

D G M K

Forschungsbericht

550-04

Gasrückführung und
selbstüberwachende Systeme
an Tankstellen

- Durchführung von praktischen Feldtests /
Testphase im ganzheitlichen System -



Deutsche Wissenschaftliche Gesellschaft
für Erdöl, Erdgas und Kohle e.V.

Das diesem DGMK-Forschungsbericht zugrundeliegende Vorhaben wurde aus Mitteln der DGMK Deutsche Wissenschaftliche Gesellschaft für Erdöl, Erdgas und Kohle e.V. gefördert.

Die DGMK und die Bearbeiter haben das Vorhaben mit wissenschaftlicher Genauigkeit und Sorgfalt durchgeführt. Es wird keine Gewähr für die Anwendbarkeit der in diesem Bericht mitgeteilten Ergebnisse übernommen.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des auszugsweisen Nachdrucks, der Herstellung von Mikrofilmen und der fotomechanischen Wiedergabe, nur mit ausdrücklicher schriftlicher Genehmigung der DGMK.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without the prior written permission of
DGMK

Als Manuskript gedruckt.

ISSN 0937-9762
ISBN 3-936418-05-5

Preis: € 50,00
(DGMK-Mitglieder: 50 %)
zzgl. ges. MwSt.

Verbreitung und Verkauf nur durch:



Deutsche Wissenschaftliche Gesellschaft
für Erdöl, Erdgas und Kohle e.V.

Kapstadtring 2, 22297 Hamburg
Postfach 60 05 49, 22205 Hamburg
Telefon: (040) 63 90 04-31/33/32
Telefax: (040) 63 00 736
Bankverbindung:
Dresdner Bank AG, Hamburg, Konto 9 085 166 00
(BLZ 200 800 00)

Amtsgericht Hamburg 69 VR 6898



Deutsche Wissenschaftliche Gesellschaft
für Erdöl, Erdgas und Kohle e.V.

DGMK-Forschungsbericht 550-04

Gasrückführung und selbstüberwachende Systeme an Tankstellen - Durchführung von praktischen Feldtests / Testphase im ganzheitlichen System -

Kurzfassung:

Die Novelle der 21. BImSchV vom 17.05.2002 schreibt u. a. vor, dass die Funktionsfähigkeit des Gasrückführungssystems an Tankstellen durch eine automatische Überwachungseinrichtung fortlaufend überprüft werden muss.

Die im Markt befindlichen selbstüberwachenden Systeme der Firmen FAFNIR und TOKHEIM wurden in umfangreichen Feldtests erfolgreich erprobt. Beide Systeme sind serienreif.

Neue Zapfsäulen werden daher ab 01.04.2003 serienmäßig mit einem selbstüberwachenden System geliefert. Nachrüstbausätze für die verschiedenen Zapfsäulentypen stehen zur Verfügung bzw. werden in Abstimmung mit den Betreibern auf deren Erfordernisse hin entwickelt.

Berichtsumfang:	35 Seiten, 3 Tabellen, 15 Abbildungen, 6 Literaturhinweise
Laufzeit:	2002 – 2003
Autoren:	Dr. Bernd-Rüdiger Altmann, DGMK, Hamburg Dipl.-Ing. Stefan Kunter, FAFNIR GmbH, Hamburg Dr. Christian Maurer, FAFNIR GmbH, Hamburg Thomas Schneider, FAFNIR GmbH, Hamburg Dr. Wolfgang Schrittenlacher, FAFNIR GmbH, Hamburg Heinz Maahsen, Tokheim GmbH, München Ing. Maarten Arts, Tokheim, Bladel, Niederlande
Projektbegleitung:	M. Angelopoulos, ESSO Deutschland GmbH Dr. W. Beckermann, Deutsche BP AG U. Beyland, Dresser Europe GmbH RA J.-U. Brandis, UNITI e.V. K. Brandts, Scheidt & Bachmann GmbH A. Graf Bülow, BfT e.V. L. Hahn, OMV Deutschland GmbH J. Hämmerling, Deutsche BP AG P. Jagnow, Dresser Europe GmbH F.-J. Kersting, Gilbarco GmbH & Co KG T. Kirchhoff, TotalFinaElf Deutschland GmbH I. Kleine-Erfkamp, Esso Deutschland GmbH B. Krause, Umweltbundesamt T. Kuhlmann, Westfalen AG J. Lantzerath, BBS / GT e.V. G. Sasse, MWV e.V. P. Schnell, TotalFinaElf Deutschland GmbH R. Schulz, ConocoPhillips Germany GmbH T. Spietczack, Shell & DEA Oil GmbH P. Szalata, TÜV Süddeutschland GmbH K. Zacher, Agip Deutschland AG
Projektkoordination:	Dr. B.-R. Altmann
DGMK-Fachausschuss:	Lagerung, Transport und Verteilung
DGMK-Fachbereich:	Verarbeitung und Anwendung
Veröffentlichung:	Hamburg, April 2003



German Society for Petroleum and Coal
Science and Technology

DGMK-Research Report 550-04

Gas recovery and self-testing system in gasoline stations - Execution of practical field tests / phase of tests in the wholistic system -

Abstract:

The amendment of the 21st Regulation on Air-Pollution Control dated 17.05.2002 describes continuous control of the function of gas recovery systems in gasoline stations by automatic control systems.

Both systems available in the market (supplied by FAFNIR and TOKHEIM) were tested in extensive field tests. Both systems are ready for mass production.

New dispensers are delivered with self control systems per production-type since 1.04.2003. Supplementary kits for the different dispenser types are available.

Length of report:	35 pages, 3 tables, 15 figures, 6 references
Duration:	2002 – 2003
Authors:	Dr. Bernd-Rüdiger Altmann, DGMK, Hamburg Dipl.-Ing. Stefan Kunter, FAFNIR GmbH, Hamburg Dr. Christian Maurer, FAFNIR GmbH, Hamburg Thomas Schneider, FAFNIR GmbH, Hamburg Dr. Wolfgang Schrittenlacher, FAFNIR GmbH, Hamburg Dipl.-Ing. Heinz Maahsen, Tokheim GmbH, München Ing. Maarten Arts, Tokheim, Bladel, Niederlande
Projectadvisors:	M. Angelopoulos, ESSO Deutschland GmbH Dr. W. Beckermann, Deutsche BP AG U. Beyland, Dresser Europe GmbH RA J.-U. Brandis, UNITI e.V. K. Brandts, Scheidt & Bachmann GmbH A. Graf Bülow, BfT e.V. L. Hahn, OMV Deutschland GmbH J. Hämmerling, Deutsche BP AG P. Jagnow, Dresser Europe GmbH F.-J. Kersting, Gilbarco GmbH & Co KG T. Kirchhoff, TotalFinaElf Deutschland GmbH I. Kleine-Erfkamp, Esso Deutschland GmbH B. Krause, Umweltbundesamt T. Kuhlmann, Westfalen AG J. Lantzerath, BBS / GT e.V. G. Sasse, MWV e.V. P. Schnell, TotalFinaElf Deutschland GmbH R. Schulz, ConocoPhillips Germany GmbH T. Spietzack, Shell & DEA Oil GmbH P. Szalata, TÜV Süd Deutschland GmbH K. Zacher, Agip Deutschland AG
Project Coordination:	Dr. B.-R. Altmann
DGMK Committee:	Storage, Transportation and Distribution
DGMK Division:	Refining and Product Application
Published:	Hamburg, April 2003

Inhalt

0	Zusammenfassung	1
1	Einleitung / Anlass	5
2	Grundlagen	7
2.1	Zapfsäulen	7
2.2	Gasrückführungssysteme	7
2.3	Selbstüberwachende Systeme	8
3	Projekt- / Feldtestdurchführung	11
4	Teilbericht Monitoringsystem FAFNIR	13
4.1	Zusammenfassung	13
4.2	Einführung	13
4.3	Beschreibung der automatischen Überwachungseinrichtung VAPORIX	14
4.4	Umfang der Tests und Typen der Gasrückführungssysteme	16
4.5	Ergebnisse des Feldtests	17
5	Teilbericht Tokheim ECVR-SCS: selbstkalibrierendes und selbstüberwachendes Gasrückführungssystem	27
5.1	Einführung	27
5.2	Beschreibung des Messprinzips	27
5.3	Beschreibung des überwachten Gasrückführungssystems	29
5.4	Testinstallationen im Rahmen des DGMK-Feldtestes	30
5.5	Getestete Systemvarianten	31
5.6	Ergebnisse des Feldtests	32
5.7	Schlussfolgerung	32
6	Ausblick	33
7	Literatur	35

0 Zusammenfassung

Die Novelle der 21. BImSchV vom 17.05.2002 schreibt u. a. vor, dass die Funktionsfähigkeit des Gasrückführungssystems an Tankstellen durch eine automatische Überwachungseinrichtung fortlaufend überprüft werden muss, die u. a. folgende Anforderungen enthält:

- Störungen sowohl der Funktionsfähigkeit des Gasrückführungssystems, als auch der Eigenfunktionsfähigkeit der Überwachungseinrichtung automatisch festzustellen und die festgestellten Störungen dem Tankstellenpersonal zu signalisieren,
- Bei Störungen der Funktionsfähigkeit des Gasrückführungssystems oder der Überwachungseinrichtung, die dem Tankstellenpersonal länger als 72 Stunden signalisiert werden, den Kraftstofffluss automatisch zu unterbrechen,

Weiterhin wurde festgelegt, dass die Abweichung der Rückführraten den Bereich von 85 % bis 115 % nicht unter- bzw. überschreiten darf. Liegt die Gasrückführungsrate bei 10 bewertbaren Tankvorgängen in Folge außerhalb des zulässigen Bereiches, so liegt eine Störung vor und ein Alarm wird ausgelöst.

In der Bewertung sind nur solche Betankungsvorgänge einzubeziehen, deren Dauer 20 s oder mehr beträgt und bei denen der Kraftstoffvolumenstrom 25 l/min oder mehr erreicht.

Tankstellen, die ab dem 01.04.2003 modernisiert werden oder neu erbaut in Betrieb gehen, müssen mit einer automatischen Überwachungseinrichtung für die Gasrückführung – Stage II – ausgerichtet sein. Bestehende Tankstellen müssen mit der automatischen Überwachungseinrichtung nachgerüstet werden. Es gelten – gestaffelt nach der Höhe des Ottokraftstoffabsatzes – Übergangsfristen bis zum 31.12.2007.

Als Anforderungen an ein automatisches Überwachungssystem gelten folgende Bedingungen

- Einsetzbarkeit für alle gängigen Gasrückführungssysteme
- Nachrüstbarkeit an bestehenden Systemen
- Ausreichende Systemgenauigkeit auch bei wechselnden Gaskonzentrationen
- Robustheit auch bei gelegentlicher Kondensatrückführung
- Einfache Installation
- Kostengünstig

Ab dem Jahre 2000 wurden selbstüberwachende Systeme von verschiedenen Herstellern entwickelt, die in mehreren Projektsitzungen der DGMK vorgestellt wurden. Aus einer Reihe von 8 bis 10 Anbietern kristallisierten sich letztendlich 2 Hersteller heraus, deren Systeme in umfangreichen Feldtests getestet wurden:

A) Monitoringsystem FAFNIR (ohne Selbstkalibrierung)
- Feldtest in kontinuierlicher Aufzeichnung -

Das Monitoringsystem TYP VAPORIX der Firma FAFNIR ist ein thermisches Durchflusssystem, das den Durchfluss medienunabhängig bestimmt. Ab August 2002 wurden 8 Tankstellen komplett mit dieser automatischen Überwachungseinrichtung ausgestattet. Der Einbau war jeweils problemlos möglich. Es wurden etwa 160.000 gültige Tankvorgänge durch die automatische Überwachungseinrichtung erfasst und bewertet.

An 7 der 8 im Feldtest befindlichen Tankstellen wurde zusätzlich im Stationsgebäude das Zentralgerät VAPORIX-Master installiert, das dem Tankstellenpersonal den Zustand der Gasrückführung signalisiert. Dieses Gerät wurde über vorhandene Kabel mit dem in den Zapfsäulen eingebauten Messauswertungen VAPORIX-Control verbunden.

Nach dem Einbau zeigten 30 von 56 Gasrückführungssystemen eine einwandfreie Funktion. Bei den 26 mangelbehafteten Gasrückführungssystemen waren Trockenabgleich und Reparaturmaßnahmen erforderlich.

Im Verlauf des Feldtests wurden weitere Fehlfunktionen und Ausfälle von Gasrückführungssystemen durch die automatische Überwachungseinrichtung erkannt.

