**Zusammenfassung**

# MOOC Woche 3: Verbrennungsmotor

**Beschreibung des Moduls**

Ziel dieser Woche ist es, eine Einführung in die Funktion von Verbrennungsmotoren und deren Auswirkungen auf Gesellschaft und Umwelt zu geben. Die Arbeitsweise des Verbrennungsmotors ist in 5 Themenbereiche unterteilt.

**Überblick / Mechanik**

Die Grundvoraussetzung für den Motor ist die Versorgung mit chemisch gebundener Energie. Zwei wesentliche Bestandteile sind hier von Nöten: Kohlenstoff und Wasserstoff. Für die Verbrennung wird außerdem Sauerstoff benötigt. Bei der Verbrennung werden Kohlenstoff und Sauerstoff in Kohlendioxid (oder CO2) umgewandelt, während der Wasserstoff mit Sauerstoff zu Wasser (H2O) reagiert. Durch die Verbrennung wird chemische Energie einerseits in Wärme und andererseits in Arbeit umgewandelt. Wir übertragen diese Arbeit vom Motor auf die angetriebenen Räder: Mit anderen Worten, wir erzeugen eine Antriebskraft, damit das Fahrzeug die Strecke zurücklegen kann, und so fahren wir das Auto.

Eine Zusammenfassung der Motormechanik finden Sie in den Videos in englischer und deutscher Sprache.

**Kraftstoffe für Motoren**

Es können zwei Bauweisen von Verbrennungsmotoren in Abhängigkeit von den sie antreibenden Brennstoffen unterscheiden:

1) Fremdzündungsmotoren können mit folgenden Treibstoffen betrieben werden:

1. Benzin
2. Alkohole: (Bio -) Ethanol, Methanol
3. Gasförmige Brennstoffe: komprimiertes Erdgas (CNG); Flüssiggas (LPG); Biogase (Methan-Kohlendioxid-Gemisch); Wasserstoff

🡪 Die Zündung muss durch eine Zündkerze unterstützt werden

2) Kompressionsgezündete Motoren können mit folgenden Treibstoffen betrieben werden:

1. Diesel, Biodiesel oder Rapsmethylester (RME)

🡪 Selbstentzündung, wenn Temperatur und Druck hoch genug sind

Raffinerien können aus Rohöl viele verschiedene Arten von fossilen Brennstoffen gewinnen, die jeweils ihre spezifischen chemischen und physikalischen Eigenschaften und damit Anwendungen aufweisen. Im Vergleich zu Benzin sind Verbrennungsmotoren aufgrund der Dieseleigenschaften aus Sicht des Kraftstoffverbrauchs (und damit auch des CO2) immer noch vorteilhafter. Erdöl ist und bleibt mittelfristig billig zu produzieren und zu transportieren, während Strom- und H2-Infrastrukturen aus logistischer und wirtschaftlicher Sicht noch erheblich verbessert werden müssen. Synthetische Kraftstoffe und Biokraftstoffe können sehr gute Alternativen für die Übergangszeit sein, um das Phänomen der globalen Erwärmung zu bekämpfen und trotzdem Zeit für den technologischen Fortschritt zu lassen. Die langfristig attraktivste Lösung scheint Wasserstoff in Kombination mit erneuerbaren Energien und einer stark verbesserten Produktion zu sein.

**Mischungsvorbereitung & Verbrennung**

Misch- und Verbrennungsprozesse bestimmen die Qualität des Energieeinsatzes und das Emissionsergebnis. Die Aufgabe des Kraftstoffgemisch-Erzeugungssystems besteht darin, für jeden Betriebszustand (Motordrehzahl und -drehmoment) das richtige Luft-Kraftstoff-Verhältnis im Zylinder zu gewährleisten, so dass genügend Kraftstoff für die Bereitstellung des gewünschten Drehmoments und genug Luft (Sauerstoff) für den vollständigen Verbrennungsprozess vorhanden ist. In der Vergangenheit wurde eine große Vielfalt an mechanischen Einspritzsystemen entwickelt, die immer komplexer wurden. Schließlich wurden sie mit Hilfe der elektronischen Steuerung einfacher. Die Steuerungsintelligenz wurde in eine Software übertragen, um effizientere Geräte unter vielen verschiedenen Betriebsbedingungen zu realisieren. Grundsätzlich sind die Verbrennungsprozesse von Benzin und Diesel in der Kammer völlig unterschiedlich. Die Benzinverbrennung (Diffusionsverbrennung) ist sehr homogen, während die Dieselverbrennung unter inhomogenen Bedingungen stattfindet.

