



Technische Details

Shell
GTL Fuel

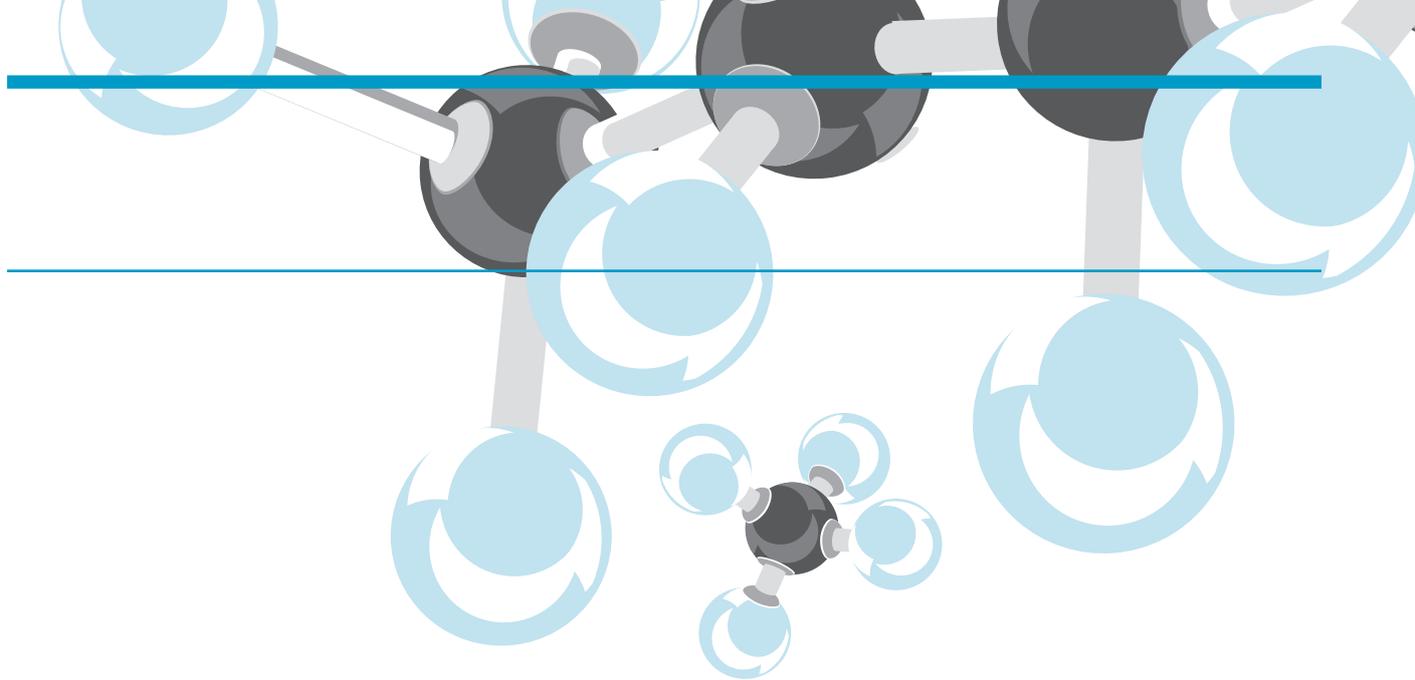
SYNTHETIC TECHNOLOGY FOR CLEANER AIR*

* Shell GTL Fuel verbrennt sauberer und sorgt so für geringere Emissionen im Vergleich zu Standard Diesel.



Inhalt

1	Übersicht	4	8.1	Behördliche Vorgaben	43
2	Zur Geschichte von GTL	6	8.2	Produktionsspezifikationen für Shell GTL Fuel	46
3	GTL-Produktion	8	8.3	Steuervorteile	47
3.1	Shell Middle Distillate Synthesis (SMDS)	8	8.4	Produktregistrierung	48
3.2	Produkte des SMDS-Prozesses	10	8.5	Externe Unterstützung für Shell GTL Fuel	49
3.3	Prozessentwicklung	12	9	Handhabung und Lagerung von Shell GTL Fuel	50
3.4	Shells kommerzielle GTL-Anlagen	13	9.1	Unterschiede zwischen Shell GTL Fuel und herkömmlichem Diesel	50
4	Eigenschaften und Leistungsvermögen von Shell GTL Fuel	14	9.2	Auswirkungen dieser Unterschiede zu herkömmlichem Diesel	51
4.1	Die wichtigsten Eigenschaften	14	9.3	Verfügbarkeit	52
4.2	Aussehen und Geruch	15			
4.3	Cetanzahl	15	Abkürzungen		53
4.4	Massebezogener Energiegehalt (Brennwert)	15			
4.5	Dichte	15	Literatur		54
4.6	Schwefelgehalt	16			
4.7	Leistungsfähigkeit bei niedrigen Temperaturen (Kälteeigenschaften)	17	Appendix 1		
4.8	Schmierfähigkeit	18	Europäische Normen für Dieselemissionen		55
4.9	Viskosität	19	Appendix 2		
4.10	Destillationsverlauf	20	Emissionstests - ergänzende Informationen		57
5	Vorteile von Shell GTL Fuel in Bezug auf lokale Emissionen	21	A2.1	Schwere Nutzfahrzeuge	57
5.1	Regulierte Emissionen	21	A2.2	PKW und leichte Nutzfahrzeuge	60
5.2	Derzeitige Emissionsgesetzgebung	23			
5.3	Lokale Emissionen und Luftqualität	26			
5.4	Reduzierung lokaler Emissionen von Fahrzeugflotten	26			
5.5	Zusammenfassung der Ergebnisse der Shell GTL Fuel Emissionstests	27			
5.6	Zusammenfassung	30			
6	Praxiserprobungen mit Shell GTL Fuel	31			
6.1	Schwere Nutzfahrzeuge	32			
6.2	PKW und leichte Nutzfahrzeuge	35			
6.3	Schlussfolgerungen aus den Felderfahrten	36			
7	Weitere Umweltvorteile von Shell GTL Fuel	37			
7.1	Biologische Abbaubarkeit	38			
7.2	Ökotoxizität	39			
7.3	Motorenlärm	40			
8	Für Shell GTL Fuel geltende Spezifikationen und Vorschriften	42			



Tabellen

Tab. 1	Übersicht über wichtige qualitative, leistungsrelevante Eigenschaften von Shell GTL Fuel	14
Tab. 2	NO _x - und PM-Emissionsgrenzwerte für Schwerlast-Dieselmotoren	25
Tab. 3	Prozentuale Reduktion lokaler Emissionen bei Schwerlastmotoren im Vergleich zu herkömmlichem Diesel	28
Tab. 4	Prozentuale Reduktion lokaler Emissionen bei kleineren Motoren im Vergleich zu herkömmlichem Diesel	29
Tab. 5	Übersicht über Feldtests mit Shell GTL Fuel in schweren Nutzfahrzeugen	33
Tab. 6	Übersicht über Feldtests mit Shell GTL Fuel in PKW	36
Tab. 7	In der TS 15940 festgelegte Eigenschaften im Vergleich zur EN 590	44
Tab. 8	Klimaabhängige Vorschriften der EN 590 und TS 15940 (gemäßigte Regionen)	45
Tab. 9	Typische Eigenschaften von Shell GTL Fuel	46
Tab. 10	Steuern auf Dieselmotoren in Finnland seit Januar 2012 (Verordnung 1443/2011)	47
Tab. 11	Emissionsgrenzwerte für LKW- und Nutzfahrzeug-Dieselmotoren (stationäre Fahrzyklen)	55
Tab. 12	Emissionsgrenzwerte für LKW- und Nutzfahrzeug-Dieselmotoren (instationäre Fahrzyklen)	55
Tab. 13	Emissionsgrenzwerte für PKW und leichte Nutzfahrzeuge mit Dieselmotor	56
Tab. 14	Nutzfahrzeugtests - Übersicht über die getesteten Fahrzeuge	57
Tab. 15	Nutzfahrzeugtests - prozentuale Emissionsvorteile	58
Tab. 16	Nutzfahrzeugfeldversuche - prozentuale Emissionsvorteile	59
Tab. 17	Tests an PKW und leichten Nutzfahrzeugen - Übersicht über die getesteten Fahrzeuge	60
Tab. 18	Tests an PKW und leichten Nutzfahrzeugen - prozentuale Emissionsvorteile	61
Tab. 19	Feldversuche mit PKW und leichten Nutzfahrzeugen - prozentuale Emissionsvorteile	62

Abbildungen

Abb. 1	Weltweite GTL-Anlagen - derzeitige und in Planung befindliche	7
Abb. 2	Schematische Darstellung einer typischen Prozessanordnung in einer Shell GTL-Anlage	8
Abb. 3	Pearl GTL „Produktpalette“	10
Abb. 4	Abhängigkeit Kälteeigenschaften vs. Cetanzahl bei Shell GTL Fuel	17
Abb. 5	Korrelation von Dichte und Viskosität bei Dieselmotoren	19
Abb. 6	PM/NO _x -Trade-off-Diagramm	22
Abb. 7	Grenzwerte für NO _x /PM-Emissionen von Schwerlastmotoren gemäß Euro I bis VI	23
Abb. 8	Geschätzte Marktdurchdringung der Euro-Normen in der EU 27: schwere Nutzfahrzeuge [8]	24
Abb. 9	Beispiele für weltweite Feldversuche mit Shell GTL Fuel in schweren Nutzfahrzeugen	32
Abb. 10	Beispiele für weltweite Feldversuche mit Shell GTL Fuel in PKW	35
Abb. 11	Tests zur Einstufung „leicht biologisch abbaubar“	38



SHELL GTL FUEL FORSCHER

Übersicht

Dieses Dokument bietet einen Überblick über Shells umfangreiche Kenntnisse und Erfahrungen mit Shell GTL (Gas-to-Liquids) Fuel und dessen Einsatz in verschiedensten konventionellen Dieselfahrzeugen. Als „Shell GTL Fuel“ wird im Folgenden 100%iger GTL-Kraftstoff bezeichnet, der unter dem Markennamen Shell vermarktet wird.

Shell GTL Fuel ist ein innovativer synthetischer Kraftstoff, der aus Erdgas gewonnen wird und dazu beitragen kann, lokale Emissionen wie Partikel (PM) und Stickoxide (NO_x) bei herkömmlichen Dieselfahrzeugen zu reduzieren.

Shell GTL Fuel hat einen niedrigeren Gehalt an Aromaten, polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK), Olefinen, Schwefel und Stickstoff als herkömmlicher Dieselfuel. Durch den hohen Reinheitsgrad ist Shell GTL Fuel farblos und geruchsarm. Es enthält nur Moleküle, die auch in herkömmlichem Diesel zu finden sind, besteht aber nahezu ausschließlich aus gradkettigen Normalparaffinen und verzweigten Isoparaffinen. Dank dieser einzigartigen Zusammensetzung hat Shell GTL Fuel eine sehr hohe Cetanzahl und verbrennt sauberer als herkömmlicher, aus Rohöl gewonnener Diesel, wobei potenziell weniger lokale Emissionen freigesetzt werden. Da GTL-Produkte aus Erdgas und nicht aus Erdöl gewonnen werden, können sie zudem einen Beitrag zur Diversifizierung der Kraftstoffquellen leisten.

Herstellung

Shell GTL Fuel wird durch das GTL-(Gas-to-Liquids-)Verfahren aus Erdgas gewonnen. Die Chemie des GTL-Verfahrens wurde in den 1920er Jahren entwickelt und nach seinen Erfindern „Fischer-Tropsch“-Verfahren genannt. Hierbei werden aus einer Kohlenstoffquelle mittels Synthesegas (CO und H₂) durch katalysierte Reaktionen höhere Kohlenwasserstoffe synthetisiert. Das Herstellungsverfahren für Shell GTL Fuel trägt den Namen Shell Middle Distillate Synthesis (SMDS) und umfasst drei Hauptschritte:

1. Gasifizierung

Aus Erdgas wird durch partielle Oxidation Synthesegas (CO und H₂) hergestellt

2. Synthese

Das Synthesegas wird in einem Niedrigtemperatur-Fischer-Tropsch-Verfahren zu flüssigen Kohlenwasserstoffen, einem „synthetischen Rohöl“ umgewandelt.

3. Hydrocracken/Umwandlung in Produkte

Das synthetische Rohöl wird weiterverarbeitet und zu hochwertigen paraffinischen Produkten wie Kraftstoffen, Flugtreibstoffen und chemischen Grundstoffen fraktioniert.

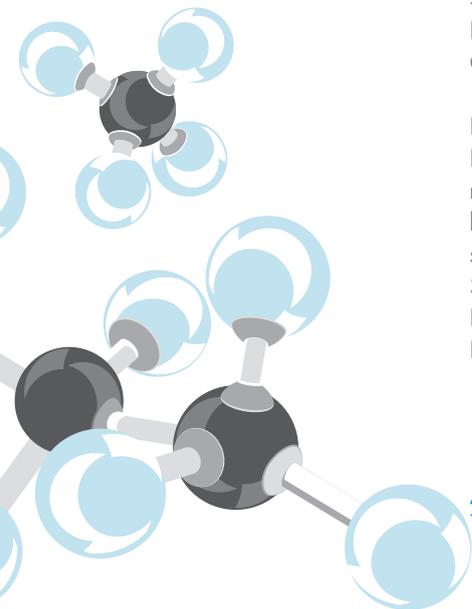
Produktionsstätten

Shell hat das Shell Middle Distillate-(SMDS-) Verfahren zunächst 1993 in der ersten kommerziellen GTL-Anlage der Welt, die in Bintulu in Malaysia eröffnet wurde, implementiert. Inzwischen produziert Bintulu 14.700 Barrel GTL-Produkte am Tag. Die in Bintulu gesammelten Erfahrungen waren ausschlaggebend für den Erfolg der zweiten kommerziellen GTL-Anlage von Shell und Qatar Petroleum in Katar, die unter dem Namen „Pearl“ bekannt ist. Pearl, die größte GTL-Anlage der Welt, ist ein vollintegriertes Upstream/Downstream-Projekt. Bei vollständiger Auslastung produziert die Anlage 140.000 Barrel GTL-Produkte am Tag sowie 120.000 Barrel Öläquivalent an Kondensaten und anderen Produkten aus der Gasverarbeitung.

Die Produktpalette von Pearl umfasst GTL-Gasöl, GTL-Naphtha, GTL-Kerosin, GTL-Normalparaffin und GTL-Grundöle. Shell GTL Fuel wird vornehmlich aus der „Gasöl“-Fraktion gewonnen, deren Eigenschaften herkömmlichem Diesel ähneln.

Problemlöse Handhabung

Shell GTL Fuel kann generell unter Verwendung derselben Ausrüstungen, Materialien und Verfahren abgefüllt, transportiert und gelagert werden wie herkömmlicher Dieselfuel. Außerdem können Dieselfahrzeuge ohne Modifikationen am Motor oder Abgassystem mit Shell GTL Fuel betrieben werden, d. h., Shell GTL Fuel ist als direkter Dieseleratz zu sehen,



dessen Markteinführung keinerlei Investitionen in neue Fahrzeuge oder Tank-Infrastruktur voraussetzt.

Produkteigenschaften

Shell GTL Fuel ist ein besonders hochwertiges Produkt. Mit physikalischen Eigenschaften, die im Großen und Ganzen denjenigen von herkömmlichem Dieseldieselkraftstoff entsprechen, zeichnet es sich durch eine wesentlich höhere Cetanzahl, einen höheren massebezogenen Energiegehalt, einen niedrigeren Gehalt an Schwefel und Aromaten sowie eine geringere Dichte aus. Shell GTL Fuel ist nahezu vollständig paraffinisch und enthält im Wesentlichen nur zwei Typen von Kohlenwasserstoffmolekülen: Normalparaffine und Isoparaffine. Es ist praktisch frei von ungesättigten Molekülen wie Olefinen (Alkenen) und Aromaten, wie sie in herkömmlichen Kraftstoffen vorkommen. Diese einzigartigen Eigenschaften ermöglichen eine effizientere Verbrennung und helfen damit, die erzeugten lokalen Emissionen (wie z. B. PM und NO_x) zu reduzieren.

Shell GTL Fuel kann die Anforderungen der meisten gemäßigten und kalten Klimazonen erfüllen. Seine Filtrierbarkeitsgrenze liegt typischerweise im Bereich -9 °C bis -20 °C , zudem wurden bereits Chargen mit niedrigerer Filtrierbarkeitsgrenze produziert.

Weltweite Erfolge

In den vergangenen zehn Jahren hat Shell in vielen Städten eine Vielzahl an Felderproben mit Shell GTL Fuel durchgeführt. Im Rahmen dieser Fahrzeugtests wurde die Leistung von Shell GTL Fuel viele Monate lang unter Praxisbedingungen geprüft. Die Tests ergaben, dass der Umstieg von herkömmlichem Diesel auf Shell GTL Fuel unproblematisch ist und die Fahrzeulleistung nicht beeinträchtigt wird. Außerdem wurden hierdurch Behörden, Fahrzeughersteller und die Öffentlichkeit in Europa, den USA und Asien auf Shell GTL Fuel aufmerksam.

Die wichtigsten Vorteile

Im Rahmen dieser Tests und Versuchsdurchläufe wurde ein großer Datenbestand zu lokalen Emissionsprofilen gesammelt, der ein breites Spektrum an heute relevanten Fahrzeugen, Motoren und Nachbehandlungssystemen berücksichtigt. Insgesamt wurde durch die Tests nachgewiesen, dass Shell GTL Fuel die lokalen Emissionen (wie PM und NO_x) gegenüber herkömmlichem Dieseldieselkraftstoff um einen erheblichen Prozentsatz reduzieren kann. Darüber hinaus ist dieser Prozentsatz für ein breites Spektrum an Motor- und Fahrzeugtechnologien gültig. Demzufolge ist der Betrieb gewerblicher Fuhrparks mit Shell GTL Fuel eine attraktive Möglichkeit, um lokale Emissionen zu senken und die Luftqualität in Städten zu verbessern.

Abgesehen von den Vorteilen hinsichtlich der lokalen Emissionen ist Shell GTL Fuel nicht giftig, ist geruchsarm, besser biologisch abbaubar und durch ein geringes Gefährdungspotenzial gekenn-



SHELL GTL FUEL TEST-FAHRZEUG IN CHINA

zeichnet. Dies sind weitere positive Eigenschaften, die Shell GTL Fuel im Vergleich zu herkömmlichen Dieseldieselkraftstoffen potenziell sicherer im Transport, in der Handhabung und in der Verwendung machen. Seit 2006 verfolgt Shell die weltweite Zertifizierung von Shell GTL Fuel durch eine neue CAS-Nummer und eine neue Produktbezeichnung, um das Produkt von aus Rohöl gewonnenen Produkten unterscheidbar zu machen. Hierdurch werden die einzigartigen Eigenschaften von Shell GTL Fuel im Hinblick auf das niedrige Gefährdungspotenzial zum Differenzierungsmerkmal, das es ermöglicht, das Produkt speziell in Einsatzbereichen zu nutzen, in denen „sicherere“ Produkte (d.h. Produkte mit geringerem Gefährdungspotenzial) wünschenswert sind. Darüber hinaus wirkt sich Shell GTL Fuel aufgrund seiner hohen Cetanzahl unter bestimmten Bedingungen nachweislich positiv auf die von Motoren ausgehenden Geräuschemissionen aus.

Ein Beitrag zur Verbesserung der lokalen Luftqualität

Shell und die jeweils beteiligten Partner haben eine Reihe von Emissionstests durchgeführt, in denen die Vorteile der Verwendung von Shell GTL Fuel in marktrelevanten Motoren und Fahrzeugen unter kontrollierten Bedingungen nachgewiesen wurden. Auf Motorenprüfständen mit Standard-Testzyklen durchgeführte Messungen haben ergeben, dass bezogen auf lokale Emissionen Shell GTL Fuel in Motoren für leichte wie für schwere Nutzfahrzeuge gleichermaßen Vorteile gegenüber herkömmlichem Dieseldieselkraftstoff bietet. Diese Messungen wurden durch die Prüfung von Fahrzeugen auf Rollenprüfständen mit praxisrelevanten Zyklen ergänzt. Die zahlreichen im Rahmen von Praxiserprobungen bei Kunden durchgeführten Versuche haben die im Laborversuch ermittelten Einsparungen der lokalen Emissionen bestätigt.

Verfügbarkeit von Shell GTL Fuel

Derzeit vermarktet Shell das Shell GTL Fuel in Deutschland und den Niederlanden an gewerbliche und kommunale Fahrzeugflotten mit eigener Tankeinrichtung.

2

Zur Geschichte von GTL

Shell GTL Fuel ist ein Produkt, das im GTL-(Gas-to-Liquids-)Verfahren aus Erdgas gewonnen wird.

Der GTL-Prozess ist das kommerziell am weitesten entwickelte Verfahren einer als „XTL“ bekannten Gruppe von Verfahren, wobei das „X“ für unterschiedliche ursprüngliche Energieträger steht.

Mittels des XTL-Prozesses können aus verschiedenen Kohlenstoffquellen flüssige Kohlenwasserstoffe gewonnen werden. Die Chemie dieser Prozesse, die bewährte Fischer-Tropsch-Synthese, wird seit fast hundert Jahren weiterentwickelt. Im Prinzip verwendet das Fischer-Tropsch-Verfahren katalytische Reaktionen zur Synthese komplexer Kohlenwasserstoffe aus einfacheren organischen Molekülen. Die Produkte des XTL-Prozesses sind in erster Linie Mitteldestillate einschließlich Kraftstoffe für das Verkehrswesen. Hieraus folgt, dass die XTL-Technologie zur Diversifizierung der Kraftstoffquellen beitragen und das Angebot an aus Rohöl gewonnenen Kraftstoffen ergänzen kann. Nachstehend die wichtigsten Ereignisse der GTL-Geschichte in chronologischer Reihenfolge

• **1922** – Die deutschen Wissenschaftler Franz Fischer und Hans Tropsch entdecken den für den GTL-Prozess wesentlichen Syntheseschritt.

• **1945** – Das Fischer-Tropsch-(F-T-)Verfahren wird in Deutschland im Zweiten Weltkrieg eingesetzt, um aus Kohle ca. 1.600 Barrel flüssige Transportkraftstoffe am Tag zu gewinnen (Coal To Liquid CTL).

• **1955** – Unter Verwendung von Kohle als Ausgangenergieträger wird in Südafrika seit 1955 das F-T-Verfahren angewendet. Das Land hat kein eigenes Öl, aber große Kohlereserven. CTL ist somit eine attraktive Möglichkeit, weniger abhängig von Kraftstoffimporten zu werden.

• **1973** – Shell entscheidet sich den F-T-Prozesses zur Konvertierung von Gas (und anderen Ausgangsstoffen) in flüssige Kohlenwasserstoffe im seinem Amsterdamer Labor weiterzuentwickeln.

• **1983** – Shell baut in Amsterdam eine Pilotanlage, in der in größerem Maßstab Versuche zur Paraffin-Synthese und -Umwandlung in GTL-Produkte durchgeführt werden.

• **1992** – PetroSA, das nationale Ölunternehmen der Republik Südafrika, nimmt in Mossel Bay eine GTL-Anlage in Betrieb, die mit einem Hochtemperatur-F-T-Verfahren arbeitet und heute eine Kapazität von 45.000 Barrel GTL-Produkten am Tag hat. Diese Anlage produziert in erster Linie Ottokraftstoffe und keine Dieselkomponenten.

• **1993** – Shell eröffnet die weltweit erste kommerzielle Niedrigtemperatur-Fischer-Tropsch-Anlage in Bintulu, Malaysia. Sie ist darauf ausgelegt, 12.500 Barrel hochwertige GTL-Produkte am Tag herzustellen.

• **2001** – Sasol gibt eine Vereinbarung über den Bau der ersten GTL-Anlage des Unternehmens in Oryx, Katar, bekannt.

• **2003** – Durch technische Weiterentwicklung wird die Produktionskapazität in Bintulu auf 14.700 Barrel pro Tag gesteigert.

• **2005** – Chevron kündigt den Bau einer GTL-Anlage in Escravos, Nigeria, an. In der Anlage, deren Eröffnung für 2013 geplant ist, sollen schließlich 33.000 Barrel GTL-Produkte am Tag produziert werden.



GTL PILOT ANLAGE, AMSTERDAM



Zur Geschichte von GTL

- **2006** – Das Pearl-GTL-Projekt (Shell und Qatar Petroleum) wird von der Regierung des Staates Katar genehmigt. Es soll zehnmal so groß werden wie die Anlage in Bintulu.
- **2007** – Eröffnung der Sasol-Anlage in Oryx, Katar, die derzeit 34.000 Barrel GTL-Produkte am Tag produziert.
- **2012** – Aufnahme der Volllastproduktion bei Pearl GTL, d.h. 140.000 Barrel hochwertiger GTL-Produkte am Tag.
- **2012** – Sasol beginnt mit dem Bau der Oltin Yo'l GTL-Anlage in Usbekistan. Sie wird 38.000 Barrel GTL-Produkte am Tag produzieren. Die endgültige Investitionsentscheidung über dieses Projekt soll in der zweiten Jahreshälfte 2013 getroffen werden.
- **2012** – Sasol beginnt die erste Planungsphase (Front End Engineering and Design) einer GTL-Anlage in Louisiana, USA. Sie wird voraussichtlich 96.000 Barrel GTL-Produkte am Tag produzieren.
- **2012** – Sasol führt eine Machbarkeitsstudie zum Bau einer GTL-Anlage in Alberta, Kanada, durch. Auch hier sollen 96.000 Barrel GTL-Produkte am Tag produziert werden.
- **2012** – Shell führt eine Machbarkeitsstudie zur GTL-Produktion in der Größenordnung von Pearl GTL in den USA durch.



DIE PEARL GTL-ANLAGE IN KATAR

GTL ist eine expandierende Technologie, für die in den vergangenen Jahren viele Großprojekte angekündigt wurden. Shell wird auch in Zukunft die Chancen für neue GTL-Anlagen untersuchen.

Abbildung 1

Weltweite GTL-Anlagen - derzeitige und in Planung befindliche



3

GTL-Produktion

Gegenstand dieses Kapitels sind der Produktionsprozess für Shell GTL Fuel und ein Überblick über die beiden großen Shell GTL-Anlagen: Bintulu und Pearl GTL.

3.1 Shell Middle Distillate Synthesis (SMDS)

Die Grundlagen der GTL-Technologie wurden in den 1920er Jahren entwickelt und nach ihren Erfindern als „Fischer-Tropsch“-Verfahren bezeichnet. Im Wesentlichen werden bei diesem Prozess aus einer Kohlenstoffquelle mittels Synthesegas (CO und H_2) durch katalytische Reaktionen höhere Kohlenwasserstoffe synthetisiert. Shells GTL-Produktionsverfahren trägt den Namen Shell Middle Distillate Synthesis (SMDS) und umfasst drei Hauptschritte:

1. Gasifizierung

Aus Erdgas wird durch partielle Oxidation Synthesegas (CO und H_2) hergestellt.

