

## ERSTES KAPITEL

# Einleitung

Die Anforderungen an Brandmelder sind im industriellen Umfeld bei weitem umfangreicher, als es bei Systemen für den Heimgebrauch der Fall ist. Neben der frühestmöglichen und sicheren Erkennung eines Feuers spielen Langlebigkeit, Wartungsfreundlichkeit und Wirtschaftlichkeit eine entscheidende Rolle. Ebenso wichtig ist es, durch den Einsatz eines Brandmelders den üblichen Betriebsablauf nicht zu beeinträchtigen.

Welche Anforderungen ein Gerät erfüllen muss, hängt in erster Linie von den Umgebungsbedingungen am Einsatzort ab. Für den Einsatz in verschiedenen Industriezweigen wurde in den vergangenen Jahren eine Vielzahl an Sonderbrandmeldern entwickelt, die optimal auf die jeweilige Applikation zugeschnitten sind. Gut durchlüftete und temperierte Serverräume, in denen sehr geringe Mengen an Staub auftreten, werden beispielsweise mit Rauchansaugsystemen überwacht. Diese besonders empfindlichen Systeme erkennen entstehende Brände frühestmöglich, sodass Folgeschäden durch sofortiges Eingreifen so gering wie möglich gehalten werden können. In Kohlekraftwerken hingegen treten vergleichsweise hohe Staubbelastungen auf. Rauchansaugsysteme basieren auf dem Prinzip der Streulichtmessung, sind verschmutzungsanfällig und daher für den Einsatz in Kohlekraftwerken ungeeignet. Hier haben sich Brandgasmelder durchgesetzt, deren Funktion durch Staub nicht beeinträchtigt wird.

Die vorliegende Arbeit liefert einen Beitrag zur Schadenserkenkung an Tragrollen in Gurtförderanlagen. Es wird ein Sensorsystem vorgestellt, welches die orts aufgelöste Detektion erwärmter Tragrollen ermöglicht und in den Fördergurt integriert ist. Tragrollen selbst sind in den meisten Fällen nicht brennbar, können jedoch einen Brand des Fördergurtes oder angrenzender Anlagenteile indirekt auslösen. Das im Verlauf dieser Arbeit vorgestellte System dient daher der Brandvermeidung durch Prozessüberwachung.



## 1.1 Gliederung der Arbeit

Die vorliegende Arbeit gliedert sich in sieben Kapitel.

Das folgende **zweite Kapitel** beschreibt den Stand der Technik von Gurtförderanlagen und deren Komponenten. Es bietet eine Übersicht typischer Schadens- und Brandszenarien und beschreibt Systeme zur Prozessüberwachung und Branderkennung.

Die zum Verständnis dieser Arbeit notwendigen Grundlagen vermittelt das **dritte Kapitel**. Es beschreibt die Grundlagen transienter Wärmeübertragung sowie der Wärmeübertragung im eingeschwungenen Zustand.

Alle im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Systeme und Messaufbauten stellt das **vierte Kapitel** vor. Der Fokus liegt auf einem Sensorsystem zur Messung der Tragrollenmanteltemperatur, welches in einen Fördergurt integriert ist. Darüber hinaus werden Systeme zur Messung der Materialeigenschaften des Fördergurtes und eines Temperatursensors beschrieben.

Das in Kapitel vier dargestellte Sensorsystem erfasst die Oberflächentemperatur aller Tragrollen in einer Gurtförderanlage. Zur Definition eines Schwellenwertes zur Unterscheidung zwischen unzulässig hohen Oberflächentemperaturen und üblichen Betriebstemperaturen ist die Temperaturverteilung auf dem Tragrollenmantel im Schadenfall von Interesse. Das **fünfte Kapitel** stellt ein Modell der Tragrollenmanteltemperatur als Funktion des Ortes vor und geht auf die Abhängigkeit des Modells von den Betriebskenngrößen eines Gurtförderers ein.

