

Projektprofil

ING BÜRO LÜBBE

Lübbe - Wankel – Motor

&

WANKEL

SUPER TEC GmbH

ING. Büro Lübbe iblue

Dipl. Ing. Manfred Lübbe
Riegeläckerstr. 56
71229 Leonberg
Deutschland

Tel.: +49 7152 949524

Fax: +49 7152 949525

Mail: manfred.luebbe@iblue.de

Kontakt: Manfred Lübbe

Wankel Super Tec GmbH

Schillerstr.69

03046 Cottbus
Deutschland

Tel.: +49 355 28925650

Fax: +49 355 28925659

<http://www.wankelupertec.de>

Kontakt: Prof. Ernst Sigmund

**Entwicklung eines modernen Verbrennungsmotors
für alle bekannten flüssigen und gasförmigen Kraftstoffe,
mit einem bis zu doppelt so hohen Wirkungsgrad
und um bis zu 50% reduzierter Schadstoffentwicklung:**

Der iblue Turbinenmotor iTM 1



Inhaltsverzeichnis

1. Der iblue-Turbinenmotor iTM1	3
2. Das Ziel	3
3. Die derzeitige Situation	3
4. Verteilung der Primärenergie (Kraftstoff) der heutigen Motoren	4
5. Entwicklung bis jetzt	4
6. Arbeitsprinzip	5
7. Aufbau und Funktion des Turbinenmotors	5
8. Der neue Weg des iTM1	6
9. In Zahlen	7
10. Datenvergleich	8
11. Die Wärmedämmung	8
12. Der iTM1	8
13. Die Abgase	9
14. Die Kosten	9
15. Die Patente	9
16. Die Ausgangsbasis für den iblue-Turbinenmotor	10
Anhang	10
A. Hintergrundinformation Technik	10
B. Hintergrundinformation zur Ölsituation	13
C. Aktueller Stand der Verbrennungsmotoren	15
D. Probleme, Umweltbelastung	16
E. Entwicklung, Forschung, Fortschritt	17
F. Ergebnis	18



1. Der iblue-Turbinenmotor iTM1

**Eine Entwicklung von
Ing. Büro Lübbe – iblue
mit Unterstützung mit der
Wankel Super Tec Cottbus
und der BTU Cottbus**

Unser langfristiges Ziel ist die Bewahrung der Umwelt und die sinnvolle Nutzung der sich verknappenden Ölreserven.

Im Ingenieurbüro Lübbe iblue, wurde der von der Wankel Super Tec GmbH in Cottbus entwickelte und patentrechtlich geschützte Vielstoff-Wankelmotor weiterentwickelt, mit dem Ziel, mit Hilfe von modernen wärmedämmenden Hochleistungskeramiken den Wirkungsgrad erheblich zu verbessern und den Kraftstoffverbrauch, sowie den Schadstoffausstoß drastisch zu reduzieren. Dieser Motor trägt die Bezeichnung iblue-Turbinenmotor iTM1

Hierfür suchen wir Investoren, die das notwendige Kapital zur Verfügung stellen und dafür am Erfolg beteiligt sind.

2. Das Ziel ist

Einen Verbrennungsmotor mit einem Wirkungsgrad von 60 – 70% zu entwickeln.

- Weltweit gibt es etwa 1 Mrd. Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren. Wenn diese Motoren im Laufe einer Fahrzeuggeneration durch Motoren ersetzt werden, die nur halb soviel Schadstoffe ausstoßen, kann unsere Umwelt aufatmen.

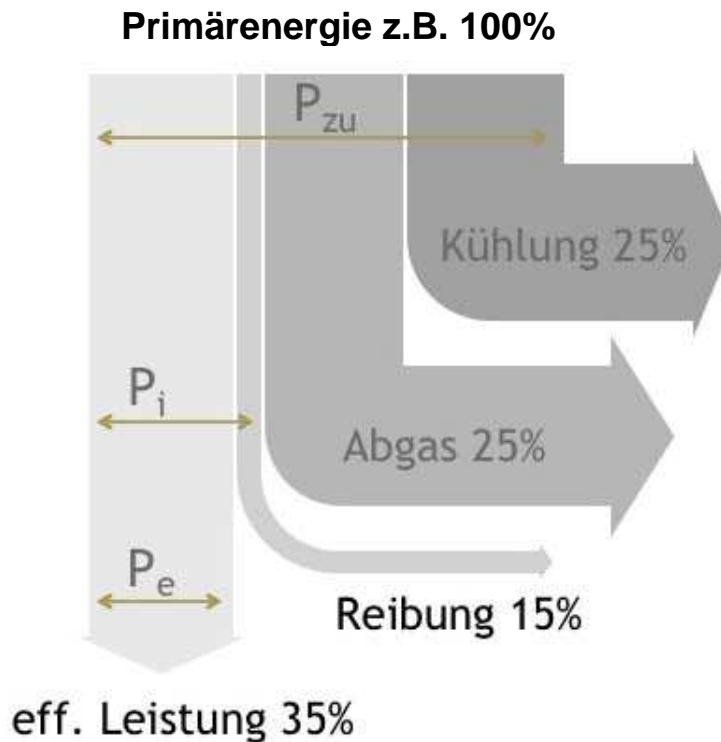
3. Die derzeitige Situation

- Bei den heute zur Verfügung stehenden Motoren verteilt sich die eingesetzte Primärenergie etwa so:
 - ca. 35% mechanische Energie an der Motorwelle
 - ca. 25% Verlust über das Kühlwasser
 - ca. 25% Verlust über den Abgasweg und
 - ca. 15% Reibung

Das folgende Schema zeigt die:



4. Verteilung der Primärenergie (Kraftstoff) der heutigen Motoren

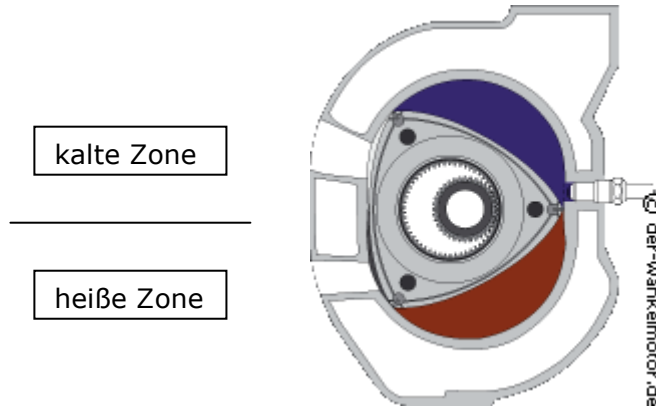


5. Entwicklung bis jetzt

- Die Motoren die wir heute kennen haben eine Entwicklungszeit von rund 100 Jahren hinter sich und befinden sich an einem Punkt an dem die Schritte nach vorne immer kleiner geworden sind. Die Anzahl der bewegten Teile steigt immer weiter – 4 Ventiltechnik usw.
- Einen genialen Motor, den Wankelmotor, hat man dabei unbeachtet liegen gelassen. Mit zwei Ausnahmen, Mazda in Japan und die Wankel Super Tec in Cottbus Deutschland
- Bei der Wankel Super Tec wurde der Wankelmotor in Zusammenarbeit mit der BTU - Brandenburgische Technische Universität zu einem Höchststand weiterentwickelt. Dieser Motor, ein Vielstoffmotor, bietet sich für alle Kraftstoffe an, sowie hervorragend für den Einsatz mit Wasserstoff.
- Das nachfolgende Ablaufschema zeigt die prinzipielle Arbeitsweise eines Wankelmotors. Dabei wird offensichtlich, dass der Ansaugraum getrennt vom Expansionsraum ist. Beim herkömmlichen Motor wird in ein und demselben Zylinder die Luft angesaugt, gezündet und expandiert.