2. Synthese

Synthesegas wird in einem Niedrigtemperatur-Fischer-Tropsch-Verfahren zu flüssigen Kohlenwasserstoffen, einem „synthetischen Rohöl“ umgewandelt.

3. Hydrocracken/Umwandlung in Produkte

Das synthetische Rohöl wird weiterverarbeitet und zu hochwertigen paraffinischen Produkten (z. B. Kraftstoffe, Flugtreibstoffe und chemische Grundstoffe) fraktioniert.

GTL-Einrichtungen sind komplexe Anlagen, in denen – wie in einem riesigen Chemiebaukasten – Atomketten zunächst kombiniert, dann zerlegt und neu zusammengesetzt werden. Ketten unterschiedlicher Länge haben unterschiedliche Eigenschaften, sodass eine Bandbreite unterschiedlicher GTL-Produkte hergestellt werden kann.

Abbildung 2

Schematische Darstellung einer typischen Prozessanordnung in einer Shell GTL-Anlage

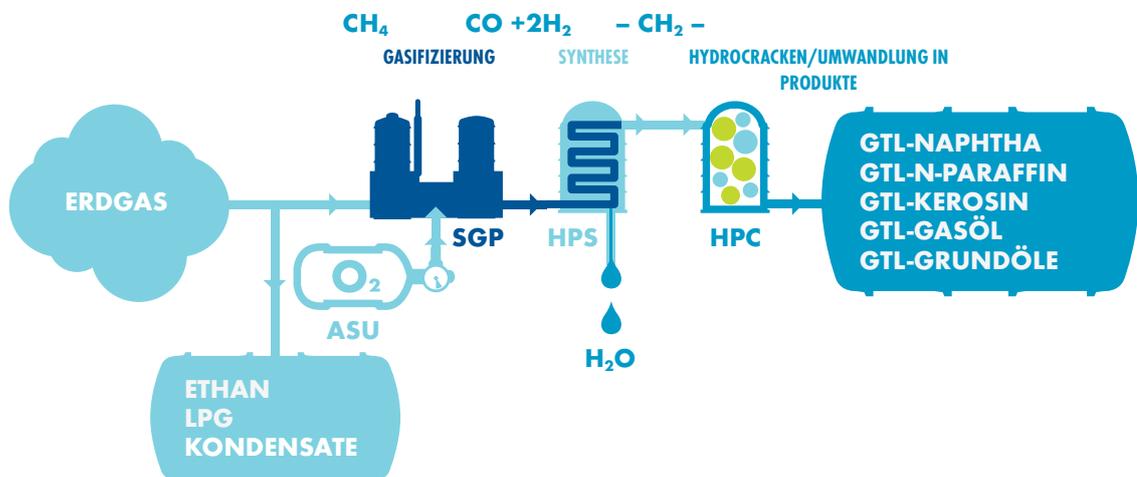


Abbildung 2 Schematische Darstellung des Standardprozesses in einer Shell GTL-Anlage

3.1.1

Gasbildung

Der Shell Gasification Process (SGP) wurde in den 1950er Jahren, in erster Linie mit dem Ziel, schwere Rückstände zu gasifizieren, entwickelt. Bei diesem Prozess wird Methan teilweise zu Synthesegas oxidiert, einem Gemisch aus Kohlenmonoxid und Wasserstoff. Der Sauerstoff für den SGP wird in einer Luftzerlegungsanlage (Air Separation Unit, ASU) produziert. Die Reaktion zur Herstellung von Synthesegas kann wie folgt dargestellt werden:



Der Prozess läuft bei Temperaturen von 1.300 bis 1.500 °C und Drücken von bis zu 70 bar ab. Das H₂/CO-Verhältnis des SGP-Gases bedarf nur geringer Anpassungen, um die Shell GTL-Produktpalette zu ergeben, woraus sich ein hoher Gesamtwirkungsgrad für den Prozess ergibt.

3.1.2

Synthese

Kern des GTL-Prozesses ist die Fischer-Tropsch-Synthese, bei der Kohlenwasserstoffmoleküle mithilfe eines Katalysators „gezüchtet“ werden. Das Synthesegas wird durch einen „Heavy Paraffin Synthesis“-Reaktor (HPS-Reaktor) geleitet, wo es bei hoher Temperatur und hohem Druck mit einem patentierten Fischer-Tropsch-Katalysator in Kontakt gebracht wird. Die im SMDS eingesetzten patentgeschützten Katalysatoren wurden von CRI/Criterion Inc., einem international tätigen Spezialunternehmen für Katalysatortechnologie, entwickelt. Das Produkt des HPS-Prozesses ist ein wachsartiges Gemisch, das erhebliche Mengen an langkettigen Normal-Alkanen (unverzweigte Paraffine, C1-C100+) enthält, die bei Raumtemperatur fest und in diesem Zustand als Kraftstoff für Transportzwecke ungeeignet sind. Die F-T-Reaktion kann wie folgt beschrieben werden:



GTL WACHS AUS HPS



Je nach Einsatzstoff und gewünschter Produktpalette kann die Fischer-Tropsch-Reaktion unter unterschiedlichsten Bedingungen durchgeführt werden. Die Shell Standorte Pearl GTL und Bintulu arbeiten mit einem Niedrigtemperatur-Fischer-Tropsch-Prozess, der bei 210 - 260 °C abläuft und bei dem ein von der Firma CRI/Criterion Inc. entwickelter Cobalt-Katalysator zum Einsatz kommt. Die Bedingungen und der für den SMDS-Prozess verwendete Katalysator maximieren die Ausbeute an Mitteldestillaten mit hohem Paraffingehalt, die als flüssige Kraftstoffe für das Verkehrswesen geeignet sind. Als einziges Nebenprodukt im Fischer-Tropsch-Prozess wird Wasser produziert.

Im Gegensatz dazu läuft der Hochtemperatur-Fischer-Tropsch-Prozess, der weit verbreitet in der Kohleverflüssigung (Coal-to-Liquids, CTL) zum Einsatz kommt, bei Temperaturen von 310 bis 340 °C über einem Eisenkatalysator ab. Der Hochtemperatur-Fischer-Tropsch-Prozess liefert an Olefinen und Aromaten reiche, leichte Produkte, die sich eher für die Produktion von Ottokraftstoff und Chemierohstoffen eignen.

3.1.3

Hydrocracken/ Umwandlung in Produkte

Im „Heavy Paraffin Conversion“-Reaktor (HPC-Reaktor) werden die einzigartigen Eigenschaften der Shell GTL-Produkte

präzise herbeigeführt. Der Großteil des HPS-Produkts wird dem HPC-Reaktor zugeführt, wo es in Gegenwart eines anderen Shell eigenen Katalysators mit Wasserstoff in Verbindung gebracht wird. Der wächsartige Anteil des HPS-Produkts wird durch Hydrocracken selektiv zu den gewünschten Mitteldestillatprodukten aufgespalten. Gleichzeitig wird das Produkt hydro-isomerisiert, um eine Verzweigung anzuregen und die Kälteeigenschaften zu verbessern. In den Crack-Verfahren entstandene ungesättigte Moleküle werden zu Paraffinen hydriert. Anschließend wird das HPC-Produkt in einer herkömmlichen Destillationskolonne separiert, wo es, wie wir im nächsten Abschnitt erläutern werden, in eine Reihe von Endproduktfraktionen zerlegt wird.



DIE PEARL GTL-ANLAGE IN KATAR

3

GTL-Produktion

Der SMDS-Prozess erzeugt zahlreiche GTL-Produkte, unter anderem GTL-Gasöl, aus dem wiederum Shell GTL Fuel produziert wird.

3.2 Produkte des SMDS-Prozesses

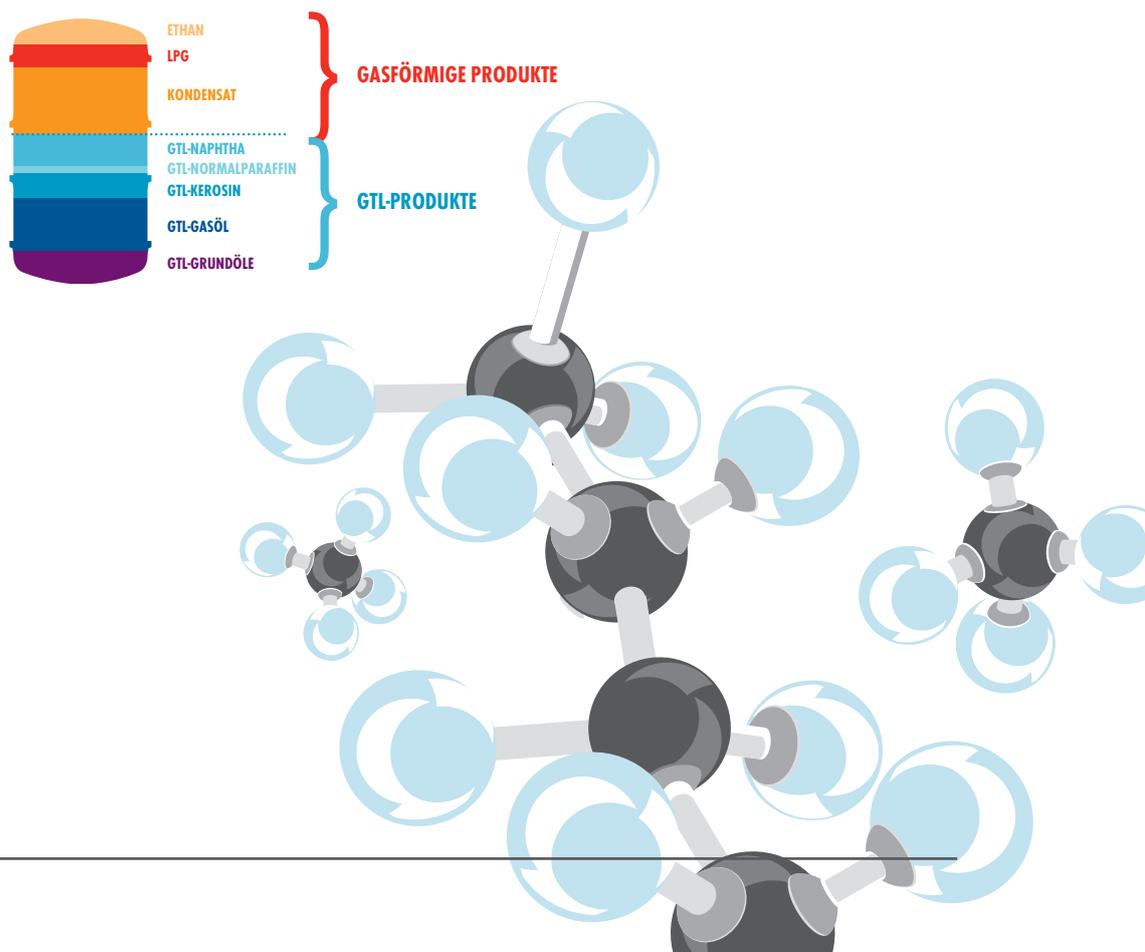
Die einzelnen Raffinerie- oder GTL-Produkte werden als „Fraktionen“ bezeichnet.

Die einzelnen GTL-Fraktionen wiederum haben unterschiedliche physikalische Eigenschaften, durch die sie für bestimmte Anwendungen prädestiniert sind. Die anteiligen Mengen dieser unterschiedlichen Fraktionen aus einem spezifischen GTL-Prozess sind als „Produktpalette“ definiert. Shell GTL Fuel wird aus der „Gasöl“-Fraktion der Produktpalette gewonnen.

Je nach GTL-Produktionsbedingungen, d. h. Temperatur im Reaktor und Art des verwendeten Katalysators, ergeben sich unterschiedliche Produktpaletten. Der mit einem Niedrigtemperatur-Fischer-Tropsch-Prozess und einem Cobalt-Katalysator arbeitende SMDS-Prozess maximiert die Ausbeute an Mitteldestillaten und steigert die paraffinische Beschaffenheit, wodurch sie sich in hohem Maße für diverse Kraftstoffprodukte eignen. Die Produkte des SMDS-Prozesses lassen sich in die zwei Hauptklassen Produkte aus der Gasverarbeitung und GTL-Produkte einteilen.

Abbildung 3

Pearl GTL-„Produktpalette“



3.2.1

Produkte aus der Gasverarbeitung

Die Produkte aus der Gasverarbeitung werden überwiegend produziert, bevor das Erdgas dem SGP-Reaktor zugeführt wird (eine gewisse Menge Ethan und LPG entsteht auch während des SMDS-Prozesses).

- Ethan kann zu Ethylen weiterverarbeitet und für die Herstellung von Kunststoffprodukten verwendet werden.
- LPG besteht überwiegend aus Propan und Butan und eignet sich als Brennstoff.
- Kondensat kommt vorwiegend in petrochemischen Raffinerien zum Einsatz.

3.2.2

GTL-Produkte

Der SMDS-Prozess ermöglicht den Einsatz von Erdgas anstelle von Rohöl als Rohstoff für eine Reihe von hochwertigen Flüssigprodukten. Hierzu zählen sauber verbrennende Kraftstoffe für Dieselfahrzeuge und den Flugverkehr sowie Grundstoffe für Chemikalien und Schmierstoffe.

- Am leichteren Ende der Produktpalette ist GTL-Naphtha ein hochwertiger, alternativer Grundstoff für die chemische Produktion und eine Komponente für die Kunststoffindustrie. GTL-Naphtha bietet eine höhere Ethylen-/Propylen-Ausbeute und ist als Material preiswerter als herkömmliches Naphtha.
- GTL-Normalparaffin ist ein hervorragender alternativer Rohstoff für die Herstellung von Reinigungs- und Waschmitteln. Für gewöhnlich extrahieren die Hersteller herkömmliches Normalparaffin aus erdölbasiertem Kerosin; im GTL-Prozess entsteht direkt ein geeignetes Einsatzprodukt.

GTL PRODUKTE



- GTL-Kerosin ist eine Alternative zu herkömmlichem Kerosin auf Erdölbasis. Es eignet sich für Heizzwecke und Kerosinlampen, aber der größte Teil wird in der Luftfahrt Verwendung finden. GTL-Kerosin kann einer herkömmlichen Jet-A-1-Spezifikation bis zu 50 % beigemischt werden (vermarktet als Shell GTL Jet Fuel).
- **GTL-Gasöl eignet sich hervorragend als alternativer Kraftstoff für herkömmliche Dieselfahrzeuge (Shell GTL Fuel).**
- Die schweren Komponenten, wie GTL-Grundöle, eignen sich letztlich zur Verwendung in hochwertigen Ölen und Schmierstoffen.

GTL-Produkte können als UVCB-Stoffe klassifiziert werden und sind vergleichbar mit aus Rohöl gewonnenen Produkten wie Naphtha, Kerosin, Gasöl und Schmierstoff-Grundölen. GTL-Produkte enthalten im Vergleich zu aus Rohöl gewonnenen Produkten vernachlässigbare Mengen an Aromaten, Schwefel- und Stickstoffverbindungen.

¹ „UVCB-Stoffe“: Substanzen unbekannter qualitativer und/oder quantitativer Zusammensetzung, komplexe Reaktionsgemische oder Extrakte. (REACH-Leitfaden zur Identifizierung und Bezeichnung von Stoffen).

3

GTL-Produktion

Pearl GTL wurde 2010 in Ras Laffan, Katar, gebaut und ist jetzt der weltweit größte Hersteller von GTL-Produkten.

3.3 Prozessentwicklung

Der SMDS-Prozess wurde im Shell Technology Centre in Amsterdam entwickelt.

Die Entwicklung waren ein multidisziplinäres Projekt mit frühzeitiger Beteiligung aller Kompetenzbereiche von Grundlagen und Forschung über Engineering bis zur Katalysator- und Prozessentwicklung. Das Ergebnis dieser Zusammenarbeit waren nicht nur der kommerzielle Erfolg der Anlage in Bintulu und schließlich Pearl, sondern auch mehr als 3.500 Patente und zahlreiche Veröffentlichungen.

Nach fast 40 Jahren GTL-Forschung und kommerzieller Anwendung hat Shell die SMDS-Prozesse und insbesondere die von CRI/Criterion produzierten Katalysatoren weitgehend optimiert. Die Optimierung der Katalysatoren ist größtenteils den Erfahrungen aus der weltweit ersten GTL-Anlage kommerziellen Ausmaßes in Bintulu, Malaysia, zu verdanken. Die Verbesserungen haben den Wirkungsgrad der Synthese und damit die Kapitalproduktivität erhöht, sodass größere Mengen Kraftstoff und anderer Produkte kostengünstiger produziert werden können. Diese wertvollen Erfahrungen und die Weiterentwicklung des SMDS-Prozesses haben den Erfolg des Pearl GTL-Projekts ermöglicht. Die beiden kommerziellen GTL-Anlagen von Shell werden im nächsten Abschnitt ausführlicher beschrieben.



SHELL TECHNOLOGY CENTRE AMSTERDAM (STCA)

3.4 Shells kommerzielle GTL-Anlagen

3.4.1 Bintulu GTL

Die erste GTL-Anlage eröffnete Shell 1993 in Bintulu in Malaysia. Zu jenem Zeitpunkt war Bintulu die weltweit erste Niedrigtemperatur-Fischer-Tropsch-GTL-Anlage kommerziellen Maßstabs und produzierte anfangs 12.500 Barrel GTL-Produkte am Tag. Das Projekt war das Resultat von mehr als 30 Jahren durch Shell geleistete Forschungs- und Entwicklungsarbeit. Bintulu ist nach wie vor in Betrieb und produziert inzwischen dank weiterer Fortschritte in der Shell GTL-Technologie 14.700 Barrel hochwertige GTL-Produkte am Tag. Bintulu kann am Tag bis zu 4.000 Barrel GTL Fuel für den Weltmarkt produzieren. Diese begrenzten Mengen hat Shell bislang als Komponente in Premium-Tankstellenprodukten wie Shell Pura Diesel (in Thailand vermarktet) und Shell V-Power Diesel verwendet.

3.4.2 Pearl GTL

Pearl GTL wurde 2010 in Ras Laffan, Katar, fertiggestellt und ist heute weltweit die größte Produktionsstätte für GTL-Produkte. Pearl GTL ist ein vollintegriertes Upstream/Downstream-Projekt und das größte Energieprojekt innerhalb der Landesgrenzen von Katar. Zugleich stellt Pearl GTL Shells bisher größte Projekt-Einzelinvestition dar. Mit dem Bau der Anlage wurde 2006 begonnen. Ende 2010 waren die Arbeiten größtenteils abgeschlossen. Im März 2011 erhielt die Anlage das erste Gas aus dem North Field (Katar). Im Juni 2011 nahm Pearl GTL die Produktion auf und die erste kommerzielle Lieferung fand am 13. Juni 2011 statt. Nach dem schrittweisen Hochfahren erreichte die Anlage dann Ende 2012 ihre volle Kapazität.

Pearl GTL produziert 140.000 Barrel GTL-Produkte am Tag – Diesel, Naphtha, Kerosin, Normalparaffin und Schmierstoff-Grundöle sowie 120.000 Barrel Öläquivalent pro Tag an Ethan, Flüssiggas (Liquefied Petroleum Gas, LPG) und Kondensat. Außerdem werden täglich ca. 50.000 Barrel Shell GTL Fuel für den Weltmarkt hergestellt. Nachdem Shell GTL Fuel inzwischen in größeren Mengen verfügbar ist, hat Shell mit der Vermarktung an gewerbliche Kunden in den Niederlanden und in Deutschland begonnen. Aufbauend auf die langjährigen Erfahrungen in der Vermarktung von GTL-Produkten aus Bintulu plant Shell den Export der hochwertigen, differenzierten Pearl-Premium-Produkte auf den Weltmarkt. Die Aufnahme der Vollproduktion bei Pearl signalisiert, dass GTL nicht nur eine vielversprechende Option für die Zukunft, sondern dafür prädestiniert ist, die Versorgung mit Flüssigkraftstoffen zu verbessern und zu diversifizieren.



BINTULU, MALAYSIA



DIE PEARL GTL-ANLAGE IN KATAR

4

Eigenschaften und Leistungsvermögen von Shell GTL Fuel

Shell GTL Fuel hat eine außergewöhnlich hohe Cetanzahl (bis zu 30 Einheiten höher als Standarddiesel).

Shell GTL Fuel ist ein hochwertiger, innovativer synthetischer Kraftstoff für Dieselmotoren.

Bei physikalischen Eigenschaften, die im Großen und Ganzen denjenigen von aus Rohöl gewonnenem Dieselmotorkraftstoff entsprechen, zeichnet sich GTL Fuel darüber hinaus durch eine wesentlich höhere Cetanzahl, einen höheren Energiegehalt, einen niedrigeren Gehalt an Schwefel und Aromaten sowie eine geringere Dichte aus.

Der Kraftstoff ist nahezu vollständig paraffinisch und enthält im Wesentlichen nur zwei Varianten von Kohlenwasserstoffmolekülen: Normalparaffine und Isoparaffine. Er ist praktisch frei von ungesättigten Molekülen wie Olefinen (Alkenen) und Aromaten, wie sie in herkömmlichen Kraftstoffen vorkommen, was eine effizientere Verbrennung und eine Senkung der lokalen Emissionen ermöglicht. Dieses Kapitel liefert eine weitestgehend deskriptive Darstellung von 100 % Shell GTL Fuel.

4.1 Die wichtigsten Eigenschaften

Die Hauptunterschiede von Shell GTL Fuel im Vergleich zu herkömmlichem Dieselmotorkraftstoff sind Tabelle 1 zu entnehmen.

Tabelle 1

Wichtige qualitative, leistungsrelevante Eigenschaften von Shell GTL Fuel

Eigenschaft	Shell GTL Fuel im Vergleich zu herkömmlichem Dieselmotorkraftstoff	Bedeutung für Anwendung in Dieselfahrzeugen
Cetanzahl	Sehr hoch	<ul style="list-style-type: none">• Geringere lokale Emissionen (PM, NO_x, CO, HC)• Weniger Motorenlärm (bei bestimmten Fahrzeugen)
Massebezogener Energiegehalt (MJ/kg)	Hoch	<ul style="list-style-type: none">• Bessere Verbrennung
Dichte	Gering	<ul style="list-style-type: none">• Geringer als die Mindestanforderung an die Dichte der europäischen Dieselmotorkraftstoffnorm (EN 590).• Höherer volumetrischer Kraftstoffverbrauch• Geringere lokale Emissionen
Schwefelgehalt	Sehr niedrig (nahezu null)	<ul style="list-style-type: none">• Geringere PM- und SO_x-Emissionen²• Potenzielle Vorteile für schwefelempfindliche Nachbehandlungssysteme²
Aromatengehalt	Sehr niedrig (nahezu null)	<ul style="list-style-type: none">• Geringere lokale Emissionen• „Nicht giftig“, „besser biologisch abbaubar“
Kälteeigenschaften	Ähnlich	<ul style="list-style-type: none">• Kann die Spezifikationen für Winterkraftstoffe u. a. im gemäßigten Europa erfüllen

²Vorteile zu vernachlässigen in Regionen, für die bereits sehr strenge Schwefelspezifikationen (<10/15 ppm) gelten

Eigenschaften und Leistungsvermögen von Shell GTL Fuel

4.2 Aussehen und Geruch

Shell GTL Fuel ist im Vergleich zu herkömmlichem Diesel klar und hell, mit einem nahezu wasserähnlichen Aussehen. Aufgrund der sehr geringen Anteile von Schwefel und Aromaten ist zudem kein charakteristischer, dieseltypischer Geruch zu vernehmen.



GERUCHSTESTS

4.3 Cetanzahl

Die Cetanzahl eines Kraftstoffs ist ein Maß für die Verbrennungsqualität.

Sie wirkt sich insbesondere auf den Zündverzug, d. h. den Zeitverzug zwischen dem Beginn der Einspritzung und dem Beginn der Verbrennung, aus. Ein Dieselmotorkraftstoff mit einer hohen Cetanzahl hat einen kürzeren Zündverzug, was eine Reihe weiterer Vorteile bedingen kann.

Shell GTL Fuel ist nahezu vollständig paraffinisch und praktisch frei von ungesättigten Molekülen wie Olefinen (Alkenen) und Aromaten, wie sie in herkömmlichen Kraftstoffen vorkommen. Hieraus ergibt sich, dass Shell GTL Fuel unter Druck sehr gut verbrennt und daher eine außergewöhnlich hohe Cetanzahl aufweist (bis zu 30 Einheiten höher als herkömmlicher Dieselmotorkraftstoff).

Die hohe Cetanzahl und paraffinische Beschaffenheit von Shell GTL Fuel kann eine Reihe von Leistungsvorteilen bewirken:

- i) Geringere lokale Emissionen (PM, NO_x, CO, HC) (siehe Kapitel 5)
- ii) Weniger Motorenlärm und ruhigerer Betrieb in bestimmten Situationen (siehe Kapitel 7.3)

³ Fahrzeuge bis Euro II wurden getestet

Emissionsvorteile lassen sich mittels der Formeln des Europäischen Programms für Emissionen, Kraftstoffe und Motortechnologien (European Program on Emissions, Fuels and Engine Technologies, EPEFE), in dem die Cetanzahl einer der Schlüsselparameter ist³, prognostizieren. [2]

4.4 Massebezogener Energiegehalt (Brennwert)

Der Energiegehalt eines Dieselmotorkraftstoffs wird in der Regel durch seinen massebezogenen Energiegehalt oder durch dessen unteren Heizwert angegeben, wobei sich beide auf die pro Masseinheit gelieferte Energie (MJ/kg) beziehen.

Aufgrund seiner paraffinischen Beschaffenheit hat Shell GTL Fuel einen höheren massebezogenen Energiegehalt als herkömmlicher Dieselmotorkraftstoff.

4.5 Dichte

Infolge seiner chemischen Zusammensetzung hat Shell GTL Fuel eine geringere Dichte als herkömmlicher, aus Rohöl gewonnener Dieselmotorkraftstoff. Die geringe Dichte hat diverse Konsequenzen für die Handhabung und die Endanwendung von Shell GTL Fuel:

- i) Shell GTL Fuel erfüllt nicht die Anforderungen einer Mindestdichte von 820 kg/m³ wie sie in der europäischen Dieselmotorkraftstoffnorm (EN 590) definiert ist. Allerdings genügt Shell GTL Fuel in vollem Umfang den Anforderungen der US-Norm (ASTM D975) für Dieselmotorkraftstoff, die keinen Mindestwert für die Dichte angibt.
- ii) Der volumetrische Kraftstoffverbrauch des Fahrzeuges (angegeben z. B. in Litern pro 100 km) wird bei Shell GTL Fuel im Vergleich zu herkömmlichem Diesel etwas höher ausfallen, weil der Effekt der geringeren Dichte denjenigen des höheren Energiegehalts übersteigt. Die theoretische Zunahme des volumetrischen Kraftstoffverbrauchs liegt bei ca. 4-5 %. Der für Shell GTL Fuel theoretisch erwartete Anstieg des Kraftstoffverbrauchs wurde bei einigen der Fahrzeugerprobungen beobachtet.
- iii) Die geringere Dichte von Shell GTL Fuel kann ebenfalls einen Beitrag zur Senkung der lokalen Emissionen leisten. Die Vorteile von Shell GTL Fuel im Hinblick auf die lokalen Emissionen sind in Kapitel 5 beschrieben.

