



ANNEX I

Kompatibilitätsprüfung von Tank-Intank-Pumpen Komponenten mit MtG und MtG-haltigen Blends

im Rahmen der Fact Sheets
Normkonformität und Materialverträglichkeit
alternativer Kraftstoffe



Erstellt durch
 TEC4FUELS GmbH
 Kaiserstraße 100
 52134 Herzogenrath
 www.tec4fuels.com

TEC4FUELS-Project-No.: 19-028
 Autor*innen: Dr.-Ing. Klaus Lucka,
 Simon Eiden M.Sc., Hichame Ait El Malali M.Sc.

Beauftragt durch DECHEMA
 Gesellschaft für Chemische Technik
 und Biotechnologie e.V.



Begleitforschung Energiewende im Verkehr

Durchgeführt im Rahmen der Begleitforschung
 zur Förderinitiative »Energiewende im
 Verkehr« (BEniVer)

- › Arbeitspaket 3:
Kraftstoffnutzung
- › Unterarbeitspaket 3.4:
Normkonformität alternativer Kraftstoffe
(NormAKraft)
- › gefördert durch das Bundesministerium
für Wirtschaft und Klimaschutz
- › betreut durch Projektträger Jülich

FKZ: 03EIV241

Als Teil der Studie:
 DECHEMA e.V., Hrsg.:
 »Fact Sheets zur Normkonformität und
 Materialverträglichkeit alternativer Kraftstoffe«
 Frankfurt am Main, 2023

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Inhalt

1. Fazit	4
2. Beschreibung	5
3. Prozedur	6
4. Ergebnisse	8

1. Fazit

Der Verkehrssektor in Deutschland mit seinen unterschiedlichen Verkehrsträgern im Straßen-, Luft- und Schiffsverkehr wird aktuell mit über 94 % des Energieverbrauchs durch die Verbrennung von fossilen, mineralölbasierten Kraftstoffen dominiert. Innerhalb der von der Begleitforschung Energiewende im Verkehr (BEniVer) und Teilprojekt NormAKraft »Normkonformität alternativer Kraftstoffe« begleiteten Forschungsvorhaben, wurden u.a. Systemverträglichkeitsuntersuchungen zu synthetischem Benzin (Methanol-to-Gasoline, MtG) und MtG haltigen Blends durchgeführt.^{1,2,3,4} Dabei wurden in vereinzelt Untersuchungen Auffälligkeiten bzgl. der Materialverträglichkeit in Vorförderpumpen beobachtet, die innerhalb der Forschungsvorhaben nicht detaillierter aufgeschlüsselt bzw. untersucht werden konnten. Innerhalb des NormAKraft-Vorhabens wurden weitere Untersuchungen mit MtG-haltigen Kraftstoffen mittels HiL Prüfständen an der TEC4FUELS GmbH durchgeführt.

Versuch	System	Fuel	Kommentar
V1	Tank + Förderpumpe	MtG	Keine Auffälligkeiten
V2	Tank + Förderpumpe	EU5 Referenz	Keine Auffälligkeiten
V3	Tank + Förderpumpe	MtG E10	Keine Auffälligkeiten
V4	Tank + Förderpumpe	MtG E20	Ausfall Förderpumpe <i>Ursachenklärung offen</i>
V5	Tank + Förderpumpe	MtG	Keine Auffälligkeiten
V6	Tank + Förderpumpe	EU5 Referenz	Keine Auffälligkeiten
V7	Tank + Förderpumpe	MtG E10	Keine Auffälligkeiten
V8	Tank + Förderpumpe	MtG E20	Keine Auffälligkeiten

¹ Website der Initiative »Energiewende im Verkehr«, www.energiesystemforschung.de/foerdern/energiewende_im_verkehr (zuletzt aufgerufen am 8.12.2022)

² NAMOSYN: Nachhaltige Mobilität durch synthetische Kraftstoffe, www.namosyn.de (zuletzt aufgerufen am 8.12.2022)

³ NAMOSYN Abschlussbroschüre: www.dechema.de/namosyn_abschluss-path-123211

⁴ BEniVer: Roadmap der Begleitforschung Energiewende im Verkehr (Publikation in Arbeit), www.energiesystemforschung.de/beniver (zuletzt aufgerufen am 7.3.2023)

2. Beschreibung

Zur Bewertung der Materialverträglichkeit wurde ein Einzelkomponenten-Hardware-in-the-Loop Prüfstand eingesetzt. Dieser beinhaltet neben dem Fahrzeugtank eine Vorförderpumpe inkl. Schwalltopf aus der Serienentwicklung (Bestandsflotte). Die Steuereinheit, das Proportionalventil, der Massendurchflussmesser (MFM) und die übrige Sensorik sind keine Fahrzeugkomponenten. Das entsprechende Rohrleitungs- und Instrumentierungsdiagramm (Engl. Piping and Instrumentation Diagram, P&ID) ist in Abbildung 1 dargestellt.

