
AiF-Mitgliedsvereinigung (MV)

AiF-Vorhaben-Nr:

AiF-Antrags-Nr.: /

Blatt-Nr./BA-Nr.: /

Aktenzeichen der MV

(wird von der AiF eingesetzt)

Kurzbeschreibung zum Forschungsantrag

GroBa-Dyn

Verifizierte elektro-mechanische Simulation zum dynamischen Verhalten von Antrieben in Großbandanlagen

1. **Forschungsthema**
2. **Wissenschaftlich-technische und wirtschaftliche Problemstellung**
3. **Forschungsziel / Ergebnisse / Lösungsweg**
 - 3.1 Forschungsziel
 - 3.2 Lösungsweg zur Erreichung des Forschungsziels
4. **Wirtschaftliche Bedeutung des Forschungsthemas für kleine und mittlere Unternehmen (KMU)**
 - 4.1 Voraussichtliche Nutzung der angestrebten Forschungsergebnisse
 - 4.2 Möglicher Beitrag zur Steigerung der Leistungs- und Wettbewerbsfähigkeit der KMU's
5. **Umsetzungskonzept für die angestrebten Forschungsergebnisse**
6. **Durchführende Forschungsstelle**
 - 6.1 Leiter der Forschungsstelle
 - 6.2 Projektleiter

Ort, Datum

Unterschrift des Leiters und Stempelabdruck
der Forschungsstelle

1 Forschungsthema

GroBa-Dyn - Verifizierte elektro-mechanische Simulation zum dynamischen Verhalten von Antrieben in Großbandanlagen

Bewertung der Einflüsse elektrischer und mechanischer Komponenten auf das dynamische Verhalten von Antrieben in Großbandanlagen mittels Betriebsmessung und Simulation

2 Wissenschaftlich technische und wirtschaftliche Problemstellung

Braunkohle ist der einzige heimische Energieträger der in Deutschland wettbewerbsfähig und in entsprechenden Mengen zur Verfügung gestellt werden kann. Er wird in den Revieren Rheinland, Mitteldeutschland und in der Lausitz in großen Tagebauen gewonnen. Braunkohle leistet mit rund 27% einen wichtigen Beitrag zur Stromerzeugung. Gleiches gilt für die Energieversorgung insgesamt. Für in den Tagebauen zu bewegendende Massenströme werden Großbandanlagen eingesetzt. So befinden sich im Rheinischen Braunkohlenrevier Gurtförderer mit einer Gesamtlänge von ca. 240 km für Nennmassenströme bis zu 37 500 t/h im Einsatz. Als Antriebe dienen Asynchron-Schleifringläufermotoren mit einer ständerseitigen Speisespannung von 6 kV, die über externe Läuferwiderstände in mehreren Stufen strom- bzw. zeitgesteuert auf Nenndrehzahl hochgefahren werden. Beim Anlauf dieser Motoren kommt es beim Kennlinienwechsel zu dynamischen Momentenanregungen, die sich als Zusatzbelastung von Antriebsstrang und Fördergurt auswirken. Des Weiteren können in dieser Betriebsphase, insbesondere an den Heckantrieben der Förderer, verschleißintensive Schlupfvorgänge zwischen Trommel und Gurt auftreten.

Hier würden drehzahlregelbare Motoren die Möglichkeit bieten, Anlauf- und Bremsvorgänge gurt- und antriebsstrangschonend zu gestalten.

Mit drehzahlvariablen Maschinen ließe sich

- ein besserer Laufausgleich bei Mehrmotorenantrieb und
- die Anpassung der Fördergeschwindigkeit des Gurts an den vom Bagger gelieferten, in der Regel diskontinuierlichen Massenstrom, realisieren.

Diesen Vorteilen stehen jedoch auch Risiken gegenüber, da beim Betrieb mit veränderlicher Drehzahl Resonanzsituationen im Drehschwingungssystem Motoranker/Untersetzungsgetriebe/Trommel eintreten können, die z. B. durch Selbsterregung aus den Zahneintrittsstößen einzelner Getriebestufen verursacht werden. In diesen Resonanzsituationen lässt sich eine Bandanlage nur im eingeschränkten Drehzahlbereich betreiben. Einschlägige Erfahrungen wurden in den ostdeutschen Tagebauen und im chilenischen Kupferbergbau nach Einführung drehzahlvariabler Antriebe gemacht.

Vor einer Einführung drehzahl geregelter Gurtbandantriebe sollten daher eingehende analytische und messtechnische Untersuchungen des Schwingungsverhaltens typischer Antriebskonfigurationen durchgeführt werden können.

Auf das dynamische Verhalten der Schwingungssysteme nehmen als Anregungsfunktionen

- die Luftspaltpmomente der Motoren,
- die Zahneintrittsstöße der Getriebestufen,
- die Einwirkung der mechanischen Bremsen
- der stochastische Massenzustrom auf den Fördergurt und
- die Schlupfsituation der Reibpaarung Trommel/Gurt

Einfluß.