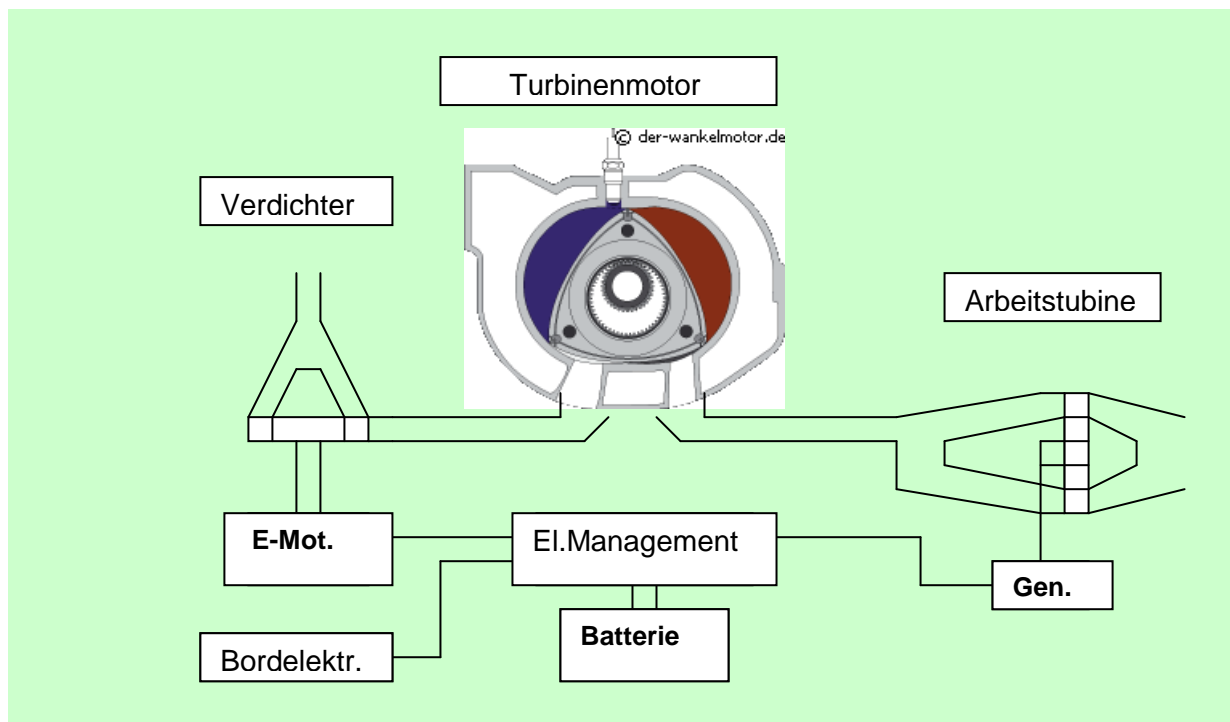
6. Arbeitsprinzip des Wankelmotors



Auf diesem Bild ist die klare Trennung von heißem und kaltem Raum zu erkennen.

7. Aufbau und Funktion des Turbinenmotors iTM

Da der Rotationskolben durch eine Verdichterturbine mit „Atemluft“ versorgt wird, sprechen wir von einer Turbine.



Prinzipschema des iblue-Turbinenmotor



Bei dem Turbinenmotor handelt es sich um eine Gasturbine mit intermittierender Verbrennung, die sich verschiedener Bauteile eines Rotationskolben-Verbrennungsmotors bedient und die nach allen Regeln des Herrn Carnot einen theoretischen Gesamtwirkungsgrad von bis zu 70% zu erreichen verspricht. Dieser extreme Wert lässt sich sogar mit relativ geringem Aufwand erreichen.

Eine Turbine definiert sich durch einen Verdichter, eine Brennkammer und eine Arbeitsturbine. Bei meiner Entwicklung sind Verdichter und Arbeitsturbine zweistufig ausgelegt und zwar folgendermaßen.

1. Verdichtung Stufe 1 Radialverdichterturbine
2. Verdichtung Stufe 2 Rotationskolbenverdichter
3. Expansion Stufe 1 Rotationsarbeitskolben
4. Expansion Stufe 2 axiale Arbeitsturbine (mit angebautem Generator)

Zwischen 2. und 3. befindet sich die Brennkammer – sprich Brennraum.

Zu 1. Die Radialverdichterturbine wird zur Verbesserung des Ansprechverhaltens und einer freien Gestaltung des Drehmomentes elektrisch angetrieben.

Zu 2. und 3. Rotationskolbenverdichter und Rotationsarbeitskolben werden durch einen Rotationskolbenmotor System Felix Wankel dargestellt. Die Keramik und das Gehäusematerial sind bezüglich der Ausdehnungskoeffizienten aufeinander abgestimmt.

Zu 4. Die Arbeitsturbine wird gespeist durch die Abgase des Rotationskolbenmotors. Diese setzen sich zusammen aus den normalen Abgasen und der Energie, die normalerweise über das Kühlwasser an die Umwelt abgegeben wird. Diese wird durch eine extrem hohe keramische Wärmedämmung im Brenn- und Expansionsraum des iTM1 zurückgehalten und schlägt sich der Abgasenergie zu. Die Abgasturbine treibt einen Generator an. Die mechanische Energie der Rotationskolbenturbine und die elektrische Energie des Generators, ergeben die Gesamtleistung bei einem Gesamtwirkungsgrad von bis zu 70%.

