Doppelblattkontrolle — Steigerung der Zuverlässigkeit von Kuvertiermaschinen

Mirko Wagner, Michael Lauk, Jens Timmer
Freiburger Zentrum für Datenanalyse und Modellbildung (FDM),
Albert-Ludwigs-Universität,
Eckerstraße 1, D–79104 Freiburg

1 Einleitung

Die Augsburger Firma Böwe Systec zählt zu der Weltspitze der Hersteller von Paper-Management-Systemen. Die Produkte der Firma Böwe Systec dienen zur raschen und effizienten Abwicklung großer Mengen von Postsendungen aller Art. Eine Vielzahl von Verarbeitungsschritten, wie Schneiden, Falzen, etc. ist notwendig bis die so vorverarbeitete Postsendung schließlich in eine Kuvertiermaschine gelangt; sie bildet den Abschluß einer Kette von verschiedenen Verarbeitungsschritten. Innerhalb einer Kuvertiermaschine werden die verschiedenen Beilagen, z. B. Werbeprospekte, und die eigentliche Postsendung zusammengebracht und in einen Briefumschlag verpackt.

In der Kuvertiermaschine besteht somit die letzte Möglichkeit, Fehler zu erkennen, die beim vollautomatischen Übereinanderlegen von Blättern oder beim Blattabzug auftreten. Ein Fehler, der mit hoher Zuverlässigkeit erkannt werden muß, ist der Fehleinzug von zwei Blättern statt einem Blatt. Denn für Kunden der Firma zählt als Gütekriterium vor allem die fehlerfreie Maschinenlaufzeit. Da sich im engen Marktsegment der großen Paper-Management-Systemen nur wenige Firmen weltweit behaupten können, bilden Innovation und neue Technologien die Grundlage für Verbesserungen der Stellung am Markt.

Deshalb wird derzeit bei Böwe Systec das System zur Detektion von Doppelblättern verbessert. Es basiert auf zwei aufeinander abgestimmte Komponenten: Zum einen wird mit modernen Sensortechnik ein Beschleunigungssignal des durchlaufenenden Blattstapels erfaßt, zum anderen wird dieses Signal mit Hilfe stochastischer Methoden ausgewertet und nach Einzel- bzw. Doppelblättern klassifiziert. In Kooperation mit Böwe Systec wurde am FDM ein Softwaremodul entwickelt, welches die Real-Time-Klassifikation von Einzel- und Doppelblättern ermöglicht.

Es sei hier angemerkt, daß die genaue technische Spezifikation des Doppelblattdetektionssystem aus Wettbewerbsgründen der Geheimhaltung unterliegt.

2 Methode

Bisher werden vor allem rein mechanische Systeme, wie Dichtemessung, und Lasersysteme zur Detektion von Doppelblättern eingesetzt. Die mechanischen Systeme sind in der Herstellung teuer und in Wartung aufwendig. Die Lasersysteme haben den Nachteil, daß sie von der Papierfarbe abhängig sind, da sie die Absorption des Laserstrahls messen. Die Messung eines Beschleunigungssignals hingegen ist von der Papierfarbe unabhängig und wird vor allem durch die Dicke des gemessenen Papierstapels bestimmt. Ebenso fallen für einen Beschleunigungssensor und die mechanischen Bauteile keine hohen Herstellungs- und Wartungskosten an.

Aufgrund einer Vielzahl von beweglichen Bauelementen werden in eine Kuvertiermaschinen ständig Eigenschwingungen angeregt. Die große Anzahl von Freiheitgraden, die in einer Kuvertiermaschine angeregt sind, bewirkt, daß sich das System effektiv stochastisch verhält. Der Beschleunigungssensors mißt deshalb nicht nur das Signal des durchlaufende Papiers, sondern diesem Signal ist das Spektrum der angeregten Eigenschwingungen überlagert.

Zur Klassifikation von stochastischen Prozessen eignen sich besonders Methoden aus dem Frequenzraum [2, 1]. Deshalb wird aus der gemessenen Zeitreihe des Beschleunigungssignals ein spektrales Merkmal extrahiert. Die Trennung beider Klassen erfolgt auf der Grundlage der Verteilungen des Merkmals für Einzel- bzw. Doppelblätter, die aus Kontrollexperimenten empirisch bestimmt wurden. Je nach Anwendungsgebiet, z. B. Kuvertierung von Werbeprospekten oder Kontoauszügen, wird nun ein Kostenfunktional für die Fehler 1. und 2. Art definiert. Die Stelle, an der das Kostenfunktional sein Minimium annimmt, liefert eine im statistischen Sinne optimale Trennung der beiden Klassen für das jeweilige Anwendungsgebiet [2].

3 Ergebnisse

Die Versuche wurden an einem Blattanleger der Firma Böwe Systec durchgeführt. Es wurden nur Papiersorten und Beilagen benutzt, die auch von Kunden der Firma Böwe Systec verwendet werden. Desweiteren kamen nur

Standardkomponenten der Werkstätte von Böwe Systec zum Einsatz.

