

Zitat aus dem Webauftritt der Doppelstadt Dessau-Roßlau:

"Wir haben die Vision integrativer, prosperierender, kreativer und zukunftsfähiger Städte und Gemeinden, die allen Einwohnerinnen und Einwohnern hohe Lebensqualität bieten und ihnen die Möglichkeit verschaffen, aktiv an allen Aspekten urbanen Lebens mitzuwirken".

Auszug aus den Aalborg Commitments, der Konferenzklärung der 4. Konferenz zukunftsbeständiger Städte und Gemeinden, Aalborg (Dänemark), 11. Juni 2004

Die Stadtplanung beschäftigt sich mit den baulich-räumlichen Strukturen in der Stadt.

Darauf aufbauend erarbeitet sie Planungskonzepte mit dem Ziel der Konfliktminimierung unter Abwägung aller relevanten Interessen. Sie ordnet sowohl die öffentliche als auch die private Bautätigkeit in der Stadt und hat eine dem Wohl der Allgemeinheit dienende und sozial gerechte Bodennutzung zu gewährleisten.

Diese Biogasanlage ist nicht integrativ, kreativ und zukunftsfähig, bietet in seiner Wirkung keine Lebensqualität, fördert Konflikte und dient damit nicht dem Wohl der Allgemeinheit und der sozial gerechten Bodennutzung.

Der Ortschaftsrat des Stadtteiles Roßlau kämpft seit 2008 in allen Gremien mit demokratischen Mitteln gegen die geplante Biogasanlage in der Lukoerstraße.

Alle Beschlüsse in den Ortschaftsratssitzungen wurden mit großer Mehrheit gegen die Anlage gestimmt.

Eine Bürgerinitiative gegen die Biogasanlage mit 3000 Unterstützerstimmen wird in allen offiziellen Planungsunterlagen nicht erwähnt.

Alternativen zur Biogasanlage grundsätzlich und an diesen Standort gab es keine. Die Begründung der Abwägung zu linkselbischen Standorten trifft auf den Standort in der Lukoerstraße ebenfalls zu.

Eine detaillierte Standortuntersuchung mit Analysen, Aussagen und Gutachten liegt dem Ortschaftsrat nicht vor.

Andere vorhandene Investoren für eine Photovoltaikanlage für diesen Standort wurden nicht gehört oder unterstützt durch die Verwaltung.

Der Vorschlag des Ortschaftsrates aus August 2012 eine Photovoltaikanlage als „Bürgerstromprojekt“ in Zusammenarbeit mit der DVV wurde seitens der Verwaltung nicht wahrgenommen und es gab keine Reaktionen darauf.

Eine fachliche Aussage in Kurzform zur Anlage:

Stör- und Reststoffe müssen energieintensiv entfernt werden. Für den Biogasprozess muss die Biomasse aufwändig zerkleinert und viel Flüssigkeit in Form von flüssiger Gülle verwendet werden

Nur ein Teil der festen und faserreichen Biomasse kann (aufgrund von Schwimmschichtenbildung) vergoren werden (Teilstromvergärung)

Hoher energetischer Aufwand für Rühren und Pumpen des flüssigen Substrates im Vg. zur Feststofffermentation

Größeres Faulraumvolumen (Bausubstanz) um den Faktor 2-2,5 (aufgrund der rührfähigen Biomasse)

Erhöhtes Transportaufkommen für flüssige vergleichsweise energiearme Substrate (mehrere dezentrale Lösungen besser - Kleinanlagen) Gärrest schwierig zu handhaben

Ökologische ,ökonomische Auswirkungen und Umweltbelastungen von Biogasanlagen dieser Bauart

17 Punkte, welche gegen die Biogasanlage sprechen

1. Investoren sind Hedgefonds aus China. Deren Zielstellung 9% Rendite für Anleger
2. Verstärkter Anbau von Monokulturen ohne notwendige Fruchtfolge
3. Verstärkte Bodenerosion
4. Fördert die Bodenspekulation mit landwirtschaftlichen Flächen an den Börsen der Welt.
5. Fördert die Spekulation mit dem weltweit nachgefragten Lebensmittel Mais an den Warenterminbörsen.
6. Fördert den erhöhten Einsatz von Pestiziden und den Anbau gentechnisch manipulierter Energiemaissorten.
7. Es werden 24 000t Lebensmittel Mais verstromt.
8. Es entstehen im Betrieb von Biogasanlagen eine bedeutende Anzahl an Krankheitskeimen, die in ihren Auswirkungen bekannt sind, aber in der Forschung noch nicht ganzheitlich erfasst und in deren Wirksamkeit auf Menschen, Tieren, Wasser und Ernährung analysiert werden müssen. Das trifft auch auf die Population von Wildtieren zu.
9. Bekannt ist die Erkrankung von ganzen Rinderbeständen und deren letztlich Entsorgung, ohne dass die Krankheit als Seuche anerkannt ist. Damit ist das in der Region auch ein wirtschaftliches Risiko für die Tierbestände in der Rinderhaltung.
10. Erhöhte Geruchsbelästigungen neben der Anlage und an den Transportwegen.
11. Durch die Rückführung der Gärreste aus den B-Anlagen als kostengünstiger und angeblich hochwertigen Dünger in den Böden der Region und gehen damit in die Nahrungskette von Mensch und Tier. Das kann auch zu Belastungen des Grundwassers in Form von resistenten Keimen von Krankheitserregern führen
12. Erhöhte Feinstaubbelastung und CO₂ durch die Anlage selbst und die geplanten Transporte von bis zu 50 km pro Einzelfahrt, das sind ca 8500 Lkw und ca 250 000 Tkm pro Jahr.
13. Konkrete Aussagen zu den zu erwartenden Verkehren und Belastungen für das Straßennetz sind nicht analysiert wurden.
14. Das Lärmgutachten für die Anlage ist nicht korrekt in seiner Umgebung angepasst wurden, die Summe der Verkehre aller möglichen Verkehrsträger ist nicht ermittelt, der zu erwartende Verkehrslärm nur unmittelbar an der Anlage prognostiziert, für den gesamten Verkehr für die Doppelstadt gibt es keine Betrachtungen.
15. Auf die Energiebilanz der Region und auf die Preise für Energie ergeben sich aus solchen Anlagen für die Mehrzahl der Menschen in der Region keine positiven Auswirkungen. (Nur die bekannten, ständig steigende Energiepreise)
16. Der Landwirtschaftliche Mittelstand mit den vorhandenen Bodenflächen in der Region hat keinen ökonomischen Nutzen von dieser Anlage.
17. Die geplante Anlage mit dem vom Gesetzgeber vorgegebenen kleinen Prüfaufwand in nur geringer Entfernung der Anlage selbst, lässt nach erfolgter Inbetriebnahme problemlos eine Erweiterung der Anlage ohne Anhörung demokratischer Gremien zu. (ähnlich Schweinemastanlagen oder anderer Massentierhaltungen)
18. Erkenntnisse aus der aktuellen Dokumentation der Leopoldina aus 2012 auch zu Biogasanlagen sind nicht eingearbeitet

Fazit:

Die meisten Punkte wurden nicht abgewogen, da sicherlich nicht Gegenstand der kleinen Planung des vorhabenbezogenen Bebauungsplanes Nr.58, aber mit großen Auswirkungen auf unsere Doppelstadt.

Die abgewogenen Punkte erwecken den Eindruck in der Bauplanung in der Darstellung, dass in der Regel zu Gunsten des Investors abgewogen wird.

Aber entsprechen diese den großen ethischen Zielen von Stadtplanung in der Präambel der Verwaltung Bauen und Wohnen?

Gesundheitliche Gefährdungen von Bürgerinnen und Bürger dieser Stadt und Region

Auszugsweise gesundheitliche Gefahren, welche aus dem Betrieb von Biogasanlagen kommen können :

1. Botulinus
2. Ehec
3. Staphylococcus aureus
4. Mastitis
5. ESBL (Extended - spectrum beta-lactamases)
6. AmpC (beta-lactamases)
7. Feinstaub
8. Ammoniak
9. Formaldehyd
10. Erhöhte CO² - Werte
11. Gesundheitsschädlicher Lärm
12. Summe aus Gerüchen(Gestank)

Fazit:

Die gesundheitlichen Risiken sind vielfältig, und wem diese treffen, der hat riesige Probleme, da die Forschung noch am Arbeiten ist. Sie sind zurzeit in Ihren Auswirkungen nur schwer oder gar nicht beherrschbar.

Zitat: Beigeordnete für Finanzen Frau Nußbeck

....steht ihnen frei, Ihre Anfrage an weitere in Frage kommende Institute zu richten:

Landesverwaltungsamt, Revertat Gesundheitswesen.....

Ministerium für Gesundheit und Soziales LSA.....

Umweltbundesamt, Fachbereich 2.....

Bundesinstitut für Risikobewertung.....

Zitat: Verwaltungsdirektor Städtisches Klinikum Dr.med Andre Dyma

.....Eine Einschätzung bezüglich der Vermehrung und Entwicklung resistenter Keime ist uns nicht möglich. Dazu und auch für weitere Aspekte einer möglichen Belastung der Bevölkerung sollten die Beurteilungen durch die zuständigen Institutionen und Ämter eingeholt werden.

Ökonomische Gefahren aus dem Betrieb von Biogasanlagen für Unternehmen und Standorten

Biogasanlagen sind in Ihrer mittelbaren oder unmittelbaren Nachbarschaft dem Image abträglich.

Gefährden weitere gewerbliche und wohnwirtschaftliche Ansiedlungen im und außerhalb des Plangebietes

Sind auch für touristischen Investitionen nicht förderlich

Verursachen bei Eindringen von Keimen in Krankenhäuser große Kosten im direkten Umgang bei der Beseitigung von Keimen und hat darüber hinaus hohe Folgekosten zum Beispiel im Nachrüsten von teuren und damit effektiveren Filteranlagen im System der Be- und Entlüftung.

Dazu werden folgende Dokumente ausgereicht:

Der Bauer hats..... zu Botulinus

EHEC

Faktorenkrankheit, monokausale Erkrankungen

Formaldehyd aus Biogasanlagen

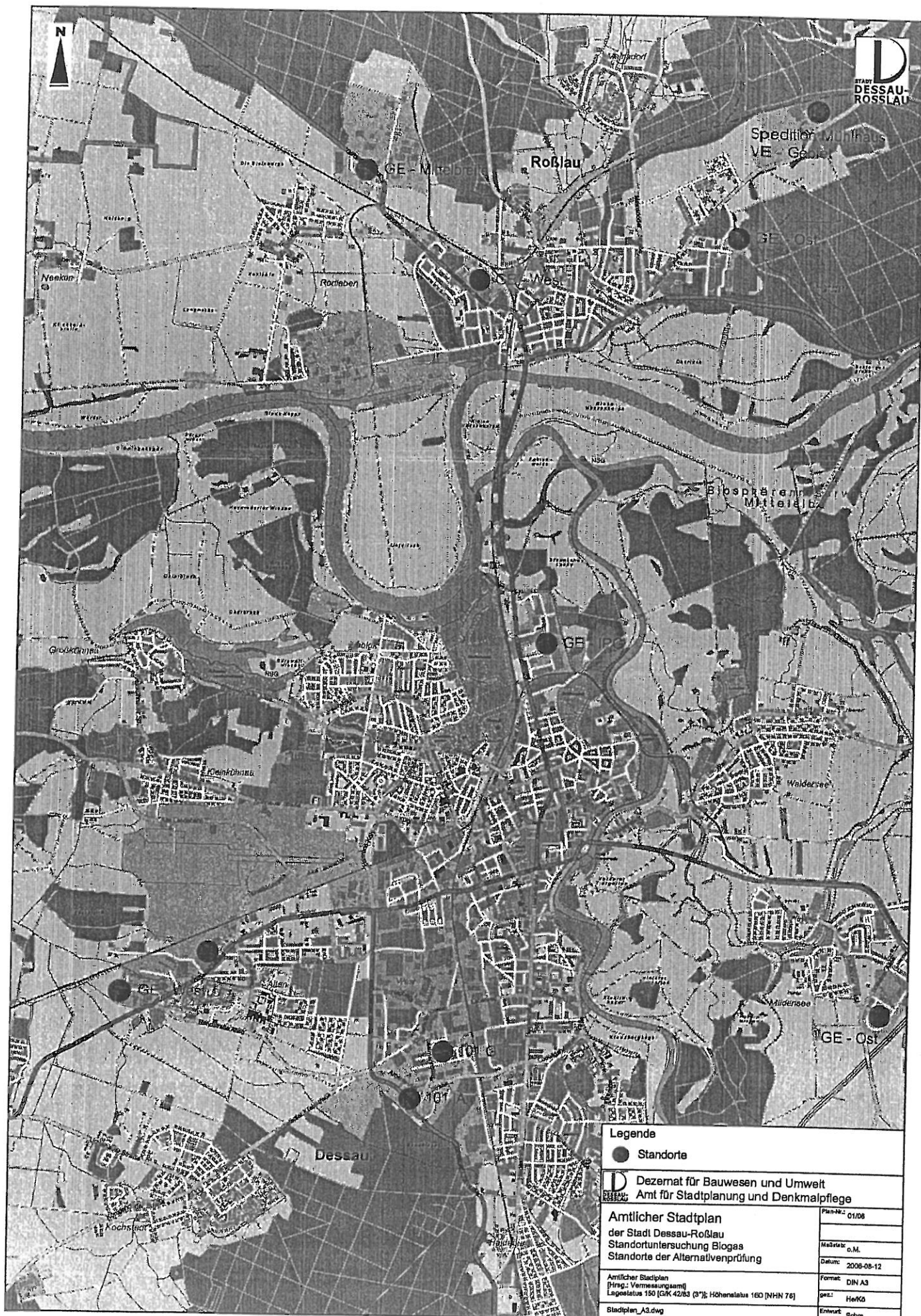
Untersuchung der Wirkzusammenhänge zur innermotorischen Beeinflussung