Der Feldtest zeigte, dass das VAPORIX-System die Anforderungen der novellierten 21. BImSchV erfüllt. Es wurde gemäß Merkblatt 1 [5] vom TÜV Süddeutschland unter der Zertifikatsnummer Ü-12.1 zertifiziert.

B) Monitoringsystem TOKHEIM (zum Teil mit Selbstkalibrierung)
- Feldtest in diskontinuierlicher Störungsaufzeichnung -

Das Messprinzip der Firma TOKHEIM besteht aus einem Gasdurchflusssensor, der das System ECVR-SCS steuert und überwacht. Das Messprinzip ist

- unabhängig von der Gaszusammensetzung
- es liegen keine bewegten Teile vor, daher kein Verschleiß
- die Strömungsgeschwindigkeit ist so hoch, dass keine Verschmutzungseffekte entstehen
- Beaufschlagung mit Flüssigkeit stört zwar die aktuelle Messung, nach der Selbstreinigung steht der Messwertempfänger aber mit seinen ursprünglichen Genauigkeitswerten wieder zur Verfügung.

Das System ECVR-SCS gleicht einem konventionellen Gasrückführungssystem mit steuerbarem Magnetventil und mit fester Drehzahl laufender Pumpe. In den Gaszweig ist der Gasdurchflusssensor VFM II eingebaut und an die Steuerlektronik VRC 3 angeschlossen.

Neben den Laborinstallationen und verschiedenen Installationen in Frankreich und der Schweiz wurden im Rahmen des DGMK-Feldtestes 20 Zapfsäulen mit dem Tokheim ECVR-SCS ausgerüstet. Die Installationen begannen bereits im Frühjahr 2000. Weitere Installationen wurden ab Mitte 2002 durchgeführt.

In regelmäßigen Abständen wurden die Messergebnisse an den Feldtesttankstellen erfasst und ausgewertet.

Bei keiner der Feldinstallationen haben sich Probleme hinsichtlich der Genauigkeit der Überwachungseinrichtung gezeigt.

Einige wenige Defekte an Komponenten (1x Gaspumpe, 1x Gasmesser) wurden bei der Umrüstung erkannt und die Komponenten konnten sofort ersetzt werden. Bei der regelmäßigen Messwerterfassung wurde in einem Fall eine defekte Gaspumpe vorgefunden.

Die Auswertung der Messergebnisse für TOKHEIM-Gasrückführungssysteme ergab, dass die gemessenen Rückföhraten bei den Zapfsäulen mit Selbstkalibrierung nah an der angestrebten Rückföhrate von 100 % lagen.

Der Feldtest zeigte, dass das TOKHEIM ECVR-SCS-System die Anforderungen der novellierten 21. BImSchV erfüllt. Es wurde gemäß Merkblatt 1 [5] vom TÜV Süddeutschland unter der Zertifikatsnummer Ü-12.2 zertifiziert.

Die Ergebnisse der Feldtests zeigen, dass beide automatischen Überwachungssysteme serienreif sind. Neue Zapfsäulen werden daher ab dem 01.04.2003 serienmäßig mit einem selbstüberwachenden System geliefert.

Nachrüstbausätze für die verschiedenen Zapfsäulentypen stehen zur Verfügung bzw. werden in Abstimmung mit den Betreibern auf deren Erfordernisse hin, entwickelt.

In Erkenntnis der durch die im Feldtest nachgewiesene Funktion der Überwachungseinrichtungen bedürfen Systemkonfigurationen der ersten Generation, mit bekanntermaßen physikalisch mangelbehafteten Komponenten, vor Umbau einer sorgsamten Überprüfung bezüglich der künftigen Möglichkeiten zur Einhaltung des Schutzzieles.

Die Kosten für eine Nachrüstung bestehender Anlagen setzen sich zusammen aus den Kosten des Überwachungssystems und den Installationskosten. Die Kosten für die Überwachungssysteme mit einfacher Signalisation an der Zapfsäule betragen z. B. je nach Ausstattung ca. 1.000 bis 1.500 EUR pro Zapfsäule. Für die Montage und den Anschluss, ohne Installationen für betreiberspezifische Systemauswertung, sind mindestens Kosten in der Größenordnung wie das Überwachungssystem zu erwarten.

1 Einleitung / Anlass

Anfang der 90er Jahre gab es eine umfangreiche Diskussion, als es um die Einführung des Kohlekanisters auf der PKW-Seite oder der Gasrückführung an der Tankstelle ging. Letztendlich hatte sich die Bundesregierung für die Gasrückführung entschieden. Am 01.01.1993 ist die 21. BImSchV (Stage II) in Kraft getreten. [1]

Nach dieser 21. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes gilt gemäß § 3 Abs. 1: "Tankstellen sind so zu errichten und zu betreiben, dass die beim Betanken von Fahrzeugen mit Ottokraftstoff aus den Fahrzeugtanks austretenden Kraftstoffdämpfe nach dem Stand der Technik mittels eines Gasrückführungssystems erfasst und dem Lagertank zugeführt werden".

Ab 1998 haben die Vollzugsbehörden einzelner Bundesländer wie Baden-Württemberg, Nordrhein-Westfalen, Bayern, Niedersachsen, Sachsen und auch Hamburg zum Teil umfangreiche Untersuchungen zur Funktionsfähigkeit der Gasrückführungssysteme durchgeführt. Die dabei festgestellten Ergebnisse (Totalausfälle bis zu 30 %) führten letztendlich zur Novellierung der 21. BImSchV. [2]

Die Novelle der 21. BImSchV vom 17.05.2002 (Saugrüssel-VO) schreibt u. a. vor, „dass die Funktionsfähigkeit des Gasrückführungssystems an Tankstellen durch eine automatische Überwachungseinrichtung fortlaufend überprüft werden muss, die mindestens folgende Anforderungen enthält:

1. Störungen der Funktionsfähigkeit des Gasrückführungssystems automatisch festzustellen und die festgestellten Störungen dem Tankstellenpersonal zu signalisieren,
2. Bei Störungen der Funktionsfähigkeit des Gasrückführungssystems, die dem Tankstellenpersonal länger als 72 Stunden signalisiert werden, den Kraftstofffluss automatisch zu unterbrechen,
3. Störungen der Eigenfunktionsfähigkeit automatisch festzustellen und dem Tankstellenpersonal zu signalisieren,
4. bei Störungen der Eigenfunktionsfähigkeit, die dem Tankstellenpersonal länger als in dem unter Pkt. 2 genannten Zeitraum signalisiert werden, den Kraftstofffluss automatisch zu unterbrechen.

Eine Störung der Funktionsfähigkeit des Gasrückführungssystems liegt vor, wenn die fortlaufende Bewertung der Betankungsvorgänge durch die automatische Überwachungseinrichtung ergibt, dass das Volumenverhältnis zwischen dem rückgeführten Kraftstoffdampf/Luft-Gemisch und dem getankten Kraftstoff, gemittelt über die Dauer des Betankungsvorgangs, bei zehn Betankungsvorgängen in Folge jeweils entweder 85 v. H. unterschreitet oder 115 v. H. überschreitet.

In der Bewertung sind nur solche Betankungsvorgänge einzubeziehen, deren Dauer 20 s oder mehr beträgt und bei denen der Kraftstoffvolumenstrom 25 l/min oder mehr erreicht.“ (Zitatende)

- Neue Tankstellen sind ab 01.04.2003 mit dem selbstüberwachenden System auszurüsten.
- Bestehende Tankstellen, die vor dem 01.04.2003 errichtet worden sind, bedürfen der Nachrüstung mit dem selbstüberwachenden System, die
 1. mehr als 5.000 m³ Ottokraftstoffe je Jahr abgeben, ab dem 01.01.2005
 2. 2.500 m³ bis 5.000 m³ Ottokraftstoffe je Jahr abgeben und
 - a) in einem Untersuchungsgebiet nach § 44 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes liegen, ab dem 01.01.2005,
 - b) nicht in einem Untersuchungsgebiet nach § 44 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes liegen, ab dem 01.01.2006,
 3. 1.000 m³ bis weniger als 2.500 m³ Ottokraftstoffe je Jahr abgeben, ab dem 01.01.2007,
 4. weniger als 1.000 m³ Ottokraftstoffe je Jahr abgeben, ab dem 01.01.2008.

2 Grundlagen

2.1 Zapfsäulen

Im Wesentlichen gibt es zwei Arten von Zapfsäulen:

Mehrproduktsäulen (MPD/Multi Product Dispenser)

Diese Zapfsäulenart wird seit 1990 in der Regel eingesetzt. Üblicherweise hat eine MPD-Säule zwei Zapfpunkte (Tankplätze). Das bedeutet, es können an der Säule gleichzeitig zwei Betankungsvorgänge ablaufen. An jedem Zapfpunkt sind 2 oder 3 Zapfventile für die unterschiedlichen Ottokraftstoffe (Normal, Super, Super Plus) vorhanden. Die Gasrückführung aller Zapfschläuche für Ottokraftstoffe eines Zapfpunktes wird in der Regel mit einer Rückförhpumpe vorgenommen.

Ein-/Zweischlauchzapfsäulen

Bei kleineren Tankstellen werden hin und wieder auch noch Ein-/Zweischlauchzapfsäulen installiert. Es steht dann nur ein Zapfschlauch je Tankplatz zur Verfügung.

2.2 Gasrückführungssysteme

Bei den in Deutschland eingesetzten aktiven Gasrückführungssystemen wird am Gassauger des Zapfventils das aus dem Fahrzeugtank verdrängte Dampf-/Luftgemisch am Tankeinfüllstutzen abgesaugt.

Um Kraftstoffdampf-/Luftgemische proportional zum Flüssigkeitsstrom des Betankungsvorganges zurückzusaugen, ist zapfsäulenseitig ein erheblicher steuerungstechnischer Aufwand notwendig.

Auf Volumenstromschwankungen im Kraftstofffluss müssen die Systeme unmittelbar reagieren. Derartige Schwankungen gibt es z. B. immer bei Beginn und Ende von Betankungsvorgängen sowie bei Zu- bzw. Abschalten des gegenüberliegenden Zapfpunktes.

Alle aktiven elektronisch gesteuerten Gasrückführungssysteme werden anhand der vom Impulsgeber am Kolbenmesser für die Kraftstoffmessung abgegebenen Impulse gesteuert.

Die vom geeichten Impulsgeber am Kolbenmesser erzeugten Impulse werden über Impulsleitungen in den Zapfsäulenrechner geleitet, dort wird anhand der Impulse die abgegebene Kraftstoffmenge ermittelt. Die Impulsgeber und der Zapfsäulenrechner gehören zu den geeichten Komponenten. Der Abgriff der Impulse für die Steuerung der Gasrückführung ist nur über einen Optokopler im Zapfsäulenrechner möglich. Vom Optokopler im Zapfsäulenrechner werden die Impulse an die Gasrückführungssteuerung geleitet. Die Steuerung der Gasrückführung muss auf die Impulswertigkeit (Anzahl Impulse / Liter gefördertem Kraftstoff) der vorhandenen Impulsgeber abgestimmt sein, damit in der Gasrückführungssteuerung der Gasfluss proportional zum Kraftstofffluss geregelt wird.

Alle Zapfschläuche für Ottokraftstoffe eines Zapfpunktes sind an ein gemeinsames Gasrückführungssystem angeschlossen. Beim Betanken wird im gesamten Rohrleitungssystem zwischen dem benutzten Zapfventil und der Gasrückführungspumpe ein Unterdruck erzeugt. Es darf nur an dem Gassauger des vom Tankkunden verwendeten Zapfventils abgesaugt werden. Die Rückführung an den anderen, nicht verwendeten Zapfventilen eines Zapfpunktes müssen hierbei je nach Systemkonfiguration durch ein mechanisches Auf-Zu-Ventil oder durch ein Proportionalventil pro Zapfschlauch verschlossen sein. Wäre dies nicht der Fall, wäre eine dem Kraftstofffluss proportionale Gasrückführungsrate nicht erzielbar, d. h. die Absaugleistung am Tankeinfüllstutzen wäre reduziert.

Die Steuerung des Gasvolumenstromes erfolgt je nach Systemkonfiguration mittels drehzahl geregelter Gasrückführungspumpe in Verbindung mit je einem Auf-Zu-Ventil pro Zapfventil, oder mittels einer Gasrückführungspumpe mit konstanter Drehzahl unter Einsatz eines Proportionalventils pro Zapfschlauch oder pro Zapfpunkt.