4

Eigenschaften und Leistungsvermögen von Shell GTL Fuel

4.6 Schwefelgehalt

Schwefel ist ein natürlicher Bestandteil von rohölbasierten Kraftstoffen, kann sich jedoch sowohl auf die Abgasemissionen (PM und SO_x) als auch auf Abgasnachbehandlungssysteme negativ auswirken.

Der Schwefelgehalt von Dieselmotorkraftstoff beeinflusst die PM-Emissionen, da ein Teil des im Kraftstoff enthaltenen Schwefels zu Sulfatpartikeln im Abgas umgewandelt wird. Der zu Partikeln (Particulate Matter, PM) umgewandelte Anteil variiert von Motor zu Motor, eine Senkung des Schwefelgehalts des Kraftstoffs reduziert den Sulfat-Anteil der Partikel jedoch bei praktisch allen Motoren linear (wobei Schwefel nicht der einzige Partikel-Bildner ist). Aus diesem Grund, und um die Funktion bestimmter Abgasnachbehandlungssysteme zu gewährleisten, sind den Kraftstoffanbietern strenge Grenzwerte für Schwefel auferlegt worden. Die U.S. Environmental Protection Agency (EPA) hat den Grenzwert für Schwefel in Dieselmotorkraftstoff für Straßenfahrzeuge ab 2006 auf <15 mg/kg gesenkt (Ultra-Low Sulphur Diesel Fuel). Die Europäische Union hat den Schwefelgehalt von Dieselmotorkraftstoff seit 2009 sogar auf <10 mg/kg begrenzt, und auch Japan hat 2007 den Schwefelgrenzwert auf <10 mg/kg festgesetzt.

Der Schwefelgehalt von Shell GTL Fuel liegt bei der Produktion praktisch bei null (<1,0 mg/kg). Da die weitere Logistik jedoch über das normale Dieselmotorkraftstoffsystem abgewickelt wird, ist der Grenzwert in der Shell GTL Fuel Produktspezifikation mit <3,0 mg/kg festgelegt, um möglichen Verunreinigungen durch herkömmliche Kraftstoffsysteme Rechnung zu tragen. Dieser konservativ ausgelegte Grenzwert erfüllt die Anforderungen modernster (und absehbaren zukünftigen) Abgasnachbehandlungssysteme. An dieser Stelle muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass ein Großteil des Schwefels, der mit dem Nachbehandlungssysteme heutzutage in Kontakt kommt, eher aus dem Motoröl stammt als aus dem Kraftstoff. Die fast vollständige Schwefelfreiheit von Shell GTL Fuel bedeutet, dass der Ausstoß von Schwefeloxiden (SO_x) und Sulfatpartikeln aus mit Shell GTL Fuel betriebenen Fahrzeugen vernachlässigt werden kann. Allerdings wird der Zusatznutzen gegenüber modernen Kraftstoffen in hochentwickelten Regionen mit bereits niedrigem Schwefelniveau (<10 mg/kg) eher klein ausfallen.



FARBVERGLEICH VON GTL (LINKS) UND DIESEL (RECHTS)

Eigenschaften und Leistungsvermögen von Shell GTL Fuel

4.7 Kälteeigenschaften

Bei niedrigen Temperaturen kann der reibungslose Einsatz von Dieselmotoren durch das Verstopfen von Kraftstoffleitungen und -Filter durch ausflockende Paraffinwachspartikel behindert werden.

„Kälteeigenschaften“ oder auch „Kaltlauf-eigenschaften“ ist ein Sammelbegriff für eine Reihe von Parametern, die bestimmen, wie gut der Kraftstoff in einem Dieselmotorsystem bei niedrigen Temperaturen fließt. Das Ausfallen von festem Wachs in kaltem Treibstoff wird auch von einem veränderten Aussehen begleitet, d. h., das Erscheinungsbild verändert sich ab dem so genannten Cloudpoint (CP) von klar zu trüb. Weitere Parameter der Kaltlauf-eigenschaften sind die Temperatur, bei dem sich Filter ähnlich denjenigen, die in Kraftstoffsystemen zum Einsatz kommen, zusetzen. Dies ist die so genannte Filtrierbarkeitsgrenze (oder engl. „Cold Filter Plugging Point“, CFPP), sowie der Pourpoint (PP). Letzteres ist diejenige Temperatur, bei der der Kraftstoff bei Abkühlung gerade noch fließt. Die europäische Dieselnorm fordert einen Mindestwert für den CFPP.

Bei der konventionellen Dieselherstellung werden die verlangten Kälteeigenschaften durch Vermischen verschiedener Raffinerieströme erreicht. Einen weiteren Beitrag leisten Additive zur Erhöhung der Kältefestigkeit, die den CFPP des Kraftstoffs herabsetzen können. Versuche mit derartigen Additiven von verschiedenen Anbietern haben ergeben, dass herkömmlichem Dieselmotoren zugesetzte Additive auch in Shell GTL Fuel gute Resultate erbringen. Shell GTL Fuel enthält zwar n-Paraffine mit grundsätzlich schlechten Kälteeigenschaften, aber es überwiegen die Isoparaffine, die gute Kälteeigenschaften gewährleisten. Außerdem kann durch weitere Anpassungen des Produktionsprozesses der Anteil an Isoparaffinen weiter erhöht werden,

sodass die Kälteeigenschaften auch an anspruchsvollere Märkte angepasst werden können.

Ein potenzieller Nachteil der Ersetzung von n-Paraffinen durch Isoparaffine ist die damit einhergehende Reduzierung der Cetanzahl. Allerdings haben die Isoparaffine in Shell GTL Fuel kurze und in deren Anzahl begrenzte Seitenketten, sodass eine hohe Cetanzahl bei gleichzeitig guten Kälteeigenschaften möglich ist. Das heißt, dass bei deutlich verbesserten Kälteeigenschaften lediglich eine geringe Reduzierung der Cetanzahl in Kauf genommen werden muss; siehe Abbildung 4.[3]

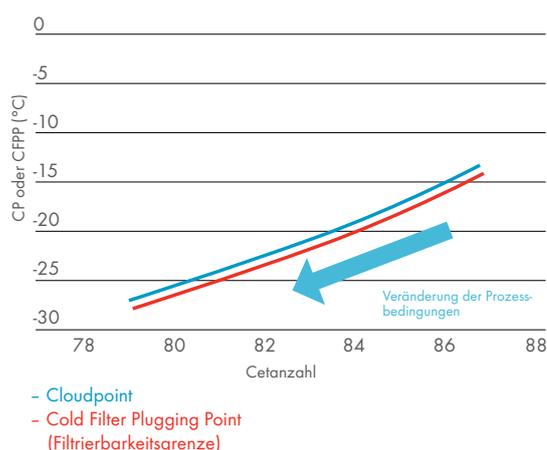
Der typische CFPP-Bereich für Shell GTL Fuel ohne Additive, die die Kälteeigenschaften beeinflussen (ColdFlow-Improver CFI), liegt bei -9 °C bis -20 °C . Shell GTL Fuel kann daher Vorgaben für Winterkraftstoffe in Europa erfüllen und die Verwendbarkeit für dieses Gebiet gewährleisten. Zudem hat sogar die „Wintervariante“ von Shell GTL Fuel im Vergleich zu herkömmlichem Dieselmotoren eine hohe Cetanzahl.

Der typische CFPP-Bereich für Shell GTL Fuel ohne Additive, die die Kälteeigenschaften beeinflussen (Cold-Flow-Improver CFI), liegt bei -9 °C bis -20 °C .

⁴ Es wurden bereits Chargen mit niedrigerer Filtrierbarkeit (CFPP) produziert.

Abbildung 4

Abhängigkeit Kälteeigenschaften vs. Cetanzahl bei Shell GTL Fuel



4

Eigenschaften und Leistungsvermögen von Shell GTL Fuel

Shell GTL Fuel wird mit einem Additiv zur Verbesserung der Schmierfähigkeit versetzt, so dass es sowohl die ASTM D975 als auch die EN 590 HFRR Schmierfähigkeits-spezifikation erfüllt.

4.8 Schmierfähigkeit

Die Schmierfähigkeit eines Kraftstoffs beschreibt seine Eignung, die Reibung zwischen festen Oberflächen zu reduzieren.

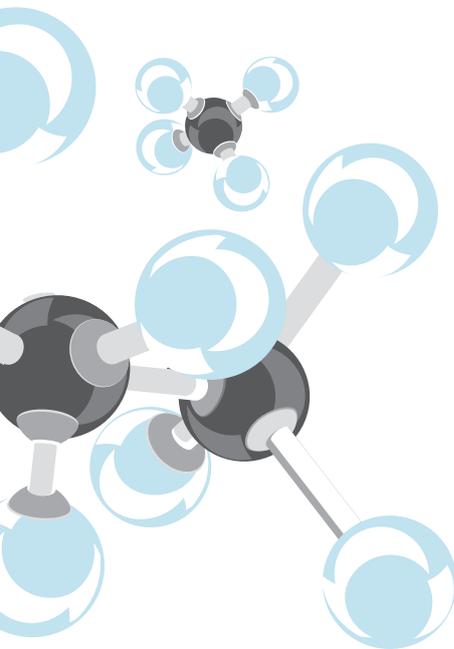
Bestimmte bewegliche Teile der Dieselmotorkraftstoffpumpe und Einspritzdüsen werden durch die Schmierwirkung des Kraftstoffs vor Verschleiß geschützt. Um übermäßigem Verschleiß vorzubeugen, muss der Kraftstoff ein ausreichendes Maß an Schmierfähigkeit aufweisen. In internationalen Normen (EN 590, ASTM D975) wird die Schmierfähigkeit von Dieselmotorkraftstoff als „mittlerer Verschleißkalotten-Durchmesser“ ausgedrückt, der unter Verwendung eines Schwingungsver-schleiß-Prüfgerätes (High Frequency Reciprocating Rig, HFRR) in Mikrometern gemessen wird. Die Normen geben einen HFRR-Grenzwert vor (max. 460 μm in EN 590, max. 520 μm in ASTM D975).

Die Schmierfähigkeit moderner schwefelarmer Dieselmotorkraftstoffe wird durch folgende Maßnahmen verbessert: i) Zusatz von Fettsäuremethylester (Fatty Acid Methyl Ester, FAME) als Biokomponente, die sich von Natur aus durch gute Schmierfähigkeit auszeichnet, ii) Verwendung von schmiereigenschaftserhöhenden Zusätzen (Lubricity Improver, LI). GTL Gasoil fällt insofern in dieselbe Kategorie wie aufbereiteter, schwefelarmer Dieselmotorkraftstoff, als es von Natur aus eine geringe Schmierfähigkeit besitzt und von daher ebenfalls mit LI-Additiven behandelt werden muss. Es wurde festgestellt, dass herkömmliche LI-Additive den HFRR-Wert von Shell GTL Fuel gleichermaßen gut herabsetzen. Shell GTL Fuel kommt erst nach Behandlung mit einem LI-Additiv auf den Markt und erfüllt daher die Anforderungen der Normen ASTM D975 und EN 590 an die HFRR-Schmierfähigkeit.



SHELL GTL FUEL FORSCHER

Einer der international wichtigsten Anbieter von Dieselmotorspritzsystemen, Delphi Diesel Systems, hat unlängst in Zusammenarbeit mit Shell den Einfluss paraffinischer Dieselmotorkraftstoffe auf die Lebensdauer moderner Common-Rail-Hardware für die Kraftstoffeinspritzung untersucht. Das Ergebnis des gemeinsam durchgeführten Programms hat gezeigt, dass Shell GTL Fuel in einer Reihe von Prüfstand- und Motorentests nicht schlechter und in einigen Aspekten sogar besser abschnitt als herkömmlicher Dieselmotorkraftstoff. Insbesondere wurde durch das Beigeben von schmiereigenschaftserhöhenden Zusätzen oder FAME die Schmierfähigkeit von Shell GTL Fuel erhöht, was minimalen Verschleiß innerhalb eines weiten Spektrums an Betriebs- und Temperaturbedingungen ermöglicht. Selbst unter relativ schwierigen Betriebsbedingungen kam es nicht zu Ablagerungen oder Lackbildung an Komponenten der Einspritzanlage.[4]



Eigenschaften und Leistungsvermögen von Shell GTL Fuel

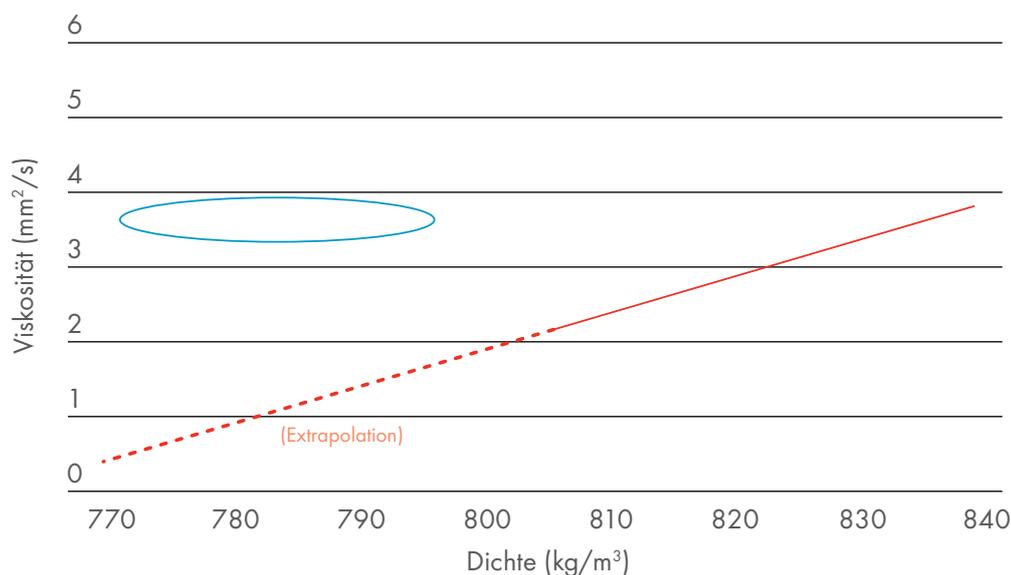
4.9 Viskosität

Die Viskosität des Kraftstoffs hat Einfluss auf die Qualität der Einspritzung und die Schmierung des Kraftstoffsystems.

Die Viskosität von Shell GTL Fuel entspricht im Großen und Ganzen dem bei herkömmlichen Dieselmotoren anzutreffenden Spektrum an Viskositäten. Man könnte erwarten, dass sich die geringe Dichte paraffinischen Diesels in einer niedrigen Viskosität widerspiegelt, was aufgrund der chemischen Zusammensetzung in der Praxis aber nicht der Fall ist. Shell GTL Fuel folgt damit nicht der Korrelation von Dichte und Viskosität, die bei herkömmlichen Dieselmotoren anzutreffen ist, denn es weist eine höhere Viskosität als herkömmlicher Dieselmotoren von vergleichbarer Dichte auf, siehe Abbildung 5.

Abbildung 5

Korrelation von Dichte und Viskosität bei Dieselmotoren



- Shell GTL Fuel
- Herkömmliche Dieselmotoren

Die Viskosität des Kraftstoffs hat Einfluss auf die Qualität der Einspritzung und die Schmierung des Kraftstoffsystems.



VISKOSITÄT VON SHELL GTL FUEL (LINKS)

4

Eigenschaften und Leistungsvermögen von Shell GTL Fuel



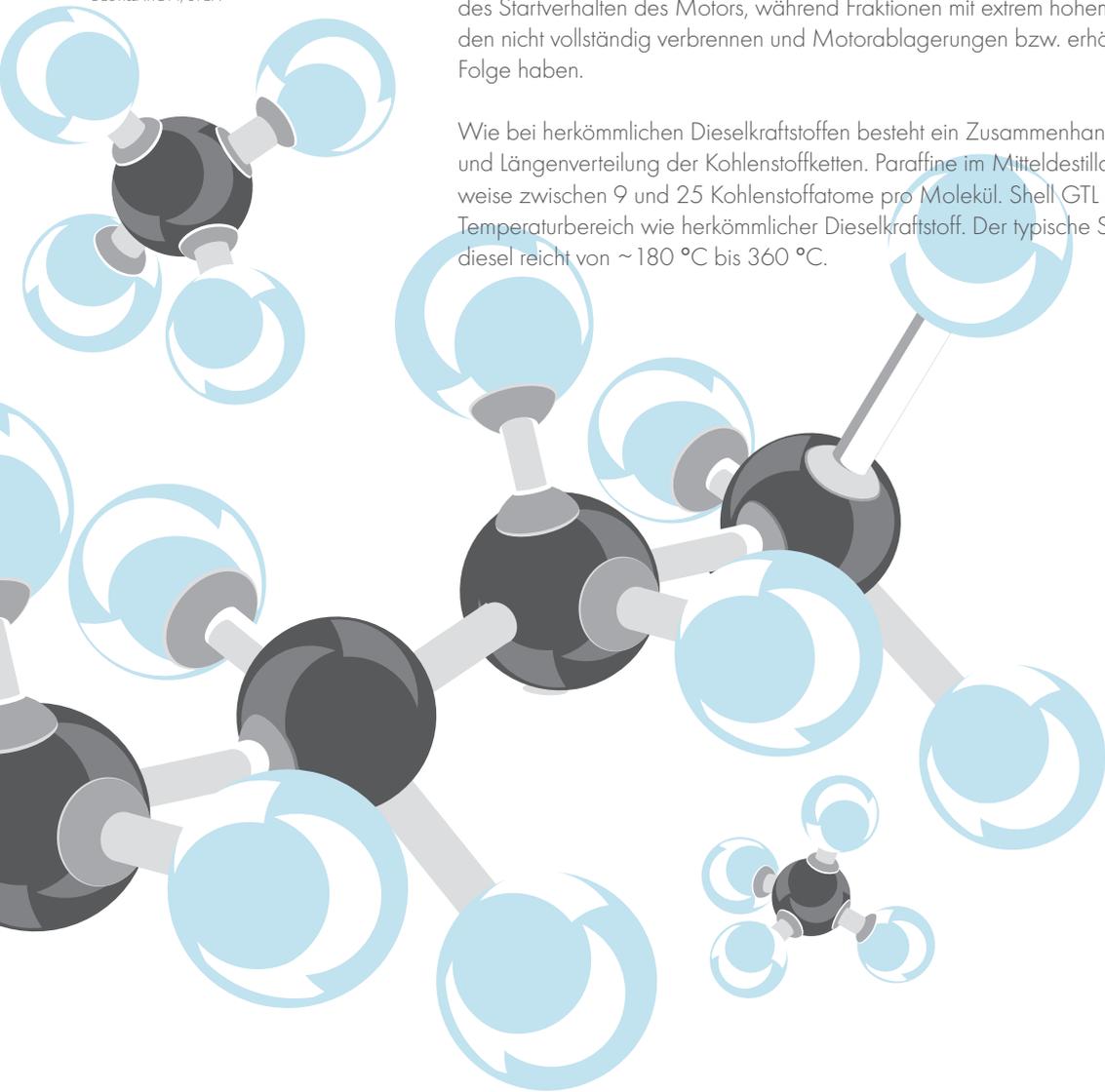
DESTILLATION, STCA

4.10 Destillationsverlauf

Der Destillationsverlauf eines Kraftstoffs beschreibt, wie er bei allmählich steigender Temperatur verdampft.

Dies ist wichtig für das Verdampfungsverhalten des Kraftstoffs beim Einspritzen in den Brennraum des Dieselmotors. Fraktionen mit niedrigem Siedepunkt sind notwendig für ein zufriedenstellendes Startverhalten des Motors, während Fraktionen mit extrem hohem Siedepunkt unter Umständen nicht vollständig verbrennen und Motorablagerungen bzw. erhöhte Abgasemissionen zur Folge haben.

Wie bei herkömmlichen Dieselmotorkraftstoffen besteht ein Zusammenhang zwischen Siedebereich und Längenverteilung der Kohlenstoffketten. Paraffine im Mitteldestillatbereich haben typischerweise zwischen 9 und 25 Kohlenstoffatome pro Molekül. Shell GTL Fuel verdampft im selben Temperaturbereich wie herkömmlicher Dieselmotorkraftstoff. Der typische Siedebereich von Sommerdiesel reicht von $\sim 180\text{ °C}$ bis 360 °C .



Vorteile von Shell GTL Fuel in Bezug auf lokale Emissionen

Die Luftqualität ist heute in vielen Großstädten der Welt ein Thema. In vielen Ballungszentren werden geltende Luftqualitätsvorschriften nicht eingehalten, wobei Fahrzeugemissionen zu den wesentlichen Verursachern zählen können.

Der Einsatz von Shell GTL Fuel in Dieselfahrzeugen, z. B. im öffentlichen Nahverkehr, bietet ein Potenzial, die lokale Luftqualität durch Reduzierung der lokalen Emissionen zu verbessern.

Dieses Kapitel erläutert in diesem Sinne:

- Die Arten von Emissionen und wie sie entstehen
- Wer Emissionsgrenzen festlegt
- Wie Shell GTL Fuel dazu beitragen kann, die lokalen Emissionen zu senken und die Luftqualität zu verbessern

5.1 Regulierte Emissionen

Wenn in einem Dieselmotor Kraftstoff auf Kohlenwasserstoffbasis verbrannt wird, werden überwiegend Wasserdampf und die unschädlichen Gase Kohlendioxid (ein Treibhausgas) und Stickstoff freigesetzt.

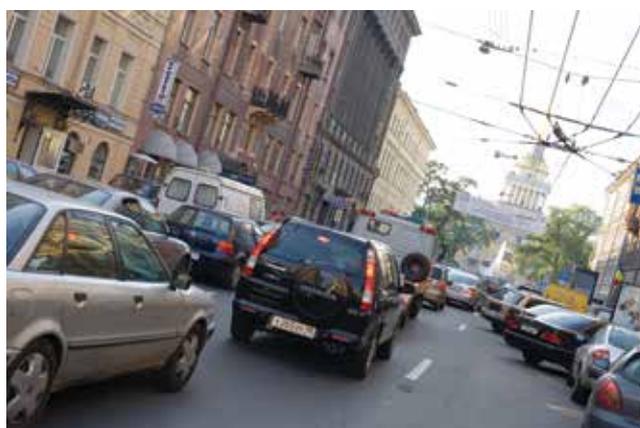
Allerdings führen unvollständige Verbrennung, hohe Verbrennungstemperaturen und Verunreinigungen im Kraftstoff zur Bildung kleinerer Mengen an Schadstoffgasen, die die Luftqualität beeinträchtigen. Zu diesen Schadstoffen gehören Stickoxide (NO_x), Feinstaub (Particulate Matter, PM), Kohlenmonoxid (CO), Kohlenwasserstoffe (HC), Schwefeloxide (SO_x) sowie Spuren von anderen Stoffen.⁵

5.1.1 Stickoxid (NO_x)

Bei hohen Temperaturen, wie sie im Brennraum von Dieselmotoren herrschen, verbindet sich Stickstoff mit Sauerstoff zu einem Gemisch aus NO und NO₂. Der Ausstoß von NO, NO₂ und N₂O wird mit den allgemeinen Grenzwerten für NO_x geregelt. Der Grund für die Begrenzung von NO_x ist in erster Linie der Umstand, dass NO_x in Verbindung mit Kohlenwasserstoffen und Sonnenlicht photochemischen Smog bilden kann.

⁵ Derzeit ohne Grenzwert

⁶ Kraftstoffreiche und sauerstoffarme Bereiche im Brennraum



VERKEHRSREICHE STADT

5.1.2 Feinstaub (Particulate Matter, PM)

PM ist eine komplexe Mischung aus extrem kleinen Partikeln und Flüssigkeitströpfchen. Die Hauptanteile an PM aus der Dieselerverbrennung sind reiner Kohlenstoff, aus dem Kraft- und Schmierstoff stammende schwere Kohlenwasserstoffe und hydratisierte Schwefelsäure aus den Schwefelanteilen des Kraftstoffs. PM-Emissionen sind überwiegend auf die nicht völlig gleichmäßige⁶ Dieselerverbrennung zurückzuführen. Feinstaub kann sich zudem gesundheitsschädlich, insbesondere auf das Atemsystem, auswirken und trägt außerdem zur Bildung von photochemischem Smog bei. [5]

5.1.3 Kohlenmonoxid (CO)

CO entsteht in erster Linie durch unvollständige Verbrennung kohlenwasserstoffbasierter Kraftstoffe. Kohlenmonoxid ist farb-, geruch- und geschmacklos, aber hochgiftig. [5]

5.1.4 Kohlenwasserstoffe (HC)

Hauptquelle der HC-Emissionen von Fahrzeugen ist unverbrannter Kraftstoff. In Verbindung mit NO_x und Sonnenlicht können sie photochemischen Smog bilden. [5] Der Grad ihrer Giftigkeit hängt bei Kohlenwasserstoffen von ihrer Struktur ab. Die meisten Kohlenwasserstoffe sind in niedrigen Konzentrationen ungiftig. Allerdings sind einige monozyklische und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH) krebserregend oder stehen im Verdacht, krebserregend zu sein.

