HOCHSCHULE SCHMALKALDEN
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

THÜRINGER ZENTRUM FÜR MASCHINENBAU

Erprobung eines echtzeitfähigen Auswertungsalgorithmus zu Bewertung der Fertigungsqualität beim Spritzgießen mit Hilfe eines eingebetteten Diagnosesystems

M.Schneider[1], R. Jahn[2], A. Wenzel[1]

[1]Hochschule Schmalkalden, 98574 Schmalkalden, Fakultät Elektrotechnik, Forschungsgruppe Eingebettete Diagnosesysteme

[2]Hochschule Schmalkalden, 98574 Schmalkalden, Fakultät Maschinenbau, Labor angewandte Kunststofftechnik

Einleitung:

Die Fertigungsqualität und Produktionsgeschwindigkeit sind signifikante Faktoren bei der Preiskalkulation von Spritzgussartikeln. Im Rahmen des Forschungsprojekts Powermoulds wird an einen Eingebetteten Diagnosesystem (EDS) gearbeitet, welches in ein Spritzgusswerkzeug impementiert wurde. Die Abb. 1 zeigt den aktuellen EDS-Prototyp v2.0 der in ein Spritzgusswerkzeug integriert wurde. In dieser Ausbaustufe kann das EDS zwei Werkzeugwandtemperatursensoren, vier Schmelzetemperatursensoren, zwei Auswerferkraftaufnehmer und vier Kavitätsinnendrucksensoren mit jeweils einer Abtastrate von 1kHz aufzeichnen und an ein Empfangsgerät weiterleiten. Die Hauptaufgabe des EDS ist die autonome Aufzeichnung und Klassifikation des Fertigungsprozesses. Diese Arbeit soll einen Einblick in die Erstellung der Datenbasis, der Expertenbewertung, der Erarbeitung von strukturellen Klassifikationsmerkmalen und die Darstellung des Ergebnisses eines Entscheidungsbaumverfahren geben.

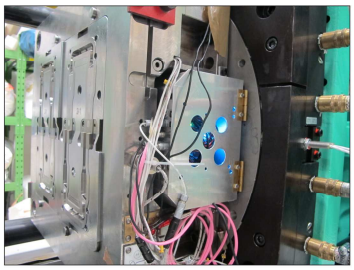

Abb. 1: Foto eines Spritzgusswerkzeugs mit integriertem EDS-Prototyp v2.0

Methodik

Als Grundlage für die Erstellung eines ersten Klassifikationsmodells wurden die aufgezeichneten Drucksignale verwendet. Mit Hilfe dieser Signale können erfahrenen Maschineneinrichtern den Fertigungsprozess gezielt einstellen und optimieren. In Abb. 2 sind Beispielhaft zwei Fertigungszyklen mit den jeweiligen Druckverläufe dargestellt. Um auf eine signifikante Anzahl an verschiedene Fertigungszyklen mit unterschiedlichen Einstellungsparametern zu gelangen, wurde ein zweistufiger teilfaktorieller Versuchsplan mit sechs Faktoren und vier Zentralpunkten erarbeitet und durchgeführt. Hierbei wurden 36 Messreihen mit jeweils 15 Datensätzen aufgezeichnet und ausgewertet. Die gespeicherten Datensätze wurden durch einen ausgebildeten Maschinenbediener mittels optischer Begutachtung der Druckverläufe bewertet. Die Tab. 1 gibten einen Einblick in das Bewertungsschema des Experten und zeigt die Merkmalseinteilung der in Abb. 1 dargestellten Spritzgusszyklen. Auf Grundlage der Expertenbewertung wurden verschiedene strukturelle Entscheidungsmerkmale für die Erstellung eines Entscheidungsbaums erarbeitet. Die Abb.4 zeigt einen Entscheidungsbaum für die Bestimmung des Umschaltpunktes von Einspritz- auf Nachdruckphase. Hierbei ist zu erwähnen, dass die Grenzen der Entscheidungsmerkmale noch optimiert werden können.

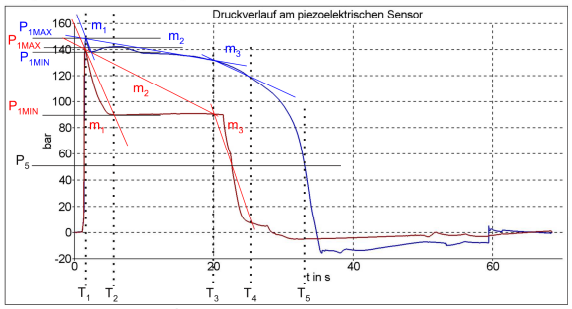

Abb. 2: Druckverläufe zweier Fertigungszyklen mit eingezeichneten Entscheidungsmerkmalen des Experten und Übertragung in Entscheidungsbereiche für den Klassifikationsmodells

