

Verfahrenstechnische Simulation zur Projektierung von Gesamtanlagen für die Nadelvliesproduktion

Nadelvliesstechnologie:

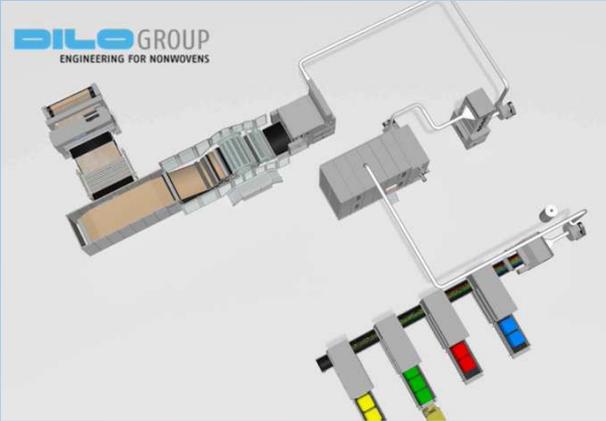
- Wichtigstes Vliesbildungs- und -verfestigungsverfahren für **Stapelfasern**
- **Produktionsanteil** > 50 %
- Jährliches **Wachstum** ca. 7 %
- Hohe **Variabilität** der Endprodukte
- **Anpassung** Gebrauchseigenschaften an **Anwendungszwecke**
- Verschiedenste **Fasermaterialien** und -eigenschaften
- Nadelvliesanlage: Fülle von **Einstellparametern**
- Gesamtheit der **Faser- und Einstellparameter** definiert **Endprodukteigenschaften**



Nadelvliesanlage bei Groz-Beckert KG

Einleitung DILO GROUP
ENGINEERING FOR NONWOVENS

Nadelvlies-Gesamtanlage



Anlagenkomponenten:

1. Ballenöffner
2. Mischkammer
3. Krempel
4. Leger
5. Nadelmaschine

DILO GROUP
ENGINEERING FOR NONWOVENS
J. P. Dilo
3

Einleitung DILO GROUP
ENGINEERING FOR NONWOVENS

Nadelvliesstoffe: Faserarten und -parameter

Faserarten: Naturfasern: Flachs, Hanf, Kenaf, Jute
Organische Kunstfasern: PP, PES, PA, PAN, CV
Mineralfasern: Glas, Basalt, Keramik
Metallfasern

Faserfeinheiten: 1 - mehrere Hundert dtex

Stapellängen: ca. 15 - 150 mm

Flächenmassen: 30 - 3.000 g/m²

Ergebnis: Kontinuierlicher Parameterraum → unzählige Kombinationen

Fülle von **Qualitätsmerkmalen** des Endprodukts: m_A , F_H , ϵ , s , ρ , \dot{D}
Hohe **Produktionsleistung** (kg/h) 1 - 2 to/h
Geringe **Kosten/kg**
Technologie war unterschätzt, bei DILO ungeteilte Aufmerksamkeit

DILO GROUP
ENGINEERING FOR NONWOVENS
J. P. Dilo
4

Einleitung

BILO GROUP
ENGINEERING FOR NONWOVENS

Nadelvliesstoffe: Produktvielfalt

BILO GROUP
ENGINEERING FOR NONWOVENS

J. P. Dilo

5

Thema:

BILO GROUP
ENGINEERING FOR NONWOVENS

„Verfahrenstechnische Simulation zur Projektierung von Gesamtanlagen“

Begriffsdefinitionen: Verfahrenstechnik, Simulation, Projektierung

1. **„Verfahren“** ist „Nadelvliesstechnologie“
 - **Eingangsgrößen: Materialeigenschaften**
 - **Übertragungsverhalten:** Funktion der Anlage
 - **Zielgrößen:**
 1. Technisch/physikalisch: **Produkteigenschaften**
 2. Technisch/wirtschaftlich: **Produktivität**
2. **„Simulation“ (Nachahmung):**
Ähnliches Verhalten von Modell und realem System
(Betriebsdaten der realen Großanlage charakterisieren das sog. Übertragungsverhalten durch die Funktionen)
3. **„Projektierung“:** Vom Konzeptentwurf bis zur endgültigen Anlagenkonfiguration (Engineering)

BILO GROUP
ENGINEERING FOR NONWOVENS

J. P. Dilo

6

DILO GROUP
ENGINEERING FOR NONWOVENS

Ausgangspunkt des Anwenders

Anlageninvestition: Ziele

Stapelfaserflocken ergeben ebenes **Flächengebilde** = **Endprodukt**, geeignet für Anforderungen des **Marktsegmentes**
 Beginn: Wahl **Fasermaterial** (Eingangsgrößen): Feinheit, Stapellänge, Kräuselung, Oberflächenmerkmale, Kosten/kg Faser

