

KURZVERÖFFENTLICHUNG

Entwicklung einer wissensbasierten Methode zur Bestimmung von fallspezifischen Strick- und Wirkmaschineneinstellungen bei der Maschenherstellung

Autoren:	Dieter Stellmach Dr. Thomas Fischer Konrad Pfeleiderer
Forschungsstelle:	DITF – Zentrum für Management Research
Erschienen:	31.10.2019
Bearbeitungszeitraum:	01.01.2017 – 30.06.2019

Zusammenfassung

Ergebnis des Projektes ist eine wissensbasierte Methodik zur Bestimmung von fallspezifischen Maschineneinstellungen in Strickereien und Wirkereien, für neue und geänderte Artikel und zur Fehlervermeidung auf Basis des Fallbasierten Schließens (kurz: FBS, engl.: Case Based Reasoning, kurz: CBR). Diese selbstlernende Methodik aus dem Feld des Maschinellen Lernens (ML) nutzt und erfordert sowohl Erfahrungswissen des Menschen als auch Daten aus den Informationssystemen und -quellen der Unternehmen. Die Methode ist selbstlernend, aufgrund einer kontinuierlichen, semi-automatischen Ergänzung ihrer Fall(daten)basis.

Mit diesem hybriden, daten- und erfahrungsbasiertem Ansatz soll die häufige, trotz Automatisierung immer noch existierende, zeitaufwändige Trial-and-Error-Vorgehensweise bei der Behebung bzw. Vermeidung von Maschenwarendefekten oder von Anlaufverlusten bei neuen oder geänderten Artikel durch wissensbasierte Korrekturen bzw. Anpassungen des Betriebspunktes von Strick- und Wirkmaschinen abgelöst werden.

Beim Fallbasierten Schließen werden Episoden als Fälle modelliert und gespeichert, mit intelligenten Algorithmen zur Ähnlichkeitsbestimmung zur Lösung von aktuellen Aufgaben ausgewählt und intelligent rekombiniert. Nach Anwendung wird das Ergebnis bewertet und im Sinne eines Lernprozesses zur Fallbasis hinzugefügt.

Im Rahmen des Projektes entstanden davon ausgehend vier unterschiedliche industrielle Anwendungsszenarien, bei denen menschliches Erfahrungswissen mit Erkenntnissen aus Datenanalysen kombiniert und für typische Aufgabenstellungen bei der Maschenwarenentwicklung und -herstellung eingesetzt wurden.

Darauf aufbauend wurden verallgemeinernd ein generisches Fallmodell, Vorgehensweisen zur Datenerfassung und -analyse, eine Basis-Falldatensammlung sowie konfigurierbare

Funktionen für Ähnlichkeiten/Adaptionen von z.B. Garnen bzw. Fasertypen oder Maschenwarekonstruktionen, mit entsprechenden Benutzeroberflächen ausgearbeitet. Zur Konfiguration eines unternehmensindividuellen Fallmodells und zur Modellierung der Ähnlichkeitsfunktionen wurde eine Vorgehensweise entwickelt, mit deren Hilfe vorhandene Unternehmensdaten untersucht, und ggf. Ergänzungsmaßnahmen eingeleitet werden können. Bei den Anwendungsszenarien wurden jeweils konkrete Unternehmensdaten identifiziert, erfasst und bereitgestellt, analysiert, sowie Ähnlichkeits- und Anpassungsalgorithmen entwickelt und erprobt. Dabei wurden auch gezielte Erfassungsmöglichkeiten untersucht und erprobt.

Die erzielten Ergebnisse bei Methodenanwendung zeigen, dass sowohl die Datenqualität (also Vollständigkeit, Genauigkeit, Aktualität und Konsistenz der verfügbaren Daten) als auch die erfasste Datenmenge von hoher Bedeutung sind. Aus dieser Sicht sind die Voranalysen der Daten und die erarbeiteten und erprobten Werkzeuge zur Gewinnung von mehr und besseren Daten elementar für die erfolgreiche Nutzung der Methodik. Ebenso zeigte sich, dass aufgrund der Vielfalt an Maschinen, Produkte, Materialien und Prozessen eine allgemeingültige Softwarekonfiguration nicht möglich ist, sondern immer eine unternehmensindividuelle Konfiguration erforderlich ist.