der Formaldehyd-Bildung und Darstellung der Einflussparameter

Die Gefahr, die aus dem Hühnerkot kommt

Unfälle an Biogasanlagen

Formaldehyd Erläuterungen zu den EEG 2009-Regelungen und dem zugehörigen LAI
Beschluss



Legende

● Standorte

D Dezernat für Bauwesen und Umwelt
 Amt für Stadtplanung und Denkmalpflege

Amtlicher Stadtplan
 der Stadt Dessau-Roßlau
 Standortuntersuchung Biogas
 Standorte der Alternativenprüfung

Amtlicher Stadtplan
 (Hrsg.: Vermessungsamt)
 Lagezustand 150 (GK 42/83 (3°)); Höhenzustand 160 (NNH 78)

Stadtplan_A3.dwg

Plan-Nr.: 01/08

Maßstab: o.M.

Datum: 2008-08-12

Format: DIN A3

gezeichnet: HeKG

Entwurf: Schm

"Wir haben die Vision integrativer, prosperierender, kreativer und zukunftsfähiger Städte und Gemeinden, die allen Einwohnerinnen und Einwohnern hohe Lebensqualität bieten und ihnen die Möglichkeit verschaffen, aktiv an allen Aspekten urbanen Lebens mitzuwirken".

Auszug aus den Aalborg Commitments, der Konferenzklärung der 4. Konferenz zukunftsbeständiger Städte und Gemeinden, Aalborg (Dänemark), 11. Juni 2004

Der Bauer hat's, der Tierarzt sieht's und die Politik verschweigt's

Zitat

»Wir kämpfen da 15 Jahre dagegen an, und das Einzige, was wir da kriegen, ist ein neues Sterben, neuer Betrieb, nächstes Sterben.«

Verdacht von Botulismus bei Rindern aufgrund der Anwendung von Gärprodukten?!

Der Fall eines Milchviehhalters aus Niedersachsen hatte bundesweit Wellen geschlagen und für hitzige Diskussionen gesorgt. Der Landwirt kämpft seit 2001 in seinem Milchviehbestand mit einer chronischen und sehr verlustreichen Erkrankung von Tieren, deren Ursache bis heute nicht endgültig geklärt werden konnte.

Die Symptome sind vielfältig: massive Stoffwechsel- und Fruchtbarkeitsprobleme, Apathie, Rückgang von Futteraufnahme und Leistung, Labmagenverlagerungen und Totgeburten. Ähnliche Berichte kommen aus Mecklenburg-Vorpommern und auch aus anderen Bundesländern. Viele Wissenschaftler und Tierärzte stehen dem Krankheitskomplex noch ratlos gegenüber.

Schnell bei der Hand war allerdings Professor Helge Böhnel mit einer Diagnose, die er auch gleich der Öffentlichkeit vorstellte. Der Wissenschaftler der Universität Göttingen behauptet, dass es sich bei den Bestandsproblemen um eine neuartige Form des Botulismus, dem so genannten „viszeralen“ Botulismus handelt. Dabei werde das Toxin vom Bakterium *Clostridium botulinum* im Gegensatz zum klassischen Botulismus erst im Darm der Tiere (viszeral) gebildet und sorge dort schleichend für eine Infektion.

Als Ursachen für die Darminfektion kommen für Böhnel neben verdorbener Silage und Geflügelkot auch die Ausbringung von Kompost, Klärschlamm oder von Gärrückständen aus Biogasanlagen in Frage. Letzteres wurde von einem Tierarzt vor Ort aufgegriffen, der den Verdacht äußerte, dass die Infektionen durch die von einer

Biogasanlage ausgebrachten Gärrückstände verursacht worden sein könnten. Und das ARD Fernsehen titelte in einem gleich reißerischen Beitrag: „Tote Rinder, kranke Menschen: Wie gefährlich ist das Bakterium *C. botulinum*?“

Mit seiner Theorie des „viszeralen“ Botulismus steht Böhnel in der Wissenschaft nun aber ziemlich allein da. Das Krankheitsbild ist wissenschaftlich nicht gesichert, heißt es in einer Stellungnahme des Bundesinstituts für Risikobewertung. Die Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft (DVG) schließt zwar nicht aus, dass es einen viszeralen Botulismus gibt – bewiesen sei dies jedoch nicht. „Die meisten Wissenschaftler schätzen dieses Thema als nicht sehr relevant ein. Sie waren daher bislang auch nicht bereit, ihre Forschungsanstrengungen darauf zu konzentrieren“, so Professor Klaus Doll, Leiter der DVG-fachgruppe Rinderkrankheiten.

Obwohl auch an den Rinderkliniken der Universität von Berlin und Hannover keine Forschung zum Thema betrieben wird, sind sich dort die Wissenschaftler ebenfalls einig, dass es keinen viszeralen Botulismus gibt. Begründung: Der Nachweis von Botulinum-Toxin im Darm reiche als Beleg für eine neuartige Erkrankung nicht aus, weil der Erreger *Clostridium botulinum* überall vorkomme.

Dass die Fütterung als Wegbereiter für den Krankheitskomplex eine große Rolle spielen kann, streitet keiner ab. Fütterungsberater und praktische Tierärzte diskutieren schon seit einiger Zeit über die mangelhafte Qualität des Grundfutters als Hauptursache. „Durch die hohe Schlagkraft bei der Silierung und den Einsatz des Futtermischwagens werden qualitativ bedenkliche Futterpartien wie z.B. Schimmelnester in der ganzen Hede verteilt und können dann in ganzen Tierbeständen zu Problemen führen.“

Insbesondere bei Regen sollte die Schnitthöhe angepasst werden, da die Grashalme im unteren Bereich oft schon verpilzt sind. Wachsende Betriebe denken auch oft nicht daran, mit dem neuen Stall auch die Silopläetze zu erweitern, so wird das Silo immer höher und der Vorschub reicht nicht aus. Nacherwärmung mit Schimmelbildung ist damit vorprogrammiert.

Auch beim Mähen getötete Rehe und Kitze gelangen z. T. in die Silage und bilden dort Infektionsherde. Da tierisches Eiweiß im Siliergut immer noch als die Hauptursache für den klassischen Botulismus gilt, müssen Wild- und Nagetiere im Mähgut unbedingt vermieden werden. Technische Lösungen an den Mähwerken wie Sensoren sind leider immer noch nicht praxisreif, moniert die Fachzeitschrift TOP-Agrar in diesem Zusammenhang in ihrer Ausgabe 4/2007 völlig zu recht.

Eingeschaltet in die Diskussion hat sich auch das Landeslabor Brandenburg in Potsdam, welches auf dem Gebiet der Botulismussforschung als internationale Kapazität gilt. In einer Antwort auf den o. g. Beitrag der ARD haben Prof. Dr. Körber und Dr. med. vet. habil. Köhler, der Leiter des Konziliarlabors für Clostridien, u. a. folgendes festgestellt:

„Dem Krankheitsbild Botulismus wird schon seit langer Zeit besondere Bedeutung in der veterinärmedizinischen Diagnostik gewidmet und unserer Landesuntersuchungsanstalt ist seit mehr als 30 Jahren auf diesem Gebiet wissenschaftlich tätig.

Botulismus ist eine fortschreitende Intoxikation durch die Neurotoxine von *Clostridium botulinum*. Die Vergiftung beginnt mit der Lähmung der Schluck-, Kau- und Augenmuskeln. Im zweiten Satz der o. g. Sendung „Sie (die Kuh) hat Lähmungserscheinungen, Verdauungsstörungen, gibt kaum noch Milch und magert ab, obwohl sie fressen kann“ wird klar, dass das aufgetretene Krankheitsbild bei den Rindern des Landwirts nichts mit Botulismus zu tun hat.

Die auf dieser Fehldiagnose aufbauenden Darlegungen sind weitgehend spekulativer Art. Weitere Erörterungen dürfen wir uns ersparen. Clostridien einschließlich *Clostridium botulinum* sind weltweit verbreitet und als natürlicher Bestandteil der Bodenmikroflora an der Zersetzung organischer Substanzen beteiligt. Die pathogene Wirkung des Erregers beruht auf dem Toxin, dessen Bildung an spezifische Bedingungen gebunden ist. In der Regel wird das Toxin in der Umwelt bzw. im Lebensmittel gebildet und oral aufgenommen. Der Erreger ist an der Umwelt angepasst. Seine optimale Temperatur liegt bei 20-30°C. Die Aufnahme des Erregers mit dem Futter ist deshalb, von Ausnahmesituationen abgesehen, ungefährlich. Im Verdauungskanal kann er sich nur unter sehr seltenen Ausnahmebedingungen, wie bei dem in der Sendung erwähnten „Infant Botulismus“ der Kleinkinder, ansiedeln und Toxine bilden.

Für die Diagnoseerstellung des Botulismus reicht der Nachweis des Erregers bzw. seines Toxinplasmids im Verdauungskanal nicht aus. Sein Nachweis beim Tier widerspiegelt nur die weite Verbreitung des Erregers in der Umwelt. Es handelt sich um diagnostische Grundlagenkenntnisse, die für viele Infektionskrankheiten zutreffen. Das seit einigen Jahren von Prof. Böhnel auf der Grundlage dieser Befunde kreierte Krankheitsbild des „Visceralen Botulismus“ ist unbewiesen.

Herr Prof. Helge Böhnel hat auch andere Krankheitsbilder und insbesondere den „Plötzlichen Kindstod“ von Babys mit ähnlichen diagnostischen Befunden auf

Botulismus zurückgeführt. Hierzu gab es 2001 eine gemeinsame Konferenz von Vertretern der Human- und Veterinärmedizin in Münster, auf der die Thesen von Herr Prof. Böhnel zum Botulismus als Ursache des plötzlichen Kindstods widerlegt wurden und er verwarnet wurde, mit ungenügend gesicherten Forschungsergebnissen an die Öffentlichkeit zu gehen.“

In 2001 hatte Prof. Böhnel auch schon einmal einen „Kompost-Alarm“ ausgelöst. Dort hatte er die Biotonne und deren Kompostierung als potentiellen Verursacher von Botulismus ins Visier genommen. Der Ausgang der Geschichte war vergleichbar mit dieser. Die Bundesgütegemeinschaft Kompost hatte seinerzeit umfangreiche Recherchen und Untersuchungen veranlasst und in einer Stellungnahme zusammengefasst, die unter www.kompost.de (Rubrik Info-Dienst/Info/Humuswirtschaft/01-1-015) noch eingesehen werden kann. (KE)

Warum Behörden nichts gegen die Ausbreitung bei Rindern und Menschen unternehmen Botulismus: Die verharmloste Krankheit

aus der Sendung vom Montag, 11.10.2010 | 21.15 Uhr | Das Erste

Familie Strosahl aus Schleswig-Holstein hat alles verloren. Der einstmalig florierende Milchviehbetrieb existiert nicht mehr. 850 Kühe und Kälber der Bauernfamilie sind an einer neuen Krankheit gestorben. Dem sogenannten Chronischen Botulismus. Das Bakterium *Clostridium Botulinum* soll dabei eine entscheidende Rolle spielen. Die Tiere nehmen große Mengen dieser Bakterien über das Futter auf und infizieren sich dann über den Kot gegenseitig damit.

