

Realisierung einer kostengünstigen Positioniersteuerung

Gieleßen, H.

Für eine intermittierend arbeitende Papiertransportvorrichtung wird ein einfach und kostengünstig zu realisierendes Antriebskonzept vorgestellt. Dieses erlaubt eine exakte Positionierung, automatische Arbeitsweise und manuellen Eingriff durch den Bediener.

A concept for a simple and cost efficient mechanism for intermittent paper advancement, allowing precise positioning in both automatic and manual operation modes, is presented.

1 Anforderungen an die Transporteinheit

Eine komplette Papiertransporteinheit, bestehend aus den mechanischen Komponenten und den Komponenten der Steuerung wurde von einem Projektteam des IMW entworfen. Die in einem größeren Gerät integrierte Transporteinheit arbeitet für sich autonom. Die Kommunikation mit dem Hauptgerät besteht lediglich in der Entgegennahme eines Startimpulses und dem Absetzen einer Meldung über die erfolgte Positionierung.

Die Transporteinheit hat die Aufgabe, innerhalb einer möglichst kurzen Zeit das sich im Arbeitsbereich befindende Papier aus diesem heraus zu bewegen und dem Arbeitsprozeß einen neuen Papierabschnitt zur Verfügung zu stellen. Für den automatischen Betrieb ist der Vorgang des Transportierens und Positionierens auf Anforderung ständig fortlaufend zu wieder-

holen. Beim Ausbleiben des Startimpulses bleibt die Transporteinheit in Wartestellung. Die Transportrichtung im automatischen Betrieb ist Vorwärts. Für Korrekturen durch das Bedienpersonal ist ein manueller Rückwärtsbetrieb vorgesehen.

2 Funktionsprinzip

Das zu transportierende Papier wird dem Gerät als Rollenware zugeführt. Der Papiervorrat ist in **Bild 1** als Wickel bezeichnet. Dem Arbeitsprozeß wird das Papier auf einer ebenen Fläche in der Mitte der Transporteinheit zur Verfügung gestellt. Nach Beendigung des Prozesses wird die Papierbahn von Motor 2 um eine Prozeßlänge transportiert und neues Papier in den Arbeitsbereich gebracht. Dieser Transport erfolgt mit hoher Geschwindigkeit, damit der folgende Arbeitsprozeß mit möglichst geringer Wartezeit begonnen werden kann.

Begrenzend für die Beschleunigung sind das Motorträgheitsmoment und das Trägheitsmoment des Antriebsstranges, bestehend aus den Andruckrollen und einem Zahnriementrieb. Der Transportgeschwindigkeit kann der Papierwickel aufgrund seines hohen Trägheitsmomentes nicht unmittelbar folgen. Aus diesem Grunde befindet sich zwischen dem Wickel und der Arbeitsfläche eine Pufferschleufe. Diese stellt ca. die Hälfte der in einem Arbeitsprozeß benötigten Papiermenge zur Verfügung. Wenn der Motor 2 das Pa-