2.3 Selbstüberwachende Systeme

Die selbstüberwachenden Systeme liefern Informationen über die Funktionszustand der Gasrückführungssysteme.

Es gelten dabei folgende Anforderungen:

- Einsetzbarkeit für alle gängigen Gasrückführungssysteme
- Nachrüstbarkeit an bestehenden Systemen
- Ausreichende Systemgenauigkeit auch bei wechselnden Gaskonzentrationen
- Robustheit auch bei gelegentlicher Kondensatrückführung
- Einfache Installation
- Kostengünstig

Bei den selbstüberwachenden Systemen kann man grundsätzlich von drei Varianten ausgehen:

Variante I

- Messen, Bewerten, Signalisieren und Abschalten in der Zapfsäule -

Autonomes System, d. h. alle Funktionen des Monitoringsystems erfolgen in der Zapfsäule. Die Statussignalisierung ist in dem Display der Zapfsäule nach außen sichtbar zu zeigen, und zwar für jede Seite separat (z. B. durch LEDs oder durch entsprechende Statusanzeige im Display des Säulenrechners).

- Die Signalisierung unterscheidet mindestens die Fälle:
 1. Alles OK
 2. Störung wurde ausgelöst (Fehler in der GRF und Selbsttestfehler braucht nicht unterschieden zu werden)
 3. Zapfpunkt wurde abgeschaltet

- Eine Unterbrechung des Kraftstoffflusses erfolgt durch Hardware direkt in der Zapfsäule durch Eingriff der Monitoringelektronik an einer vom Zapfsäulenhersteller zugelassenen Stelle, z. B. an den Zapfventilschaltern oder am Motorschalter der Kraftstoffpumpe.

Variante II

- Messen, Bewerten und Abschalten in der Zapfsäule, Signalisieren und Auswerten an einem Zentralgerät in der Kassenzone -

Die Monitoringelektroniken aller Zapfsäulen sind über eine Schnittstelle und Impulskabel mit einem Zentralgerät verbunden, welches sich im Stationsgebäude befindet. Dieses Zentralgerät verfügt über ein Display, auf dem der Status der Gasrückführung und der Status der Monitoringsysteme aller Zapfpunkte dargestellt wird.

Die Signalisierung unterscheidet mindestens die Fälle:

- Alles OK
- Störung wegen Fehler in der GRF, Datum und Uhrzeit der Auslösung
- Selbsttestfehlerstörung, Datum und Uhrzeit der Auslösung
- Zapfpunkt wurde abgeschaltet, Datum und Uhrzeit der Abschaltung

Die Abschaltung erfolgt durch Hardware direkt in der Zapfsäule durch Eingriff der Monitoringelektronik an einer vom Zapfsäulenhersteller zugelassenen Stelle, z. B. an den Zapfventilschaltern oder am Motorschalter der Kraftstoffpumpe.

Variante III

- Messen und Bewerten in der Zapfsäule, Auswerten und Abschalten in der Tankstellensteuerung oder im Tankstellen-Management-System -

Die Monitoringelektroniken aller Zapfsäulen sind über eine Schnittstelle und Impulskabel zur Tankstellensteuerung verbunden, welche die Störung gemäß Vorgaben *Variante II* anzeigt, die gestörte Zapfsäule abschaltet und je nach Programm auch eine Auswertung und externe Störungsweiterleitung veranlasst.

Von allen Varianten werden sich in der Zukunft eine Reihe von hersteller- oder betreiberspezifischen Ausführungen entwickeln.

3 Projekt- / Feldtestdurchführung

Ab 2000 wurden selbstüberwachende Systeme von verschiedenen Herstellern entwickelt. In mehreren Arbeitssitzungen der DGMK wurden diese Systeme vorgestellt.

Aus einer Reihe von ursprünglich 8 - 10 Anbietern kristallisierten sich letztendlich 2 Hersteller heraus, die ihre Prototypen in der Praxis erfolgreich testen konnten. Die Ergebnisse wurden 2001 auf einem Kolloquium in Hamburg vorgestellt, siehe auch DGMK-Forschungsbericht 550-02 [3] und DGMK-Tagungsbericht 2001-3 [4].

Nach dieser Phase erfolgte nun die Durchführung von praktischen Feldtests im ganzheitlichen System (Gasrückführung und selbstüberwachendes System) an Tankstellen.

Dazu wurde der Projektbegleitung auf den Projektsitzungen der neueste Stand der Entwicklungen vorgestellt. Unterlagen u. a. von Ingenieurbüros, auch in Form von Projektskizzen, wurden verteilt und diskutiert.

An den Feldtests im ganzheitlichen System haben die im folgenden beschriebenen Systeme der Firmen FAFNIR und TOKHEIM teilgenommen.

4 Teilbericht Monitoringsystem FAFNIR

Autoren:

Dr. rer. nat. Wolfgang Schrittenlacher
Dipl. Ing. Stefan Kunter
Dr. phil. nat. Christian Maurer
Thomas Schneider

4.1 Zusammenfassung

Im Rahmen des vorliegenden Feldtests wurden ab August 2002 acht Tankstellen komplett mit der automatischen Überwachungseinrichtung VAPORIX ausgestattet. Der Einbau war jeweils problemlos möglich.

Es wurden seit Beginn des Tests etwa 160.000 gültige Tankvorgänge durch die automatischen Überwachungseinrichtungen erfasst und bewertet.

An sieben der acht im Feldtest befindlichen Tankstellen wurde zusätzlich im Stationsgebäude das Zentralgerät VAPORIX-Master installiert, das dem Tankstellenpersonal den Zustand der Gasrückführung signalisiert. Dieses Gerät wurde über vorhandene Kabel mit dem in den Zapfsäulen eingebauten Messauswertungen VAPORIX-Control verbunden.

Nach dem Einbau zeigten 30 von 56 Gasrückführungssystemen eine einwandfreie Funktion. Bei den 26 mangelbehafteten Gasrückführungssystemen waren Trockenabgleich und Reparaturmaßnahmen erforderlich.

Im Verlaufe des Feldtests wurden weitere Fehlfunktionen und Ausfälle von Gasrückführungssystemen durch die automatische Überwachungseinrichtung erkannt.

Das VAPORIX System ist langzeitstabil. Dies zeigte sich an den Ergebnissen der Systeme, die bereits 1999 im Rahmen des DGMK Projektes 550-02 [3] eingebaut wurden und noch darüber hinaus in ihren Messergebnissen verfolgt wurden. Es gab weder Ausfälle noch konnte eine Drift in den Messwerten der automatischen Überwachungseinrichtung festgestellt werden.

Der Feldtest zeigt, dass das VAPORIX System die Anforderungen der 21. BImSchV erfüllt. Es wurde am 27. 1. 2003 gemäß Merkblatt 1 [5] vom TÜV Süddeutschland zertifiziert unter der Zertifikatnummer Ü-12.1.

4.2 Einführung

Die Überwachung von Gasrückführungssystemen an Tankstellen mit automatischen Überwachungseinrichtungen wurde in dem DGMK Teilprojekt 550-02 untersucht [3]. Die dort gewonnenen Erkenntnisse sind in die Novellierung der 21. BImSchV eingeflossen und haben zu verschiedenen neuen Festlegungen geführt [2].

In dem vorliegenden Feldtest sollte untersucht werden, ob die an die automatische Überwachungseinrichtung gestellten Anforderungen mit dem vorliegenden System einzuhalten sind. Insbesondere war die Frage, ob die Vorschriften wie Signalisierung

im Fehlerfall und die Erzeugung eines Abschaltsignals nach 72 Stunden erfüllt werden. Nachgewiesen werden sollten auch die Praxistauglichkeit, Einsatzmöglichkeit bei verschiedenen Gasrückführungssystemen, Robustheit, Nachrüstbarkeit in bestehende Anlagen und einfache Installation. Die Testanforderungen waren in einem DGMK-Anforderungskatalog niedergelegt [6].

4.3 Beschreibung der automatischen Überwachungseinrichtung VAPORIX

Der Sensor arbeitet nach dem kalorimetrischen Prinzip. Hierbei wird die Wärmeableitung eines beheizten Sensors an das strömende Fluid als Maß für die Strömungsgeschwindigkeit genommen. Dies wurde im Bericht des DGMK-Teilprojektes 550-02 detailliert beschrieben [3]. Das System wurde entsprechend der neuen Anforderung der 21. BImSchV angepasst und weiterentwickelt (Bild 1).

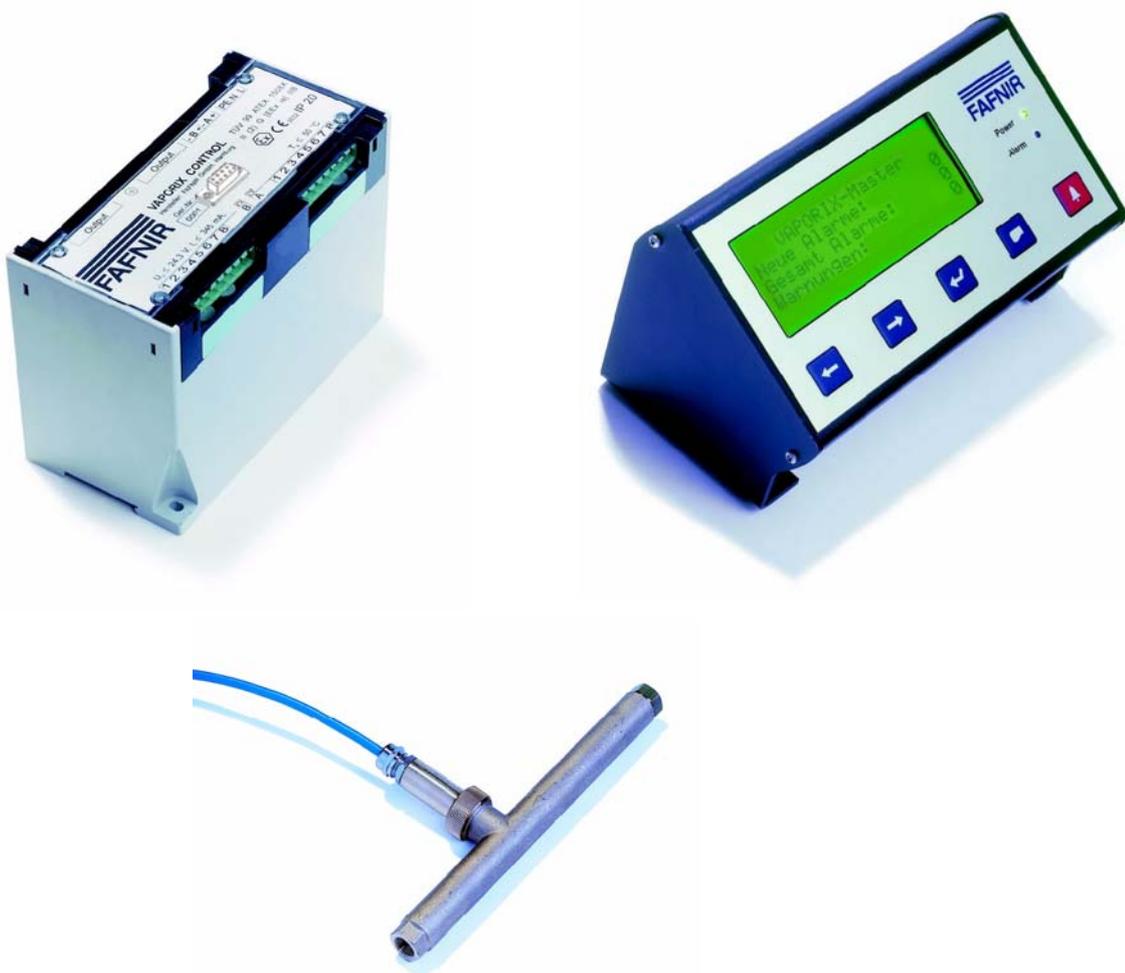


Bild 1 : Messauswertung VAPORIX-Control (links oben) und Messwertgeber VAPORIX-Flow (unten im Bild). Das Anzeigegerät VAPORIX-Master (rechts oben im Bild) dient der in der 21. BImSchV geforderten Signalisierung.