1. Technisch-**physikalische Ziele: Produkteigenschaften** (Breite, Dicke, Flächenmasse, Festigkeit, Dehnung, Gleichmäßigkeit der Flächenmasse des Vlieses, Oberfläche, Farbe, Durchlässigkeit: Gase und Flüssigkeiten)
2. Technisch-**wirtschaftliche Ziele: Produktivität!**
Durchsatzleistung (kg/h), Effizienz (Wirkungsgrad, Verfügbarkeit), Kosten/kg Endprodukt
3. **Erlöse?** f (Qualität, Marktsegment, Preise, Mengen)

DILO GROUP
ENGINEERING FOR NONWOVENS

J. P. Dilo

7

DILO GROUP
ENGINEERING FOR NONWOVENS

Generalunternehmerschaft für schlüsselfertige Gesamtanlagen

Aufgaben der Anlagenprojektierung (1): Übersicht

Ausgangspunkt: **Pflichtenheft** des Kunden (Anforderungslisten für **Technik**, **Qualität** des Endprodukts und **Wirtschaftlichkeit**)

1. **Qualität des Endprodukts** (u. a. abhängig von Durchsatzleistung), hauptsächlich geprägt durch **Homogenität**, besonders hinsichtlich Fasermassenverteilung
Qualitätsparameter: Festigkeit, Dicke und Durchlässigkeit, alle abhängig von Flächenmasse, deshalb:
 Hohe **Gleichmäßigkeit** der Fasermassenverteilung ist **größter Qualitätsbeitrag**
2. **Wirtschaftlichkeit der Investition** (u. a. abhängig von Produktivität, Produktqualität, Produktpreis)
Produktivität: $P = \dot{m} \left(\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right) \cdot \eta$ η Wirkungsgrad
„Wirtschaftlichkeit“: $W = P \left(\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right) \cdot E \left(\frac{\text{€}}{\text{kg}} \right) \cdot t \text{ (h)} - K$; E Erlöse, K Kosten

DILO GROUP
ENGINEERING FOR NONWOVENS

J. P. Dilo

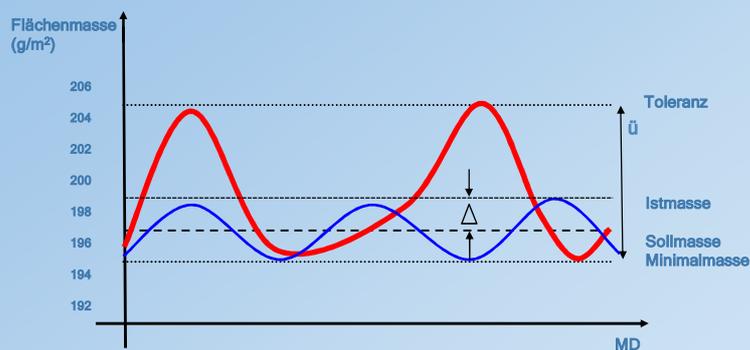
8

Aufgaben der Anlagenprojektierung (2): Wirtschaftlichkeit

- **Gesamtwirkungsgrad** im Mensch-Maschine-System abhängig auch von Wartung, Instandhaltung, Reinigung
- Gesamtwirkungsgrad Anlage = Multiplikation der **Einzelwirkungsgrade**
- **Kostenfokus:**
 1. **Faserverbrauch** = größter Kostenfaktor!
geringe Fasermassenstreuung senkt Faserverbrauch!
 2. **Energieverbrauch**
(Lufttechnik = Hauptverbraucher (Bedeutung des AirSystems Engineering Temafa!))

Aufgaben der Anlagenprojektierung (2): Wirtschaftlichkeit, Qualität

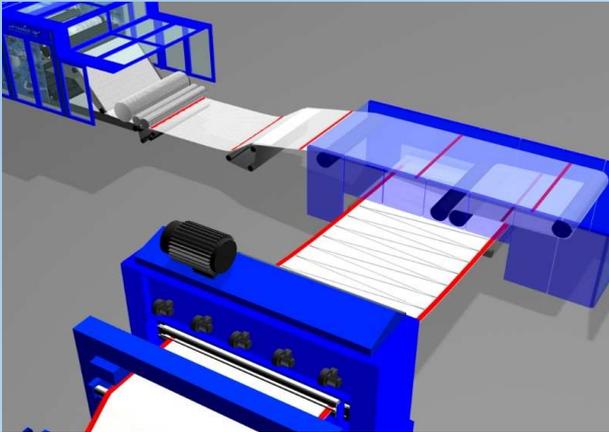
Ziel: Senkung Faserverbrauch, hohe Gleichmäßigkeit



- **Minimale Flächenmassenwerte** erfüllen noch **Qualitätsanforderungen**, z. B. Festigkeit. Erlös = f (Qualität)
- Alle oberhalb des Minimums liegenden Massenanteile sind **überflüssig**. (Kosten!)