Der Erfolg der Methode wurde an der Klassifikationsrate gemessen, es wurden somit sowohl Fehler 1. Art als auch Fehler 2. Art berücksichtigt. Als Gesamtdurchschnitt aller Versuche ließ sich eine Klassifikationsrate von 97% erreichen. Die mechanischen Eigenschaften des Versuchsaufbaus wurden dabei noch nicht darauf optimiert, eine gute Klassifikation von Einzel- bzw. Doppelblättern zu ermöglichen. Die erreichte Klassifikationrate übertraf bei der vorliegenden nicht optimierten Mechanik die Erwartungen bei weitem. Abb. 1 zeigt an zwei Beispielversuchen die Rohdaten, das Klassifikationsmerkmal bei Einzel- und Doppelblättern und die beiden empirische Verteilungen des Klassifikationsmerkmals für Einzel- bzw. Doppelblätter.

4 Weitere Schritte

Um die Doppelblattdetektion zur Praxisreife zu entwickeln, wird momentan bei Böwe Systec an einer Verbesserung der Mechanik gearbeitet. Darüberhinaus werden umfangreiche Validierungsversuche und Tests der Robustheit der Methode durchgeführt.

Danksagung

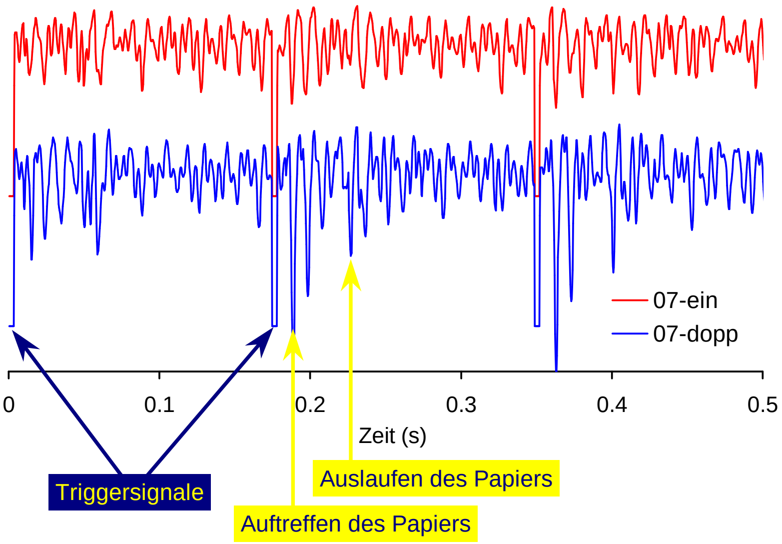
Wir danken Herrn Dipl. Ing. P. Hannemann, Leiter Entwicklung Elektronik, Böwe Systec, und Frau Dr. M. Griebel, Design + Development, Böwe Systec, für die freundliche Zusammenarbeit.

Die Kooperation wurde während des VDI-Workshops „Zeitreihenanalyse“ am 10. 12. 1997 am VDI-Technologiezentrum in Düsseldorf initiiert.

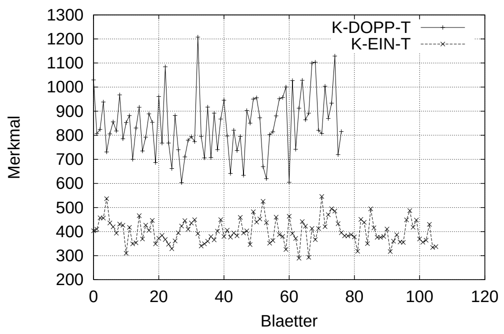
Literatur

[1] P.J. Brockwell and R.A. Davis. *Time Series: Theory and Methods.* Springer, 1991.

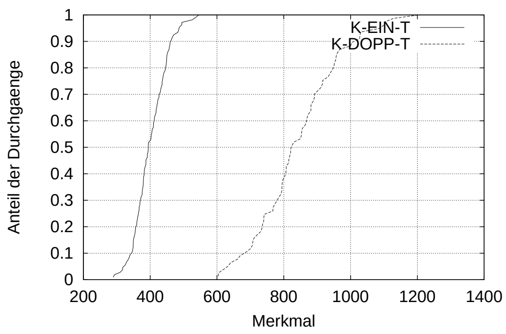
[2] J. Honerkamp. *Stochastic Dynamical Systems.* Wiley-VCH, New York, 1993.



(a) Rohdaten



(b) Merkmal



(c) Verteilung

Abbildung 1: Abb. (a) zeigt an einem Beispiel die aufgenommenen Rohdaten für ein Einzelblatt (obere Zeitreihe) bzw. für ein Doppelblatt (untere Zeitreihe). Abb. (b) stellt das zur Klassifikationsmerkmal für ein Beispielexperiment mit jeweils knapp 100 Durchläufen von Einzel- bzw. Doppelblättern dar, die obere Reihe beschreibt die Doppelblätter, die untere die Einzelblätter. Abb. (c) zeigt die kumulativen Verteilungen des Klassifikationsmerkmal jeweils für die Einzel- bzw. Doppelblätter für dasselbe Experiment wie in Abb. (b), die durchgezogenen Linie ist die Verteilung bei Einzelblättern, gestrichelte Linie die Verteilung bei Doppelblätter.