Das **sechste Kapitel** stellt ein Modell der Wärmeübertragung zwischen einer Tragrolle und dem Sensorsystem im Fördergurt vor. Es kann als Kern dieser Arbeit verstanden werden und vergleicht analytisch ermittelte Systemantworten auf erwärmte Tragrollen mit experimentell in einem Versuchsaufbau erfassten Signalen. Auf Basis eines Modells für Störsignale wird abschließend ein signalangepasstes Filter zur Erkennung erwärmter Tragrollen entwickelt.

Die Ergebnisse dieser Arbeit fasst das **siebte Kapitel** zusammen.



## 1.2 Eigene Veröffentlichungen

Dieser Abschnitt listet alle eigenen Beiträge, die zum Thema Sicherheitstechnik an Gurtförderanlagen über den Zeitraum der Ausarbeitung dieser Arbeit veröffentlicht wurden.

### Fachartikel

- S. Trippler. „Technischer Brandschutz für Kraftwerke“. *Security Insight* 3, 2015, S. 31–32
- S. Trippler. „Thermografische Überwachung von Förderströmen“. *Security Insight* 6, 2014, S. 44–45
- C. Scheuer und S. Trippler. „Branderkennung mithilfe von Sonderbrandmeldern“. *VGB Powertech* 6, 2015, S. 80–86
- C. Scheuer und S. Trippler. „Brandmeldetechnik in Sonderbauten“. *Sicherheitspraxis* 3, 2014, S. 46–48

### Konferenzbeiträge

- S. Trippler. „A monitoring system for bearings at conveyor belts“. In: *AUBE'14 Proceedings*. Bd. 1. 2014, S. 155–162
- S. Trippler. „Temperaturüberwachung an Tragrollen“. In: *11. Fachtagung Gurtförderer und ihre Elemente, Haus der Technik Essen*. Bd. 1. 2015
- S. Trippler. „Detektion überhitzter Tragrollen an Gurtförderanlagen“. In: *20. Fachtagung Schüttgutfördertechnik*. 2015, S. 143–152

### Patentanträge

- Offenlegungsschrift DE102014114887. *Verfahren zur Detektion und Lokalisierung heißer Komponenten innerhalb eines Gurtförderers*. 2014



## ZWEITES KAPITEL

# Stand der Technik

Gurttörderer kommen in den unterschiedlichsten industriellen Anwendungen zum Einsatz und sind heute für einen kontinuierlichen und wirtschaftlichen Materialfluss unabdingbar. Sie wurden erstmals im Jahre 1883 in einem Patentantrag von Clark beschrieben und finden sich seit den 1930er Jahren insbesondere im Bergbau oder in Hüttenwerken, wo sie zum Transport von Schüttgütern wie Kohle, Erz oder Abraum eingesetzt werden. Nach DIN 15201 [65] gliedern sie sich in die Klasse der Stetigtörderer und ordnen sich dort in die Gruppierung der mechanischen Förderer mit Zugmitteln ein. Gurttörderer zeichnen sich durch Langlebigkeit und einfache Handhabung bei vergleichsweise geringen Betriebskosten aus.

Seit der Verwendung von Gurttörderern thematisiert die Forschung in diesem Bereich primär eine Optimierung von Anlagenverfügbarkeit und Energiebedarf. Beispiele sind die Arbeiten von Barbey [5] und Zeddies [7], die einen Beitrag zur mechanischen Optimierung von Tragrollen und den Belägen von Antriebstrommeln liefern. Grundlegende Untersuchungen zu einer energiesparenden Auslegung von Gurttörderern beschreibt Greune [6]. Ein diesbezüglich wesentlicher Punkt ist der Eindröckrollwiderstand zwischen Fördergurt und Tragrolle, den Scholl [3] untersucht und auf Basis dessen bereits Fördergurte mit optimierten Laufeigenschaften am Markt verfügbar sind.

Insbesondere in Deutschland rückt seit Mitte der 1970er Jahre der Emissionsschutz in den Vordergrund. So thematisiert Hörstmeier [10] die Minderung der Geräuschemissionen durch Tragrollen. Ebenso werden Gurttörderer am Rande von Tagebauen eingehaust oder mit Wasser-Sprühanlagen zur Bindung entstehender Stäube betrieben [37, S. 73].