Generalunternehmenschaft für schlüsselfertige Gesamtanlagen **DILO GROUP**
ENGINEERING FOR NONWOVENS

**Technologische Lösung: Senkung Faserverbrauch
CV1-System zur Reduktion der Fasermassenstreuung durch
Querprofilausgleich**



DILO GROUP
ENGINEERING FOR NONWOVENS

J. P. Dilo

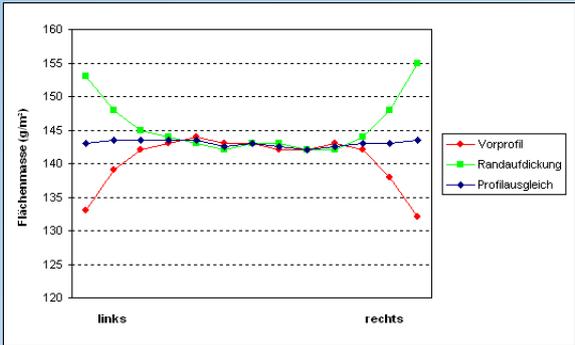
11

Generalunternehmenschaft für schlüsselfertige Gesamtanlagen **DILO GROUP**
ENGINEERING FOR NONWOVENS

Ergebnis: Querprofilausgleich der Vliesmasse

**Qualität:
Gleichmäßigkeit
der Masseverteilung
durch Querprofilausgleich**

**Folge: Homogenität vieler
physikalischer Parameter in
der Vliesfläche: $m_A, s, F_H, \epsilon, \dot{D}$**



Position	Vorprofil (g/m²)	Randaufdickung (g/m²)	Profilausgleich (g/m²)
links	~132	~155	~143
links (inner)	~140	~145	~143
links (center)	~143	~143	~143
links (right)	~143	~143	~143
rechts (left)	~143	~143	~143
rechts (center)	~143	~143	~143
rechts (right)	~138	~145	~143
rechts	~132	~155	~143

DILO GROUP
ENGINEERING FOR NONWOVENS

J. P. Dilo

12

Simulationen zur Prognose und Projektierung

Ziel der Simulation: Kunde erwartet Prognose des realen künftigen Anlagenverhalten, Anlagenlieferant braucht Hilfsmittel zur optimalen Projektierung

- **Kunde** fordert üblicherweise Zusagen zu CV-Wert (Qualität) und Durchsatz (Wirtschaftlichkeit)
- **Betriebsverhalten** einer realen Gesamtanlage beschrieben durch Betriebsdaten wie $\mathbf{b, \dot{m}, v, z, E_d}$ (= Übertragungsfunktion)
- Basis: Eingangsgrößen des **Fasermaterials**
Ausgangsgrößen: **Produktqualität** und **Durchsatzleistung**

Simulationsmethoden: Berechnung und Versuch

Simulation durch Berechnung **kostengünstiger** als Versuch mit realer Installation einer Produktionsanlage oder Modellanlage

- **Berechnung** durch „Produktionskalkulation“
Aber: Simulation durch Berechnung sehr komplex, **keine** geschlossene Lösung über **eine** Berechnungsformel für **alle** funktionellen Beziehungen.
Deshalb nur einzelne **Berechnungsmodule (Formeln)** für einige Zielparame

Theorie

1. Simulation durch Berechnung der Betriebsparameter

Formeln zur Produktionskalkulation

$$\text{min. Flächenmasse des Flores } \left(\frac{\text{g}}{\text{m}^2}\right) = 5 \cdot \sqrt{\text{Fasertiter}}$$

$$\text{max. Flormasse} = 3 \cdot \text{min. Flormasse}$$

$$\text{Florlagenanzahl } z = \frac{v_1 \cdot b_F}{v_2 \cdot b_V}$$

$$\text{Legewinkel } \tan \alpha = \frac{v_2}{v_1} = \frac{b_F}{b_V \cdot z}$$

$$\text{Vliesmasse } m_V = z \cdot m_F$$

$$\text{Vliesbreite } b_i = b_{i-1} \cdot q_i$$

q Quereinsprunghfaktor

$$\text{Flächenänderung } \Delta A = \frac{A_2 - A_1}{A_1} \cdot 100$$

$$\text{Endflächenmasse } m_2 = m_1 \left(\frac{100}{100 + \Delta A}\right),$$

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{A_1}{A_2}; A_2 = l_1 \cdot S_1 \cdot b_1 \cdot q_1$$

