

Toroidlenker

Projektleitung
Prof. Dr.-Ing.
Stefan Gössner

Zeitraum
2010–2011

Förderung
Fachhochschule
Dortmund
Forschungsbudget

Kontakt
Prof. Dr.-Ing.
Stefan Gössner
Fachbereich
Maschinenbau
Fachhochschule
Dortmund
Sonnenstraße 96
44139 Dortmund
Tel.: 0231 9112-203
E-Mail: stefan.goessner
@fh-dortmund.de

Ein studentisches Gemeinschaftsprojekt der Fachbereiche Maschinenbau und Informatik der Fachhochschule Dortmund hat den Bau eines Simulators für Kleinflugzeuge zum Gegenstand. Die Aufgabe seitens des Maschinenbaus war anfangs hierbei die Konzeption einer Kabine mit zwei Drehfreiheitsgraden, um den Eindruck des Fliegens während der Flugsimulation beim Piloten körperlich subjektiv zu erzeugen. Eine initiale studentische Problemstellung war die Erstellung einer Übersicht möglicher Prinzipien der mechanischen Realisierung jener relevanter Drehfreiheitsgrade der Kabine, die an folgende Vorgaben geknüpft war:

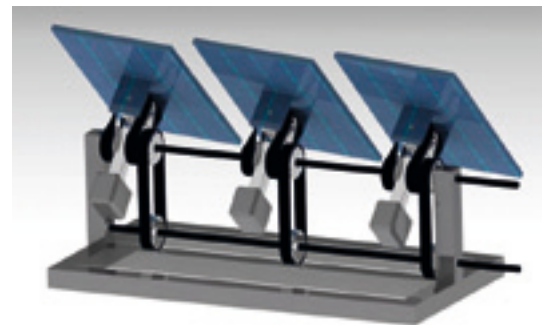
- Zwei rotatorische Freiheitsgrade (Rollen und Nicken)
- Stationäre – nicht mitbewegte – Antriebe
- Möglichst Drehantriebe
- Gewünschtes lineares Übertragungsverhalten

Die zusammengetragenen studentischen Lösungen listeten vom kardanischen Prinzip bis zu Parallelkinematiken, wie dem Hexapod, eine Reihe interessanter Ansätze auf und orientierten sich zum Teil an existierenden Flugsimulatoren. Jedoch hat letztlich keine davon all jenen Anforderungen genügt.

Schließlich kam die Idee eines Riemengetriebes auf, das alle obigen Anforderungen erfüllt. Die Bemühungen, mehr über diesen Mechanismus aus der Fachliteratur und durch Online-Recherche in Erfahrung zu bringen, blieben erfolglos. Das Getriebe erhielt somit die Bezeichnung Toroidlenker und wurde zum Patent angemeldet [1].

Auf einer im Gestell angeordneten stationären Achse sind ein Steg, sowie zwei stationäre Räder voneinander unabhängig drehbar gelagert. An seinem anderen Ende besitzt der Steg eine weitere mit ihm umlaufende Achse, die zur stationären Achse orthogonal ausgerichtet ist. Auf dieser umlaufenden Achse sind wiederum zwei, mit eben dieser Achse umlaufende Räder voneinander unabhängig drehbar gelagert. Über die stationären und die umlaufenden Räder läuft ein endloser Riemen. Werden die stationären Räder eines solchen Getriebes unabhängig voneinander angetrieben, so bewegt sich ein mit einem der umlaufenden Räder fest verbundener Koppelpunkt stets auf einer räumlichen, an eine toroidische Fläche gebundenen Bahn.

Jener Toroidlenker ist in erster Linie ein Führungsgetriebe, kann gleichwohl auch als Übertragungsgetriebe aufgefasst und eingesetzt werden. Dabei liegt ein räumliches Getriebe vor, das aus einer sechsgliedrigen, geschlossenen kinematischen



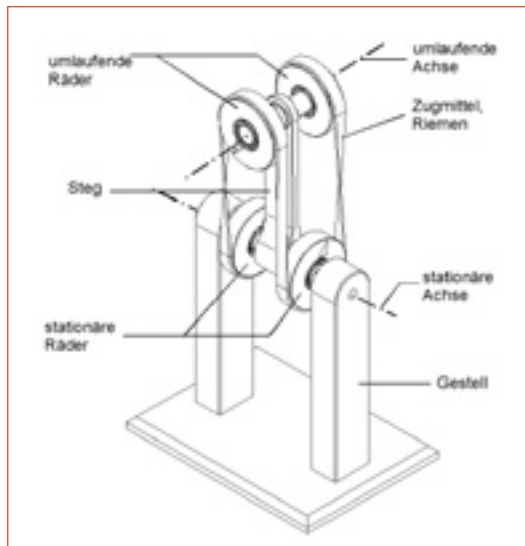
Serielle Kombination mehrerer Toroidlenker

Kette hervorgeht, mit seinem Freiheitsgrad $F=2$ ein Differentialgetriebe darstellt sowie lineares Übertragungsverhalten besitzt und damit den gleichförmig übersetzenden Getrieben zuzuordnen ist.

