

4.9 Thermoelektrische Antriebe

4.9.1 Prinzip

Die elektrischen Motoren erhalten nicht die Energie aus einer Fahrleitung, aber aus einem Bordgenerator. Dieser verwandelt die chemische Energie des Brennstoffs in elektrische Energie.

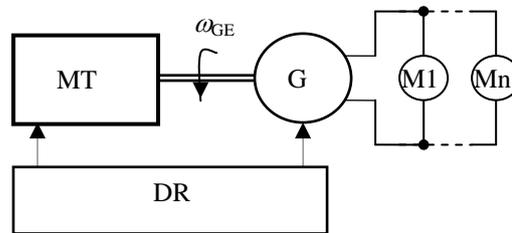


Fig. 4.203A Thermoelektrisches Antrieb: Prinzip.

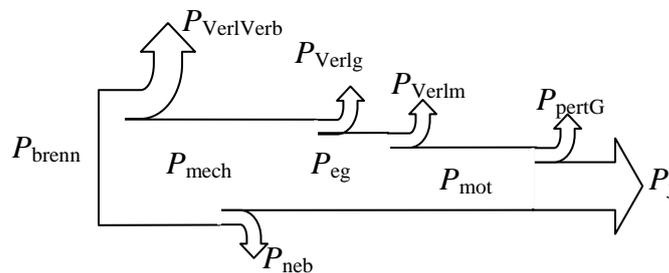


Fig. 4.203B Thermoelektrisches Antrieb: Leistungsflüsse (Pfeilenbreite sind nicht genau masstäblich).

Der Antrieb enthält vier Stufen:

- Eine Thermomaschine MT erhält eine Leistung mit dem Brennstofffluss q und wandelt sie in einer mechanische Leistung mit dem Wirkungsgrad η_{MT} .
- Ein Generator G wandelt die mechanische Leistung in einer elektrischen Leistung mit dem Wirkungsgrad η_g . Die mechanische Leistung der Thermomaschine soll noch die Nebenbetriebe speisen, besonders den Regelgerät DR und die Generatorerregung.
- Die Antriebmotoren wandeln die elektrische Leistung in einer rotierenden mechanischen Leistung mit dem Wirkungsgrad η_{mot} .
- Die Getriebe und die Räder wandeln die rotierende Leistung in einer Fahrleistung P_j am Radumfang mit dem Wirkungsgrad η_G .

Jedes Wandeln hat sein Wirkungsgrad sodass die Leistung am Radumfang nicht grösser als 30 % der Brennstoffleistung ist.

$$P_{mech} = \omega_{GE} M_{MT} \quad (4.100)$$

$$P_{mech} = \eta_{MT} e_{carb} q \quad (4.101)$$

$$P_{eg} = \eta_g (P_{mech} - P_{aux}) \quad (4.102)$$

$$P_{mot} = \eta_{mot} P_{eg} \quad (4.103)$$

$$P_j = \eta_G P_{mot} \quad (4.104)$$

Die Thermomaschine MT ist oft ein Dieselmotor (z. B. GTW 2/6 aus Stadler) oder eine Gasturbine (Amtrak: JetTrain, SNCF: TGV001). Der Wirkungsgrad des Dieselmotor hängt seinem Betriebspunkt ab. Ein Regelgerät steuert den Betriebspunkt des Motor um die Leistung an der Fahrleistung und Nebenbetriebe zu optimieren (AC-Kurve auf dem Bild

4.205). In den Triebfahrzeugen für Personenzügen soll noch der Bordgenerator die Leistung für die Wagen geben (Heizung oder Klimaanlage, Beleuchtung,...).