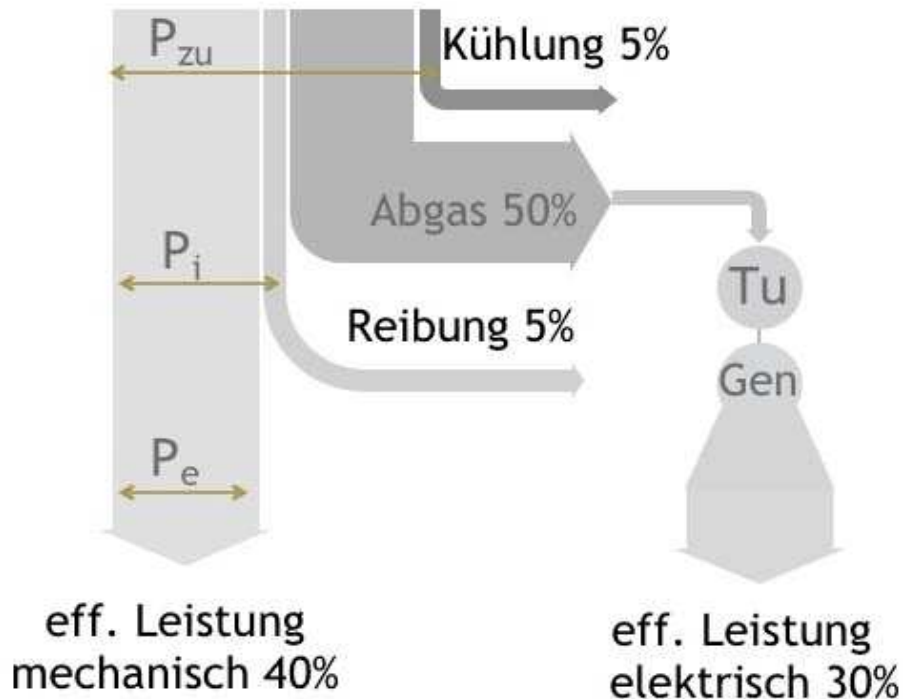
Als Kraftstoffe sind alle flüssigen und gasförmigen Kraftstoffe einsetzbar, natürlich auch Diesel. Es handelt sich also um einen Vielstoffmotor mit Direkteinspritzung und zusätzlicher Zündung,

8. Der neue Weg des iTM

- Das vorausgegangene Bild zeigt die Trennung von Ansaugraum und Verbrennungsraum. Diese wichtige Voraussetzung ist nur bei einem Kreiskolben – oder Wankelmotor gegeben.
- Hier setzt unsere Entwicklung ein. Durch die Zusammenarbeit mit dem Forschungszentrum in Jülich stehen moderne Wärme dämmende Keramiken zur Verfügung. Der gesamte Verbrennungs- und Expansionsraum (heiße Zone) wird nun einschließlich des Kolbenbodens mit einer intensiven Dämmschicht überzogen, wobei der dazu notwendige Platz vorher ausgearbeitet wurde.
- Diese Wärmedämmung bewirkt, dass die bisher an das Kühlwasser abgegebene Energie nahezu vollständig zurückgehalten wird. Daraus ergibt sich eine neue Verteilung der Primärenergie, die das nachfolgende Schema zeigt.



Primärenergie z.B. 100%



9. In Zahlen

- bedeutet dies, dass wir eine neue Verteilung erhalten:
 - ca. 40% mech. Energie an der Motorwelle
 - ca. 50% Abgasverlust ausgewertet zu 30% elektrischer Energie
 - ca. 5% Verlust über das Kühlwasser
 - ca. 3% Reibung + 2% Abstrahlung

Die nun 50% Abgasenergie werden durch die Turbinengenerator in ca. 30% elektrische Energie umgewandelt und ergeben mit der mechanischen Energie zusammen 70% Gesamtenergie aus den eingesetzten 100% Primärenergie.

Motor ohne Turbinengenerator	40% mech. Energie
Zuzüglich aus 40 – 35% Abgasenergie	<u>30% el. Energie</u>
Gesamtenergie	70%
Aus 100% Primärenergie	
Also Wirkungsgrad	70%



10. Datenvergleich des iTM zum Hubkolbenmotor

- **Halbierter Kraftstoffverbrauch**
 - **Reduzierte Schadstoffemission** (wird durch Raumzündung um weitere 80% reduziert)
 - **Leiser und vibrationsfreier Lauf**
 - **Weniger innere Reibung**
 - **10 mal weniger bewegte Teile**
 - **Wiegt weniger als die Hälfte**
- Daraus ergibt sich ein sehr effizienter Antriebsmotor, mit 60 bis zu etwa **70% Wirkungsgrad**, der sich unter anderem optimal für die heute viel diskutierte Hybridtechnik als Antriebsmotor anbietet.

11. Die Wärmedämmung

- bewirkt, dass der gleiche Verbrennungsdruck wie im herkömmlichen Motor mit weniger Kraftstoff erreicht wird. Also gleiche Leistung mit weniger Kraftstoff. Gleichzeitig steigt der Wirkungsgrad auf ca. **40%**.
- Sie bewirkt weiterhin, dass, wie wir aus dem vorausgegangenen Schema gesehen haben, nahezu die gesamte Verlustenergie sich vereint im Abgasstrang befindet. Diese Energie die nun ca. 50% der Primärenergie ausmacht, wird nun über eine Abgasturbine in elektrische Energie umgesetzt, die eine weitere Verbesserung von ca. **30%** erbringt. Das ist ein zusätzlicher Motor ohne zusätzlichen Verbrauch.

12. Der Turbinenmotor iTM1

- Der iTM1 vereint den

Wirkungsgrad durch die Wärmedämmung mit ca. **40%** mit der Verbesserung durch Turbine mit Generator ca. **30%** zu einem **Gesamtwirkungsgrad von ca. 70%**

- Daraus ergibt sich ein sehr effizienter Motor, der sich unter anderem optimal für die heute diskutierte Hybridtechnik als Antriebsmotor anbietet.
- Über einen direkt am iTM1 angeflanschten E-Motor kann die zusätzliche Energie auch direkt auf die Motorwelle übertragen werden. (ohne Hybridtechnik)



- Dieser Motor benötigt für eine Leistung von 160 kW weniger als 10 bewegte Teile. Ein vergleichbarer herkömmlicher Motor weist heute ca. 100 bewegte Teile auf.

13. Die Abgase

- Durch die Halbierung des Verbrauches bei gleicher Leistung, entsteht auch nur die halbe Schadstoffmenge.
- Durch die extreme Wärmedämmung des Brennraumes verläuft die Verbrennung in einem engeren Temperaturbereich ab als bei einem herkömmlichen Motor. Dadurch wird die Schadstoffentwicklung weiter verringert.

14. Die Kosten

- Für den ersten von insgesamt 4 Entwicklungsabschnitten werden die Gesamtkosten mit € 550.000 angesetzt.
- Für die voraussichtlichen Kosten der nächsten beiden Entwicklungsschritte, Schwerpunkt Keramikentwicklung, mit den anschließenden Testläufen werden, jeweils circa € 350.000 vorgesehen.
- Für die Erstellung von 3 Prototypen rechnen wir mit etwa € 550.000.
- Gesamtkosten der Entwicklung ca. € 1.80 Mio. Entwicklungszeit ca. 26 Monate.

15. Das Risiko

Nach der Erstellung der ersten Versuchsmotoren lässt sich erkennen ob der Weg richtig ist oder ob das ganze Projekt besser abgebrochen werden sollte. In diesem Fall wäre der Einsatz des Investors mit € 550.000.- aufgebraucht und somit verloren.

Da jedoch der gesamte Entwicklungsgang bis jetzt sowohl von dem Entwicklungsleiter der WST Herrn Dr. Klotz als auch den Professoren der BTU Herrn Prof Dr. Sigmund und Herrn Prof. Dr. Berg wissenschaftlich begleitet wurde, rechnen wir auf jeden Fall damit, dass wir dieses Projekt positiv und mit einem sehr gravierenden Vorteil gegenüber bisherigen Motoren abschließen werden.