Damit können Maschineneinstellungen bei der Maschenwareherstellung für aktuelle Artikelentwicklungsaufgaben, Lieferanfragen, Alternativmaschinen bei Produktionskapazitätsänderungen, Materialänderungen u. ä. bei der Kollektionsentwicklung/Produktentwicklung (Produktprogrammplanung), bei Produktionsplanung oder der Produktionsvorbereitung bestimmt werden. Bei der Fehlerbehebung können Laufverhalten, Fehlerart und -häufigkeit, Materialeinsatz und weitere Aspekte strukturiert zusammen mit menschlichem Erfahrungswissen „ausgewertet“, und zur Korrektur der Maschineneinstellungen genutzt werden.

Somit stellt diese Methode einen erheblichen Beitrag zur Steigerung der Flexibilität für kleinere Auftragsmengen, individuellere Produkte, oder zur Musterproduktion, sowie der Prozesssicherheit und der Null-Fehler-Produktion und damit der Qualitätskosten dar. Sie trägt zur Verringerung des Produktentwicklungsaufwandes und des Aufwandes zur Wissenssicherung, bei und steigert damit insgesamt der Wettbewerbsfähigkeit der überwiegend KMU-geprägten Maschenwareindustrie, auch im Kontext von Industrie 4.0.

Ergebnisse

Die Grundidee des Fallbasierten Schließens ist es, aus gezielt ausgewählten ähnlichen früheren Fällen aus einer Fallbasis – ein Fall besteht dabei aus einer zweckgerichteten Beschreibung von Problem und Lösung – ein Lösungsvorschlag für eine aktuelle Aufgabe (also z.B. Vermeidung von Warenfehlern, oder Bestimmung von Maschineneinstellungen bei Neuartikeln) aufzubereiten und von Experten zu adaptieren, nach Anwendung hinsichtlich Wirkung zu bewerten und als neuer Fall zur Fallbasis hinzuzufügen. Dieses Grundprinzip wurde um Schritte zur (erweiterten) Anwendungsbeschreibung, Datenanalyse und

-aufbereitung und zur Konfiguration und Datenaktualisierung ergänzt (vgl. Abbildung 1).
Auch sind weitere Verfahren zur Bestimmung von Verbesserungen einbettbar.

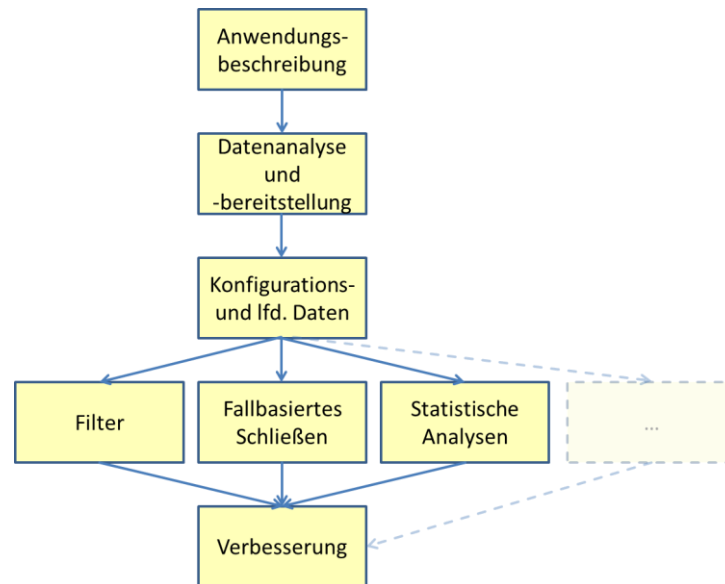


Abbildung 1: Erweiterter Ansatz für wissensbasierte Bestimmung von Maschineneinstellungen

Ein prinzipielles Fallmodell umfasst Daten zu Maschinen, Materialien, Artikeln, Aufträgen, Fehlern und Korrekturmaßnahmen (vgl. Abbildung 2).