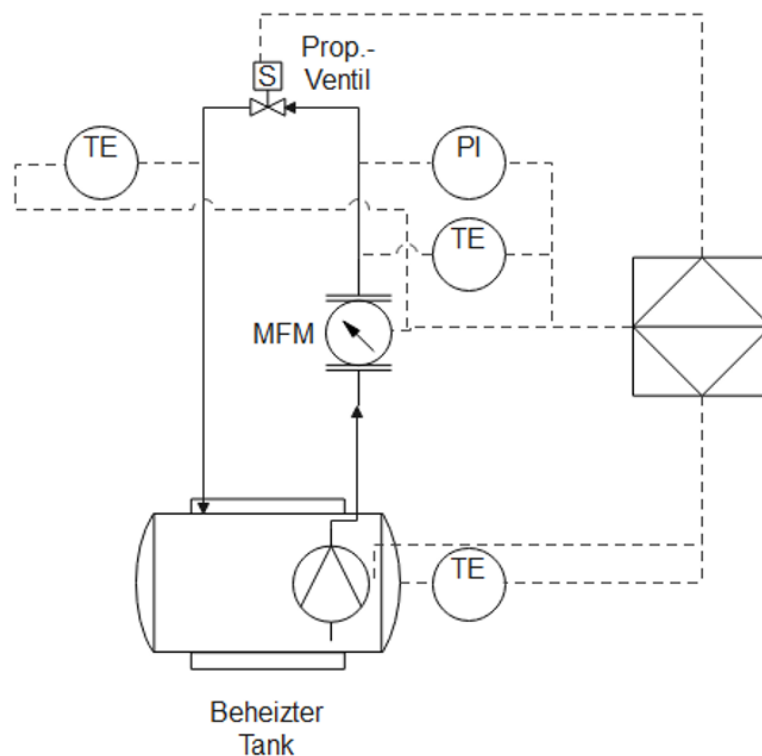
› Kraftstoffversorgungssystem

Das Kraftstoffversorgungssystem besteht aus den zu prüfenden Komponenten Tank und Förderpumpe. Die elektrische Pumpe im Tank fördert den zu prüfenden Kraftstoff über den MFM durch das Proportionalventil zurück in den Tank.

› Mess- und Kontrollsystem

Dieses System ist für die Messung, Aufzeichnung und Steuerung bestimmter Systemparameter zuständig. Zu den gemessenen physikalischen Größen gehören Temperatur, Druck und elektrische Kennwerte. Die Datenerfassung erfolgt über ein Siemens LOGO-Modul. Ein Temperatursignalwandler verarbeitet das Signal des Thermoelementes vom Typ N. Der Zyklus und die Parameter des Systems, können über die Steuereinheit eingestellt und überwacht werden

Abbildung 1
P&ID des eingesetzten Prüfstands



3. Prozedur

Der Tank ist mit 30 l Prüfkraftstoff gefüllt, der von einer Niederdruckpumpe im Tank in einem Kreislauf gepumpt wird. Nach jeweils 500 h wird der Kraftstoff ausgetauscht und der Tank neu befüllt. Die Parametrierung ist die folgende

Gesamte Testlaufzeit	1.500 h, davon
750 h	Raumtemperatur
500 h	40 °C
250 h	60 °C

Während der gesamten Prüfung wurde die Förderpumpe getaktet und ein Systemdruck als Gegendruck eingestellt. In folgender Tabelle sind die Verweilzeiten, der Druck sowie die Pumpenleistung als PWM Signal in % und die Stellung des Proportionalventils gelistet. Für die zweite Messreihe wurde der vorherrschende Systemdruck halbiert. Die übrigen Parameter wurden beibehalten.

Die Befundung der Förderpumpe erfolgte optisch bei der TEC4FUELS.