Die dynamische Systemreaktion wird bestimmt von der Feder-Masse-Dämpfungs-Konstellation des jeweiligen Antriebs sowie, allerdings wegen der relativ weichen Ankopplung in reduziertem Umfang, von der Beladung und den Kenngrößen des Fördergurts.

Wesentliche Komponenten der Antriebsstationen, nämlich Motorkupplung, Bremsystem, Zahnradgetriebe und Antriebstrommeln werden dem Braunkohlenbergbau traditionell von mittelständisch strukturierten Unternehmen (KMU's) geliefert und beim Anlagenbetreiber zu Systemen zusammengestellt.

Im vorliegenden Projekt sollen auf der Grundlage von Betriebsmessungen und rechnergestützter Modellierung Gestaltungsrichtlinien für drehzahlregelbare Antriebe von Gurtförderern erarbeitet werden, die es den mittelständischen Komponentenlieferanten ermöglichen, ihre Produkte so in die entstehenden Antriebssysteme zu integrieren, dass Resonanzvorgänge auf enge Drehzahlbereiche beschränkt und durch konstruktive Maßnahmen hinsichtlich ihrer Amplituden beherrscht werden.

Durch Anwendung der zu entwickelnden Richtlinien können einschlägige KMU's Know how aufbauen, das ihnen sowohl im heimischen Braunkohletagebau als auch bei Projekten des internationalen Bergbaus einen Wettbewerbsvorsprung sichert.

3 Forschungsziel, Ergebnisse, Lösungsweg

3.1 Forschungsziel

Im hier vorgestellten Projekt soll untersucht werden, wie sich eine mögliche Umrüstung der beispielsweise im Rheinischen Braunkohlenrevier als Bandantriebe eingesetzten Synchron-Schleifringläufermotoren auf eine Speisung mittels Frequenzumrichter hinsichtlich des dynamischen Verhaltens bei variabler Drehzahl auswirken würde.

Die Schwingungsreaktionen der Bandantriebsstationen sind dabei sowohl durch Messungen im Betrieb als auch modellmäßig am Rechner zu betrachten. Die Simulationen sollen zunächst auf die elektrische Maschine und ihre Drehzahlregelung sowie die mechanischen Komponenten der Antriebe fokussiert sein.

In einem zweiten Schritt wären instationäre Vorgänge kompletter Bandanlagen zu simulieren und dabei auch die Schlupfprobleme an den Heckantrieben nachzubilden und einer steuerungstechnischen Lösung zuzuführen.

Mit Hilfe der durch die Ergebnisse von Betriebsmessungen optimierten Simulationsmodelle wird es möglich sein, Konstruktions- und Hochlaufsteuerungs-Richtlinien für resonanz- und schlupfarme Konfigurationen von drehzahlregelbaren Antrieben für Großbandanlagen des Braunkohlentagebaus zu formulieren.

3.2 Lösungsweg zur Erreichung des Forschungsziels

Der Lösungsweg zur Zielerreichung des Projekts setzt sich aus drei Schritten zusammen.

Zunächst sind repräsentative Antriebsstationen von Gurtbandförderern des Rheinischen bzw. des ostdeutschen Braunkohlenreviers auszuwählen und detaillierte Simulationsmodelle unter Einbeziehung der schwingungsrelevanten elektrischen und mechanischen Komponenten zu erstellen.

Die entstehenden Modelle müssen sodann durch Betriebsmessungen an den gewählten Förderanlagen iterativ verbessert werden, so dass rechnergestützte Parametervariationen zu belastbaren Ergebnissen führen. Wesentliche Messgrößen sind dabei die Drehmomente am Getriebeein- und -ausgang, die Motorströme im Ständer und Läufer sowie die Antriebsdrehzahl und die Gurtgeschwindigkeit.

Im dritten Projektschritt sollen aus Messung und Simulation Bewertungskriterien für die konstruktive und steuerungstechnische Ausführung von Antriebsstationen abgeleitet werden. Ein wichtiges Hilfsmittel wird dabei das zu entwickelnde einfache Software-Werkzeug zur Abschätzung von Eigenfrequenzen und Eigenformen der unterschiedlichen Antriebskonzepte sein. Damit lassen sich bereits in der Konstruktionsphase Campbell-Diagramme erstellen, so dass durch gezielte Variation der antriebstechnischen Komponenten die betriebskritischen Drehzahlbereiche weitgehend eingengt und das regelungstechnische Zusammenspiel zwischen Mechanik und Elektrik optimiert werden können.