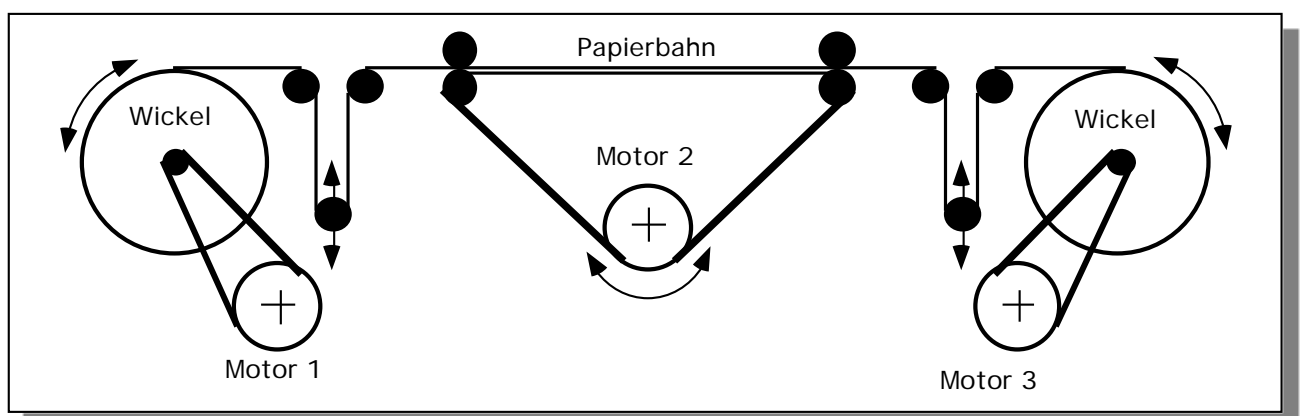


Bild 1: Prinzipskizze des Papierlaufs der Transporteinheit

pier transportiert, entnimmt er es zunächst der Vorratschlaufe. Die Verringerung des Schlaufeninhalts wird detektiert und Motor 3 läuft an, um die Schlaufe wieder zu füllen. Dieser Vorgang wird im automatischen Betrieb nur vom Schlaufenfüllstand gesteuert. Der Vorgang ist so eingestellt, daß während des Transportes die Schlaufe fast geleert wird, bevor der Papierwickel soweit beschleunigt ist, daß ein Gleichgewicht zwischen der in die Schlaufe zulaufenden und der abgezogenen Papiermenge besteht.

Der Vorgang der Papieraufwicklung läuft im Prinzip analog zur Papierabwicklung. Auch hier kann aufgrund des Trägheitsmomentes des Papierwickels die Aufwicklung nicht unmittelbar mit der Papiertransportgeschwindigkeit erfolgen. Eine zweite, mit einem Gewicht belastete, Pufferschlaufe sorgt für eine kontrollierte Zwischenspeicherung des abgelaufenen Papiers. Das gemessene Schlaufenvolumen steuert auch hier die Wickelgeschwindigkeit des Motors 3 der Aufwicklung. Diese Steuerungseinheit arbeitet im automatischen Betrieb autonom und wird ebenfalls nur durch den gemessenen Schlaufeninhalt gesteuert.

3 Steuerung des Papiertransportes

Aus Kostengründen wurden einfache Gleichstromtriebmotoren eingesetzt, wie sie in hohen Stückzahlen am Markt verwendet werden. Durch ein integriertes Schneckengetriebe besitzen sie ein hohes Drehmoment bei immer noch für diesen Zweck ausreichenden Drehzahlen. Gleichstrommotore besitzen eine weiche Kennlinie, wodurch sie für diesen Einsatzzweck ideal geeignet sind. Durch den relativ sanften Anlauf treten übermäßige Stoßbelastungen in der Papierbahn nicht auf. Dadurch, daß ein Rutschen der Antriebswalzen im Moment des Anfahrens nicht auftritt, kann erst die hohe Positioniergenauigkeit erreicht werden und es wird

eine Beschädigung der Papieroberfläche vermieden. Ferner ist keine besondere Anlaufschaltung notwendig, vielmehr kann der Motor direkt mit dem maximalen Motorstrom beschleunigt werden.

Nachteilig gegenüber z.B. Schrittmotoren ist es, daß der zurückgelegte Drehwinkel nicht unmittelbar als Wert bekannt ist und auch nicht aus der Ansteuerung des Motors abgeleitet werden kann. Es ist also ein zusätzlicher Drehgeber erforderlich, um die Istposition zu erhalten.

