

Allgemein:

in Verarbeitungs- & Verpackungsmaschinen treffen sich die Felder des **Lebensmittelprodukt**, **Funktionsmaterialien**, **Chemischer Industrie** & **Papier- / Kunststoff- Industrie**

allgemeine Historie:

1. Nachahmung „händischer“ Prozesse per Maschine
2. Integration der KONTINUITÄT
3. ⊕ Mehrbahnigkeit / Funktionsintegration

{ Frühe Beispiele: Druckpressen / Wassermühle }

Historie:

1. Ind. Revolution

Ende 18. Jhd.

- Maschinen als „Ersatzer“
- Übernehmen manuelle Tätigkeiten
- Wasser / Dampfkraft
- ↳ 1. mechanisches Webstuhl

2. Ind. Revolution

Anfang 20. Jhd.

- arbeitsteilige Massenproduktion
- Fließband & elektr. Energie
- ↳ Schlachthöfe von Cincinnati

3. Ind. Revolution

70'ies

- Einsatz Elektronik & IT
- Weitere Automatisierung
- ↳ Erste Speicherprogrammierbare Steuerung

4. Ind. Revolution

Heute

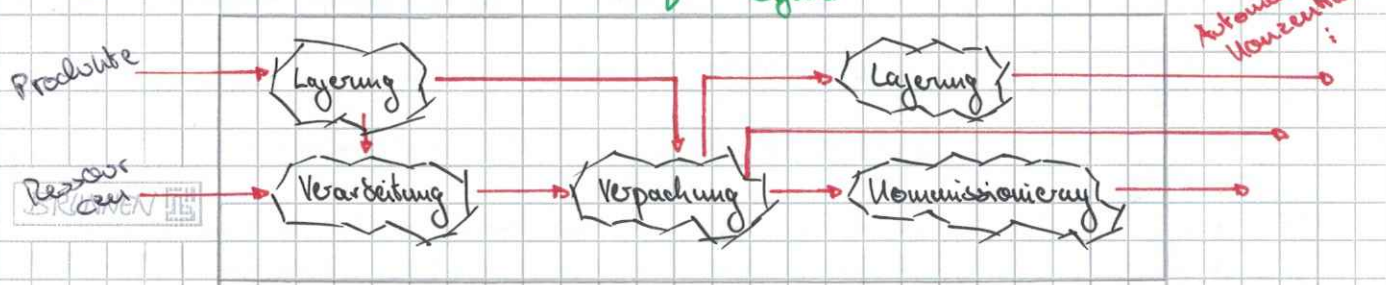
- Auf Basis von Cyber Physical Systems
- Elektrifizierung / Dezentralisierung
- Robotisierung
- Intelligente Bewegungssysteme

TRIEBKÄRFT

- 1.) geniale Erfinden
- 2.) Getriebespezialisten für Hochleistung
- 3.) Spezialkünstler mit Prozesswissen
- 4.) Mechanik & Interdisziplinarität
- 5.) Formalisiertes Wissen, standardisierte Schnittstellen (individualisierte Massenproduktion)

von der Maschine zur Folge  
• Produktorientierung

Stofffluss im verarb. Unternehmen:





## Gegenwart & Zukunft:

- Hochflexible adaptive Verfahren
- ! Herausforderungen sind der Bedarf an interdisziplinären Kompetenzen im Mittelstand

## Verarbeitungsmaschinen:

### AUFGABEN

- stoffverarbeitende Maschinen
- verarbeitend vorwiegend nichtmetallische Stoffe (Dator-/Kunststoffe)
- Massengüter

### EINORDNUNG

Klasse der Arbeitsmaschinen (dist. → Gegenstand & Arbeitsgebiet)  
 Einsatzgebiete: Verarbeitende Industrie (Leichtbau, Lebensmittel)  
 Einsatzziele: Mechanisierung/Automatisierung der Herstellung und Verpackung von Ge- & Verbrauchsgütern (⇒ Massenprod.)  
 Verarbeitung von (natürlichen) Rohstoffen zu Produkten

Die größten Einsatzgebiete:

- > Nahrung / Arznei / Tabakverarbeitung
- > Kunststoff / Kautschuk
- > Textil & Leder
- > Papiererzeugung & -verarbeitung

„Verarbeitung von Stoff (VERARBEITUNGSGUT) von einem AUSGANGSZUSTAND in einen ENDEZUSTAND unter Verbrauch von ENERGIE und eventuell HILFSTOFFEN vorwiegend durch MECHANISCHE EINWIRKUNG.“

### ANFORDERUNGEN

|                                            |              |
|--------------------------------------------|--------------|
|                                            | → Sicherheit |
| ⊖ Kosten pro Packung                       |              |
| ⊕ Flexibilität neue / wechselnde Produkte  |              |
| ⊕ Adaptivität / Flexibilität gg. Störungen |              |

### BESONDERHEITEN

- Die Verarbeitungseigenschaften (Gesamt) oft unbekannt / nicht messbar bzw. variierend, komplex vernetzt + verarbeitungsunfreundlich (Zusatz)
- Die Beschädigung elastisch (Streichen), Rißung, schwingende Systeme, therm. Belastung ⊕ Wärmeeinwirkung
- Die oft mehrere Funktionen & Wirkpaarungen in einer Maschine
- Die komplizierte Bewegungsläufe, ungünstige Verläufe F/M
- Die extrem hohe Beschleunigung / Geschwindigkeit
- Die zu komplexen Maschinen zusammengebaute Einzelmaschinen, stichförmige, hochpräzise, steife Gestelle, schwierige Nachbearbeitung