Im Bergbau werden Volumenströme von 20.000 m<sup>3</sup>/h erreicht. Je nach Fördergut und Einsatzbereich variiert die Länge einzelner Gurttörderer zwischen einigen Metern und etlichen Kilometern. Mit einer Länge von ca. 100 km findet sich eine der weltweit größten Anlagen in der Westsahara [45, S. 10], wo sie zum Transport von Phosphaten vom Landesinneren zur Atlantikküste eingesetzt wird.



## 2.1 Aufbau und Funktion von Gurtförderern

Gurtförderer sind Fördereinrichtungen für Schütt- oder Stückgüter. Sie transportieren Fördergut auf einem endlos umlaufenden Gurt von der Materialaufgabe zur Abwurf- oder Übergabestelle [37, S. 237]. Bild 2.1 zeigt eine Gurtförderanlage mit allen wesentlichen Elementen als Skizze.

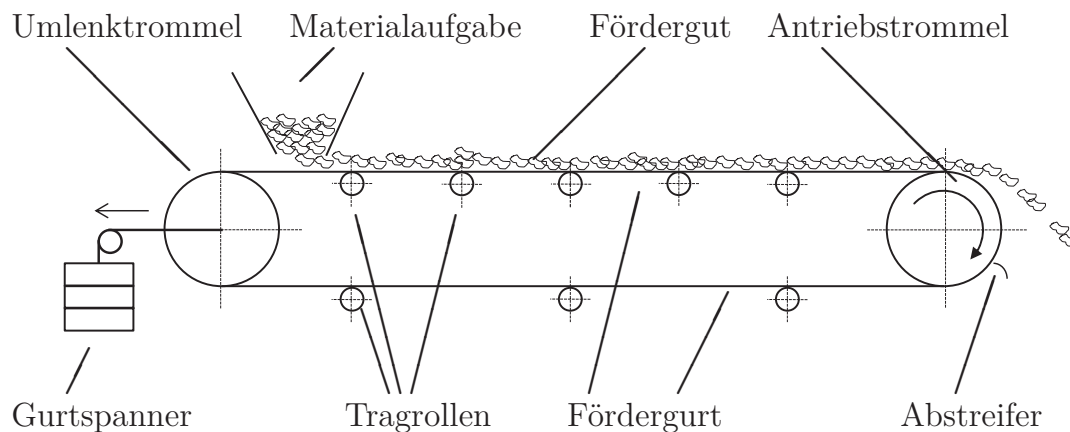


Bild 2.1: Skizze eines Gurtförderers

Angetrieben werden Gurtförderer durch einen Elektromotor an der Antriebstrommel, die sich stets im Bereich der Materialübergabe befindet. Zur Optimierung der Kraftübertragung zwischen Trommel und Gurt verfügt die Antriebstrommel über gummierte Trommelbeläge, welche bei Abnutzung gewechselt werden. Reicht die Antriebsleistung einer Trommel nicht aus, so werden mehrere Trommeln kaskadiert und synchron betrieben. In diesem Fall ist der Gurt mäanderförmig durch die Antriebstrommeln geführt. Einige der größten Gurtförderer in Deutschland befinden sich im Rheinischen Revier. Sie verfügen über eine Antriebsleistung von bis zu 12 Megawatt [3, S. 1].

Am gegenüberliegenden Ende des Gurtförderers befindet sich die Umlenktrommel, die stets mit einer Vorrichtung zum kontinuierlichen Spannen des Gurtes verbunden ist. Da sich der Gurt aufgrund der Zugbelastung innerhalb einer Anlage über die Zeit dehnt, stellt die Spannvorrichtung den Kraftschluss mit der Antriebstrommel dauerhaft sicher.

Zwischen Materialaufgabe und Abwurfstelle wird der Fördergurt über Tragrollen geführt, die dem Gurt als Trag- und Stützelement dienen. Zur Führung der Tragrollen kommen Traggerüste oder Rollenstühle zum Einsatz. In beiden Fällen bilden die Tragrollen ein muldenförmiges Profil, dem sich der Fördergurt anpasst.