16. Die Patente

- Manfred Lübbe von Ing. Büro Lübbe-ibblue ist der Halter der Patentanmeldung der keramischen Wärmedämmung und der Umwandlung der Abgasenergie in elektrische Energie.
- Die Wankel Super Tec ist Halter der Patente des modernen Wankelmotors



17. Die Ausgangsbasis für den iblue-Turbinenmotor

Diese stellt die von der WST mit Unterstützung der BTU entwickelte, patentrechtlich geschützte Wankelmotorenpalette dar.

Es ist ein Baukastensystem mit 1 bis 4 Rotationskolbeneinheiten, die sich alle mit den gleichen Bauteilen zusammen setzen lassen bei einem Kammervolumen von 500cm³.

Die Leistungsbandbreite des iTM1 reicht dabei von 84kW bis 336kW bei einer Drehzahl der Excenterwelle von 6.000/min, wobei der Rotationskolben dabei mit 2000/min rotiert. Darüber hinaus bietet die Technik des elektrisch angetriebenen Verdichters eine sehr große Gestaltungsfreiheit für die Auslegung der Drehmomentkurve, besonders im unteren Drehzahlbereich und ergibt außerdem ein spontanes Ansprechverhalten.

Anhang

A. Hintergrundinformation Technik

Der iblue Turbinenmotor (kurz iTM1) könnte diese neuen Wege beschreiben. Er baut auf dem Kreiskolbenmotor von Felix Wankel auf.

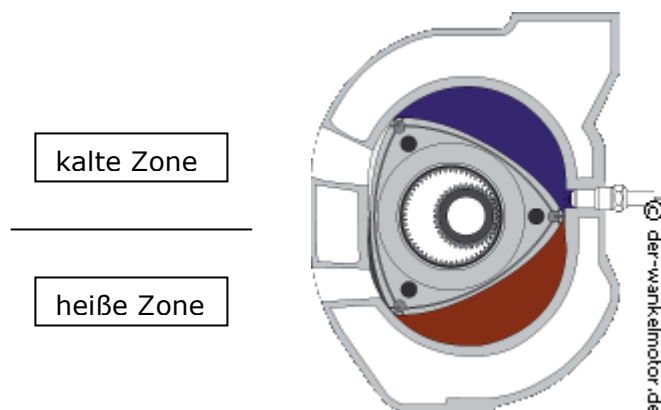
In der Hochblüte dieses Motors hatten viele Automobilhersteller auf ihn gesetzt, als man jedoch die Abgas- und Kraftstoffproblematik nicht in den Griff bekam, kehrte man zum alten Hubkolbenmotor zurück, ohne gründlich nach den Ursachen der genannten Problematik gesucht zu haben.

mit verschiedenen Lehrstühlen der BTU (Brandenburgische Technische Universität in Cottbus), diesen Motor zu einer solchen Reife entwickelt hat, dass ein amerikanischer Militärkonzern jetzt eine Lizenzfertigung als Vielstoffmotor vorbereitet. In Japan blieb Mazda diesem Motorprinzip treu. In Deutschland ist es die Wankel Super Tec (WST) die, in Zusammenarbeit mit verschiedenen Lehrstühlen der BTU (Brandenburgische Technische Universität in Cottbus), diesen Motor zu einem modernen Antriebsaggregat von hoher Reife entwickelt hat.

Dieser Motor stellt die Ausgangsbasis für den iTM1 dar. Der bisher durch die WST erreichte Wirkungsgrad und die Schadstoffemission liegen vergleichbar zu den Werten der besten derzeitigen Hubkolbenmotoren.



Was hebt nun diesen Motor so hervor, dass man nur mit ihm einen völlig neuen Weg einschlagen kann? Um dies zu erläutern muss man zuerst dessen Arbeitsprinzip näher betrachten:



Der einem Dreieck ähnliche Kolben teilt den Arbeitsraum des Motors in 2 Zonen ein. In der einen, der kalten Zone, wird die Verbrennungsluft verdichtet und in der anderen, der heißen Zone, wird diese verdichtete Luft mit dem nun eingespritzten Kraftstoff gezündet, expandiert und ausgestoßen. So ist die Zone in der die kalte Luft verdichtet wird vollständig von der Zone getrennt, in der das Kraftstoffgemisch zündet und expandiert.

Wo setzt nun der iTM1 an?

Durch die Aufteilung in eine kalte und eine heiße Zone ist es möglich die heiße Zone allein zu isolieren. Durch modernste Keramiksubstanzen, die uns durch die Zusammenarbeit mit dem Forschungszentrum in Jülich (Universität) zur Verfügung stehen, wird der Brenn- und Expansionsraum so extrem isoliert, dass die bei der Verbrennung entstehende Wärme nicht mehr an das Kühlwasser abfließen kann. Diese Wärmeisolation bewirkt, dass für die gleiche Motorleistung wie in der Version ohne Isolation nun weniger Kraftstoff benötigt wird. Bereits daraus folgt eine Erhöhung des Wirkungsgrades von bisher ca. 35% auf nun bis zu 50%. Dieser Wert ist jedoch noch nicht unmittelbar relevant, da selbst bei einer nur minimalen Verbesserung die durch die Isolierung nicht abgeleitete Primärenergie sich in einer Erhöhung der Abgasenergie (Enthalpie) wieder findet und so in einer nachgeschalteten Turbine mit angesetztem Generator ohne zusätzlichen Kraftstoffverbrauch in elektrische Energie umgesetzt wird. So wird aus einem Motor mit einem anfänglichen Wirkungsgrad von 35%, ein Motor mit nun etwa 60 bis 70%.

Dieser Motor, der durch seine Konstruktion auf der Ansaugseite immer kalt bleibt, ist auch für den Einsatz von Gasgemischen und Wasserstoff, hervorragend geeignet. Auch die nicht vorhandenen (heißen) Ventile wirken sich positiv aus.

Warum ist diese Verbesserung bei einem Hubkolbenmotor nicht umsetzbar?