Die Messwertgeber VAPORIX-Flow werden in den Gasrückführungsleitungen vor der Gasförderpumpe und vor dem ggf. vorhandenen Proportionalventil eingebaut. Die Messauswertung VAPORIX-Control befindet sich im Kopf der Zapfsäule außerhalb des Ex-Bereiches. Sie versorgt zwei Messwertgeber VAPORIX-Flow. Die Messauswertung ist mit den Impulsausgängen des Zapfsäulenrechners verbunden, die auch in der Regel zur Ansteuerung der Gasrückführung dienen. Die Messauswertung VAPORIX-Control verfügt über zwei Ausgänge pro Zapfsäulenseite, um den Betriebszustand der Gasrückführung an die Zapfsäule zurückzugeben oder damit ein Relaisinterface anzusteuern. Diese Ausgänge werden genutzt, um die verschiedenen Zustände zu signalisieren und liefern auch das Abschaltsignal für die Unterbrechung des Kraftstoffflusses.

Als Diagnosehilfe für den Fachbetrieb befindet sich auf dem Gehäuse der Messauswertung VAPORIX-Control je eine mehrfarbige LED pro Zapfsäulenseite, die die Zustände der Gasrückführung und der automatischen Überwachungseinrichtung signalisiert. Im Normalzustand (alles ist ok) blinken diese grün. Liegt ein Alarmzustand vor, so wechselt die Farbe auf orange und nach dem Ablauf von 72 Stunden wird rot angezeigt. An der Blinkfrequenz können zusätzliche Zustände erkannt werden. Eine langsame Blinkfrequenz zeigt an, dass das System betriebsbereit ist. Eine schnelle Blinkfrequenz signalisiert, ob und von welcher Seite Kraftstoffdurchflussimpulse empfangen werden. Eine sehr schnelle Blinkfrequenz wird ausgegeben, wenn ein Gasfluss auftritt ohne Kraftstoffdurchflussimpulse. Dies tritt z. B. bei einer Vertauschung der Anschlussseiten auf. Das Blinksignal - lang an und kurz aus - wird ausgegeben, wenn ein Messwertgeber defekt ist oder falsch angeschlossen wurde.

Da eine Signalisierung in bzw. an der Zapfsäule nicht unbedingt vom Tankstellenpersonal wahrgenommen wird, ist eine Signalisierung im Kassenbereich wünschenswert. Hierzu wurde ein eigenes Gerät - der VAPORIX-Master - entwickelt, das diese Aufgabe übernimmt. Dieses Gerät wird über eine Zweidraht-Busschnittstelle mit allen Messauswertungen VAPORIX-Control verbunden, die sich auf der Tankstelle befinden. Zur Verdrahtung können in der Regel freie Adern von vorhandenen Kabeln benutzt werden. Das Gerät ist in Bild 1 rechts oben dargestellt.

Der VAPORIX-Master fragt über die Zweidraht-Busschnittstelle periodisch die Zustände aller Zapfsäulenseiten ab und stellt sie dar. Im Alarmfall wird dieser optisch und akustisch signalisiert. Der akustische Alarm ist durch eine Taste quittierbar. Die zugehörige Zapfsäulenseite wird in dem Display angezeigt. Der VAPORIX-Master bietet eine Fülle von Konfigurations- und Diagnosefunktionen. Unter anderem können sämtliche Ereignisse an der Gasrückführung abgerufen werden. Diese Historiendaten enthalten die aufgetretenen Alarme, ggf. Abschaltungen, Warnungen, Eingriffe durch die Serviceunternehmen, Durchführung von Testabschaltungen und weitere Daten jeweils mit Datum und Uhrzeit. Das Tankstellenpersonal wird mit Hilfe des VAPORIX-Master in die Lage versetzt, gezielte Informationen an den Servicebetrieb weitergeben zu können.

Der VAPORIX-Master verfügt über eine zusätzliche serielle Schnittstelle, die genutzt werden kann, um die vorhandenen Daten an ein übergeordnetes System zu übertragen. Dies kann z. B. das Tankstellen-Managementsystem sein, an dem die Zustandsdaten zur Anzeige gebracht und ggf. zur Auslösung weiterer automatischer Aktionen (z. B. Weiterleitung per Datenfernübertragung) zur Verfügung stehen.

4.4 Umfang der Tests und Typen der Gasrückführungssysteme

Die nachfolgende Tabelle 1 zeigt, bei welchen Gesellschaften und bei welchen unterschiedlichen Zapfsäulentypen der Einbau erfolgte.

Gesellschaft	Zapfsäulentyp	Baujahr der Zapfsäule	Einbauzeitpunkt VAPORIX
ARAL	Salzkotten MPD94-DP	1999	06. 08. 2002
BP	Schlumberger EURO H-Style	1998	10. 09. 2002
DEA	Wayne Dresser Typ 387*10*5	1993	27. 08. 2002
ESSO 1	Wayne Dresser H Typ 390*6*3 GHM	2000	12. 09. 2002
ESSO 2	Gilbarco Euroline	1997	02. 10. 2002
JET	Scheidt & Bachmann MZ 4004	1994	01. 10. 2002
TotalFinaElf	Wayne Dresser Typ 387*8*4	1990	11. 09. 2002
Westfalen	Schlumberger HDM	1995	08. 10. 2002

Tabelle 1: Liste der verschiedenen Zapfsäulentypen und Einbauzeitpunkt des VAPORIX Systems

Die nachfolgende Tabelle 2 listet die im Feldtest verwendeten Gasrückführungssysteme auf.

Gasrückführungssystem		Anzahl der Zapfsäulen-seiten
Pumpenhersteller/Typ	Steuerung	
Dürr / Kolbenpumpe	Ventil	12
Fafnir / Membranpumpe	Drehzahl	8
Salzkotten / Kolbenpumpe	Drehzahl	8
ASF / Membranpumpe	Ventil	14
ASF / Flügelzellenpumpe	Ventil	6
Madan / Flügelzellenpumpe	Ventil	8
	Gesamt	56

Tabelle 2: Liste der verschiedenen Kombinationen von Gasrückführungssystemen

Bei den im Test vorgefundenen Pumpentypen erzeugen die Kolben- und Membranpumpen einen stärker pulsierenden Gasstrom als die Flügelzellenpumpen. Der Pulsationseinfluss und der Einfluss der zwei gebräuchlichsten Steuerungsmöglichkeiten des Gasflusses - Drehzahlsteuerung oder Proportionalventilsteuerung - wurde untersucht. Ein Einfluss auf die Messergebnisse durch verschiedene Konfigurationen wurde nicht festgestellt.

Seit August 2002 wurden insgesamt etwa 160.000 Tankvorgänge durch die automatische Überwachungseinrichtung bewertet. Der Anteil an gültigen Tankvorgängen im Sinne der novellierten 21. BImSchV bezogen auf die gesamte Anzahl der Tankvorgänge beträgt über 90 %.

4.5 Ergebnisse des Feldtests

An den vorhandenen Gasrückführungen ließ sich die automatische Überwachungseinrichtung in allen Fällen problemlos nachrüsten. Es wurde jeweils die komplette Tankstelle, d. h. alle Zapfsäulen mit Ottokraftstoff mit automatischen Überwachungseinrichtungen ausgestattet. Sieben von acht Tankstellen wurden mit dem Anzeigerät VAPORIX-Master ausgerüstet.

4.5.1 Dokumentation der Messergebnisse einer voll funktionsfähigen Zapfsäulenseite

Nach der Installation zeigten 30 von 56 Gasrückführungssystemen eine korrekte Funktion. Ein Beispiel für eine einwandfreie Funktion gibt das folgende Bild 2.

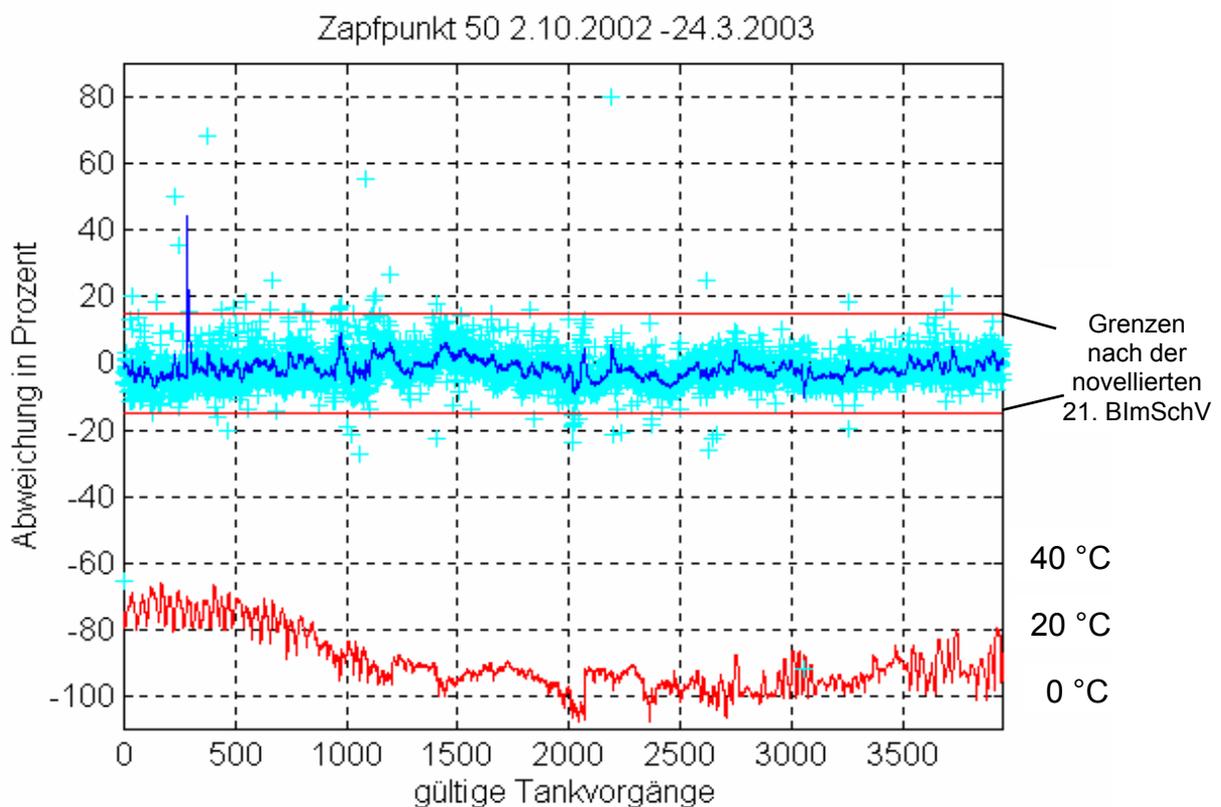


Bild 2 : Abweichung der Gasrückführung bei Zapfsäulenseite 50 von Oktober 2002 bis Februar 2003. Die Kreuze in zyan stellen die einzelnen Tankvorgänge dar. Die blaue Kurve ist ein gleitender Mittelwert über 10 Werte. Die rote Kurve zeigt die Gastemperatur. Die zugehörige Ordinatenkala ist auf der rechten Seite eingezeichnet.

In diesem, wie auch in den folgenden Bildern, sind die nach der novellierten 21. BImSchV zulässigen Grenzen der automatischen Überwachungseinrichtung von $\pm 15\%$ bezogen auf die 100 % Rückführrate durch rote waagerechte Linien gekennzeichnet. Die Werte der zyan geplotteten Einzeltankvorgänge sind zu ca. 99 % in diesem Bereich. Die blaue Mittelwertkurve bewegt sich um die Null herum. Bei Tankvorgang 280 zeigt die Mittelwertkurve einen scharfen Ausreißer nach oben. Hier liegen kurzzeitig Tankvorgänge vor mit scheinbar sehr hoher Gasrückführung, die auf eine Kondensatrückführung hindeuten. Die im unteren Teil des Bildes 2 rot dargestellten Kurve sind die von der automatischen Überwachungseinrichtung gemessenen Temperaturen des rückgeführten Kraftstoffdampfgemisches. An dem Gastemperaturverlauf erkennt man bis etwa Tankvorgang 1000 den ausgeprägten Tag/Nacht-Temperaturwechsel. Die Gastemperaturen waren im Oktober 2002 tagsüber noch teilweise über 30 °C und im Februar 2003 liegen sie bereits deutlich unter 0 °C. Eine Abhängigkeit der Rückführungsrate von der Gastemperatur ist hier nicht festzustellen.

4.5.2 Beschreibung der Fehlfunktionen der Gasrückführungen und deren Behebung

Bei 26 Zapfsäulenseiten wurden direkt nach der Installation Fehler an den Gasrückführungen festgestellt. Eine Zusammenstellung dieser Fehler ist in der nachfolgenden Tabelle gegeben.