5

Vorteile von Shell GTL Fuel in Bezug auf lokale Emissionen



STANDARD DIESEL (LINKS) UND SHELL GTL FUEL (RECHTS)

5.1.5 Schwefeloxide (SO_x)

SO_x entsteht bei der Verbrennung von schwefelhaltigem Kraftstoff und in gewissem Umfang auch von Anteilen des Schmieröls. SO_x hat eine leichte Reizwirkung auf die Lunge. Der Ausstoß an Schwefeloxiden wird allerdings durch Schwefelgrenzwerte für Kraftstoffe begrenzt, die in den vergangenen Jahren deutlich strenger geworden sind. [6]

5.1.6

Hauptemissionen von Dieselmotoren

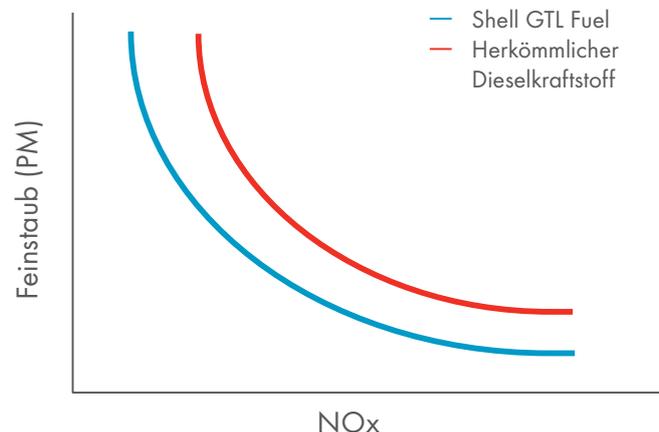
Dieselmotoren sind für einen Magermix-Betrieb (d. h. mit Sauerstoffüberschuss) ausgelegt. Das führt zu einer sehr geringen Freisetzung von Kohlenmonoxid (CO) und unverbrannten Kohlenwasserstoffen (HC), während die PM- und NO_x-Werte relativ hoch sind. Das heißt, dass bei Dieselfahrzeugen im Hinblick auf die gesetzlichen Vorschriften insbesondere der PM- und NO_x-Ausstoß relevant ist.

Bei der Dieselverbrennung bedingen sich NO_x- und PM-Emissionen in der Regel gegenseitig. Bemühungen um eine Senkung des PM-Ausstoßes durch effizientere Verbrennung führen zu höheren Verbrennungstemperaturen und damit höheren NO_x-Emissionen. Eine Reduzierung der NO_x-Bildung durch Absenkung der Verbrennungstemperatur führt zu weniger vollständiger Verbrennung und entsprechend höherem PM-Ausstoß. Hier muss ein Kompromiss gefunden werden – der so genannte PM/NO_x-Trade-off. Bei Die-

selmotoren stehen die Motorenentwickler vor der Herausforderung, den NO_x- und den PM-Ausstoß zugleich senken zu müssen. Die einzigartigen Eigenschaften von GTL-Kraftstoffen machen genau das möglich.

Abbildung 6 PM/NO_x-Trade-off-Diagramm

Shell GTL Fuel vs. Standard Diesel
Visualisierung der Rußverringern



Vorteile von Shell GTL Fuel in Bezug auf lokale Emissionen

5.2 Derzeitige Emissionsgesetzgebung

Infolge der negativen Auswirkungen des Verkehrswesens auf die Luftqualität haben die Gesetzgeber den Ausstoß von potenziell schädlichen Stoffen mit Grenzwerten belegt.

5.2.1 Schwere Nutzfahrzeuge

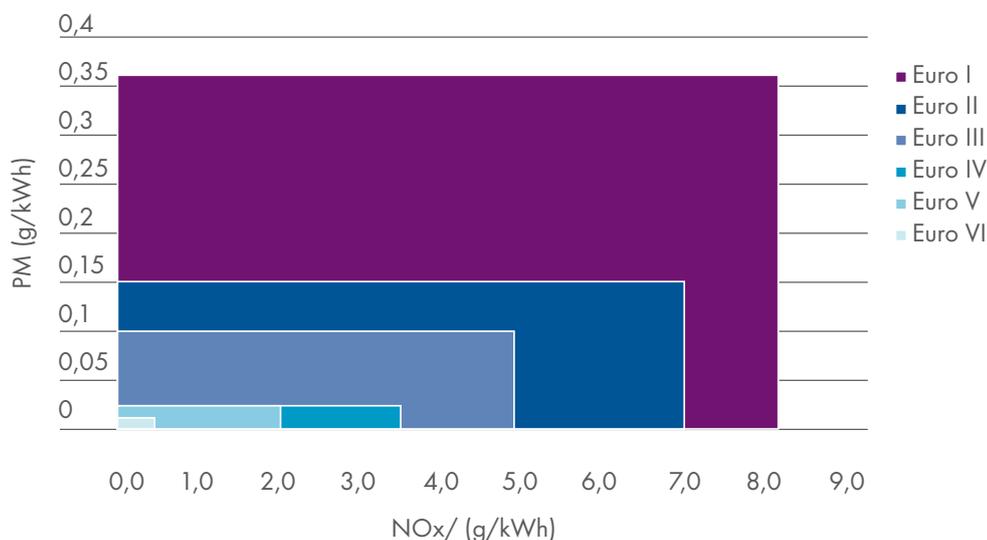
Dieselmotoren für schwere Nutzfahrzeuge werden oft nicht vom selben Hersteller produziert wie das Fahrzeug selbst. Außerdem verwenden Fahrzeugbauer oft verschiedene Motorfabrikate. Um den Qualifikationsprozess zu vereinfachen, gelten die Abgasnormen der Regulierungsbehörden für die Motoren der schweren Nutzfahrzeuge und nicht für die Fahrzeuge selbst.

5.2.1.1 Europa

Die europäischen Abgasnormen⁷ geben Grenzwerte für die Abgasemissionen von Neufahrzeugen vor, die in den Mitgliedsstaaten der EU verkauft werden. Die Abgasnormen sind in einer Reihe von EU-Richtlinien festgelegt, die die stufenweise Einführung strengerer Vorschriften vorsehen. Für Dieselnutzfahrzeuge begann dies mit der Abgasnorm Euro I für nach 1992 gebaute Fahrzeuge und Euro II für Fahrzeuge, die nach 1996 gebaut wurden, und führt bis hin zu Euro VI für nach Januar 2013 gebaute Fahrzeuge. Abbildung 7 zeigt die stufenweise Reduzierung der zulässigen maximalen PM- und NO_x-Werte für Neufahrzeuge.

Abbildung 7

Grenzwerte für NO_x/PM-Emissionen von Schwerlastmotoren gemäß Euro I bis VI



⁷ Ausführliche Übersicht über die europäischen Abgasnormen siehe Anhang 1

5

Vorteile von Shell GTL Fuel in Bezug auf lokale Emissionen

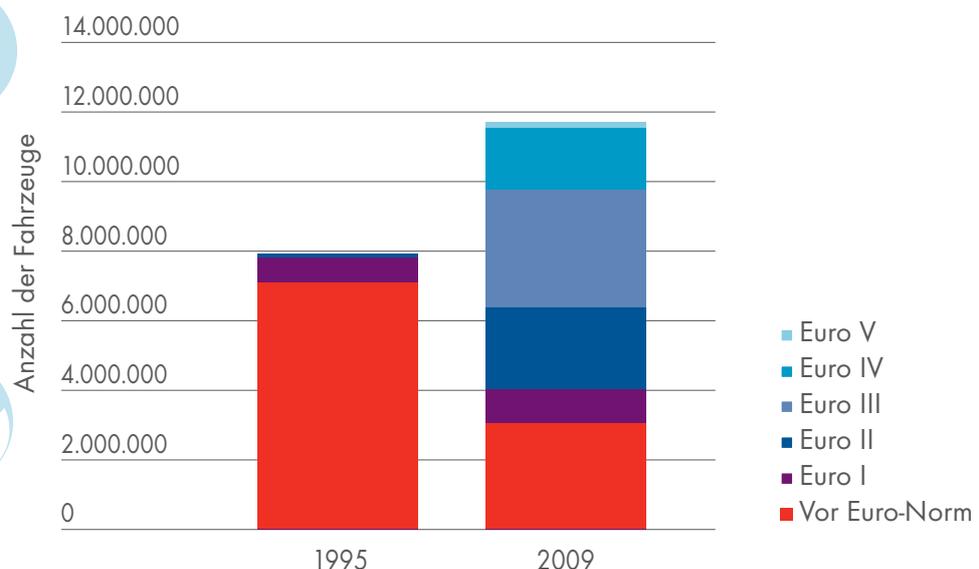
Für schwere Nutzfahrzeuge gibt die europäische Gesetzgebung derzeit Grenzwerte für Stickoxide (NO_x), Feinstaub (PM), Kohlenmonoxid (CO) und Kohlenwasserstoffe (HC) vor.

Für schwere Nutzfahrzeuge gibt die europäische Gesetzgebung derzeit Grenzwerte für Stickoxide (NO_x), Feinstaub (PM), Kohlenmonoxid (CO) und Kohlenwasserstoffe (HC) vor. Der Ausstoß von Abgasschadstoffen hängt in hohem Maße von den Betriebsbedingungen des Motors ab. Deshalb wurden standardisierte Testzyklen entwickelt, die typische Betriebsbedingungen nachbilden. Bei diesen Fahrzyklen werden die Abgasemissionen gemessen, während der Motor unter den entsprechenden Drehzahl-Zeit- bzw. Drehzahl-Last-Bedingungen auf einem Prüfstand läuft. Jede Euro-Stufe geht mit einem Testzyklus oder einer Kombination von Testzyklen einher, wobei die Testzyklen im Laufe der Zeit realitätsnäher geworden sind. In Europa haben sich die Testzyklen vom stationären Fahrzyklus R-49 (Euro I-II) über den europäischen stationären Fahrzyklus (European Stationary Cycle, ESC) und europäischen instationären Fahrzyklus (European Transient Cycle, ETC) (Euro III-V) bis zu den derzeit aktuellen, weltweit harmonisierten stationären (World Harmonised Stationary Cycle, WHSC) und instationären Fahrzyklen (World Harmonised Transient Cycle, WHTC) (Euro VI) weiterentwickelt. Neufahrzeuge dürfen in der EU nur verkauft werden, wenn sie nachweislich die entsprechenden Grenzwerte einhalten. Allerdings gelten die neuen Normen nicht rückwirkend für sich aktuell bereits in der Nutzung befindliche Fahrzeuge.

Obwohl im vergangenen Jahrzehnt alle paar Jahre neue Emissionsgrenzwerte eingeführt wurden, dauert es eine Weile, bis eine wesentliche Marktdurchdringung durch die neuen Fahrzeuge stattgefunden hat (Abbildung 8). Das heißt, dass es eine zeitliche Verzögerung zwischen der Einführung strengerer Grenzwerte durch die europäische Gesetzgebung und der Durchsetzung saubererer, neuer Fahrzeuge auf der Straße gibt. Insofern wird es einige Zeit dauern, bis die Gesetzgebung zu lokalen Emissionen die lokale Luftqualität tatsächlich verbessert.

Abbildung 8

Geschätzte Marktdurchdringung der Euro-Normen in der EU 27: schwere Nutzfahrzeuge [8]



Vorteile von Shell GTL Fuel in Bezug auf lokale Emissionen

5.2.1.2 USA

Die Abgasgrenzwerte für in den USA verkaufte Motoren und Fahrzeuge werden von der Environmental Protection Agency (EPA) festgelegt. Die Befugnis der EPA zur Regulierung der Fahrzeugemissionen und Luftqualität basiert auf dem zuletzt 1990 novelierten Clean Air Act. Unter welche Norm ein Neufahrzeug fällt, hängt vom Baujahr des Fahrzeugs ab, wobei die Auflagen, wie in Europa, im Laufe der Jahre strenger geworden sind.

Neben den durch die EPA festgesetzten, bundesweit geltenden Abgasnormen, an die sich alle Bundesstaaten halten müssen, gelten in einigen Staaten strengere Emissionsvorgaben, z. B. die Abgasnormen des California Air Resources Board (CARB). Die CARB-Normen waren immer strenger als die Anforderungen der EPA, dennoch entsprechen sie im Aufbau den bundesweit geltenden Vorschriften.

5.2.1.3 Überblick über die weltweite Situation

Die Gesetzgebung für von schweren Nutzfahrzeugen ausgehende Emissionen legt den Fokus auf PM und NOx. Tabelle 2 gibt einen Überblick über die in den USA (EPA), in Europa und in Japan geltenden Normen für die von schweren Nutzfahrzeugen ausgehenden NOx- und PM-Emissionen seit 1994. Viele andere Länder haben diese Normen in der ein oder anderen Form übernommen, liegen zeitlich aber oft ein bis zwei Stufen zurück.

Emissionen werden in der Einheit g/kWh (EU, Japan) oder g/bhph (USA) angegeben. Ein größerer Motor erzeugt eine größere Masse an Abgasen, also eine größere absolute Emissionsmenge als ein kleinerer Motor, liefert aber auch mehr Energie. Indem der Schadstoffausstoß als Größe einer Masse pro vom Motor gelieferter Energieeinheit angegeben wird (g/kWh oder g/bhph), kann ein und dieselbe Norm für alle Motorbaugrößen Anwendung finden.

Tabelle 2

NOx- und PM-Emissionsgrenzwerte für Schwerlast-Dieselmotoren

Jahr	USA (ERP)		Europäische Union		Japan	
	NOx (g/bhph)*	Feinstaub PM (g/bhph)*	NOx (g/kWh)	Feinstaub PM (g/kWh)	NOx (g/kWh)	Feinstaub PM (g/kWh)
1992 (Euro I)	-	-	8,0	0,36	-	-
1994	5,0	0,10	"	"	7,8	0,95
1996 (Euro II)	"	"	7,0	0,25	"	"
1998	4,0	0,10	"	0,15	"	"
1999	"	"	"	"	4,5	0,25
2000 (Euro III)	"	"	5,0	0,10**	"	"
2002	2,5	0,10	"	"	"	"
2005 (Euro IV)	"	"	3,5	0,02**	3,0	0,10
2007	0,2	0,01	"	"	"	"
2008 (Euro V)	"	"	2,0	0,02**	"	"
2013 (Euro VI)	"	"	0,4	0,01**	"	"

Aufgrund von Unterschieden in den Testzyklen sind die Grenzwerte der Regulierungsbehörden nicht direkt vergleichbar

* 1,00g/bhph = 1,34g/kWh

** Europäische PM-Normwerte nach European Stationary Cycle (ESC) vor 2001, danach European Transient Cycle (ETC)

PM und Nox sind die Emissionswerte, die für die Einhaltung der rechtlichen Bestimmungen im Bereich der Schwerkräftfahrzeuge eine Rolle spielen.

5

Vorteile von Shell GTL Fuel in Bezug auf lokale Emissionen

5.2.2

PKW und leichte Nutzfahrzeuge

Die Vorschriften für Emissionen durch PKW- und leichte Nutzfahrzeugmotoren entsprechen im Wesentlichen denjenigen für Schwerlast-Nutzfahrzeuge. Ein Hauptunterschied ist jedoch, dass die Emissionsgrenzwerte sich auf das Fahrzeug und nicht den Motor beziehen. Das liegt daran, dass – anders als bei Schwerlast-Nutzfahrzeugen – der Hersteller des Fahrzeugs normalerweise auch der Hersteller des Motors ist. Der Emissionsnachweis findet auf einem Fahrzeugprüfstand statt und wird in Masse eines Schadstoffs pro zurückgelegter Strecke (g/km) angegeben, anstatt als Masse eines Schadstoffs pro Energieeinheit (g/kWh). Alle europäischen Grenzwerte für PKW- und leichte Nutzfahrzeuge sind Anhang 1 zu entnehmen.

Es gibt weitere Abgasnormen für andere Fahrzeugklassen wie Gelände-, Schienen- und Wasserfahrzeuge, die hier aber nicht beschrieben werden.

5.3

Lokale Emissionen und Luftqualität

Abgasemissionen und ihr Einfluss auf die lokale Luftqualität rücken immer mehr ins Zentrum des Interesses.

Im Laufe der Zeit haben immer strengere Emissionsgrenzwerte die Fahrzeuge deutlich sauberer gemacht (wie Abbildung 7 zu entnehmen ist). Absolut gesehen werden die Vorteile durch sauberer verbrennende Kraftstoffe also kleiner. Trotzdem ist die Luftqualität in vielen Städten noch immer schlechter als nach geltenden Vorschriften zulässig. Regierungen und gewerbliche Fuhrparkbetreiber stehen unter erheblichem Druck, weitere Maßnahmen zu ergreifen um bereits niedrige lokale Emissionen noch weiter zu senken.



SHELL GTL FUEL BUSTEST IN SHANGHAI, CHINA

5.4

Reduzierung lokaler Emissionen von Fahrzeugflotten

Die Einhaltung moderner Abgasvorschriften wurde durch eine Kombination fortschrittlicher Motor- und Nachbehandlungstechnologien in Neufahrzeugen möglich.

Die Nutzung dieser modernen Technologien in Fuhrparks mag einige Zeit in Anspruch nehmen, denn sie ist mit hohem Kapitalaufwand für neue Fahrzeuge verbunden. Der unmittelbare Einsatz von Shell GTL Fuel ist in zweierlei Hinsicht attraktiv: i) es ist ein sofortiger Rückgang der lokalen Emissionen möglich und ii) man kann, insbesondere bei älteren Flotten, eine Verbesserung der lokalen Gesamtemissionen zu einem deutlich geringeren Kapitalaufwand in Angriff nehmen als durch den Kauf neuer Fahrzeuge. Anders als einige andere saubere alternative Kraftstoffe (z. B. komprimiertes Erdgas „CNG“ oder Flüssiggas „LNG“) verlangt Shell GTL Fuel keine Investition in Fahrzeuge oder die Tankinfrastruktur.

Diverse Shell Studien und mit Partnern durchgeführte Forschungsprogramme haben die durch Verwendung von Shell GTL Fuel herbeigeführte Reduktion lokaler Emissionen nachgewiesen. Die Größenordnung dieser Vorteile hängt von einer Reihe von Faktoren ab: dem Alter und dem Typ des Motors, dem verwendeten Abgasnachbehandlungsverfahren, dem zu ersetzenden Dieselmotorkraftstoff sowie den Anforderungen der konkreten Anwendung. Im folgenden Kapitel werden die umfassenden von Shell unternommenen Erprobungen sowie die beobachteten Emissionsvorteile beschrieben.

Vorteile von Shell GTL Fuel in Bezug auf lokale Emissionen

5.5 Zusammenfassung der Ergebnisse der Shell GTL Fuel Emissionstests

Kontrollierte Tests auf Prüfständen wurden durchgeführt, um die durch den Einsatz von Shell GTL Fuel zu erwartende Reduktion der lokalen Emissionen zu bestätigen.

Ein Großteil der Daten zu lokalen Emissionen wurde bislang vorwiegend auf Motorenprüfständen, aber auch auf Fahrzeugprüfständen ermittelt. Es liegen Daten für ein breites Spektrum an Fahrzeugen und Nachbehandlungssystemen vor, die heute auf den Straßen unterwegs sind. Alle in diesem Kapitel vorgelegten Daten wurden einer vollständigen statistischen Analyse unterzogen, und die Reduktionen sind, sofern nicht anders angegeben, zu >95 % statistisch relevant.

Die Darstellung als prozentuale Verbesserung im Vergleich zu herkömmlichem Diesel ist eine geeignete Möglichkeit, die potenzielle Reduzierung der lokalen Emissionen durch Shell GTL Fuel darzustellen. Besonders nützlich ist dies für den häufig anzutreffenden Fall, in dem ein Fuhrpark aus Fahrzeugen unterschiedlichen Alters besteht und damit sehr große Schwankungen in den Absolutwerten der lokalen Emissionen aufweist. Umfangreiche Tests haben gezeigt, dass die prozentuale Verringerung lokaler Emissionen durch Shell GTL Fuel über ein Spektrum an Fahrzeugtypen und Altersklassen relativ konstant bleibt.

Es sei darauf hingewiesen, dass sich die Werte aus Emissionstests ergeben, die unter sorgfältig kontrollierten Laborbedingungen und nach gesetzlich vorgeschriebenen Testzyklen durchgeführt wurden. Diese Testzyklen dienen dazu, die „normalen“ Fahrbedingungen in Europa so genau wie möglich zu simulieren. Trotzdem können die tatsächlichen Fahrzeugtypen und Fahrbedingungen „auf der Straße“ hiervon abweichen, sodass eine entsprechende Größenordnung der Reduktionen in der Praxis nicht für alle Anwendungen garantiert werden kann. Es ist aber davon auszugehen, dass die Prozentsätze einen guten Anhaltspunkt für die Größenordnung der potenziellen Vorteile liefern, die in konkreten Fuhrparks zu erzielen sind.

5.5.1 Schwere Nutzfahrzeuge

Schwere Nutzfahrzeuge sind als Einsatzbereich für Shell GTL Fuel prädestiniert, vor allem, weil sie oft auf einem eigenen Betriebshof betankt und zentral beliefert werden können. Außerdem verbrauchen sie große Mengen Kraftstoff und produzieren damit im Vergleich zu PKW und leichten Nutzfahrzeugen deutlich größere Schadstoffmengen. Daraus folgt, dass eine durch den Kraftstoffwechsel zu erreichende Reduzierung der lokalen Emissionen einen potenziell größeren Nettovorteil für die lokale Luftqualität ergibt.

Interne Shell Studien und gemeinsam mit Partnern durchgeführte Feldversuche mit schweren Nutzfahrzeugen haben ergeben, dass die relative Reduktion lokaler Emissionen durch Shell GTL Fuel in etwa konstant bleibt, selbst bei moderneren Technologien. Die meisten Tests haben eine Reduktion in der Größenordnung von 10 bis 20 % für NO_x, PM, CO und HC ergeben. Aufgrund der folgenden Faktoren gibt es allerdings Unterschiede innerhalb der einzelnen Technologien (Euro-Stufe):

- Bauart und Kalibrierung des Motors
- Vorhandensein und Art des Nachbehandlungssystems
- Eigenschaften des Fahrzyklus und der Referenzkraftstoffe

Kontrollierte Tests auf Prüfständen wurden durchgeführt, um die durch den Einsatz von Shell GTL Fuel zu erwartende Reduktion der lokalen Emissionen zu bestätigen.



SHELL GTL FUEL BUSTEST, DEUTSCHLAND

5

Vorteile von Shell GTL Fuel in Bezug auf lokale Emissionen



SHELL GTL FUEL BUSTEST IN LONDON, UK

Selbst mit der modernen Euro-V-Technologie kann Shell GTL Fuel immer noch erhebliche prozentuale Reduktionen der lokalen Emissionen bewirken.

Die folgenden Abschnitte fassen die Ergebnisse der von Shell durchgeführten Emissionstests von Euro I bis Euro V zusammen. Bei allen Emissionstests wurde ein für die Eurostufe des geprüften Motors relevanter Testzyklus verwendet. Die verwendeten Referenzkraftstoffe erfüllen die Anforderungen der jeweiligen Euro-Stufen der Motoren. Alle in diesem Kapitel vorgelegten Daten wurden einer vollständigen statistischen Analyse unterzogen, und sind, sofern nicht anders angegeben, auf einem Konfidenzniveau von $\geq 95\%$ statistisch relevant. Anhang 1 sind alle Ergebnisse sowie Informationen über die verwendeten Fahrzeuge und Testzyklen zu entnehmen.

5.5.1.1 Zusammenfassung der prozentualen Emissionsreduktionen bei Schwerlastmotoren – Euro I bis V

Inzwischen liegt ein großer Datenbestand zu Emissionsprofilen vor, insbesondere für moderne Euro-V-Motoren. Hiermit ist ein nennenswertes Spektrum an Fahrzeugen, Motoren und Nachbehandlungssystemen abgedeckt, die heute auf der Straße anzutreffen sind.

Tabelle 3

Prozentuale Reduktion lokaler Emissionen bei Schwerlastmotoren im Vergleich zu herkömmlichem Diesel

Prozentuale Reduktion im Vergleich zu herkömmlichem Diesel				
	PM	NO _x	HC	CO
Euro I	18	16	13	22
Euro II	18	15	23	5
Euro III	10 bis 34	5 bis 19	<9*	12 bis 20
Euro IV	31 bis 38	5 bis 16	10 bis 28	9
Euro V	23 bis 33	5 bis 37	19 bis 23**	8 bis 22

* Nicht mit einem Konfidenzniveau von $\geq 95\%$ statistisch relevant (Schätzung der Obergrenze des Reduktionspotenzials)

** Nicht bei Standard-Prüftemperatur (5 °C und 40 °C, nicht 23 °C)

Sofern nicht anders angegeben, sind alle Werte $\geq 95\%$ statistisch relevant. Bereichsangaben entsprechen den statistisch relevanten Mindest- und Maximalreduktionen, die für die betreffende Euro-Stufe in Motoren gemessen wurden.

Eine vollständige Aufstellung der getesteten Motoren und der gemessenen prozentualen lokalen Emissionsreduktionen ist Anhang 2 zu entnehmen.

Tabelle 3 verdeutlicht, dass die sich für die untersuchten Technologien ergebenden prozentualen Reduktionen lokaler Emissionen Übereinstimmungen aufweisen. Selbst mit der modernen Euro-V-Technologie kann Shell GTL Fuel immer noch erhebliche prozentuale Reduktionen der lokalen Emissionen bewirken. Außerdem haben sich diese prozentual ausgedrückten Vorteile als relativ stabil über die Zeit erwiesen, selbst bei immer umweltfreundlicheren Fahrzeugtechnologien. Bei der Bewertung der Reduktionen für die einzelnen mit Grenzwerten belegten Emissionen ist Folgendes festzustellen:

- Eine große prozentuale Reduktion war für PM bei praktisch allen geprüften Motoren, von Euro I bis Euro V, festzustellen
- Innerhalb der einzelnen Technologiezeitalter (Euro-Stufen) kann es große Schwankungen bei den prozentualen Reduktionen geben. Bei manchen Fahrzeugen fällt die prozentuale Reduktion lokaler Emissionen deutlich größer aus als bei anderen. Bei der Betrachtung von Fuhrparkdurchschnittswerten bleiben die prozentualen NO_x-Vorteile über die Zeit jedoch relativ konstant, auch bei moderner Fahrzeugtechnologie.

Vorteile von Shell GTL Fuel in Bezug auf lokale Emissionen

- Shell GTL Fuel hat für die HC- und CO-Emissionen konstante prozentuale Reduktionen ergeben. Allerdings ist bei modernen Motoren das absolute Emissionsniveau sehr niedrig (typischerweise <10 % der Euro-Grenzwerte), sodass die in einigen Tests gemessenen Vorteile kein statistisches Gewicht haben.

5.5.2 PKW und leichte Nutzfahrzeuge

Emissionsprüfungen an PKW und leichten Nutzfahrzeugen sind weniger kostspielig als die entsprechenden Schwerlastmessungen, was überwiegend daran liegt, dass Prüffahrzeuge besser verfügbar, preisgünstiger und einfacher einzurichten sind. Hierdurch kann für jede Technologie-(Euro-) Stufe eine größere Bandbreite an Fahrzeugfabrikaten geprüft werden. Dies und das konsistentere Niveau der prozentualen Reduktionen bedeuten, dass – anders als bei den Schwerlastmessungen – die prozentualen Reduktionen hier so gemittelt werden können, dass sich ein repräsentativer Wert für die jeweilige Technologie ergibt und ein „Fuhrparkdurchschnitt“ berechnet werden kann. Im Allgemeinen sind bei PKW und leichten Nutzfahrzeugen die prozentualen Reduktionen bei allen lokalen Emissionen größer, mit Ausnahme von NO_x. Dem Anhang 2 sind weitere Informationen über die in diesen Emissionstests verwendeten Fahrzeuge sowie Testzyklen zu entnehmen.