Von Beginn an sind umfängliche Untersuchungen hinsichtlich geometrischer, kinematischer, quasistatischer und dynamischer Eigenschaften des Getriebes durchgeführt worden. Wegen des linearen Übertragungsverhaltens sind diese Analysen vergleichsweise einfach und ohne Verwendung numerischer Verfahren möglich. Die nunmehr vorliegenden Ergebnisse unterstützen die konstruktive Auslegung des Riemen, der Riemenscheiben und deren Lager. Die Antriebsdimensionierung ist anhand der vorliegenden Leistungsbetrachtung sowie der bekannten dynamischen Kräfte und Momente möglich. Aufgrund der relativen Drehbewegung von Steg und umlaufenden Rädern treten Kreiselmomente auf, die sich beim Toroidlenker interessanterweise stets kompensieren, wenn jene Räder keine großen Unterschiede in ihren Masseigenschaften aufweisen. Diese Eigenschaft qualifiziert den Toroidlenker auch für einen Einsatz im höheren Drehzahlbereich.

Wenn eine Bewegungsaufgabe zwei voneinander unabhängige Drehbewegungen fordert, bietet sich der Toroidlenker an. Er vereint die Vorteile zweier stationärer Antriebe mit den bekannten Vorzügen von Riemenantrieben. Beim Einsatz als Positioniergetriebe wird das räumlich auszurichtende Objekt fest mit einem der umlaufenden Räder verbunden.

Bei anderen möglichen Anwendungen des Toroidlenkers besitzen die umlaufenden Räder eine



Schema des Toroidlenkers

sehr viel höhere Drehzahl als der Steg. Ein Einsatz ist hier bei Ventilatoren oder in der Lichttechnik denkbar. Der Steg kann oszillieren oder ebenfalls umlaufen. Damit ist es auch möglich eine sehr langsam, stufenlos einstellbare Stegdrehung zu realisieren. Dadurch wird die kinematische Verwandtschaft zum bekannten Kegelraddifferentialgetriebe verdeutlicht.

In einer weiteren Einsatzmöglichkeit wird die Eigenschaft der stets gegensinnig gleichen Drehbewegung der umlaufenden Räder ausgenutzt. Versieht man diese konstruktiv mit Greiferhälften, lassen sich in Verbindung mit der Stegdrehung einfache Handhabungsvorgänge durchführen.

Der Toroidlenker besitzt also primär als Führungs- bzw. als Positioniergetriebe gute Eigenschaften. Mittels zweier stationärer Drehantriebe läßt sich eine räumliche zweiachsige Bewegung durchführen. Als Übertragungsgetriebe formt er zwei axiale Drehbewegungen in zwei unabhängige Drehungen bezüglich zweier orthogonaler Achsen bei gleichförmiger Übersetzung um. Das dynamische Verhalten erweist sich auch bei vergleichsweise hohen Drehzahlen als günstig, wenn auf einen vernünftigen Massenausgleich geachtet wird.

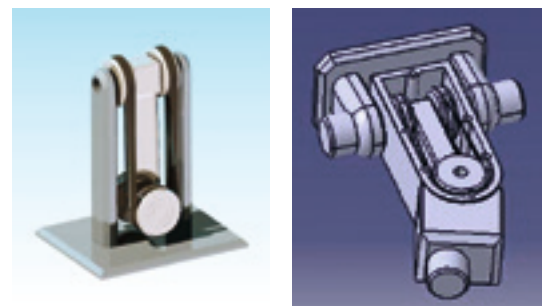
Ein Einsatz ist in Bereichen mit folgenden Bewegungsaufgaben möglich:

- Positionierungsaufgaben
- Orientierungsausgleich
- oszillierende bzw. taumelnde, vollständig umlaufende Bewegungen
- Handhabungsaufgaben

Bemerkenswert ist die topologische Verwandtschaft des Toroidlenkers mit dem Kegelraddifferentialgetriebe. Er kann zwar ähnliche Bewegungsaufgaben übernehmen, wird aber naturgemäß nicht dessen geringen Bauraum, hohe Steifigkeit und Leistungsdichte erreichen. Andererseits ist er in der Lage, eine – für bestimmte Aufgaben notwendige – Steglänge auszubilden und bietet die bekannten Vorteile hinsichtlich Betriebsgeräusche, Leichtbau, Schmiermittelfreiheit und Kosten.

Das Getriebe lässt sich grundsätzlich mit Rund-, Flach- und Zahnriemen betreiben. Schlupffreiheit und hohe Positioniergenauigkeit ist nur als Zahnriemengetriebe zu erzielen. Rundriemen ermöglichen dagegen einen geringen Achsabstand.

Künftige weiterführende Arbeiten werden sich vermehrt mit konstruktiven Details, weiteren Einsatzgebieten, sowie Möglichkeiten und Grenzen der Miniaturisierung beschäftigen.



Konstruktive Gestaltung und Kamera-Anwendung

Bereits jetzt zeichnen sich die Vorteile des Toroidlenkers vor allem hinsichtlich Nachhaltigkeit, Ressourcengenügsamkeit und Umweltfreundlichkeit im Sinne alternativer Antriebe ab.

/1/ Gössner, S.: Bewegungsmechanismus. Patentanmeldung DE 102010018122.6 vom 21.04.2010.

/2/ Gössner, S.: Vom Flugsimulator zum Toroidlenker. 15. Tagung „Zahnriemengetriebe“, Dresden 2011.