4 Wirtschaftliche Bedeutung des Forschungsthemas für kleine und mittlere Unternehmen (KMU)

4.1 Voraussichtliche Nutzung der angestrebten Forschungsergebnisse

Die Zulieferbetriebe für die Komponenten der Antriebsstationen von Gurtbandanlagen (Trommeln, Getriebe, Kupplungen, Bremssysteme, Umrichter, etc.) sind zum großen Teil der mittelständischen Industrie zuzurechnen. Größere interdisziplinäre Forschungsprojekte, wie das hier beantragte, übersteigen die personellen und finanziellen Möglichkeiten dieser Unternehmen. Zudem verfügen die Lieferanten von Komponenten zwar über ausgezeichnete Spezialkenntnisse hinsichtlich ihres jeweiligen Produkts, jedoch mangelt es an Wissen über Wirkung und Beanspruchung der Einzelkomponenten in einem komplexen elektro-mechanischen System, wie es ein Bandantrieb darstellt.

Die angestrebten Forschungsergebnisse werden bei den KMU's in den Bereichen Projektierung, Entwicklung und Konstruktion von Komponenten und elektromechani-

schen Systemen zum Antrieb von Stetigförderanlagen der Rohstoffgewinnung ihre Anwendung finden.

Mit den zu erarbeitenden Konstruktionsrichtlinien sowie einer einfachen Berechnungsroutine zur Abschätzung des Schwingungsverhaltens wird es den Herstellern antriebstechnischer Komponenten möglich sein, betriebliche Schadensfälle zu vermeiden und die Verfügbarkeit und Lebensdauer der von Ihnen ausgerüsteten Systeme zu steigern.

4.2 Möglicher Beitrag zur Steigerung der Leistungs- und Wettbewerbsfähigkeit der KMU's

Auf die Wettbewerbsvorteile für die Hersteller antriebstechnischer Komponenten, die sich bei verbesserter Kenntnis des Systemverhaltens elektromechanischer Gurtbandantriebe ergeben, wurde bereits hingewiesen. Die Auswahl von elastischen Kupplungen, Zahnradgetrieben und Antriebstrommeln werden durch die angestrebte integrierte Betrachtung des Zusammenspiels zwischen Elektrik und Mechanik mit einer gesicherten Grundlage gestützt. Lastzustände, Lebensdauerabschätzung, Gewährleistungszusagen und Anlagenverfügbarkeit können bereits in der Konstruktionsphase realistisch vorherbestimmt werden und somit die wirtschaftlichen Risiken der KMU's reduziert und ihre Fachkompetenz gestärkt werden. Die durch das Projekt bereitgestellte Methodik bleibt dabei nicht auf Bergbauanwendungen beschränkt, sondern lässt sich mit Erfolg auf zahlreiche Aufgabenstellungen des Anlagen- und Schwermaschinenbaus anwenden.

5 Umsetzungskonzept für die angestrebten Forschungsergebnisse

Die Ergebnisse aus Betriebsmessungen an und Simulationen von Gurtfördererantrieben und kompletten Bandanlagen werden umgesetzt in Form von Konstruktionsrichtlinien für Antriebssysteme und Auswahlhilfen für die Systemkomponenten.

Diese Unterlagen und die aus ihnen abzuleitende Methodik bei der Gestaltung zukünftiger Großbandanlagen und ihrer Antriebskonzepte sollen im Rahmen von Workshops zunächst den Mitgliedern des projektbegleitenden Ausschusses und anschließend der einschlägigen Zulieferindustrie übermittelt werden.

Projektbegleitend wird die Fachöffentlichkeit durch Publikationen in für die Branchen relevanten Zeitschriften über den Arbeits- und Erkenntnisfortschritt informiert.

Interessierten Fachfirmen sollen die zu entwickelnden vereinfachten Berechnungsroutinen zur Beurteilung des dynamischen Verhaltens der aus Komponenten zusammengesetzten Antriebsstationen zur Verfügung gestellt und das Fachpersonal entsprechend geschult werden.

Ferner ist vorgesehen, über das Projekt auf Fachtagungen wie der Schüttgut-Tagung an der TU Magdeburg, dem Maschinenelementekolloquium der TU Dresden oder dem Aachener Kolloquium für Instandhaltung, Diagnose und Anlagenüberwachung (AKIDA) zu berichten. Darüber hinaus werden die Ergebnisse in die vom IBH der RWTH Aachen angebotenen Lehrveranstaltungen „Fördertechnik und Logistik in Bergbau, Hüttenwesen und Entsorgungstechnik“ sowie „Anlagenüberwachung und Instandhaltung“ einfließen.

6 Durchführende Forschungsstelle

Institut für Bergwerks- und Hüttenmaschinenkunde der RWTH Aachen, Wüllnerstr. 2.
52056 Aachen.

6.1 Leiter der Forschungsstelle

Universitätsprofessor Dr.-Ing. A. Seeliger

6.2 Projektleiter

Prof. Dr.-Ing. P. Burgwinkel