Zyklus Variante 1

Zeit in h	Zeit in min	Zeit in s	Druck in bar	Drehzahl als PWM Signal	Proportional-Ventil
0,00	0,17	10	6	100	255
0,01	0,33	20	5	75	270
0,01	0,50	30	5	100	335
0,01	0,82	49	3	50	375
0,02	0,90	54	3	0	0
0,02	1,02	61	6	100	255
0,02	1,08	65	4	100	390
0,02	1,32	79	4	75	340
0,03	1,50	90	4	100	390
0,03	1,70	102	4	75	340
0,03	1,75	105	3	50	375
0,03	1,83	110	3	0	0
0,03	1,88	113	6	100	255
0,03	1,98	119	3	50	375
0,04	2,15	129	4	75	340
0,04	2,42	145	4	100	390
0,04	2,62	157	4	75	340
0,04	2,67	160	3	50	375
0,05	2,75	165	3	0	0
0,05	2,88	173	6	100	255
0,05	3,20	192	4	100	390
0,06	3,33	200	3	50	375
0,06	3,58	215	4	75	340
0,06	3,67	220	4	0	0
0,07	3,92	235	4	100	390
0,07	4,17	250	3	50	375
0,07	4,35	261	5	100	335
0,07	4,45	267	5	75	270
0,08	4,50	270	4	75	340
0,08	4,58	275	4	0	0
0,08	4,75	285	6	100	255
0,08	4,78	287	4	100	390
0,08	4,98	299	4	75	340
0,09	5,17	310	4	100	390
0,09	5,42	325	3	50	375

4. Ergebnisse

Im folgenden Kapitel werden die Befundungen der Förderpumpe der einzelnen Prüffahrten in Abhängigkeit des untersuchten Kraftstoffs dargestellt.

MtG

Während der Prüfung des MtG Kraftstoffs im HiL Prüfstand wurden keine Auffälligkeiten beobachtet. Es traten keine Verfärbungen des Schwalltopfs oder des Wellschlauchs auf. Die Verkabelung wie auch die Kraftstoffleitungen wiesen keine Auswaschungen, Sprödheit oder Schädigungen auf. Ablagerungen wurden nicht beobachtet (siehe Abbildung 2).

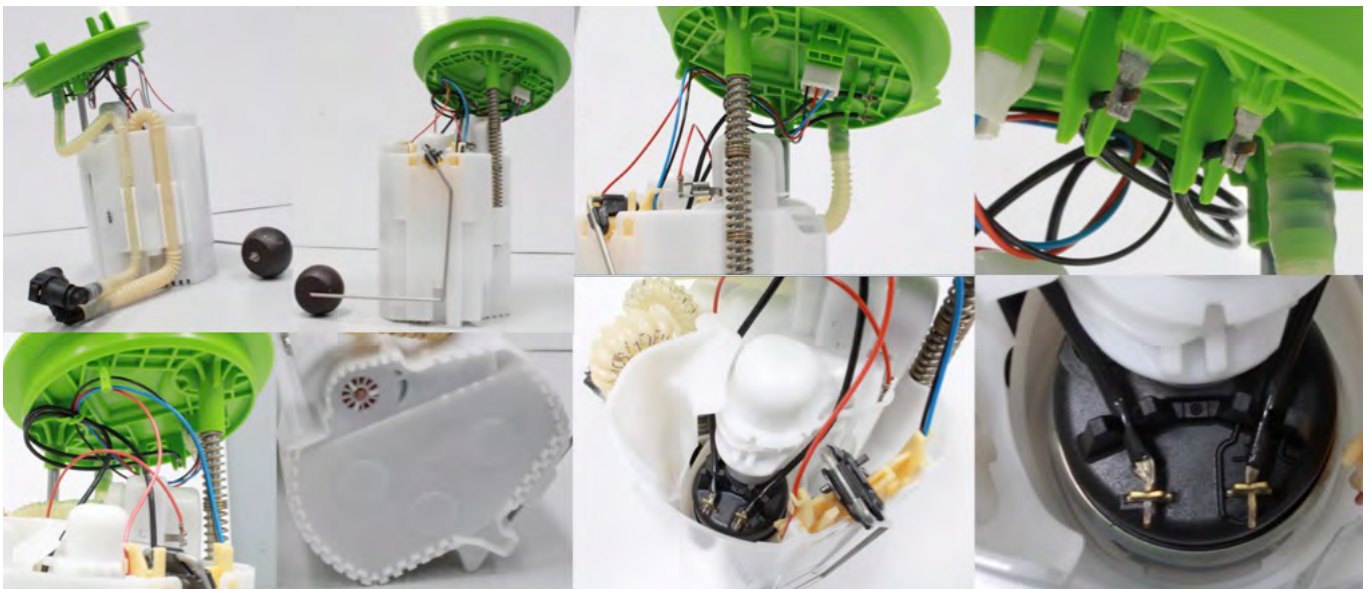


Abbildung 2
Visuelle Inspektion der Förderpumpe nach 1.500 h Betrieb mit MtG (Versuchslauf 1)
Förderpumpe 1016426