Die Einfachheit der realisierten Steuerung besteht darin, daß auf eine Regelung im herkömmlichen Sinne verzichtet wurde und stattdessen mit einem simplen Soll-Ist-Vergleich eine präzise Positionierung erreicht wird. Charakteristika der Komponenten des Antriebsstranges, wie die Kennlinie des Motors, das Bremsverhalten des Motors, Trägheitsmomente etc. spielen praktisch keine Rolle. Auf eine aktive Bremsung des Motors wurde ebenso verzichtet.

Der Transportzyklus gliedert sich in zwei Teilabschnitte (**Bild 2**). Im ersten Abschnitt wird ein schneller Transport bis nahe an die Zielposition ausgelöst. Hieran schließt sich ein zweiter Abschnitt an, welcher der Feinpositionierung dient.

Im Bereich der Grobpositionierung wird der Motor zunächst mit der vollen Nennspannung angesteuert.

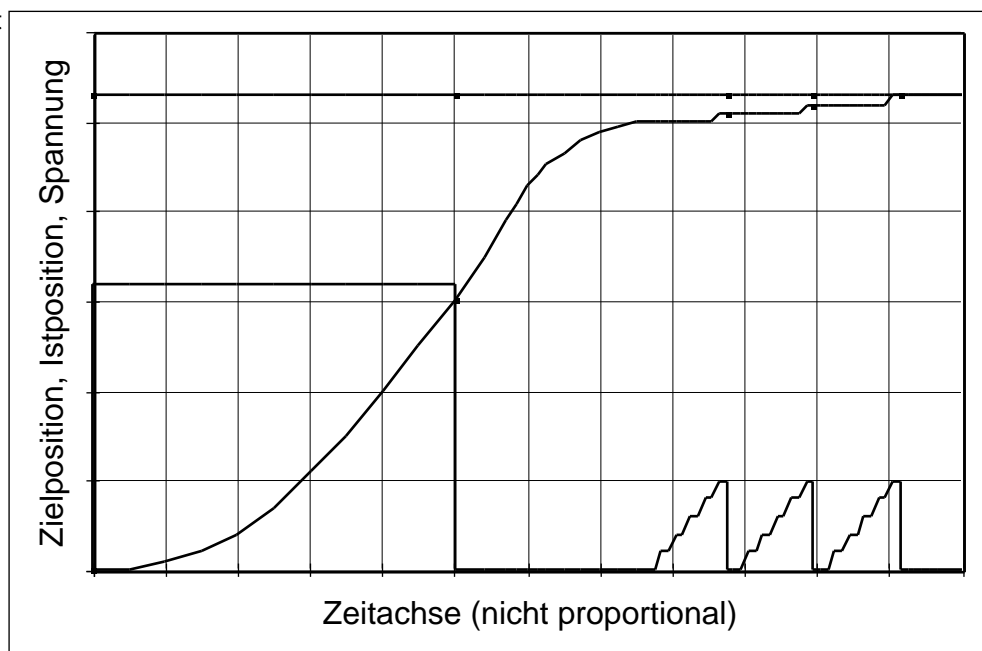


Bild 2: Zeitlicher Verlauf der Motorspannung und der Position

Nach einer bestimmten Zeit, die empirisch ermittelt wurde, wird die Motorspannung abgeschaltet und der

Motor läuft, gebremst von den verschiedenen Reibungsverlusten des Antriebsstranges, aus. Der Abschaltpunkt ist so gelegt, daß der Papiertransport die Zielposition sicher nicht überschreitet. Die exakte Position wird mit einer anschließenden Feinpositionierung erreicht. Die Motorspannung wird stufenweise soweit erhöht, bis über den Drehgeber eine Bewegung erkannt wird. Die Motorspannung wird nun wieder abgeschaltet. Ist die Zielposition noch nicht erreicht, dann wird dieser Vorgang wiederholt (die Zeitachse in Bild 2 ist zur Illustration des Vorganges gedehnt). Es wird eine Positioniergenauigkeit, die der Auflösung des Drehwinkelgebers entspricht, erreicht. Dieses "Mikroschrittverfahren" überträgt den Vorteil einer winkelgenauen Ansteuerung, wie sie von Schrittmotoren her bekannt ist, auf einen Gleichstrommotor. Sobald die vom Antrieb geforderte Leistungsabgabe den Kleinstleistungsbereich überschreitet ist diese Methode wesentlich kostengünstiger als die Realisierung mit Schrittmotoren. Gleichzeitig erlauben Gleichstrommotoren bei hohem Motormoment höhere Drehzahlen als Schrittmotoren.