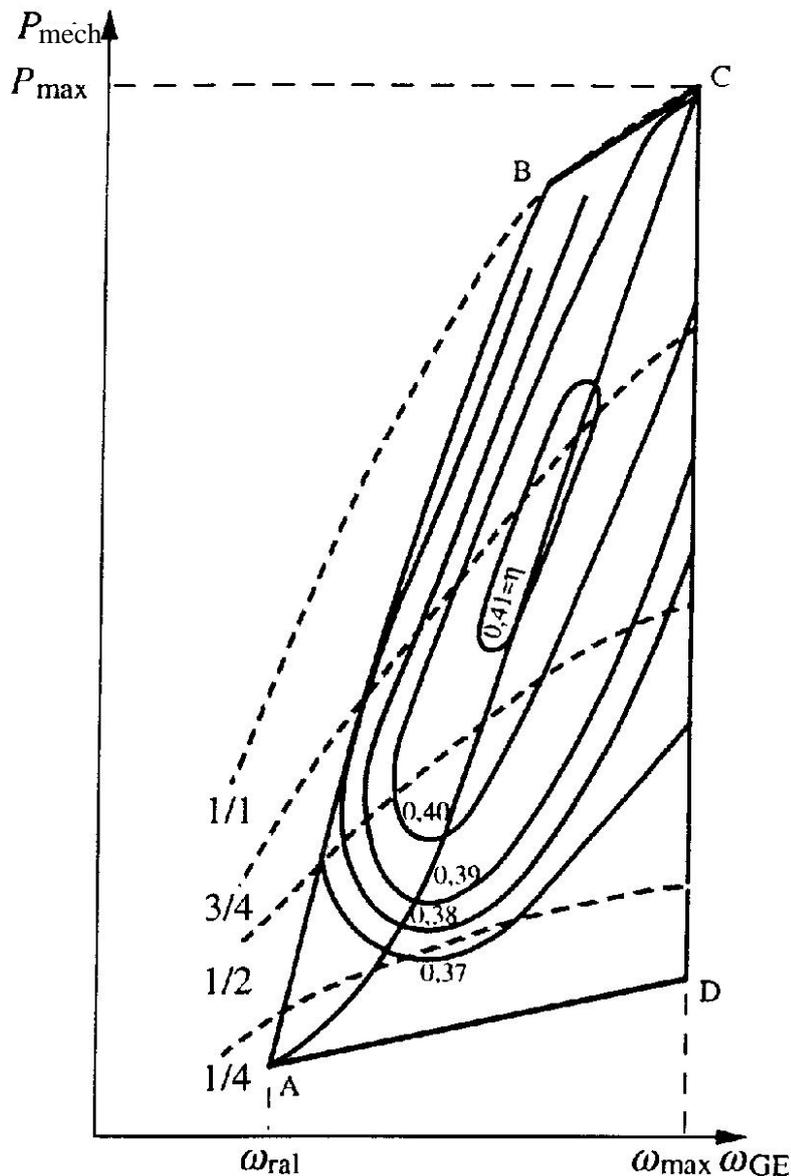


Fig. 4. 205 Wirkungsgrad eines Dieselmotor auf der Drehzahl – Leistung Ebene.

Die Kurve AD ist die untere Grenze gegen die Motorverschmutzung, die Kurve AB ist die obere Grenze gegen grossen Auspuffverbrauch und die Kurve BC ist bei der maximalen Öffnung der Injektoren definiert. Der Wirkungsgrad des Dieselmotors ist wenig höher als 40 %, und nur für Leistungen zwischen der Hälfte und drei Viertel der Maximalleistung.

Als Gegenteil der reinen elektrischen Triebfahrzeugen kann man die Triebmotoren nicht über ihrer Nennleistung nützen, weil die Leistung der Bordgenerator begrenzt ist. Die Zugkraftkennlinie einer Diesellokomotive ist sehr gestreckt (fig.4.215). Schon bei einer geringen Geschwindigkeit beginnt die Zugkraft zu senken, und die Restzugkraft bei der maximalen Geschwindigkeit ist sehr begrenzt.

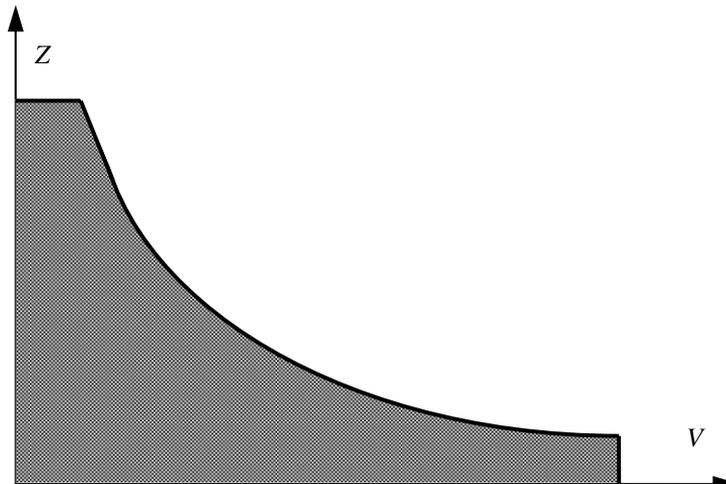


Fig. 4.215 Dieselelektrischer Antrieb: Zugkraftkennlinie, abhängig der Geschwindigkeit.