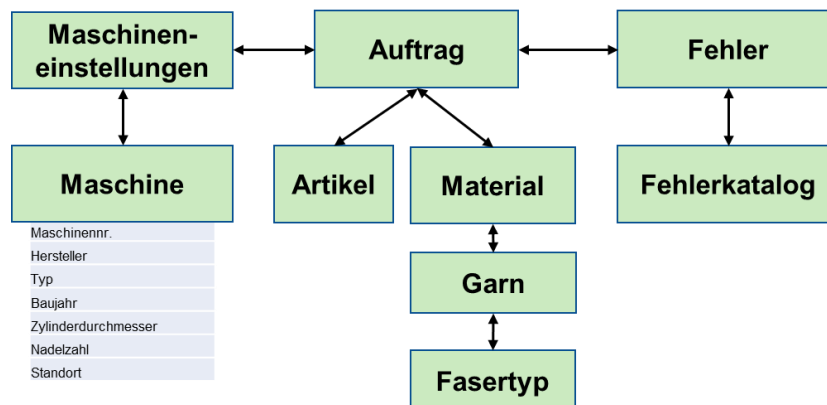


Abbildung 2: Prinzipielles Fallmodell, mit exemplarischen Details bei „Maschine“

Eine generische Fallbasis umfasst Daten in obiger Struktur zu Material, Maschinen, Aufträgen, Fehlern und Artikel. Eine generelle Fallbasis strickindustrieweit ist nicht zielführend. Von daher sind Basisdaten zusammengestellt, die individuell angepasst und aufgebaut werden müssen. Dies gilt insbesondere auch für Ähnlichkeiten, die je nach Anwendung – etwa eher prozessoptimierend oder eher produktbezogen – immer situationsbezogen angepasst werden müssen.

Abbildung 3 zeigt in diesem Zusammenhang u.a., wie Faserarten in Hauptmaterialien zusammengefasst werden. Solche Gruppierungen wurden vorgenommen, um im Hinblick auf die Vielfalt an Materialien eine vereinfachte Berechnung von Ähnlichkeiten zu ermöglichen. So ist in Abbildung 3 auch dargestellt, wie ähnlich sich zwei Hauptmaterialien sind.

Symmetry		<input checked="" type="radio"/> symmetric <input type="radio"/> asymmetric				
	CO	Hilfsmaterial	PA	PES	Viscose	
CO	1.0	0.1	0.1	0.1	0.95	
Hilfsmaterial	0.1	1.0	0.1	0.1	0.1	
PA	0.1	0.1	1.0	0.6	0.1	
PES	0.1	0.1	0.6	1.0	0.1	
Viscose	0.95	0.1	0.1	0.1	1.0	

Abbildung 3: Ausschnitt aus einer beispielhaften Ähnlichkeitsmatrix für Hauptmaterialien

Dieser Ansatz zur Ähnlichkeitsbestimmung – eine elementare Funktion beim FBS – wird auch für Ähnlichkeiten von Maschinen oder Artikeln genutzt. Um damit Ähnlichkeiten bei Materialmischungen zu bestimmen, wurde das in Abbildung 4 und Abbildung 5 dargestellte Prinzip, mit der einer weitgehend parametrisierten Ähnlichkeitsfunktion (vgl. Abbildung 6) umgesetzt. Ausgehend von vom Prinzip nach Villanueva¹ werden dabei identische Materialanteile bei der Ähnlichkeitsberechnung nicht berücksichtigt und die verbleibenden Differenzanteile gewichtet summiert.