11

Definieren Verarbeitungsstufe:

**ZIEL** der stofflichen Veränderung innerhalb eines vor-  
gegebenen technologischen Verfahrens.

Typische Verarbeitungsaufgaben:

MIT Änderung des Verarbeitungsgutes:

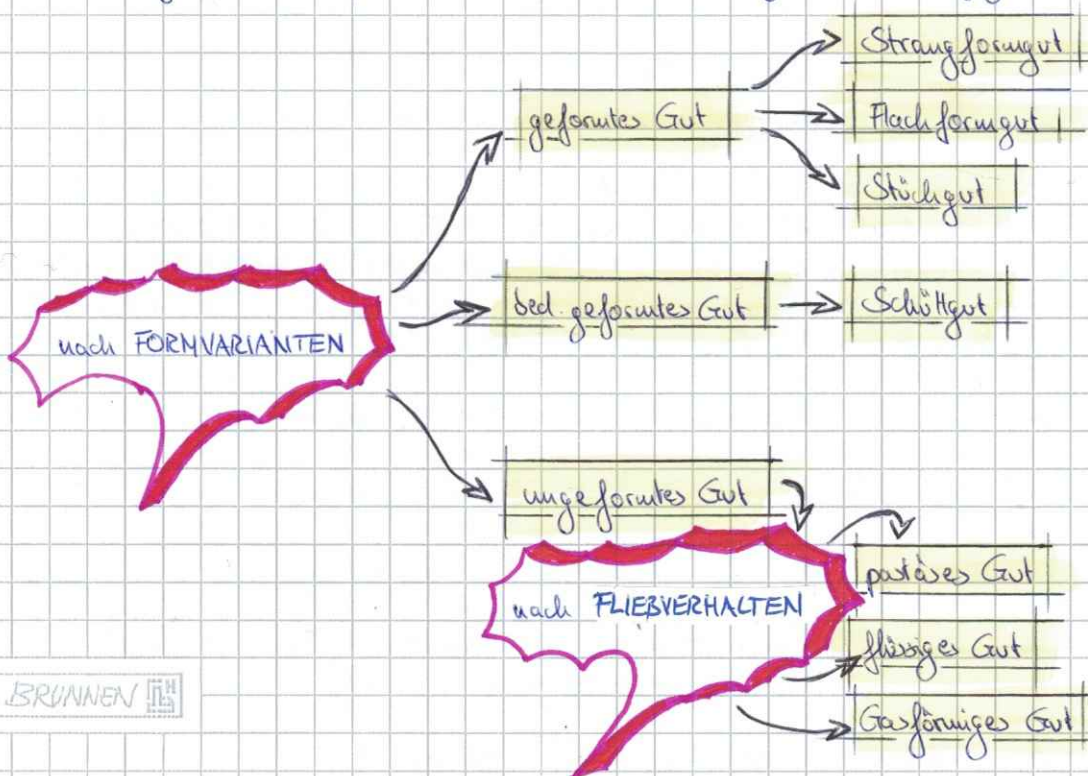
**TRENNEN** — Auflösen des Zusammenhaltskräfte  
**FÜGEN** — Schaffen von Zusammenhaltskräften  
**FORMEN** — Erzeugen & Änderung Form

HANDHABUNG:

**DOSIEREN/ENTSPREICHEN** — Bestimmung/Änderung Menge  
**ORDNEN** — Veränderung der Ordnung  
**FÖRDERN** — Ortsveränderung  
**SPEICHERN** — Speicherung

Verarbeitungstechnische Systematik:

„Anteil von Verarbeitungsgütern“



IV

## ► Einteilung von Gütern & Vorgängen:

① Branchen-, Technologie- & Werkstoff-  
neutrale Einteilung in **Vorgangsgruppen**

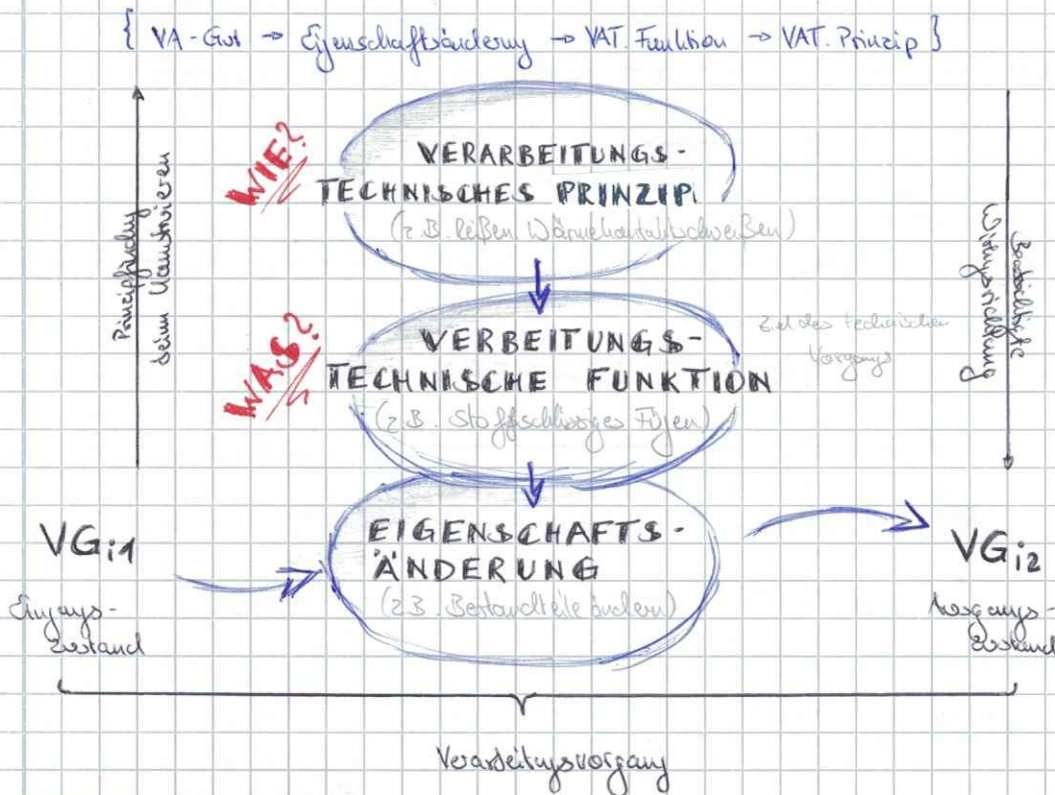
② ... und in die **Verarbeitungsgutgruppen**

