

Textile Prozesskette:

... Anlegung, Konstruktion,
Prüfung, Simulation...

• Werkstoffe & Halbzuge für viele Anwendungen

- a) Berufkleidung - Aramid
- b) Leichtbau -
- c) Medizin - Stentgrafts / Faserbasierte Implantate
- d) Architektur -
- e) Bauwesen - Textildewelter Beton

↳ Maschinen oft flexibel & modular aufgebaut

↳ Spinnanlage: Hochtemp. - Bismaleinpolymerextrusion; Fibrillenextrusion

Textilmaschinenbau:

A) MASCHINENENTWICKLUNG

↳ Anforderungen für einen weltweiten Einsatz:

- Materialvielfalt
- Umweltbedingungen
- Sicherheit
- Betriebsdauer...

↳ **BEDEUTUNG** der Textilmaschinen:

- Komplexität der Maschinen & Anlagen
- Mechanische Systeme
- Extrem hohe Fertigungsgeschichte
- Komplexe Bewegungsmechanismen
- Hoher Automatisierungsgrad
- Extreme Anforderungen (24/7/365, $\eta > 85\%$)
- Werkstoffvielfalt

Jahresleistung
von ca. 2000t
→ 2010 3000t

B) WERKSTOFFENTWICKLUNG

⊗ leichtere, festere, „maßgeschneiderte“ Werkstoffe

↳ HL-Fasern können Aufgaben von Metallen übernehmen

C) TECHNOLOGIEENTWICKLUNG:

- Konstruktion nach **kanischem** Vorbild
- Ermöglicht **definierte Eigenschaften** - Additiv generative Fertigungsverfahren
- „Forces follow Form“ (anisotrope **High-Tech-Materialien**)

↳ 1D/2D/3D-Textilkonstruktion; 3D-Drahtstrukturen

D) PRODUKTENTWICKLUNG

- ~ Deutschland führend in Entwicklung / Produktion techn. Textilien
- ~ jährliche 5% Wachstum

↳ Anwendung im Leichtbau / Automobilindustrie
 ↳ Faserbündel, Implantate / Tissue Engineering

E) PRÜFUNG / MESSTECHNIK / MODELLIERUNG / SIMULATION:

- Materialcharakterisierung
- Virtuelle Tests
- Drapierprüfung
- Drapiersimulation
- Textil- vs. Verbundeigenschaften

↳ Ganzheitliche Test- & Simulationsergebnisse da ganzheitlicher anderer Werkstoff



- ▷ Extrem hohes Anforderungsprofil an Textilmaschinen
 ↳ für weltweit problemlosen Einsatz
- ▷ Textilien in Haus, Heim & Technik
- ▷ Starke Anisotropie textiler Strukturen → Simulationsergebnisse von Anisotropie
- ▷ Entwicklung stark interdisziplinär

Die Textile Wertschöpfungskette:

Textilchemie → Spinnerei → Flächenspinnerei → Textile Konstruktion → Konfektionierung / Befertigung

↳ Naturfasern / Polymere → Einzelasfilamente / Chemiefasern → Flächenspinnerei

ANWENDUNG von Hochleistungsfaserverbunden in der Luft- & Raumfahrt, Automobilbau, Sicherheitsrelevanten Themen.

Vom Monomer zum Polymer:

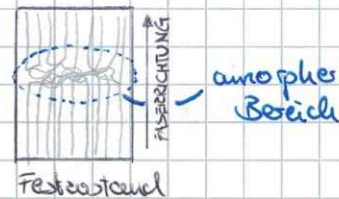
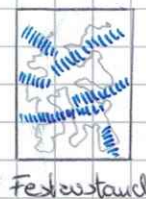
a) Polymerisation

β) Polyaddition

γ) Polykondensation

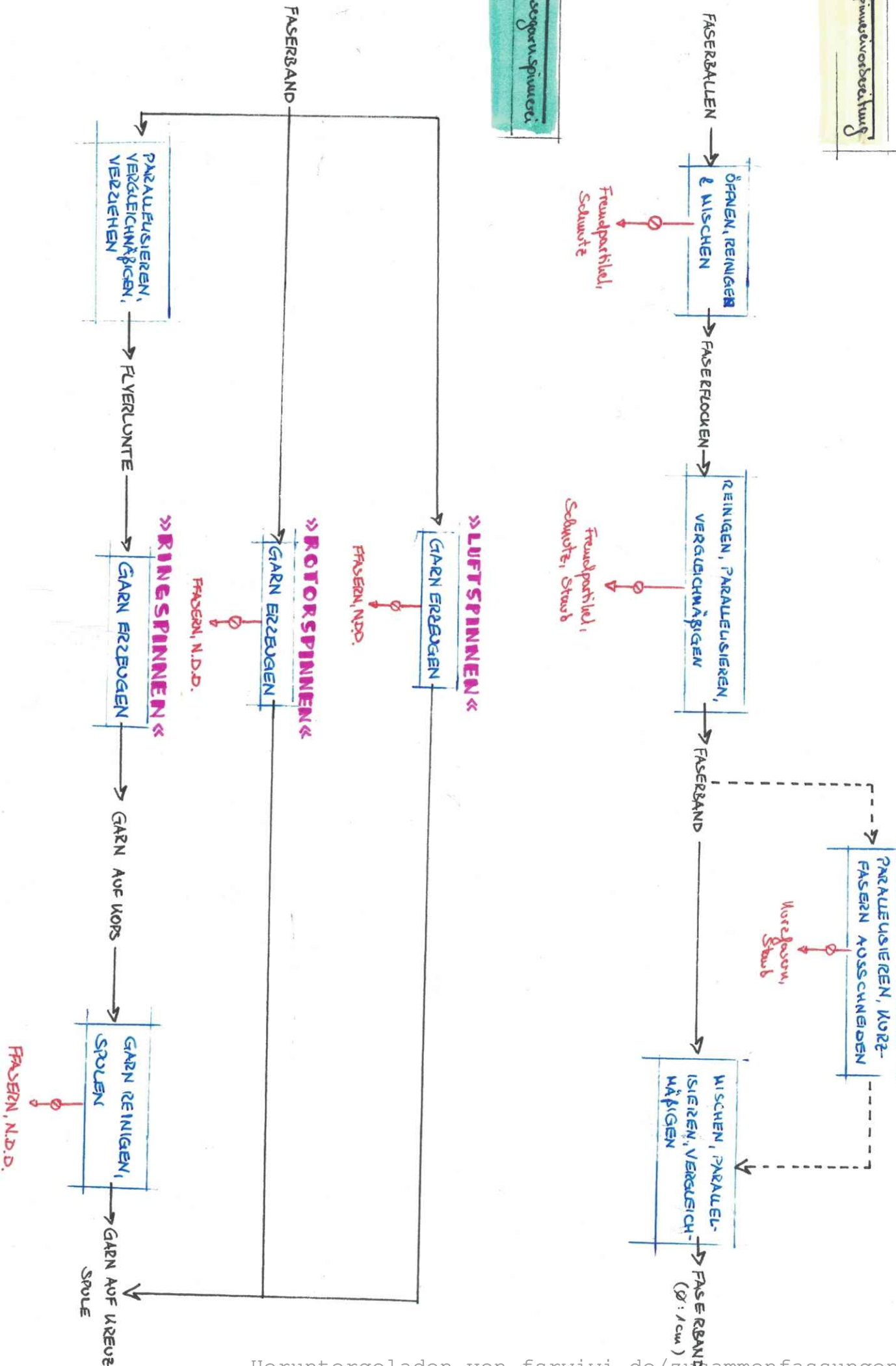
Aufspaltung „=“ ⊕ Katalysator
 Entstehung stabiler Zwischenprodukte
 Freiwerden niedermolekularer Verbindungen

Aggregatzustände von Polymeren:



"ORDNUNG"

Faserzuspiesserei



Hochleistungsfasern

- Oft Betrachtung d. **SPEZIFISCHEN** Steifigkeit oder Zugfestigkeit ($\div$ **Dichte**)

- ↳ A) **Chemisch gebundene** Makromoleküle (Duroplast, Glas, Keramik)
 B) **Physikalisch gebundene** " (Thermoplaste, Carbonfasern)

• Meine Schwester die...

POLY-ESTER...