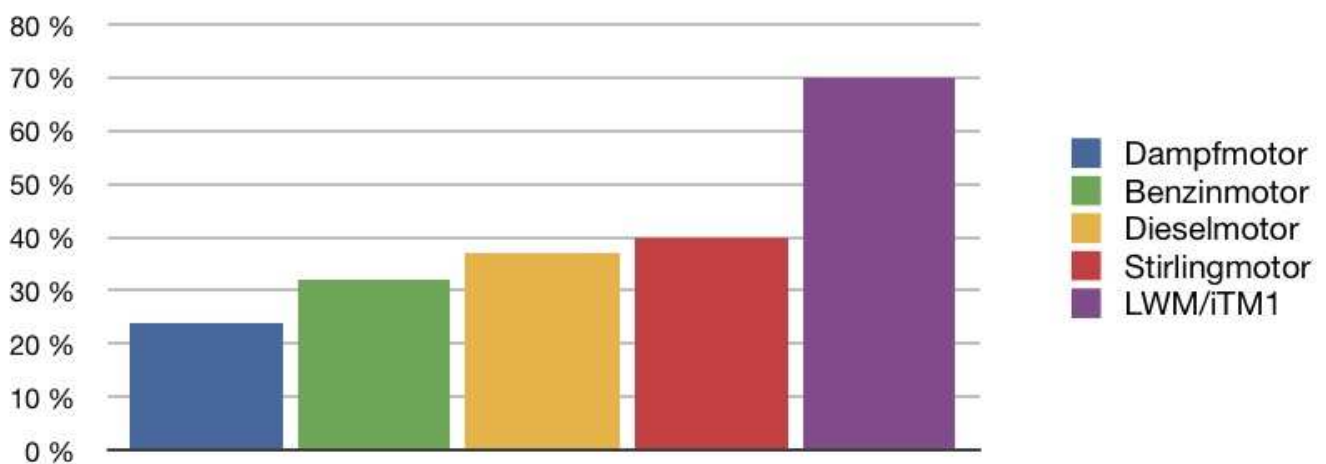
Im Gegensatz zum Kreiskolbenmotor stützt sich der Kolben des Hubkolbenmotors bei der Auf- und Abbewegung an der Zylinderwand ab, um seine durch die Verbrennung entstehende Kraft mittels Pleuel auf die Kurbelwelle zu übertragen. Diese Abstützung (Ein Relikt aus der Dampfmaschinenzeit) verhindert, dass man die Kolbenwand mit einer wirksamen d.h. dicken Wärmeisolationsschicht belegen kann. Würde man es trotzdem tun, wäre diese Schicht in Kürze zerstört. Weiterhin wäre damit nicht nur der Expansionsraum wärmegeämmt. Sondern auch der Ansaugraum. Dieser ist nun durch die vorhergegangene Verbrennung noch heiß und für das Ansaugen der kalten Verbrennungsluft ungeeignet.



Dies ist auch der Grund warum bisher gemachte negative Erfahrungen beim Versuch einen Hubkolbenmotor wärmedicht zu gestalten nicht auf den iTM1 zu übertragen sind.

Alle bisher entwickelten motortechnischen Verbesserungen der namhaften Automobilhersteller wie Schichtladetechnik, Diesotto (Diesel-Otto Kombination), Blue Motion, Blutech, Hybridtechnik usw. können beim iTM1 zusätzlich eingesetzt werden. Die hierbei gemachten Erfahrungen sind also nicht vergeblich gemacht worden, sondern können weiterverwendet werden.

Wirkungsgrade verschiedener Motoren



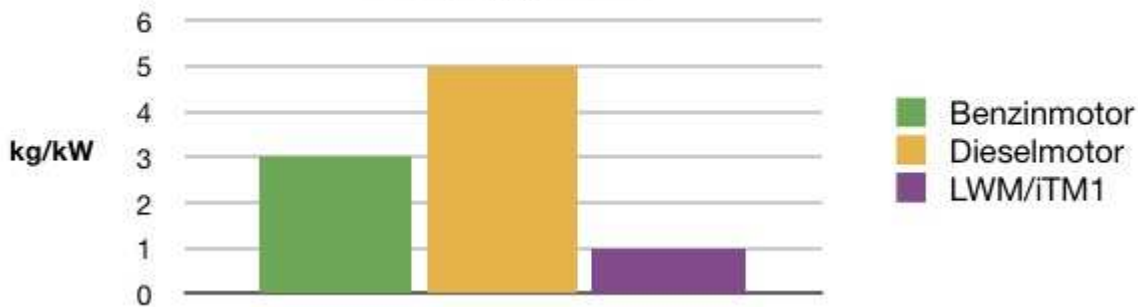
Über die Schadstoffentwicklung des iTM1 kann gesagt werden, dass die Werte bei **weniger als 50%** der heutigen Werte liegen werden.

Zusammenfassung der Vorteile des iblue Turbinenmotors iTM1:

- Etwa halber Verbrauch gegenüber gleichstarkem herkömmlichem Motor.
- Weniger als der halbe Schadstoffausstoß, da die Verbrennung durch die Isolation mehr adiabatisch verläuft.
- Leises Motorgeräusch.
- Vibrationsfreier Lauf (eine Münze kann hochkant bei voller Drehzahl auf dem Motor stehen)
- Anstelle von ca. 100 beweglichen Teilen, benötigt der iTM1 weniger als 10 beweglichen Teile, damit weniger Reibung (Beispiel an einem Motor mit 200 kW Leistung)
- Deutlich kleineres Bauvolumen.
- Wesentlich geringeres Gewicht 0,7 kg/kW gegenüber 3-5 kg/kW bei z.B. 150 kW



