

ENTWICKLUNG EINES FAHRWERKS FÜR EINEN 3D-LINEARANTRIEB

C. Löffler, Q. Maurus

1 EINLEITUNG

Für viele Einsatzbereiche in der Industrie, vor allem in Produktionszweigen mit hohem Automatisierungsgrad, sind der Transport und das Handhaben der zu fertigenden Güter ein zentrales Thema. Der stetige und wachsende Druck nach Effizienz und Flexibilität rückt immer mehr Aspekte wie Modularbauweise, Adaptivität und Einfachheit der Systeme in den Vordergrund. Letzteres kommt natürlich einer weiteren wichtigen Forderung entgegen, nämlich der Wartungsfreiheit bzw. -armut. Je nach Produktionsgut und -verfahren werden darüber hinaus enorme Anforderungen an Präzision und Dynamik solcher Transportsysteme gestellt. Herkömmliche Bandsysteme, Kettenantriebe, Spindeln, usw. benötigen für die dreidimensionale Strukturierung eine Vielzahl von mechanischen und elektrischen Komponenten und sind zudem im Gesamtaufbau Spezialanfertigungen.

Das am IMAB konzipierte Langstator-Antriebssystem soll ein oder mehrere passive Fahrzeuge bewegen und dies nicht nur auf einer Ebene sondern auch im 3-D-Raum. Daher sind alle Komponenten des Antriebes und der Führung den komplexen Anforderungen entsprechend neu zu entwickeln. Schon das Grundprinzip des gesamten Antriebes fördert und beinhaltet maßgeblich die Ansprüche nach Flexibilität, einfacherer Strukturierung und Modularität. Da sich in der Konstruktion und Entwicklung dieses Antriebes sowohl auf Fahrzeug, als auch auf Fahrwegseite viele Aufgabenstellungen ergeben, beschränkt sich dieser kurze Bericht nur mit der Problematik des Fahrwerks.

2 ANFORDERUNGEN AN DAS FAHRWERK

Das Transportsystem basiert auf einem Linearmotor in der Form eines gekrümmten Langstators und eines permanentmagnetbestückten Translators. Daher muss das Fahrwerk die magnetischen Normalkräfte zusätzlich zum Eigengewicht und den dynamisch wirkenden Kräften aufnehmen. Der Fahrweg besteht aus einem Zweirohrsystem, welches in Verbindung mit dem Fahrwerk des Fahrzeugs die Führungsfunktion übernimmt. Diese Art der Führung findet sich häufig bei herkömmlichen Achterbahnen wieder. Das Fixieren der beiden Rohre auf einem dreidimensionalen Kurvenzug erfolgt in regelmäßigen Abständen durch U-förmige Halterungen, die zum Einen eine bestimmte Spurbreite zwischen den Rohren definieren und zum Anderen beidseitig den Stator aufnehmen können. Darüber hinaus dienen sie zur Befestigung der Fahrstrecke am Boden. Aufgrund der Fertigungstoleranzen bei der Herstellung der Fahrbahnrohre entstehen zwischen den Halterungen Abweichungen in der Spurbreite, welche durch das Fahrwerk des Fahrzeugs ausgeglichen werden müssen. Das Fahrwerk gewährleistet sowohl auf Geraden als auch in Kurven die Kollisionsfreiheit zwischen Stator und Translator.

Die Entwicklung einer steifen Anbindung, die die Kollisionsfreiheit garantiert und die wirkenden Kräfte aufnimmt, sowie zugleich die Entwicklung einer flexiblen Anbindung, die die Toleranzen der Spurbreite ausgleichen kann, stellt eine Herausforderung an die Konstruktion des Fahrwerks dar. Darüber hinaus ist die Geräuschentwicklung ein nicht zu unterschätzender Faktor, der bei der Entwicklung mit berücksichtigt werden muss.

3 ENTWICKLUNG DES FAHRWERKS

Um die bereits erwähnten Anforderungen und Aufgaben an das Fahrwerk umzusetzen, wurden einige Varianten entwickelt, von denen die drei wesentlichen im Folgenden näher erläutert werden sollen.

3.1 Variante 1

Um grundlegende Mechanismen des Fahrwerks zu betrachten und die Umsetzung der Antriebsregelung zu ermöglichen, ist die erste Variante nur für die Fahrt auf einem geraden Fahrweg geeignet. Eine Federmechanik sorgt mittels seitlicher Führungsrollen für den Ausgleich der Spurbreitentoleranz. Über die Tragrollen und eine Höhenverstellung ihrer Achsen lässt sich ein gewünschter Luftspalt im Antrieb einstellen (**Bild 1**).