{ Polyethylen terephthalat (PET) }

Schmelztemp.		250 - 260 °C	{	teilkristallin	{	Wasseraufnahme 0.5%
Glastemp.		70 °C		E-Modul		4500 $\frac{N}{mm^2}$

+ Zugfestigkeit, Nassfestigkeit, Scherwiderstand, Dehn- & Formbarkeit

- ↳ Herstellung per Spinnspinnen:
- ~ Mono- / Bikomponent
 - ~ Eine oder mehrere Spinnstellen
 - ~ Hohlfasern möglich
 - ~ Schmelzbeseuchung

Kohlenstofffasern / Carbonfasern:

Dichte	//	1.8 $\frac{g}{cm^3}$
Ø Filament	//	5 - 8 μm
Zugfestigkeit	//	3' - 5' MPa
Zug E-Mod.	//	240 - 600 GPa
Bruchdehnung	//	1.5 %

- ↳ PRECURSOR: Polyacrylnitril
 ↳ Trocken- oder **NASSSPINNEN**
 ↳ Verstreichen **über TG!!**
 ↳ Orientiert die Makromoleküle
 ↳ Je mehr HM desto mehr Öfen
 ↳ Da Brenndur $\Rightarrow$ **Oxidation / Carbonisierung**

graph

Glasfasern:

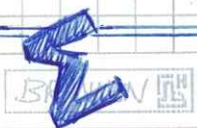
- ~ alter Werkstoff
- ~ anfangs teuer, dann Industrieinteresse
- ~ extrem teure Zielchusen
- ~ synthetische Faser

- ↳ Stabilität muss extrem schnell gehen
 ↳ Benötigt exakte Maschinensteuerung

graph

Maschinen- & Anlagensteuerung:

- Einzelne Komponenten leicht erweiter / austauschbar
- Unabhängiges Betrieb Einzelkomponenten
- z.B. Multi-Mode mit Slave/Master Steuerung (z. Daten)
- Individuelle Anordnung der Module



- Entwicklung vieler maßgesch. Synthetisfasertypen nach Bedarf
- Durchsetzt PET durch vielfältige Eigenschaften
- HLF Carbon/Glasfaser $\Rightarrow$ Composites

↳ Benötigt nicht nur die Module sondern auch die Steuerung zusammenfassender

Faser- & Garnspinnerei:

- von der Textilchemie zur Spinnerei
- Natürliche Fasern sind **nicht endlos**
- Garn i. w. S.: „alle linienförmigen textilen Gebilde“
- Garn i. e. S.: „einfaches Garn: Spinnfaser o. Filamentgarne“
(→ DIN 60300)

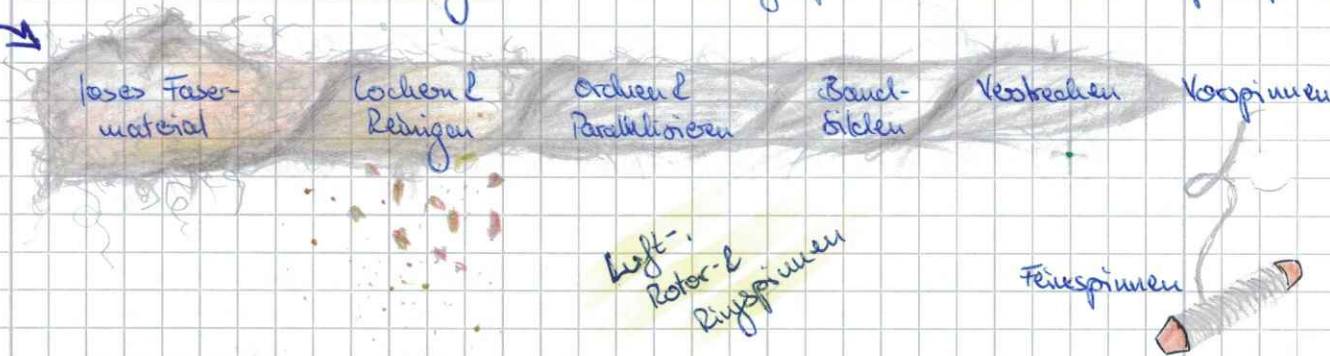
↳ Filamentgarn (Schneiden, Reißen[®])

↳ Naturfasern

→ Stapelfasern → Spinnfasern

Grundsätzliche Herstellung:

Mehrstuufenprozess → mechan. Wirkprinzipien



Spinnereivorbereitung:

(möglichst früh!)

- Gepresste Ballen adgefräst → Vereinzelte Flocken pneumatisch transportiert
- ⇒ Schrägwalze Ballenöffnung effiziente Ausreinigung & Schutz Faserkappe
- ⇒ Online Fremdstoffüberwachung & opt. Erkennung & selekt. Ausschließen & Verwerfen
- ⇒ Meist mit UV-Licht & Prozessintegriert
- ⇒ Nischen entscheidet über Warendarstellung & Farbqualität Nat./Synth.
- ⇒ Reinigen mit entsprechenden # an bewickelten Walzen (→ feiner)
- ⇒ Für Feinheit soll gekämmt werden!
- ⇒ Prozessintegrierte Regelkreise → z.B. Flächendruck Regler → Abkanten → Gewindesteuerung
- ⇒ Verstrecken & Vergleichmäßigen → Dorthieren der Bündel
→ Orientierung / Parallelisierung Fasern längs
→ Vergleich Feinheitsschwankungen / Haken
- ⇒ Hochleistungsspeicher → dynamisches Liniensystem
- ⇒ Kammern & Parallelisieren: & Kurzfasern / Schmutz / Staub → Band

(für Feinheit!)

Spinnverfahren:



• Ring / Mangelspinnen
(30^m/min)

- Parallelisieren, Verziehen, Garnüberlegung, Aufwinden Vorspannen
- Doffen - ServoGrip + Spindelreinigen, simultaner Wechsel

• Rotorspinnen
(250^m/min)

- Vollautomatische Maschinenteknik
- Trommel & zentrale Ausföhrung (ca. 150-200 %)

• Luftspinnen
(500^m/min)

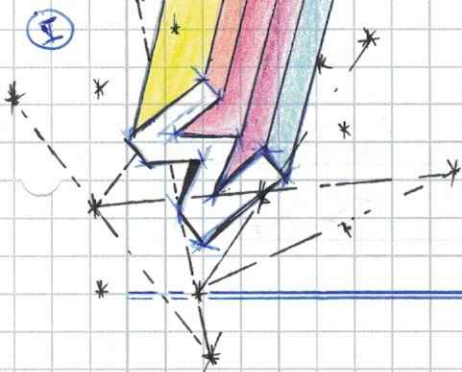
- Hohlspindel ohne Rotation, von Fasern werden von außen umwickelt → Hinkelänge

Spulen:

↳ Ringspinnen:

- Ausreinigung Öch-/Dünstellen & Nissen
↳ defekte, große, knotenfreie Garmlängen
- Paraffinieren & Abaufeigenschaften

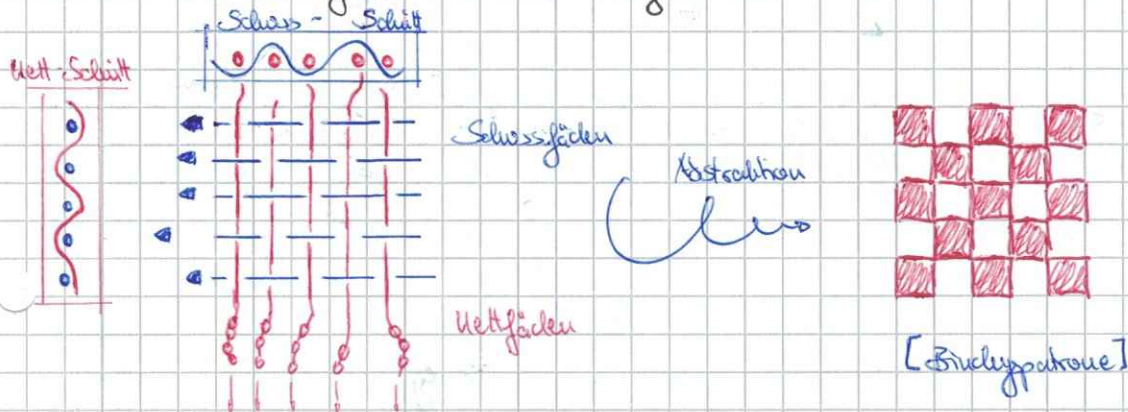
Zwischen...
zwei Garne
miteinander
verflochten



- Herstellung Spinnfasergarne: Naturfaser + geschüttelte/gezogene Filamente
- Spinnvorbereitung Fasern: **ÖFFNEN REINIGEN VERZWEIGEN PARALLELISIEREN MISCHEN VERGLEICHMÄßIGEN**
- Spinnfasergarne: Verschieben & Verdrängen (⊕ Verwinden/Verdrillen)

Gewebe - Definition

» Fadenstoff bestehend aus Längs-/Kettfäden & Quer-/Schussfäden. Meist rechtwinklig übereinander.«



Webmaschinen:

1. Faden öffnen
 2. Schussentwurf
 3. Schussanschlag
 4. Fadenwechsel/-vertritt
 5. Gewebeabzug (stetig)
- } zeitgleich

Fachfideeinrichtung:

► TRITTVORRICHTUNG:

Schussrapport: 8
Kettrapport: 12

- Außentritt
- Innentritt

► SCHAFTMASCHINE

Schussrapport: ∞
Kettrapport: 24(32)

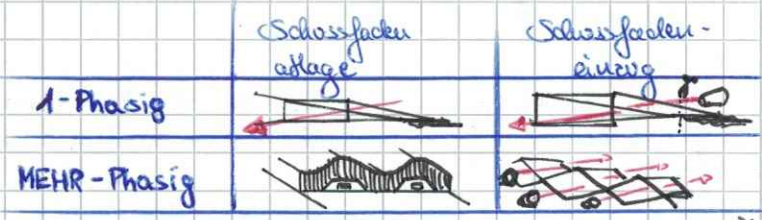
- Einschluss - SM
- Doppelhub - SM
- Rotations - SM

► JACQUARDMASCHINE:

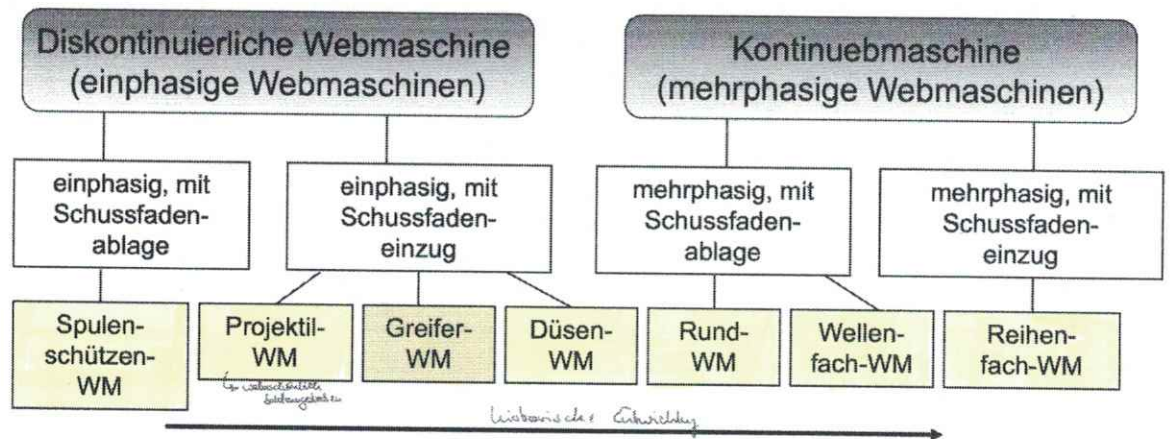
Schussrapport: ∞
Kettrapport: > 10.000

- Einschluss - JM
- Doppelhub - JM

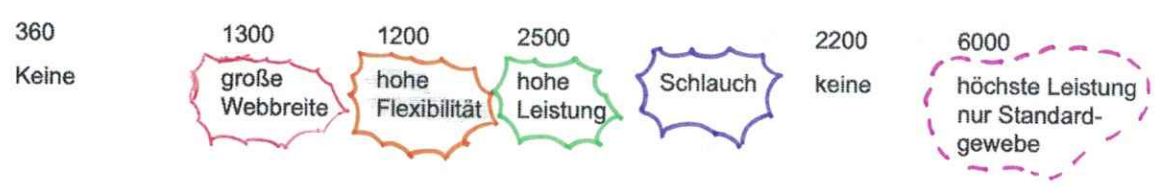
Schusseintragsprinzipien:



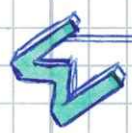
Schusseintragsprinzipie der Webmaschinen



Maschinenleistung in Schussfadenmeter je Minute



- ↳ Mehrlagen Gewebe für thermoplastische Verbundwerkstoffe
- ↳ Schusseintrag mit Luftdüse & Wasserdüse
- ↳ Rowlwebmaschine bis 300 mm Breite
- ↳ Verarbeitung von Hochleistungsfasern auf modernen Spinnstücken-Rowlwebmaschinen
- ↳ Gewebe für High-End-Anwendungen (Flugzeugkabinen)
- ↳ Standardgewebe ⊕ Rowlwebmaschine



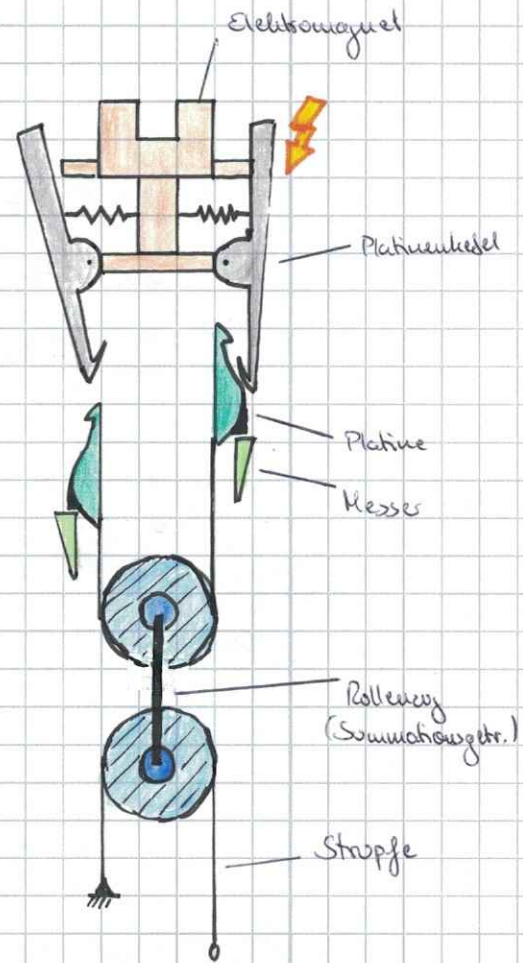
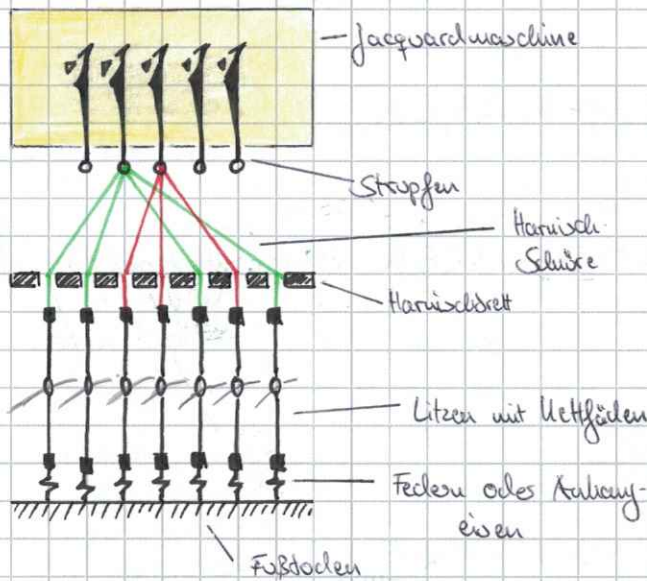
- Gewebe ≙ Verkreuzung Schuss- / Kettfäden
- Webtechnologien: Fadenwechsel // Schusseintrag // Schusswechsel // Web
- Fachtikleinrichtung

Auflockerung an Fachtikleinrichtungen:

- Harmonische Bewegung des Kettfadens
- Randposition für Schusseintrag
- Übersetzung der Kettfadeneigenschaft



Die Jacquardmaschine



HERAUSFORDERUNGEN:

- bis 550 $\frac{1}{\text{min}}$ 870 Luftschritte
- Staub / Energieverbrauch
- Abnutzung
- Schwerverbrauch & Federbrüche

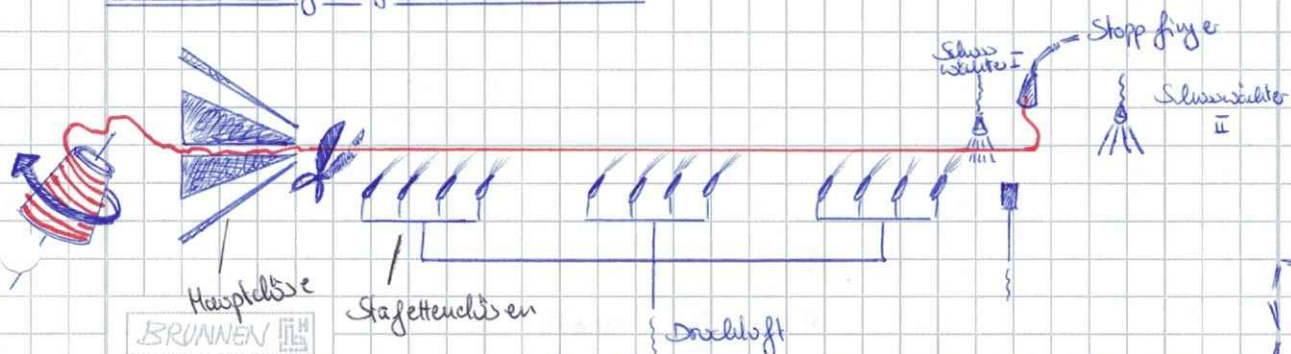
Um 1 Model 8 Stropfen $\Rightarrow$ 8 Bit
Um Elektromagnet nur Halbleitungen

1. Auswahl Kettfadentieflgang 1
2. Messerbewegung, Kettfaden unten
3. Auswahl Kettfadentiefgang
4. Messerbewegung, Kettfaden nach oben
5. Auswahl Kettfadentiefgang
6. Messerbewegung, Kettfaden oben

Schweißtrag per Greifer:

Um Schweißfadenübergabe Aktiv/Passiv $\Rightarrow$ Schweißfaden-Druckluft höher: 1200 $\frac{1}{\text{min}}$
Um auch als Bandgreifer (1600 $\frac{1}{\text{min}}$)

Schweißtrag Luftschweißmaschine:



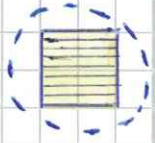
Schweißtragleistung: 2500 $\frac{1}{\text{min}}$ 50% Widerstand für Schweißtrag: 300 $\frac{1}{\text{min}}$

**BREMS-
FESCHLEUN-
IGUNG**

DIN 62050: „MW bestehen aus ineinander hängenden Fadenschleifen, die aus einem oder mehreren Fäden gebildet werden.“

A) QUERFADENWAREN:

- Gestriche
- Wollegewirte

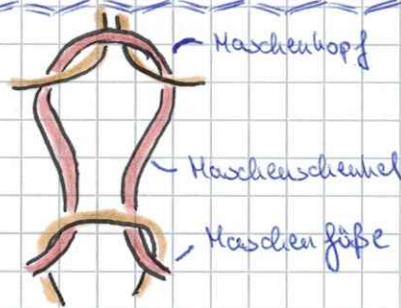


B) LÄNGSFADENWAREN:

- Kettengewirte
- Nütengewirte
- Häbelgewirte



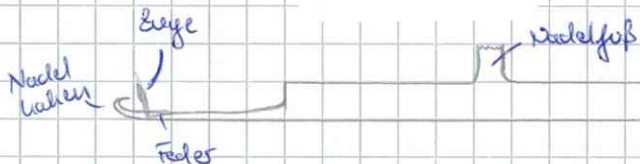
DIE MASCHIE



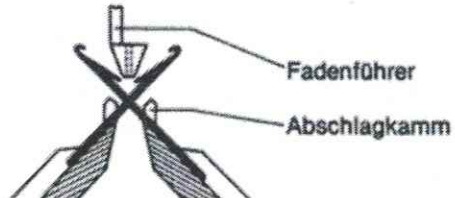
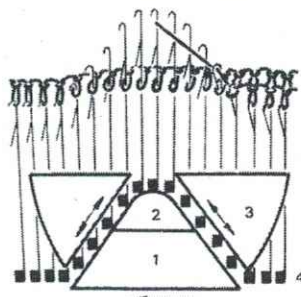
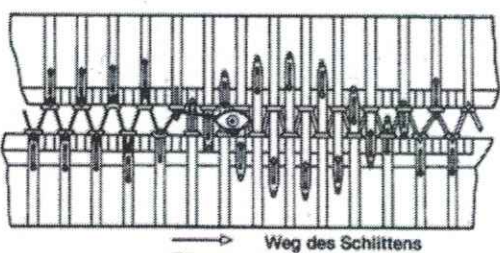
- ▷ Bindepenelement Wirterei / Stiche
- ▷ 2 ineinanderhängende Maschenschleifen
- ▷ 2 Bindepeneinheiten
- ▷ 4 Bindepstellen
- ▷ 8 Kreuzungspunkte

Am Plattenmasche sind zwei Füße

Die Stricknadel:



Eine FLACH-Strickmaschine



- Strickschluss
- 1 unteres Austriebsteil
 - 2 oberes Austriebsteil
 - 3 Abzugsteil
 - 4 Nadelfuß im Schlitten montiert

- Eine Maschenreihe
- 2-4 Schritte/Schleifen
- **Handel**
- komplette Weichheit
- **niedrige Leistung**
- alternierende Schlittenbewegung ~12°

Großrundstrickmaschinen:

- Bogen Schloss
- Reibung Nadelnadel
- Fadenabschlag

- Umlaufende drehende Zylinder (144/36 Strichsysteme)
- **hohe Produktivität**
- Schleifschwere
- **nur für große Serien wirtschaftlich**

Grafik R/L
Anschließen

► Mastersteuerung beim Flachstricken:

- 3-Wege-Technik: Einzelmaschenwahl bei 12 Maschen / Zoll & 1,2 m/s
- Auswahlzeit: **1,75 ms**
- per 2er Magnetschaltstellen (Haltkugeln)
 - ↳ 1: auskreiden (ja/nein)
 - ↳ 2: Halbmarsche auskreiden (ja/nein)

↳ Masche, Heubel, Flotag zur Masterung

• 3D-Preforming beim Stricken:

- Modifikation der Buchstrikertechnologie
- var. Geometrie $\Rightarrow$ mehrtufig $\oplus$ mehrachsige Verstärkung
- hohe Reproduzierbarkeit
- für FUV mit komplexen Geometrien & ohne Ultradr. Struktur

• Höchste Gestrichfeinheit:

- Zylinder / Teller fertig $\rightarrow$ 80 Maschen auf ~ 25 mm
- Zungenwelle $\varnothing 18$ mm dick
- Grob-Beckert UG

• Fadenbelastung beim Stricken (Hubverdrängungsprinzip):

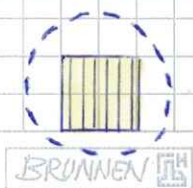
- $\Rightarrow$ niedrige Fadenbelastung $\Rightarrow$ flacher Ausstieg
- $\Rightarrow$ mechanische Anforderungen $\Rightarrow$ steiler Ausstieg
- $\Rightarrow$ schnelle Herstellung Fäden oft beschichtet, oder Maschline läuft weites $\Rightarrow$ Einlenkbarkeit

↳ Leistungsteigerung: **RELANT** beim R/L-Buchstricken

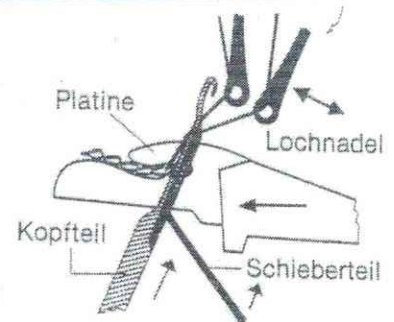
- Hubverdrängung $\Rightarrow$ Abklaghaute bewegt sich geg. euläßig

$\ominus$ Fadenbelastung $\oplus$ Systemelastizität $\oplus$ 2000 $\oplus$ Maschen/s / 80 Hz

• Werkzeuge:



- wirken meist CFU-Barren:
 - $\rightarrow$ keine Wärmeabstrahlung
 - $\rightarrow$ $\oplus$ Steifigkeit $\rightarrow$ Genauigkeit
- Maschenbüchse:
 - $\rightarrow$ ohne Zug $\rightarrow$ Hubverdrängung
 - $\Rightarrow$ Längsfadenwechsel
 - $\Rightarrow$ immer nur Stellen eines Masche



⑦

↳ allgemein ca. 28 Nadeln/Zoll : max. : ca. 44 Nadeln/Zoll

↳ Schieber mit Nadel hinterher & schließt sie

↳ Pressen / Rast per Doppelgetriebe schwer / nicht zu realisieren

▷ Antrieb der Arbeitsorgane:

- | | | |
|----------------------------------|----|------------------------------------|
| ① Getriebekantenrassel | // | Bis 50 Nadeln/Zoll |
| ② Nadelwellen mit Doppelgetriebe | // | " 4.500 $\frac{1}{\text{min}}$ |
| ③ Gleitlager | // | " 5,3 m Arbeitsbreite |
| ④ hohe Temperaturbaustanz | // | Ölbad mit Heizung & Kühlung (30°C) |



- Maschine vorheizen (2h) & im Betrieb kühlen
- Nur 5% Energie = Umformung
- $\pm 1^\circ\text{C}$ TA zulässig (Gießen $\pm 5^\circ\text{C}$)
- "Nadelrichter" bei Temp.-Umstellung

▷ Kostensteigerung:

- ➊ **Ultrahighspeed** (versaltet)
- ➋ **Spitzschneiden** (Hochleistung & Drogenet) → Spitzkanten & elastisch
- ➌ **Sonocut** (nur 1.200 $\frac{1}{\text{min}}$: $\vec{v}$, Leistung & Präzision gleichz.)
- ➍ **Strijdamcut** (mit Gasdruckfeder)
- ➎ **Piezogewindsystem** (Zinkblech mit aufgetriebenen Piezoelementen)
 - schnell, effizient, energiesparend (Antrieb am Arbeitselement)

↳ Irgendwann Baren so massiv, dass Wirtstelle schwingen muss

▷ Gewidte Gelege:

- ▷ Direkt orientierte Stabknoten (D.O.S.)
- ▷ alle Netze sind gewidert
- ▷ kontinuierlich andere Elemente (Pfähle der Schnee räumen)

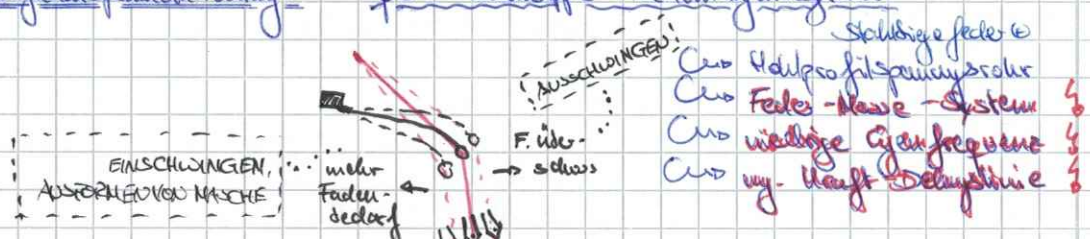
• MONO-, BI-, MULTI-AXIAL •

↳ Spitz Nadeln die Gelege durchstechen

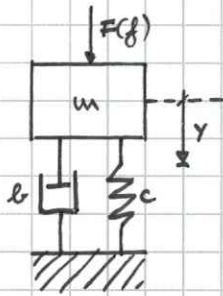
↳ LKW-Plane schneller wickeln, aber größere OF → Beschädigung H. &

▷ Kettfadenspaneinrichtung:

▷ po Fadenwippe Fadenlängenungleich:



► Schwingen:



$$F(f) = m \cdot \ddot{y} + d \cdot \dot{y} + c \cdot y$$

Resonanzerscheinung wenn: $\eta = \frac{\omega_e}{\omega_0} = 1, \dots$

↳ mit Vergrößerungsfunktion $V_k = \frac{1}{\sqrt{(1-\eta^2)^2 + 4\eta^2\zeta^2}}$

↳ ohne Dämpfer 10% wo möglich

↳ mit Dämpfer ~ 30% wo möglich

↳ Industrie 1.200 %/min da lineare Kraftübertragung

↳ elast. Fäden volle 4.500 da Abgleich!