Fehlerbeschreibung	Anzahl der Zapfsäulenseiten mit Fehler	Bemerkung
Flüssigkeit in der Gasrückführung interne Leckage	1	Trockenabgleich war ok
System falsch kalibriert	7	zu hoch/niedrig bzw. falsche Impulszahl beim Trockenabgleich eingestellt
Dieselimpulse nicht ausgeblendet	6	vergessen
Defekte Komponenten - Fehlfunktion	3	Trockenabgleich war ok
Defekte Komponenten - keine Funktion (z. B. Pumpe)	2	Trockenabgleich war nicht möglich
Kraftstofffluss zu hoch - GRF System überfordert	3	Trockenabgleich war ok
Kraftstofffluss "zu niedrig" - GRF System steuert nicht nach	4	Trockenabgleich war ok

Tabelle 3: Liste der aufgetretenen Fehler an den Gasrückführungen

Diese Fehler wurden durch die automatische Überwachungseinrichtung festgestellt und im Laufe des Feldtests behoben.

Im Folgenden sind Beispiele zu verschiedenen Fehlfunktionen dokumentiert.

4.5.2.1 Beispiel für nicht ausgeblendete Dieselimpulse

Ein Beispiel für anfänglich nicht ausgeblendete Dieselimpulse zeigt das Bild von Zapfsäulenseite 42 (Bild 3). Bis etwa Tankvorgang 250 sind Tankvorgänge mit einer Abweichung von -100 % zu erkennen, das besagt, dass die Gasrückführungsrate bei 0 % liegt und die Pumpe gegen das geschlossene Ventil arbeitet und damit kein Durchfluss erzeugt wird. Der Mittelwert (blaue Kurve) wird dadurch in diesem Bereich deutlich nach unten gezogen.

Im weiteren Verlauf sind noch Vorgänge mit sporadischer Kondensatrückführung zu beobachten z. B. bei Tankvorgang 1500. Im unteren Bildbereich ist wieder die Temperatur des rückgeführten Kraftstoffdampfgemisches dargestellt.

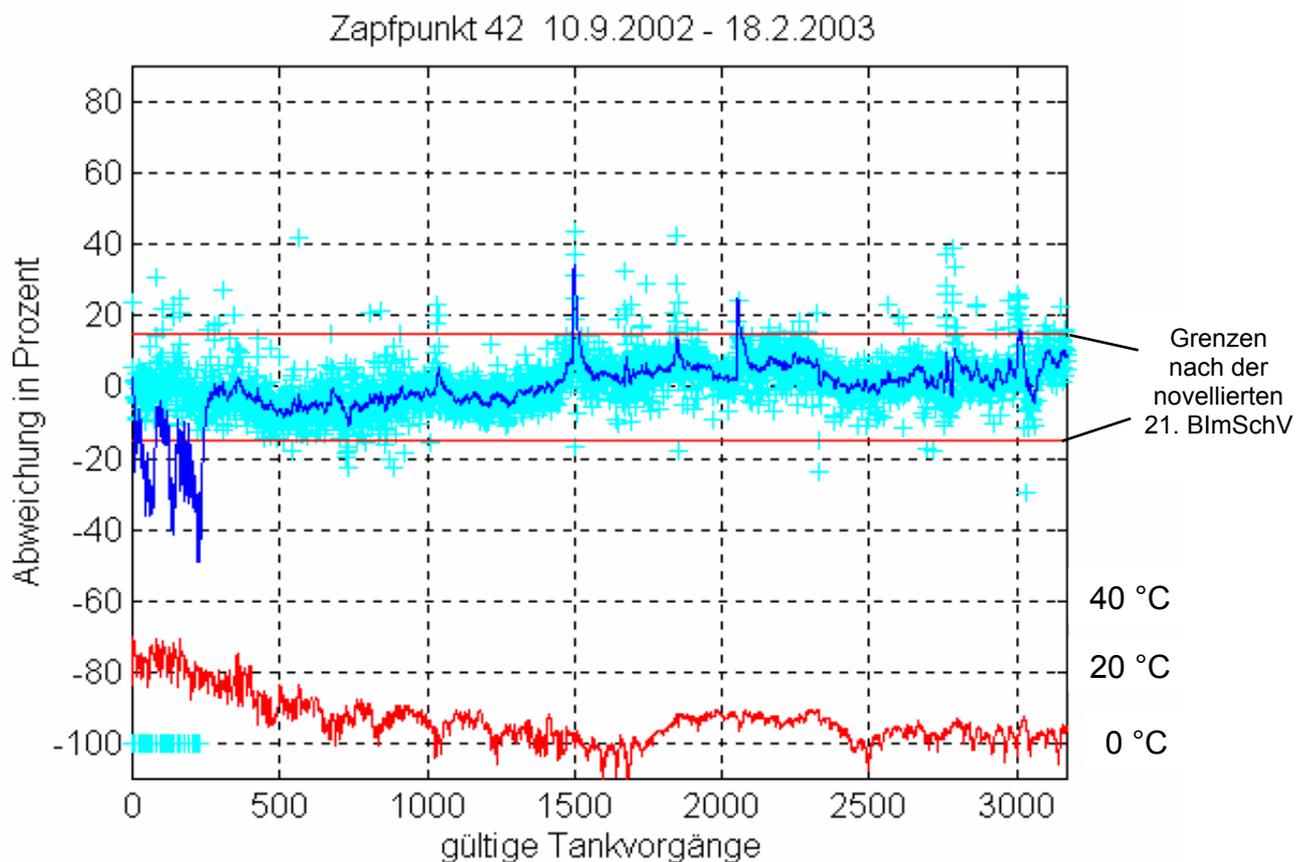


Bild 3: Zapfsäulenseite mit nicht ausgeblendeten Dieselimpulsen an der Gasrückführung

4.5.2.2 Interne Kraftstoffleckage im Zapfschlauch

Bei Zapfsäulenseite 49 wurde durch eine innere Leckage ständig Kraftstoff zurückgefördert. Dies führte zu einer Überschreitung der zulässigen Grenze und zur Alarmgabe. Ab Tankvorgang 655 lief die Zapfsäulenseite normal, wenn auch mit einer leicht zu hohen Einstellung (s. Bild 4).

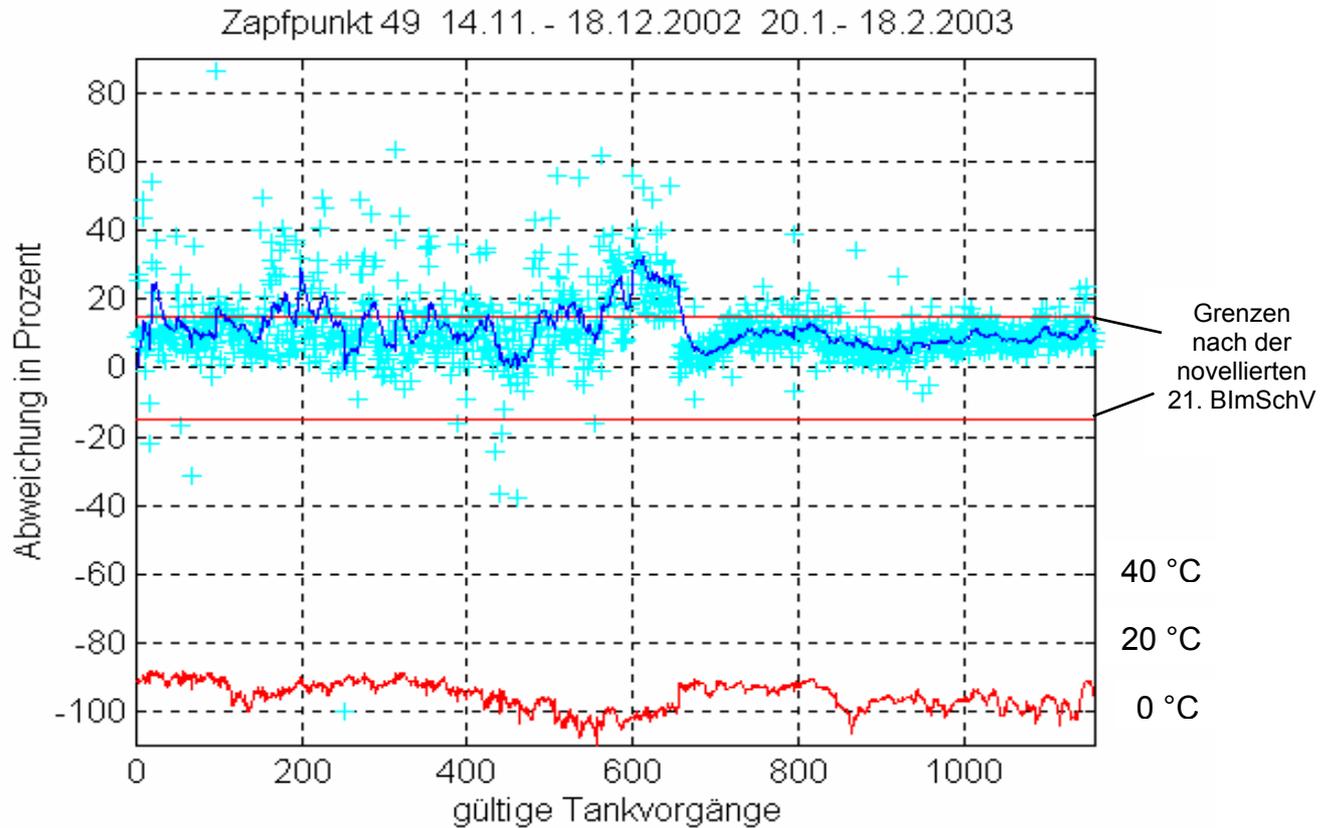


Bild 4: Beispiel für eine ständige interne Kraftstoffleckage

4.5.2.3 Beispiel für eine zu hohe Kraftstoffförderate

An drei Zapfsäulenseiten war die Kraftstoffförderate zu hoch eingestellt. Obwohl der Trockenabgleich korrekt durchgeführt wurde, reicht die Förderleistung der Gaspumpe nicht aus, um die korrekte Gasmenge abzusaugen.

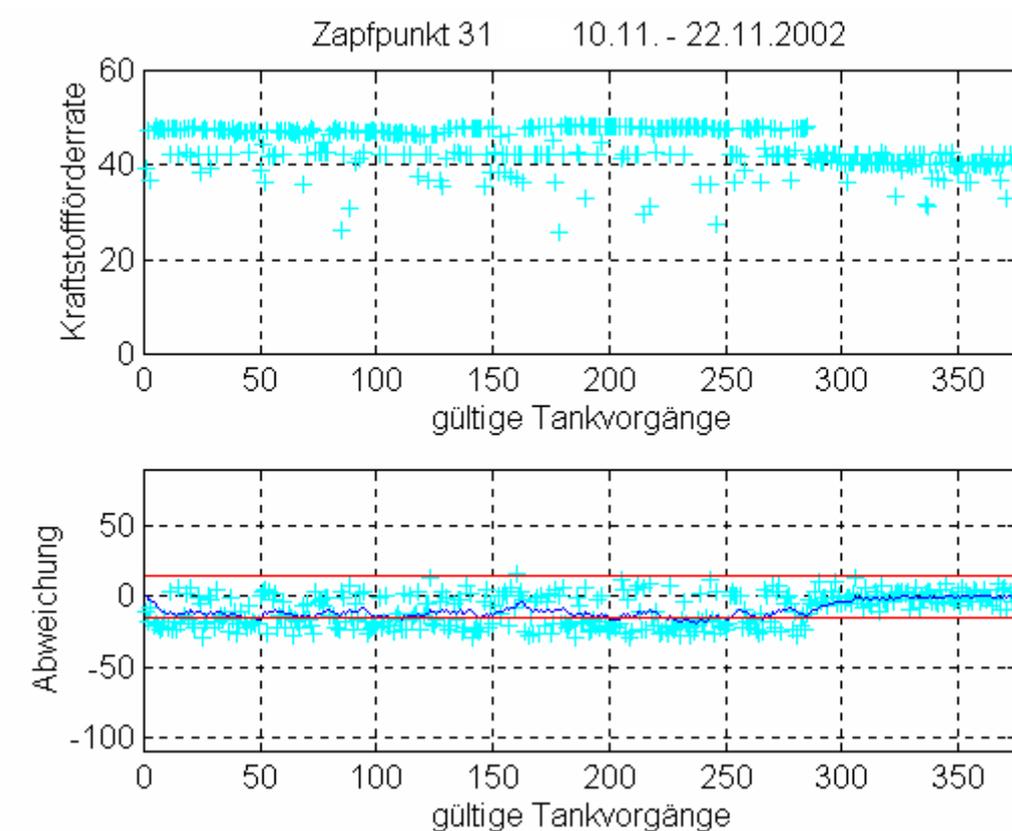


Bild 5: Beispiel für zu hoch eingestellte Kraftstoffförderate

Im oberen Teil von Bild 5 ist die gemittelte Kraftstoffförderate der Tankvorgänge von Zapfsäulenseite 31 dargestellt. Die häufigsten Tankvorgänge zeigen eine Kraftstoffförderate von ca. 48 l/min. Diese Förderleistung wird von der Gaspumpe nicht erreicht. Im unteren Diagramm ist die Abweichung vom Verhältnis Gasförderate / Kraftstoffförderate in Prozent dargestellt. Bei etwa Tankvorgang 285 wurde die Zapfsäule auf ca. 42 l/min maximale Kraftstoffförderate reduziert. Bis zu diesem Tankvorgang sind die Gasförderaten im Mittel etwa 15 % zu niedrig und viele Tankvorgänge liegen unterhalb der -15 % Grenze. Danach sind sie im Sollbereich. An dieser Zapfsäulenseite wurde wegen des Fehlers Alarm signalisiert.

