



Elektrifizierung

# Iterativ zur passenden Getriebeauslegung von Nutzfahrzeugen

05.10.2022 | Ein Gastbeitrag von Wisnu Lang

Im Projekt Paris Hybrid stehen schwere Nutzfahrzeuge im Fokus. Das Ziel: ein teilelektrisches Fahrzeug mit höherer Effizienz zu entwickeln. Für die Auslegung setzt das Team auf Berechnungssoftware.



*Der MAN TGL 12.220 eignet sich optimal für den Umbau zum Hybrid, da er während der Fahrt oft be- und entschleunigt.*

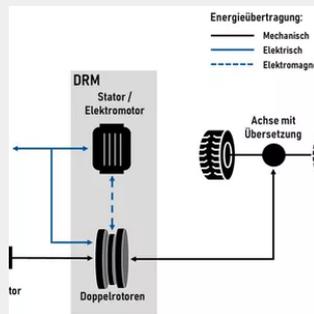
*(Bild: Paris Hybrid/Eberhard)*

Hybrid-Fahrzeuge nutzen Batterien und Elektromotoren, um den Verbrennungsmotor zu unterstützen und bei ähnlicher Gesamtleistung effizienter zu betreiben. Realisiert werden solche Systeme als serielle, parallele oder kombinierte Hybride. Um die Vorteile beider Typen

ausnützen zu können, wird die Leistungsübertragung mit zusätzlichen Wellen und Getrieben gesteuert. Diese hinzukommende Mechanik hat zur Folge, dass schwere Nutzfahrzeuge bisher von dieser Entwicklung ausgeblieben sind; die Komplexität und Kosten stehen bei schweren Fahrzeugen nicht im Verhältnis zum Mehrwert.

Mit dieser Herausforderung befasst sich das Fokusprojekt Paris Hybrid. Es wurde 2020 gegründet mit der Zielsetzung, Nutzfahrzeuge effizienter und klimafreundlicher zu gestalten. Das erste Projekt hat sich mit der Hybridisierung eines Baustellenfahrzeuges, einem RACO 2500 HSK Vorderkipper, befasst.

## BILDERGALERIE



## Simulation berechnet deutlich reduzierten Treibstoffverbrauch

Im zweiten Fokusprojekt Paris Hybrid wird aufbauend auf dem ersten Prototyp eine Weiterentwicklung des sogenannten Four-Quadrant-Transducer-(4QT-)Systems realisiert. Der Antriebsstrang wird dafür in einen LKW integriert, genauer gesagt in einen 12-Tonnen MAN TGL 12.22, den das Unternehmen Eberhard zur Verfügung stellt. Da der LKW während der Fahrt oft be- und entschleunigt, eignet er sich optimal für den Umbau zum Hybrid. Laut einer Matlab-[Simulation](#) wird erwartet, dass das Fahrzeug nach dem Umbau 20 bis 40 Prozent weniger Treibstoff verbrauchen wird.

*„Im Projekt wird eine Batterie mit ca. 40 kWh entwickelt, die im Vergleich zu Batterien in reinelektrischen LKWs 5 bis 10 mal kleiner ist.“*

Das Ziel des Projekts Paris Hybrid ist es, eine praktische Umsetzung dieses Konzepts zu entwickeln. Mithilfe der ETH Zürich und Industriepartnern machen acht Bachelorstudierende jetzt aus dem Konzept Realität.

- So wird ein teilelektrisches Fahrzeug entwickelt, welches eine höhere Effizienz durch Rekuperation und optimalen Betrieb des Verbrennungsmotors erreichen kann.
- Ergänzt wird das System mit der Eigenentwicklung einer Lithium-Ionen-Batterie. Dies ist nötig, weil sie nur die Spitzenlasten übernehmen muss und der LKW keine großen Strecken rein elektrisch zurücklegen soll. Daher kann im Vergleich zu vollelektrischen Lastfahrzeugen eine kleine, ressourcenschonende Batterie verwendet werden. Deshalb fokussiert das Team auf Powerzellen mit hohen Entlade-Raten. Das Ergebnis ist eine Batterie mit ca. 40 kWh, die im Vergleich zu reinelektrischen LKWs 5 bis 10 mal kleiner ist.

## Was den neu entwickelten Antriebsstrang ausmacht

Besonders am 4QT-Antriebsstrang ist die Doppelrotormaschine (DRM). Die DRM besteht aus zwei Rotoren, welche die Leistung des Verbrennungsmotors elektromagnetisch überträgt. Durch die Regelung des Magnetfeldes lässt sich die Drehzahl des Ausgangsrotors unabhängig der Drehzahl des Verbrennungsmotors einstellen.