$$\text{Geschwindigkeit Vlies } v_i = v_{i-1} \cdot S_i$$

$$\text{Einstichdichte } E_{Di} = \frac{n_i \cdot N_{Di}}{v_i}$$

S_i Verzugsfaktor

Produktionskalkulation Betriebsdaten

1. Simulation durch Berechnung (1)

Basis: Produktionskalkulation der Betriebsdaten

Ergebnis: Projektierungskonzept

Grundlage: Faserparameter, eigener Datenbanken, Erfahrung und Berechnung:

- **Faserfeinheit** bestimmt die **Florflächenmasse** (+ Datenbankabgleich)
- Festlegung der **Arbeitsbreiten** (Endproduktbreite) auf Basis der Fertigwarenbreite und der Quereinsprünge bis Schneide- und Wickeleinrichtung
- **Durchlaufgeschwindigkeiten:** $f(z, v_F, b_F, b_V, S)$

Product weight:		150 g/m ²		4.4 oz/yd ²			
Fibre blend:		50% PP	5.3 dtex	50% PP	6.8 dtex	average count:	6.77 dtex
			6.7 dtex			min. web weight:	25 g/m ²
						max. web weight:	74 g/m ²

Feeder	Card	Web	CV1	Crostapper	
FS + RS MEZ	MC 3-5 PP	61 g/m ² 107 m/min 3.35 m	12%	DLSC [®] 35/60	
Weight		54 g/m ²		max. 155 m/min Floreinlauf **	
Speed		120 m/min		6.00 m laying width	
Width		3.35 m		Ø single layers	

Lap drafter	Compressive batt feeder	Pre needle loom	Web drafter	Finish needle loom	Winder
VST-F9 60	CSP 60	OD-F 51 60	W4-55	LD-II SXBG 55	SW 55
74% draft	15% draft	14334 needles / meter ww	30% draft	16000 needles / meter ww	
speed ratio: 1.74		25 mm advance / stroke	3.5% shrinkage	17 mm advance / stroke	
		62 stitches per cm ²	Ø% shrinkage	94 stitches per cm ²	
		25% draft		Ø% draft	
		Ø% shrinkage		Ø% shrinkage	
		911 strokes / min		1780 strokes / min	
		197 g/m ²		150 g/m ²	
		20.9 m/min		30.3 m/min	
		5.27 m		4.76 m	
				1303 kph	

Sum of stitch densities:	156 / cm ²
total draft:	261 %

J. P. Dilo

15

Produktionskalkulation Betriebsdaten

1. Simulation durch Berechnung (2)

Basis: Produktionskalkulation der Betriebsdaten

- **Gesamt-Massendurchsatz (kg/h):**
Mittlere Floreinlaufgeschwindigkeit x Netto-Florbreite x Flormasse
- **Vliesflächenmasse :**
Florlagenzahl x Flächenmasse der Florlage
- **Dimensionsänderungen:**
Quereinsprung verringert **Breite**, Quereinsprung und Längsverzug verändern **Flächenmasse** des Endprodukts
Längsverzug erhöht Produktionslaufgeschwindigkeit

Product weight:		150 g/m ²		4.4 oz/yd ²			
Fibre blend:		50% PP	5.3 dtex	50% PP	6.8 dtex	average count:	6.77 dtex
			6.7 dtex			min. web weight:	25 g/m ²
						max. web weight:	74 g/m ²

Feeder	Card	Web	CV1	Crostapper	
FS + RS MEZ	MC 3-5 PP	61 g/m ² 107 m/min 3.35 m	12%	DLSC [®] 35/60	
Weight		54 g/m ²		max. 155 m/min Floreinlauf **	
Speed		120 m/min		6.00 m laying width	
Width		3.35 m		Ø single layers	

Lap drafter	Compressive batt feeder	Pre needle loom	Web drafter	Finish needle loom	Winder
VST-F9 60	CSP 60	OD-F 51 60	W4-55	LD-II SXBG 55	SW 55
74% draft	15% draft	14334 needles / meter ww	30% draft	16000 needles / meter ww	
speed ratio: 1.74		25 mm advance / stroke	3.5% shrinkage	17 mm advance / stroke	
		62 stitches per cm ²	Ø% shrinkage	94 stitches per cm ²	
		25% draft		Ø% draft	
		Ø% shrinkage		Ø% shrinkage	
		911 strokes / min		1780 strokes / min	
		197 g/m ²		150 g/m ²	
		20.9 m/min		30.3 m/min	
		5.27 m		4.76 m	
				1303 kph	