Auch die Landwirte Heinrich und Heiko Strosahl sind daran erkrankt. Das bestätigt eine Untersuchung der Universität Hannover. Erstmals wird dadurch dokumentiert, dass diese Krankheitsbild auch Menschen treffen kann. Experten sind alarmiert, gehen davon aus dass sich die Krankheit massiv ausweitet. Schätzungen gehen von rund 1000 betroffenen Höfen aus. Politik und Behörden wiegeln ab. Man wisse noch nicht genug und müsse erst noch forschen bevor konkrete Maßnahmen eingeleitet werden könnten.

<p class="FlashError">Um diesen Beitrag abspielen zu können, müssen Sie Javascript in Ihrem Browser aktivieren. Vielen Dank!</p>



Botulismus: Die verharmloste Krankheit

Warum Behörden nichts gegen die Ausbreitung bei Rindern und Menschen unternehmen?!

Eine neue Rinderkrankheit breitet sich in Deutschen Milchviehbeständen aus. Tausende Kühe sind bereits daran gestorben. Erstmals wird die Krankheit jetzt auch bei landwirten festgestellt.

Report Mainz. 11.10.2010 | 6:21 min

Mehr im SWR:

- **☞ Gefährlicher Geflügel**<http://www.swr.de/report/-/id=233454/nid=233454/did=8621486/8krf6f/index.html>
- **☞ Online exklusiv: Massiver Antibiotika-Einsatz in der Massentierhaltung im Vergleich zur Biohaltung**<http://www.swr.de/report/-/id=233454/nid=233454/did=8621498/1q8d781/index.html>
- **☞ Biogasanlagen: Warum Hühnermist als Rohstoff gefährlich sein kann**<http://www.swr.de/report/-/id=233454/nid=233454/did=8154088/rh8fdi/index.html>
- **☞ Forscher kritisieren den leichtfertigen Umgang mit Biogas-Gärresten als Düngemittel: EHEC in Lebensmitteln**<http://www.swr.de/report/-/id=233454/nid=233454/did=7979436/1wmmnen/index.html>
- **☞ Tierquälerei bei Wiesenhof?**<http://www.swr.de/report/-/id=233454/nid=233454/did=5704260/12b5221/index.html>
- **☞ Neue Vorwürfe gegen Wiesenhof**<http://www.swr.de/report/-/id=233454/nid=233454/did=5793188/1lyakqz/index.html>
- **☞ Gequälte Kaninchen: Das jahrelange Versagen der Politik beim Tierschutz**<http://www.swr.de/report/-/id=233454/nid=233454/did=5994908/1sw2t4t/index.html>

Warum Behörden nichts gegen die Ausbreitung bei Rindern und Menschen unternehmen?!

Botulismus: Die verharmloste Krankheit

Moderation Fritz Frey:



Guten Abend zu REPORT MAINZ. In unserem ersten Beitrag berichten wir über eine weithin unbekannte Krankheit bei Milchkühen. Für die betroffenen Landwirte ist sie eine Heimsuchung biblischen Ausmaßes: Tiere sterben weg, Herden werden vernichtet.

Immer mehr Höfe im Land sind betroffen. Die Ursachen sind umstritten. Und als wäre dies nicht schon schlimm genug, auch der Mensch kann krank werden. Wer hilft? Wohin man schaut – Schulterzucken. Fachleute forschen. Behörden blocken ab. Monika Anthes und Adrian Peter mit den Details.

Bericht:

Für Heinrich und Heiko Strohsahl ist es schwer hierher zurückzukehren. Viele Jahre haben sie auf diesem Hof mit ihren Eltern Milchvieh gehalten. Doch 2007 wurden ihre Kühe krank. In nur zwei Jahren haben sie die komplette Herde verloren.

O-Ton. Heiko Strohsahl, Landwirt:



»Ja, man war ja hilflos zuletzt. Man hat das alles so miterlebt, wie die Tiere einem unter der Hand weggestorben sind und deswegen habe ich ein ganz unwohles Gefühl hier noch zu sein.«

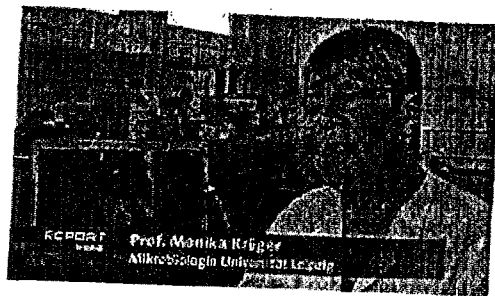
Aufnahmen aus guten Zeiten. Rund 1000 Tiere hatten die Strohsahl an vier Standorten. Eine eigene Zucht mit ausgezeichneter Milchqualität. Nach Ausbruch der Krankheit sah das anders aus.

Dieses Video zeigt die Herde im Februar 2009. Die meisten Tiere sind schwer erkrankt, können nicht mehr aufstehen. Woran die Tiere litten, konnte den Strohsahl lange niemand sagen. Erst umfangreiche Untersuchungen an der Tierklinik der Universität Leipzig brachten Klarheit.

Für Prof. Monika Krüger steht fest: Bakterien haben die Kühe krank gemacht. Insbesondere das sogenannte Clostridium Botulinum. Dieses Bakterium produziert ein sehr starkes Gift.

Die Tiere haben wahrscheinlich über das Futter große Mengen dieser Bakterien aufgenommen und sich dann über den Kot gegenseitig damit angesteckt. Die Krankheit wird auch als chronischer Botulismus bezeichnet.

O-Ton. Prof. Monika Krüger, Mikrobiologin, Universität Leipzig:



»Diese Erkrankung stellt sich als ein seuchenhaftes Geschehen dar. Und man sieht hier sehr gut, dass die Tiere apathisch sind. Sie sehen diese eine Kuh hier im Video, die nicht aufstehen kann, weil sie dazu nicht mehr in der Lage ist, weil die Muskulatur gelähmt ist.«

Für die Wissenschaftlerin also ganz klar ein seuchenhaftes Geschehen. Doch davon will das zuständige Veterinäramt nichts wissen. Botulismus zähle nicht zu den offiziell anerkannten Tierseuchen.

850 Kühe und Kälber verenden qualvoll oder müssen getötet werden. Dann der nächste Schock: Auch die Landwirte erkrankten schwer.

O-Ton. Heinrich Strohsahl, Landwirt:



»Man konnte null. Also man konnte nicht mehr richtig essen. Das war gar nichts mehr, es ging nichts mehr. Auch nicht mehr richtig sprechen. Das war im Grunde, konnte man vergessen.«

O-Ton, Heiko Strohsahl, Landwirt:

»Abends, wenn man zur Ruhe kam, hatte ich oft, dass ich dann, dass auf einmal meine Muskeln anfangen, sich zu bewegen, dass ich Zuckungen in den Beinen bekam. Als wenn die Muskeln nachts oder abends, wenn man zur Ruhe kommt, anfangen zu arbeiten.«

Heinrich und Heiko Strohsahl litten an der gleichen Krankheit wie ihre Rinder. Das bestätigt Prof. Dirk Dressler von der Medizinischen Hochschule Hannover. Auf einer Tagung stellt er seine Untersuchung vor. Erstmals konnte der Mediziner nachweisen, dass die Krankheit auch auf die Menschen übergeht.

O-Ton, Prof. Dirk Dressler, Botulinum-Experte, Medizinische Hochschule Hannover:



»Die Landwirte, die wir untersuchen konnten, hatten Beschwerden, die typisch sind für eine Vergiftung mit Botulinumtoxin. Auf der einen Seite gab es Störungen des motorischen Systems: Schwächegefühle in den Armen, in den Beinen, im Gesichtsbereich und es gab Ausfälle des vegetativen Nervensystems, Blasenstörungen, Störungen der Pupillenmotorik, Mundtrockenheit, Trockenheit im Augenbereich.«

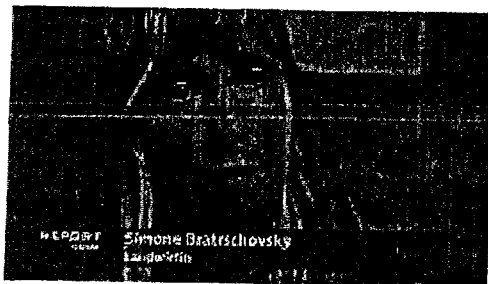
Krank und finanziell ruiniert. Die Existenz der gesamten Familie Strohsahl ist vernichtet. Weil die Krankheit nicht als Seuche anerkannt wird, gibt es keine staatliche Hilfen und keine Schutzmaßnahmen nach dem Tierseuchengesetz.

Dabei bricht die Krankheit in immer mehr Milchviehbetrieben aus. Experten schätzen, dass bundesweit bereits rund 1.000 Betriebe davon betroffen waren. Vor allem in Norddeutschland.

So auch das Ehepaar Bratschovsky und Klaus Woldmann aus Mecklenburg-Vorpommern.

Auch sie haben ihre kompletten Herden durch die Krankheit verloren. Fotos von den erkrankten Kühen, toten Kälbern.

O-Ton, Simone Bratschovsky, Landwirtin:



»Dass keine Hilfe kommt. Du stehst wirklich alleine. Du musst da sehen wie Du da durchkommst mit deinen Kindern und auch mit den Tieren. Das ist ja auch ein Anblick, den kann man sich nicht vorstellen, was wir da die Jahre durchgemacht haben. Wie die Tiere da jämmerlich verendet sind.«

O-Ton, Niels Bratschovsky, Landwirt:

»Hier, auf unserem Hof, sind über 850 Kühe zu Tode gekommen. Bei anderen sind es über 1.000 gewesen. Und dann kann man nicht sagen: ‚Das ist ja nicht so schlimm.‘ Und das sind keine Massen... Wo fängt denn die Masse an?«

Tausende Kühe sterben, Landwirte werden krank und die Behörden schauen zu. Kann das sein? Nachfrage bei den zuständigen Landwirtschaftsministern auf der Agrarministerkonferenz in Lübeck am vergangenen Freitag.

Frage: Die Tiere sterben, Menschen werden krank. Es werden keine Seuchenmaßnahmen eingeleitet. Können Sie das verantworten?

O-Ton, Dr. Juliane Rumpf, Landwirtschaftsministerin Schleswig-Holstein:



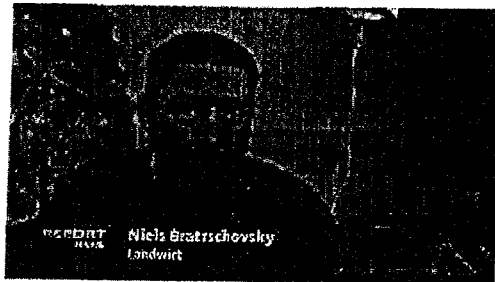
»Wir haben ja schon deutlich gemacht, dass wir erhebliche Arbeiten leisten, um den Landwirten zu helfen, indem unsere Fachleute zusammenkommen, indem wir uns dafür einsetzen, dass weitere Forschungsarbeiten durchgeführt werden. Bevor wir nicht wissen, worauf diese Krankheit zurückzuführen ist, können wir keine konkreten Maßnahmen ergreifen.«

Doch schon seit rund 15 Jahren wird geforscht, ohne greifbares Ergebnis. In den Ohren der betroffenen Bauern klingen die Beschwichtigungen der Politiker wie Hohn.