4 Schaltungstechnik

Alle drei Motoren verfügen über identische Motorsteuerungen, bei denen jeweils Sollwertverarbeitung und Endstufe auf einer Europakarte zusammengefaßt sind. Auf der Fläche einer weiteren Europakarte sind Funktionen zur Verarbeitung von Benutzereingriffen und zur manuellen Richtungsumschaltung realisiert.

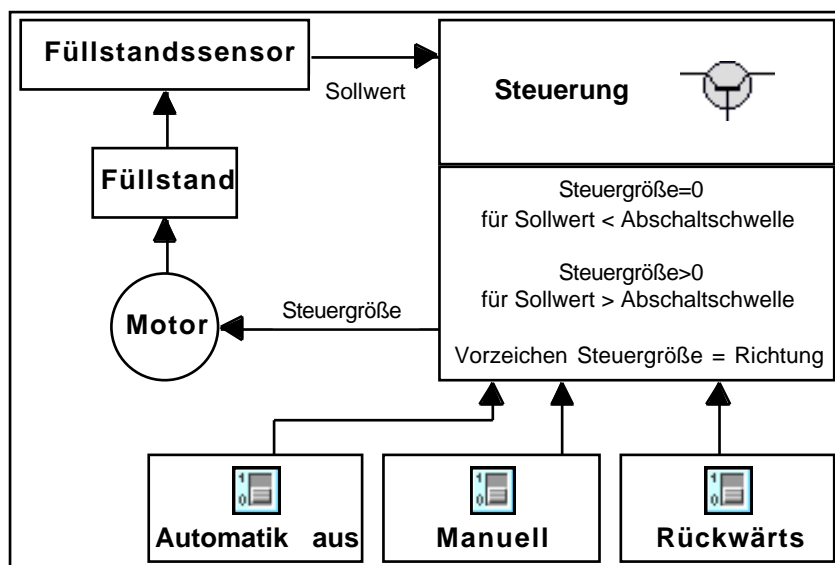


Bild 3: Blockschaltbild Schlaufenregelung

4.1 Schlaufenregelung

Die Erfassung des Schlaufenfüllstandes erfolgt durch einen verstellbaren Widerstand. Dieser gibt seinen ohmschen Wert als Sollgröße an die Motorsteuerung (Bild 3), die hieraus eine Steuergröße für den Motor ableitet. Der Rückkopplungszweig arbeitet als negative Rückkopplung, die in einer stabilen Endlage konvergiert. Für die Abwicklung (Motor 3) ist diese Endlage erreicht, wenn die Pufferschlaufe gefüllt ist, für die Aufwicklung (Motor 1) entsprechend, wenn die Pufferschlaufe geleert ist. Das Erreichen der Endlagen wird detektiert, indem der vom Schlaufenfüllstandssensor abgegebene Wert mit einer einstellbaren Abschaltschwelle verglichen wird. Die Charakteristik des Gesamtsystems ist so beschaffen, daß in der Nähe der Endlagen die Motoren nur noch mit minimaler Geschwindigkeit laufen, so daß ein sanftes Anlaufen und Stoppen erreicht wird.

Für manuelle Eingriffe kann der Bediener die Automatik abschalten. Über eine Bedientafel kann ein Transport in beide Richtungen ausgelöst werden.