**Abgasnachbehandlung**

Die meisten Verbrennungsmotorabgase (80 Prozent) bestehen aus N2 und CO2, gefolgt von Wasserdampf, Sauerstoff und anderen Gasen. Nur ein sehr kleiner Teil, heutzutage im Bereich von wenigen ppm (parts per million) nach dem Katalysator, sind toxische Emissionen. Obwohl mehr als 2000 Stoffe von den ICEs emittiert werden, sind die gesetzlichen Bestimmungen nur begrenzt: CO, Kohlenwasserstoffe (Gesamt- und Nichtmethan), Stickoxide (NOx – ein Summenwert aus hauptsächlich NO und NO2) und Feinstaub (Anzahl in Größen). Heute, wo alle Verbrennungsmotoren mit einem Nachbehandlungssystem ausgestattet sind, treten die meisten Emissionen in der ersten Minute nach dem Start auf, wenn das Katalysatorsystem aufgrund fehlender Temperatur nicht funktioniert. Moderne und fortschrittliche Systeme beinhalten heute sowohl einen Katalysator als auch einen Partikelfilter als Teil des Abgassystems.

**Gesellschaftliche und umweltbezogene Auswirkungen von Verbrennungsmotoren**

Der Verbrennungsmotor und die dazugehörige Infrastruktur haben viele Vorteile aus fast 130 Jahren Entwicklung und Optimierung. Unser Wohlstand und Wirtschaftswachstum basiert auf unseren bestehenden Mobilitätslösungen, und plötzliche Veränderungen können diesen Erfolg gefährden. Daher ist eine Übergangsphase erforderlich, in der der Verbrennungsmotor immer noch seinen Platz hat. Durch die erzielte Erschwinglichkeit und Bequemlichkeit und die daraus resultierende hohe Anzahl von Fahrzeugen mit einem Verbrennungsmotor auf der ganzen Welt (Jahresproduktion ca. 100 Millionen), können die Umweltauswirkungen (insbesondere der Klimawandel) nicht mehr ignoriert werden und es gilt, Alternativen auf den Markt zu bringen. Der elektrische Antrieb in/für alle Fahrzeuge verspricht vor allem auf örtlicher Ebene in den aufstrebenden Metropolen auf der ganzen Welt eine gute Lösung zu sein. Dadurch wird die Situation der örtlichen (toxischen und lärmbelastenden) Emissionen drastisch verbessert. Über längere Strecken scheint ein elektrischer Antrieb, der von wasserstoffbetriebenen Brennstoffzellen angetrieben oder unterstützt wird, die richtige Lösung zu sein. Die Lebenszyklusanalyse - als einziger wissenschaftlicher Ansatz - zeigt, dass Elektrofahrzeuge den CO2-Fußabdruck nur dann deutlich verbessern werden, wenn sie über eine lange Zeit oder Kilometerstrecke genutzt werden. In Bezug auf Produktion und Recycling ist das Elektrofahrzeug herkömmlichen Fahrzeugen unterlegen. Der positive Effekt von Elektrofahrzeugen in der „Nutzungsphase“ ist besser, wenn Strom aus erneuerbaren Energien (Wind, Wasser, Sonne) erzeugt wird. Um E-Mobilität zu einem Erfolg und einem echten Nutzen für die Umwelt zu machen, muss sich unser gesamtes Energiesystem auf erneuerbare Energien stützen. Ein H2-basiertes Energiesystem könnte die langfristige Lösung sein. Alle Probleme im Zusammenhang mit Mobilität und persönlicher Nutzung können nur durch neue Transportlösungen und die Anpassung unseres persönlichen Verhaltens gelöst werden.