O-Ton Heiko Strohsahl, Landwirt:

»Es kann ja nicht sein, dass der Bauer warten muss, bis seine Tiere erst mal verrecken, um ein Ergebnis zu haben, das kann nicht angehen.«

O-Ton, Niels Bratrschowsky, Landwirt:



»Wir kämpfen da 15 Jahre dagegen an, und das Einzige, was wir da kriegen, ist ein neues Sterben, neuer Betrieb, nächstes Sterben.«

Clostridium botulinum in Milchviehbetrieben

Clostridium botulinum, der Erreger von Botulismus, ist weit verbreitet und gelegentlich auch im Magen-Darm-Trakt völlig gesunder Rinder nachzuweisen. Ziel von Untersuchungen der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft in Zusammenarbeit mit der Universität Leipzig war es, Nachweisverfahren zu entwickeln, die es erlauben, **Clostridium botulinum** sowie deren Toxine mit vertretbarem Aufwand und ausreichender Sicherheit in einer Vielzahl von Proben zu untersuchen.

Weitere News zu
den Themen: **El
clostridien rinder
botulismus gülle
mist boden
futter silage silo**

Mit Hilfe dieser neuen Testverfahren wurde anschließend geprüft, ob ein Kreislauf "Tier - Gülle/Mist - Boden - Pflanze - Futtermittel/Silage - Tier" für die Verbreitung von **C. botulinum** besteht. In fünf sächsischen Milchviehbetrieben wurden Proben von Darminhalt, Kot, Futtermitteln, Blut und Boden untersucht. In allen Materialien konnten mit den neuen Nachweismethoden Clostridien nachgewiesen werden.

In allen 35 untersuchten Bodenproben wurden Toxine von **C. botulinum** gefunden. Insbesondere auf Böden, die mit fäkalien gedüngt werden, muss mit dem Vorkommen von **C. botulinum** gerechnet werden. In ungestörten Ökosystemen ist die Wahrscheinlichkeit groß, dass **C. botulinum** durch Bodenmikroorganismen abgebaut werden. Mit Gülle oder Mist gedüngte Flächen sollten dagegen eingehender untersucht werden. Auch Wildschweine und andere Wildtiere können Futterflächen kontaminieren. Die Gefahr, dass Feldfutter belastet ist, ist dagegen geringer. Von 49

Ihre Suchanfrage
nach dem Begriff
"Gülle" erzielte im
Bereich
"Tiergesundheit
aktuell - TV"
folgende
Ergebnisse:

Schweine.

10.05.2012



**Seuchenhygienische
Risiken von Gülle
und Gärresten**

Rinder. 10.05.2012

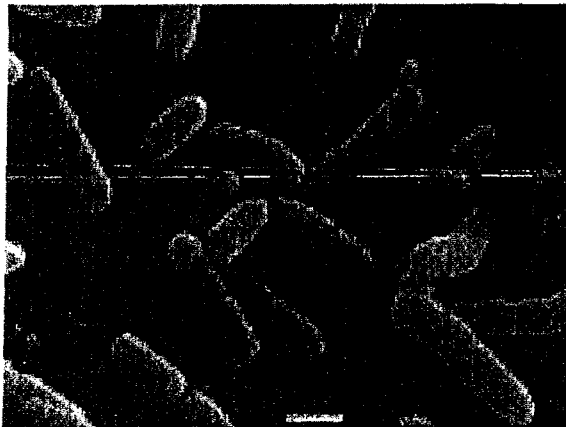


**Seuchenhygienische
Risiken von Gülle
und Gärresten**

"Wir haben die Vision integrativer, prosperierender, kreativer und zukunftsfähiger Städte und Gemeinden, die allen Einwohnerinnen und Einwohnern hohe Lebensqualität bieten und ihnen die Möglichkeit verschaffen, aktiv an allen Aspekten urbanen Lebens mitzuwirken".

Auszug aus den Aalborg Commitments, der Konferenzklärung der 4. Konferenz zukunftsbeständiger Städte und Gemeinden, Aalborg (Dänemark), 11. Juni 2004

EHEC (Hämolytisch Urämisches Syndrom, HUS, STEC, YTEC)



EHEC - Enterohämorrhagische Escherichia coli

Enterohämorrhagische *Escherichia coli* (EHEC) kommen natürlicherweise im Darm von Wiederkäuern vor und werden mit dem Kot der Tiere ausgeschieden. Sie können direkt oder indirekt vom Tier auf den Menschen übertragen werden und Krankheiten auslösen. Somit gehören sie zu den zoonotischen Krankheitserregern.

EHEC-Infektionen treten weltweit auf. In Deutschland werden durchschnittlich pro Jahr etwa 900 Erkrankungen gemeldet, die durch EHEC-Bakterien ausgelöst werden: Das sind deutlich weniger Fälle als beispielsweise durch Salmonellen oder *Campylobacter* verursacht werden.

EHEC-Infektionen können mit einem schweren Krankheitsverlauf verbunden sein und zu lebenslangen Spätschäden (zum Beispiel Bluthochdruck oder Niereninsuffizienz) mit möglicherweise tödlichem Ausgang führen. Daher gehören EHEC-Bakterien zu den bedeutendsten Ursachen für bakterielle Infektionen, die über Lebensmittel übertragen werden können.

Presseinformation REPORT MAINZ

Gesundheitsgefahr durch EHEC in Biogasanlagen
Experten warnen: EHEC kann sich in Biogasanlagen vermehren
Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährung (AGES):
Unter den organischen Düngemitteln haben Gärreste höchstes EHEC-Belastungsrisiko

Immer mehr Experten warnen vor einer möglichen Gesundheitsgefahr durch EHEC-Keime in Biogasanlagen. Das berichtet das ARD-Politikmagazin REPORT MAINZ. Hintergrund ist, dass viele Biogasanlagen Gülle von Rindern verwerten und damit auch mögliche Krankheitserreger aufnehmen. Viele Anlagen werden bei Temperaturen zwischen 30 und 40 Grad betrieben. Experten sind sich einig, dass dabei keine umfassende Hygienisierung stattfindet. Henriette Mietke-Hofmann, Expertin in der Abteilung Mikrobiologie in der Staatlichen Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft in Dresden, geht sogar davon aus, dass sich die Gefahr erhöht. Gegenüber REPORT MAINZ sagte sie: „EHEC ist eine besondere Form von E-Coli und E-Coli ist ein ganz normaler Darmerreger, der in der Gülle vorhanden ist und der sich unter anaeroben Bedingungen, unter Luftabschluss vermehren kann. Bei 37 Grad fühlt sich der Erreger sehr wohl. Er vermehrt sich und stirbt nicht ab.“ Gärreste werden auch in Österreich nimmt man das Problem ernst. Erwin Pfundtner, stellvertretender Abteilungsleiter Düngemittelüberwachung bei der Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit (AGES) in Wien, sagte dem Magazin: „Unter den organischen Düngemitteln haben Gärreste sicher das höchste Belastungsrisiko mit EHEC Keimen. Wenn belastete Gärreste unsachgemäß ausgebracht werden, dann kann das eine große Gefahr für den Menschen darstellen.“ Anders als in Deutschland gehen die Behörden in Österreich deshalb gezielt gegen den Erreger in Biogasanlagen vor. Seit 2010 ist gesetzlich vorgeschrieben, dass Gärreste, die in Verkehr gebracht werden, durch unangekündigte Kontrollen stichprobenartig auf EHEC-Keime untersucht werden. Pfundtner: „Für uns war wichtig: Wenn Gärreste als Düngemittel in Verkehr gebracht werden dürfen, dass wir dann auch geeignete Maßnahmen haben, die sicherstellen, dass keine Gefahr für Tier, Mensch und Pflanzen entstehen, auch in Zusammenhang mit pathogenen Keimen wie EHEC. Durch die aktuelle Entwicklung sehen wir uns bestätigt.“

Die Biogasbranche sieht hingegen keine Gesundheitsgefahr durch Biogasanlagen. Josef Pellmeyer, Präsident des Fachverbandes Biogas, sagte REPORT MAINZ: „Gülle ist der ideale Ausgangsstoff. Durch das Vergären in der Biogasanlage ist er schon stückweit hygienisiert, stückweit keimfreier gemacht.“

Die Seuche belastet Krankenhäuser auch finanziell

Aufgrund der EHEC-Belastung kommt es in Krankenhäusern auch zu finanziellen Überlastungen. Kiel und Lübeck stark betroffen.

Kiel/Lübeck. Die EHEC-Krise ist nicht nur eine menschliche Tragödie, sie hat offensichtlich auch schwerwiegende finanzielle Folgen. Besonders betroffen ist Schleswig-Holstein und das Universitätsklinikum mit seinen Standorten Kiel und Lübeck: "Wir rechnen damit, dass uns diese Krise Millionen kosten wird", sagte Pressesprecher Oliver Grieve. Die Ärzte behandelten bis zu 200 EHEC-Erkrankte und an die 100 Patienten mit der schweren Komplikation HUS zu den Spitzenzeiten der Erkrankung. "Für uns hatte natürlich ungeachtet aller finanziellen Belastungen das Leben der Menschen und die Versorgung der Patienten aus Schleswig-Holstein und Hamburg absolute Priorität", sagte Grieve.

Links

- Dossier: EHEC-Erreger befällt Tausende in Deutschland
- Kommentar: Nicht nur an den Export denken
- EHEC: Nach Labortests: Spanien verlangt wieder Handel mit Gurken
- EHEC: "Handelskrieg" um Gurken: Spanier sauer auf Deutschland
- EHEC-Krise verschärft sich: Bayern bleiben auf ihrem Gemüse sitzen

Doch die Vergütung der vielen Überstunden, die Verschiebung von Operationen, die Umwandlung von Privat- in Isolationsstationen, extrem teure Medikamente, der Zukauf von Blutplasma und andere Faktoren kosten das zweitgrößte Uni-Klinikum in Deutschland sehr viel Geld. Eine genaue Summe ist allerdings nicht bekannt. "Wir sind sehr dankbar dafür, dass wir als landeseigener Maximalversorger nicht die Interessen von Aktionären berücksichtigen müssen und uns auf die Gesundheit der Patienten konzentrieren können", sagte Grieve vor dem Hintergrund von Privatisierungsplänen der schwarz-gelben Landesregierung. Im Uni-Klinikum arbeiten insgesamt 11 000 Mitarbeiter, darunter 2000 Ärzte und Wissenschaftler sowie rund 4000 Pflegekräfte.

Zur Gewährleistung der Versorgung von EHEC-Patienten, musste das Uni-Klinikum einnahmeträchtige Privatstationen in Isolationsstationen umwandeln. Das bedeutet rein finanziell große Verluste. Ein weiterer Kostenfaktor stellt das Pflegepersonal dar: Ärzte, Schwestern, Pfleger und Putzfrauen haben nahezu rund um die Uhr gearbeitet. "Das muss selbstverständlich vergütet werden", sagte der Sprecher des Klinikums. Da zudem das Lager für Plasmareserven innerhalb weniger Tage leer gelegt war, musste in Süddeutschland Nachschub geordert werden. Auch die – hochwillkommene – Hilfe von Spezialisten aus anderen Bundesländern kostet Geld.

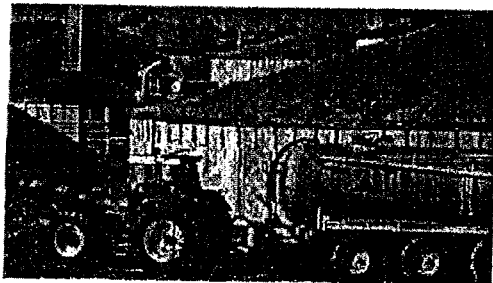
Bundesgesundheitsminister Daniel Bahr (FDP) erklärte derweil in Berlin, dass die Krankenhäuser mit den Mehrkosten für die Behandlung nicht alleingelassen werden. Die schon jetzt bestehenden gesetzlichen Regelungen bieten finanziell stark belasteten Kliniken die Möglichkeit, zusätzliche Vergütungen zu beantragen. Das Uni-Klinikum Schleswig-Holstein betont hingegen, dass das geltende Vergütungssystem für die Kliniken nicht für die Behandlung hochkomplexer Krankheiten wie im Falle EHEC lauge. Auch seien sie nicht für Krisensituationen ausgelegt. "Im Falle einer Krise kann es nicht sein, dass Mengenabschläge jene treffen, die das Ausmaß einer solchen Epidemie in den Griff bekommen müssen, um eine Katastrophe zu verhindern", sagt Grieve.

von Landwirten häufig als Düngemittel auf die Felder gebracht. Seite 2 von 2

(abendblatt.de/dpa)

Gesundheitsgefahr durch EHEC in Biogasanlagen

Experten warnen: EHEC kann sich in Biogasanlagen vermehren



• **+** In Biogasanlagen können sich Ehec-Keime vermehren.