typische strukturelle Abstraktive Eigen-

### VERARBEITUNGS- SYSTEM

- Antriebssystem
- Steuerungssystem
- Gestellsystem

## ► Verarbeitungstechnische Systemwahl:



## ► Das innermaschinelle Verfahren:

„... die **UMSETZUNG** der **STOFFL. ZUSTANDSÄNDERUNG** in einer **Zusammenschaltung** (zeitlich/funktionell) von **WIRKPAARUNGEN** zur Realisierung einer stofflichen Gesamtfunktion (**VERARBEITUNGS-AUFGABE**).“

Was zunächst Vorgangsgruppen (ZWP) in Topologien

Was Elemente sind WP (repr. durch Vorgangsgruppen)

Was Struktur ist die Art der Zusammenschaltung

⇒ Immer erst Speichern / Definieren ⇒ Anforderungen Verarbeitungsgut?  
⇒ Nachfolgend manuelles Prozess oder nicht...

Was Verknüpfung & Integration des Verfahrens



► Arbeitsweise:

"ZEITLICHE & RÄUMLICHE GESTALTUNG der Arbeit der WIRKPAARUNGEN und der gesamten Maschine."

↳ Ausgangspunkt für die syst. Betrachtung d. Arbeitsablaufs in Robotermaschinen.

↳ SPEZIELL: Arbeitsweise der für die Gesamtfunktion wesentlichen Wirkpaarungen

# FAZIT

• Verarbeitungsaufgabe kann durch unterschiedliche inner-maschinelle Verfahren realisiert werden.

- Δ PRODUKTIVITÄT/QUALITÄT/AUFWAND/FLEXIBILITÄT/ZUVERLÄSSIGKEIT
- Bestimmt durch Randbedingungen

• Variationsmöglichkeiten:

- A) Zustand Eingangsgrößen
- B) Zwischenschritte & deren RF
- C) erst Endzustand

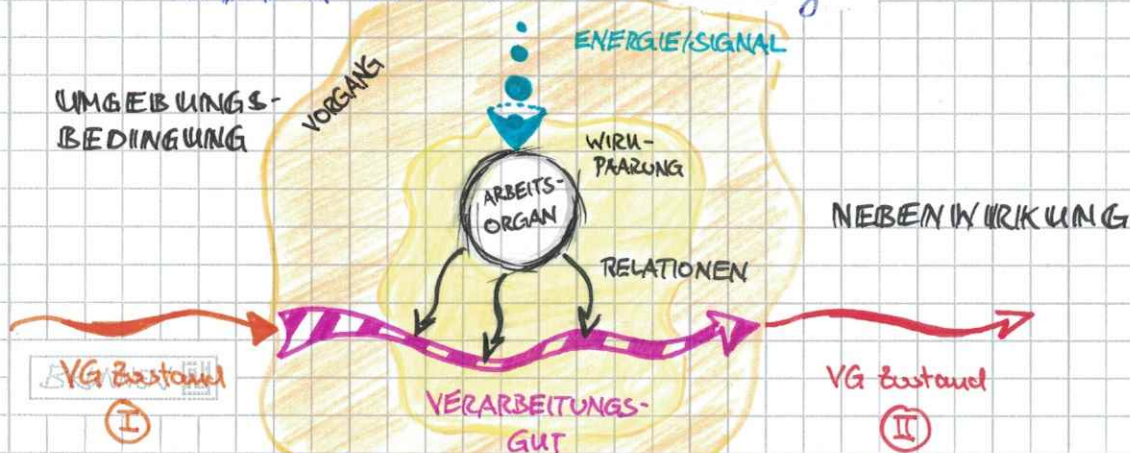
↳ Betrachtung des IMV ermöglicht Verfahrensdeutlichkeit/-variation (fast) losgelöst von Konstruktion

• Reduktion auf reine Verfahrensparameter

• Übersichtlichkeit, Flexibilität & gezieltere Prinzipsuche

• Unterstützung projektierender AW ⊕ frühe Infos Rahmenbedingungen

## WIRKPAARUNGEN





14

## Widparrungsboxen:

### I VG unbewegt / Boteldetrieb:

- ... Verarbeitung am Ort Zirkulation
- ... VG  $\oplus$  Weg zu- & abführen
- & Chargen nicht mischen
- & Randbedingungen sonst selbst

