



## Doctoral Thesis

# **Gesamtenergetische Bewertung verschiedener Betriebsarten eines Parallel-Hybridantriebes mit Schwungradkomponente und stufenlosem Weitbereichsgetriebe für einen Personenwagen**

**Author(s):**

Dietrich, Philipp

**Publication Date:**

1999

**Permanent Link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-002040777> →

**Rights / License:**

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH Nr. 12958

**Gesamtenergetische Bewertung  
verschiedener Betriebsarten eines  
Parallel-Hybridantriebes mit  
Schwungradkomponente und stufen-  
losem Weitbereichsgetriebe  
für einen Personenwagen**

ABHANDLUNG

zur Erlangung des Titels

DOKTOR DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN

der

EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

Philipp Dietrich

Dipl. Masch.-Ing. ETH

geboren am 22. Januar 1960

von Grub-Eggersriet SG

Referent: Prof. Dr. M. K. Eberle

Korreferent: Prof. Dr. H. P. Geering

1999

# Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit dem Konzept, der Modellierung, der Realisierung und der Bewertung der verschiedenen Betriebsmöglichkeiten eines Hybridantriebsstranges, bestehend aus einem Ottomotor, einer Elektromaschine, einem Schwungrad als Kurzzeitenergiespeicher und einem stufenlosen Weitbereichsgetriebe – dem ETH-Hybrid III Antrieb. Im Besonderen galt das Interesse der Gegenüberstellung von Benzin- und Elektrobetrieb.

Für den Antriebstrang werden die bestehenden Modelle zur Beschreibung der Dynamik und des Wirkungsgrades im Batteriebereich erweitert und mit Messergebnissen an Batteriemodulen überprüft. Mit Modellrechnungen wird das Verhalten des Antriebes im Zielfahrzeug (einem Volkswagen Golf), sowie im realisierten Versuchsfahrzeug (basierend auf einem Minivan VW Sharan) simuliert. Die Messergebnisse bestätigen die Simulationen. Die Ergebnisse des Antriebstranges im Ziel- und im Versuchsfahrzeug werden einander gegenübergestellt.

Ausgehend vom verwendeten Zielfahrzeug werden die verschiedenen Betriebsarten bezüglich dem erforderlichen Primäreinsatz und den Auswirkungen auf den Treibhauseffekt beurteilt (Life Cycle Assessment). Analysiert wird der Betrieb über 7 Jahre resp. 100'000 km in den verschiedenen Betriebsarten. Für den Benzinbetrieb werden die vorgelagerten Prozesse zur Erzeugung der Treib- und Schmierstoffe berücksichtigt, wogegen für den Elektrobetrieb unterschiedliche Stromproduktionen in Europa verglichen werden und die erforderlichen Batteriewechsel innerhalb der Lebensdauer einfließen.

Bei der Bewertung des Primärenergieeinsatzes für konstante Fahrgeschwindigkeiten besticht der Taktbetrieb mit dem besten Wirkungsgrad. Bei gedrosselt betriebenen Verbrennungsmotor steigt der Primärenergiebedarf mit zunehmender Drosselung, so dass die verschiedenen Stromherstellungsarten Primärenergieeinsparungen gegenüber dem Drosselbetrieb erzielen könnten.

Bei der Beurteilung des Einflusses auf den Treibhauseffekt liegen die Stromherstellungsarten, die nicht auf fossilen Brennstoffen basieren, unterhalb der Emissionen im Taktbetrieb. Die Kraftwerke, basierend auf Wasserkraft und Kernenergie, produzieren etwa die Hälfte der treibhausgasrelevanten Emissionen gegenüber dem Taktbetrieb. Vergleicht man den Taktbetrieb mit fossiler Stromerzeugung, verursacht der Taktbetrieb die tiefsten Emissionen von treibhauseffektrelevanten Gasen. Wertet man den Taktbetrieb gegenüber der Laständerungsenergie d.h. in Europa in der Regel Steinkohle, so emittiert der Taktbetrieb weniger als 45% der Emissionen des Stromes aus Steinkohle.

Die Lebensdauer der Bleibatterie ist bei der Beurteilung der erforderlichen Primärenergie und der Emissionen ein nicht zu vernachlässigender Faktor, da sie mindestens einmal ersetzt werden muss.

Mit der Anwendung des Taktbetriebes als effiziente Teillastverbesserungsmassnahme beim Benzinmotor, kann ein Elektrobetrieb nur noch zur Verbesserung der lokalen Luftqualität beitragen. Als Konsequenz wurde die vorgeschlagene Teillastverbesserung ohne Elektroantrieb simuliert und ein Verbrauchseinsparpotential zum Basisfahrzeug von über 50% gefunden. Weitere Einsparungen sind mit der Anwendung modernster Motorentechnik durchaus zu erzielen. Weitergehende Wirkungsgradsteigerungen sind mit Brennstoffzellen als Antriebsaggregate erzielbar, sofern äussersten Wert auf optimale Auslegung der Hilfs- und Nebenaggregate gelegt wird, und der verwendete Treibstoff auf erneuerbaren Ressourcen basiert.

# Summary

This work contains the concept, the modeling, the realization and the assessment of the different operating strategies of a hybrid power-train consisting of a spark ignited engine, an electric machine, a flywheel as short time energy storage device and a continuously variable transmission (CVT) with an enhanced gear ratio range – the ETH Hybrid III power-train. The interest is focused in particular to the comparison of the operation on fuel versus operation on electricity.

The models for describing the dynamics and efficiency of the power-train has been extended in the field of battery modeling. The model is proofed by measurements on a battery module. The dynamics and the fuel consumption are simulated and compared to the measurements for the target vehicle (a Volkswagen Golf) and the realized test vehicle (based on the minivan from Volkswagen, Sharan).

The use of primary energy and emissions of global warming gases are assessed (life cycle assessment) for the different operating strategies based on the target vehicle. The assessment is calculated for the operation of the vehicle over 100'000 km or 7 years in for the operation on fuel and electricity. In the case of fuel operation the production chain for fuel and lubricants are included. In case of electrical operation different fuels for the production of electricity in Europe are assessed. Also the primary energy and emissions of gases involving the global warming are integrated for the batteries, needed to replaced during the period of operation.

Comparing the primary energy needed to operate the vehicle at constant speed, the duty cycle operation (DCO) of the ETH-Hybrid III is the most efficient mode. Operating the engine in the throttled mode, electricity production can reduce the need of primary energy at very low speeds.

Concerning the emissions of gases related to the global warming, the electricity based on non fossil fuels like hydro power or nuclear are producing near the half of the emissions of the DCO of the ETH-Hybrid III power-

train. If the DCO is compared to the electricity based on fossil fuels, the DCO produces lower emissions than any type of production of the electricity. If the DCO is compared to the production of the load leveling of electricity production which is in general base on hard coal in Europe, the DCO saves over 55% of the global warming potential of the electricity production.

The life of the lead battery is shorter than the time of operation of the vehicle with leads to a replacement of the battery. The production of the battery influences significantly the need of primary energy and the emission of gases related to the global warming.

Based on the application of the improved part load operation of the DCO for fueled driving, the operation on electricity can be recommended only for local air quality improvements. As a consequence a power-train including flywheel, and a CVT has been simulated without electrical part. A possible fuel consumption reduction of 50% can be found. Further improvements can be achieved by applying newest engine technology. Highest efficiency can be achieved by using a fuel cell if attention is put to the design of the auxiliaries and if the fuel is based on renewables.