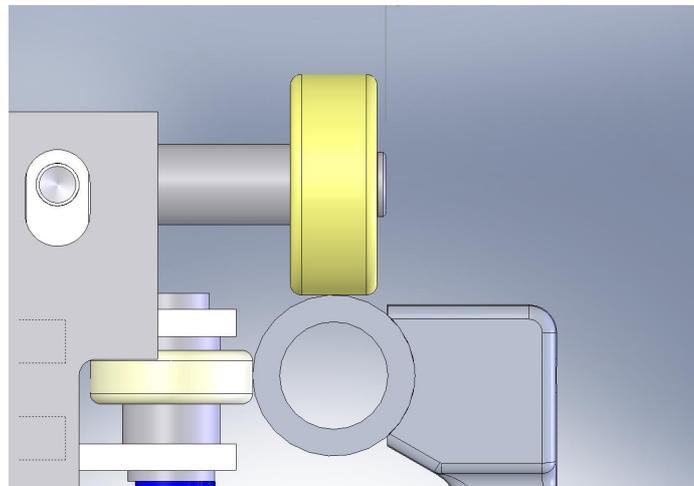


Bild 1: Ausschnitt des Fahrwerks Variante 1

Durch das Antriebssystem entstehen im passiven Betriebszustand erhebliche Anziehungskräfte zwischen Translator und Stator. Mit diesem einfachen Aufbau kann festgestellt werden, inwiefern die einzelnen Komponenten des Fahrwerks nachgeben und es eventuell zur Kollision kommt. Die magnetischen Gesetzmäßigkeiten ergeben im Vorfeld, dass mit geringer werdendem Luftspalt die Normalkräfte überproportional zunehmen. Die Anordnung von Translator und Stator könnte darüber hinaus dazu führen, dass bei dieser Rollengeometrie das Fahrzeug bei einem unsymmetrischen Luftspalt seitlich verkippt und eine Fahrwerkseite vollständig abhebt bis der Translator am Stator anliegt. Um unnötigen Fahrgeräuschen vorzubeugen, sollten die Rollen aus Kunststoff bestehen, wobei durch Langzeitfahrttests zunächst die Haltbarkeit des Kunststoffs ermittelt werden muss.

3.2 Variante 2

Variante 2 des Fahrwerks basiert auf den grundlegenden Ausführungen des ersten Prototyps und ermöglicht darüber hinaus die Fahrt durch Kurvensektionen. Aufgrund der Translatorenlänge ergibt sich im Kurvenbereich bei den geplanten Radien eine Luftspaltvergrößerung von bis zu mehreren Millimetern an den Fahrzeugenden. Um eine bessere Annäherung an den Kurvenzug zu erreichen, muss sich der Translator auf ein gewisses Mindestmaß dem Kurvenverlauf anpassen. Dies kann durch entsprechende Segmentierung oder eine flexible Mechanik bzw. Konstruktion erreicht werden. Bei beiden Strategien werden weitere Freiheitsgrade generiert. Für die räumliche Führung des Translators müssen damit zusätzlich weitere Fahrwerksträger bzw. Führungselemente integriert werden, die diese entstandenen Freiheitsgrade wieder kompensieren. Um das in Variante 1 beschriebene Abheben einer Fahrwerksseite zu verhindern, sind die seitlichen Führungsrollen etwas tiefer gesetzt und mit Fasen versehen. Damit greifen diese Rollen mit einer 45°-Schräge unter die Führungsrohre. Nachteil dieses Konzeptes könnte sein, dass die seitlichen Rollen zusammen mit den Tragrollen eine keilförmige Anordnung bilden (siehe **Bild 2**).

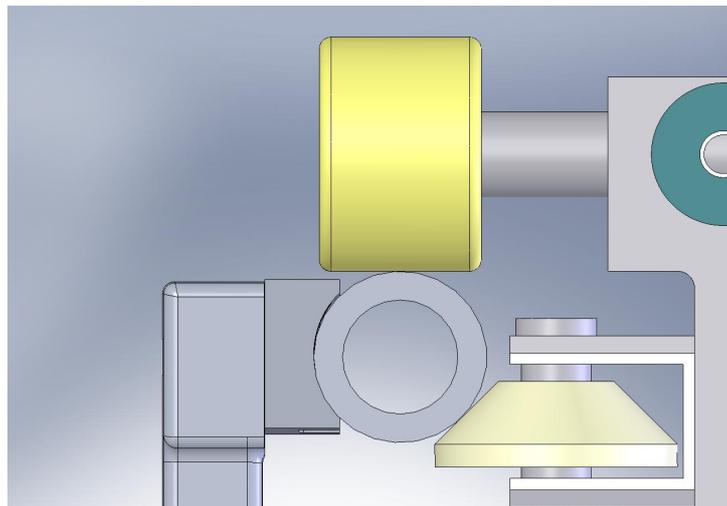


Bild 2: Rollengeometrie aus der Frontalansicht des Fahrzeugs

Dies führt zu einer Erhöhung des Rollwiderstands, den der Antrieb überwinden muss. Als schwierig erweist sich darüber hinaus, eine Spurbreitentolerierung zu konzipieren, die eine stabile Symmetrisierung des Fahrzeugs bezüglich der Fahrbahn bewirkt. Bei dieser Variante wäre eine Seite fest gelagert und dient als Anschlag, so dass das Fahrzeug entweder nur Links- oder Rechtskurven passieren kann.