4.2 Steuerung des Transportes

Für die Steuerung des Papiertransportes im Arbeitsbereich findet die gleiche Steuerungsbaugruppe Verwendung. Unterschiedlich ist lediglich die (externe) Aufbereitung der Regelgröße (Bild 4). Für die Positionserfassung wird ein 2-kanaliger Drehwinkelgeber eingesetzt, dessen Impulse an einen Steuerrechner

(PC), der in der Anlage mit anderen Steuerungsaufgaben befaßt ist und der Einfachheit halber mitbenutzt wird, geleitet werden. Der PC gibt über 4 I/O-Leitungen einen binären Wert an einen D/A-Wandler aus, der eine analoge Steuerspannung für die Endstufe der Motorsteuerung erzeugt. Die Steuerspannung wird in genau derselben Art in eine Betriebsspannung für den Motor umgesetzt, wie es in der Schlaufenregelung mit dem Signal des Füllstandssensors geschieht. Hierdurch ist es möglich, dieselbe Steuerelektronik für alle drei Motoren zu verwenden.

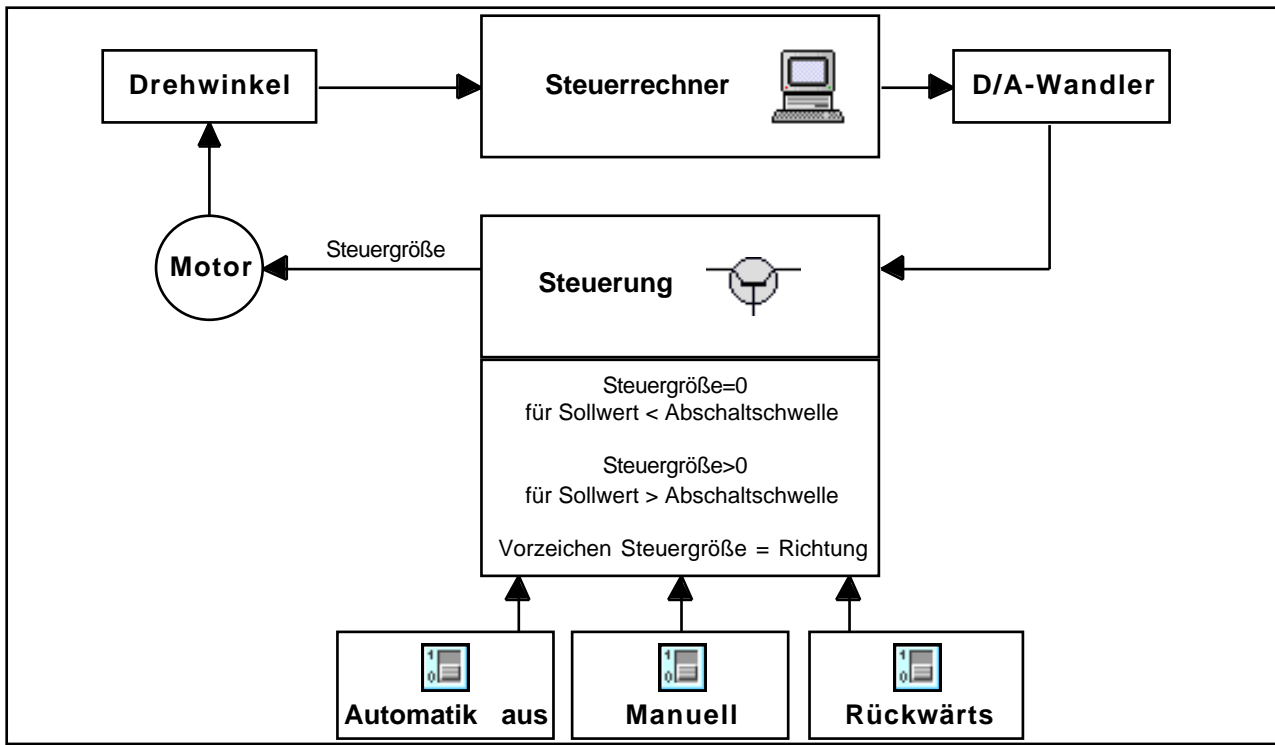


Bild 4: Blockschaltbild Transportsteuerung

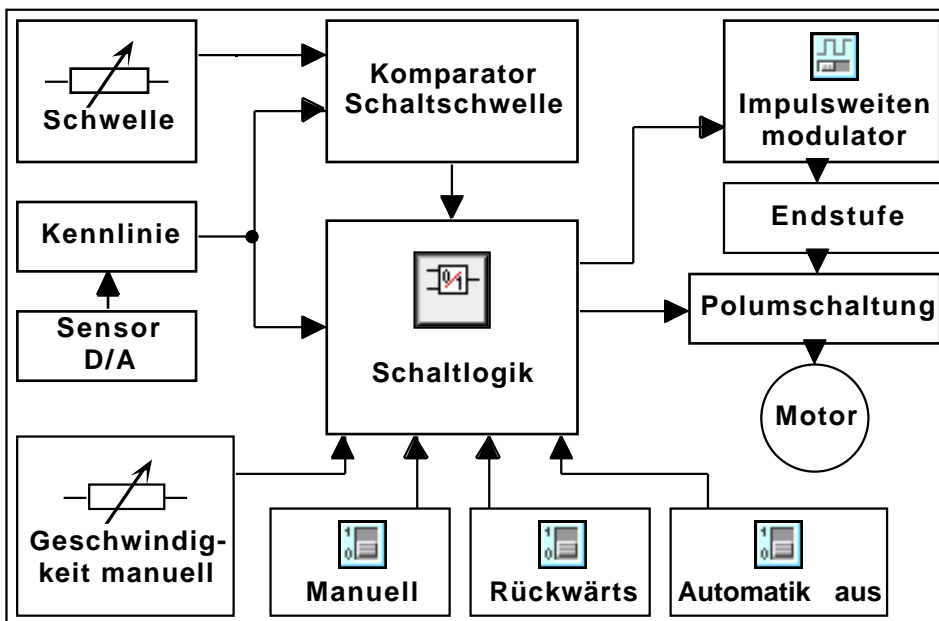


Bild 5: Details der Steuerung