Leistungsgewicht

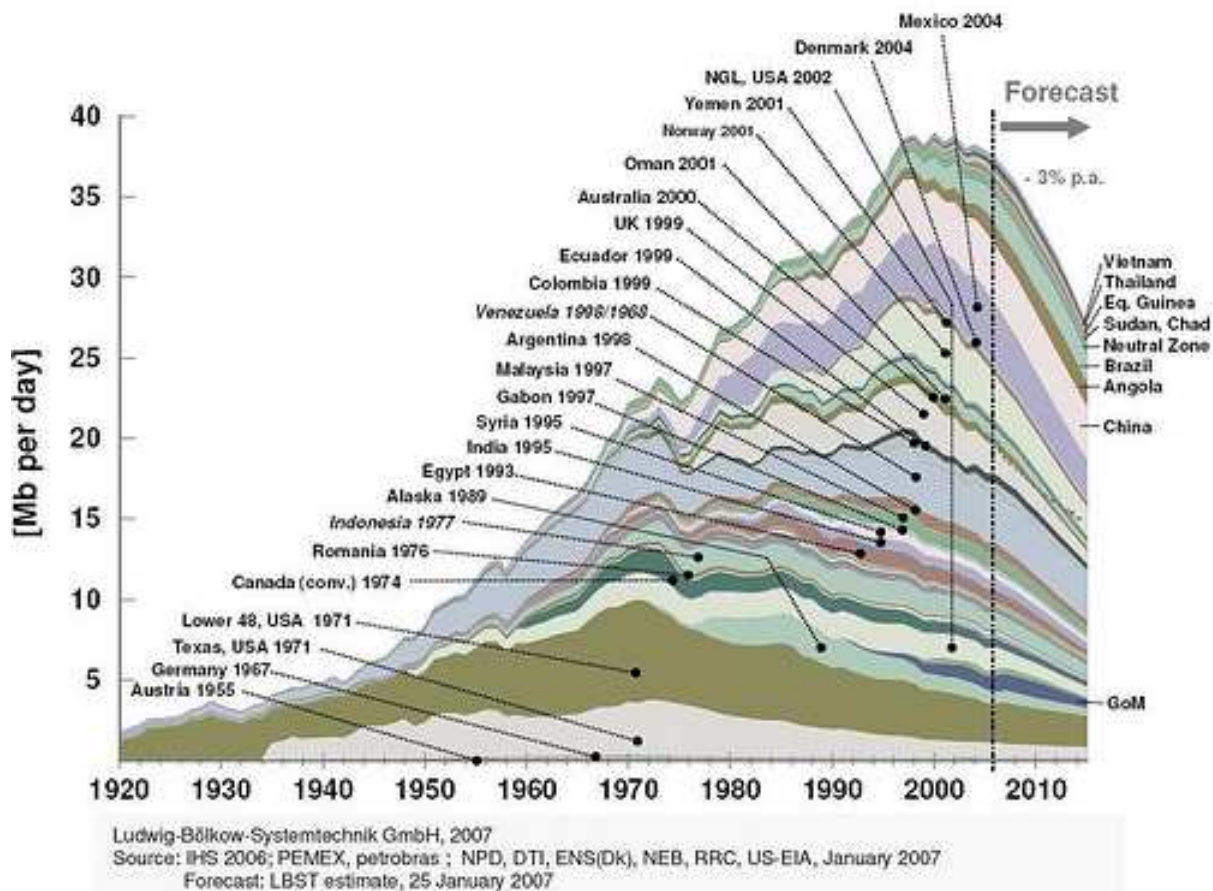


B. Hintergrund zur Ölsituation

Eine Betrachtung der aktuellen Situation auf den internationalen Ölmärkten zeigt warum es wichtig ist einen solchen Motor gerade jetzt zu realisieren.

Wie sieht es mit den Ölreserven der Welt aus? Gehen diese zur Neige?

Eine Studie der Energy Watch Group könnte diesen Verdacht erhärten.





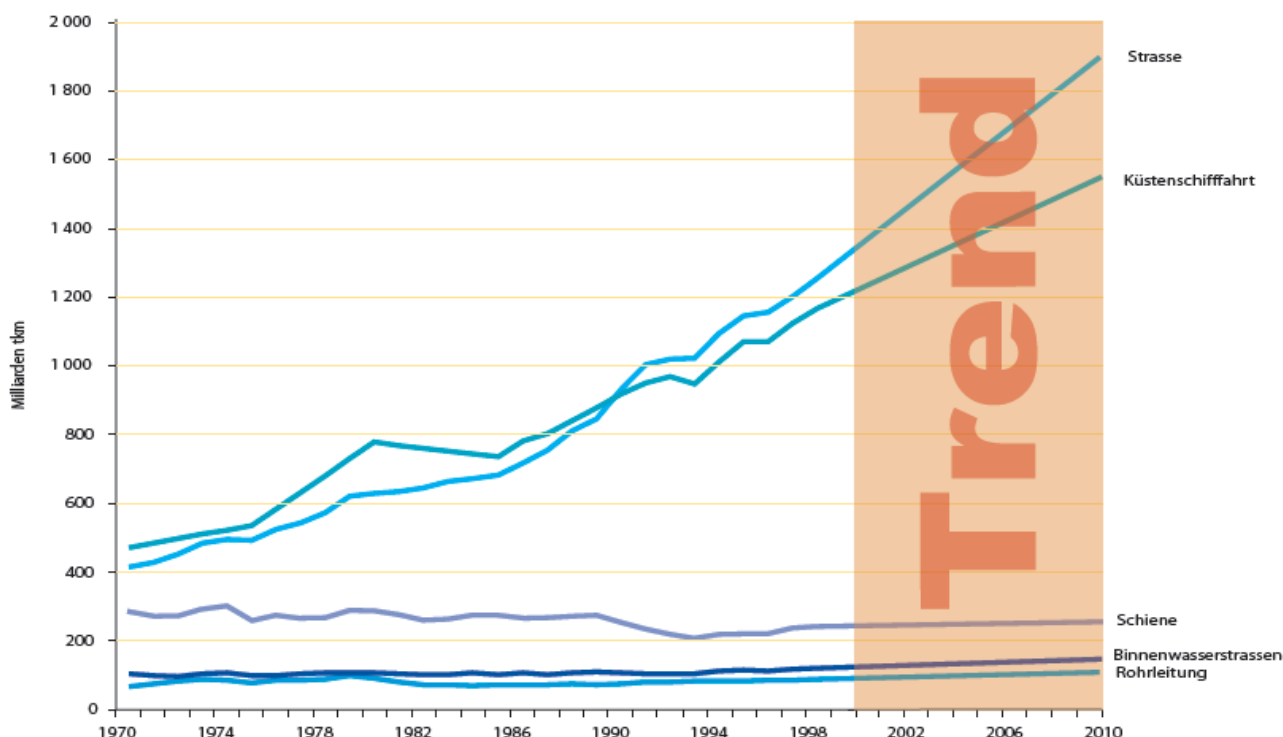
Wissenschaftler der unabhängigen Organisation haben festgestellt, dass die weltweite Ölförderung trotz steigender Nachfrage bereits heute rückläufig ist. Bis zum Jahr 2030, wird sich die Ölproduktion halbieren.

Ralph Fücks, von der Heinrich Böll-Stiftung, sagt in einem Spiegelinterview vom 23.05.2008 voraus, dass die Lage bei der Autoindustrie sehr unsicher wird. "Wenn die Branche nicht verschwinden will, muss sie sich **radikal** ändern". Reagierten die Unternehmen jedoch rechtzeitig, dann könnten sie zu "Pionieren der grünen Zukunft" werden - und damit neue Arbeitsplätze schaffen.

Die jährlich steigende Entwicklung im Transport- und Güterverkehr ist jedoch gegenläufig, wie die Grafik weiter unten aufzeigt.

Allein in Deutschland sind ca. 50 Mio. Pkws zugelassen und legen 600 Mrd. km pro Jahr zurück. Dabei verbrauchen sie etwa 70 Mrd. Liter Kraftstoff, was einen CO₂-Austoß von 100 Mio. Tonnen zur Folge hat.

Güterverkehr - Entwicklung des Verkehrs nach Verkehrsträgern EU-15 (1970-1999), Trend bis 2010