↳ Übersetzung des Scheiterns in der Praxis:

- SOLL:
- Fadenkräfte gleichmäßig & senken
 - reduzierte Schwingungstiefen
 - Kompakt

↳ Elastan @ 180° Winkel → doppelte F_F @ Steifigkeit @ Frequenz

↳ Hiermit auch Fasergarn 2.800 %/min

► Textile Ausrüstung:

~ zwischen Flächenbildung & Vorfalten

① CHEMISCH: Behandlung mit Chemikalien i.w.S.: färben, bleichen, etc.

② MECHANISCH: Aufbringung mech. Kräfte auf Textil/Garn: schlingeln, walzen

③ THERMISCH: Behandlung mit Flammen/Hitze: gasieren, fixieren

Anwendungsbereiche: Composites, Auto, Aero, Medizinisch, Text-Basen

► Funktionalisierung text. OF:

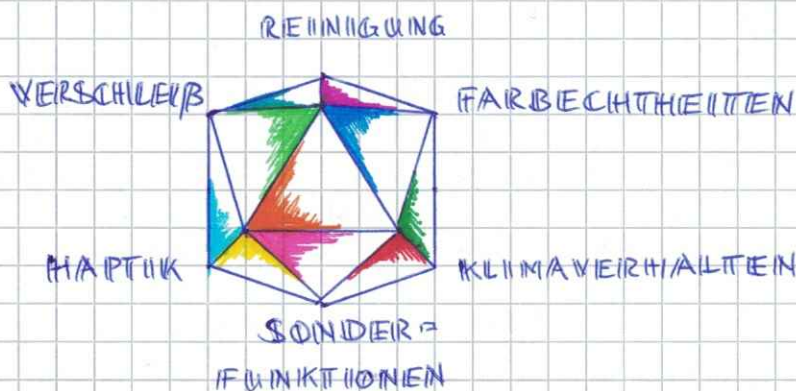


Beispiel: textiler Ausrüstungskette:

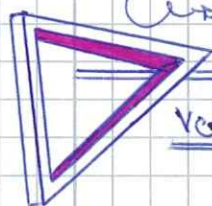
- SENGEN » ENTSCHLICHTEN » ALK. ABKOCHEN » BLEICHEN » WASCHEN » TROCKNEN
» MERCERISIEREN » FÄRBen » DRUCKEN » AUSTRÜSTEN » TROCKNEN •

↳ Baumwolle: 60-65% teilkristallin

Anforderung in der Automobilindustrie:



Modifizierung von Faser / Filament // Textilbeschichtung // Faden



Veränderung an der Faser:

- 1.) Materialanforderung / -anpassung
- 2.) Δ Grundabstände durch **Zusätze, Blends, & Grundstruktur**
- 3.) Veränderung / Verbesserung von mech., therm., elektr. Fähigkeiten & Optik

- ⇒ Auflösung kristalliner/amorpher Bereiche unterschiedlich
- ⇒ Schaffung funktioneller Gruppen zur besseren Haftung

- ▷ Strukturierung per **Excimer-Laser** (MICROSTRUKTURIERUNG)
 - Benetzbarkeit
 - Haptik
 - Reflexion (Glanz)
 - Schwingverhalten

▷ Superhydrophobie "wie Oberflächenenergie"

- ▷ Effekte:
 - Aufrauen ⇒ Vantiten
 - Benetzbarkeitseigenschaften
 - Grenzflächenenergie in den porösen Anteilen
 - WW Material OF mit Beschichtung

Funktionalisierung der Faseroberfläche:

- ... mit $\left\{ \begin{array}{l} -CH_2 \\ -OH \\ -COOH \\ -CONH_2 \end{array} \right\}$... dadurch Möglichkeit der Reaktion mit Stoffen, die « mono- & polyfunktionelle Räte » tragen.

BSP

Aktivierung von Polypropylen-Fasern mit NH_2

- Aktivierung per HT-Surfactants
- an NH_2 → Aktivierung Polymer-Fasern

• Physikalisches / chemisches Grenzschichtdesign:

- » KORONAENTLADUNG unter atmosph. Bedingungen zur Aktivierung ineter polymerer Materialoberflächen.
- » PLASMA-BEHANDLUNG unter Zuführung reaktives Gase / Sole zur Aktivierung / Funktionalisierung / Modifizierung Wst GrenzF
 - ↳ als Vorhang oder Düse (0,5 - 2 cm breit)
- ⇒ AKTIVIEREN / HYDROPHILIE: $\text{C}-\text{OH}$, $\text{C}=\text{O}$
- ⇒ INERTISIEREN / HYDROPHOBIE: $-\text{CH}_3$, $-\text{CF}_3$ Paraffine, PTFE, Brennwachs
- ⇒ FUNKTIONALISIEREN: $-\text{NH}_2$, $-\text{OH}$ UV-Schutz → TiO_2 , Benzotriazol
- ⇒ BESCHICHTEN: $-\text{SiO}_2$, $-\text{[Si(R)N]}_x$ (Polysiloxane → Harze) 

! Plasma kann auch Ketten spalten → Funkt. Gruppen → Unw. ausgleich
 → im Fasernere → möglichst schnell weiterverarbeiten

↳ Ermöglicht bessere Farbtiefe, Färbung & Kapillarität

- | | |
|-------------------------------------|-----------------|
| ⊕ Umweltfreundlich | ⊖ hoher Invest |
| ⊕ Verträglich | ⊖ Ozon entsteht |
| ⊕ eig. alle Materialien | |
| ⊕ versch. Prozesse auf einer Anlage | |
| ⊕ niedrige Betriebskosten | |

• Fluorgas:

- ~ geht bis in den Kern, auch bei Wickel
- ~ AKTIVIEREN - Oxyfluorierung (F_2/O_2)
- SOLBRUCHSTELLEN - Dipole - partiell F_2
- PASSIVIEREN - Fluorierung - komplett F_2

• Einflussgrößen:

- | | | | | |
|---|---|---------|---|---|
| a) FASERART
b) ART FLÄCHENGEBILDE
x) BESCHICHTUNGSPASTE
d) VERARBEITUNGS (Beschichten / Nachhärten)
e) PASTENVERTEILUNG | } | Gefügte | { | Anforderungsprofil
&
Einsatzgebiete |
|---|---|---------|---|---|

- ▷ Schwere Beschichtung ($> 50 \text{ g/m}^2$) 90% PVC
- ▷ Leichte Beschichtung ($< 50 \text{ g/m}^2$) 60% TPV | 16% PVC | Silikon | Acrylat

IX

Übersicht Beschichtungsverfahren:

SELBSTDOSIEREND: Beschichtungsgewicht ~ prozessabhängig

VORDOSIERT: Beschichtungsgewicht ~ Zufuhrmenge Rohstoff

↳ Kommandos - Streichverfahren:

- ⊕ Strichbild → Adhäsion
- ⊕ Beherrschung Spaltkräfte
- ⊕ Leichte Reinigung

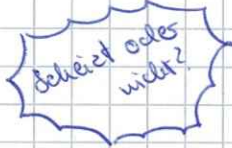
↳ Tauchverfahren Imprägnierung:

↳ adh. von Substrat & Abgebewalzen

↳ Walzenanfang: Anzahl Walzen

↳ Meyer Regel: niedrigviskose Beschichtungsmassen mit großen Luftzuggewichtsbereich

↳ Düsenbeschichtung: vordosiert ⇒ % OF-Spannung & Viskosität



kontrolliert durch: $\dot{m} = \rho \cdot u_w \cdot h \cdot B$
 Massefluss / Substrat → $\dot{m}$ / B → Beschichtungsrate / Beschichtungsbreite

↳ kontakt freies Vorhängeverfahren:

↳ Sprühtverfahren: Rotation - dünne Schichten (Feinspritz), niedrigviskos
 Luftstrahl - dünne Schichten, niedrigviskos

↳ Pulverschleifen ↳ Rasterwalze: lasergranulierte Flexoprinting Sleeves (Schaltzyklen)

↳ Hotmelt ↳ Siebdurch: höherviskos

↳ Schwimmende Walze / Mästers Walze: Innenöldruck gleicht Durchbiegung aus

↳ Anwendung:

- (Schutz-) Klebung
- Geotextilien (extreme Anforderungen)
- Technische Anwendungen

↳ „Interaktive Textilien“ → Reaktion Δ Mensch / Umwelt - Bedingung

↳ Shape-Memory // Thermoregulation

Einteilung der HL-Textilien:

1D & Flächige Textilien:

Gewebe / Drehtextil / Bi-axiale Gelege / Multiaxiale Gelege / Gewirke

Dreidimensionale Textilien:

3D-Kontextilgewebe (bei mehreren Schichten % Delamination)
 Rautgewirke, 3D-Geflechte, TFP

BASIS: Anwendung konkreter Wirkstoffe

↳ Uni- bis multiaxiale Anordnung der Verstärkungsfasern

Üb 2 grundsätzliche Verfahrensprinzipien:

MASCHENGERECHTE FADENEINBINDUNG (Mayer)

NICHT MASCHENGERECHTE FADENEINBINDUNG (LIBA, Malino, ...)