$$Distance(y_1, y_2) = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^m \frac{p_{c_{1j}} * p_{c_{2k}}}{rp} * diff(c_{1j}, c_{2k}),$$

where,

$p_{c_{1j}}$: percentage of the component j of the yarn 1

$p_{c_{2k}}$: percentage of the component k of the yarn 2

rp : 1 – common percentage

Abbildung 4: Ähnlichkeitsfunktion für Material¹

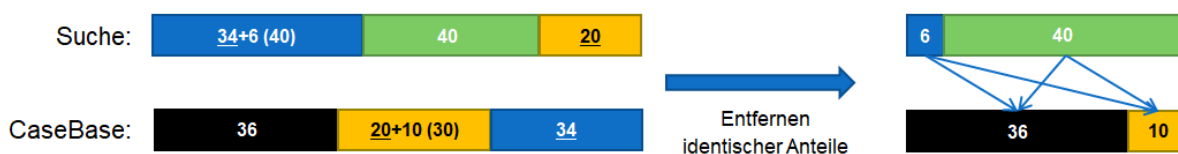


Abbildung 5: Beispielhafte Veranschaulichung der Ähnlichkeitsbestimmung für Material¹

¹ Sevilla-Villanueva B., M. Sánchez-Marrè, und T. Fischer: "Estimation of Machine Settings for Spinning of Yarns – New Algorithms for Comparing Complex Structures" In Case- Based Reasoning Research and Development. Switzerland: Springer, 2014

Bei einer typischen Ähnlichkeitsfunktion können für fünf Abschnitte die Gültigkeitsbereiche konfiguriert werden.

x	y
$x \leq x_1$	0
$x_1 > x > x_2$	$-\frac{1}{(x_1 - x_2)^2} \cdot (x - x_1) \cdot (x - 2x_2 + x_1)$
$x_2 \geq x \geq x_3$	1
$x_3 > x > x_4$	$-\frac{1}{(x_4 - x_3)^2} \cdot (x - x_4) \cdot (x - 2x_3 + x_4)$
$x \geq x_4$	0

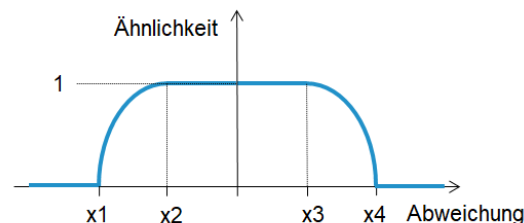


Abbildung 6: Allgemeine Ähnlichkeitsfunktion für numerische Werte

Diese Entwicklungen erfolgten kontinuierlich in enger Zusammenarbeit mit Unternehmen der Maschenindustrie. Dabei zeigte sich nach anfänglichen Untersuchungen und Datenanalysen, dass die zur Verfügung stehenden Daten nicht ausreichen.

Im Rahmen von vier industriellen Fallstudien wurden daher zahlreiche Aspekte zu wissensbasierten Maschineneinstellungen bei der Maschenwarenherstellung aus industrieller Sicht detailliert untersucht, bewertet, und entsprechende Maßnahmen für einzelne Schritte der Methode identifiziert und partiell umgesetzt. In drei Fällen ging es um Fehlerbehebung bzw. -vermeidung bei der Produktion von bekannten Artikeln, in vierten Fall um die Bestimmung von Artikeldaten und Maschineneinstellungen im weiteren Sinne. Auf Basis der Analyse wurden die Lösungskomponenten konfiguriert, implementiert und mit bzw. in industrieller Umgebung testweise durchgeführt.