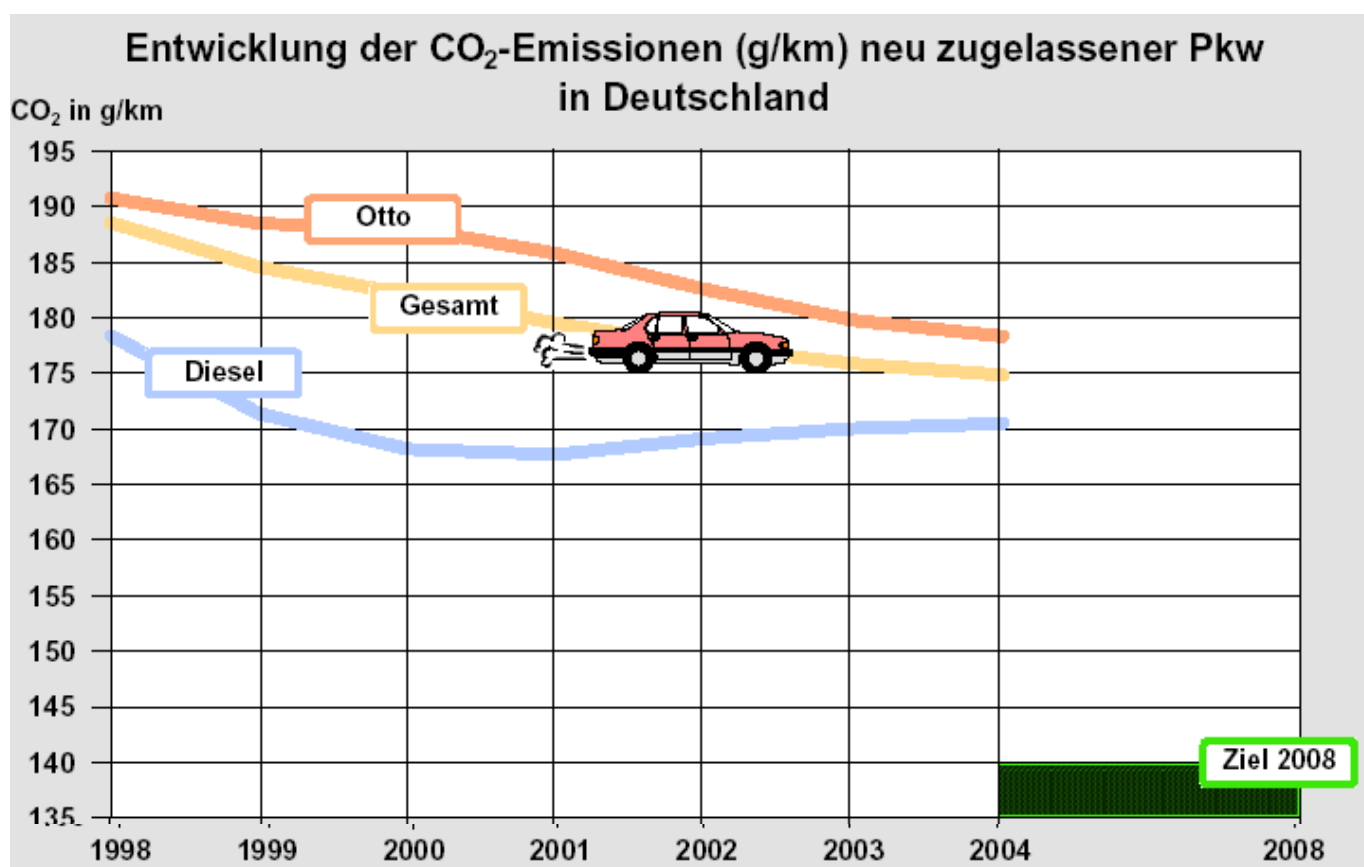
Quelle: EU-Weissbuch der europäischen Verkehrspolitik bis 2010

98% dieser Fahrzeuge werden von Verbrennungsmotoren angetrieben, die ihre Energie aus fossilen Kraftstoffen ziehen. Genau an dieser Stelle könnte das von Ralph Fücks geforderte "radikale Umdenken" ansetzen, in dem es Antriebsmaschinen zu entwickeln gilt, die eine Verdoppelung des heute üblichen Wirkungsgrades erzielen.



C. Aktueller Stand der Verbrennungsmotoren

Analysieren wir den aktuellen technischen Stand dieser Verbrennungsmotoren, so liegt der Wirkungsgrad von Benzin- und Dieselmotoren im Durchschnitt bei 28 bis 35 % d.h. die Gesamtenergie (Primär-energie) des jeweils eingesetzten Kraftstoffs wird nur zu 28 bzw. bis 35 % in mechanisch nutzbare Antriebsenergie umgewandelt. Die Restenergie wird in Form von Wärme und entsprechende Schadstoffemission an die Umwelt abgegeben. Alle Entwicklungen der letzten 30 Jahre haben nur geringfügige Verbesserungen gebracht und dazu geführt, dass die heutigen Motoren sehr komplex geworden sind und auch immer mehr bewegliche Teile enthalten, z.B. Vierventiltechnik, Doppelnockenwellen usw. Richtig bewegende Innovationen gibt es schon lange nicht mehr.



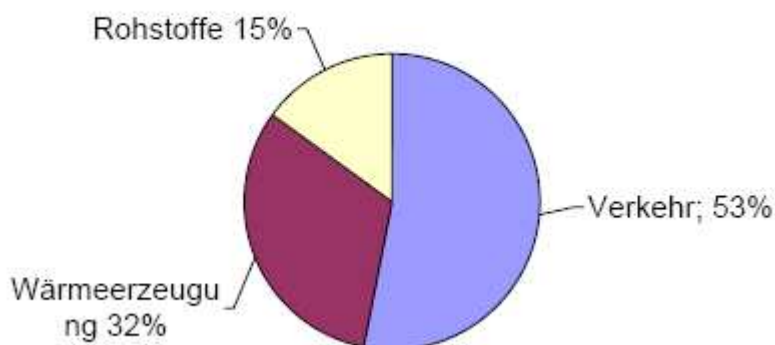
Neue Innovationen sind jedoch, im Hinblick auf die obere Grafik und den neuen EU-Richtwerten, dringend erforderlich. Diese Richtwerte sehen ab dem Jahr 2012 CO₂-Emissionen (g/km) von 120 g/km vor. Wie die Grafik zeigt, sind wir davon heute noch weit entfernt.



D. Probleme, Umweltbelastung

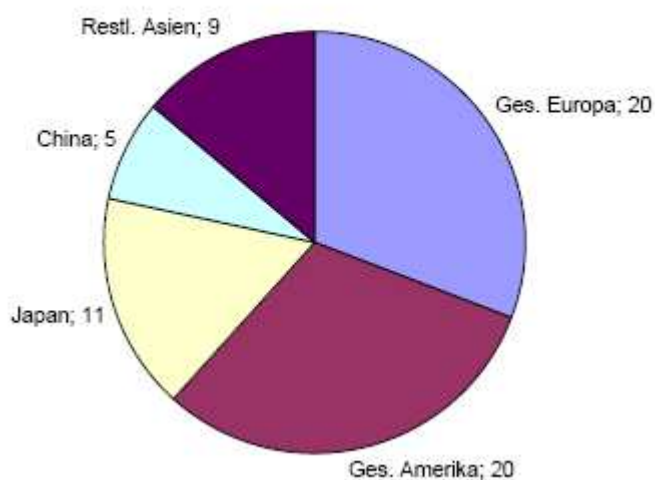
Der weltweite Bestand an Verbrennungsmotoren von etwa 1 Mrd. Einheiten stellt mit 53 % den größten Verbraucher unserer Öleressourcen dar. Der Rest entfällt zu 32 % auf die Wärmeerzeugung und zu 15 % auf die Verwendung als Rohstoff.

Jahres Gesamtölverbrauch



Unter Berücksichtigung der aktuellen Wirkungsgrade von Verbrennungsmotoren, stellt dies eine große Belastung für die Öleressourcen und für die Umwelt dar. Weltweit beläuft sich die jährliche Produktion von Kraftfahrzeugen, gemäß den Angaben des Statistischen Bundesamtes, auf etwa 65 Mio. und für das Jahr 2012 werden 90 Mio. Fahrzeuge vorausgesagt. China steht mit 5 Mio. Fahrzeugen pro Jahr erst am Anfang seiner Entwicklung zum Weltproduzenten.

