

## Zusammenfassung

**IGF-Vorhaben-Nr.: 20463 N**

**Offizieller Kurztitel: FloWeld**

Im Rahmen des FloWeld-Projekts wurden Wärmestromsensoren in eine Heizelementstumpfschweißanlage für Kunststoffe integriert und für umfassende Versuchsreihen genutzt. Dabei wurden insbesondere die Korrelationen von gemessenen Wärmeströmen, Prozessparametern und der resultierenden Schweißnahtqualität untersucht. Die Ergebnisse des FloWeld-Projekts zeigen, dass die Wärmestrommesstechnik komplementär zu bereits genutzter Prozessüberwachung, wie z. B. Druck- und Wegsensoren, in den HS-Prozess integriert werden kann. Kalibrierte Wärmestromsensoren erlaubten dabei eine quantitative Bestimmung des Wärmeübertrags vom Heizelement in die verwendeten Kunststoffe PP-H und PVC-U. In vielen der betrachteten Fälle stimmte der gemessene Wärmeübertrag gut mit theoretischen Modellen aus der Literatur überein. Besonders sensibel reagierte der gemessene Wärmestrom auf Veränderungen der Heizelementtemperatur, der Kontaktzeit von Heizelement und Kunststoff sowie der Beschaffenheit der Kunststoffoberfläche. Der Druck, mit dem der Kunststoff auf das Heizelement gepresst wird, ist im Wärmestromsignal meist nur indirekt zu erkennen. Detektierbare, mit dem Anpressdruck assoziierte Prozessfehler sind ein unvollständiger Kontakt von Heizelement und Kunststoff oder übermäßiger Quetschfluss bzw. Wulstbildung während der Angleichphase. Korrelationen des Wärmestromsignals waren im Falle der PP-H-Schweißungen auch mit Hinblick auf die Schmelzeschichtdicke am Ende der Anwärmphase feststellbar. Hierbei konnte gezeigt werden, dass theoretische Modellierung, mikroskopische Vermessungen und gemessene Wärmeströme ein insgesamt stimmiges Bild ergeben, das dem bestehenden Prozessverständnis entspricht. Im Umkehrschluss sollte die Wärmestrommesstechnik deshalb auch Abweichungen von der angestrebten bzw. notwendigen Schmelzeschichtdicke detektieren können.

Die im Projekt erhobenen Daten wurden für das Trainieren verschiedener maschineller Lernverfahren genutzt, die als Zielgröße den Schweißfaktor vorhersagen sollten. Als das Modell mit der höchsten Genauigkeit bzw. dem geringsten Fehler bei der Vorhersage stellte sich dabei der Random Forest heraus, welcher den Schweißfaktor der Validierungsdaten mit einem mittleren absoluten Fehler von kleiner 0,03 vorausagen konnte. Dazu genügten wenige Features, welche aus dem Spannungssignal des Wärmestromsensors, sowie des Kraft-Signals extrahiert wurden.

Die ursprüngliche geplante Anwendung der Projektergebnisse auf industrielle Bauteile konnte auf Grund technischer Einschränkungen der verwendeten Wärmestromsensoren nicht durchgeführt werden.

**Das Ziel des Vorhabens wurde teilweise erreicht**

## Danksagung und Bestellhinweis

*Das IGF-Vorhaben 20463 N der Forschungsvereinigung Fördergemeinschaft für das Süddeutsche Kunststoff-Zentrum e.V. wurde über die Arbeitsgemeinschaft industrielle Forschungsvereinigungen (AiF) im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.*

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Die gesamten Forschungsergebnisse können einem umfangreichen Forschungsbericht entnommen werden, der über SKZ bestellt werden kann.