Für den Generator findet man 3 Entwicklungsstufen:

1. Am Anfang war eine Kollektormaschine benutzt, mit 3 Wicklungen: die Serie- Shunt- und Fremderregung. Der Betriebspunkt war durch den Erregerstrom gesteuert. Der Strom aus der Batterie war mit einer speziellen Maschine verstärkt. Sie ist auf der gleichen Welle befestigt. (Notiz 8.10.1). Man hat auch anderen Varianten mit DC-Generatoren gebaut.
2. Ab dem Ende der '60-Jahren wurde ein Synchrongenerator benutzt, mit einem dreiphasigen Dioden-Gleichrichter. Der Betriebspunkt ist durch den Rotorstrom gesteuert, an seiner Erregermaschine (Notiz 8.10.5).
3. Ab ungefähr 2000 werden auch Asynchrongenerator benutzt. Es arbeitet mit einem gesteuerten Gleichrichter. Der Betriebspunkt ist durch den Frequenzunterschied zwischen den Generator und den Umrichter gesteuert. Mit dieser Struktur kann man die Brennstoffinjektion im Diesel-Motor in Bremsbetrieb stoppen. Die Asynchronmaschine läuft als Motor und der Umrichter als Wechselrichter. Die Nebenbetriebe dürfen in diesem Fall ohne Brennstoff gespeist werden.

Die Fahrmotoren waren am Anfang Kollektormotoren mit Serie-Erregung, wie bei reinen elektrischen Fahrzeugen. Sie waren direkt an den Generatorklemmen verdrahtet: Kollektor-Generator oder Asynchron mit Gleichrichter. Ab dem Anfang der '80-Jahren wurden Asynchronmotoren benutzt, die durch einen Wechselrichter mit wechselbarer Frequenz gespeist wurden. (Notiz 8.10.3).

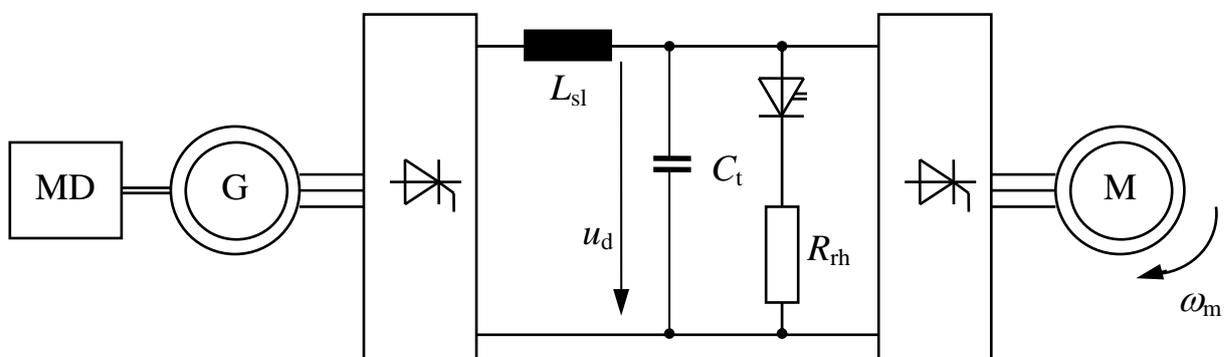


Fig. 4.227 Dieselelektrischer Antrieb: Asynchron-Gleichstrom-Asynchron-Antrieb.

In Brennstoffzellen nutzt das Leistungswandeln keine mechanische Zwischenleistung. Die elektrische Leistung ist auf einer niedrigen Spannung mit einem hohen Strom erzeugt. Vor dem Gleichspannung-Zwischenkreis ist ein Hochsetzsteller nötig.

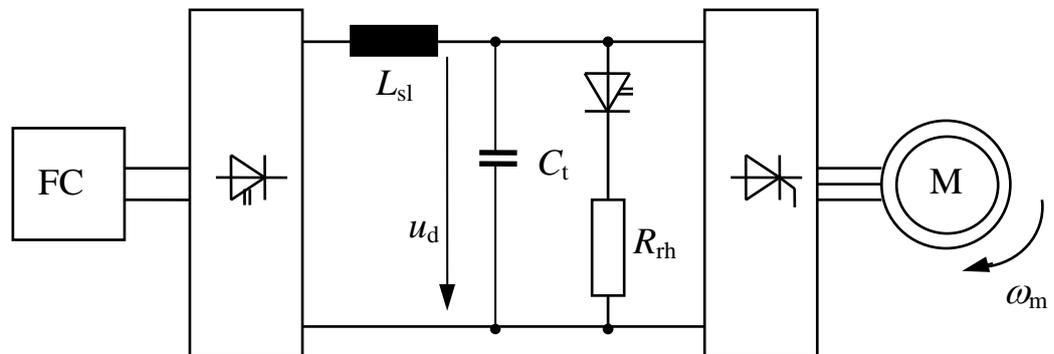


Fig. 4.228 Brennstoffzelle-Antrieb: Gleichstrom–Gleichstrom–Synchron.

Gegen dieselelektrische Antriebe kann man Vorteile und Nachteile listen (2003), diese Liste kann bald ändern.

- Besserer Wirkungsgrad (70 % anstatt 30 %).
- Auspuffgas ist Wasserdampf.
- Brennstofflagerung ist kritisch.
- Tankstellen sind komplexer.
- Braucht mehr Platz.
- Mehr Wartung.
- Niedrigere Zuverlässigkeit.