk} \geq 1.33$

Prozess bedingt beherrscht $1.0 \leq c_{pk} < 1.33$

Prozess nicht beherrscht $c_{pk} < 1.0$

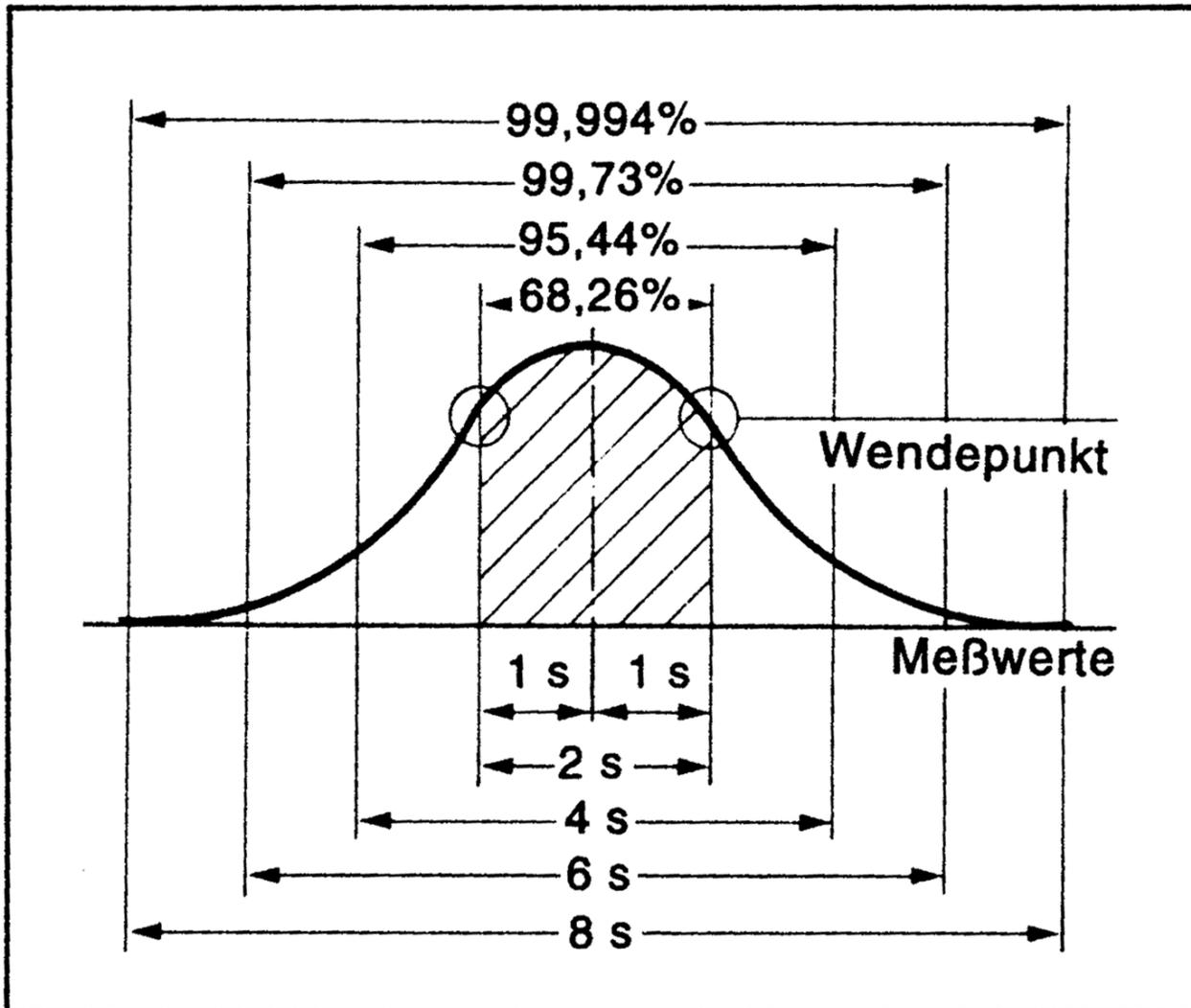
$$c_p \geq 1.33 \quad \Rightarrow \quad T \geq 8\sigma \quad \Rightarrow \quad T \geq 10s$$

Prozessfähigkeit Maschinenfähigkeit

Massnahmen: Prozess nicht fähig: abbrechen und neu einfahren
Prozess fähig, nicht beherrscht: Prozessmittellage anstreben

3.11 Qualität

Normalverteilung nach Gauß



3.11 ISO 9000 ff

ISO 9001

- zeigt organisatorischen Voraussetzungen für ein Qualitätssicherungssystem
- Kernaussage: geschlossene Regelkreise zur Erkennung von Fehlern und Rückführung in konkrete Verbesserungsmaßnahmen
- Festlegung eines Qualitätsmanagementhandbuches, wie das Unternehmen in allen seinen Teilen arbeiten soll
- Regelmässige Überprüfung auf Einhaltung



ETH

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

IWF

Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigung
Institute of Machine Tools and Manufacturing