Das Fördergut wird über den oben liegenden Gurt transportiert. Dieser Bereich wird als Obertrum bezeichnet. Im Untertrum verläuft der Gurt vom Abwurf zurück zur Aufgabestelle. Material wird hier nur in seltenen Fällen transportiert. Die zu stützende Last ist im Untertrum kleiner als im Obertrum, daher sind die Abstände der Tragrollen zueinander dort größer. Die Tragrollen selbst sind in Traggerüsten (Bild 2.2) oder Rollenstühlen (Bild 2.3) geführt.

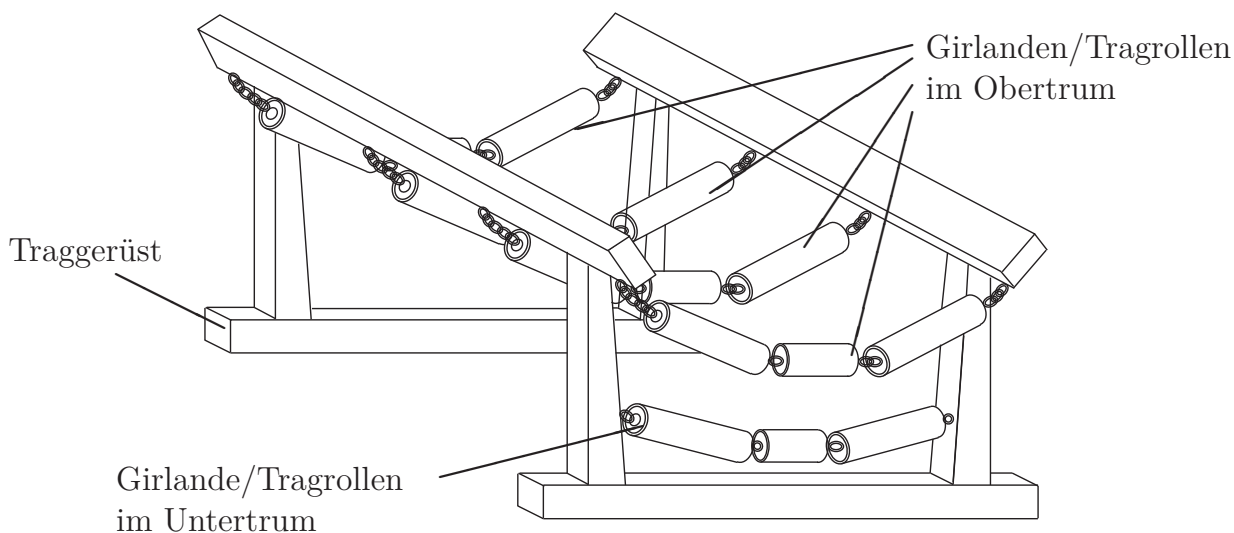


Bild 2.2: Traggerüst mit Girlanden

Traggerüste kommen in erster Linie im offenen Bergbau zum Einsatz, sie lassen sich mit speziellen Raupen rücken. Auf diese Weise folgen Gurtförderer den voranschreitenden Abbaustellen, beispielsweise in Tagebauen. An Traggerüsten werden mehrere Tragrollen über Gelenke miteinander verbunden und so zu Girlanden zusammengefasst. Die Anzahl an Tragrollen pro Girlande variiert zwischen zwei und fünf. Im Rheinischen Revier werden beispielsweise dreigliedrige Girlanden eingesetzt. In den östlichen Tagebauen Deutschlands kommen fünfgliedrige Girlanden zum Einsatz.

An örtlich unveränderlichen Anlagen wie Kraft- oder Hüttenwerken sind Tragrollen in Rollenstühlen gelagert. Diese sind starr auf dem Boden verankert und schlanker ausgeführt als Traggerüste. Rollenstühle sind daher deutlich kostengünstiger. Jeweils zwei übereinander angeordnete Rollenstühle bilden Ober- und Untertrum. Die Tragrollen selbst werden lose in den Rollenstuhl eingelegt und durch den aufliegenden Fördergurt fixiert.

Werden abrasive Medien transportiert, so besteht die Gefahr von Materialanhaftung auf der Oberfläche des Fördergurtes. Hieraus resultieren Unterschiede in der Dicke des Gur-