5.5.2.1 Zusammenfassung der prozentualen Reduktion lokaler Emissionen bei Motoren von PKW und leichten Nutzfahrzeugen – Euro I bis IV

Tabelle 4

Prozentuale Reduktion lokaler Emissionen bei kleineren Motoren im Vergleich zu herkömmlichem Diesel

Prozentuale Reduktion im Vergleich zu herkömmlichem Diesel				
	PM	NO _x	HC	CO
Euro I	42	10	45	40
Euro II	18	5	63	53
Euro III	41	5	62	75
Euro IV*	14 bis 20	-6 bis 2	66 bis 77	73 bis 83

Alle angegebenen Werte sind mit einem Konfidenzniveau von ≥ 95 % statistisch relevant

* Bereichsangaben ergeben sich aus dem Vergleich mit zwei verschiedenen Referenz-Dieselmotoren (mit unterschiedlicher Dichte) und entsprechend gemessenen statistisch relevanten Mindest- und Maximalreduktionen.

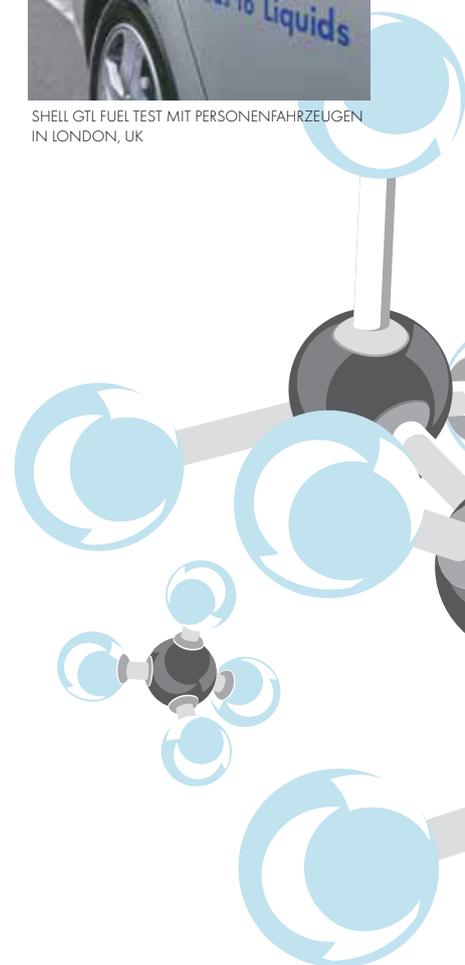
Alle Angaben zu den getesteten Fahrzeugen sind Anhang 2 zu entnehmen

Tabelle 4 zeigt, dass die Reduktion lokaler Emissionen für Euro 1 bis Euro 4 relativ konstant sind. Bei der Bewertung der Reduktionen für die einzelnen mit Grenzwerten belegten Emissionen ist Folgendes festzustellen:

- Shell GTL Fuel hat bei allen geprüften Technologien für kleinere Motoren, einschließlich modernen Euro-3/4-Motoren, große HC- und CO-Emissionsreduktionen gegenüber herkömmlichem Diesel ergeben
- Die PM-Emissionsreduktionen waren ebenfalls erheblich und auch bei Euro-4-Fahrzeugen noch vorhanden, wenn auch in geringerem Umfang
- Die NO_x-Emissionsreduktionen fielen im Vergleich zu den anderen Emissionsarten kleiner aus, und bei der Euro-4-Fahrzeugtechnologie waren praktisch keine konkreten Vorteile mehr messbar.

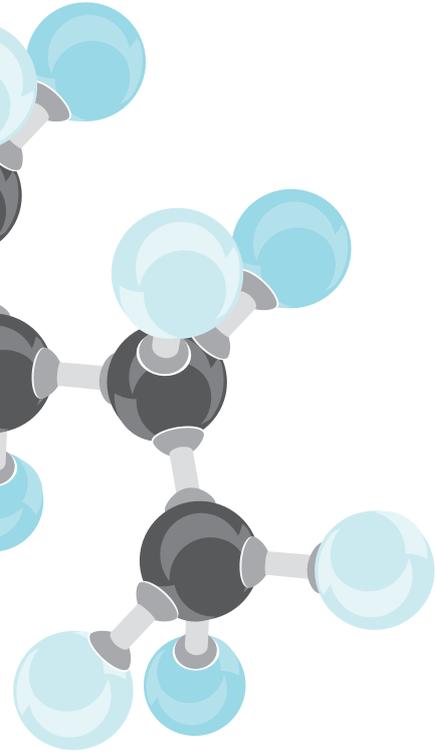


SHELL GTL FUEL TEST MIT PERSONENFAHRZEUGEN IN LONDON, UK



5

Vorteile von Shell GTL Fuel in Bezug auf lokale Emissionen



5.6 Zusammenfassung

Die Testergebnisse zeigen, dass die Verwendung von Shell GTL Fuel sowohl bei schweren als auch bei leichten Nutzfahrzeugen und PKW zu deutlichen Reduktionen lokaler Emissionen führen kann.

Die beschriebenen prozentualen Reduktionen können mit Shell GTL Fuel ohne Implementierungsaufwand erreicht werden und sind potenziell mit jeder Dieselfahrzeugflotte sofort realisierbar. Durch den Umstieg auf Shell GTL Fuel können Fuhrparkmanager deshalb ohne Investitionen in eine neue Tankinfrastruktur einen sofortigen lokalen Emissionsvorteil herbeiführen.

Die Verwendung von Shell GTL Fuel in älteren Fahrzeugen kann eine erhebliche Verbesserung der lokalen Luftqualität herbeiführen, da aufgrund der prozentualen Einsparung von lokalen Emissionen deutlich weniger Schadstoffe in der Atmosphäre freigesetzt werden. Insbesondere in innerstädtischen Regionen, in denen sich noch viele ältere Fahrzeuge im Verkehr befinden, könnte die Verwendung von Shell GTL Fuel große Vorteile für die Luftqualität mit sich bringen.

Die Verwendung von Shell GTL Fuel in Kombination mit der aktuellsten Fahrzeugtechnologie ergibt noch immer große prozentuale Vorteile, die sich u. U. aber nicht mehr wesentlich auf die Luftqualität auswirken werden, da das absolute Niveau der lokalen Emissionen bereits sehr niedrig ist. Dennoch üben Landesregierungen und Kommunen immer noch Druck auf Fuhrparkbetreiber aus, um die Niveaus an lokalen Emissionen zu senken, dies jedoch ohne Berücksichtigung des Fuhrparkalters. Für Fuhrparkbetreiber können deshalb diese prozentualen Einsparungen bei modernen Fahrzeugen immer noch interessant sein.



EMISSIONSTESTS

Praxiserprobungen mit Shell GTL Fuel

Shell GTL Fuel kann in allen Anwendungsbereichen des herkömmlichen Dieselkraftstoffs eingesetzt werden, um eine sofortige Reduzierung der lokalen Emissionen herbeizuführen.

Im Rahmen von Felderfahrten konnte die Leistung von Shell GTL Fuel viele Monate lang unter realen Praxisbedingungen getestet werden.

Shell hat in internationalen Großstädten eine Vielzahl an Praxistests mit Shell GTL Fuel durchgeführt. Durch diese Felderfahrten wurden Behörden, Fahrzeughersteller und die Öffentlichkeit in Europa, den USA und Asien auf Shell GTL Fuel aufmerksam (Abbildung 9). Die meisten Tests wurden mit gewerblichen Fuhrparks mit eigener, zentraler Tankeinrichtung durchgeführt, z. B. öffentliche Busbetriebe oder Taxiunternehmen.

Zur Ergänzung der in Kapitel 5 beschriebenen Untersuchungen wurden bei einer Vielzahl der durchgeführten Feldversuche Emissionstests, häufig unter Anwendung besonderer Zyklen, durchgeführt. Die in diesem Kapitel beschriebenen Prüfungen wurden auf Fahrzeugprüfständen unter genauestens kontrollierten Bedingungen durchgeführt, wobei ein direkter Vergleich von Shell GTL Fuel und herkömmlichem Dieselkraftstoff stattfand (Prüfreihefolge A-B-A-B). Ziel dieser Tests war es, die lokalen Emissionsvorteile, die zunächst unter gesetzlich vorgegebenen Fahrzyklen ermittelt wurden, auch für die lokalen Bedingungen zu bestätigen.

Dieses Kapitel gibt einen Überblick über die in gut 10 Jahren gesammelten Felderfahrten mit Shell GTL Fuel. Dieser umfasst sowohl von Shell durchgeführte Tests als auch Erfahrungen unserer Kunden. Insgesamt wurden mehr als eine Million Kilometer zurückgelegt. Und dies mit Fahrzeugen verschiedenster Klassen, vom Smart-PKW in Singapur bis zu Bussen in den Niederlanden. Als Datenquellen wurden interne Shell Berichte, Pressemitteilungen, Universitätsgutachten und Berichte von Erprobungsteilnehmern herangezogen.

Dieses Kapitel gibt einen Überblick über die in gut 10 Jahren gesammelten Felderfahrten mit Shell GTL Fuel.



AMSTERDAM, VAN KEULEN STELLT SEINE SCHWERFAHRZEUGSFLOTTE AUF SHELL GTL FUEL UM

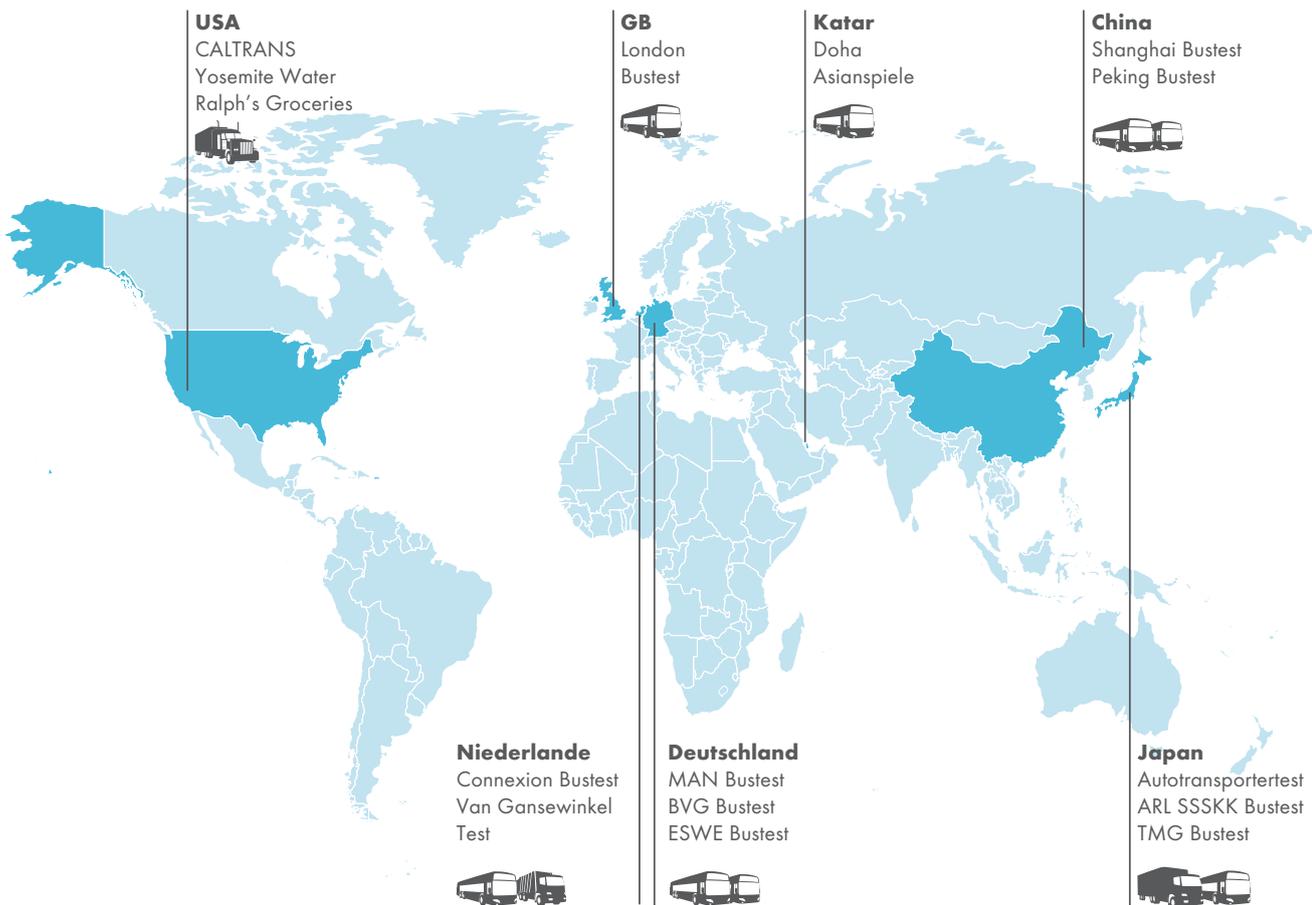
6

Praxiserprobungen mit Shell GTL Fuel

6.1 Schwere Nutzfahrzeuge

Abbildung 9

Beispiele für weltweite Feldversuche mit Shell GTL Fuel in schweren Nutzfahrzeugen



Praxiserprobungen mit Shell GTL Fuel

Öffentliche Busse sind für den Einsatz von Shell GTL Fuel prädestiniert, weil sie häufig von einem zentralen Depot aus betrieben und betankt werden. Außerdem verbrauchen sie große Mengen Kraftstoff und produzieren im Verhältnis zur zurückgelegten Strecke eine relativ große Masse an Schadstoffen, sodass eine Reduzierung der lokalen Emissionen größere Vorteile für die lokale Luftqualität haben kann. Weltweit wurden viele Praxiserprobungen mit Shell GTL Fuel in öffentlichen Bussen, LKW und anderen schweren Nutzfahrzeugen durchgeführt. Diese sind in Tabelle 5 zusammengefasst.

Tabelle 5

Übersicht über Feldtests mit Shell GTL Fuel in schweren Nutzfahrzeugen

Testzeitraum	Ort	Testbezeichnung	Fahrzeugbetreiber	Anzahl der Fahrzeuge	Gefahrene Kilometer	Fahrzeugtyp	
2002 April bis Mai	Kalifornien, USA	CALTRANS Test	California Dept of Transportation	69 LKW	30.000 Liter GTL Fuel verbraucht	Diverse	
2003 Juli bis September	London, Großbritannien	London Bustest	London General	1 Bus	5.000 km	EvoBus Daimler Chrysler Motor Euro III	
2003-2004 Dezember bis August	Los Angeles, USA	Yosemite Waters Trial	Yosemite Waters, National Renewable Energy Laboratory (NREL)	3 LKW	57.000 km	Navistar International Schwerlast-LKW	
2005-2006	Hamburg, Deutschland	MAN Bustest	Hamburger Hochbahn	2 Busse	10.000 km	MAN 7000 Stadibus	
2005 Februar bis September	Kalifornien, USA	Ralph's Groceries	Ralph's Groceries, US Department of Energy (DOE)	2 LKW	Ca. 20.000 km	Cummins	
2006-2007 Dezember bis Februar	Doha, Qatar	Asienspiele in Doha	Qatar Petroleum, Shell/Sasol Chevron	20 Busse	-	10 King Long Medienbusse und 10 Mercedes Schulbusse	
2006-2007 November bis Mai	Shanghai, China	Shanghai Bustest Euro II	Shanghai Ba-shi First Bus Public Traffic Co.	4 Busse	105.000 km	Yuchai Euro II Bus	
2007 Juni bis November	Shanghai, China	Shanghai Euro III Bus Trial	Shanghai Ba-shi First Bus Public Traffic Co.	2 Busse	41.000 km	Yuchai Euro III Bus	
2007 Mai bis August	Peking, China	Peking Bustest Euro III	Beijing Public Transport Holdings Ltd.	4 Busse	70.000 km	Xiamen Jinlong United Auto Industry Limited mit einem Motor vom Typ Cummins China III	
2007 Mai bis November	Delft, Niederlande	Connexion Bustest	Connexion	7 Busse	300.000 km	MAN VIAbus	
2007-2008 Dezember bis Februar	Japan	ARL MLIT Autotransportertest	Showa Shell Sekiyu K.K., Toyota, Ministerium für Land, Infrastruktur und Transport (MLIT)	2 LKW	33.000 km	Hino Schwerlast-LKW Euro III	

6

Praxiserprobungen mit Shell GTL Fuel

Tabelle 5 Fortsetzung

Übersicht über Feldtests mit Shell GTL Fuel in schweren Nutzfahrzeugen

Testzeitraum	Ort	Testbezeichnung	Fahrzeugbetreiber	Anzahl der Fahrzeuge	Gefahrene Kilometer	Fahrzeugtyp
2007–2009 Dezember bis März	Japan	ARL SSSKK Bustest	Showa Shell Sekiyu K.K.	1 Bus	23.000 km	Hino Liesse II 
2008 Juli	London, Großbritannien	London Bustest	Transport for London (TfL)	3 Busse	-	Volvo Euro III, Enviro Euro IV, Dart Euro III 
2009–2010 Februar bis Januar	Tokyo, Japan	TMG Bustest	Tokyo Metropolitan Government (TMG)	2 Busse	1.500 km	Hino Hybrid 
2010 Juli bis November	Vlaanderen und Rotterdam, Niederlande	Van Gansewinkel Test	Van Gansewinkel Entsorgungsbetriebe	7 Müllfahrzeuge	-	DAF Euro III, DAF Euro V, Volvo Euro III, Volvo Euro V, Sennebogen 
2012 Mai	Berlin, Deutschland	BVG Bustest	Berliner Verkehrsbetriebe (BVG)	1 Bus	-	MAN A39 DD Euro IV 
2012–2013 Mai bis April	Wiesbaden, Deutschland	ESWE Bustest	ESWE Verkehr Wiesbaden	12 Busse	ca. 720.000 km	EvoBus O 530 Euro III und MAN A21 EEV 

Die Feldversuche mit schweren Nutzfahrzeugen haben ergeben, dass Shell GTL Fuel in diesen Fahrzeugen direkt eingesetzt werden kann, ohne technische Modifikationen vorzunehmen. Bei keiner dieser Erprobungen wurden kraftstoffbedingte Probleme wie Kraftstofflecks, erhöhter Verschleiß oder Instandhaltungsprobleme festgestellt. Darüber hinaus war die Kundenzufriedenheit mit Shell GTL Fuel durchweg sehr hoch. Fahrer lobten die Fahreigenschaften und die Abwesenheit von unangenehmen Gerüchen und Abgasrauch, die herkömmlichem Diesel entsprechen.

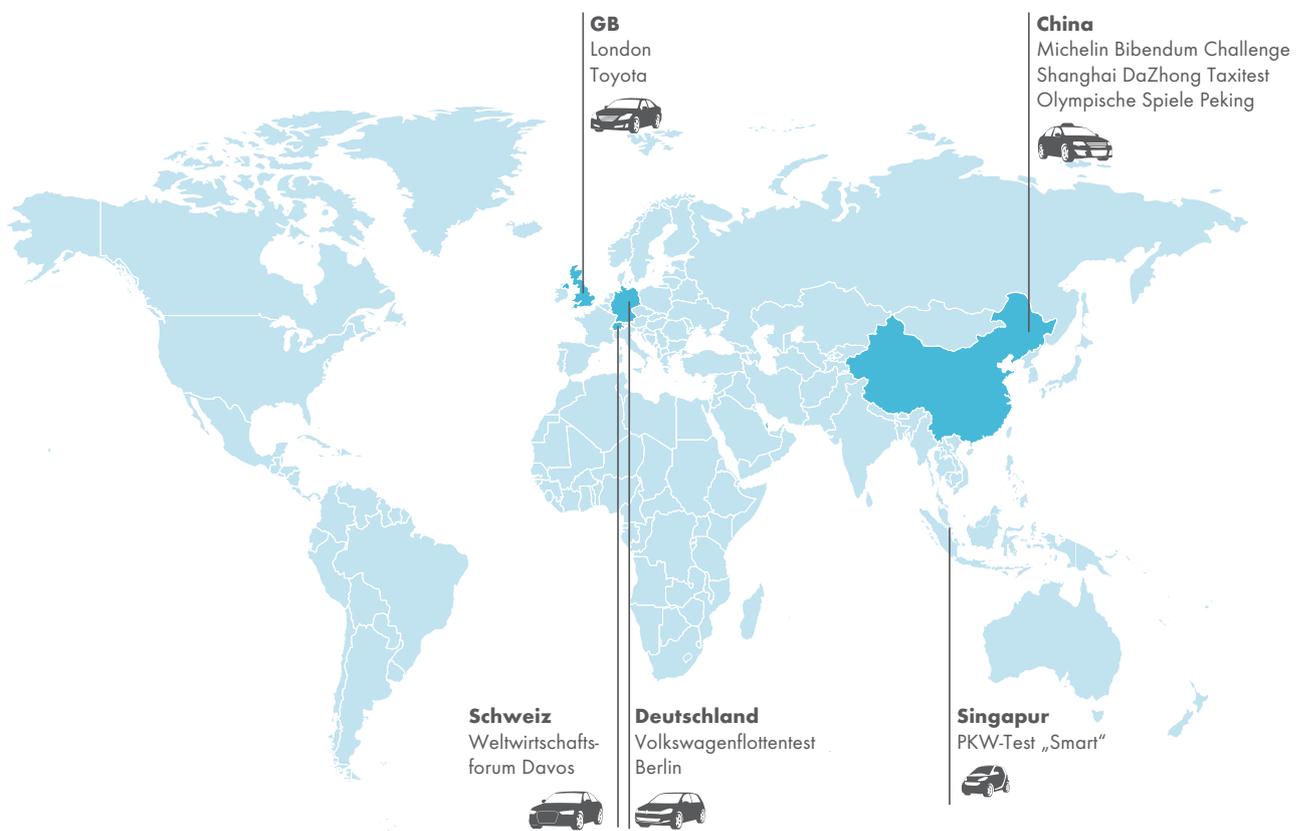
Neben der Bestätigung der Leistungsfähigkeit von Shell GTL Fuel über viele Monate unter „Straßenbedingungen“ wurden in begleitenden Emissionstests lokale Emissionsvorteile im Vergleich zu herkömmlichem, aus Rohöl gewonnenem Dieselmotorkraftstoff nachgewiesen. Diese begleitenden Untersuchungen zur Reduktion lokaler Emissionen sind Anhang 2, Tabelle 16 zu entnehmen. Aus den Emissionsergebnissen der Versuchsläufe und den von Shell durchgeführten Tests für schwere Nutzfahrzeuge (Tabelle 3) geht hervor, dass die Daten im Hinblick auf die prozentualen Reduktionen einen hohen Grad an Übereinstimmung aufweisen. Dies bestätigt die Fähigkeit von Shell GTL Fuel, zur Reduzierung der von schweren Nutzfahrzeugen ausgehenden lokalen Emissionen beizutragen, selbst in anspruchsvollen, anwendungsspezifischen Fahrzyklen.

Praxiserprobungen mit Shell GTL Fuel

6.2 PKW und leichte Nutzfahrzeuge

Abbildung 10

Beispiele für weltweite Feldversuche mit Shell GTL Fuel in PKW



In Innenstädten verkehrende PKW oder leichte Nutzfahrzeuge wie Taxiflotten sind ein weiteres ideales Einsatzgebiet für Shell GTL Fuel, denn sie werden, wie Busflotten, zentral betankt. Für PKW-Fuhrparks wurden ebenfalls große prozentuale Reduktionen lokaler Emissionen durch die Verwendung von Shell GTL Fuel nachgewiesen. Shell hat hierzu eine Vielzahl an Erprobungen durchgeführt, zum Teil mit Emissionsmessungen. Die PKW-Feldtests sind in Tabelle 6 dargestellt.

6

Praxiserprobungen mit Shell GTL Fuel

Tabelle 6

Übersicht über Feldtests mit Shell GTL Fuel in PKW

Testzeitraum	Ort	Testbezeichnung	Fahrzeugbetreiber	Anzahl der Fahrzeuge	Gefahrene Kilometer	Fahrzeugtyp	
2003 Mai bis September	Berlin, Deutschland	VW-Flottentest in Berlin	Gemeinnützige Organisationen	25 PKW	>220.000 km	VW Golf Euro 3	
2004 Juli bis September	London, Großbritannien	Toyota-Test in London	Gemeinnützige Organisationen	10 PKW	-	Toyota Avensis Euro 4	
2004 Oktober	Shanghai, China	Michelin Bibendum Challenge	Audi	2 PKW	-	Audi A8 and A2 TDI Euro 4	
2005–2006 Oktober bis Juni	Shanghai, China	Projekt „sauberes Dieseltaxi“	Shanghai DaZhong Taxi-Unternehmen	8 PKW	600.000 km	VW Passat Euro 3	
2008 Januar	Davos, Schweiz	Weltwirtschaftsforum Davos	Weltwirtschaftsforum, Audi	80 PKW	-	Audi A2 TDI, A6 TDI & A8 TDI	
2008 Juli bis September	Peking, China	Olympische Spiele in Peking „Grüne VW-Olympia-Flotte“	Volkswagen	35 PKW	100 Tonnen GTL Fuel verbraucht	5 VW Tiguan, 10 VW Magotan, 20 VW Passat	
2008–2009 August bis Juli	Singapur	Singapur PKW Test „Smart“	Mercedes-Benz (Smart)	2 PKW	-	MB Smart Cdi	

Im Rahmen der vielen PKW-Feldtests wurden keinerlei kraftstoffbedingte Probleme festgestellt. Außerdem wurden beim Umstieg von Diesel auf Shell GTL Fuel oder nach Ende der Testläufe beim Wechsel von Shell GTL Fuel zurück zu Diesel keinerlei Probleme beobachtet. Die durchgeführten Tests haben zudem gezeigt, dass Shell GTL Fuel ohne Verträglichkeitsprobleme in modernen Dieselfahrzeugen gefahren werden kann (Abschnitt 9.2.2).

Die entsprechenden Emissionstests sind in Anhang 2, Tabelle 19 zusammengefasst. Die Emissionsdaten zeigen einheitlich in Übereinstimmung mit bisherigen Emissionsdaten den prozentualen Vorteil, der durch Shell GTL Fuel erreicht werden kann. Dies bestätigt, dass Shell GTL Fuel zur Reduzierung der von PKW ausgehenden lokalen Emissionen beitragen kann und dies selbst in anspruchsvollen, anwendungsspezifischen Fahrzyklen.

6.3 Schlussfolgerungen aus den Erprobungen

Bei Betrachtung der Gesamtheit der Praxiserprobungen verlief die Umstellung der Fahrzeuge auf Shell GTL Fuel nahtlos. Es gab während der Feldversuche keinerlei kraftstoffbedingte Betriebsprobleme.