Jeweils nach 500 h Laufzeit wurde der Kraftstoff aus dem Tank beprobt und als Rückstellprobe eingelagert. Anschließend wurde der Tank entleert und mit frischem Kraftstoff befüllt. Die visuelle Begutachtung ist in Abbildung 3 gezeigt. Über die gesamte Laufzeit wurde keine Ablagerungsbildung oder Farbveränderung des Kraftstoffes beobachtet. Einzig die Kraftstoffprobe nach 1.500 h (500 h Betriebsstunden) zeigte eine leichte Trübung auf, wobei die Skala im Hintergrund der Flasche weiterhin zu erkennen ist.

0 h Laufzeit**595 h Laufzeit****1.011 h Laufzeit****1.500 h Laufzeit**

Abbildung 3
Visuelle Inspektion der
Kraftstoff-Rückstellproben
während des ersten
Versuchslaufs mit MtG

EU5 Referenzkraftstoff

Während der Prüfung des EU5 Referenz-Kraftstoffs im HiL Prüfstand wurden keine Auffälligkeiten beobachtet. Es traten keine Verfärbungen des Schwalltopfs und nur minimale Verfärbungen des Wellschlauchs auf. Die Verkabelung wie auch die Kraftstoffleitungen wiesen keine Auswaschungen, Sprödheit oder Schädigungen auf. Ablagerungen wurden nicht beobachtet (siehe Abbildung 4).