Mainz. Immer mehr Experten warnen vor einer möglichen Gesundheitsgefahr durch EHEC-Keime in Biogasanlagen. Das berichtet das ARD-Politikmagazin REPORT MAINZ.

Hintergrund ist, dass viele Biogasanlagen Gülle von Rindern verwerten und damit auch mögliche Krankheitserreger aufnehmen. Viele Anlagen werden bei Temperaturen zwischen 30 und 40 Grad Celsius betrieben. Experten sind sich einig, dass dabei keine umfassende Hygienisierung stattfindet. Henriette Mietke-Hofmann, Expertin in der Abteilung Mikrobiologie in der Staatlichen Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft in Dresden, geht sogar davon aus, dass sich die Gefahr erhöht. Gegenüber REPORT MAINZ sagte sie: "EHEC ist eine besondere Form von E-Coli und E-Coli ist ein ganz normaler Darmerreger, der in der Gülle vorhanden ist und der sich unter anaeroben Bedingungen, unter Luftabschluss vermehren kann. Bei 37

Grad Celsius fühlt sich der Erreger sehr wohl. Er vermehrt sich und stirbt nicht ab." Gärreste werden von Landwirten häufig als Düngemittel auf die Felder gebracht.

Auch in Österreich nimmt man das Problem ernst. Erwin Pfundtner, stellvertretender Abteilungsleiter Düngemittelüberwachung bei der Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit (AGES) in Wien, sagte dem Magazin: "Unter den organischen Düngemitteln haben Gärreste sicher das höchste Belastungsrisiko mit EHEC Keimen. Wenn belastete Gärreste unsachgemäß ausgebracht werden, dann kann das eine große Gefahr für den Menschen darstellen."

Anders als in Deutschland gehen die Behörden in Österreich deshalb gezielt gegen den Erreger in Biogasanlagen vor. Seit 2010 ist gesetzlich vorgeschrieben, dass Gärreste, die in Verkehr gebracht werden, durch unangekündigte Kontrollen Stichprobenartig auf EHEC-Keime untersucht werden. Pfundtner: "Für uns war wichtig: Wenn Gärreste als Düngemittel in Verkehr gebracht werden dürfen, dass wir dann auch geeignete Maßnahmen haben, die sicherstellen, dass keine Gefahr für Tier, Mensch und Pflanzen entstehen, auch in Zusammenhang mit pathogenen Keimen wie EHEC. Durch die aktuelle Entwicklung sehen wir uns bestätigt."

Die Biogasbranche sieht hingegen keine Gesundheitsgefahr durch Biogasanlagen. Josef Pellmeyer, Präsident des Fachverbandes Biogas, sagte REPORT MAINZ: "Gülle ist der ideale Ausgangsstoff. Durch das Vergären in der Biogasanlage ist er schon Stückweit hygienisiert, Stückweit keimfrei gemacht."

Forscher kritisieren den leichtfertigen Umgang mit Biogas-Gärresten als Düngemittel EHEC in Lebensmitteln

aus der Sendung vom Montag, 6.6.2011 | 21.45 Uhr | Das Erste

Biogasbauern versprechen risikolose Energie. In ihren Anlagen vergären sie Rindergülle und Hähnchenmist zu Biogas. Von der Politik werden sie dafür massiv gefördert. Doch sind Biogasanlagen tatsächlich völlig risikolos? Experten haben immer mehr Zweifel. In Biogasanlagen mit Prozesstemperaturen zwischen 30 und 40 Grad fühlen sich krankmachende Erreger wie Salmonellen und EHEC wohl.

Forscher kritisieren den leichtfertigen Umgang mit Biogas-Gärresten als Düngemittel

In keinem anderen Land Europas stehen so viele Biogasanlagen wie in Deutschland. Doch jetzt warnen Forscher, dass sich beim Gärprozess krankmachende Keime wie Salmonellen und EHEC vermehren können.

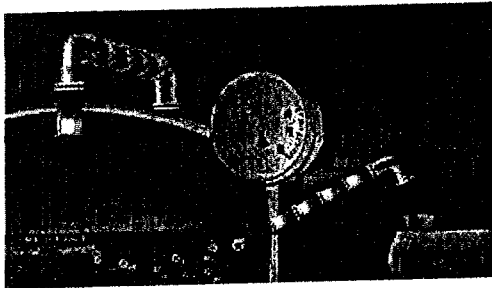
Henriette Mietke-Hofmann von der staatlichen Düngemittelüberwachung Sachsen warnt: „Die Keime können sich dort vermehren, sterben in keinem Fall ab.“ Mit den Gärresten gelangen die Keime auf die Felder. Darin steht auch Erwin Pfundtner, von der österreichischen Agentur für Gesundheits- und Ernährungssicherheit ein Problem: „Wenn belastete Gärreste unsachgemäß ausgebracht wird, dann kann das eine große Gefahr für den Menschen darstellen.“ Anders als in Deutschland werden in Österreich deshalb Gärreste regelmäßig auf Salmonellen oder EHEC untersucht.

Warum Hühnermist als Rohstoff gefährlich sein kann

Biogasanlagen vergären Rohstoffe aus der Landwirtschaft. Doch Experten warnen: Neben Rindergülle kann vor allem die Verwertung von Hühnermist problematisch sein. Denn dort landen immer wieder auch Tierkadaver.

EHEC in Lebensmitteln

Die Frage, wo er denn nun genau herkommt, der lebensgefährliche Darmkeim EHEC, ist noch immer nicht abschließend geklärt. Fest steht, dass mittlerweile über 1.500 Patienten an EHEC erkrankt sind, fast die Hälfte davon leidet an der besonders gefährlichen Variante des Keims, die zu akutem Nierenversagen führen kann. 21 Todesopfer sind zu beklagen. Gute Nachrichten hören sich anders an.



• Biogasanlage

Bei unseren Recherchen zum Thema sind wir auf sogenannte Biogas-Anlagen gestoßen. Experten hatten Monika Anthes und Eric Beres darauf hingewiesen, dass diese Anlagen beste Voraussetzungen für Keime jeglicher Art böten. Eine Spurensuche zwischen Hightech-Laboren und Hühnerställen.

Bericht:

100.000 Masthähnchen und mit dem Hühnermist dann die eigene Biogasanlage betreiben - immer mehr Bauern, so wie Hubert Taubenheim, setzen auf dieses Geschäftsmodell, versprechen risikolose Energie, alles rein biologisch:



Q+ Hubert Taubenheim, Biogasbauer

O-Ton, Hubert Taubenheim, Biogasbauer:

»Ich sehe die Sache auch ja so. In dieser Anlage da geht Natur rein und kommt Natur wieder raus. Die Anlage strahlt nicht.«

Biogas als saubere Alternative - an diesem Boom wollen viele mitverdienen. Die Anzahl der Anlagen steigt stetig. In ganz Europa sind es derzeit 7.500, allein rund 6.000 davon stehen in Deutschland.



Q+ Gärreste aus Biogasanlagen auf den Feldern

Der Mist von Hühnern und die Gülle von Rindern wird in den Biogasanlagen vergoren. Was bei diesem Prozess übrig bleibt landet als sogenannter Gärrest wieder auf den Feldern. Drohen so Gesundheitsgefahren? Können so Krankheitskeime wie Salmonellen oder EHEC verbreitet werden?

Nachfrage bei Biogasbauer Hubert Taubenheim: Frage: Wenn da jetzt zum Beispiel irgendwie ein Krankheitserreger drin wäre oder so, wie wäre das?

O-Ton, Hubert Taubenheim, Biogasbauer:

»Ich habe 40 Grad Wärme da drin, ich weiß nicht, ob die abgetötet werden, kann ich so nicht sagen. Da müssen Sie spezielle Leute fragen, sage ich mal so. Da kann ich weiter nichts zu sagen.«

Wir treffen Henriette Mietke-Hofmann. Sie arbeitet in der staatlichen Düngemittelüberwachung in Sachsen und beschäftigt sich seit Jahren mit Krankheitskeimen in Biogasanlagen. Dabei hat sie alarmierende Beobachtungen gemacht.



Henriette Mietke-Hofmann, Staatl.

Düngemittelkontrolle Sachsen

O-Ton. Henriette Mietke-Hofmann, Staatl. Düngemittelkontrolle Sachsen:

»Wir finden Salmonellen sehr häufig in den Biogasanlagen. Immer wieder auch in der Nachkontrolle. Das sagt mir, dass sich die Keime dort vermehren können, in keinem Falle absterben.«

Der Grund: Gülle wird in der Regel nicht erhitzt, bevor sie in die Biogasanlage kommt. Mögliche Krankheitskeime werden also nicht vorsorglich abgetötet. Außerdem werden Hühnermist und Rindergülle in der Regel zusammen mit Mais in Anlagen mit niedrigen Gärtemperaturen bei gerade mal 30 bis 40 Grad vergoren. Viele Krankheitserreger wie zum Beispiel EHEC können diese Temperaturen überleben.

O-Ton. Henriette Mietke-Hofmann, Staatl. Düngemittelkontrolle Sachsen:

»EHEC ist eine besondere Form von Escherichia Coli. Escherichia Coli ist ein ganz normaler Darmerreger, der natürlich in der Gülle vorhanden ist. Der sich unter anaeroben Bedingungen, das heißt, unter Bedingungen des Luftabschlusses, vermehren kann. Und dazu kommt, dass er sich im Bereich um 37 Grad besonders wohl fühlt.«

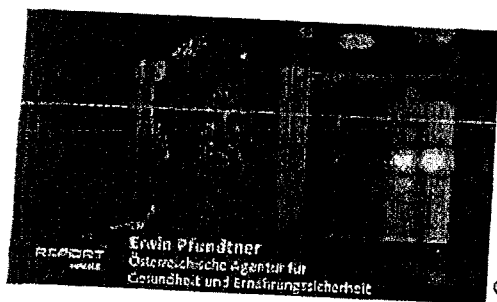
Biogasanlagen sind demnach häufig wahre Brutstätten für Krankheitserreger. Und Gärreste sind auch gefährlicher als Gülle, davon ist Henriette Mietke-Hofmann überzeugt.

O-Ton. Henriette Mietke-Hofmann, Staatl. Düngemittelkontrolle Sachsen:

»Ich sehe in meiner täglichen Arbeit häufig den Unterschied darin, dass in einer Gülle die Keime viel, viel besser abgebaut werden, es findet eine Selbsthygienisierung statt, die im Gärrest so nicht erfolgt.«

Werden die Gärreste auf die Felder gebracht, dann können Krankheitkeime in die Nahrungskette gelangen.

Dieses Risiko nimmt man in Österreich inzwischen sehr ernst. Wien, die Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit. Auch hier untersuchen Experten im Auftrag des Staates die Biogasgülle, also die Gärreste. Auch hier ist man sich sicher: Gärreste können krank machen.



Q+ Erwin Pfundtner, Österreichische Agentur für

Gesundheit und Ernährungssicherheit

O-Ton. Erwin Pfundtner, Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit:

»Unter den organischen Düngemitteln hat die Biogasgülle sicher das höchste Belastungsrisiko mit EHEC-Keimen.«

Frage: Ist das eine potentielle Gefahr für den Menschen auch?

O-Ton. Erwin Pfundtner, Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit:

»Natürlich, wenn belasteter Wirtschaftsdünger oder Biogasgülle unsachgemäß ausgebracht wird, dann kann das eine große Gefahr für den Menschen darstellen.«

Und deshalb hat Österreich im vergangenen Jahr strenge Gesetze für die Nutzung von Gärresten als Düngemittel erlassen.

Gärreste müssen regelmäßig auf sechs Krankheitserreger getestet werden, darunter auch EHEC.