• AO unbewegt

(Erwärmungseinrichtung)

• AO kont. bewegt

(Mischen / Trockenbräuneln)

• AO diskont. bewegt

(Schneiden / Verschleifen)

### II VG diskont. bewegt:

- ... Rost in Wirkstelle
- ... VG  $\oplus$  Weg zu- & ab-
- & Takting nach Taktsystem
- Prozess

• AO unbewegt

(Trocknen / Pressen)

• AO kont. bewegt

(Schleifen / Schraubhaken)

• AO diskont. bewegt

(Schweißen / Flaschenempfinden)

### III VG kont. bewegt:

- ... kont. Bewegung VG
- ... VG  $\oplus$  Weg zu- & ab-
- Minimale Beanspruchung

• AO unbewegt

(Formwechsel)

• AO kont. bewegt

(Butterschleifer / Formwechsel)

• AO diskont. bewegt

(Kontrollen / Flaschenfüller)

### I

- ~ zyklische Aufnahme / Abgabe VG
- ~ „Einpositionsmaschinen“ ( $\neq$  innermaschineller Transport)
- ~ meist dann, wenn Einwirkzeit AO lang

⊕ Produktivität  $\propto$  ⊕ VG aufstellen & Speicher

### II

- ~ während Einwirkung AO Ruhe
- ~ „Mehrpositionsmaschinen“  $\Rightarrow$  autom. zu- & abfuhr VG
- ~ dann wenn, VG bei AO-Bewegung eig. nicht arbeiten kann...

⊕ Produktivität

⊖ dynamische Belastung  $\Rightarrow$  kont. AO-Bewegung, dyn. Probleme

### III

- ~ einfach bei fließfähigen / endlosen VG
- ~ a) mitgeführte AO  $\Rightarrow$  & Rücklauf ( $\rightarrow$  Menge;  $\rightarrow$  Aggregation Vorgang e.)
- b) störungsfreier Energieeintrag

⊕ Produktivität

⊖ Aufwandel, Komplexität, Bauraum

Diskussion an Beispielen... Schlauchdestellmaschine & Kollaramellen einschlag  
 ... Produktivität bei Kontinuität... techn. Aufwand?  
 ... Probleme... gerade schneiden?  
 ... Sichern?

Strukturelles & zeitliches Zusammensetzen von WP:

Zusammenschaltung:

A) in Reihe:

... verschiedene WP  
 ... gleiche WP ( $\oplus$  Versatz - t: Ziehen...)

$\rightarrow \oplus$  Produktivität  $\Rightarrow \oplus$  Arbeitsgeschwindigkeit

prinzipielle Folgen:

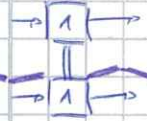
techn. Aufwand  
 Ausfallzeit / Verluste  
 Energie (Massenkraft<sup>2</sup>)



B) Parallel:

... gleiche WP

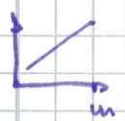
STARR



... häufigste Lösung in der Maschine  
 ... geringster Aufwand  $\rightarrow$  1x Antrieb / Gestell  
 ... höhere ZV als einschling  
 ... Massenkraft  $\oplus$  & Reibkräfte  $\sim$  Anzahl Bahnen

prinzipielle Folgen:

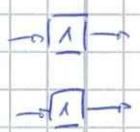
techn. Aufwand  
 Ausfallzeit / Verluste  
 Energie



Cap 2.3. Fall- & Verschiebemaschinen  
 Cap REIHIGKEIT & STELLIGKEIT



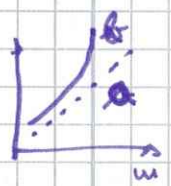
... unabhängig voneinander



... ein Gestell mehrere AO  
 ... Aufwand!  $\Rightarrow$  SYNCHRO  
 ...  $\oplus$  Zuverlässigkeit da  
 REDUNDANZ & mehr. Reaktionen & Störungsbehebung  
 ... Energieverbrauch ähnlich

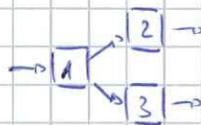
prinzip. Folgen:

techn. Aufwand

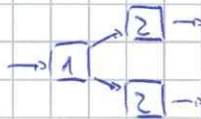




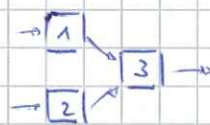
# Trennen & Zusammenführen:



Trennen / Sortieren



Ordnen / Trennung par. Güter



Fügen



Ordnen / Fördern

## Arbeitsprogramme:

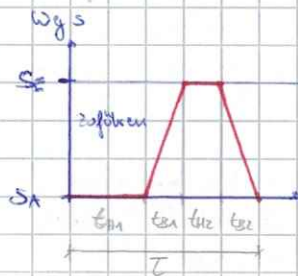
... Verarbeitertechnische Vorgaben ...:

Dient als  
schw. ENTWURFS-  
GESTALTUNGSHILFE  
OPTIMIERUNGSHILFE

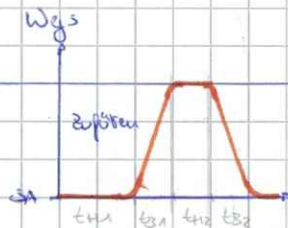
... für Weg / Winkel  
Geschwindigkeit  
Beschleunigung } als Punkt / Bereich / Verlauf / Grenzwert