Bei Fallstudie 1, einem Hersteller von modischen Flachgestrickten (Pullovern), wurden Zusammenhänge zwischen den Garneigenschaften tatsächlich verwendeter Garne und den Eigenschaften des fertigen Gestricks untersucht. Aus einer Charge Spulen wurde dazu eine Spule ausgewählt und vom Labor an den DITF umfassend geprüft, während der Rest der Charge verstrickt wurde. Auf diese Weise konnten systematisch Zusammenhänge zwischen Gestrickeigenschaften wie Länge, Breite etc. und Garneigenschaften wie Elastizität etc. gewonnen werden. Diese Erkenntnisse waren erforderlich, um im Sinne von FBS zur Vermeidung von Ausschuss wegen falscher Gestrickgrößen eine erweiterte Datengrundlage zu haben.

In Fallstudie 2 stellte es sich als Hauptaufgabe heraus, zur Fehlervermeidung detaillierte Daten über die Fadenspannungen zu gewinnen und zu nutzen. Dazu wurden zum ersten Mal Fadenspannungen direkt am Einlauf in die Strickmaschine gemessen und erfasst. Die so entstandenen großen Datenmengen wurden auf Auffälligkeiten und Muster untersucht. Es zeigte sich, dass Ereignisse wie Tag-/Nachtschicht, Spulensatzwechsel, Abschneiden eines Stückes etc. klar erkennbar und zuordenbar sind. Auf diese Weise gelang es, eine

Art digitalen Zwilling des realen Produktes zu erstellen, und diesen dann zur Qualitätsverbesserung zu nutzen.

Für Fallstudie 3, mit Schwerpunkt Fehlervermeidung durch bessere Fadenführung bei der Strumpfwarenherstellung, wurden – nach umfangreichen statistischen Analysen – weitere Daten (u.a. zu Fadenführereinstellungen) erfasst, aufbereitet und genutzt. Untenstehende Abbildung 7 zeigt dazu eine Software-App, mit u.a. entsprechende Einstellungen in der Strickerei auf einem Tablet protokolliert werden.

Strickprozess
 Maschine: 8151 | Kollektion: Demo-Kollektion | Artikel: 018151 (Denkendorf) - 3000 (black) | Betriebsauftrag/Los: 12345/123

Maschine		Artikel	
Id	8151	Kollektion	Demo-Kollektion
Maschinennummer	8151	Artikel	018151 (Denkendorf)
Hersteller	Nagata	Verkaufsfarbe	3000 (black)
Typ	18er Nagata DZ R200	Betriebsauftrag	
Baujahr	1991	Nummer	12345
Zylinderdurchmesser	3.5	Los	123
Nadelzahl	200		
Standort	0101 (Satz 01 / Stellplatz 01)		
Einzyylinder	nein		
Ringtyp	glatt		

Pos	Fadenführer	Garn	Farbe	Garnpartie	Fadenspannung	Einstellung	
2	1	Denkendorf 1 (123456)	3000	Körsch	5.2	rechts / mitte	Einstellungen
2	2	Denkendorf 1 (123456)	3000	Körsch	2.7	links / vorne	Einstellungen
3	1	Denkendorf 2 (234567)	3000	Lauter	10	rechts / mitte	Einstellungen
3	3	Denkendorf 2 (234567)	3000	Lauter	8.5	mitte / mitte	Einstellungen
4	4	Denkendorf 3 (345678)	3000	Neckar	7	rechts / hinten	Einstellungen
5	5	Denkendorf 1 (123456)	3000	Körsch	4.3	mitte / mitte	Einstellungen
6	6	Denkendorf 3 (345678)	3000	Neckar	5.5	links / vorne	Einstellungen

Abbildung 7: Software-App zur Erfassung von Fadenführungseinstellungen

In Fallstudie 4 wurde bei einem Hersteller von Strickwaren insbesondere die Vorgehensweise zur Bestimmung von Materialähnlichkeiten validiert. Abbildung 8 zeigt das Ergebnis einer Suchanfrage zur Identifikation von geeigneten Artikeln, Konstruktionen und Maschinen. Wichtig war auch hier – ebenso wie in Fallstudie 3 – eine intuitiv bedienbare Software-App.