Und wie ist es in Deutschland? Bisher hat die Politik den Ausbau der Biogasbranche stark subventioniert und will sie auch in Zukunft massiv fördern. Gesundheitsschutz

spielt dabei kaum eine Rolle. Soll sich das jetzt ändern? Darüber hätten wir gerne mit Bundeslandwirtschaftsministerin Ilse Aigner gesprochen. Doch ein Interview lehnt sie ab. Und auch aus ihrem Ministerium bekommen wir keine Antworten auf unsere konkreten Fragen.

Die Idee von der risikolosen Energiegewinnung aus Mist und Gülle. Angesichts neuer Erkenntnisse bestehen daran massive Zweifel. Jetzt sollte die Politik die Hygienevorschriften für Biogasanlagen überprüfen und die Kontrollen verschärfen

Faktorenkrankheit ?

Monokausale Erkrankung ?

Was bedeutet der Ausdruck „monokausale Erkrankung“?

- Krankheitserregerart, z.B. Bakterienart führt nach Infektion 100% zur Erkrankung.

Aber: Krankheit = Erreger / Erreger ≠ Krankheit

- Fast alle Erkrankungen (Ausnahme sind z.B. einige Viruserkrankungen – MKS, Ebola, HIV, neue Grippeviren) sind mind. „bikausal“
 - Immunsystem entscheidet über klinische Erkrankung („was Robert Koch noch nicht wusste“) > Koch – Henlesche Postulate Mitte 19.Jh.: Definition eines Krankheitserregers = Isolation des Erregers und Infektion eines gesunden Organismus führt wieder zur gleichen Erkrankung !?(Robert Koch kannte noch nicht das Immunsystem!)
- Ein weiterer wichtiger Faktor: Infektionsdruck!

Immunsystem !!!

Wird von vielen Faktoren beeinflusst: (Multikausal mit vielen Faktoren)

- Ernährungs-(Stoffwechsel-)zustand > Neg. Energiebilanz, Metabolisches Syndrom
- Darmflora > Ischämie und Dystonie peripartal
 - > TS-Ration – Laktationsration
- Exposition („Die Dosis macht das Gift“) > „begüllte“ Grassilage
- Mehrfachinfektionen (BVD, BHV 1)
- Stress
- Organkrankheiten (Leber, Knochenmark)
- Medikamentelle Therapie

... Jungtiere, Hochleistungstiere !

"Wir haben die Vision integrativer, prosperierender, kreativer und zukunftsfähiger Städte und Gemeinden, die allen Einwohnerinnen und Einwohnern hohe Lebensqualität bieten und ihnen die Möglichkeit verschaffen, aktiv an allen Aspekten urbanen Lebens mitzuwirken".

Auszug aus den Aalborg Commitments, der Konferenzklärung der 4. Konferenz zukunftsbeständiger Städte und Gemeinden, Aalborg (Dänemark), 11. Juni 2004

1 Formaldehyd aus Biogasanlagen

Nach dem derzeitigen Stand der Technik scheint es nicht möglich, einen Grenzwert von $60\text{mg/m}^3\text{N}$ Formaldehyd innermotorisch ohne Abgasnachbehandlung bei allen Randbedingungen sicher zu erreichen, ohne entweder unzulässig hohe Mengen an Stickoxiden zu emittieren oder einen um etwa 10% erhöhten Brennstoffverbrauch, bezogen auf den Punkt maximalen Wirkungsgrades, in Verbindung mit drastisch erhöhten thermischen Belastungen einzelner Motorbauteile akzeptieren zu müssen.

2 Toxische Eigenschaften

2.1 Akute Toxizität

Formaldehyd kann bei unsachgemäßer Anwendung Allergien, Haut-, Atemwegs- oder Augenreizungen verursachen. Akute Lebensgefahr (toxisches Lungenödem, Pneumonie) besteht ab einer Konzentration von 30 ml/m^3 . Bei chronischer Exposition ist es karzinogen und beeinträchtigt zudem das Gedächtnis, die Konzentrationsfähigkeit und den Schlaf.^[11]

Die meisten Vergiftungen treten nicht durch direkten Kontakt mit Formaldehyd auf, sondern durch das Trinken von Methanol in minderwertigen Alkoholgetränken. Dabei wandelt sich das Methanol im Körper zunächst durch Alkoholdehydrogenase in Formaldehyd, dann schnell durch Aldehyddehydrogenasen in Ameisensäure um. Diese wird nur langsam metabolisiert und kann zur Azidose führen. Formaldehyd selbst denaturiert besonders leicht Netzhautproteine, was zur Erblindung führen kann.^[12]

Die therapeutischen Maßnahmen bei einer Formaldehydintoxikation sind vielfältig. Bei oraler Aufnahme ist die Gabe von Aktivkohle zweckmäßig (nicht jedoch Milch, welche die Resorptionsgeschwindigkeit erhöht!). Die Behandlung der Azidose erfolgt durch eine Natriumhydrogencarbonat-Infusion. Eine weiterführende Therapie kann durch Gabe von Hustensedativa, inhalativen β -Sympathomimetika oder inhalativen Glucocorticoiden durchgeführt werden. Durch Ammoniakdämpfe wird die Wirkung von Formalindämpfen unter Bildung von Hexamethylenetetraamin aufgehoben.

2.2 Karzinogenes Risiko

Rechtsverbindlich ist Formaldehyd im Anhang VI der Verordnung 2008/1272/EG über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen in der Kategorie 2 eingestuft: „Verdacht auf karzinogene Wirkung beim Menschen“.^[13] Formaldehyd hat im Tierversuch mit Ratten nachweislich karzinogene Wirkung gezeigt, allerdings erst bei hohen Konzentrationen ab 6 ml/m³. Im Jahr 2004 änderte die Internationale Agentur für Krebsforschung (IARC) der Weltgesundheitsorganisation WHO die seit 1995 bestehende Einstufung von Formaldehyd von „Verdacht auf krebserregende Wirkung“ auf „krebserregend für den Menschen“. Karzinogen, mutagen oder reproduktionstoxisch eingestufte Stoffe („CMR-Stoffe“) gelten als besonders gefährlich und müssen durch weniger gefährliche Stoffe ersetzt werden. Hintergrund der WHO-Einstufung ist eine epidemiologische Studie, die bei Arbeitern, die mehrere Jahre in der Industrie Formaldehyd ausgesetzt waren, eine erhöhte Sterblichkeit durch Tumore des Nasen-Rachenraumes aufgezeigt hat.^[14]

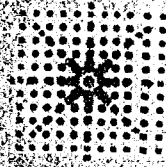
Durch die WHO-Studie sah sich das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) veranlasst, die krebserzeugenden Risiken von Formaldehyd neu zu bewerten.^[15] Seit 2006 sieht das BfR aufgrund der Ergebnisse der eigenen Studie die krebserzeugende Wirkung von Formaldehyd bei Aufnahme über die Atemluft als hinreichend belegt an. Der Effekt sei konzentrationsabhängig: *„Bei Raumluftwerten von oder unterhalb von 124 Mikrogramm Formaldehyd pro Kubikmeter ist praktisch keine krebserzeugende Wirkung mehr zu erwarten. Bei wiederholter, deutlicher Überschreitung dieses Wertes können gesundheitliche Risiken bestehen.“*^{[16][17]} Eine rechtsverbindliche Einstufung von Formaldehyd als krebserzeugend ist durch die Europäische Chemikalienagentur noch nicht erfolgt.^[18]

In den USA wurde Formaldehyd 1981 im zweiten Bericht über Krebserreger zunächst mit dem Verdacht der krebserzeugenden Wirkung beim Menschen klassifiziert. Seit Juni 2011 stuft das US-Gesundheitsministerium Formaldehyd als krebserzeugend für den Menschen ein, da die vorliegenden Studien dies hinreichend belegen.^[19]

Formaldehydbildung – Wirkmechanismen

Untersuchung der Wirkstoffaufnahme zur thermischen Beeinflussung
der Formaldehydbildung und Bestimmung der Einflussparameter

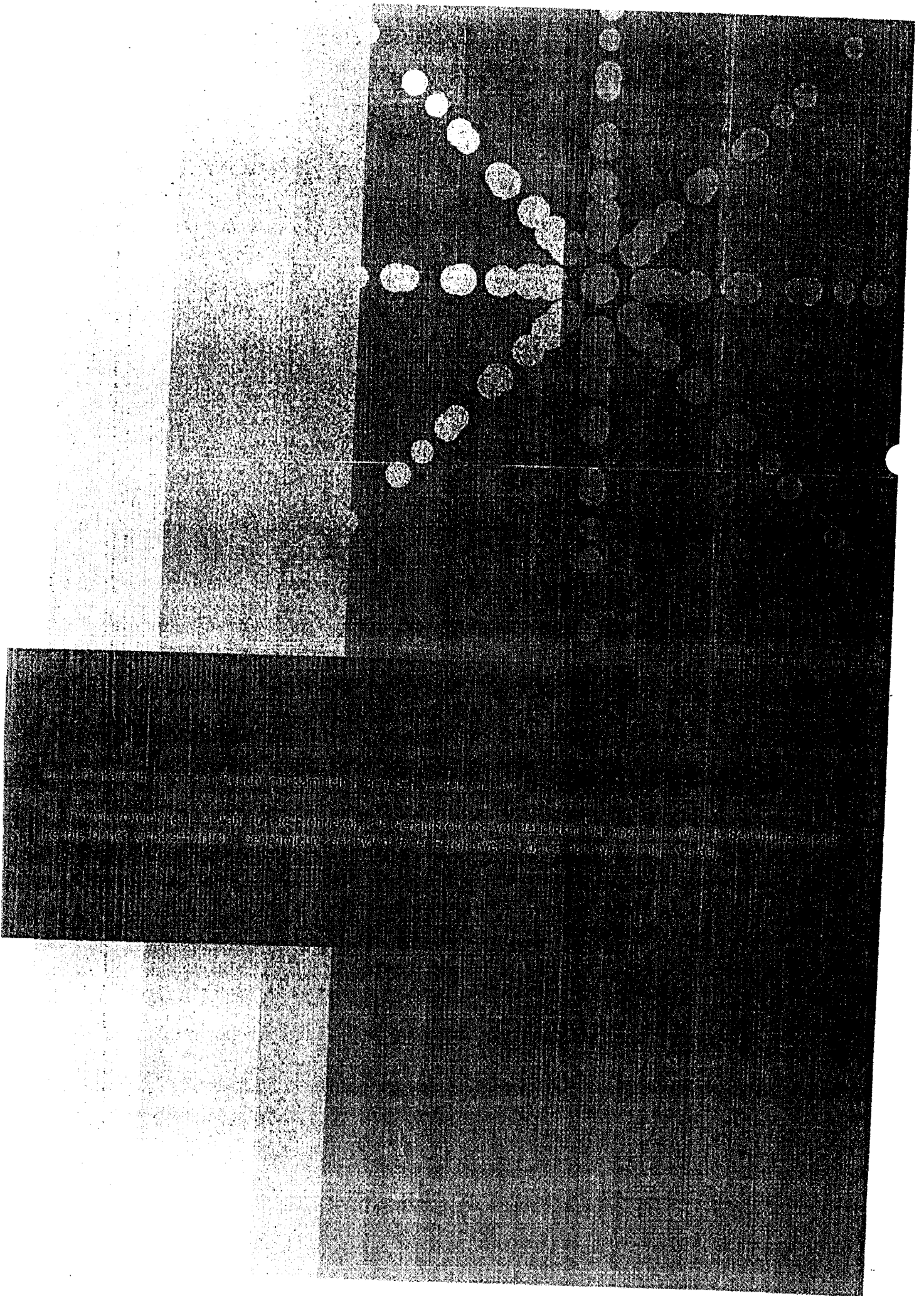
Verfasser: Prof. Dr. habil. G. W. H. H. H. H.



FVV

Gemeinsame Forschung.
Gemeinsamer Erfolg.