Sum of stitch densities:	156 / cm ²
total draft:	261 %

J. P. Dilo

16

Produktionskalkulation Betriebsdaten

1. Simulation durch Berechnung (3) Basis: Produktionskalkulation der Betriebsdaten

- Einstichdichte:** Berechnung auf Basis der Durchlaufgeschwindigkeiten, Nadeldichte und Hubfrequenz
- Festigkeitswerte:** Datenbankabgleich, Messung

Kalkulation erfolgt iterativ, bis Flächenmasse und Einstichdichte Sollwerten entsprechen, oder Rückrechnung

Product weight:	199 g/m ²	4.4 oz/yd ²	
Fibre blend:	50% PP	5.5 dwt	average count: 6.77 dwt
	50% PP	8.8 dwt	min. web weight: 25 g/m ²
		6.7 dwt	max. web weight: 74 g/m ²

Feeder	Card	Web	CV1	Crossstapler
FD + RS	MC 3-5 PP	61 g/m ²	12%	DLSC 25 P 60
MEZ		107 m/min		max. 100 m/min Florientauf **
		3.50 m		6.00 m laying width
		389 kg/hr		Ø single layers
Weight				432 g/m ²
Speed				8.4 m/min
Wash				6.00 m
				Lap draper
				VST-F9 60
				74% draft
				speed ratio: 1.74
				6.0% shrinkage
				206 g/m ²
				14.6 m/min
				5.61 m
				Compressive batt feeder
				CSP 60
				10% draft
				Pre needle loom
				ODJ St 60
				14334 needles / meter ww
				22 mm advance / stroke
				62 stitches per cm ²
				25% draft
				Ø% shrinkage
				911 strokes / min
				197 g/m ²
				20.9 m/min
				5.27 m
				Web draper
				WV 4 55
				30% draft
				151 g/m ²
				28.3 m/min
				5.09 m
				Finish needle loom
				LDJ SXBG 55
				16000 needles / meter ww
				17 mm advance / stroke
				84 stitches per cm ²
				7% draft
				Ø% shrinkage
				1700 strokes / min
				190 g/m ²
				30.3 m/min
				4.76 m
				1303 kph
				Winder
				SW 65
				Sum of stitch densities: 196 / cm ²
				total draft: 261 %

J. P. Dilo 17

Produktdaten

1. Simulation durch Berechnung Vliesgleichmäßigkeit (R. Dilo)

Anlagenbetreiber erwartet **Prognose** zur **Vliesgleichmäßigkeit** wegen Einfluss auf **Faserverbrauch** (Kosten) und **Produktqualität** (Erlös)

Vliesgleichmäßigkeit (% CV) stark abhängig von

- Flächenmasse
- Florlagenanzahl
- Dimensionsänderungen
- Florgleichmäßigkeit
- Produktionsgeschwindigkeit

festgelegt durch **Maschineneinstellwerte**

„Mindmap“: Einflussfaktoren der Vliesgleichmäßigkeit

J. P. Dilo 18

Produktdaten DILOGROUP
ENGINEERING FOR NONWOVENS

1. Simulation durch Berechnung mit Regressionsanalyse

Quantitative Ermittlung der Einflussfaktoren der Vliesgleichmäßigkeit (R. Dilo)

- **Experimentelle** Messergebnisse der CV-Werte:
Massenstreuung abhängig von **Faserfeinheit** und **Lagenzahl**, **Lagenzahl** und **Längsverstreckung**
- **Regressionsrechnung:** Regressionskoeffizienten für Regressionsgleichung ergibt
- **Prognose CV-Wert**

„Mindmap“: Einflussfaktoren der Vliesgleichmäßigkeit

DILOGROUP ENGINEERING FOR NONWOVENS J. P. Dilo 19

Produktdaten DILOGROUP
ENGINEERING FOR NONWOVENS

1. Simulation durch Berechnung mit Regressionsanalyse

Versuch: „Einfluss der Faserfeinheit“ (R. Dilo)

- **CV:** Streuung der Flächenmasse des Vlieses $CV = \frac{s}{\bar{x}}$ [%]
- **Größere Streuung** durch steigenden **Faserdurchmesser**
- **Geringere Streuung** bei **feineren Fasern** und **größerer Lagenzahl**

DILOGROUP ENGINEERING FOR NONWOVENS J. P. Dilo 20

Produktdaten DILO GROUP
ENGINEERING FOR NONWOVENS

1. Simulation durch Berechnung mit Regressionsanalyse

Versuch: „Einfluss der **Lagenzahl**“ (R. Dilo)