LIBA

- WIMAG ... geordn. parallele Fadenordnung in Encellagen
- $-20^\circ \rightarrow -80^\circ$ & $+20^\circ \rightarrow +80^\circ$
- Unkontinuierliches Prozes: Schweißeintragungssysteme mitdrehzt
- 0° am Ende

- Bis zu 8 Verstärkungsfadensysteme
- Faser eintrag an Gefäßportalen (stofflose Faser $\pm 20^\circ$ ohne Umdreh.)
- $\oplus$ Fasermatte ^{oder} unter als Decklage möglich bew.
Wird faserige unter Decklage

- ! Kindesegre Schiedsrichter $\Rightarrow$ min. (Berührendes Fehlen)



► Technologie für anisotrope HT-Materialien:

- ↳ Textile Strukturen verstärken Verband WST
- ↳ Sanftlichen **Kopfdruckgerechtes** Konstruieren

z.B. durch Ultraschallsysteme etc.

FORCES follow FORM

- ⊕ hohe mech. Festigkeiten (in-plane) absolut gestreckt
- ⊕ Kombi versch. Verstärkungsmaterialien
- ⊕ Maschenfaden zur z-Verstärkung
- ⊕ Pool- → ähnlich Waben
- ⊕ Anpassung Verstärkeranordnung an Belastung
- ⊖ Filamentschädigung Durchstechen (≠ Mauer)
- ⊖ Risseiten
- ⊖ Quali Fadenlineartät innen ≠ einsehbar

↳ Sensitivitätsgebiete:

- ~ Automobil
- ~ Aero
- ~ Architektur
- ~ Gleitschirme...

• ad Flugzeuge:

- Verarbeitung CF-Prepregs (80-90%)
- Textile Halbzeuge ermöglichen Lastenreduktion & Leichtbau

• ad Automobil:

- Textile Tragstrukturen in i3
Roring > Textile > Preform > RTM > Finish
- Gelfeststrukturen in i8

ALLES WAS NICHT BERECHENBAR IST GEHT NICHT IN SERIE!

• Tailored Fibre Placement:

WIESO?

Für hochbeanspruchte FV-BT sollten die Fasern...

- ... gestreckt (= Ausrichtung/Verbreitung) vorliegen
- ... in Beanspruchungsrichtung gleichmäßig beansprucht werden.

↳ Bei 15° Δ sch - 85% Belastbarkeit

↳ Sichern mit Fadenverleger für Füllmaterial

↳ Damit Abtrocknung von Insetts ohne Verschnitt / Torionsbeanspruchte Scheiben

↳ & Vor eine Spule --- ⊖ Produktivität (≈ 1000 St./a)

• Flechttechnik:

- ~ Hohlkörperstrukturen / Aufflechten von Umrissen
- ~ auch mit Roboterarm mit Schöck (A Fadenlänge & Winkel)

Prinzip:

- Klöppel werden auf zwei konzentrischen Kreisbahnen (180° phasenversch.) gegeneinander bewegt & wechseln an Kreuzungspunkten innen/außen

Klassifizierung:

- ~ 2D: Rund / Flach / Aufflechten
- ~ 3D: formtreue Halbzeuge / komplexe Flächengebilde

↳ Bei Flechten von Umrissen (flach) Anhebelpunkt auf 12 Uhr

Prozentwicklung / Konzeption:

ZIEL: Faserbasierte Produkte mit passender 3D-Form & Verhalten möglichst wirtschaftlich herstellen.

MÖGLICHE WEGE:

FORMING

IDEA $\Rightarrow$ 3D-Geometrie $\Rightarrow$ Thermo-Verformen $\Rightarrow$ kühlen

TEXTILT. FORMGEBUNG

IDEA $\Rightarrow$ 3D-Geometrie $\Rightarrow$ Strukturerwicklung $\Rightarrow$ 3D Stricken / Weben

KONFIGURAT. FORMGEBUNG

IDEA $\Rightarrow$ 3D-Geometrie $\Rightarrow$ 2D-Schnittteile $\Rightarrow$ Formgebung $\Rightarrow$ Verbinden

↳ 2D- & 3D-Verstärkungsbauteile (meist sequentielles Preforming mit Zuschneitzung auf Werkzeuge)

↳ **Aufg.:** Präzise & paugenwee Zuschnitte von 3D-Modell entwickeln

Sequentielles Preforming - Near Netshape:

! **Anisotroper Werkstoff:** Bauteilherstellung viel **schwieriger** als Metall

⚡ **Effiziente computergestützte Analysen zur Kontrolle in der Entwicklung**

↳ **Sein i3:** minimale Zuschnittsanzahl & optimale Faserorientierung gem. **Strukturmec.** Analyse

↳ **FALTENBILDUNG UNBEDINGT VERMEIDEN**

↳ Vgl. Simulation / Experiment per optischem Scan; Festlegung von kritischen Winkeln für die Verformung (FEM)

• Simulationstechniken sind FEM (Abaqus) & KINEMATISCHE MODELLE (Winkel im Netz) •

Formgebung während Textilproduktion:

① Gut & Sew

③ Fully Fashioned Underwear

} **Echtesindes // Kabinenbrüger...**

↳ **Direktpreforming in der Gestrickherstellung** (Gefüge & techn. May!)

Formgebung durch Fügen einzelner Teile für bekannte Geometrien:

z.B. Nähen / Schweißen / Kleben

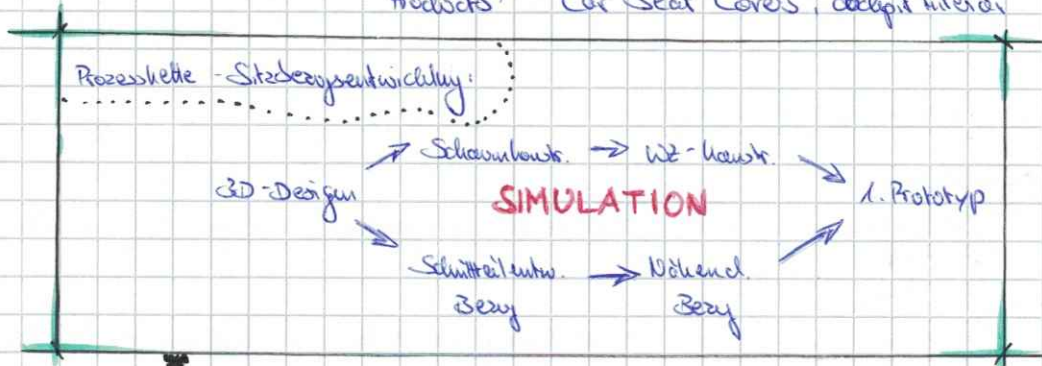
Automobilinterieur:

Suppliers: Lectra - DC3D; Gredes - 3D-DIRECT

Users: Auto manufacturer, Automotive supply

Products: Car Seat Covers, dashboard interior

ENT-
LINEAR-
SIERUNG



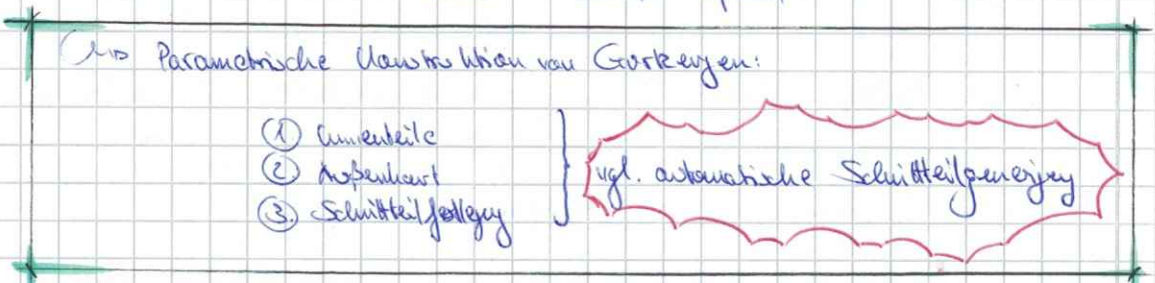
Entwicklungszeit & Kosten (vorher Clay - Strahl - 1. Prot.)

Autodoorausensungen:

Suppliers: Lectra - DC3D; Optitex - Pds Version 11

Users: Outdoor producers, Bergsteiger

Products: Tent, Backpack, ...