Heft R547 – 2008
Frankfurt am Main



Formaldehyd - Wirkmechanismen

Bericht zum Forschungsvorhaben

Thema: Untersuchung der Wirkzusammenhänge zur innermotorischen Beeinflussung der Formaldehyd-Bildung und Darstellung der Einflussparameter

Forschungsinstitut:: Technische Universität München
Lehrstuhl für Verbrennungskraftmaschinen
Leitung: Prof. Dr.-Ing. G. Wachtmeister

Bearbeiter und Verfasser: Dipl.-Ing. M. Bauer
Prof. Dr.-Ing. G. Wachtmeister

Beginn der Arbeiten: 01.09.2006

Ende der Arbeiten: 30.09.2008

Obmann des Arbeitskreises: Dipl.-Ing. H. Baas
MWM, Mannheim

Inhaltsverzeichnis

1	<i>Einleitung</i>	3
1.1	Ausgangssituation	3
1.2	Zielsetzung.....	4
2	<i>Stand der Technik</i>	5
3	<i>Vorgehensweise</i>	7
4	<i>Prüfstands Aufbau</i>	8
5	<i>Vergleichsmessungen der Analyseverfahren</i>	10
6	<i>Basismessungen</i>	12
6.1	Ergebnisse Basismessungen MTU 396	13
6.2	Ergebnisse Basismessungen AVL 520 LVK	15
7	<i>Brenngasvariation</i>	17
7.1	Ergebnisse Brenngasvariation MTU 396	18
7.2	Ergebnisse Brenngasvariation AVL 520 LVK	21
8	<i>Motorparameter</i>	25
8.1	Variation des Turbineneintrittsdruckes	26
8.2	Variation der Kühlwassertemperatur.....	30
8.3	Variation der Frischgastemperatur	32
8.4	Drallvariationen	33
8.5	Variation des Verdichtungsverhältnisses	36
8.6	Einfluss des Feuerstegs	41
8.7	Variation der Brennraumgeometrie	44
9	<i>Zusammenfassung</i>	47
10	<i>Literaturverzeichnis</i>	51

1 Einleitung

1.1 Ausgangssituation

Für die heutige Industriegesellschaft stellt eine ausreichende Energieversorgung unter anderem in Form von elektrischem Strom und Wärme eine essentielle Notwendigkeit dar, um den erreichten Lebensstandard zu erhalten. Hierbei ist ein stetig steigender Bedarf an Energie festzustellen. Neben der Nutzung fossiler Energieträger kommt dabei in den letzten Jahren den regenerativen Energien eine wachsende Bedeutung zu.

Bei allen fossilen Energieträgern sowie bei einigen regenerativen Energien muss eine Umwandlung chemisch gebundener Primärenergie in die benötigte Sekundärenergie erfolgen. Im Allgemeinen wird dies durch eine Verbrennung erreicht, wobei es im Regelfall zur Entstehung und zum Ausstoß von Stoffen kommt, die für Mensch und Umwelt schädlich sein können. Die Verpflichtung des Schutzes von Mensch und Umwelt und das gestiegene Umweltbewusstsein insgesamt haben weltweit die Gesetzgeber dazu veranlasst, die zulässigen Emissionsgrenzwerte für schädliche Komponenten im Abgas kontinuierlich zu vermindern. Die zulässigen Grenzwerte schädlicher Abgaskomponenten für stationäre Anlagen sind innerhalb der Bundesrepublik Deutschland in der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft festgelegt.

Ein grundsätzlich sehr sauber verbrennender Energieträger ist das Gas Methan, welches in fossiler Form einen Hauptbestandteil von Erdgas und Grubengas darstellt. Als regenerativer Energieträger ist es vor allem in Bio-, Klär- und Deponiegas zu finden. Diese Gase werden zunehmend in Verbrennungsmotoren eingesetzt, vor allem um elektrische Energie und – bei einer zusätzlichen Abwärmenutzung – thermische Energie zu erzeugen. Die Motoren werden dabei in der Regel als Magergasmotoren ausgeführt. Diese besitzen zum Einen Wirkungsgradvorteile. Zum Anderen ist nur so auch mit katalysatorgifthaltigen Sondergasen (Bio-, Klär-, Deponiegas) eine Einhaltung der gesetzlichen Stickoxidgrenzwerte ohne Abgasnachbehandlung möglich. Bei der Verbrennung von Methan entsteht Formaldehyd als Zwischenprodukt. Bei Reaktion bis zum

Gleichgewicht ist Formaldehyd im Abgas nicht in signifikanter Menge anzutreffen. Erfolgt die Verbrennung unvollständig, so wird es als Bestandteil des Abgases mit ausgestoßen. Die motorische Verbrennung verläuft immer zu einem gewissen Grade unvollständig, so dass – vor allem im Abgas von Magergasmotoren – Formaldehyd zu finden ist. Für Gasmotorenanlagen ist in der TA Luft für die Einzelkomponente Formaldehyd ein Grenzwert von 60mg/m_N^3 festgelegt.

1.2 Zielsetzung

Die Zielsetzung dieses Forschungsvorhabens ist eine detaillierte Untersuchung der Zusammenhänge und Einflussgrößen, die auf eine Entstehung von Formaldehyd als Abgasbestandteil einwirken. Anhand der so gewonnenen Erkenntnisse sollen Möglichkeiten gefunden werden, für bestehende Gasmotorenanlagen eine Einhaltung der Abgasgrenzwerte sicherzustellen sowie neue Anlagen im Hinblick auf geringstmögliche Formaldehydemissionen auslegen zu können. Ferner soll eine Basis für eine Beurteilung der Tauglichkeit von Online-Messverfahren für Abnahmeprüfungen geschaffen werden.

2 Stand der Technik

Die Emissionen schädlicher Abgaskomponenten von Verbrennungsmotoranlagen sind in Deutschland gemäß Nummer 5.4.1.4 der TA Luft reglementiert. Von diesen Emissionen sind für Gasmotorenanlagen in der Regel nur die Komponenten Kohlenmonoxid, Stickstoffoxide und Formaldehyd relevant. Um die Stickoxidemissionen unterhalb der Grenzwerte zu halten, kann neben einem stöchiometrischen Betrieb des Motors mit nachgeschalteter Abgasnachbehandlung eine Betriebsweise des Motors mit Luftüberschuss praktiziert werden. Auf Grund der Anfälligkeit des Drei-Wege-Katalysators auf im Abgas enthaltene Katalysatorgifte, wie sie vor allem im Abgas von Bio-, Klär- und Deponiegas auftreten, hat sich eine magere Betriebsweise der Gasmotoren durchgesetzt. Hierbei werden die Brennraumtemperaturen durch den Betrieb mit Luftüberschuss so weit reduziert, dass die Stickoxidentstehung vermindert wird und deren Grenzwerte nach TA Luft eingehalten werden. Durch eine zunehmende Zündunwilligkeit und sinkende Flammenfrontgeschwindigkeiten auf Grund von Abmagerung können allerdings die Emissionen von Kohlenmonoxid und unverbrannten Kohlenwasserstoffen ansteigen. [ZACH2001], [TALUFT2002]

Bei der Verbrennung von aliphatischen Kohlenwasserstoffen wird im Lauf der Reaktion Formaldehyd als stabiles Zwischenprodukt gebildet. Es entsteht dabei in relativ kalten Bereichen der Flamme bis ca. 950K und wird bei Temperaturen von mehr als 1200K rasch umgesetzt. Dies führt dazu, dass in bis zum chemischen Gleichgewicht reagierten Methan-Luft Mischungen keine nennenswerten Formaldehydkonzentrationen mehr vorkommen, wie reaktionskinetische Betrachtungen ergeben haben. Eine motorische Entstehung von Formaldehyd ist folglich an eine unvollständige Reaktion gebunden, wie sie im Allgemeinen in verschiedenen Bereichen des Brennraums von Verbrennungsmotoren vorkommt. [BÄUERLE1999], [OLSEN2000], [GRAF2003]

Die Messung von Formaldehyd als Bestandteil von Verbrennungsmotorenabgas ist in der TA Luft geregelt (Messung aliphatischer Aldehyde). Der Nachweis erfolgt dabei ausnahmslos mittels nasschemischer Verfahren nach VDI-Richtlinie 3862, Blatt 1-4, bei denen Formaldehyd am Ort der Messung gelöst und / oder über eine

chemische Reaktion gebunden wird. Eine gravimetrische Bestimmung des Formaldehydgehaltes der Absorptionslösungen erfolgt später im Labor. Durch eine Messung des Probenvolumenstroms während der Entnahme kann die im Labor ermittelte Formaldehydmasse auf eine Abgaskonzentration umgerechnet werden. Für Online-Messungen, wie sie für den Prüfstandsbetrieb benötigt werden, ist diese Methode wegen der langen Zeiträume für die Probennahme einerseits und die Auswertung andererseits nicht geeignet. Für diesen Zweck existieren andere Verfahren, z.B. die Massenspektrometrie oder die Fouriertransformierte Infrarot-Spektroskopie (FT-IR). In der derzeit geltenden TA Luft 2002 sind nur nasschemische Verfahren bei der Zulassung berücksichtigt worden. Der aktuelle Kenntnisstand lässt die FT-IR-Technik aber als geeignete Alternative erscheinen, wie in einem FVV-Forschungsvorhaben gezeigt wurde. [TALUFT2002], [FVV560]

3 Vorgehensweise

Am Lehrstuhl für Verbrennungskraftmaschinen (LVK) steht neben konventionellen Abgasanalyseanlagen eine FT-IR Abgasanalyse, Typ AVL „SESAM IV“ zur Verfügung. Dieses FT-IR wurde für die Abgasanalyse hinsichtlich der Emissionen von Formaldehyd, Stickoxiden, Kohlendioxid und Wasser verwendet. Für die Analyse der Gesamtkohlenwasserstoffemissionen und der Restsauerstoffgehalte im Abgas wurden konventionelle Analysatoren eingesetzt. Trotz der in dem FVV-Vorhaben Nr. 560 nachgewiesenen grundsätzlichen Eignung des FT-IR-Verfahrens zur Analyse von Verbrennungsmotorabgas wurde zunächst ein Vergleich zwischen einer nasschemischen Analyse der Formaldehydemissionen und einer Online-Messung mittels FT-IR durchgeführt, um das Verfahren für die Analyse von Formaldehyd zu validieren.

Nach der Validierung des Messverfahrens erfolgten Basismessungen, um ein Verständnis für das allgemeine Verhalten der Emission von Formaldehyd im motorischen Betrieb zu entwickeln. Bei diesen Basismessungen wurde der Einfluss von Last, Verbrennungsluftverhältnis und Zündzeitpunkt auf die Formaldehydemissionen untersucht. Im Anschluss an die Basismessungen wurde eine umfangreiche Variation der Brenngaszusammensetzungen und Betriebsparameter durchgeführt. Auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse über das Verhalten der Formaldehydemissionen in Abhängigkeit der Betriebsparameter erfolgten Untersuchungen über den Einfluss konstruktiver Größen und Motorparameter auf Höhe und Verlauf der Emissionen.

4 Prüfstandsaufbau

Für die Bearbeitung des Forschungsvorhabens „Formaldehyd – Wirkmechanismen“ stehen am LVK zwei Gasmotorenprüfstände zur Verfügung. Die vorhandenen Forschungsmotoren decken dabei den Bereich kleiner (AVL 520 LVK) bis mittlerer (MTU 396) Zylinderhubräume ab. Der Forschungsmotor MTU 396 findet primär Verwendung in dem FVV-Forschungsvorhaben „Magerkonzept-Gasmotoren Verbrennungsmodelle“, der Forschungsmotor AVL 520 LVK wurde für das Forschungsvorhaben „Formaldehyd – Wirkmechanismen“ aufgebaut. Die Technischen Daten der Motoren sind *Tabelle 1* zu entnehmen.

	MTU 396	AVL 520 LVK
Hub [mm]	185	140
Bohrung [mm]	165	125
Zylinderhubraum [cm ³]	3956	1718
Zylinderzahl	1	1
Verdichtungsverhältnis [1]	12,05	13
Anzahl der Ventile	4	2
Brennraumform	Omegamulde	Kegelstumpfmulde
Drallzahl n. Toppelmann	0,57	0,32

Tabelle 1: Technische Daten der Forschungsmotoren

Beide Motoren können mit einem Schraubenverdichter extern aufgeladen werden. Eine verstellbare Drossel im Abgastrakt ermöglicht es, den Abgasgegendruck einzustellen und so einen Turbolader zu simulieren. Die Brenngaszufuhr erfolgt bei beiden Motoren über einen Gasmischer mit getakteten Gaseinblaseventilen. Bei dem Forschungsmotor MTU 396 erfolgt die Einstellung des Verbrennungsluftverhältnisses λ über eine Steuerung von Einblasedauer und Brenngasdruck, der Forschungsmotor AVL 520 LVK besitzt eine Motorsteuerung mit geschlossenem Regelkreis für konstantes λ unter Verwendung einer Breitbandlambdasonde.