Zusätzlich wird ein Elektromotor verwendet, um ebenfalls das Drehmoment des Antriebsstranges variabel einzustellen. Dadurch lässt sich der Verbrennungsmotor unabhängig der geforderten Last betreiben und somit auch im optimalen Bereich. Diese Flexibilität erlaubt es außerdem, die Anzahl der Gänge im Schaltgetriebe zu reduzieren. Durch Rekuperieren der Brems- und Motorleistung wird Energie zwischengespeichert und wieder genutzt.

## Iterative Auslegung des Motors in der Berechnungssoftware

Bei der Auslegung eines Getriebes für die Parallelschaltung des Elektromotors an den Antriebsstrang hat das Team Kissoft, ein Berechnungsprogramm zur Auslegung, Optimierung und Nachrechnung von Maschinenelementen und Getrieben, verwendet. Aufgrund der großen Anzahl von Einflussfaktoren wurde die Auslegung iterativ gemacht. Dabei haben sich die Auslegefunktionen Grobauslegung Makrogeometrie und Feinauslegung Makrogeometrie als äußerst nützlich erwiesen. So konnte in kurzer Zeit eine große Anzahl an Lösungen erstellt werden, die einzeln von Hand viel Zeit in Anspruch genommen hätten.

- Die Grobauslegung verlangt nur eine Werkstoffwahl, einen bestimmten Lastfall und die gewünschte Übersetzung. Daraus können generelle Abschätzungen für Zahnbreite und Normalmodul gemacht werden.

- Weiter wurde die Feinauslegung verwendet. Aufgrund der Platzverhältnisse, wurde ein Achsabstand von 230 bis 250 mm gefordert. Mit dem gegebenen Bereich konnten genauere Lösungen generiert werden.

Die Lösungen können mittels Ausschlussverfahren reduziert werden. Dafür wurde die graphische Lösungsdarstellung verwendet. So wurden direkt Lösungen gelöscht, welche die benötigten Anforderungen nur knapp erreichen. Ebenfalls wurden Lösungen ausgeschlossen, welche unübliche Normgrößen verwenden, beispielsweise Lösungen, die einen Normalmodul von 3.75 vorgeschlagen haben.

## Kissoft als Überprüfungstool

Nach der Auslegung nutzte das Team die Software zusätzlich als Überprüfungstool und führte eine genauere Analyse der gewählten Lösung durch. Dafür haben wir verschiedene Lastfälle durchgerechnet, um die Eignung für den gesamten Einsatzbereich zu gewährleisten. So musste ein Kompromiss gefunden werden, der für hohe Drehmomente und ebenfalls für hohe Drehzahlen gut geeignet ist. Da wurde bemerkt, dass mindestens Normalmodul 5 nötig ist, da sonst die Resonanzdrehzahl im Betriebsbereich liegt.

Weiter wurden die erstellten Geometrien als Step-Dateien exportiert, welche für das Assembly des gesamten Getriebes verwendet wurden. Dies erlaubte einen schnellen, anpassbaren Auslegungsprozess. Final wurde ein Protokoll erstellt, woraus die benötigten Angaben für die Fertigung entnommen wurden.

### Jetzt Newsletter abonnieren

Verpassen Sie nicht unsere besten Inhalte

Geschäftliche E-Mail

Mit Klick auf „Newsletter abonnieren“ erkläre ich mich mit der Verarbeitung und Nutzung meiner Daten **gemäß Einwilligungserklärung (bitte aufklappen für Details)** einverstanden und akzeptiere die Nutzungsbedingungen. Weitere Informationen finde ich in unserer Datenschutzerklärung.

✓ Aufklappen für Details zu Ihrer Einwilligung

\* Wisnu Lang, Modulleiter Mechanik im Projekt Paris Hybrid, ETH Zürich

(ID:48612313)

## KARRIERECHANCEN



SAT Electronic GmbH

**Serviceleiter (m/w/d)**

in Bad Aibling | Betr. Altersvorsorge | Gesundheitsmaßnahmen | Weiterbildung | Firmenwagen | Mitarbeiterbeteiligung



TWK-Test- und Weiterbildungs- zentrum Wärmepumpen und Kältetechnik GmbH

**Referenten (w/m/d) für Weiterbildungskurse Kfz-Kälte-Klimatechnik**

in Stutensee | Flexible Arbeitszeit



Nohr Kopiertechnik GmbH

**Servicetechniker (w,m,d)**

in Berlin (+2 weitere Standorte) | Weihnachtsgeld



goldgas GmbH

**Leitung / Team Lead Accounting & Controlling (m/w/d)**

in Eschborn



über Mercuri Urval

**Betriebsleiter Metallindustrie (m/w/d)**

in Nürnberg (+1 weiterer Standort)



Albemarle Germany GmbH

**Sales Director Region EUMEI (m/w/d)**

in Frankfurt