Regressiver Kurvenverlauf:

- **Sinkende Streuung** durch **größere Florlagenanzahl** des Vlieses
- Zusammenhang nach **Martindale** konnte bestätigt werden: $CV_2 \sim \frac{CV_1}{\sqrt{z}}$
 CV_1 : Streuung der Flächenmasse des **Flores**
 CV_2 : Streuung der Flächenmasse des **Vlieses**

DILO GROUP
ENGINEERING FOR NONWOVENS J. P. Dilo 21

Strecktechnologien DILO GROUP
ENGINEERING FOR NONWOVENS

Vliesstrecke VST zur Leistungssteigerung

Streckwerk VE zur Qualitätsveränderung

Einfluss der Dimensionsänderungen

Querschnitt Vliesstrecke **VST** zur **Flächenmassenreduktion** vor der Vorvernadelung zur Steigerung des Durchsatzes (kg/h)

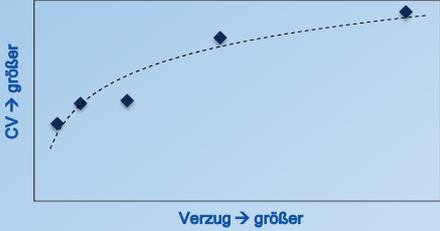
Querschnitt Streckwerk **VE** zur **Faserorientierung** MD : CD = 1 nach der Vorvernadelung zur Erhöhung der Längsfestigkeit

DILO GROUP
ENGINEERING FOR NONWOVENS J. P. Dilo 22

Produktdaten DILO GROUP
ENGINEERING FOR NONWOVENS

1. Simulation durch Berechnung mit Regressionsanalyse
Versuch: „Einfluss des Verzugs in der VST-Vliesstrecke“ (R. Dilo)

Degressiver Kurvenverlauf:



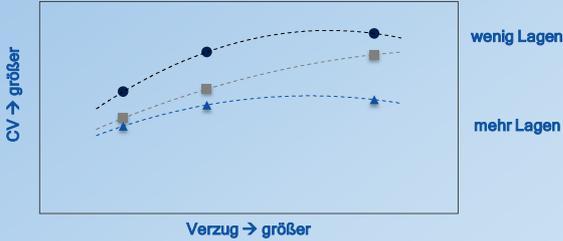
- **Zunahme der Streuung** bei steigendem **Verzug** S der Vliesstrecke für alle Lagenzahlen
- Verschiebungen der Lagen beim Verstrecken bei höheren Flächenmassen

DILO GROUP ENGINEERING FOR NONWOVENS J. P. Dilo 23

Produktdaten DILO GROUP
ENGINEERING FOR NONWOVENS

1. Simulation durch Berechnung mit Regressionsanalyse
Versuch: „Einfluss des Verzugs im VE-Streckwerk“ (R. Dilo)

Degressiver Kurvenverlauf:



- Degressive **Zunahme** der **Streuung** bei steigendem **Verzug**
- Höherer Anstieg des CV-Wertes bei wenigen Florlagen

DILO GROUP ENGINEERING FOR NONWOVENS J. P. Dilo 24

Produktdaten DILOGROUP
ENGINEERING FOR NONWOVENS

1. Simulation durch Berechnung: Regressionsrechnung
Vorhersage des Variationskoeffizienten (R. Dilo)

Zielgröße:
 $y = \text{CV-Wert}$

Einflussgrößen x_i :
 Lagenzahl z
 Verzug V_{VST}
 Faserfeinheit T_t

Parameter:
 a_0 bis $a_{3,3}$

Multiple, nichtlineare
Regressionsanalyse

	Formelzeichen	Parameter	Regressionskoeffizient
Konstante:		a_0	+4,567
Lineare Terme:			
Lagenzahl	z	a_1	...
Verzug Vliesstrecke	V_{VST}	a_2	...
Faserfeinheit	T_t	a_3	...
Wechselwirkungsterme:			
Lagenzahl x Verzug VST	$z \cdot V_{VST}$	$a_{1,2}$...
Lagenzahl x Faserfeinheit	$z \cdot T_t$	$a_{1,3}$...
Faserfeinheit x Verzug	$T_t \cdot V_{VST}$	$a_{2,3}$...
Quadratische Terme:			
Lagenzahl ²	z^2	$a_{1,1}$...
Verzug VST ²	V_{VST}^2	$a_{2,2}$...
Faserfeinheit ²	T_t^2	$a_{3,3}$

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_{1,1}x_1^2 + a_{1,2}x_1x_2 + a_{1,3}x_1x_3 + a_2x_2 + a_{2,2}x_2^2 + a_{2,3}x_2x_3 + a_3x_3 + a_{3,3}x_3^2$$