3.3 Variante 3

Bei der 3. Variante werden die Schrägrollen wieder durch die seitlichen Führungsrollen der 1. Variante ersetzt. Dabei wird allerdings die Linearführung für den Federmechanismus auf ein rotatorisches Prinzip (siehe **Bild 3**) umgestellt, da dieses die großen Kräfte besser aufnimmt und nicht verklemmt. Gleichzeitig ist in die neue Konstruktion die geforderte Symmetrisierung integriert, mit deren Hilfe das Fahrzeug sowohl Rechts- als auch Linkskurven passieren

könnte, ohne dass Stator und Translator miteinander kollidieren. Dies kann durch eine Zahnradpaarung zwischen den beiden Hebeln einer Achse ermöglicht werden. Dadurch wird eine unabhängige Auslenkung der Hebel und somit ein seitlicher Versatz des Fahrzeugs verhindert. Ein entsprechendes Federelement zwischen den Hebeln sorgt für die nötige Vorspannung. Das Fahrzeug besitzt durch die weggefallenen Schrägrollen nun wieder den Freiheitsgrad, von den Führungsrohren abzuheben. Deshalb muss ein weiteres Rollen- bzw. Achsensystem unter die Fahrbahn greifen.

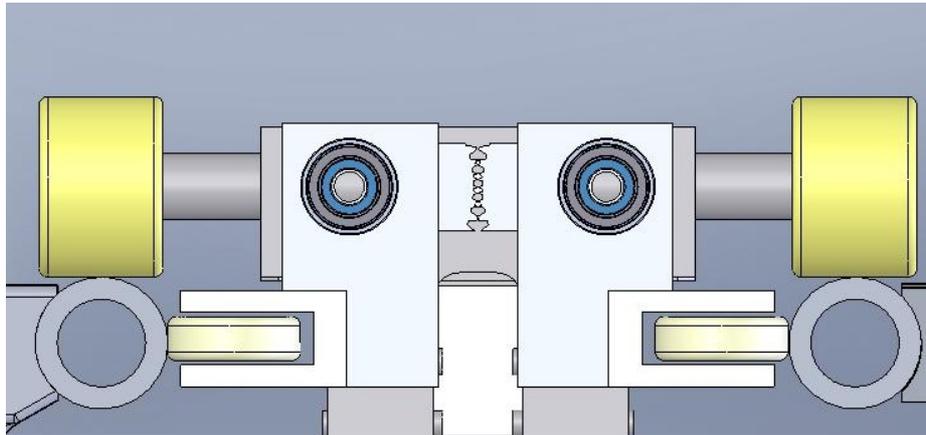


Bild 3: Variante 3 mit rotatorischem Spurbreitenausgleich (Federelement nicht dargestellt)

4 AUSBLICK

Für die Weiterentwicklung stehen noch weitere Konzepte zur Verfügung, wie z. B. die Variante, eine Lauffläche direkt auf dem Langstator zu installieren. Damit könnte das Fahrwerk des Fahrzeuges einfacher gestaltet werden und die Kraftflüsse würden sehr kurz ausfallen. Das Einstellen eines sehr stabilen und genauen Luftspaltes wäre somit möglich. Falls der verwendete Kunststoff der Fahrwerksrollen nicht die gewünschte Langzeitstabilität aufweist, müssen Alternativen gefunden werden. Die Verwendung von härteren Kunststoffen wirkt jedoch der angestrebten Minimierung der Fahr- bzw. Laufgeräusche entgegen. Die Lösung dieses Problems könnte eine Sandwichkonstruktion aus einem weichen und dämpfenden Kunststoff im Mittelbereich und einem äußeren Stahlreifen als Lauffläche sein (siehe **Bild 4**).

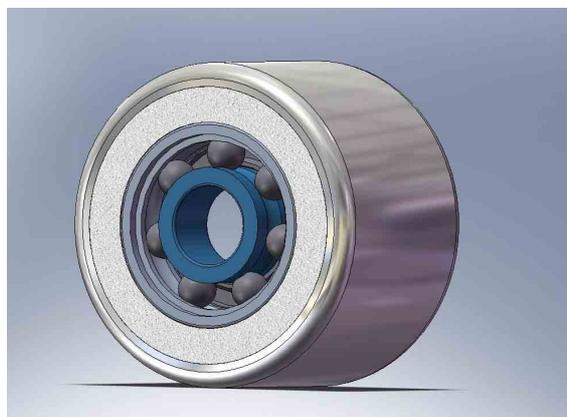


Bild 4: Laufrolle mit Dämpfungsschicht (hellgrau)