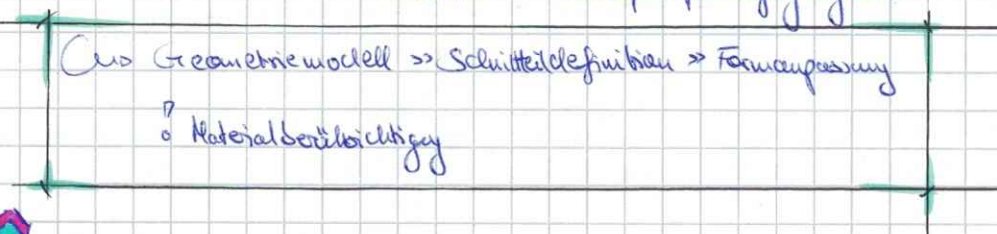


Textile Verpackung:

Suppliers: Lectra - DC3D

Users: Producer of packaging

Products: Transport packaging of cars



WIRTSCHAFTLICHES POTENTIAL

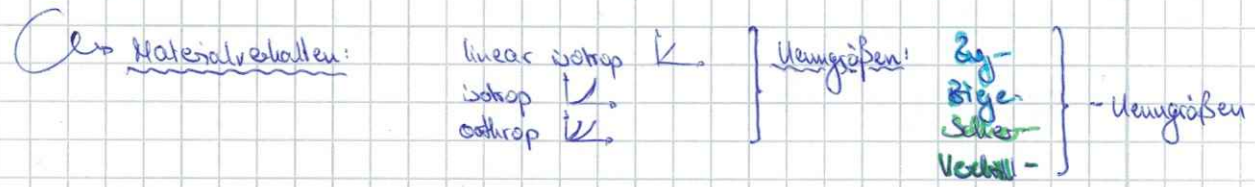
- Qualität in P-Entwicklung ermöglicht vom Expertenwissen Modellmacher sichern
- Bereitstellung Dokumentations- & Konstruktionsalgorithmen
- Modellvarianten durch Parameteränderung
- Reduzierung der Entwicklungszeit
- visuelle Darstellung des Produktes zur Kommunikation

• Formgebung durch Fügen einzelner Teile für UNBEGANNTE Körpergeometrien:

- Komplexe anatomische Körperformen
- Komplexe Simulationen durch zugewiesene Materialeigenschaften
- Lückenhafte Konstruktionsvorschriften

↳ Automobil vorwiegend 3D CAD/CAE
↳ Textil - - - 2D - - -

• Modelle u. Ä.: ! Für Gestaltungsprozess seit Jahrzehnten 2D-CAD perfektioniert
! Mehrfache jährliche Kollektionsentwicklung => festes Zeitintervall



• Geometrie-Modelle:

- ~ anatomische Modelle für Simulationen (Crash / Ergonomie)
- ~ für Mensch: Homon Builder (Dassault)
Joch (Siemens)
Ramos (Homon Solutions)
Santos (Umanity)

↳ anatomische Modelle per Scandaten (digitales Zwilling!)

① Punktwolke-Scandaten (Voreing. & Iterative Closest Point Matching + Symm.)

② Polygonmodell ← mittleres Formkörper einer Größe

③ CAD-Flächen (Spline/Quads)

• Körpernahe Bekleidung:

- Suppliers: Leica - DC3D
- Places: Underwear, high functional sport clothes
- Products: - - - - -

• Digt. Entw. Prozess Bodywear:

- ① Antragsengineering ! untypische Körperhaltung per lineam. Menschmodelle
- ② Design- & Konstruktionsmethoden
- ③ Materialsimulation

↳ Prozessschritte:

- a) Größenabhängige Skalierung
- b) Oberflächegenerierung
- c) Modellentwurf
- d) Meshgenerierung
- e) 2D-Schnittteile

↳ Bei dünnen Materialien: vorwiegend Zug / Scherungsgrößen

▷ Faseredundanzstoffe: Leichtbaustrukturen mit Textilverstärkung ...

- ... in gekrümmten Bauteilen
- ... durch ⊕ Erfahrung & ⊕ Invest. Felder weitgehend!
- ... Kombination & Dimensionierung erfordert Verhaltenskenntnis

◦ Die Beurteilung einer Produktidee sehr visuell findet teilweise keine Akzeptanz! ◦

- ↳ Meist Mischbauweisen Stahl, Alu, CFK
- ↳ Gewicht ⊕ G in E-faser aus
- ↳ Andere Gewebearten möglich
- ↳ Kosten ⊕ ⇒ **AUTOMATISIERUNG**

▷ Umformtechnik & Maschinen:

{ • Textile Umformung ist das Verarbeiten textiler Flächengebilde & nichttextiler Umformungen zu gebrauchsfähigen Endprodukten. " in Form von Belüftung, ... "

ANFORDERUNGEN:

- technische Funktionserfüllung durch Fläche & Naht
- Ästhetik, Repräsentation
- Pflegeverhalten
- hygienisches Verhalten

PROZESS:

- ▷ Produktentwicklung mit Design / Konstruktion
- ▷ Prothierauswertung
- ▷ Zuschnittvorbereitung & Zuschnitt
- ▷ Verbinden & Formen
- ▷ Biegen & Veredeln
- ▷ Fertigstellen & Versand

↳ DE große Tradition Nähetechnik: Pfaff: Doppel-Akter & Zuschnitt Fixiertechnik
⊕ Spezialmaschinen & Logistik & Nähfadenherstellung

↳ Meditech, Medtech, Biotech, Agrotech

▷ Von Vorfertigung zu Verarbeitungsfähigkeit:

LAGELEGEN:

- Nahtlagenwahl ⊕ Kosten
- Erhaltung von Flächenfeldern

▷ faltenfrei, spannungsfrei, dehnsam, anschauen nach Fadenwegen

LEGEARTEN:

- Zick-Zack
- links auf rechts (CF, GF, AF)
- durchlocht

Aufziehen
Abrollen

Manuell
automatisiert

◦ Legenachrichten:

- Rollenwechsel automatisch (10s)
- Mit Legeschwindigkeit synchronisierte Rollenabdrückung
- Legedimension & Spannungsummierung

⚡ Bei 1,5/1,6 m Breite $\Rightarrow$ Schlussschneiden relativieren unterschiedlich

> Auflösen des lokalen Materialzusammenhangs:

{ ... Formschritt des Prochtwerkzeugs aus den Flächen (Außen & Innenkurven) ... }

- > Maßhaltigkeit / Reproduzierbarkeit
- > Schnittkantenstabilität, kein Ausformen, Schnittkantenqualität
- > keine Verschleißung
- > keine WD im Nachbearbeitungsschritt

◦ Zerschnittetechnik:

① Handgeführt:

Stichtolhandschere (1L)
Bauchmesser (gerade / wenig gekrümmte)
Werkzeuge (alles)
Bauchmesser (alles, Material bewegt, Aufwandsintensiv)

↳ Umfangsanwendungsbereich: Servo - Cutter

② CNC:

Stichtmesser, angeführte Zerschnitter
Las- / Plasmastrahl
Wasserstrahl
Ultraschall

③ Genauigkeit, Reproduzierbarkeit

③ Stanzern

◦ CNC mit Stichtmesser:

- ~ Hochgeschwindigkeit:
 - ≤ 100 mm
 - große Losgrößen
 - Abfall als Kiste
- ~ Mittelschwindigkeit:
 - bis 40 mm
- ~ Niedriggeschwindigkeit:
 - Einzelteile - 10mm
 - Prototypenfertigung

✂ 45 m/min
 📍 60 m/min

Stapelhöhe immer MATERIALABHÄNGIG



↳ MEHRLAGIG:

Vollraum, Vollraumfolie; Bortengeld; zirkulärer Schnitt kompensiert Durchbiegen des Messers; Welle / Sägezahn

↳ EINLAGIG:

⊗ Vollraum, ⊗ Bortengeld; Flach mit Flachschneidung; CF/GF/KF $\Rightarrow$ osillierende Messer für min & Schweißnähte; MULTHEAD

↳ ULTRASCHALLMESSER

20.000 kHz/s; > 18 kHz; 0,06 mm Hst; $\vec{v} \leq 3$ m/s; eng & Verschleißempfindlich & Werkstoffe
Kohlenstoff; Prepreg's & Gewebe

↳ WASSERSTRAHL

germ. geschlossene Linie / Kantenkontur, hohe Genauigkeit, gut für: schwierige Materialien; (X) Verfestigungstechniken

↳ LASER PLASMA ULTRASCHALL HEIZDRAHT

Unengenauigkeit; thermoplast $\rightarrow$ X Ausfransen, AL, & Abzug $\oplus$ nicht thermisch verformbar, Tisch

↳ eher weniger populär

▷ Handkloppstechnik:

AUFGABEN

- ... der Stoffballen
- ... des Zuschnittes
- ... Zuführung / Entnahme zur Eigenkontrolle
- ... Zuführung zur Unformkontrolle
- ... Zuführung zur Unkantenkontrolle
- ... Abgabe fertiger Reform

Physikalische PRINZIPIEN

• Nadelgreifer (Formschluss):

- schwer zu schneidende Materialien
- Abblasfunktion
- werkzeuggesteuerte Bewegung
- Anpassung Nadelformigkeit
- Verfestigungstechniken (vorhergehende Holzzeuge)

• Sauggreifer (Kraftschluss):

- anpassungsfähiges Dichting
- gleichmäßige Vakuumverteilung
- Temp. Beständigkeit
- Organische / dichte Präzisions

• Robotersysteme:

- Zusammenstellung aus Standardgreiferteilen
- selektive Aktivierung von Greifern
- Integration in Prozesskette



- Probleme

- Haftung an Schnittkanten
- Haftung jeder einzelnen Lage aneinander
- Filamentverdrängung durch Greifbewegung
- Metabolische Prozesse
- Ablagepositionen
- Q&D: Ungeacht, Ecken
- Automatisierung schwer

↳ Sensoren zur Erfassung der
Steuerungsgänge für ggf. Wellenlängen
Messung, Notwendigkeit Parameter



Fügen textiler Materialien:

NÄHEN

- Nähen & tangierende Begriffe EU-DIN-genormt
- Nähmaschine & Nadel & Nähfaden
- Zwangsläufige Perforation des Nähgutes $\rightarrow$ ideale Stichdichte

ooo { "Vorgang, bei dem ein o. mehrere Nähfäden unter Einwirkung bestimmter Gesetzmäßigkeiten durch das Nähgut geführt wird/werden." } ooo.