In den entsprechenden Emissionstests konnten erhebliche Einsparpotenziale im Hinblick auf lokale Emissionen beobachtet werden. Diese Vorteile in der Praxis decken sich weitestgehend mit den Einsparpotenzialen aus den Messungen im Rahmen der gesetzlich festgelegten Fahrzyklen, die in Tabelle 3 und 4 aufgezeigt wurden. Auf Grundlage umfassender Laborprüfungen und Felderfahrungen kann Shell GTL Fuel als Direktersatz für herkömmlichen Dieselmotorkraftstoff betrachtet werden, der lokale Emissionen unmittelbar reduzieren kann und dies, ohne Investitionen in neue Fahrzeuge oder Tankinfrastruktur tätigen zu müssen.

Weitere Umweltvorteile von Shell GTL Fuel

Vor allem in den vergangenen 10 Jahren haben Probleme mit der Luftqualität zu immer neuen, gut dokumentierten, strikteren Gesetzen für die von Fahrzeugen ausgehenden Emissionen geführt.

Wie in Kapitel 5 beschrieben, kann 100 % Shell GTL Fuel im Vergleich zu herkömmlichem Diesel lokale Emissionen reduzieren und zur Verbesserung der Luftqualität beitragen. Darüber hinaus legt die Zusammensetzung von Shell GTL Fuel – insbesondere der geringe Aromatengehalt – die Vermutung nahe, dass Shell GTL Fuel unschädlich, besser biologisch abbaubar und weniger umweltgefährdend ist als herkömmlicher Dieselmotorkraftstoff.

So stellen beispielsweise mögliche Umweltschäden oder sonstigen Negativwirkungen im Falle einer Freisetzung oder Undichtigkeit bei Transport, Lagerung oder Handhabung das größte potenzielle Risiko im Zusammenhang mit Kraftstoffen dar. Zur Minimierung des Umweltrisikos sind insbesondere Kraftstoffe geeignet, die nicht persistent (P) sind, die sich nicht in lebenden Organismen anreichern, also nicht bioakkumulierbar (B) sind und die nicht toxisch (T) auf Organismen wirken. Diese Anforderungen werden im Allgemeinen als PBT-Kriterien bezeichnet. Im Rahmen des internationalen Registrierungsprozesses wurde das PBT- und Gefährdungsprofil von Shell GTL Fuel durch eine Reihe von Untersuchungen zur Ökotoxizität, biologischen Abbaubarkeit und toxikologischen Qualität bewertet. Diese Untersuchungen haben bestätigt, dass Shell GTL Fuel, wie aufgrund der Zusammensetzung anzunehmen, besser biologisch abbaubar und für die meisten Organismen unschädlich ist. Die entscheidenden Punkte hierzu sind:

- Derzeit ist Shell GTL Fuel nicht als PBT oder umweltgefährdend eingestuft.



SHELL GTL FUEL TEST MIT PERSONENFAHRZEUGEN IN DEN NIEDERLANDEN

- Die einzige toxikologische Einstufung für Shell GTL Fuel (die auch für herkömmlichen Diesel gilt) betrifft die Aspirationsgefahr (kann beim Verschlucken Lungenschäden verursachen) und das Risiko der Hautentfettung (Wiederholter Kontakt kann zu spröder oder rissiger Haut führen).

Diese Punkte wurden im Rahmen der globalen Anmeldung von Shell GTL Fuel als neuer Stoff bestätigt. Die für Shell GTL Fuel generierten Daten können dem Nachweis dienen, dass Shell GTL Fuel ein geringeres Gefährdungspotenzial hat als herkömmlicher Diesel.

Eine ausführliche Aufstellung der Umwelt- und Gefährdungseigenschaften von Shell GTL Fuel ist dem Stoffsicherheitsbericht (Chemical Safety Report, CSR) zu entnehmen, der im Rahmen der Anforderungen der EU-Chemikalienverordnung REACH (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals, deutsch: „Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung von Chemikalien“) bei der Europäischen Chemikalienagentur (European Chemicals Agency, ECHA) eingereicht wurde. [9] Nachstehend eine Übersicht über weitere ökologische Vorteile von Shell GTL Fuel.

Dieses Kapitel bietet einen Überblick über einige weitere umweltfreundliche Vorteile der Nutzung von Shell GTL Fuel im Vergleich zu Standard Diesel.

Weitere Umweltvorteile von Shell GTL Fuel

Aufgrund der Studien zur biologischen Abbaubarkeit wurde ermittelt, dass Shell GTL Fuel gemäß EU-Gesetzgebung als leicht biologisch abbaubar bezeichnet werden kann.

7.1 Biologische Abbaubarkeit

Die biologische Abbaubarkeit eines Stoffes bezeichnet das Vermögen zur Zersetzung durch Bakterien oder andere biologische Vorgänge.

Als Faustregel gilt, dass die biologische Abbaubarkeit von Kohlenwasserstoffen in der folgenden Reihenfolge zunimmt: aromatische Kohlenwasserstoffe < Cycloalkane < verzweigte Alkane < Alkane [10]. Shell GTL Fuel hat einen unerheblichen Aromatengehalt (<0,05 Massen-%) und enthält einen großen Anteil an unverzweigten Alkanen. Schwefelarmer Diesel enthält im Vergleich dazu ca. 26–30 Massen-% Aromate und extra schwefelarmer, schwedischer Diesel der Klasse I ULSD (Ultra Low Sulphur Diesel) ca. 5 Massen-%. Allein aufgrund der Zusammensetzung ist also zu erwarten, dass Shell GTL Fuel besser biologisch abbaubar ist als herkömmliche, aus Rohöl gewonnene Dieselmotorkraftstoffe. Shell hat hierzu entsprechende Tests durchgeführt, die im nächsten Abschnitt beschrieben sind.

Tests zur biologischen Abbaubarkeit sind strenge Screening-Tests, zur Feststellung, ob ein Stoff schnell und vollständig in der Umwelt zersetzt werden kann. Die biologische Abbaubarkeit von Shell GTL Fuel wurde sowohl für die 100 %-Konzentration als auch im Gemisch mit ULSD ermittelt. Diese Tests sind in der Gesetzgebung der Europäischen Union für die Einstufung von Stoffen definiert. Im OECD-Test-

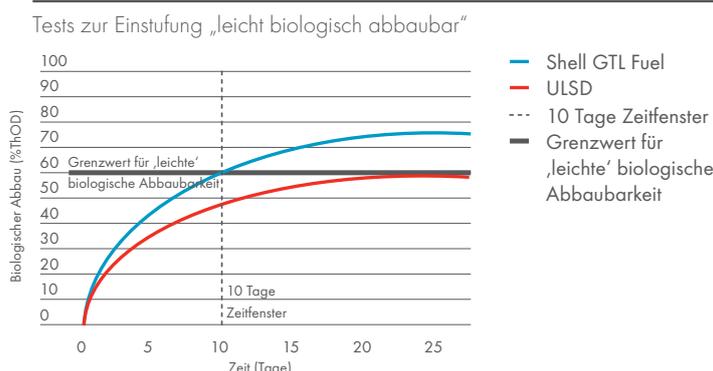
verfahren 301 F liegt der Grenzwert für die Einstufung „leicht biologisch abbaubar“ bei 60 % ThSB (theoretischer Sauerstoffbedarf), der 10 Tage nach Überschreiten eines Abbaugrades von 10 % ThSB erreicht sein muss (das so genannte „10-Tage-Zeifenster“).

Aufgrund der Studien zur biologischen Abbaubarkeit wurde ermittelt, dass Shell GTL Fuel gemäß EU-Gesetzgebung als leicht biologisch abbaubar bezeichnet werden kann.

Obwohl alle getesteten Proben am Ende des Tests zu ≥ 60 % biologisch abgebaut waren, hielt einzig Shell GTL Fuel das Erfolgskriterium des 10-Tage-Zeifensters ein. Außerdem wurde Shell GTL Fuel um ca. 15 % ThSB mehr biologisch abgebaut als ULSD. Auch wenn in Tests zur Einstufung leicht biologisch abbaubar die Schwankungsbreite relativ groß ist, ist ein Unterschied von ≥ 15 % ThSB durchaus signifikant. [10]

Neben den Studien im aquatischen Umfeld gibt es Studien zur Abbaubarkeit im Boden nach OECD 307, die weitere Nachweise dafür liefern, dass der GTL-Kraftstoff schneller als schwefelfreier Diesel abgebaut wird. Darüber hinaus ergab die im Anschluss an eine der Bodenstudien durchgeführte Bodenanalyse, dass keine Komponenten des GTL-Kraftstoffs in nachweisbaren Mengen im Boden verblieben waren. [9]

Abbildung 11



Weitere Umweltvorteile von Shell GTL Fuel

7.2 Ökotoxizität

Die Ökotoxizität eines Stoffes ist der potenzielle Einfluss dieses Stoffes auf die natürlichen biochemischen und physiologischen Prozesse sowie das Verhalten und die Interaktion mit den lebendigen Organismen, aus denen das Ökosystem besteht.

Die Zusammensetzung von Shell GTL Fuel legt die Annahme nahe, dass seine toxische Wirkung auf Wasserorganismen geringer ist als diejenige herkömmlicher Dieselmotoren, einschließlich schwefelfreier Dieselmotoren. Shell hat entsprechende Tests zur Überprüfung dieser Annahme durchgeführt, die nachstehend zusammengefasst sind.

Die akute Toxizität für wichtige Organismen wurde für 100 % Shell GTL Fuel ermittelt sowie für Gemische mit ULSD. Die Tests wurden an Arten durchgeführt, die in der aquatischen Toxikologie vielfach als repräsentativ für wichtige Gruppen von Wasserorganismen herangezogen werden. Diese Tests sind durch Gesetzgebung der Europäischen Union für die Einstufung von Stoffen definiert. Nach ersten Untersuchungen an wirbellosen Organismen wurde eine Studie mit Süßwasserfischen und Wasserorganismen durchgeführt, um weitere Daten über die ökologischen Wirkungen von Shell GTL Fuel zu generieren. Die Testorganismen gemäß den EU-Vorgaben sind derzeit Fische, Daphnien (Wasserflöhe) und Algen. Zusätzliche Studien zur chronischen (längerfristigen) aquatischen Toxizität, einschließlich früherer Entwicklungsstadien beim Fisch, und Reproduktionstests mit Daphnien haben ebenfalls gezeigt, dass Shell GTL Fuel nicht signifikant toxisch ist. Zur Anwendung kamen Testmethoden nach der OECD-Testrichtlinie 201 (Algeninhibitionstest), OECD-Testrichtlinie 202 (Akuttest an Daphnien, Immobilisierung) und OECD-Testrichtlinie 203 (Fische, Untersuchung der akuten Toxizität). Die Testergebnisse werden als „Menge ohne erkennbare Wirkung“ angegeben (No Observable Effect Level, NOEL), d. h. diejenige Menge eines Stoffes, die keinen Einfluss auf die Mortalitätsrate hat.

Bei den Spezies, an denen Shell GTL Fuel getestet wurde, wurden keinerlei toxische oder sonstige negative Wirkungen beobachtet. Die Studien zur aquatischen Toxizität weisen nach, dass Shell GTL Fuel nicht toxisch (NOEL > 1000 mg/l) für Fische, Daphnien und Algen war. Dementsprechend ist Shell GTL Fuel gemäß den Kriterien der Europäischen Union als für Wasserorganismen „unschädlich“ eingestuft. [11]

Der Umstand, dass Shell GTL Fuel keine aquatische Toxizität aufweist, lässt darauf schließen, dass im Falle einer Freisetzung auch die toxische Wirkung auf Landorganismen geringer sein muss als bei herkömmlichem Dieselmotoren. Diese Ansicht wird durch Studien der Wirkung verschiedener Kohlenwasserstoffe auf Regenwürmer und Pflanzen unterstützt. [11] Wie bei den Wasserorganismen sah in diesen Studien die Rangfolge der Toxizität der Kohlenwasserstoffe so aus, dass Aromaten in stärkerem Maße toxisch waren als Cycloalkane, die wiederum toxischer waren als verzweigte Alkane. Die geringste Toxizität wiesen die unverzweigten Alkane auf. Demnach war zu erwarten, dass die praktische völlige Abwesenheit von Aromaten die toxische Wirkung auf Landorganismen deutlich reduzieren würde. Diese Ansicht wurde durch eine Reihe von Studien an Landorganismen (Regenwurm und Pflanze), Sedimenten (Chironomide und Lumbriculus) sowie Vögeln (Japanwachtel) bestätigt. Einzelheiten zu diesen Studien sind dem Stoffsicherheitsbericht (Chemical Safety Report, CSR) zu entnehmen. Das Fehlen einer signifikanten Toxizität in der Mehrzahl dieser Studien bekräftigt die Annahme, dass von GTL Fuel nur ein geringes ökologisches Gefährdungspotenzial ausgeht, was es zu einem idealen Kraftstoff für den Einsatz in sensiblen Bereichen macht, wie z. B. in der Waldwirtschaft oder dort, wo die Gefahr eines Kontakts mit Wasser besteht. [9]

Die Daten aus den Tests zur Ökotoxizität und biologischen Abbaubarkeit zeigen, dass Shell GTL Fuel erhebliche Vorteile gegenüber herkömmlichem Dieselmotoren aufweist. Shell GTL

Die Daten aus den Tests zur Ökotoxizität und biologischen Abbaubarkeit zeigen, dass Shell GTL Fuel erhebliche Vorteile gegenüber herkömmlichem Dieselmotoren aufweist.

Fuel wurde gemäß den Definitionen der Europäischen Union als „leicht biologisch abbaubar“ und ungiftig für Wasserorganismen befunden. Die nicht gegebene Aquatoxizität und bessere biologische Abbaubarkeit legen in Verbindung mit dem Potenzial zur Reduzierung der lokalen Emissionen nahe, dass Shell GTL Fuel ein gut geeigneter Kraftstoff für den Einsatz in ökologisch sensiblen Bereichen wäre. [3]



EIN LASTWAGEN, DER MIT SHELL GTL FUEL FÄHRT

Dass durch Shell GTL Fuel eine deutliche Reduzierung des Verbrennungsgeräuschs in der Größenordnung von 1–4 dB gegenüber herkömmlichem Diesel zu erzielen ist.

7.3 Motorenlärm

Der von einem Dieselmotor ausgehende Lärm ist eine Kombination von Geräuschen aus dem Verbrennungsvorgang und mechanischen Geräuschen. Die Kraftstoffeigenschaften können die Geräuschentwicklung bei der Verbrennung direkt beeinflussen.

Im Dieselmotor zündet der Kraftstoff von selbst kurz nach Beginn der Einspritzung. Während dieser Verzugszeit verdampft der Kraftstoff und vermischt sich mit der Luft im Brennraum. Die Verbrennung dieses Gemischs verursacht eine rasche Wärmefreisetzung und einen schnellen Druckanstieg im Brennraum. Der rasche Druckanstieg ist für das bei manchen Dieselmotoren zu hörende Klopfgeräusch verantwortlich.

Eine Erhöhung der Cetanzahl des Kraftstoffs verkürzt den Zündverzug und damit die Klopfneigung des Diesels. Aufgrund der höheren Cetanzahl von Shell GTL Fuel ist zu erwarten, dass das Verbrennungsgeräusch gegenüber demjenigen von herkömmlichem Diesel leiser sein wird. Shell hat eine Reihe von Tests durchgeführt, um die Senkung des Verbrennungsgeräuschs sowie Veränderungen der gesamten Fahrzeuggeräusche durch die Verwendung von Shell GTL Fuel zu untersuchen. Im Rahmen dieser Tests wurde das von den Motoren ausgehende Geräusch auf Motoren- sowie auf Fahrzeugprüfständen und der Geräuschpegel außerhalb und innerhalb des Fahrzeugs in Feldversuchen im Straßenbetrieb untersucht. Die für den Menschen wahrnehmbare Geräuschpegel-Differenz liegt bei 1–3 dBA. Insofern ist jede Reduzierung des Geräuschpegels hieran zu messen.

7.3.1 Geräuschmessungen auf einem Motorenprüfstand

- Geräuschmessungen an einem 4-Zylinder-PKW-Motor von Toyota bei konstanter Drehzahl (2.000 min^{-1}) zeigten mit Shell GTL Fuel im Vergleich zu herkömmlichem Diesel eine erhebliche Reduzierung des Geräuschpegels. Der Test ergab, dass ein Kraftstoff mit hoher Cetanzahl das Verbrennungsgeräusch um ca. 4 dB reduzieren kann. [12]
- Im Rahmen eines Versuchs bei Pon Power, einem Vertriebspartner von Caterpillar, wurden Geräuschmessungen an einem 8-Zylinder-Motor vom Typ Caterpillar 3408 durchgeführt. Diese Tests ergaben einen kleineren Rückgang des Motorengeräuschs in der Größenordnung von 1–2 dB bei Verwendung von Shell GTL Fuel anstelle herkömmlichen Diesels.

Die oben beschriebenen Tests bestätigen, dass die hohe Cetanzahl von Shell GTL Fuel das Verbrennungsgeräusch eines Motors reduzieren kann. Eine Senkung des insgesamt von einem Fahrzeug ausgehenden Lärms dürfte für Fuhrparkkunden attraktiv sein. Vor diesem Hintergrund wurden auch an PKW und Nutzfahrzeugen auf Fahrzeugprüfständen, im Labor und auf der Straße Geräuschmessungen durchgeführt, um die Größenordnung dieses Effekts zu erfassen.

Weitere Umweltvorteile von Shell GTL Fuel

7.3.2

Geräuschmessungen auf einem Fahrzeugprüfstand

- Messungen mit Shell GTL Fuel in einem Bus vom Typ Cummins Enviro 200 auf einem Fahrzeugprüfstand kamen zu dem Resultat, dass es an mehreren Stellen des Busses zu Verbesserungen gegenüber schwefelfreiem Diesel kommt. In Motornähe waren bei unterschiedlichen Drehzahlen statistisch relevante Vorteile zu vermerken, die jedoch unter der menschlichen Wahrnehmungsgrenze lagen (<1 dB).

7.3.3

Geräuschmessungen „auf der Straße“

Es wurden Tests mit einem LKW vom Typ DAF CF85 und einem Müllfahrzeug vom Typ DAF CF75 auf einer Außengeräuschmessstrecke nach ISO 10844 durchgeführt. Zusätzlich zu den Messungen beim Vorbeifahren des Fahrzeugs an einem Mikrofon wurde der Geräuschpegel an mehreren Stellen in Motornähe gemessen, um herauszufinden, wo die Lärmreduzierung ihre größte Ausprägung hat. Bei beiden Fahrzeugen wurden Messungen bei unterschiedlichen Drehzahlen durchgeführt: i) Leerlauf bei Stillstand ii) geregelte Drehzahl im Stillstand und iii) voll geöffnete Drosselklappe vom Leerlauf zu geregelter Drehzahl im ersten Gang. Folgende Erkenntnisse sind der Studie zu entnehmen:

- Die Messungen am LKW und Müllfahrzeug konnten eine gute Korrelation vorweisen.
- Unter bestimmten Bedingungen gab es eine signifikante Geräuschreduzierung durch die Verwendung von Shell GTL Fuel anstelle herkömmlichen Diesels. Unter anderen Bedingungen war der Unterschied weniger signifikant oder nicht erkennbar. Am deutlichsten ist die Auswirkung von Shell GTL Fuel auf die Geräuschemissionen, wenn der Motor bei kleiner Motordrehzahl und geringer Motorlast läuft. Unter diesen Bedingungen war eine Differenz von 1 bis 2 dB festzustellen.
- Beim Betrieb mit Shell GTL Fuel reduziert sich das hochfrequente Diesellopfgeräusch und der Motor klingt ruhiger. Am größten ist die Geräuschreduzierung im Frequenzband von 630 bis 2.500 Hz⁸. Hier kann die Differenz bis zu 5 dB ausmachen.
- Bei höheren Drehzahlen fallen die Unterschiede bei den Lärmemissionen deutlich kleiner aus. Das ist möglicherweise durch den höheren mechanischen Lärmpegel zu erklären, der bei höheren Motordrehzahlen ein stärkeres Gewicht hat.

7.3.4

Schlussfolgerungen

- Forschungsergebnisse von Shell zeigen, dass durch Shell GTL Fuel eine deutliche Reduzierung des Verbrennungsgeräuschs in der Größenordnung von 1 bis 4 dB gegenüber herkömmlichem Diesel zu erzielen ist.
- Dies kann bei geringer Motordrehzahl zu einer erheblichen Reduzierung (1 - 2 dB) des insgesamt vom Fahrzeug ausgehenden Geräuschpegels beitragen. Bei höheren Motordrehzahlen ist der Rückgang geringer, möglicherweise infolge des hierbei höheren mechanischen Geräuschpegels. Allerdings scheinen die Lärmvorteile in starkem Maße fahrzeugabhängig zu sein. Einige Fahrzeuge sprechen in dieser Hinsicht sehr gut auf Shell GTL Fuel an, während andere keine Reaktion zeigen.
- Kunden haben sich lobend über den leiseren Betrieb von mit Shell GTL Fuel betriebenen Fahrzeugen geäußert. Dies spielt vor allem bei Fahrzeugen eine Rolle, die in Städten verkehren, in denen hohe Lärmpegel ein Problem darstellen. Geringere Lärmemissionen können außerdem für Kunden attraktiv sein, die ihre Fahrzeuge außerhalb der normalen Tageszeiten betreiben.

⁸ Das menschliche Hörvermögen liegt bei etwa 20-20.000Hz



GERÄUSCHTESTS MIT EINEM ABFALLENTSORGUNGSFAHRZEUG, DAS SHELL GTL FUEL TANKT

8

Für Shell GTL Fuel geltende Spezifikationen und Vorschriften

Diesel Normen für Fahrzeuge in Europa (EN 590) und den USA (ASTM D975) sollen dafür sorgen, dass alle Diesel Kraftstoffe, die in diesen Regionen verkauft werden, einheitliche Qualitätskriterien einhalten.

Durch Kraftstoffspezifikationen wird gewährleistet, dass die Eigenschaften aller Dieseldieselkraftstoffe zufriedenstellende Leistungen und einen zuverlässigen Betrieb in Dieselfahrzeugen ermöglichen.

Mithilfe von Grenzwerten geben diese Spezifikationen die für Diesel geforderten Eigenschaften vor. Festgelegt werden diese Grenzwerte durch Vertreter der Kraftstoffhersteller, Hersteller der Fahrzeug- und Motorenindustrie sowie durch andere relevante Parteien.

Die Eigenschaften werden in Standardmessverfahren überprüft, die als Teil der Spezifikationsunterlagen angegeben sind. Die beiden Kfz-Dieselnormen für Europa (EN 590) und die USA (ASTM D975) sind seit geraumer Zeit in Kraft und sollen eine zufriedenstellende Qualität des gesamten in diesen Regionen verkauften Kraftstoffs sicherstellen.

GTL-Kraftstoffe sind erst seit Kurzem in größeren Mengen kommerziell verfügbar. Es gibt aber bereits Fortschritte im Hinblick auf die Erstellung von (denen für Dieseldieselkraftstoff ähnlichen) Spezifikationen, die für GTL-Kraftstoffe und andere „paraffinische Dieseldieselkraftstoffe“ (BTL, CTL) und hydrierte Pflanzenöle (Hydrotreated Vegetable Oil, HVO) gelten sollen. Diese Spezifikationen sollen dieselben Kontrollfunktionen erfüllen wie die Spezifikationen für herkömmliche Diesel und haben diesbezüglich ein entsprechendes Format. Diese Spezifikationen werden es eventuell auch ermöglichen, dass als „paraffinische Dieseldieselkraftstoffe“ bezeichnete Kraftstoffe als qualitativ hochwertige Produkte wahrgenommen werden, welche, neben anderen Vorteilen, die lokalen Emissionen deutlich senken können.



KRAFTSTOFF-VERLADUNG

Für Shell GTL Fuel geltende Spezifikationen und Vorschriften

8.1 Behördliche Vorgaben

8.1.1 Europa

In Europa ist die Erstellung von Spezifikationen für Kraftstoffe für das Verkehrswesen Aufgabe des Europäischen Komitees für Normung (CEN). Diese Spezifikationen werden auch in Teilen Asiens und anderen Regionen mit entsprechenden Anpassungen an Angebot, Rohölquellen und geltende Vorschriften verwendet.

Die Kraftstoffnorm EN 590 ist eine Qualitätsvereinbarung über die Produktqualität bei der Herstellung und Vermarktung von Kraftstoffen. Sie definiert Eigenschaften, die für die Betriebsfähigkeit, Langlebigkeit und Abgasemissionen von Dieselfahrzeugen wichtig sind. EN 590 definiert weder, welche Arten von Kohlenwasserstoffen als Ausgangsstoffe für die Herstellung von Kraftstoffkomponenten verwendet werden dürfen, noch die Art der Verarbeitung und der Mischung solcher Komponenten. Shell GTL Fuel erfüllt sämtliche Anforderungen der EN 590, mit Ausnahme der Dichte, wo es den unteren Grenzwert nicht erreicht.

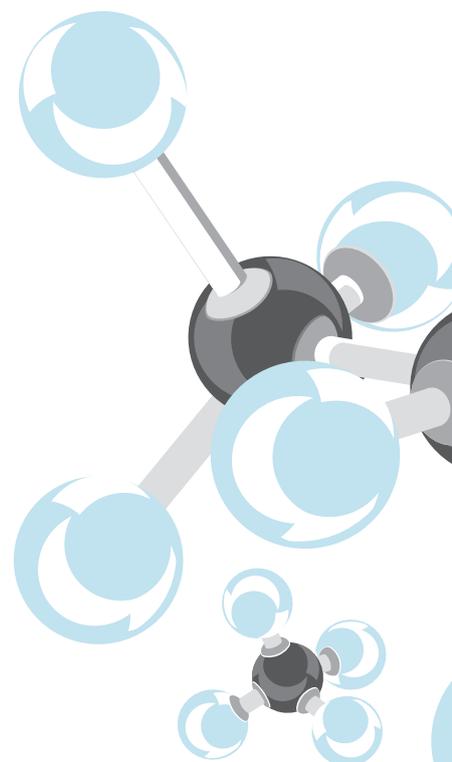
Innerhalb Europas können zudem Spezifikationen der einzelnen Mitgliedsstaaten gelten, sofern diese mindestens ebenso restriktiv sind wie die EN 590. Was den Kraftstoffverkauf angeht, so legen die Mitgliedsstaaten unabhängig voneinander fest, welche Kraftstoffe in ihrem Gebiet verkauft werden dürfen. In Deutschland dürfen z. B. nur EN-590-konforme Kraftstoffe als Diesel verkauft werden, während in den Niederlanden nicht EN-590-konforme Kraftstoffe erlaubt sind, solange sie nicht als EN-590-Diesel ausgewiesen werden.