Motor wird über einen Impulsweitenmodulator und eine Endstufe mit einer gepulsten Betriebsspannung versorgt. Die IWM-Schaltung hält die Verlustleistung gering. Eine Schaltlogik, bestehend aus mehreren in Motornähe angebrachten Bedientafeln und einer Logikplatine steuert die Motorsteuerung gemäß der benötigten Funktion an. Eine ebenfalls von der Schaltlogik angesteuerte Polumschaltung (Relais) bewirkt die Richtungsumkehr.

4.3 Details der Steuerung

Der Aufbau der Steuerelektronik inklusive der assoziierten Einheiten zur Verarbeitung von Benutzereingriffen und zur manuellen Richtungsumschaltung ist in **Bild 5** im Überblick dargestellt. Die Kennlinie des Füllstandssensors bzw. die Stufung der analogen Steuerspannung kann gespreizt und verschoben werden. Ein Komparator mit optischem Indikator vergleicht das Signal mit der Schaltschwelle und setzt gegebenenfalls die Ansteuerung des Motors still. Der

5 Fazit

Die Zielvorgabe einer kosteneffizienten, autonomen und schnellen Transportsteuerung für Papierbahnen wurde mit einfachen Mitteln realisiert. Das Konzept hat im Praxiseinsatz seine Zuverlässigkeit nachgewiesen, obwohl es aufgrund der vorgegebenen Restriktionen nicht die technisch optimale Lösung darstellt. Eine Adaption für verschiedene Einsatzgebiete ist einfach und eine Realisierung ist für beliebige Leistungsklassen möglich.