DILOGROUP ENGINEERING FOR NONWOVENS J. P. Dilo 25

Produktdaten DILOGROUP
ENGINEERING FOR NONWOVENS

1. Simulation durch Berechnung: Regressionsrechnung
Prognosequalität des CV-Wertes: Vorvernadelung (R. Dilo)

Rechnerische **Prognose** für CV-Wert zum Ersatz teurer Versuche
 Abweichung **Beobachtung / Prognose**: < 6 %

DILOGROUP ENGINEERING FOR NONWOVENS J. P. Dilo 26

DILO-Software-Module

DILO GROUP
ENGINEERING FOR NONWOVENS

1. Simulation durch Berechnung der Produktdaten: Oberflächenqualität „Einstichbilder“

Seit Anfang der 80er Jahre Berechnung der **Einstichbilder** durch DILO „**CORA-Software**“
CORA = Computer Controlled Random (Needle) Arrangement

Parameter:

- Vorschub/Hub
- Nadelanordnung
- Dimensionsänderungen



DILO GROUP
ENGINEERING FOR NONWOVENS

J. P. Dilo

27

DILO-Software-Module

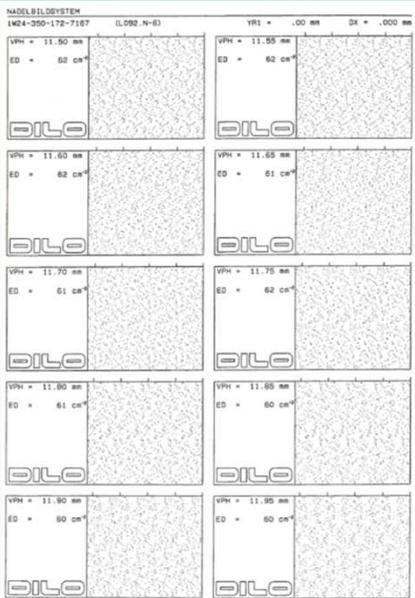
DILO GROUP
ENGINEERING FOR NONWOVENS

1. Simulation durch Berechnung der Produktdaten: Oberflächenqualität „Einstichbilder“

Homogenität:
Überprüfung der Einstichverteilung

Längs-, Diagonal-, Querstreifen oder Vorschub-**„Bilderungen“** vermeidbar durch Parameteränderungen

„**sweet spots**“ bevorzugt:
Vorschübe mit homogener Einstichverteilung



DILO GROUP
ENGINEERING FOR NONWOVENS

J. P. Dilo

28

DILO-Software-Module DILOGROUP
ENGINEERING FOR NONWOVENS

1. Simulation durch Berechnung der Produktdaten: Oberflächenqualität

Beispiel: Gleichmäßiges „Iso Einstichbild“

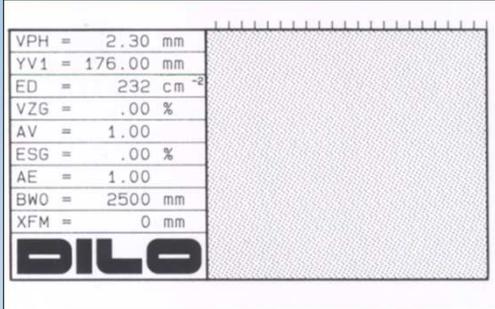
Gleichmäßige Einstichverteilung
für

- bessere **Optik**
- **Abriebfestigkeit**
- **Festigkeit** und Dehnung

durch **Optimierung** von

- Nadelanordnung
- Vorschub/Hub

VPH =	2.30 mm
YV1 =	176.00 mm
ED =	232 cm ⁻²
VZG =	.00 %
AV =	1.00
ESG =	.00 %
AE =	1.00
BW0 =	2500 mm
XFM =	0 mm



DILOGROUP
ENGINEERING FOR NONWOVENS

J. P. Dilo 29

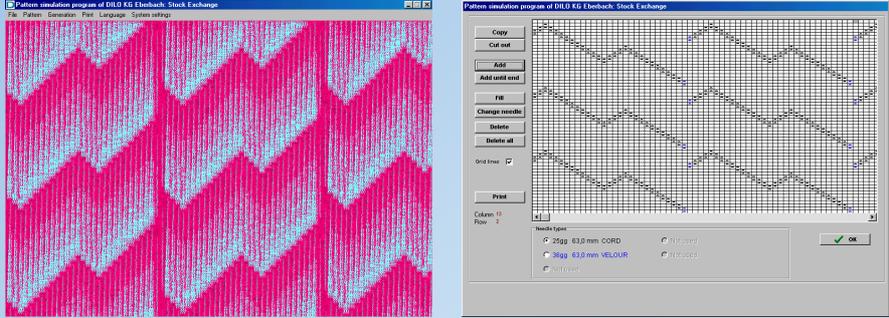
DILO-Software-Module DILOGROUP
ENGINEERING FOR NONWOVENS