Q Neue CBR Suche

Ergebnis der CBR Suche

Artikelnummer	Bindungsart	Material	Flächengewicht [g/m ²]	Breite [cm]	Maschenstäbchen [1/cm]	Maschenreihen [1/cm]	Ähnlichkeit
Parameter der CBR-Suche	RR		200	100	12	13	
Gewichtung der CBR-Suche		35 %	30 %	25 %	5 %	5 %	
3313	RR	CO 94 % Hilfsmaterial 6 %	200 (100 %)	95 (100 %)	11.5 ()	20 (0 %)	92.3 %
		(-)					
3585	RR	CO 97 % Hilfsmaterial 3 %	194 (91 %)	100 (100 %)	13 ()	20 (0 %)	88.2 %
		(-)					
4661	RR	sonstiges Kunstfaser 97.8 % Hilfsmaterial 2.2 %	208 (84 %)	90 (100 %)	12 ()	18 (0 %)	84.9 %
		(-)					
3691	RR	Polyamid 95 % Hilfsmaterial 5 %	200 (100 %)	104 (100 %)	16 ()	20 (0 %)	84.6 %

Abbildung 8: Ergebnis einer FBS-Suchanfrage

Als Fazit kann festgehalten werden, dass der klassische Ansatz der Fallbasierten Schließens zur wissensbasierten Bestimmung von Maschineneinstellungen zur Maschenwarenproduktion erfolgreich um Funktionalitäten zur erweiterten Fallbeschreibung, zur Datenerfassung und -analyse und für alternative Lösungsfindungen ergänzt werden konnte. Die Validierungsinstallationen im Rahmen der Fallstudien können dabei als direkte Grundlage zur Weiterentwicklung für einen industriellen Einsatz dienen. Ebenso ist die Weiterentwicklung und Nutzung im Rahmen von industriellen Initiativen des Textilmaschinenbaus bereits angestoßen. Weitere Anwendungsfelder liegen in der (automatisierten) Bestimmung der Maschineneinstellungen im Rahmen des digital durchgängigen Engineerings, wie es von den DITF in der Digital Textile Micro Factory entwickelt wurde. Dabei stehen insbesondere auch Kleinmengen im Fokus, wo es wichtig ist, schnell und zuverlässig gute Prozesseinstellungen zu bestimmen.

Weitere Nutzungsmöglichkeiten sind bei gezielten Untersuchungen zur Entdeckung neuer bzw. bisher unbekannter Zusammenhänge bei der Maschenwarenproduktion vorhanden. Dabei wird der Schwerpunkt auf der Datenanalytik liegen, wo die hier erzielten methodischen Ergebnisse beitragen.

Zusammenfassend dargestellt ist die entwickelte und erprobte Methodik ein wichtiger und richtiger Beitrag zur Verbesserung der Prozessqualität bei der Herstellung von Maschenwaren. Für den unternehmensspezifischen Einsatz sind eine sorgfältige Konfiguration und hohe Datenqualität und -quantität erforderlich. Der Anwendungsschwerpunkt liegt dabei zunächst weniger auf der Unterstützung bei Standardsituationen, sondern eher bei spezifischen Fragestellungen. Dabei können schlussendlich auch weitere Methoden, wie etwas Künstliche Neuronale Netze, zum Einsatz kommen.

Danksagung

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Das IGF-Vorhaben 18844 N der Forschungsvereinigung Forschungskuratorium Textil e.V., Reinhardtstraße 14-16, 10117 Berlin wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung IGF vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Unser Dank gilt außerdem den Firmen, die als Industriepartner der Fallstudien mitgewirkt haben, und auch allen (weiteren) Mitgliedern im Projektbegleitenden Ausschuss für die freundliche Unterstützung. Der Abschlussbericht des Forschungsvorhabens 18844 N ist an den Deutschen Instituten für Textil- und Faserforschung Denkendorf (DITF) erhältlich.

Ansprechpartner

Dieter Stellmach, dieter.stellmach@ditf.de