Die derzeit (2013) für Shell GTL Fuel zutreffende Norm ist die TS 15940 (eine technische Spezifikation des CEN), die eng an die EN 590 angelehnt ist. Die Mehrheit der Parameter in dieser Spezifikation ist denen der EN 590 sehr ähnlich oder sogar gleich, einschließlich der Menge an FAME bei zulässigen Mischungen mit Mineralöl von B0 bis B7. Die TS 15940 wurde auf der Grundlage einer früheren CEN-Spezifikation, CWA 15940 (CEN Workshop Agreement), die ab 2009 gültig war, entwickelt. Die TS 15940 wurde auf ähnliche Weise wie die Spezifikation EN 590 durch eine CEN-Gruppe, bestehend aus Vertretern der Fahrzeug- bzw. Motorenherstellerindustrie, Kraftstoffanbieter und anderer Interessensparteien, erarbeitet. Die Spezifikation TS 15940 (Tabelle 7) betrifft paraffinische Dieselmotorkraftstoffe, denen die synthetischen Fischer-Tropsch-Produkte GTL, BTL und CTL, aber auch hydrierte Pflanzenöle (Hydrotreated Vegetable Oil, HVO) zuzuordnen sind.

Die TS 15940 definiert zwei Klassen paraffinischer Dieselmotorkraftstoffe, die sich lediglich hinsichtlich der Mindestanforderung an die Cetanzahl (CZ) unterscheiden.

- Für paraffinischen Diesel der „Klasse A“ ist die Mindest-CZ 70, d. h. deutlich höher als bei herkömmlichem Diesel (i. d. R. 40–55). Shell GTL Fuel fällt in diese Klasse.
- „Klasse B“ verlangt eine Mindest-CZ von 51. In diese Klasse fallen paraffinische Dieselmotorkraftstoffe mit niedrigerer Cetanzahl, die in anderen Prozessen hergestellt werden, z. B. die Umwandlung von Olefinen nach dem COD-Verfahren (Conversion of Olefins to Destillates).

Die derzeit (2013) für Shell GTL Fuel zutreffende Norm ist die TS 15940 (eine technische Spezifikation des CEN), die eng an die EN 590 angelehnt ist.



8

Für Shell GTL Fuel geltende Spezifikationen und Vorschriften

Tabelle 7

In der TS 15940 festgelegte Eigenschaften im Vergleich zur EN 590

Eigenschaft	Einheit	Durch Synthese oder Hydrotreating gewonnener paraffinischer Diesel CEN TS 1590:2012				Testmethode	Dieselkraftstoff EN 590:2009	
		Klasse A		Klasse B			Mindestwert	Höchstwert
		Mindestwert	Höchstwert	Mindestwert	Höchstwert			
Cetanzahl		70,0	-	51,0	-	EN ISO 5165 EN 15195	51,0	-
Dichte bei 15°C	kg/m ³	765,0	800,0	780,0	810,0	EN ISO 3675 EN ISO 12185	820,0	845,0
Gesamt-Aromatengehalt	% (m/m)	-	1,0	-	1,0	EN 12916 UOP 495 SS 155116	-	-
Gehalt an polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen	% (m/m)	-	-	-	-	EN 12916 UOP 495 SS 155116	-	11
Schwefelgehalt	mg/kg	-	5,0	-	5,0	EN ISO 20846 EN ISO 20884	-	10
Flammpunkt	°C	>55	-	>55	-	EN ISO 2719	>55	-
Koksrückstand (von 10 °C Destillationsrückstand)	% (m/m)	-	0,30	-	0,30	EN ISO 10370	-	0,30
Aschegehalt	% (m/m)	-	0,01	-	0,01	EN ISO 6245	-	0,01
Wassergehalt	mg/kg	-	200	-	200	EN ISO 12937	-	200
Gesamtverschmutzung	mg/kg	-	24	-	24	EN 12662	-	24
Kupferkorrosion (3 h bei 50 °C)	Ein- stufung	Klasse 1		Klasse 1		EN ISO 2160	Klasse 1	
Oxidationsbeständigkeit	g/m ³	-	25	-	25	EN ISO 12205	-	25
Oxidationsbeständigkeit	h	20	-	20	-	EN 15751	20	-
FAME-Anteil	% (V/V)	-	7,0	-	7,0	EN 14078	-	7,0
Schmierfähigkeit, korrigierter Verschleißkalotten-Durchmesser bei 60 °C	µm	-	460	-	460	EN ISO 12156-1	-	460
Viskosität bei 40°C	mm ² /s	2,00	4,50	2,00	4,50	EN ISO 3104	2,00	4,50
Destillation 95 % (V/V) Rückstand bei 250°C	% (V/V)	-	<65 ^a	-	<65 ^a	EN ISO 3405	-	<65
Destillation % (V/V) Rückstand bei 350°C	% (V/V)	85 ^a	-	85 ^a	-	EN ISO 3405	85 ^a	-
Destillation 95 % (V/V) Rückstand bei	°C	-	360	-	360	EN ISO 3405	-	360

a) In die nächste Revision einzubeziehen

Hinweis: Die Kaltlaufeigenschaften nach TS 15940 entsprechen genau den länderspezifischen Vorschriften der EN 950590

Für Shell GTL Fuel geltende Spezifikationen und Vorschriften

Tabelle 8

Klimaabhängige Vorschriften der EN 590 und TS 15940 (gemäßigte Regionen)

Property	Unit	Limits					
Class		A	B	C	D	E	F
CFPP	°C	5	0	-5	-10	-15	-20

*Hinweis: Die EN 590 definiert auch arktische Winterdiesel mit CFPPs bis -44 °C (Klasse 0 bis 4)

Die Filtrierbarkeitsgrenzen (Cold Filter Plugging Points, CFPPs) der TS 15940 sind dieselben wie diejenigen der Spezifikation EN 590 für herkömmlichen Diesel. Shell GTL Fuel kann mit an diese länderspezifischen Anforderungen angepassten Eigenschaften geliefert werden.

Fazit: Shell GTL Fuel erfüllt sämtliche Kriterien der Spezifikation CEN TS 15940 für paraffinische Dieselkraftstoffe. Ausgehend von dieser technischen Spezifikation wird derzeit eine formelle EN-Norm erarbeitet.



SHELL GTL FUEL PROBE

8.1.2

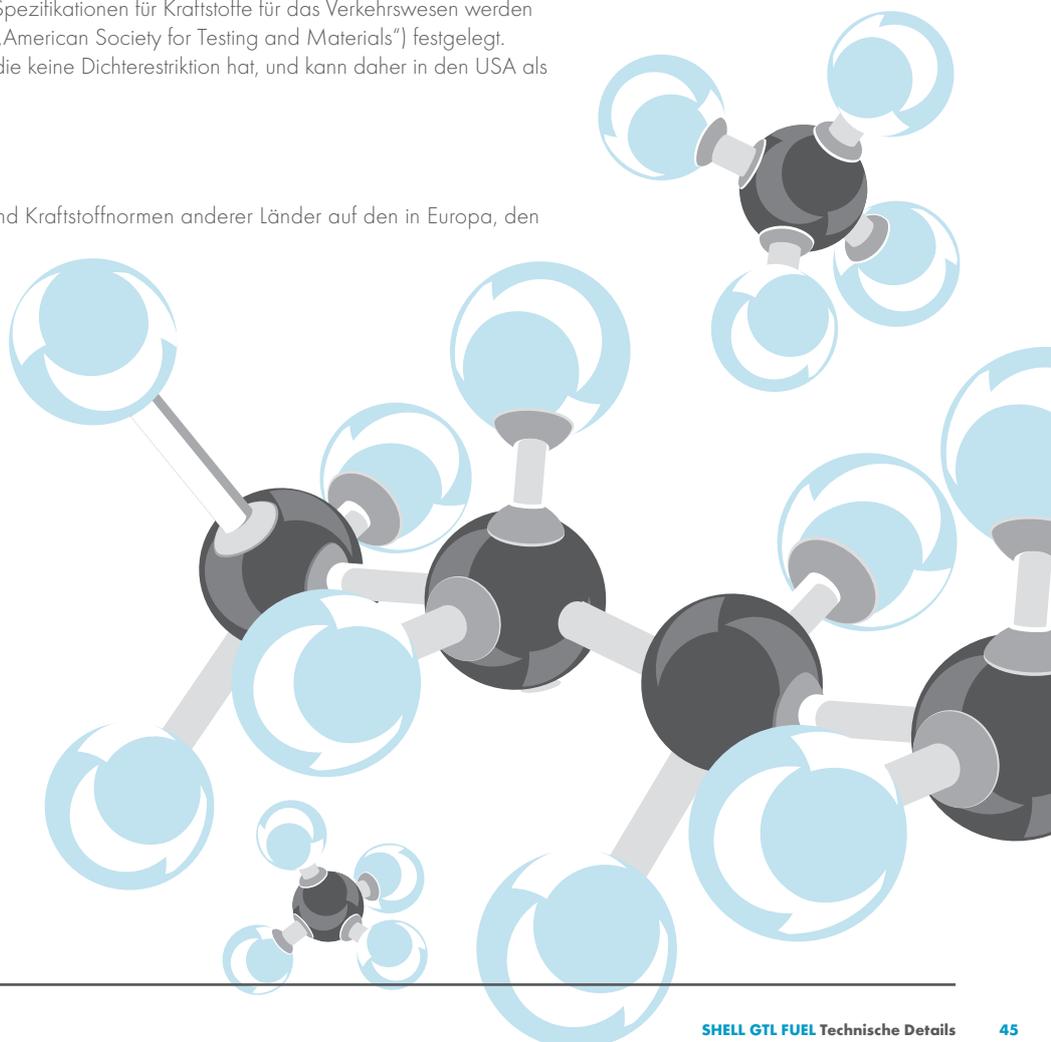
USA (ASTM)

Die Spezifikationen für Dieselkraftstoff in den USA sind denen der Europäischen Union ähnlich, aber nicht identisch. Die US-amerikanischen Spezifikationen für Kraftstoffe für das Verkehrswesen werden von ASTM International (früher ASTM, „American Society for Testing and Materials“) festgelegt. Shell GTL Fuel erfüllt die ASTM D975, die keine Dichterestriktion hat, und kann daher in den USA als Dieselkraftstoff verkauft werden.

8.1.3

Andere Länder

Im Allgemeinen basieren die Abgas- und Kraftstoffnormen anderer Länder auf den in Europa, den USA oder Japan üblichen Vorschriften.



8

Für Shell GTL Fuel geltende Spezifikationen und Vorschriften



BETREIBER DER PILOTANLAGE

8.2 Produktionsspezifikationen für Shell GTL Fuel

Die Produktionsspezifikation für Shell GTL Fuel beruht auf den einschlägigen Kraftstoffnormen der wichtigsten Zielmärkte bzw. bestimmten, von Kraftstoff verbrauchenden Anwendungen vorgegebenen Anforderungen.

Wie bei herkömmlichem Diesel weisen die Kraftstoffeigenschaften von Shell GTL Fuel gewisse auf den Produktionsprozess zurückzuführende Schwankungen auf. Anhaltswerte wichtiger Eigenschaften von Shell GTL Fuel sind Tabelle 9 zu entnehmen.

Tabelle 9

Typische Eigenschaften von Shell GTL Fuel

Eigenschaft	Einheit	Prüfverfahren	Mindestwert	Höchstwert	
Cetanzahl	-	ISO 5165	70	-	
Dichte bei 15 °C	kg/m ³	ISO 3675	770	800	
Schwefelgehalt	mg/kg	ISO 14596	-	3,0	
Gesamt-Aromatengehalt	% (m/m)	EN 12916	-	0,5	
Gehalt an polyzyklischen Aromaten	% (m/m)	EN 12916	-	0,1	
Gesamt-Olefingehalt	% (m/m)	ASTM D1159	-	0,1	
Viskosität bei 40 °C	mm ² /s	ISO 3104	2,0	4,5	
Flammpunkt	°C	EN 2719	68	-	
Destillation	% Rückstand bei 250 °C	% (v/v)	ISO 3405	-	65
	% Rückstand bei 350 °C	% (v/v)	ISO 3405	85	-
	95 % (v/v) Rückstand bei	°C	ISO 3405	-	360
Filtrierbarkeitsgrenze	°C	EN 116	-	-9 (-20)*	

* Die Werte in Klammern gelten für die entsprechende Winterqualität des GTL-Kraftstoffs

Für Shell GTL Fuel geltende Spezifikationen und Vorschriften

8.3 Steuervorteile

Luftqualität ist ein derart wichtiges Problem, dass Regierungen bereit sind, Steuervorteile auf schadstoffarme Kraftstoffe wie Shell GTL Fuel zu gewähren. Nachstehend einige Beispiele hierfür.

8.3.1 Emissionsgebühren gemäß EU-Richtlinie

In Europa werden Senkungen der lokal schädlichen Auspuffabgase durch Gebühren auf NO_x, HC- und PM-Emissionen nach in der europäischen Richtlinie 2009/33/EC dargelegten Prinzipien gefördert, die saubere und energieeffiziente Straßenfahrzeuge fördert. Die Richtlinie belegt die einzelnen Schadstoffe mit folgenden Emissionskosten: NO_x 0,44 Cent/g, HC 0,1 Cent/g und PM 8,7 Cent/g, die nach Dafürhalten der Mitgliedsstaaten verdoppelt werden können. Diese Rechtsvorschriften können von den Mitgliedsstaaten übernommen werden und ermöglichen es ihnen, Steuervergünstigungen auf saubere Kraftstoffe zu vergeben.

8.3.2 Kraftstoff-Besteuerung in Finnland

Finnlands Kraftstoffsteuern (Verordnung 1443/2011) fördern die Verwendung erneuerbarer und sauber verbrennender Kraftstoffe. Die Steuer richtet sich nach Energiegehalt, Treibhausgasemissionen und Auspuffemissionen. Darüber hinaus wird eine Abgabe für die Versorgungssicherheit erhoben. Das Steuersystem begünstigt paraffinische Dieselmotorkraftstoffe (HVO, GTL, BTL) aufgrund der niedrigeren Auspuffemissionen. Die Energiesteuer auf Dieselmotorkraftstoffe beträgt 0,85 Euro-Cent pro Megajoule (MJ) und kann für sauberere Kraftstoffe reduziert werden. Aus praktischen Gründen wird die Energiesteuer in Cent/Liter umgerechnet.

Die Verwendung paraffinischer Dieselmotorkraftstoffe anstelle herkömmlichen Diesels reduziert lokale Emissionen, die mit Abgaben in zweifacher Höhe der in der 2009/33/EG (s.o.) angegebenen Emissionskosten belegt sind. Das Ergebnis wird in Form von Cent pro Liter Kraftstoff angegeben und von der Gesamtsteuer für Diesel (30,70 c/l) abgezogen.

Tabelle 10

Steuern auf Dieselmotorkraftstoffe in Finnland seit Januar 2012 (Verordnung 1443/2011)

	Energie Steuer (c/l)	CO ₂ Steuer (c/l)	Versorgungssicherheitsabgabe (c/l)	Gesamt (c/l)	Differenz zu Dieselmotorkraftstoff (c/l)
Dieselmotorkraftstoff	30,70	15,90	0,35	46,95	-
Paraffinischer Diesel (z. B. GTL, CTL)	24,00	15,01	0,35	39,36	-7,59

Euro-Cent pro Liter ohne Mehrwertsteuer

Luftqualität ist ein so wichtiges Thema geworden, dass einige Regierungen bereit sind, Kraftstoffen, die lokale Emissionen verringern, Steuervergünstigungen zu garantieren.

Tabelle 10 veranschaulicht, dass die Verwendung von 100 % Shell GTL Fuel anstelle herkömmlichen Diesels zu einer Energiesteuer von 24,00 c/l anstelle von 30,70 c/l führen kann. Es wird erwartet, dass auch andere Mitgliedsstaaten der EU die in der 2009/33/EG angegebenen Emissionskosten einführen werden, sodass umfassendere Steuervergünstigungen für saubere Kraftstoffe möglich wären.

Für Shell GTL Fuel geltende Spezifikationen und Vorschriften

8.4 Produktregistrierung

Aus regulatorischer Sicht (Produktregistrierung) wurde Shell GTL Fuel ursprünglich mit denselben Bezeichnungen gekennzeichnet wie herkömmlicher Dieselkraftstoff.

Dies führte jedoch zu Problemen bei der Einstufung, Kennzeichnung und Unterscheidung von Shell GTL Fuel und herkömmlichem Diesel. Das Thema wurde 2005 mit dem für Arbeitsschutz zuständigen Health and Safety Executive in Großbritannien erörtert, der eine Vorlage des Problems beim europäischen Technical Committee of New and Existing Substances (TCNES) empfahl, um Unterstützung für Bemühungen zur Erlangung eigener Produktbezeichnungen für GTL-Produkte zu beantragen.

Diesem Plan zufolge würden die zuvor als Alkane, C12-C26 und CAS-Nr. 90622-53-0 vermarkteten GTL-Produkte unter den neuen CAS-Namen und die neue Bezeichnung Destillate (Fischer-Tropsch) C8 - C26 - verzweigt und linear, CAS-Nr. 848301-67-7 fallen. Das Vorhaben fand die Zustimmung des TCNES, und seit 2006 verfolgt Shell die weltweite Registrierung von Shell GTL Fuel unter der neuen CAS-Nummer mit Produktbezeichnung.



TECHNISCHE MITARBEITER ARBEITEN AUF DER PEARL GTL-ANLAGE IN KATAR

Für Shell GTL Fuel geltende Spezifikationen und Vorschriften

8.5 Externe Unterstützung für Shell GTL Fuel

Shell hat in Zusammenarbeit mit großen Automobilherstellern und Entscheidungsträgern eine erhebliche Anzahl an Feldversuchen mit Shell GTL Fuel in aller Welt durchgeführt, wie in Kapitel 6 erörtert.

Diese in Zusammenarbeit mit Fuhrparkbetreibern unternommenen Shell Tests betrafen sowohl PKW- als auch LKW-Motoren. Die Testreihen erstreckten sich über viele Monate und tausende von Kilometern. Dabei gab es keinerlei auf den Kraftstoff zurückzuführende Probleme und auch keine Beeinträchtigung der Motorlebensdauer. Dieses umfassende Bewertungsprogramm untermauert die Auffassung, dass vorhandene Dieselmotoren bedenkenlos und ohne Motoranpassungen mit GTL Fuel betrieben werden können. Außerdem wurde hierdurch weltweit Aufmerksamkeit für Shell GTL Fuel geweckt. Einige Hersteller (Original Equipment Manufacturers, OEMs) und Entscheidungsträger unterstützen Shell GTL Fuel über diese Erprobungen hinaus in nachstehend beschriebener Weise.

8.5.1 Audi

Audi teilte auf der Unternehmenswebsite öffentlich mit, dass alle mit TDI-Motoren ausgestatteten Audi-Modelle ohne Weiteres mit reinem GTL-Kraftstoff betrieben werden können.

8.5.2 Delphi

Einer der international wichtigsten Anbieter von Dieseleinspritzsystemen, Delphi Diesel Systems, hat unlängst in Zusammenarbeit mit Shell den Einfluss paraffinischer Dieselmotoren auf die Lebensdauer moderner Common-Rail-Hardware Kraftstoffeinspritzungen untersucht. Das Ergebnis des gemeinsam durchgeführten Programms sagt aus, dass Shell GTL Fuel in einer Reihe von Prüfstand- und Motorentests nicht schlechter und in einigen Aspekten sogar besser abschnitt als herkömmlicher Dieselmotoren. Insbesondere wurde durch den Zusatz von schmiereigenschaften erhöhenden Zusätzen oder FAME die Schmierfähigkeit von Shell GTL Fuel erhöht, was minimalen Verschleiß innerhalb eines weiten Spektrums an Betriebs- und Temperaturbedingungen ergab. Selbst unter relativ schwierigen Betriebsbedingungen kam es nicht zu Ablagerungen oder Lackbildung an Komponenten der Einspritzanlage. [4]



SHELL TANKSTELLE

8.5.3 Europäisches Parlament

Das Europäische Parlament hat eine offizielle Empfehlung für synthetische Kraftstoffe ausgesprochen:

In dem Beschluss zu „Konventionellen Energiequellen und Energietechnologie“ fordert das Europäische Parlament „die Kommission auf, die Technologien zur Herstellung synthetischer Kraftstoffe zu fördern, weil sie das Potenzial haben, die Energieversorgungssicherheit zu stärken und die Emissionen des Straßenverkehrs in der Europäischen Union zu senken“.

In dem Beschluss „Fahrplan für erneuerbare Energie in Europa“ fordert das Europäische Parlament „die Kommission auf, gemäß dem 2001 vorgelegten Aktionsplan zu alternativen Kraftstoffen Maßnahmen vorzuschlagen, die andere alternative Kraftstoffe fördern, die zur Verminderung der Emissionen des Verkehrssektors beitragen, und die Möglichkeit der Förderung synthetischer Kraftstoffe zu prüfen, die zur Diversifizierung der Energieversorgung, zur Verbesserung der Luftqualität und zur Verminderung der CO₂-Emissionen beitragen.“ [14]

8.5.4 Alliance for Synthetic Fuels in Europe (ASFE)

Im Jahr 2006 hat sich eine Gruppe von Automobil- und Mineralölkonzernen EU-weit zur Förderung synthetischer Kraftstoffe zusammengeschlossen. Diese Gruppe ist als Allianz für synthetische Kraftstoffe in Europa (Alliance for Synthetic Fuels in Europe, ASFE) bekannt. Die ASFE-Mitglieder arbeiten zusammen, um alternative Kraftstoffoptionen zu fördern. Durch höhere Energieeffizienz und sauberere Kraftstoffe soll eine deutliche Reduzierung der ökologischen Auswirkungen und ein Beitrag zur Diversifizierung des Energiemixes der EU erreicht werden.

9

Handhabung und Lagerung von Shell GTL Fuel

Die Abläufe bei der Lagerung und Handhabung von Shell GTL Fuel basieren auf denjenigen für herkömmlichen Dieselmotorkraftstoff.

Shell GTL Fuel kann generell unter Verwendung derselben Ausrüstungen, Materialien und Verfahren abgefüllt, transportiert und gelagert werden wie herkömmlicher Dieselmotorkraftstoff.

Shell GTL Fuel kann insbesondere in den gleichen Tanks gelagert werden, über die gleichen Zapfsäulen abgegeben werden, und benötigt zudem auch dieselbe Tankzeit wie herkömmlicher Dieselmotorkraftstoff.

Von Shell GTL Fuel geht außerdem eine geringere Gefährdung für Gesundheit, Sicherheit und Umwelt aus als von herkömmlichem Dieselmotorkraftstoff (Kapitel 7). Trotzdem sind Handhabung, Transport, Lagerung, Verwendung und Entsorgung von Erdölprodukten reglementiert, und die Shell Gruppe nimmt ihre Verantwortung in dieser Sache sehr ernst.

9.1 Unterschiede zwischen Shell GTL Fuel und herkömmlichem Dieselmotorkraftstoff

Shell GTL Fuel unterscheidet sich in bestimmten Eigenschaften von herkömmlichem Dieselmotorkraftstoff. Aus diesem Grund muss den Anbieterempfehlungen besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden (d. h. den im Sicherheitsdatenblatt (SDB) angegebenen Daten). In diesem Zusammenhang müssen bei der Lagerung und Handhabung von Shell GTL Fuel die folgenden Eigenschaften überwacht werden:

- Geringe Dichte und anderer Wärmeausdehnungskoeffizient – Auswirkung auf Abgabemessung
- Niedriger Aromatengehalt – mögliche Wirkung auf alte Dichtungen aus Nitrilkautschuk in Anlagenkomponenten, die vorher aromatenhaltigen Förderprodukten ausgesetzt waren
- Hoher Reinheitsgrad – bei der Lagerung und Handhabung sind Maßnahmen zur weitestgehenden Vermeidung von Verunreinigung zu treffen

Die Abläufe bei der Lagerung und Handhabung von Shell GTL Fuel basieren auf denjenigen für herkömmlichen Dieselmotorkraftstoff. GTL-Kraftstoff ist überwiegend paraffinisch und damit generell weniger gefährlich als gewöhnlicher Dieselmotorkraftstoff. Das heißt, dass die für Dieselmotorkraftstoff vorgeschriebenen Abläufe für Shell GTL Fuel in der Regel ausreichen. Es muss jedoch beachtet werden, dass bei der Lagerung und Handhabung von Shell GTL Fuel nationale und internationale Regelungen und Vorschriften einzuhalten sind. Die in dieser Hinsicht relevanten Eigenschaften sind nachstehend ausführlich beschrieben. Aus einigen, wie der Leitfähigkeit, ergeben sich wichtige Sicherheitskonsequenzen.



Handhabung und Lagerung von Shell GTL Fuel

9.2

Auswirkungen dieser Unterschiede zu herkömmlichem Diesel

9.2.1

Geringe Dichte und anderer Wärmeausdehnungskoeffizient – Auswirkung auf Abgabemessung. Messgeräte zur Volumenmessung von Shell GTL Fuel müssen kalibriert werden.

Der Wärmeausdehnungskoeffizient eines Kraftstoffs muss herangezogen werden, um beim Be- und Entladen des Produkts temperaturabhängige Dichteänderungen berücksichtigen zu können. Dosiereinrichtungen für Shell GTL Fuel müssen entsprechend dem abweichenden Wärmeausdehnungskoeffizient kalibriert werden. Durch Einhaltung der örtlichen Kalibriervorschriften für Dieseldienststoff ist gewährleistet, dass stets die korrekte Menge an Shell GTL Fuel abgegeben wird.

9.2.2

Verträglichkeit mit Elastomer-Werkstoffen

Aus Tests im Labor und umfangreichen Fahrzeugerprobungen lässt sich schließen, dass Shell GTL Fuel im Gegensatz zu herkömmlichem Diesel generell besser verträglich mit Elastomeren ist, die vielfach Bestandteil von Gummidichtungen und Schläuchen von Kraftstoffleitungssystemen sind. Dies ist auf den geringeren Aromatengehalt von Shell GTL Fuel zurückzuführen, durch den sich die Wechselwirkungen mit Elastomeren verringern. In Kombination mit modernen Dichtungswerkstoffen wie Fluorkautschuk (Viton) ist in neuen Fahrzeugen einwandfreier Betrieb gegeben. Bei einigen älteren Fahrzeugen, die mit Nitrilkautschuk-Dichtungen ausgestattet sind, die durch längeren Kontakt mit herkömmlichem Dieseldienststoff gealtert sind, besteht ein geringes Undichtigkeitsrisiko. Dieser Effekt betrifft nicht nur Shell GTL Fuel, sondern kann generell beim Umstieg auf einen Kraftstoff anderer Zusammensetzung auftreten. Beim Umstieg auf Shell GTL Fuel sollten ältere Fahrzeuge auf Anzeichen von Undichtigkeit beobachtet werden und alte Dichtungen ggf. erneuert werden.