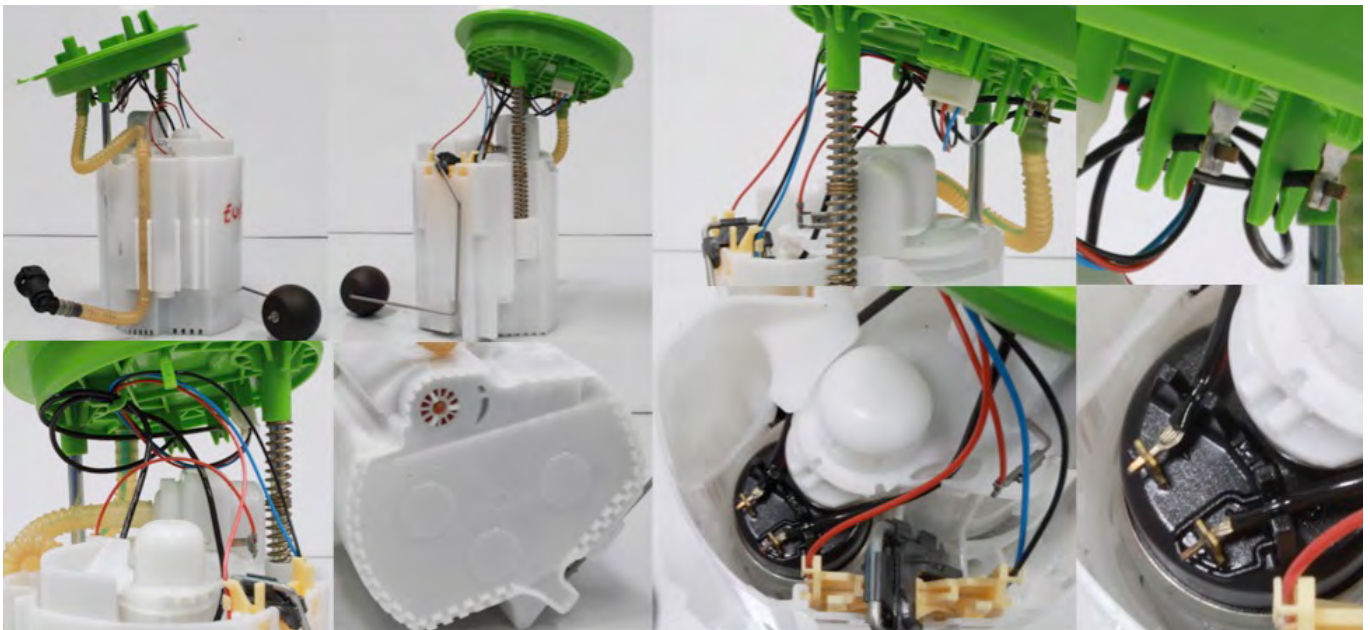


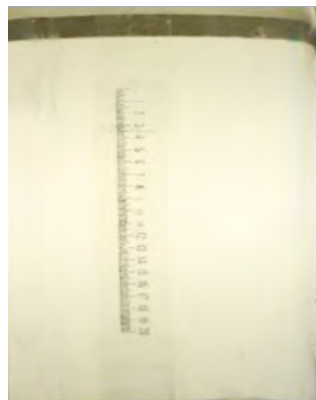
Abbildung 4
Visuelle Inspektion der
Förderpumpe nach 1.500 h
Betrieb mit EU5 Referenz-
kraftstoff (Versuchslauf 1)
Förderpumpe 1016468

Jeweils nach 500 h Laufzeit wurde der Kraftstoff aus dem Tank beprobt und als Rückstellprobe eingelagert. Anschließend wurde der Tank entleert und mit frischem Kraftstoff befüllt. Die visuelle Begutachtung ist in Abbildung 5 gezeigt. Über die gesamte Laufzeit wurde keine Ablagerungsbildung, Farbveränderung oder Trübung des Kraftstoffes beobachtet.

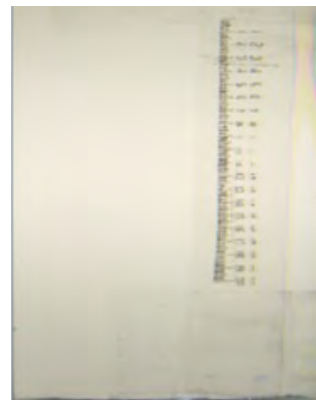
0 h Laufzeit



525 h Laufzeit



1.009 h Laufzeit



1.500 h Laufzeit

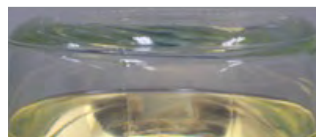


Abbildung 3
Visuelle Inspektion
der Kraftstoff-Rückstellproben
während des ersten Versuchslaufs
mit EU5 Referenzkraftstoff

MtG E10

Während der Prüfung des MtG E10 Kraftstoffs im HiL Prüfstand wurden keine Auffälligkeiten beobachtet. Es traten keine Verfärbungen des Schwalltopfs oder des Wellschlauchs auf. Die Verkabelung wie auch die Kraftstoffleitungen wiesen keine Auswaschungen, Sprödheit oder Schädigungen auf. Ablagerungen wurden nicht beobachtet (siehe Abbildung 6).