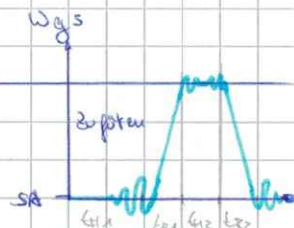
## Variante:



SCHEMATISCH

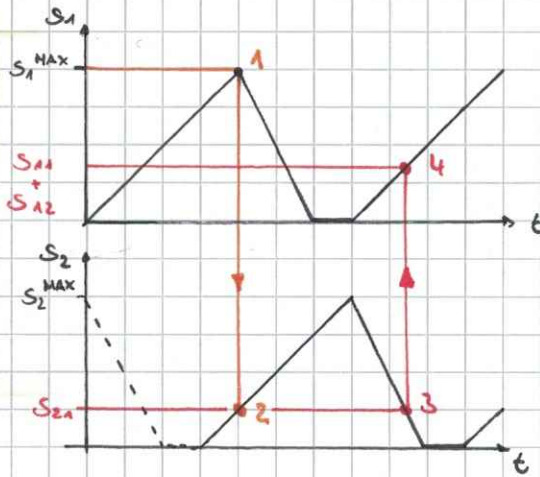
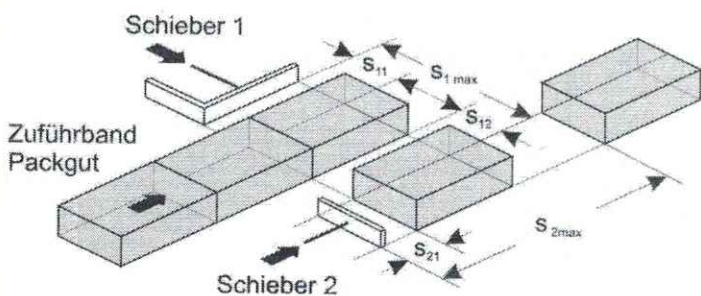


REAL



DYNAMISCH

... Vorbringen schon durch  
Stich-Stop-Effekte, zu harte  
Regelung, Anfahrbrech...



• Kollisionvermeidung 1 ⊕ & 2 ⊕

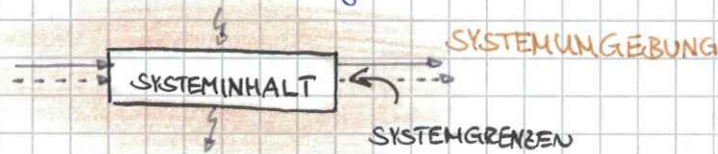
• - u -

1 ⊕ & 2 ⊕



## ► Verarbeitungsanlage als technisches System:

1. jedes System lässt sich abgrenzen (Schnittstellen zu anderen Syst.)



↔ direkte & indirekte WW    ✕    ⚡ nicht erwünschte WW

2. Verhalten beschreiben über WW mit der Umwelt (jedes System)  
 ↳ TECHNISCHE SYSTEME: haben eine **FUNKTION**  
 In welcher Weise / Beziehung / Hinsicht wird Eingangsgröße zu Ausgangsgröße verändert?

3. Jedes System in Teilsysteme / Elemente zerlegbar. Jede haben ihrerseits Systemmerkmale (wieder eine Funktion) ⊕ gewünschte & nicht gewünschte WW

4. Teilsysteme sind nach einer best. Struktur miteinander verknüpft

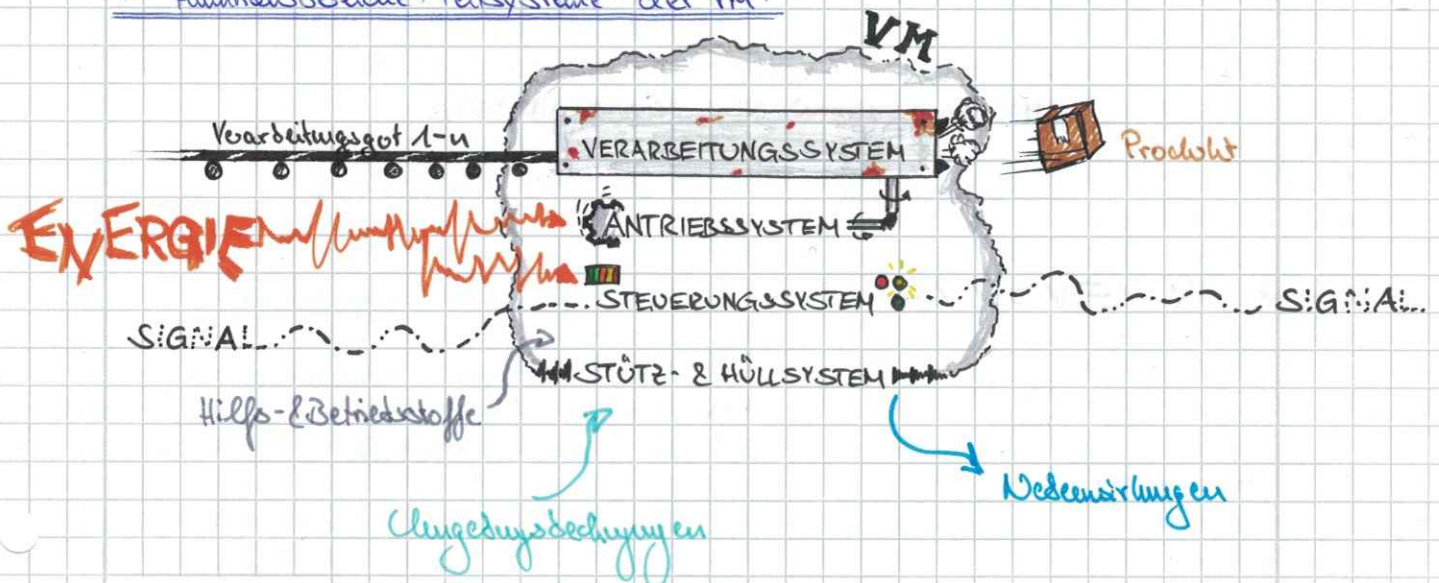
5. Zwischen Teilsystemen ∈ Wechselwirkungen (Relationen)