4.5.2.4 Beispiel für eine falsch eingestellte Impulswertigkeit

An Zapfsäulenseite 62 lagen gleichzeitig zwei Fehler vor (Bild 6). Zusätzlich zu den nicht ausgeblendeten Dieselimpulsen beträgt die Gasförderrate nur etwa 50 % der Sollförderrate. Dies deutet auf eine falsch eingestellte Impulswertigkeit hin, und zwar erwartet das Gasrückführungssystem etwa die doppelte Impulsanzahl, als tatsächlich von dem Zapfsäulenrechner erzeugt werden.

Der Kraftstofffluss betrug in diesem Beispiel typischerweise 40 l/min.

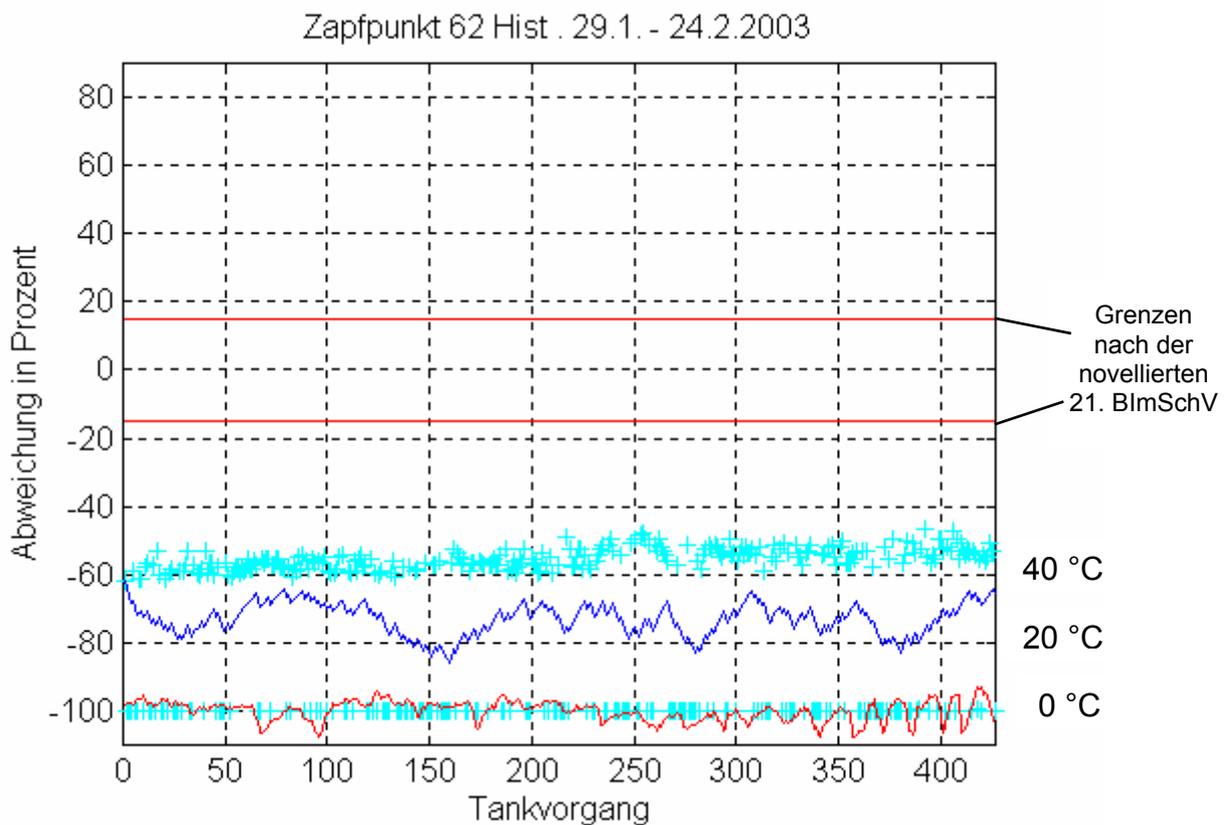


Bild 6: Beispiel für falsch eingestellte Impulswertigkeit

4.5.2.5 Beispiel für defektes Proportionalventil und defekte Auf/Zu-Ventile

In dem folgenden Fall (Bild 7) spielten mehrere defekte Komponenten eine Rolle. Die Rückführtrate lag zu hoch und es traten häufig Tankvorgänge mit Rückführraten von 30 % bis 50 % auf. Der Trockenabgleich wurde mehrfach durchgeführt, brachte jedoch keine Verbesserung. Bei Tankvorgang 1010 wurde das Proportionalventil gewechselt und ein neuer Trockenabgleich durchgeführt. Danach waren die meisten Tankvorgänge im Sollbereich. Die Tankvorgänge mit zu geringer Rückführtrate traten immer noch auf. Bei Tankvorgang 1100 wurden zusätzlich alle Zapfventile gewechselt. Klemmende Auf/Zu-Ventile in einem oder mehreren der Zapfventile waren die Ursache für die Tankvorgänge mit verminderter Gasrückführung.

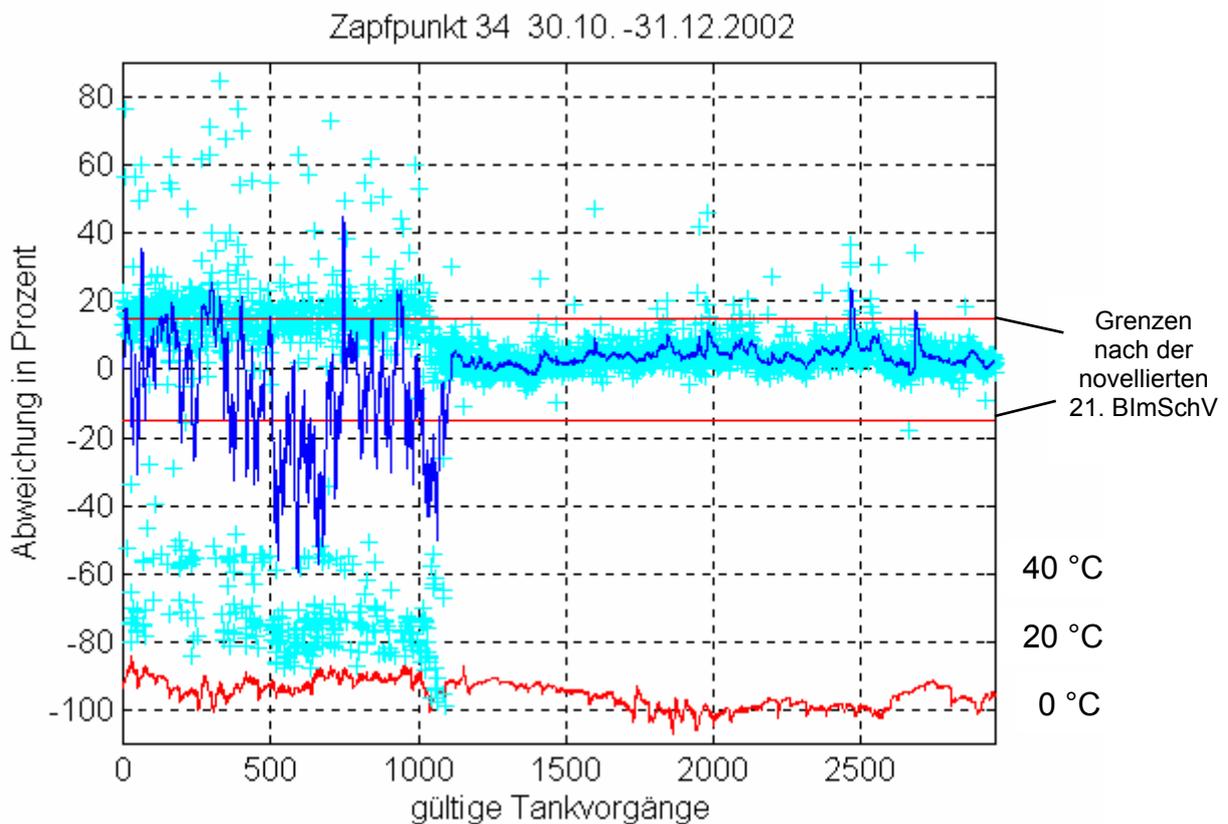


Bild 7: Hakendes Proportionalventil und defekte Auf/Zu-Ventile im Zapfventil

4.5.2.6 Störung durch Kondensatrückführung

An einer ganzen Reihe von Zapfsäulenseiten traten sporadisch kurzzeitige Störungen auf, wie in dem nachfolgenden Bild 8 dargestellt. Wie bereits zu Bild 3 erklärt, handelt es sich um Kondensatrückführungen, die in einigen Fällen dazu führen, dass die Bedingung für die Auslösung des Alarms - 10 Tankvorgänge in Folge sind fehlerhaft - erfüllt ist. Die längere Störung in Bild 8 beginnt bei Tankvorgang 120 und dauert 17 Tankvorgänge und kehrt dann in den Normalzustand zurück. In den weitaus meisten Fällen zählt die Störung jedoch weniger Tankvorgänge, wie hier die Störungen bei Tankvorgang 10 und 300.

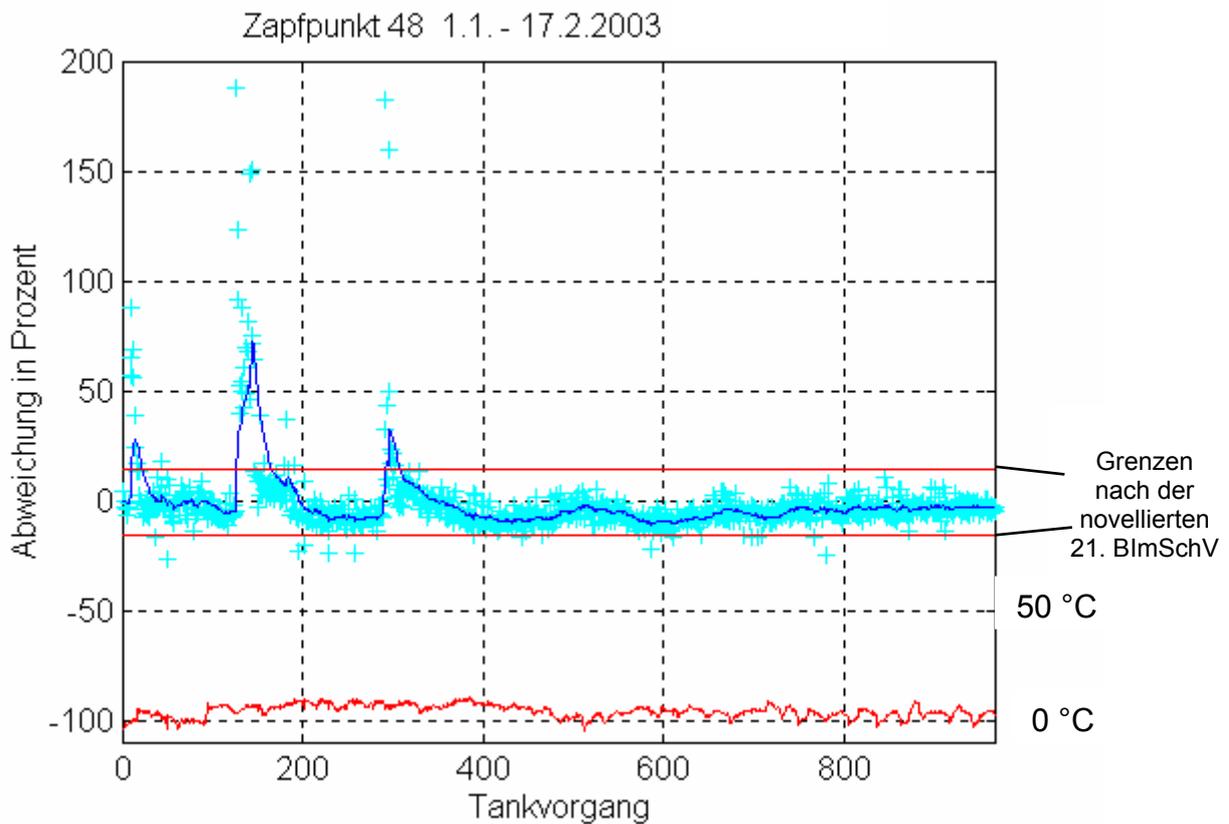


Bild 8: Beispiel für zeitweilige Störeinflüsse

4.5.2.7 Totalausfall durch falsche Einstellung an der Gasrückführung

Während des Feldtests traten auch Alarme an Zapfsäulenseiten auf, die bis dato einwandfreie Funktion gezeigt hatten.