9.2.3

Maßnahmen zur Verhinderung von Verunreinigung

Die logistischen Vorkehrungen für den Einsatz von Shell GTL Fuel werden sich von Standort zu Standort unterscheiden. In der Regel werden die Rohrleitungen, Pumpen, Ventile und Schläuche jedoch nicht ausschließlich der Förderung paraffinischer Dieseldienststoffe dienen. Es müssen Vorkehrungen getroffen werden, um Verunreinigungen durch Mehrzwecksysteme zu minimieren, um den hohen Reinheitsgrad von Shell GTL Fuel zu erhalten.

9.2.4

Flammpunkt

Der Flammpunkt ist die niedrigste Temperatur, bei der ein ausreichender Anteil des Kraftstoffs verdampfen kann, um ein zündfähiges Dampf-Luft-Gemisch bilden zu können. Der Flammpunkt wird häufig als charakteristisches Merkmal bei der Beschreibung flüssiger Kraftstoffe angegeben. Er dient unter anderem der Bewertung des Feuerrisikos. Der Flammpunkt von GTL Shell Fuel ist demjenigen herkömmlichen Diesels vergleichbar. Sowohl die EN 590 (Diesel) als auch die TS 15940 (GTL) geben einen Flammpunkt von mindestens 55 °C vor. Shell GTL Fuel liegt deutlich im Rahmen dieser gesetzlichen Grenzwerte und wird mit einem Flammpunkt von 68 °C oder höher ausgeliefert.

9.2.5

Leitfähigkeit

Die elektrische Leitfähigkeit ist ein weiterer wichtiger Faktor für die Sicherheit bei Handhabung und Transport flüssiger Kraftstoffe. Wenn Kraftstoff von einem Tank in einen anderen umgepumpt wird (in der Raffinerie, im Terminal oder an der Tankstelle), können statische elektrische Ladungen erzeugt werden, insbesondere, wenn durch Filter gepumpt wird. Normalerweise werden diese Ladungen schnell abgeführt und stellen kein Problem dar. Wenn der Kraftstoff allerdings eine geringe Leitfähigkeit besitzt, kann der Kraftstoff als Isolator wirken, der den Aufbau erheblicher Ladungsdifferenzen zulässt. In vielen Anlagen, und so auch den Shell Raffinerien und Terminals, sind für Dieseldienststoffe vor der Übernahme in Schiffe, Tankwaggons oder Tankwagen Mindestwerte für die elektrische Leitfähigkeit vorgegeben, um den Aufbau statischer Elektrizität zu unterbinden.

Shell GTL Fuel hat, wie andere stark verarbeitete Kraftstoffe (wie ZSD, HVO), von Natur aus eine sehr geringe elektrische Leitfähigkeit. Die geringe Leitfähigkeit ist auf das Fehlen polarer chemischer Bestandteile zurückzuführen, die normalerweise als elektrische Ladungsträger fungieren. Die Leitfähigkeit stark verarbeiteter Dieseldienststoffe kann problemlos durch Zusatz eines „Static-Dissipator“-Additivs (SDA) oder Leitfähigkeitsverbessers erhöht werden. Diese Additive haben sich in Shell GTL Fuel als geeignet erwiesen und werden standardmäßig zur Erhöhung der Leitfähigkeit zugesetzt.

9

Handhabung und Lagerung von Shell GTL Fuel



PEARL-GTL-LAGERUNG IN KATAR

9.2.6

Lagerung bei niedrigen Temperaturen

Die Kälteigenschaften eines Dieselmotors müssen den Gegebenheiten eines Zielmarktes gerecht werden. Auch bei der Tanklagerung von Shell GTL Fuel in kalten Klimazonen spielen die Kälteigenschaften wie Cloudpoint (CP), Filtrierbarkeitsgrenze (CFPP) und Pourpoint (PP) eine Rolle. Für die Lagerung bei sehr niedrigen Temperaturen wäre eine Tank- und Begleitheizung zu erwägen.

Bei langfristiger Lagerung verhält sich Shell GTL Fuel ganz ähnlich wie herkömmlicher Diesel. Shell GTL Fuel zeichnet sich durch einen extrem niedrigen Verunreinigungsgrad aus, sodass bei Temperaturen oberhalb des Cloudpoint kein Risiko des Ausflockens besteht. Bei langfristiger Lagerung und Temperaturen unterhalb des Cloudpoint kann es wie bei herkömmlichem Dieselmotors zur Ausflockung von langkettigen Paraffinen kommen.

9.2.7

Lagerstabilität

Probleme mit der Lagerstabilität von Dieselmotors ergeben sich in der Regel im Zusammenhang mit der Verharzung und der Bildung von Schlamm. Man geht davon aus, dass diese unerwünschten Produkte in erster Linie durch Reaktion polarer stickstoff-, schwefel- oder sauerstoffhaltiger Bestandteile des Kraftstoffs entstehen. Da diese Bestandteile in Shell GTL Fuel fehlen, ist zu erwarten, dass dessen Lagerstabilität besser ist als diejenige herkömmlichen Diesels. Bei den umfangreichen Praxiserprobungen mit Shell GTL Fuel sind keinerlei Lagerungsprobleme aufgetreten.

9.3

Verfügbarkeit

Shell hat den Vertrieb von Shell GTL Fuel 2012 für gewerbliche Fuhrparks in den Niederlanden und in der Rheinregion in Deutschland gestartet. Shell plant, Shell GTL Fuel zukünftig auch in weiteren Gebieten zu vermarkten.

Abkürzungen

AGR	Abgasrückführung
ASTM	American Society for Testing and Materials (jetzt ASTM International)
BTL	Biomass-to-Liquids, deutsch: Biomasseverflüssigung
CARB	California Air Resources Board
CAS	Chemical Abstracts Service
CEN	European Centre for Standardisation
CFPP	Cold Filter Plugging Point, deutsch: Filtrierbarkeitsgrenze
CO	Kohlenmonoxid
CO₂	Kohlendioxid
CP	Cloudpoint
CTL	Coal-to-Liquids, deutsch: Kohleverflüssigung
DI	Direct Injection, deutsch: Direkteinspritzung
DPF	Dieselpartikelfilter
ESC	European Stationary Cycle (European Steady State Cycle), deutsch: europäischer stationärer Fahrzyklus
ETC	European Transient Cycle, deutsch: europäischer instationärer Fahrzyklus
FAME	Fatty Acid Methyl Ester, deutsch: Fettsäuremethylester
F-T	Fischer-Tropsch
GTL	Gas-to-Liquids, deutsch: Gasverflüssigung
HC	Hydrocarbon, deutsch: Kohlenwasserstoff
HFRR	High Frequency Reciprocating Rig (Schwingungsverschleiß-Prüfgerät)
HVO	Hydrotreated Vegetable Oil, deutsch: hydrierte Pflanzenöle
IDI	Indirect Injection, deutsch: indirekte Einspritzung
LSD	Low Sulphur Diesel, deutsch: schwefelarmer Diesel (<500 mg/kg S in der EU)
NMHC	Non-Methane Hydrocarbons (alle Kohlenwasserstoffe mit Ausnahme von Methan)
NO_x	Stickoxide
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development, deutsch: Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung
OEM	Original Equipment Manufacturer, deutsch: Fahrzeug- und Motorenhersteller, Erstausrüster
PM	Particulate Matter, deutsch: Feinstaub
SCR	Selective Catalytic Reduction, deutsch: selektive katalytische Reduktion
SMDS	Shell Middle Distillate Synthesis, deutsch: Shell Mitteldestillatsynthese
SO_x	Schwefeloxide
THC	Total Hydrocarbons, deutsch: Gesamtkohlenwasserstoffe
THG	Treibausgas
ThSB	Theoretischer Sauerstoffbedarf
ULSD	Ultra Low Sulphur Diesel, deutsch: extra schwefelarmer Diesel (<50 mg/kg S in der EU)
WHTC	World Harmonized Transient Cycle, deutsch: weltweit harmonisierter instationärer Fahrzyklus
WHSC	World Harmonized Stationary Cycle (World Harmonized Steady State Cycle), deutsch: weltweit harmonisierter stationärer Fahrzyklus
XTL	„Anything“ (Gas/Biomass/Coal)-to-Liquids (synthetische Flüssigkraftstoffe aus verschiedenen Ausgangsenergeträgern)
ZSD	Zero Sulphur Diesel, deutsch: schwefelfreier Diesel (<10 mg/kg S in der EU)

Literatur

-
- [1] GTL Fuel Datasheet (deutsch: Datenblatt für GTL-Kraftstoff), Shell Global Solutions
-
- [2] ACEA, EUROPIA, „European Program on Emissions, Fuels and Engine Technologies (EPEFE)“ Official Report, 1995
-
- [3] R.H. Clark, N.S. Battersby, J.J.J. Louis, A.P. Palmer, R.J. Stradling and G.F. Whale, „The Environmental Benefits of Shell GTL Diesel“, 4th International Colloquium, Esslingen, Deutschland, 2003
-
- [4] SAE Powertrains, Fuels and Lubricants meeting in San Diego, Oktober 2010
-
- [5] US Environmental Protection Agency: <http://www.epa.gov/apti/course422/ap7b4.html>
-
- [6] US Environmental Protection Agency: <http://www.epa.gov/apti/course422/ap7a.html>
-
- [7] European Commission: <http://ec.europa.eu/environment/air/transport/road.htm>
-
- [8] <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/proportion-of-vehicle-fleet-meeting/proportion-of-vehicle-fleet-meeting-4>; TERM 34 Abbildung 2.: Estimated share of pre Euro/conventional and Euro I-V heavy-duty vehicles, buses and coaches and conventional and 97/24/EC mopeds and motorcycles in 30 EEA member countries 1995 and 2009
-
- [9] Stoffsicherheitsbericht – Destillate (Fischer-Tropsch). C8 – C26, verzweigt und linear CAS 848301-67-7
-
- [10] Pitter, J. Chudoba „Biodegradability of Organic Substances in the Aquatic Environment“ CRC Press, Boca Raton, FL. 1990
-
- [11] G.F. Whale, S.H. Henderson, A. Sherren, G. Lethbridge „Assessment of the toxicity of hydrocarbons to terrestrial organisms“ The First International Congress on Petroleum Contaminated Soil Sediments and Water, 2001
-
- [12] K. Kitano, I. Sakata, R. Clark, „Effects of GTL Fuel Properties on DI Diesel Combustion“ SAE Technical Paper 2005-01-3763, 2005
-
- [13] (European Commission „Clean Power for Transport: A European alternative fuels strategy“ 2013
-
- [14] R.H. Clark, J.F. Unsworth, „The performance of Diesel Fuel manufactured by the Shell Middle Synthesis process“, 2nd International Colloquium, Esslingen, Deutschland, 1999
-
- [15] R.H. Clark, I.G. Virrels, C. Maillard, M. Schmidt, „The performance of Diesel fuel manufactured by Shell’s GTL technology in the latest technology vehicles“, 3rd International Colloquium, Esslingen, Deutschland, 2001
-
- [16] R.H. Clark, J.J.J. Louis, R.J. Stradling „Emissions measurements of Shell GTL Fuel in the context of future engines and future fuels“, 5th Int. Colloquium, Esslingen, Deutschland, 2005
-
- [17] R.H. Clark, I. Lampreia, R.J. Stradling, R.W.M. Wardle, „Emissions performance of Shell GTL Fuel in future world markets“, 6th International Colloquium, Esslingen, Deutschland, 2007
-
- [18] R.H. Clark, T. Stephenson, R.W.M. Wardle, „Emissions measurements of Shell GTL Fuel in the context of on-road trials and laboratory studies“, 7th Int. Colloquium, Esslingen, Deutschland, 2009
-

Europäische Normen für Dieselemissionen

Tabelle 11

Emissionsgrenzwerte für LKW- und Nutzfahrzeug-Dieselmotoren (stationäre Fahrzyklen)

Stufe	Jahr	Test-zyklus	CO	HC	NO _x	PM
			g/kWh			
Euro I	1992	R-49	4,5	1,1	8,0	0,36*
Euro II	1996	R-49	4,0	1,1	7,0	0,25**
Euro III	2000	ESC***	2,1	0,66	5,0	0,10
Euro IV	2005	ESC	1,5	0,46	3,5	0,02
Euro V	2008	ESC	1,5	0,46	2,0	0,02
Euro VI	2013	WHSC	1,5	0,13	0,4	0,01

* Motoren >85 kW (PM-Grenzwert für Motoren ≤ 85 kW: 0,612 g/kWh)

** Verlangt ab Euro III außerdem einen ELR-(European Load Response-)Rauchtest

*** Euro III und höher müssen außerdem den ELR-(European-Load-Response-)Rauchtest absolvieren

Tabelle 12

Emissionsgrenzwerte für LKW- und Nutzfahrzeug-Dieselmotoren (instationäre Fahrzyklen)

Stufe	Jahr	Test-zyklus	CO	*NMHC	NO _x	PM
			g/kWh			
Euro III	2000	ETC	5,45	0,78	5,0	0,16
Euro IV	2005	ETC	4,0	0,55	3,5	0,03
Euro V	2008	ETC	4,0	0,55	2,0	0,03
Euro VI	2013	WHTC	4,0	0,16**	0,46	0,01

* Non-Methane Hydrocarbons (alle Kohlenwasserstoffe mit Ausnahme von Methan) - auch CH₄-Grenzwerte für Erdgasfahrzeuge

** THC für Diesel

Appendix 1

Tabelle 13

Emissionsgrenzwerte für PKW und leichte Nutzfahrzeuge mit Dieselmotor

Stufe	Jahr	Test-zyklus	CO	g/km		
				HC+NO _x	NO _x	PM
Euro 1	1992	ECE+EUDC	2,72	0,97	-	0,14
Euro 2 (IDI)	1996	ECE+EUDC	1,0	0,70	-	0,08
Euro 2 (DI)*	1996	ECE+EUDC	1,0	0,90	-	0,10
Euro 3	2000	NEDC	0,64	0,56	0,50	0,05
Euro 4	2005	NEDC	0,50	0,30	0,25	0,025
Euro 5	2009	NEDC	0,50	0,23	0,18	0,005
Euro 6	2014	NEDC	0,50	0,17	0,08	0,005

*Bis 30.09.1999 (nach diesem Datum müssen DI-Motoren die IDI-Grenzwerte einhalten)

Die Tabellen basieren auf Quelle [7].

Emissionstests – ergänzende Informationen

Die Emissionstests wurden von Shell in Zusammenarbeit mit Partnern durchgeführt. [14] [15] [16] [17] [18]

A2.1 Schwere Nutzfahrzeuge

A2.1.1

Spezielle Emissionstests

Diesem Abschnitt sind alle Angaben über die getesteten Nutzfahrzeuge (Tabelle 14) und der entsprechende prozentuale Vorteil bei lokalen Emissionen durch den Einsatz von Shell GTL Fuel (Tabelle 15) zu entnehmen, wie in Kapitel 5 beschrieben.

Tabelle 14

Nutzfahrzeugtests – Übersicht über die getesteten Fahrzeuge

Ref.	Euro-Stufe	Hersteller	Modell	Motor	Nachbehandlung
A	Euro I	Mercedes-Benz	OM366	6 l	Keine
B	Euro II	Mercedes-Benz	OM366	6 l	Keine
C	Euro III	-	-	11 l	Keine
D	Euro III	-	-	6 l	Keine
E	Euro IV	Scania	DC12	10,6 l	AGR und DPF
F	Euro IV	MAN	D2066	10,5 l	Gemessen vor der Nachbehandlung ⁹
G	Euro V	Scania	DC12	11,7 l	SCR
H*	Euro V	Scania	R400	12,7 l	AGR (ohne DPF oder SCR)
I**	Euro V	Scania	R400	12,7 l	AGR (ohne DPF oder SCR)
J	Euro V	Mercedes-Benz	Actros 1846 LS	12,0 l	SCR
K	Euro V	Volvo	FH 480	12,8 l	SCR
L	Euro V	MAN	TGX 440	10,5 l	SCR
M	Euro V	Mercedes-Benz	Actros 1846 LS	12,0 l	SCR
N	Euro V	Volvo	FH 480	12,8 l	SCR
O	Euro V	MAN	TGX 440	10,5 l	SCR

* Tests außerhalb des Raumtemperaturbereichs durchgeführt (5 °C)

** Tests außerhalb des Raumtemperaturbereichs durchgeführt (40 °C)

Die Emissionstests wurden von Shell in Zusammenarbeit mit Partnern durchgeführt.

⁹ Zusätzliche Untersuchungen haben ergeben, dass die prozentualen Vorteile von Shell GTL Fuel beim selben Motor nach der Nachbehandlung mindestens ebenso groß sind (oder sogar größer) wie die Vorteile vor der Nachbehandlung. Es erschien daher zulässig, obwohl in Test B die Emissionen vor der Nachbehandlung gemessen wurden, die Prozentvorteile mit anderen Tests zu vergleichen, weil nach der Nachbehandlung gemessene Vorteile bei Messung nach der Nachbehandlung mindestens ebenso groß, wenn nicht größer, ausgefallen wären.

Appendix 2

Tabelle 15

Nutzfahrzeugtests - prozentuale Emissionsvorteile

Diese Tabelle zeigt prozentuale Vorteile für lokale Emissionen beim Einsatz von Shell GTL Fuel aus allen in Tabelle 3 aufgeführten Nutzfahrzeug-Emissionstests.

Ref.	Euro-Stufe	Test-zyklus	Schwefelgrenzwert des Referenzdiesels	% Emissionen im Verbrauch EN 590 Diesel			
				PM	NOx	HC	CO
A	Euro I	R49	<400 mg/kg	18	16	13	22
B	Euro II	R49	<400 mg/kg	18	15	23	5
C	Euro III	ESC	<400 mg/kg	34	5	ND	9
D	Euro III	ESC	<400 mg/kg	10	19	9	20
E	Euro IV	ESC	50 mg/kg	38	17	28	ND
F	Euro IV	ETC	10 mg/kg	31	5	10	9
G	Euro V	ESC	50 mg/kg	23	26	ND	ND
H*	Euro V	WHTC	10 mg/kg	32	10	23	8
I**	Euro V	WHTC	10 mg/kg	31	11	19	14
J	Euro V	ETC	10 mg/kg	22	13	ND	16
K	Euro V	ETC	10 mg/kg	33	11	ND	22
L	Euro V	ETC	10 mg/kg	26	5	ND	14
M	Euro V	ESC	10 mg/kg	26	32	ND	8
N	Euro V	ESC	10 mg/kg	25	37	ND	17
O	Euro V	ESC	10 mg/kg	25	18	ND	9

Nicht mit einem Konfidenzniveau von ≥ 95 % statistisch relevant

* Tests außerhalb des Raumtemperaturbereichs durchgeführt (5 °C)

** Tests außerhalb des Raumtemperaturbereichs durchgeführt (40 °C)

K. D. = keine Daten - absolute Emissionswerte so niedrig, dass versuchte Messungen aufgrund gegebener geringer Emissionen und schadstoffbelasteter Umgebungsluft im Störbereich lagen

A2.1.2 Emissionstests bei Feldversuchen

Diese Tabelle zeigt die prozentualen Emissionsvorteile in allen Nutzfahrzeug-Emissionstests, die im Rahmen von Feldversuchen durchgeführt wurden.

Tabelle 16

Nutzfahrzeugfeldversuche – Prozentuale Emissionsvorteile

Euro-Stufe	Name der Erprobung	Testzyklus	Schwefel-grenzwert des Referenzdiesels	Vorteile in % im Vergleich zu konventionellem Diesel				
				PM	NOx	HC	CO	CO2
Euro II	Shanghai ¹⁰	R-49	<350 mg/kg	35	15	-8	13	4
Euro II	Van Gansewinkel ¹¹	CARB Refuse Cycle	10 mg/kg	18	2	16	12	1
Euro III	Van Gansewinkel ¹¹	CARB Refuse Cycle	10 mg/kg	19	8	4	37	3
Euro III	*London Bus ¹²	London Millbrook bus cycle (MLTB)	<50 mg/kg	20 (15)	4 (0)	20 (28)	12 (0)	3 (2)
Euro III	Shanghai ¹⁰	ESC	<350 mg/kg	40	3	18	8	3
Euro III	Beijing ¹³	ESC	<350 mg/kg	33	5	19	20	ND
Euro III	Delft	Connexion ¹²	Dutch Urban Bus cycle <10 mg/kg	15	12	17	3	3
Euro III	*London TfL ¹²	London Millbrook bus cycle	<10 mg/kg	9 (16)	12	11	-9	4
Euro III	*London TfL ¹²	London Millbrook bus cycle	<10 mg/kg	22 (10)	13	3	11	4
US 2001 (Vergleichbar Euro III)	Yosemite Waters ¹⁴	NYCB/CSHVR cycle	2 mg/kg	33/23	8/13	69/58	10/-1	ND
US 2002 (Vergleichbar Euro III)	Ralph's Groceries ¹⁴	NYComp	2 mg/kg	18	6	ND	ND	ND
Euro V	*London TfL ¹¹	London Millbrook bus cycle	<10 mg/kg	-23 (23)	3	-13	-6.5	4
Euro V	Van Gansewinkel ¹¹	CARB Refuse Cycle	10 mg/kg	0	5	13	72	0

* (vor der Nachbehandlung)

Nicht mit einem Konfidenzniveau von ≥ 95 % statistisch relevant

Keine statistische Analyse

¹⁰ Tongji University, China/2007

¹³ Tsinghua University, China/2007

¹¹ TNO, Niederlande/2010

¹⁴ NREL, US/2002, 2004

¹² Millbrook, GB/2003, 2007, 2008

Appendix 2

A2.2 PKW und leichte Nutzfahrzeuge

A2.2.1

Spezielle Emissionstests

Diesem Abschnitt sind alle Angaben zu den in Kapitel 5 aufgeführten Emissionstests an PKW und leichten Nutzfahrzeugen zu entnehmen.

Tabelle 17

Tests an PKW und leichten Nutzfahrzeugen - Übersicht über die getesteten Fahrzeuge

Ref.	Euro Level	OEM	Modell	Motor	Nachbehandlung
A	Euro 1	Ford	Transit	2,5 l (IDI)	Keine
B	Euro 1	Ford	Orion	1,8 l (IDI)	Keine
C	Euro 1	Peugeot	605	2,1 l (IDI)	Keine
D	Euro 1	Renault	21	2,1 l (IDI)	Keine
E	Euro 2	Audi	80	1,9 l (DI)	Oxicat
F	Euro 2	Audi	100	2,5 l (DI)	Oxicat
G	Euro 2	Volkswagen	Golf	1,9 l (IDI)	Oxicat
H	Euro 2	Ford	Orion	1,8 l (IDI)	None
I	Euro 3	Mercedes-Benz	C220 CDI	2,2 l (DI)	Oxicat
J	Euro 3	Volkswagen	Bora Combi	1,9 l (DI)	Oxicat
K	Euro 3	Citroen	Xantia HDI	2,0 l (DI)	Oxicat
L	Euro 3	Ford	Focus	1,8 l (DI)	Oxicat
M	Euro 3	Citroen	Xantia HDI	1,9 l (DI)	Oxicat
N	Euro 4	Toyota	Avensis	2,0 l (DI)	Oxicat
O	Euro 4	Honda	Civic	2,2 l (DI)	Oxicat
P	Euro 4	Ford	Focus	1,8 l (DI)	Oxicat
Q	Euro 4	Peugeot	407	2,0 l (DI)	Oxicat + DPF

Angesichts des großen Bestands an Emissionsdaten für PKW- und Nutzfahrzeuge und der Konsistenz der prozentualen lokalen Emissionsvorteile werden sie als Mittelwert aller auf der betreffenden Euro-Stufe getesteten Fahrzeuge angegeben. Die Emissionstests wurden von Shell in Zusammenarbeit mit Partnern durchgeführt.

Tabelle 18

Feldversuche mit PKW und leichten Nutzfahrzeugen - Prozentuale Emissionsvorteile

Ref.	Euro-Stufe	Test-zyklus	Schwefel-grenzwert des Referenz-diesels	% Emissionen im Vergleich zu EN 590 Diesel			
				PM	NO _x	HC	CO
A, B, C, D	Euro 1	ECE+EUDC	400 mg/kg	42	10	45	40
E, F, G, H	Euro 2	ECE+EUDC	400 mg/kg	18	5	63	53
I, J, K, L, M	Euro 3	NEDC	400 mg/kg	41	5	62	75
N, O, P, Q	Euro 4	NEDC	10 mg/kg	14 to 20*	-6 to 2*	66 to 77*	73 to 83*

*Bereichsangaben ergeben sich aus dem Vergleich mit zwei verschiedenen Referenz-Dieselskraftstoffen (mit unterschiedlicher Dichte)

Appendix 2

A2.2.2

Emissionstests bei Feldversuchen

Diese Tabelle zeigt die prozentualen lokalen Emissionsvorteile aller Emissionstests an PKW und leichten Nutzfahrzeugen, die im Rahmen von Feldversuchen durchgeführt wurden.

Tabelle 19

Feldversuche mit PKW und leichten Nutzfahrzeugen – Prozentuale Emissionsvorteile

Euro-Stufe	Name der Erprobung	Testzyklus	Schwefel-grenzwert des Referenz-diesels	Vorteile in % im Vergleich zu Diesel				
				PM	NO _x	HC	CO	CO ₂
Euro 3	Berlin VW ¹⁵	ECE+EUDC	10 mg/kg	26	6	63	91	4
Euro 3	Shanghai Taxis ¹⁶	NEDC	350 mg/kg	42	6	68	57	2
Euro 4	London Toyota ¹⁷	ECE+EUDC	10 mg/kg	25	5	73	94	4
Euro 4	Michelin Bibendum Challenge ¹⁸ (A2)	ECE+EUDC	10 mg/kg	38	5	57	82	4
Euro 4	Michelin Bibendum Challenge ¹⁸ (A8)	ECE+EUDC	10 mg/kg	36	2	63	90	4

Nicht mit einem Konfidenzniveau von $\geq 95\%$ statistisch relevant
Keine statistische Analyse

¹⁵ Volkswagen/2003

¹⁶ Tongji University /2006

¹⁷ Toyota/2004

¹⁸ On-board Messungen/2004

Das Urheberrecht an diesem Dokument liegt bei Shell Global Solutions International, B.V. Den Haag, Niederlande. Alle Rechte vorbehalten. Ohne die vorherige schriftliche Genehmigung des Urheberrechtsinhabers darf das Dokument weder vollständig noch teilweise in irgendeiner Form (weder elektronisch, noch mechanisch, reprografisch oder durch Aufzeichnung usw.) reproduziert, gespeichert oder weitergegeben werden. Shell Global Solutions ist eine Handelsbezeichnung, die von einem Netzwerk von Technologieunternehmen der Shell Gruppe verwendet wird.