6. Jedes Teilsystem kann Element sein

7. Teilbarkeit in verschiedene Ebenen (unter div. Aspekten)

8. Struktur der Teilsysteme / Elemente beeinflusst (Gesamt-)funktion  
 ↳ innermaschinelles Verfahren

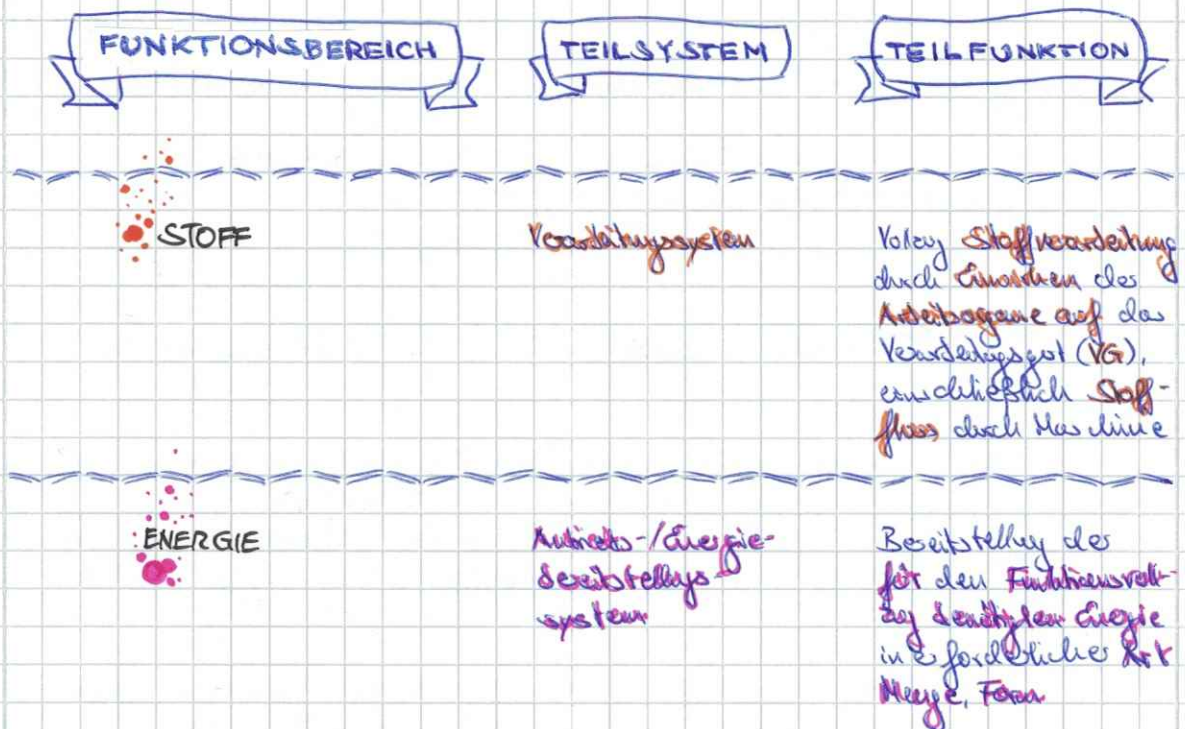
## ► Funktionsbereiche / Teilsysteme der VM:





## Verarbeitungssystem:

## [GRAFIK]



↳ **ENERGIEWANDLER:**

...ändert die Energieart (mechanisch, thermisch, elektrisch)  
→ z.B. Motor!

**ENERGIEUMFORMER:**

...ändert Energieform innerhalb Energieart  
(↳ Schalter, Getriebe, Wechselrichter)

↳ Gestaltet Manipulation des Energieflusses

## Zeitales Antriebssystem:

- Nur ein Energiewandler für alle Organe
- festkörpermechanische Energieverteilung vom Wandler zu allen AO
- Alle AO sind zwangsläufig miteinander verbunden:  
**SYNCHRONISATION DER PROGRAMMWELLE**
- Energie- & Signalfluss mit der den Antriebsstrang

## **ANWENDUNG:**

- Emulationsmaschinen (wenige AO)
- Melkeschneidemaschinen mit starkem zeitlichem Adresswechsel im Arbeitsprogramm (viele AO, durchgehende Synchro) → häufig im HL-Bereich
- Kompensation stark schwankender Drehmomente

↳ Trend zur Flexibilität: Synchro bei schnellen Bewegungen  
→ Elastizitäten des BT