Kfz Produktion Weltweit 65 Mio. Einheiten



Wie unsere Umwelt auf die Belastung reagiert, erleben wir mit der andauernden Diskussion über die Klimaerwärmung. Die Verbrauchsdiskussion wird durch die Ölverknappung immer brisanter.



E. Entwicklung, Forschung, Fortschritt

Die jährlichen Fortschritte, die wir heute bei der Entwicklung moderner Verbrennungsmotoren verzeichnen, werden immer kleiner. Nach einer über 100jährigen Entwicklungsgeschichte des Hubkolbenmotors sind die Fortschritte nur noch von untergeordneter Bedeutung.

Sicher sind neue umweltverträglichere Kraftstoffe hinzugekommen, wie verschiedene Gassorten und Wasserstoff. Letzterer ist jedoch keineswegs die »Energie«, wie es in den Visionen immer wieder heißt. Vielmehr ist er lediglich ein »sekundärer Energieträger«, etwa wie das heiße Wasser in der Zentralheizung. Und noch ein ziemlich schlechter Träger dazu. Bei der Wasserstoffherstellung mittels Elektrolyse wird Elektrizität durch Wasser geleitet, aus dem H₂O entstehen Wasserstoff- H₂ und Sauerstoff- O. Dabei gehen über 40% der wertvollen elektrischen Energie verloren. Wird der Wasserstoff dann wieder in einer Brennstoffzelle zwecks Stromerzeugung gespeichert, kommt es erneut zu Energieverlust. Weiter verliert der Wasserstoff-Motor 42% an Wirkungsgrad, so dass letztlich 18% Nutzenergie zurück bleibt.



Für diese 18% Nutzenergie fallen jedoch indiskutable Herstellungskosten von < 5.000 € / kW Leistung an. Dazu überlagert sich jedoch der Wirkungsgrad der Wasserstoffherzeugung mit weniger als 60%.

Brennstoffzellen: Wirkungsgrad, Kosten

Typ	Beschreibung	Leistung	Wirkungsgr.	Stand d. Technik	Kosten €/kW _e
PEFC	70 °C, fester Elektrolyt	250 kW	35%	Feldtest	<10.000
PAFC	250 °C	200 kW	38%	Serie	> 5.000
MCFC	650 °C, für stat. Anwendung	280 kW	48%	Feldtest	< 8.000
SOFC	900 °C, für stat. Anwendung	100 kW	47%	Feldtest	20.000



Zum Vergleich:

Typ	Leistung	Wirkungsgrad	Kosten € / kW
Konventionelle KWK	bis 100 kWe	25% (el.)	1000
Konventionelle KWK	ab 1000 kWe	35% (el.)	< 500
Stadtbus (Diesel)	300 kW	30%	< 275
LKW, Reisebus	500 kW	30%	< 100

Wasserstoff stellt derzeit den einzigen Kraftstoff dar, der ohne Schadstoffbildung verbrennt. Es wird daher weiter auch an Verbrennungsmotoren für Wasserstoffbetrieb entwickelt, um den Gesamtwirkungsgrad zu verbessern. Eine deutliche Verbesserung ist jedoch in den nächsten Jahren nicht in Sicht. Aus diesem Grund konzentriert sich die Motorenentwicklung auch auf andere Antriebstechniken.

Eine der Forschungsrichtungen ist die Entwicklung der Hybridtechnik. Bei ihrem Einsatz in Kraftfahrzeugen lebt sie davon, dass Brems- bzw. Entschleunigungsenergie zurückgewonnen wird und wieder zur Verfügung steht. Die damit erreichbaren Einsparungen liegen bei 12 bis 15%. Die dazu notwendigen Batterien jedoch schmälern diese Einsparung wieder durch das noch hohe Batteriegewicht. Auf diesem Gebiet forschen sämtliche namhaften Automobilhersteller.

F. Ergebnis

Heute stehen uns Verbrennungsmotoren zur Verfügung, die mit der eingesetzten Primärenergie einen Wirkungsgrad von 28 – 35%, in ihrem jeweiligen Arbeitsbereich, erzielen.

Dieser Wert hat sich in den letzten 30 Jahren nur geringfügig geändert. Das zeigt deutlich, dass die Konstruktion des Hubkolbenmotors am Ende ihrer technischen Entwicklungsmöglichkeiten angekommen ist. Dies hat zur Folge, dass wir praktisch an einem Punkt angelangt sind, an dem die Entwicklungsschritte immer kleiner geworden sind. Deshalb bricht der iTM mit der traditionellen Technik und bietet insbesondere mit den Versionen iTM 2 und iTM 3 die modernsten Triebwerke zur Diskussion an.

Eine Verbesserungsmöglichkeit der Effizienz stellt u.a. der so genannte Hybridantrieb dar, bei dem sich ein Verbrennungsmotor und ein oder mehrere Elektromotoren die Arbeit teilen.

Der Hybridantrieb

Bei Fahrzeugen mit Hybridtechnik kann das Fahrzeug sowohl mit Elektroantrieb, als auch konventionell mit Diesel oder Benzin, bzw. gemischt betrieben werden. Während zunächst im Elektro-Modus Nullemissionen - beispielsweise im innerstädtischen Verkehr - das Entwicklungsziel waren und der konventionelle Antrieb (Otto- oder Dieselmotor) für den außerstädtischen Verkehr sowie zum Aufladen der Batterien gedacht war, werden heute Hybridtechniken entwickelt, die die Elektrotraktion für alle Fahraufgaben heranziehen oder automatisch zwischen Elektromotor, Verbrennungsmotor oder einer Kombination beider



Antriebe wählen können. Moderne Elektromotoren und Generatoren sowie nahezu verlustfrei arbeitende elektronische Steuerungselemente und hoch belastbare Batterien gestatten den Einsatz der Elektrotraktion mit hohen Wirkungsgraden. Der Otto- bzw. Dieselmotor kann auf den Betrieb mit entsprechend geringerer Leistung und Baugröße hin optimiert werden. Trotz des relativ hohen technischen Bauaufwands beim Hybrid-Antrieb können mit solchen Hybridfahrzeugen vor allem im Stadtverkehr besonders niedrige Energieverbräuche und auch niedrige Abgasemissionen verwirklicht werden.

Dabei ergeben sich folgende Vorteile:

1. Der Verbrennungsmotor kann ständig im Bereich seines maximalen Wirkungsgrades arbeiten. Die dabei erreichte Verbesserung kann bis zu ca. 7% betragen.
2. Durch den Einsatz des Elektromotors als Stromgenerator kann dieser beim Bremsen oder beim Verlangsamen der Geschwindigkeit die dabei freiwerdende Energie zurückspeisen. Die hierbei zu erzielende Verbesserung hängt von dem Einsatz des Fahrzeuges ab. Bei Fahreinsätzen mit sehr vielen Stopps und wieder Anfahren können Verbesserungen bis zu 45% erreicht werden. (Peugeot und Citroen). Im normalen Fahralltag ist mit 10 bis 15% zu rechnen.

Die angegebenen Verbesserungen sind unabhängig davon, ob es sich beim Verbrennungsmotor um einen Benzin- oder einen Dieselmotor handelt.