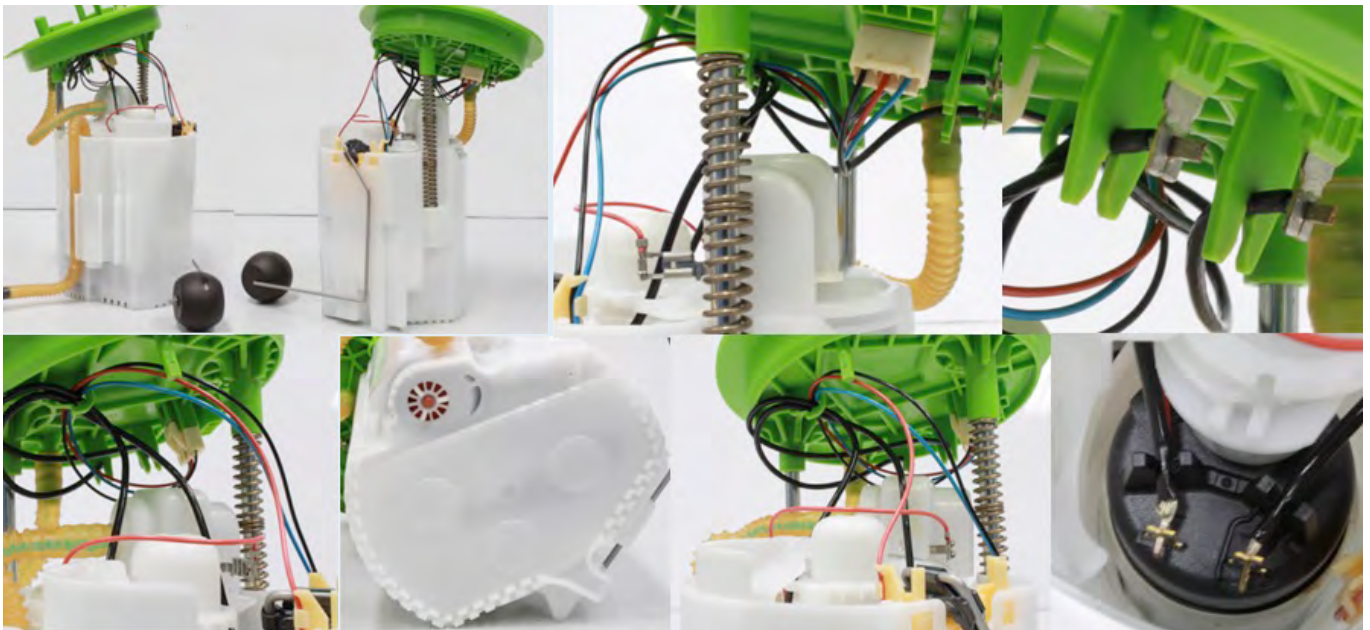


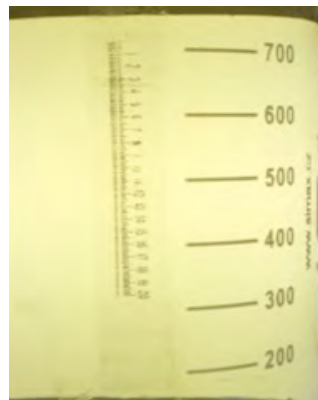
Abbildung 6
Visuelle Inspektion der
Förderpumpe nach 1.500 h
Betrieb mit MtG E10
(Versuchslauf 1)
Förderpumpe 1016425

Jeweils nach 500 h Laufzeit wurde der Kraftstoff aus dem Tank beprobt und als Rückstellprobe eingelagert. Anschließend wurde der Tank entleert und mit frischem Kraftstoff befüllt. Die visuelle Begutachtung ist in Abbildung 7 gezeigt. Über die gesamte Laufzeit wurde keine Ablagerungsbildung, Farbveränderung oder Trübung des Kraftstoffes beobachtet.

0 h Laufzeit



490 h Laufzeit



1.089 h Laufzeit



1.500 h Laufzeit

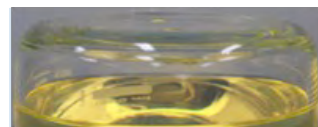


Abbildung 7
Visuelle Inspektion
der Kraftstoff-Rückstellproben
während des ersten Versuchslaufs
mit MtG E10

MtG E20

Während der Prüfung des MtG E20 Kraftstoffs im HiL Prüfstand konnte nach 147 h kein Kraftstoffdurchfluss festgestellt werden. Als Ursache kann ein Ausfall der Förderpumpe festgestellt werden. Weitere Untersuchungen zeigten keinen kraftstoffbedingten Ausfall, so dass die Prüfung mit einer neuen Förderpumpe wiederholt wurde.

Es traten keine Verfärbungen des Schwalltopfs oder des Wellschlauchs auf. Die Verkabelung wie auch die Kraftstoffleitungen wiesen keine Auswaschungen, Sprödheit oder Schädigungen auf. Ablagerungen wurden nicht beobachtet (siehe Abbildung 8).