In dem gezeigten Beispiel (Bild 9) wurden an einer Tankstelle eine wiederkehrende Prüfung durchgeführt, die mit dem Feldtest nichts zu tun hatte. Hierbei wurden bei 4 der 6 Zapfsäulenseiten die Einstellungen unbeabsichtigt so geändert, dass die Gasrückführung gar nicht mehr arbeitete und ein Totalausfall auftrat.

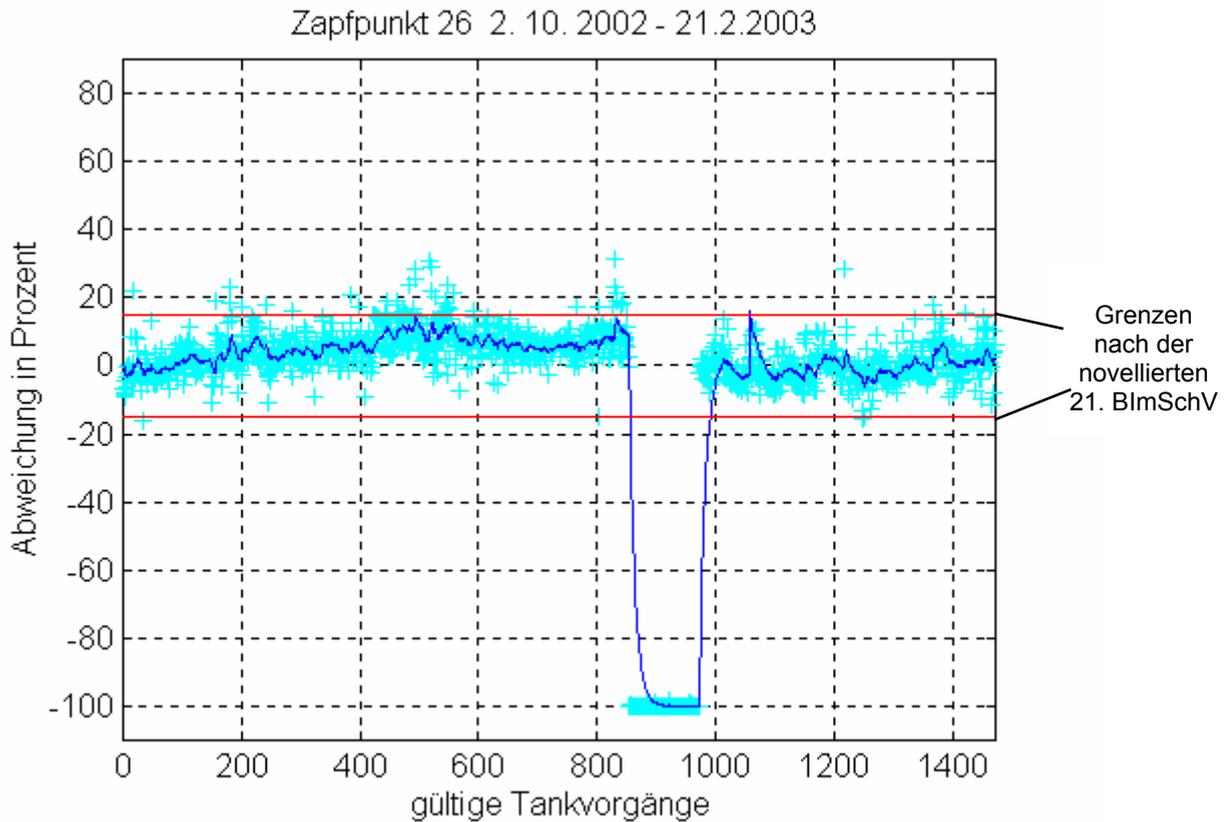


Bild 9: Beispiel für eine Fehlfunktion durch falsche Einstellungen während einer wiederkehrenden Prüfung

5 Teilbericht Tokheim ECVR-SCS: selbstkalibrierendes und selbstüberwachendes Gasrückführungssystem

Autoren:

Dipl.-Ing. Heinz Maahsen
Ing. Maarten Arts

5.1 Einführung

Bei Untersuchungen verschiedener Institute und Gesellschaften wurde in der Vergangenheit festgestellt, dass Ausfälle von Komponenten und Abweichungen in der Genauigkeit der Gasrückführung zum Teil erst nach geraumer Zeit entdeckt und behoben wurden. Schlumberger RPS, heute Tokheim, hat daraufhin bereits 1997 die Entwicklung einer „Selbstkalibrierenden Gasrückführung“ einschließlich automatischer Überwachung begonnen. Das Ziel war, durch die *Selbstkalibrierung* die Langzeitstabilität und damit die Genauigkeit der Gasrückführung zu erhöhen und durch die Teilfunktion *automatische Überwachung* dem Tankstellenpersonal Ausfälle zu signalisieren.

Diese Anforderungen an die Entwicklung des ECVR-SCS stimmten im wesentlichen mit den Anforderungen der 21. BImSchV überein. Die zusätzlichen Vorgaben der 21. BImSchV wurden vollständig in das Tokheim Gasrückführungssystem integriert.

5.2 Beschreibung des Messprinzips

Der Gasdurchflussmesser VFM II (**V**apour **F**low **M**eter) besteht aus einem Metallblock, in dem Messkammern eingearbeitet sind. Diese Messkammern werden mit hoher Geschwindigkeit von dem zu messenden Kohlenwasserstoff-Luft-Gemisch durchströmt. (Bild 1)

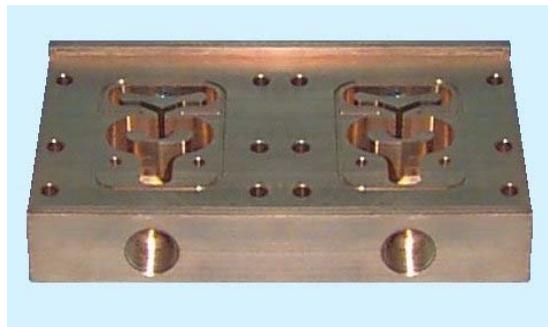


Bild 1: VFM II, zweikanaliger Sensor für zwei Zapfsäulenseiten

Die geometrische Gestaltung der Kammern bewirkt, dass der Gasfluss in der Kammer zu oszillieren beginnt. Die Frequenz der Schwingung, die gemessen wird, ist abhängig von der Strömungsgeschwindigkeit.

Nebenstehend (Bild 2) ist die Messkammer im Schnitt dargestellt. Das Gas strömt von links in die erste Kammer, die der Konditionierung des Gasstroms dient. Durch eine dünne Bohrung strömt das Gas in eine zweite Kammer. Durch die Geometrie der Kammer stellen sich die Druckverhältnisse so ein, dass der gesamte Gasstrom einseitig um den mittleren Block strömt. Diese einseitige Umströmung bewirkt aber wieder Druckverhältnisse, die eine Änderung der Umströmung auf die andere Seite des Blockes erzwingen. Auf diese Weise wechseln Strömungspfad und Druck ständig abhängig von der Strömungsgeschwindigkeit. Der Druck an beiden Strömungspfaden wird als Differenzdruck elektronisch gemessen.

Dabei ist der Absolutdruck nicht entscheidend, es werden lediglich die Druckänderungen als Frequenz gemessen.

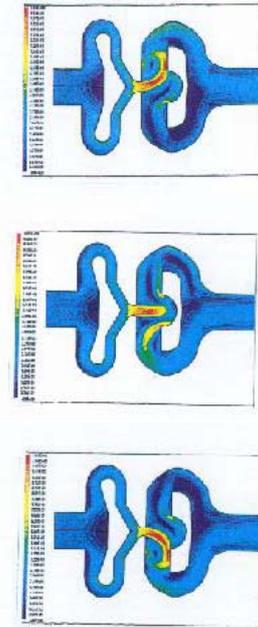


Bild 2: VFM II Funktionsweise

Dieses Messprinzip hat wesentliche Vorteile:

- Unabhängigkeit von der Gaszusammensetzung.
- Es gibt keine beweglichen Teile, d. h. es gibt keinen Verschleiß.
- Die Strömungsgeschwindigkeit ist so hoch, dass keine Verschmutzungseffekte entstehen.
- Beaufschlagung mit Flüssigkeit stört zwar die aktuelle Messung, nach der Selbstreinigung steht der Messwertempfänger aber mit seinen ursprünglichen Genauigkeitswerten wieder zur Verfügung.

Die Drucksensoren und die Signalaufbereitung sind in das Messgerät integriert. Die Genauigkeit des Aufnehmers beträgt ca. 1 % vom Messwert in einem Bereich von 25 bis 45 Liter/min. Der Gasdurchflussmesser wird im Werk kalibriert. Seine Kalibrierdaten müssen bei Inbetriebnahme des Systems in die Steuerelektronik programmiert werden.

5.3 Beschreibung des überwachten Gasrückführungssystems

Das System Tokheim EVCR-SCS (Electronic Controlled Vapour Recovery – Self Calibrating System) gleicht einem konventionellen Gasrückführungssystem mit steuerbarem Magnetventil und mit fester Drehzahl laufender Pumpe. In den Gaszweig ist der Gasdurchflussmesser VFM II eingebaut und an die Steuerelektronik VRC 3 angeschlossen.

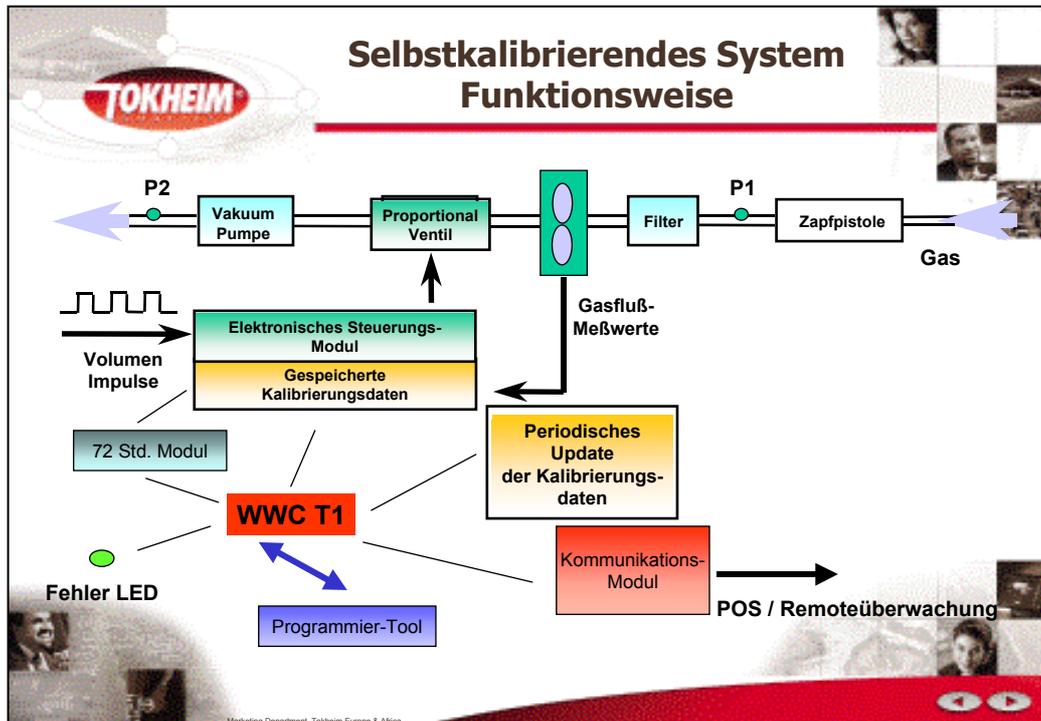


Bild 3: Systemaufbau des ECVR-SCS

Das Gas wird durch eine Pumpe mit fester Drehzahl angesaugt und gelangt über das Zapfventil, den Koaxial-Zapfschlauch und den Filter zunächst in den Gasdurchflussmesser. Von dort wird es über ein Dämpfungsvolumen zu den Steuerventilen geleitet, deren Öffnungsquerschnitt von der Steuerelektronik gesteuert wird und die Strömungsgeschwindigkeit bestimmt. Anschließend wird es von der Gaspumpe in den Erdtank gefördert.