1. Simulation durch Berechnung der Produktdaten: Oberflächenqualität

DILO „DI-SIGN“ Software

zur **Farb- und Musterungssimulation** strukturierter Nadelvliesstoffe
(Bodenbelag, Autoware)

Farbkennwerte abzugleichen über tatsächlich gemessene Werte



DILOGROUP
ENGINEERING FOR NONWOVENS

J. P. Dilo 30

Modellanlage DILO GROUP
ENGINEERING FOR NONWOVENS

2. Simulation durch Versuch (1)
Messungen am Vliesstoffmuster

Ausgangssituation:
Keine geschlossene Gesamtlösung (Formel) für rechnerische Simulation, z. B. keine Berechnungsformel für Festigkeit

- Rechnerische Simulationsvarianten brauchen **Überprüfung** und ggfs. **Korrektur** durch Messwerte von Vliesstoffmustern

Fazit: Zuverlässigste Ermittlung der **Zielparameter** am Vliesstoffmuster
Übertragbarkeit abhängig vom **Maßstab** Modellanlage : realer Anlage

Nachteil: **hohe Kosten**, deshalb zunächst rechnerische Simulation der **Konzeptvarianten** der **Projektierung**, danach **Auswahl** und **Test** einer Variante auf Technikums- oder Laboranlage

DILO GROUP ENGINEERING FOR NONWOVENS J. P. Dilo 31

Modellanlage DILO GROUP
ENGINEERING FOR NONWOVENS

2. Simulation durch Versuch (3)
Messungen am Vliesstoffmuster

Laboranlage 0,6 x 0,6 m: zur **F+E und Simulation**, Versuchskosten!
 Test nur für berechnete, ausgewählte Projektierungsvariante. **Übertragbarkeit?**
Maßstab: ca. 1 : 25



DILO GROUP ENGINEERING FOR NONWOVENS J. P. Dilo 32

Modellanlage

DILO GROUP
ENGINEERING FOR NONWOVENS

2. Simulation durch Versuch (4) Messungen am Vliesstoffmuster

Kompaktanlage 1,1 x 2,2 m: zur F+E, Kleinmengenproduktion und Simulation
Versuchskosten!
Test nur für berechnete, ausgewählte Projektierungsvariante. **Übertragbarkeit?**
Maßstab: ca. 1 : 4



DILO GROUP
ENGINEERING FOR NONWOVENS

J. P. Dilo

33

Modellanlage

DILO GROUP
ENGINEERING FOR NONWOVENS

2. Simulation durch Versuch (5) Messungen am Vliesstoffmuster

Versuchsanlage 2,5 x 3,5 m im DILO Technikum
Höchste **Kosten** bei der Simulation auf einer realen Anlage
Höchste **Zuverlässigkeit**
Maßstab: ca. 1 : 2 bis 1 : 1



DILO GROUP
ENGINEERING FOR NONWOVENS

J. P. Dilo

34

DILO GROUP
ENGINEERING FOR NONWOVENS

Zusammenfassung

Simulation zur Projektierung

Verschiedene **Simulationsmethoden** zur „ähnlichen“ Abbildung des Produktionsprozesses realer Vliesstoffanlagen
Nutzung zur Prognose für die Betriebs- und Produktdaten

1. **Berechnungen**
 - „Produktionskalkulationen“ über Formelzusammenhänge (Parametervariationen) Betriebsdaten
 - Statistische Regressionsgleichungen aus Versuchen
 - Computersimulation: Software-Module

} Produktdaten

2. **Versuche** an Modellanlagen (Laboranlagen und Technikumsanlagen) bei fehlenden Berechnungsmöglichkeiten und zur Überprüfung der Berechnungen anhand von Vliesstoffproben
3. **Erfahrungswissen** und Datenbanken zur Ermittlung des Betriebsverhaltens und der Zielgrößen

Ergebnis:

- Effiziente und optimierte **Anlagenprojektierungen**
- **Vorhersage** des **Betriebsverhaltens** der realen Anlage und der **Qualität** des Endprodukts

DILO GROUP
ENGINEERING FOR NONWOVENS

J. P. Dilo

35

DILO GROUP
ENGINEERING FOR NONWOVENS

Vielen Dank

für Ihre Aufmerksamkeit

DILO GROUP
ENGINEERING FOR NONWOVENS