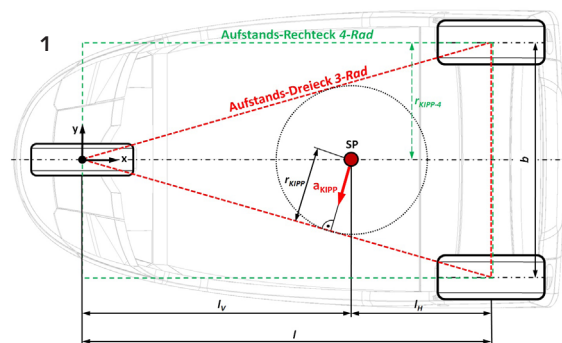


fahrdynamik

herausforderungen eines elektrisch angetriebenen dreirads

JAN-HENDRIK COMBÉ, M. ENG. – FINE Mobile GmbH – The TWIKE Manufacturer, Rosenthal

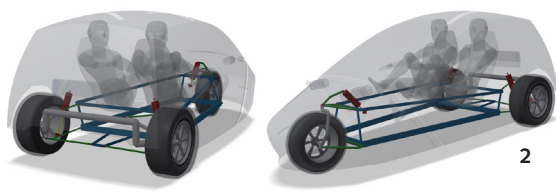
» Um künftigen Anforderungen einer nachhaltigen Individualmobilität gerecht zu werden, sind effiziente Alternativen zum ressourcen- und energieintensiven Pkw gefragt. Das Dreiradkonzept wurde in diesem Zusammenhang lediglich in wenigen Anwendungen realisiert und konnte sich daher nie vollkommen etablieren. Das TWIKE als Niedrigenergiefahrzeug mit Elektroantrieb und Muskelkraftunterstützung wird hingegen seit Langem auf diesem Konzept basierend in Serie produziert. Seine Grundattribute bleiben deshalb bei dem aktuell in der Entwicklung befindlichen Modell TWIKE 5 (Serienanlauf 2015) erhalten. Bei einem Leergewicht von unter 500kg wird ein sehr niedriger Energieverbrauch von 8kWh auf 100km bei hoher Quer- und Längsdynamik erreicht. Das Dreiradkonzept bietet hier durch die wesentlich leichtere Vorderachse ein hohes Potenzial zur Gewichtseinsparung, zusätzlich kann die Aerodynamik optimiert sowie ein für Nischenfahrzeuge wichtiges Alleinstellungsmerkmal geschaffen werden. Auf vielen Weltmärkten sind außerdem die Zulassungsbedingungen dieser Fahrzeugklasse weit einfacher zu erfüllen als für Pkw.



Es bestehen jedoch fahrdynamische Eigenheiten, denen Rechnung getragen werden muss. Von besonderer Bedeutung ist die Optimierung der Kippstabilität, da das Aufstandsrechteck eines vierradrigen Fahrzeugs sich beim Dreirad zu einem Aufstands-dreieck reduziert. Das kritischste Fahrmanöver ist eine Bremsung bei hoher Querbeschleunigung, da die Grenzbeschleunigung a_{KIPP} eine Komponente sowohl in y - als auch in x -Richtung hat (Bild 1). Die Spurweite – der zentrale geometrische Faktor zur Optimierung der Kippstabilität – kann jedoch nicht beliebig vergrößert werden. Deshalb liegt eine hohe Entwicklungspriorität auf der Absenkung der Schwerpunkthöhe, wofür die Traktions-

batterie im Unterboden sowie die leicht liegende Passagierposition gute Voraussetzungen bieten. Zudem ist eine in Querrichtung unsymmetrische Gewichtsverteilung anzustreben, damit die Kippstabilität bei alleiniger Besetzung durch den Fahrer nicht zu stark variiert.

Für die Erreichung eines sportlichen, gleichzeitig aber jederzeit sicher untersteuernden Fahrverhaltens ist zudem die Ausführung der zweispurigen Hinterachse von großer Bedeutung. Durch das Dreiradkonzept kann das Wankmoment bei Kurvenfahrt nur von dieser Achse aufgenommen werden. Anders als bei vierradrigen Fahrzeugen entfällt somit die Möglichkeit, durch Verteilung der Wankfedersteifigkeiten zwischen den Achsen das Eigenlenkverhalten zu beeinflussen. Um unter allen Bedingungen ein optimales Seitenführungspotenzial zu erreichen, kommt eine vom De-Dion-Typ abgewandelte Achsbauform zum Einsatz, die an Zweipunktklenkern geführt ist (Bild 2). Im Vergleich zur Starrachse ist hier die ungefederte Masse deutlich geringer; die großen Vorteile von Spur- und Sturzkonstanz bei gleichzeitiger Federung sowie die einfache Ermöglichung einer Wanklenkung bleiben jedoch erhalten. Die Lage des Achsrohrs hinter dem Radaufstandspunkt und ein zusätzlicher Drehfreiheitsgrad zwischen den Rädern ermöglichen außerdem eine Zunahme des negativen Sturzes bei Kurvenfahrt. Dadurch wird das Seitenführungspotenzial erhöht und einer Übersteuerneigung entgegenwirkt. Gegenüber einer Einzelradaufhängung lässt sich so beladungsunabhängig eine optimale Radstellung ebenso bei Geradeaus- wie bei Kurvenfahrt realisieren. Die vorteilhafte Lage der Anbindungspunkte am Fahrzeugrahmen begünstigt außerdem eine Gewichtsreduzierung der gesamten Tragstruktur. Die Rollzentrumshöhe von etwa 170 mm verringert zusätzlich die Rollneigung des Aufbaus,



wodurch der Stabilisator leichter dimensioniert werden kann. Nachteilig bei diesem Achskonzept ist der relativ große Raumbedarf, der durch die hohen Freiheiten beim Packaging des Elektroantriebs jedoch nicht weiter hinderlich ist. <<



Jan-Hendrik Combé arbeitet als Entwicklungsingenieur bei der FINE Mobile GmbH. Vorher studierte er Fahrzeugbau und Nachhaltige Energiesysteme im Maschinenbau an der HAW Hamburg.

- 1 Geometrische Herleitung der Kippstabilität eines Dreirads
- 2 Mechanisches Ersatzmodell von Fahrwerk und Rahmen des TWIKE 5