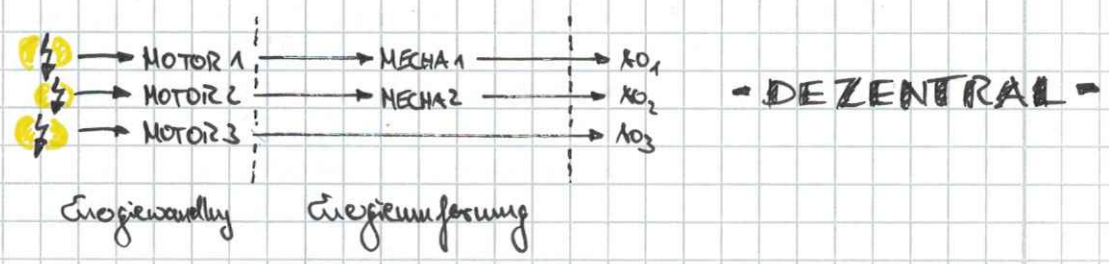
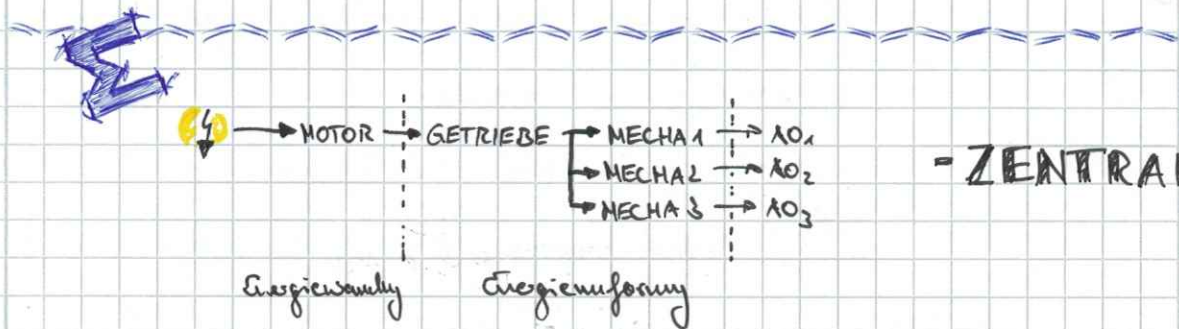


Bsp.: eine Wirkpaarung: Steuerung im elektr. Energiefluss  
=> elektr. Kaffeemühle

• mehrere Wirkpaarungen: Programmwelle (Unterscheiden für SBM)

Dezentrales Antriebssystem:

- ▷ mehrere Energiewandler (wenn sein 1x pro AO)
- ▷ kurze Distanzen zw. Energiewandler & AO
- ▷ Energieleitung / -verzweigung zu Energiewandlern durch elektr. Energieleitung (mechanisch entkoppelt!)
- ▷ Koordination der Bewegungen nach einem Zeitablaufdiagramm durch eine übergeordnete Steuerung ("digitale Programmwelle")
- ▷ gekoppelter Energie- & Signalfluss (außer flüssigmechanisch)



↳ Direktantrieb selten möglich (groß, schwer, Kleinschritte)

Bei SBM => ⊕ alles einzeln parametrierbar => Optim.  
⊖ teuer & extremer Wärmeverhol

⚡ Masselackte Systeme bei hohen v synchronisieren schwer

⚡ Bei Stillstand obli Problem Ursachenwache komplex!

⚡ Für UMa's schwer umzusetzen: Kosten, Komplexität & Komplexität fehlt!



## ► Tendenz bei VM:

Insensitiv:

- weit voneinander entfernte AO
- keine absolut starre Kopplung notwendig
- Flexibilität bei veränderten Randbedingungen
- gut für Modularisierung

Herausforderungen:

- Bewegungsplanung / Optimierung
- Bewegungsgüte (vgl. Synchro) bei großen & veränderlichen Trägheitsmomenten
- Sicherheit (Schnellstop, Notlauf, Kollisionen)
- Abhängigkeit von Lieferanten (Versionsupdate)

Cero Zeitlich:

1. Gen: Synchro per Koinzidenz
2. Gen: hybride Maschinen
3. Gen: Synchro per Steuerung



- gut für hohe Arbeits- $\checkmark$ 
  - ↳ Synchro sicher & einfach
  - ↳ Notlauf sicher
  - ↳ hohe Bewegungsgüte mit rel. wenig Aufwand

► einfache Steuerung

► einfacher Momenten- & Leistungsvergleich (Z & TS)

► keine Begrenzung  $\checkmark$  durch Zykluszeit Steuerung



► einfacher mech. Aufbau

► drastisch kürzere gesth. m. Energieleitung

►  $\ominus$  Reibung, Massenträgheit, Maschinengewicht

►  $\oplus$  Prozesspassierbarkeit an Komponenten & im laufenden Prozess durch & Bewegungscharakteristika  
 $\checkmark$  Automatisierung

►  $\oplus$  Modularisierung & Voraussetzung für Flexibilisierung des Verarbeitungsprozesses



## FUNKTIONSBEREICH

SIGNAL

## TEILSYSTEM

Steuersystem

## TEILFUNKTION

Generierung & Verarbeitung von Signalen zur Steuerung des AG durch Einwirken auf das Antriebssystem & zur Information des Betriebspersonals sowie zum Austausch von Informationen mit beobachteten & bezeugten Systemen.