Da das ganze System, wie bei konventionellen Systemen auch, nicht linear ist, entspricht der Öffnungsquerschnitt des Steuerventils nicht linear der Durchströmungsgeschwindigkeit. Die Abhängigkeit von Durchströmungsgeschwindigkeit und Fluss des elektrischen Stromes durch das Steuerventil wird in einer Systemkennlinie in der Steuerelektronik gespeichert. Abhängig von dieser Systemkennlinie und den eingehenden Volumenimpulsen, die proportional zum Kraftstofffluss sind, regelt die Elektronik die Ansteuerung des Magnetventils, um einen bestimmten Gasvolumenstrom zu ermöglichen. Bei konventionellen Systemen wird diese Kennlinie in einem Abgleichvorgang bei Inbetriebnahme der Zapfsäule ermittelt und in der Steuerelektronik gespeichert.

Der Vorteil des selbstkalibrierenden Systems ist jetzt, dass diese Kennlinie von der Elektronik in Abhängigkeit von den Messungen des Gasdurchflussmessers beeinflusst werden kann. Dazu wird bei einer Kraftstoffabgabe der Gasfluss konventionell über die Kennlinie gesteuert. Der Gasdurchflussmesser ermittelt die auftretenden Durchflussgeschwindigkeiten. Nach Ende des Tankvorganges werden die ermittelten Werte benutzt, um die Kennlinie so anzupassen, dass bei der nächsten Betankung optimale Durchflusswerte erreicht werden.

Selbst bei völlig „verstimmtem“ System reichen erfahrungsgemäß zwei Tankungen aus, um das System wieder in eine Toleranzbereich von $100 \pm 2\%$ zu bringen. Bei Inbetriebnahme des Systems müssen daher lediglich die oben erwähnten Kalibrierdaten des Gasdurchflussmessers sowie der vom TÜV ermittelte Luft-Korrekturfaktor in das System programmiert werden.

Das System besitzt eine Fehleranzeige in Form einer nach außen geführten LED. Diese leuchtet, wenn:

- Das System einen internen Fehler erkennt (z. B. Sensor nicht angeschlossen, Elektronik defekt, ...)
- Das System bei 10 Betankungen in Folge erkennt, dass die Rückführrate außerhalb des Bereiches 85 % bis 115 % liegt.

Zusätzlich kann die Fehlermeldung in verschiedenen Konfigurationen über das Zapfsäulenprotokoll oder über separate Leitungen zu einem Anzeigegerät im Tankstellengebäude oder direkt zum Kassensystem übertragen werden.

72 Stunden nach Erkennen und Signalisieren einer oben beschriebenen Fehlersituation wird der Kraftstofffluss an der betroffenen Abgabestelle bzw. Säulenseite unterbrochen, sofern zwischenzeitlich das System nicht von einem autorisierten Servicetechniker überprüft und instand gesetzt wurde.

5.4 Testinstallationen im Rahmen des DGMK-Feldtestes

Neben den Laborinstallationen und verschiedenen Installationen in Frankreich und der Schweiz wurden im Rahmen der DGMK-Feldtestes 20 Zapfsäulen, d. h. 40 Seiten von Mehrschlauch-Zapfsäulen mit dem Tokheim ECVR-SCS ausgerüstet. Die Installationen begannen bereits im Februar 2000. Weitere Installationen im Rahmen des DGMK Projektes wurden ab Mitte 2002 durchgeführt.



Bild 4: Komponenten im Hydraulikbereich der Zapfsäule, in der Mitte die Dämpfer für beide Seiten der Zapfpistole.

5.5 Getestete Systemvarianten

In den Feldtest wurden sowohl neue Zapfsäulen einbezogen, die ab Werk bereits mit der Gasrückführungsüberwachung ausgestattet waren, andere Zapfsäulen wurden im Feld mit den Überwachungskomponenten nachgerüstet.

Weiterhin wurden in einigen Fällen die Zapfsäulen mit Überwachung und Selbstkalibrierung ausgestattet, in anderen Fällen wurde das System „nur“ mit Überwachung eingesetzt.

Für die Ausrüstung neuer Zapfsäulen sowie für die Nachrüstung bereits installierter Säulen werden die gleichen Komponenten – Gasmesser VFM II und Steuerelektronik VRC 3 – verwendet. Mit diesen Komponenten kann sowohl die Funktion „automatische Überwachung“ und auch die „Selbstkalibrierung“ realisiert werden.

Um eine angemessene Stabilität des Systems zu erreichen, sind ggf. bei Gasrückführungssystemen der ersten Generation die Gaspumpen und oder Ventile zu tauschen. Es ist dazu jedoch jeweils eine Beurteilung bzw. Überprüfung des installierten Systems erforderlich.



Bild 5: Nachrüstbausatz mit den Komponenten VFM II, VRC3, Zener Barrier, LEDs, zapfsäulenbezogenen Rohren, Verschraubungen etc. und der entsprechenden Dokumentation.

5.6 Ergebnisse des Feldtests

In regelmäßigen Abständen wurden die Messergebnisse an den Feldtesttankstellen erfasst und ausgewertet.

Bei keiner der Feldinstallationen haben sich Probleme hinsichtlich der Genauigkeit der Überwachungseinrichtung gezeigt.

Einige wenige Defekte an Komponenten (1x Gaspumpe, 1x Gasmesser) wurden bei der Umrüstung erkannt und die Komponenten konnten sofort ersetzt werden. Bei der regelmäßigen Messwerterfassung wurde in einem Fall eine defekte Gaspumpe vorgefunden. Dieser Defekt hat zur Fehlersignalisierung geführt und hätte bei „scharfgeschalteter“ Überwachung zum Start der „72-Stunden“ geführt.

Die Auswertung der Messergebnisse ergab, dass die gemessenen Rückfuhraten bei den Zapfsäulen mit Selbstkalibrierung nah an der angestrebten Rückfuhrate von 100 % lagen (Bild 6).

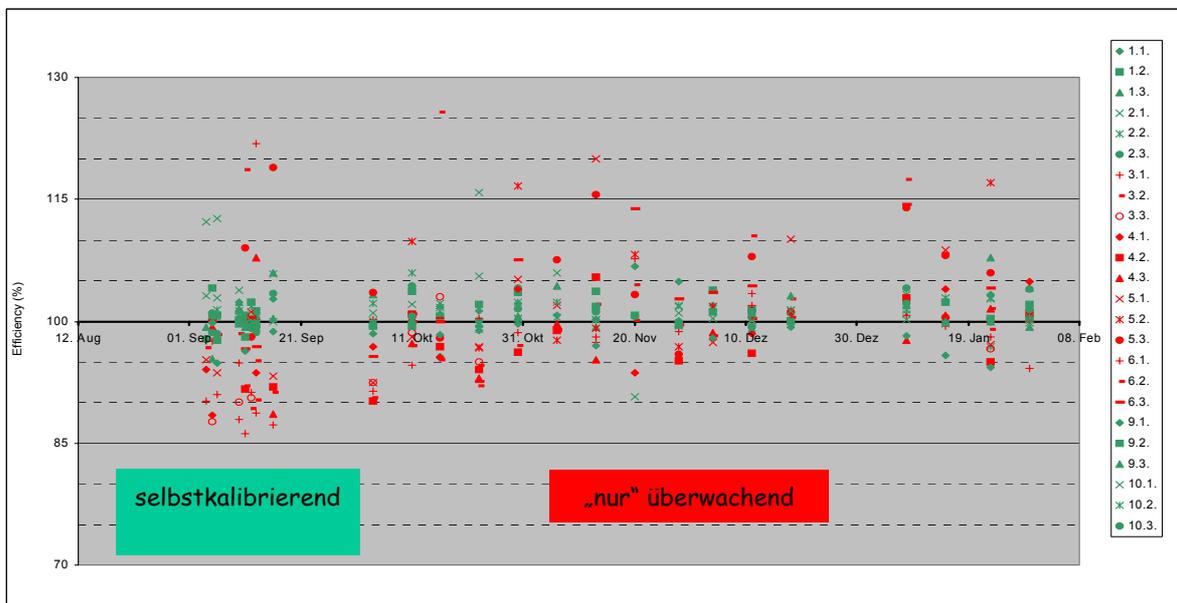


Bild 6: Beispiel; Messergebnisse einer Tankstelle in Gerolzhofen mit Ausrüstungen „Überwachung mit Selbstkalibrierung“ bzw. „nur Überwachung“

5.7 Schlussfolgerung

Auf Grund der Dauer der Feldtests, der Installationen in verschiedenen Zapfsäulen und der ausgewerteten Messergebnisse ist das Tokheim Gasrückführungsüberwachungssystem ECVR-SCS als serienreif zu betrachten. Es wurde gemäß Merkblatt 1 [5] vom TÜV Süddeutschland unter der Zertifikatsnummer Ü-12.2 zertifiziert. Neue Zapfsäulen werden ab 1. April 2003 serienmäßig mit dem Überwachungssystem geliefert. Nachrüstbausätze für verschiedene Zapfsäulentypen stehen bereits zur Verfügung, bzw. werden zur Zeit in Abstimmung mit Kunden entwickelt. Bausätze zur Erstausrüstung oder Nachrüstung von Zapfsäulen anderer Hersteller können ebenfalls auf Wunsch angeboten werden.

6 Ausblick

Die Feldtests mit den Systemen der Firmen FAFNIR und TOKHEIM sind erfolgreich verlaufen.

Die Zapfsäulenhersteller haben Ende letzten Jahres versichert, dass alle neuen Zapfsäulen mit Monitoringsystem serienreif lieferbar und damit mit der Novellierung der 21. BImSchV konform sind. Die Anzeige (Statussignalisierung) erfolgt in der Zapfsäule, mittels Mastereinheit im Kassenbereich oder im Tankstellen-Managementsystem.

Die Zapfsäulenhersteller sind mit den Tankstellengesellschaften im Gespräch, wie die Datenaufbereitung und Datenübertragung bis hin zentralen Diagnosesystem erfolgen soll. Hierzu sind die individuellen Anforderungen der Betreiber zu Grunde zu legen.

Die Kosten für eine Nachrüstung bestehender Anlagen setzen sich zusammen aus den Kosten des Überwachungssystems selbst und den Installationskosten.

Die Kosten für die Überwachungssysteme mit einfacher Signalisation an der Zapfsäule betragen z. B. je nach Ausstattung ca. 1.000 bis 1.500 EUR pro Zapfsäule. Für die Montage und den Anschluss, ohne Installationen für betreiberspezifische Systemauswertung, sind mindestens Kosten in der Größenordnung wie für das Überwachungssystem zu erwarten.

7 Literatur

- [1] Einundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung zur Begrenzung des Kohlenwasserstoffemissionen bei der Betankung von Kraftfahrzeugen – 21. BImSchV), Oktober 1992
- [2] Verordnung zur Änderung immissionsrechtlicher Vorschriften vom 6. Mai 2002 im Bundesgesetzblatt Jahrgang 2002 Teil I Nr. 30; Bonn, 17. Mai 2002; Seite 1566 ff
- [3] DGMK-Forschungsbericht 550-02 „Erprobungen und Innovationen für selbstüberwachende Systeme zur Ermittlung der Funktionsfähigkeit von Gasrückführungssystemen an Tankstellen in Feldtests“, Hamburg, Mai 2001
- [4] DGMK-Tagungsbericht 2001-3 DGMK-Fachtagung „Gasrückführung an Tankstellen“ am 22. Mai 2001 in Hamburg, Hamburg, Mai 2001
- [5] Systemprüfung von aktiven Gasrückführungssystemen und deren Überwachungssysteme in Deutschland (Merkblatt 1), 2002
- [6] Anforderungskatalog für automatische Überwachungssysteme in der Gasrückführung entsprechend der Änderungsverordnung zur 21. BImSchV vom 06.05.2002, DGMK, August 2002