Nähstichtypen & Klassen:

(A) Verketting: mit sich selbst oder zweitem Faden "unzerbrechlich" möglich

(B) Verschlingung: Prinzipiellste Unterbrechung nach Versuch des größten Unterfadenwinkels

KLASSEN:

100	Einfachkettenstiche
200	Einfachsteppstiche
300	Doppelsteppstiche
400	Doppelkettenstiche
500	Überwendlingskettenstiche
600	Überkreuzkettenstiche

VARIANTEN

• Kappstichnähte	
• Einfassnähte	
• Samstiche	
• Vordrucknähte	
• Paspelstichnähte	

Nähprozessparameter / Nähmaschinennadeln:

1	STICHZAHL	# Stiche / ZE
2	STICHLÄNGE	H von zwei Stichen
3	NÄHGESCHWINDIGKEIT	Nähstichgeschwindigkeit (1-2)
4	STICHDICHTE	Stiche / LE
5	NÄHFADENZUGKRAFT	$\approx$ Nähfadenzugkraft
6	FADENBREMSSEINSTELLUNG	beeinflusst Nähfadenzugkraft
7	NÄHNADELGEOMETRIE	Nadelstich; Nadelstich; Spitze; Schaft- & L-gestaltung
8	NADEL-OF-VEREDELUNG	mit [Reibung] $\rightarrow$ Nickel, Chrom, Teflon

Nähmaschine (meist) an Arbeitskraft geknüpft:

- ... übernimmt ...
- ... man. Zuführung / Positionierung
- ... man. Führung / Haltort
- ... man. Abgabe
- ... alle Kontrollaufgaben

HANDHABUNGSAUTOMATION



DREHZAHLERHÖHUNG

BRUNNEN 15-30% Maschinenzeit
70-85% Hilfszeiten

Entwicklungstendenzen:

- Mehrmotorenantriebe
- Organische Vernetzung
- Handhabungsanpassung
- Robotertechnik

Schweißen:

- vor > 65% thermoplast. Fasern
- kein Zusatz von Füllmaterial
- lokale Erwärmung > T_{sch} ... andere Struktur
- in Naht: textiles Verhalten ⊗

VARIANTEN

$\left\{ \begin{array}{l} K \text{ aktiviert} \\ T \text{ akt.} \end{array} \right\}$

- | | | |
|---|------|--------------------------------|
| a) Heiße Medien (Heißluft, Heißöl) | K | p, $\dot{v}$, T, F(T) |
| b) Mech. Schwingungsenergie (US) | T, K | p, $\dot{v}$, Freq., Ampli. |
| c) Electr. Wechselfelder (HF-Schweißen) | T | p, ϵ , P, Wellenlänge |
| d) Lichtenergie (Lasersstrahl) | T, K | p, $\dot{v}$, Laser-Energie |

Chem. Voraussetzungen Material:

- HF: genügend polare Moleküle & unpolare Restgruppen
 Laser: Absorption Licht & Umwandlung Wärme

PROZESSABLAUF

① **Erwärmung** $\Rightarrow$ ⊕ Molekülbeweglichkeit; bis Schweiß-T.

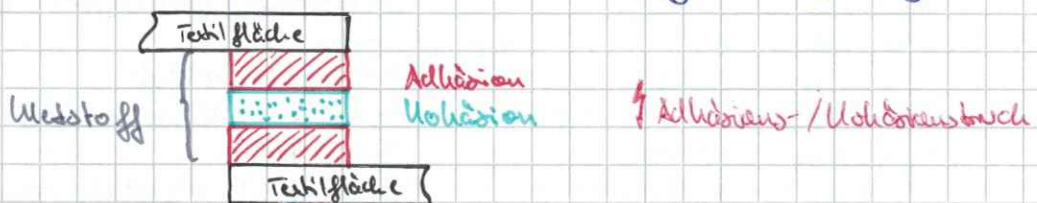
$\hookrightarrow$ Verbindung bei $P^{\min}$; $\leq$ Erweichungs-T.

$\hookrightarrow$ Schweißbarkeit: $\frac{\text{Erweichungs-T.}}{\text{Schmelz-T.}} > 1$

② **Abkühlen unter Glaspunkt**

Medien:

- Linienförmige Medien für Medstoff mit spez. Vordruckeigenschaften (z.B. flüssig). Bis Abkühlung $\Rightarrow$ Durchfixierung!



- Flächenförmige Medverbinder verbinden geschichtete Zuschnittteile aus (meist) versch. text. Strukturen. Haftung vollflächig / gitterartig

Chem. ⊕ Rauheit ⊕ dezentrale OF

Chem. Medeschicht muss Rauheit ausgleichen

Chem. Fügeleiste ≠ Beistrang

Chem. Zug-/Schubbeanspruchung ⊗ **Schälbeanspruchung / Linienkraft** ⚡

> Klebstoffe:

{ NICHTMETALLISCHE WST, DIE FÜGETEILE DURCH FLÄCHENHAFTUNG (ADHÄSION) UND INNERE FESTIGKEIT (KOHÄSION) VERBINDEN KÖNNEN. }

↳ Lösungsmittelhaltige; Dispersions; Schmelz; Bi-Komponenten

! In textiles Umgebungen fehlen häufig geeignete Verfahren/Techniken

> Adhäsive Fertigungsverfahren:

• Generativ; schichtbasiert; ohne sonstig-
adäquate WZ

↳ Designfreiheit, Leichtbaupotential, Teileintegration, (...)

↳ PLA auf Gestrück: Adhäsion; FDM auf gedrucktem Gestrück: Schallabsorption

↳ "Discrete Fertigung" von Klebstoffstücken

VERFAHREN ZUR OF-FUNKTIONALISIERUNG

I NASSCHEMISCHE VORBEHANDLUNG

- z.B. PET-Fasern in Alkalibehandlung. Steuerung per Konzentration, Temperatur & Zeit so, dass Material- & Festigkeitsverluste gering.
 - $\Rightarrow \oplus$ OF-Energie; $\oplus$ Unklarheiten $\Rightarrow$ OF-Randigkeit
 - $\Rightarrow$ Bessere WW-Eigenschaften $\Rightarrow$ z.B. Beschichtung mit SiO_2
- z.B. enzymatische Behandlung aliphatischer Polyamide
 - $\Rightarrow \oplus$ 50% OF-Energie
- z.B. Polypropylen mit NH_2 zur Einführung diverser funktioneller Gruppen
 - $+100^\circ\text{C}$

II CORONA-/PLASMA-VORBEHANDLUNG

! Abschaltzeffekte

- auf Basis **Electric Barrier Discharge** $\Rightarrow$ kaltes Plasma (bei Atmosphärendruck)
- Aktivierung inerten polymeren Material-OF ($\oplus$ OF-Energie)
- Koronaeffekt: Reaktion mit $\text{O}_2 \Rightarrow$ Endowpolares Gruppen
- Einweichen von Gasen: Basiseffekt: z.B. Hydrophilie (C-OH), Funktionalisieren (NH_2)
- Unvermeidbarer Ausgleich der funkt. Gruppen ins Innere durch Kettenumspaltung:

III GASPHASENBEHANDLUNG MIT FLUOR/LUFT GEMISCH

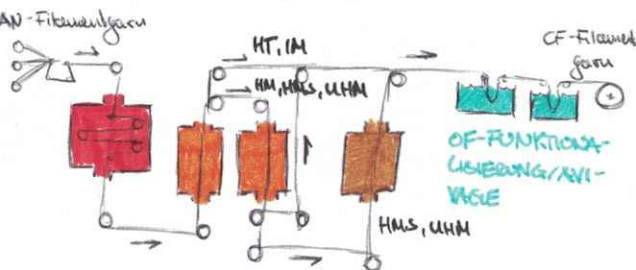
- Es führen der Gasgemische: $\Rightarrow$ keine Abschaltung, hohe Diffusionsgeschwindigkeit
- Abtönung Gemisch auf Material $\Rightarrow$ Vorwiegend von Schmelzigen Fasern
- $\Rightarrow$ OXYFLUORIERUNG (F_2/O_2) ... Aktivierung, Hydrophilie, Funktionalisierung
- PARTIELLE FLUORIERUNG ... Endow Dipole
- FLUORIERUNG ... Passivierung, Hydrophobie

ZIELE

- Vorbereitung auf Nachstrahlung, Beschichtung, Einbau in Verbundwerkstoffen

- Antimikrobielle Eigenschaften
- Hydrophilie/Phobie
- Gelb. Leitfähigkeit

CF-ZIEHANLAGE



- 1. Stufe: OXIDATION
- 2. Stufe: CARBONISIERUNG
- 3. Stufe: GRAPHITIERUNG

VERKETTUNG

- Vorteile des Fäden von (theoretisch) unendlich langen Spulen $\Rightarrow$ prinzipbedingte Unterbrechung.
- $\Rightarrow$ automatisiertes Nähen!

VERSCHLINGUNG

- Verbindung von Nadel- & Unterfaden führt zu einer prinzipbedingten Nahtunterbrechung durch den begrenzten Unterfadenvorrat...

EINFACH: Vor Nadeln