↳ Spezielle WW: • Vorformungen im Hilfsystem → Verzög. → Gegenreaktion  
• Generierung Daten primär für Verarbeitbarkeit

### A Erfassung VOR Wirtspaarung:

V: Prozess-/Qualitätsbeeinflüsse bekannt & messbar

Z: Nur verarbeitbares Material in Prozess  
→ **Stopp, Verlust, Qual-Risiko**

### B Erfassung IN Wirtspaarung:

V: Prozesspar. & Toleranzbereich bekannt & überprüfbar

Z: Störungen & Para'-Drifting sofort erkennen  
→ **Ausschleusen fehlerhafter Produkte**  
→ schnelle **Korrektur** / Stop  
→ keine langen Fehlerzeiten

### C Erfassung NACH Wirtspaarung:

V: Quali-Para's quantifizierbar & messbar

Z: Quali-Mängel erkennen  
→ **Ausschleusung & Parameterkorrektur**

RAUM

Stk- & Hilfsystem

Sicherung der räumlichen Zuordnung der Elemente des anderen Teilsystems durch Stöken, Führen, Lagern sowie **Abgrenzung** zur Umgebung.

### A Teilfunktion STÜTZEN:

- Kräfte & Momente (stb.) aufnehmen & in Umgebung einleiten (**Gewicht & Antrieb**)
- **Lagerboxen**
- Fixierung während Transport (bzw. an Bestimmungsort)
- räumliche Orientierung
- **Schnittstellen** zu anderen Systemen



### 3. Teilfunktion HÜLLEN:

- Verschieden / Grenzen angewandtes Wk mit Anwendung
  - **ENERGETISCH**: Wärme, Schwingungen
  - **STOFFLICH**: Staub (direkt), Schmutz, Dampf
  - **INFORMATISCH**: Relaischalten, Signalwechsel durch Wellen
- Sicherung von **unbefugter Eingriffen** (Lichtschranke, Stop)
- Gewährleistung **Erhältlichkeit** & immer **sichere Handhabung**  
↳ für Bediener & Prozess

↳ **Erweiteter Funktionsumfang** (wenn automatisiert) im Sinne von **REINIGUNGSSYSTEMEN**; **STERILISATIONSSYSTEMEN** und **DISPOSABLES** (Cleaning in Place, Washing in Place...)

#### ↳ Modulierung:

#### **FUNKTIONSGRUPPEN**

- Verwirklicht **rel. selbstständig eine Funktion** innerhalb des Teilsystems
- **Bestehen aus Funktionselementen**, die alleine keine Funktion erfüllen können
  - ↳ Verb. techn. FG (WP)
  - ↳ Antriebs. techn. FG (Energiewandler, -umformer)
  - ↳ Steuerungs. techn. FG (Signalwandler, -verarbeitung)
  - ↳ FG mit Stütz- & Hilffunktion (Gerüst, Verkleidung)

#### **FUNKTIONSSCHEMA**

- Darstellung **aktiver FG** & deren **Verbindungen**
- **Darstellung FG, die als Verbindung auftreten** (Leitg. VG, Energie-Symbole)
- **Abbildung ganzheitlicher Funktionen & Voraussetzungen**  
→ vgl. IMV

#### **BAUGRUPPEN**

- **Besteht** Einheit eines/mehreres FG
- keine exakte Grenze zw. Energie-/Stoff-/Signalbereich
- Grenzen bestimmt durch Bauweise, Montage, Bedienung, Instandhaltung

„Ein Modul unter Produktgestaltungsaspekten ist **SUBSYSTEM** eines Produktes; das **ABGEGRENZTE FUNKTIONEN** enthält; **WENIGE**, einfache, oder **DEFINIERTES SCHNITTSTELLEN** besitzt, mit anderen Modulen **KOMBINIERBAR** und **AUSTAUSCHBAR** ist, leicht **ÜBERSICHTLICH** & **HANDHABBAR** ist; ohne **KENNTNIS** des **INNEREN AUFBAUS** **EINSETZBAR** ist und letztlich **UNABHÄNGIG NACHPRÜFBAR** ist.“

#### ↳ Modulbildung:

- Umwandlung Funktionsstruktur in Produktarchitektur um Module zu identifizieren
- Verbindung der Funktion mit dem Modul erfolgt über die benötigte Komponente



▷ Ziele, Vorteile & Nutzen von Hochdruckreinigung:

## ANWENDERSICHT:

- ⊕ an Flexibilität (↓ unprakt. Wartezeiten)  
Verkürzung Wartezeiten für planmäßige Wartung  
Verminderung Aufwand Reinigen/Warten (↓ Anzahl Personal)
- ⊖ Reparaturaufwand: (↓ Verlustzeit)
- ⊕ Vielseitigkeit / Zuteilbarkeit  
Erweiterbarkeit  
Anpassbarkeit an Produktionsbedingungen

## MASCHBAUSICHT:

- ⊕ Strahlkraft Maschine ⇒ Wartungszeit  
Bessere Standortdienungsorganisation  
Bessere Testbarkeit von Einzelmodulen  
Leichteres Transport, Auf- / Abbau
- ⊕ Reaktionsgeschwindigkeit im Kundenkontakt  
Neue Formen f. Kundenbindung & Wertschöpfung

## RISIKEN

- ⚡ Obsoleszenz (System nicht mehr anpassbar ⇒ Bruch SS)
- ⚡ Verfall durch u.U. selten genutzte Schnittstellen
- ⚡ Einbindung durch eigene Standards