	Umschaltpunkt 0 = nicht auswertbar 1 = optimal 2 = zu früh 3 = zu spät	**Nachdruckhöhe** 0 = nicht auswertbar 1 = optimal 2 = zu niedrig 3 = zu hoch 4 = andere Störung	**Nachdruckdauer** 0 = nicht auswertbar 1 = ausreichend lang 2 = zu kurz	**Ergebnis Experte**	**Ergebnis Algorithmus**
Messung 1	3 (1)	1 (2)	2 (2)	6	(5)
Messung 2	1 (1)	1 (1)	1 (1)	3	(3)

Tab. 1: Ergebnisse der Experten- und Algorithmusbewertung für Umschaltpunkt, Nachdruckhöhe und Nachdruckdauer, sowie das jeweilige Gesamtergebnis beider Fertigungszyklen aus Abbildung 2

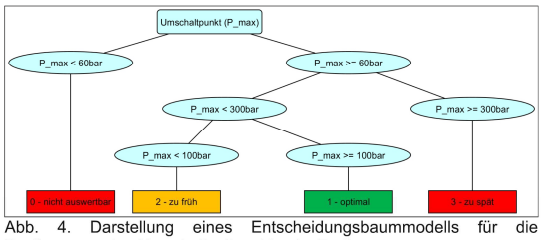

Abb. 4. Darstellung eines Entscheidungsbaummodells für die Bestimmung des Umschaltzeitpunktes im Fertigungsprozess

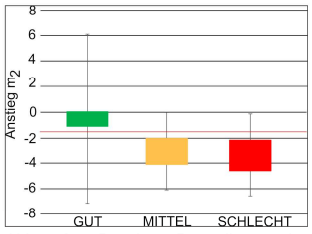

Abb. 3. Boxplot Darstellung der errechneten Klassifikationsergebnisse der Anstiegswerte zwischen $P1_{MAX}$ und Druckwert im Punkt T_3

Ergebnis

Durch die Kombination von insgesamt 4 Entscheidungsbäumen wurde das Gesamtergebnis der Fertigungsgüte bestimmt. In Tab.1 können die, durch den Algorithmus errechnetten, Klassifikationsergebnisse nachgelesen werden. Die Abb.3 zeigt einen Boxplot eines Klassifikationsmerkmals für die Bestimmung des Anstiegs zwischen $P1_{MAX}$ und dem Druckwert im Zeitpunkt T_3. Dieses Merkmal ist zur Ermittlung der Nachdruckhöhe herangezogen worden. Wie man erkennen kann, ermöglicht es eine gute Trennung zwischen GUT Mengen und dem Rest. Die Grundlage dieser Abbildung bildet die Expertenbe-wertung. In Tab.2 ist das errechnette Ergebnis der Vertauschungsmatrix dargestellt. Es zeigt das Resultat der Übereinstimmungen zwischen Expertenbewertung und Algorithmus-Entscheidung. Die Implementation dieses Entscheidungsbaums in die Aufzeichnungssoftware ermöglicht eine schnelle Auswertung des Drucksignals während des Fertigungsprozesses. Somit wird gezeigt, dass eine echtzeitfähige Auswertung der Druckdaten möglich ist.

	Algorithmus		
Experte	GUT (3-4)	MITTEL (5-6)	SCHLECHT (>6)
GUT (1-3)	61,34%	7,56%	31,09%
MITTEL (4-6)	3,60%	36,50%	59,90%
SCHLECHT (>6)	2,80%	16,08%	81,12%

Tab. 2: Ergebnisse der Vergleichsmatrix zwischen der Expertenbewertung und dem Entscheidungsbaumergebnis

Schlussfolgerung

Durch den erarbeiteten Entscheidungsbaum konnte gezeigt werden, dass eine Vorentscheidung der Fertigungsgüte wärend des laufenden Prozess möglich ist. Die Streuung zwischen Expertenbewertung und Algorithmus kann auf eine Fehlentscheidung des Experten hindeuten. Die mit dem Entscheidungsbaum klassifizierten Fertigungszyklen unterliegen keinen Entscheidungsschwankungen und sind nachvollziehbar, jedoch besitzt der Algorithmus noch Optimierungspotential.

Embedded Diagnostic Systems
University of Applied Sciences
Schmalkalden
Faculty of Electrical Engineering
Blechhammer 4 - 9
D-98574 Schmalkalden
Tel.: +49 (0) 3683 688 5113
Fax: +49 (0) 3683 688 5499
Web: www.hs-sm.de

EDS Embedded Diagnostic Systems

ESF EUROPA FÜR THÜRINGEN
EUROPÄISCHER SOZIALFONDS