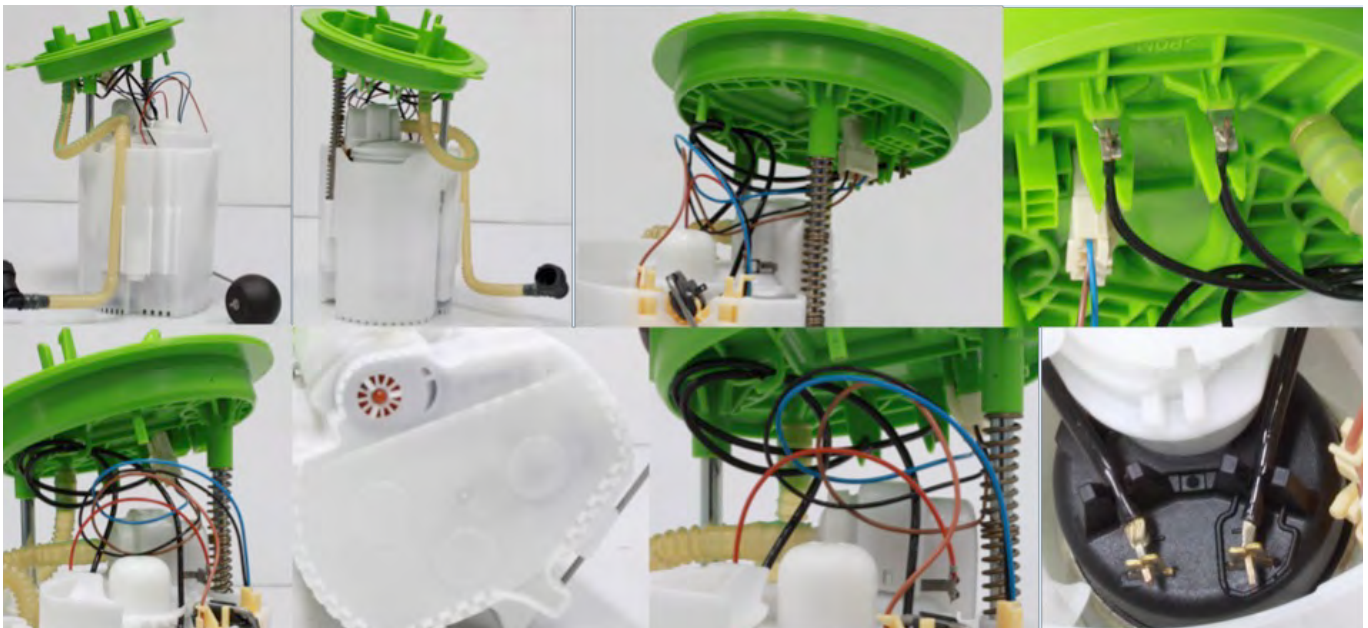
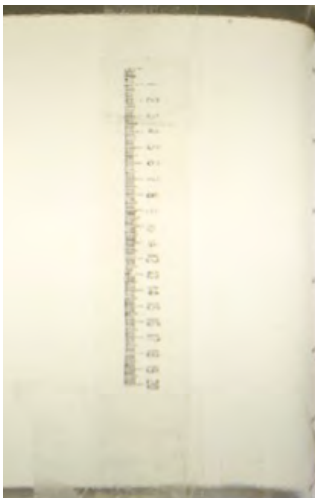


Abbildung 8
Visuelle Inspektion der
Förderpumpe nach 1.500 h
Betrieb mit MtG E20
Förderpumpe 1016348

Jeweils nach 500 h Laufzeit wurde der Kraftstoff aus dem Tank beprobt und als Rückstellprobe eingelagert. Anschließend wurde der Tank entleert und mit frischem Kraftstoff befüllt. Die visuelle Begutachtung ist in Abbildung 7 gezeigt. Über die gesamte Laufzeit wurde keine Ablagerungsbildung, Farbveränderung oder Trübung des Kraftstoffes beobachtet.

0 h Laufzeit



490 h Laufzeit



1.089 h Laufzeit



1.500 h Laufzeit



Abbildung 9

Visuelle Inspektion
der Kraftstoff-Rückstellproben
während des Versuchslaufs
mit MtG E20

IMPRESSUM

Herausgebende

Dr. Jens Artz

Dr. Philip Ruff

DECHEMA

Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V.

Theodor-Heuss-Allee 25

60486 Frankfurt am Main

Verantwortlicher im Sinne des Presserechts

Dr. Jens Artz

Gestaltung und Satz

Lindner & Steffen GmbH,

www.lindner-steffen.de

Bildnachweis

AdobeStock: QuietWord

Die Projektpartner danken dem Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) für die finanzielle Unterstützung des Vorhabens (FKZ 03EIV241).

Darüber hinaus gilt ein besonderer Dank der Mabanaft GmbH & Co.KG für die Finanzierung des Layouts dieser Veröffentlichung.

Betreut wurde das Projekt durch den Projektträger Jülich.

Erschienen im Juni 2023 in Frankfurt am Main

1. Auflage

KOORDINIERT VON



DECHEMA

Gesellschaft für Chemische Technik
und Biotechnologie e.V.