Als Brenngas kann neben Erdgas ein Gemisch aus bis zu 6 Einzelkomponenten verwendet werden, welches von einer Gasmischanlage zur Verfügung gestellt wird. Das verwendete Erdgas wird von den Stadtwerken München (SWM) geliefert und besitzt einen überdurchschnittlich hohen Methananteil von 98% (Mittelwert für 2007, Analysenauszug der SWM vom Februar 2008).

5 Vergleichsmessungen der Analyseverfahren

Die Vergleichsmessungen wurden an dem Forschungsmotor MTU 396 durchgeführt. Es wurden drei Betriebspunkte ausgewählt, die eine niedrige, eine mittlere und eine hohe Formaldehydkonzentration im Abgas aufweisen. Die Betriebspunkte wurden ausgehend von dem Referenzbetriebspunkt des Forschungsvorhabens „Magerkonzept-Gasmotoren Verbrennungsmodelle“ durch Variation von Last, Zündzeitpunkt und Verbrennungsluftverhältnis eingestellt. Die Formaldehyd-emissionen wurden dabei online mittels FT-IR gemessen. Nach Einstellung wurden die Betriebspunkte für jeweils zwei Stunden stabil gehalten, so dass eine Probennahme nach VDI 3862 Blatt 2 (DNPH-Methode) durchgeführt werden konnte. Die Probennahme sowie die anschließende Analyse der Proben im Labor wurden durch das Institut für Wasserchemie und Chemische Balneologie (IWC) der TU München durchgeführt. Gleichzeitig mit der nasschemischen Probennahme erfolgte eine Abgasanalyse mittels FT-IR. Die Abgasentnahme erfolgte dabei an gleicher Stelle der Abgasanlage. Die mit dem FT-IR ermittelten Messwerte wurden über die gesamte Messdauer aufgezeichnet und gemittelt.

Die mittels FT-IR ermittelten Formaldehydgehalte liegen durchweg über den nasschemisch bestimmten Konzentrationen. Die Abweichungen betragen absolut zwischen 1,5 ppmv und 3,9 ppmv, wobei die größte Abweichung bei der geringsten Formaldehydkonzentration zu verzeichnen ist (siehe *Abbildung 1*).

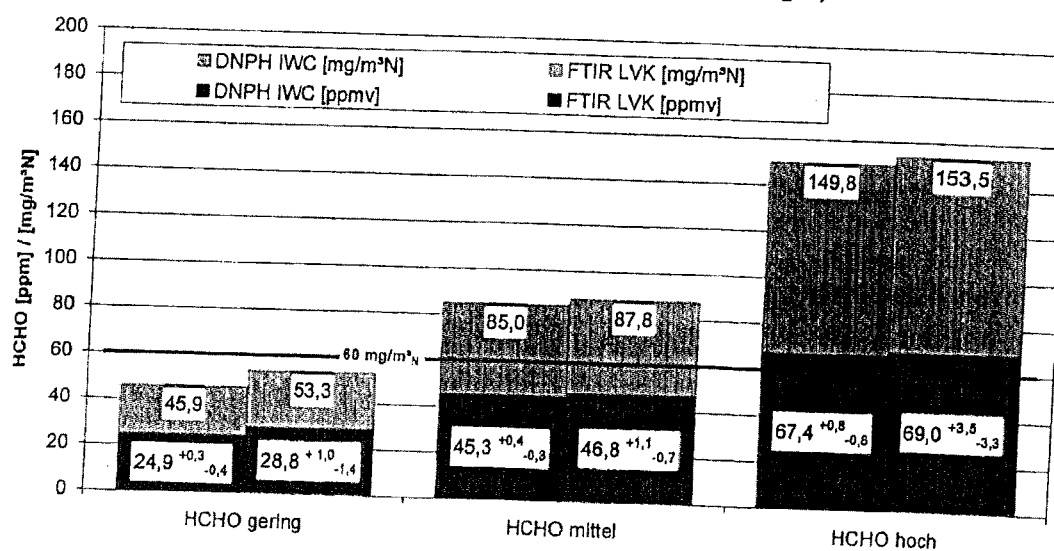


Abbildung 1: Ergebnisse der Vergleichsmessung DNPH / FT-IR

Daraus resultieren der größte Fehler bei geringen Formaldehydgehalten und der geringste Fehler bei hohen Formaldehydgehalten. Trotz des hohen Fehlers von 15,7% werden die Tendenzen sehr gut wiedergegeben, so dass die Abgasanalyse mittels FT-IR als geeignet angesehen werden kann, bei laufendem Prüfstandsbetrieb die Auswirkung von geänderten Betriebs- und Motorparametern auf die Formaldehydemissionen zu dokumentieren. Die Abweichung der FT-IR-Messwerte könnte in dem recht großen Messbereich von Formaldehyd bis 1000ppm begründet liegen. Bei einer Kalibrierung auf einen kleineren Messbereich sind hier Verbesserungen denkbar. In *Tabelle 2* sind die Messwerte der Vergleichsmessung aufgeführt.

		HCHO gering	HCHO mittel	HCHO hoch
Mittelwert DNPH	[ppmv]	24,9	45,3	67,4
Mittelwert FT-IR	[ppmv]	28,8	46,8	69,0
Fehler abs. FT-IR	[ppmv]	+3,9	+1,5	+1,6
Fehler rel. FT-IR	[%]	+15,7	+3,3	+2,4
Schwankungsbreite DNPH	[ppmv]	0,7	0,7	1,6
Schwankungsbreite FT-IR	[ppmv]	2,4	1,8	6,8

Tabelle 2: Vergleich DNPH / FT-IR; Zahlenwerte

Der Umrechnung von [ppmv] auf $[\text{mg}/\text{m}^3_{\text{N}}]$ liegen für beide Messmethoden dieselben Messwerte der Abgaszusammensetzung zu Grunde, somit ergibt sich für die relativen Abweichungen der Messungen in $[\text{mg}/\text{m}^3_{\text{N}}]$ kein Unterschied zu den Konzentrationen in [ppm].

Die gemessenen Formaldehydkonzentrationen reichen von einer sicheren Einhaltung der TA-Luft bis hin zu Formaldehydgehalten, die in der Größenordnung der maximalen in [BIOMON2003] und [KRISTEN2007] ermittelten Werte liegen, und decken somit einen ausreichenden Bereich an Emissionen ab.

6 Basismessungen

Die Basismessungen wurden an beiden Forschungsmotoren durchgeführt. Ausgehend von einem Referenzbetriebspunkt wurden hierbei Zündzeitpunktvariationen bei drei Ladedrücken, kombiniert mit jeweils drei Verbrennungsluftverhältnissen, durchgeführt.

	MTU 396			AVL 520 LVK		
	p _{SR} [bar abs.]			p _{SR} [bar abs.]		
$\lambda = 1,40$	XXX	XXX	XXX	1,14	1,61	1,93
$\lambda = 1,50$	1,23	1,63	2,03	1,14	1,61	1,93
$\lambda = 1,60$	1,23	1,63	2,03	XXX	1,61	1,92
$\lambda = 1,65$	1,23	1,63	2,03	XXX	XXX	XXX

Tabelle 3: Betriebsparameter Basismessungen

Die Unterschiede in den Saugrohrdrücken der beiden Motoren untereinander rühren von einer differierenden Auswahl der Betriebspunkte her. Während beim MTU 396 Ladedrücke untersucht wurden, die bereits für das Forschungsvorhaben „Magerkonzept-Gasmotoren Verbrennungsmodelle“ verwendet worden waren, mussten für den AVL 520 LVK Ladedrücke erst definiert werden. Neben einem relativen Ladedruck von $p_L = 0,70 \text{ bar rel.}$, analog zum Referenzpunkt des MTU 396, wurde ein Ladedruck von $p_L = 0,20 \text{ bar rel.}$ definiert. Dieser ergab sich aus bei laufendem Schraubenverdichter und voll geöffneter Drosselklappe minimal einstellbarem Ladedruck. Der obere Ladedruck wurde zu $1,00 \text{ bar rel.}$ gewählt. Gemessen wurde der Ladedruck in einem Beruhigungsvolumen vor der Drosselklappe. Zusätzlich erfolgte eine Messung des Relativdrucks in dem Puffervolumen vor Eintritt in das Saugrohr. Zusammen mit dem jeweils herrschenden Umgebungsdruck ergeben sich damit die in Tabelle 3 aufgeführten Absolutdrücke. Bei dem Forschungsmotor AVL 520 LVK wurden etwas fettene Betriebspunkte gewählt, da dessen Magerlaufgrenze deutlich niedriger lag als die des MTU 396. So traten bei einem Verbrennungsluftverhältnis von $\lambda = 1,65$ bereits deutliche Zündaussetzer auf. Bei einem Saugrohrdruck von $1,14 \text{ bar}$ kam es bereits bei $\lambda = 1,60$ gehäuft zu Zündaussetzern, so dass dieser Betriebspunkt nicht untersucht werden konnte.

6.1 Ergebnisse Basismessungen MTU 396

Der Großteil der gemessenen Formaldehydemissionen liegt deutlich über dem nach TA Luft vorgeschriebenen Grenzwert von $60 \text{ mg/m}^3_{\text{N}}$. Bei jeweils konstantem Saugrohrdruck entstehen demnach um so höhere Formaldehydemissionen, je magerer das Gemisch ist. Diese Tendenz ist bei hohen Saugrohrdrücken stärker ausgeprägt als bei niedrigen. Betrachtet man die gemessene Formaldehydmenge bei jeweils konstantem Verbrennungsluftverhältnis, so fällt auf, dass bei fetterem Gemisch die Emissionen mit steigendem Saugrohrdruck stetig abnehmen. Im Gegensatz dazu ist bei magereren Gemischen eine solch eindeutige Tendenz nicht festzustellen. Eine Verschiebung des Zündzeitpunktes in Richtung spät bewirkt bei den fetteren Gemischen zunächst einen Anstieg der Formaldehydemissionen, die nach Erreichen eines Spitzenwertes zu sehr späten Zündzeitpunkten wieder abfallen. Bei $\lambda = 1,65$ und $\lambda = 1,60$ mit geringstem Saugrohrdruck ist diese Tendenz nicht festzustellen. Nach Durchlaufen eines relativ konstanten Plateaus steigen hier die Emissionen zu späten Zündzeitpunkten deutlich an (siehe *Abbildung 2*). Die Zündung erfolgt hier so spät, dass ein Durchbrennen der Ladung wegen schlechter Brennbedingungen (mageres Gemisch, fortgeschrittene Expansion) nicht mehr gewährleistet ist. Die Flamme verlöscht, bevor sie alle Bereiche des Brennraumes erreicht hat, was sich auch an den sprunghaft ansteigenden Gesamtkohlenwasserstoffemissionen zeigt. Im Bereich der verlöschenden Flamme kommt es zu Vorreaktionen, bei denen in großem Maße Formaldehyd gebildet wird.

Der mit steigendem Zündwinkel an- und später wieder absteigende Verlauf ist bei den Gesamtkohlenwasserstoffemissionen weit weniger stark ausgeprägt als bei den Formaldehydemissionen. Zudem sinken die Gesamtkohlenwasserstoffemissionen bei jedem Verbrennungsluftverhältnis mit steigendem Ladedruck ab. Dies lässt auf unterschiedliche Quellen und / oder Bildungsmechanismen der Formaldehyd- und Gesamtkohlenwasserstoffemissionen schließen.

Die bisherigen Ergebnisse zeigen darüber hinaus, dass geringe Formaldehydemissionen entweder hohe Stickoxidemissionen bedingen (fettes Gemisch, hohe Ladedrücke) oder ein gravierendes Absinken des Wirkungsgrades zur Folge haben (später Zündzeitpunkt), wie in *Abbildung 2 c)* und *d)* zu sehen ist.

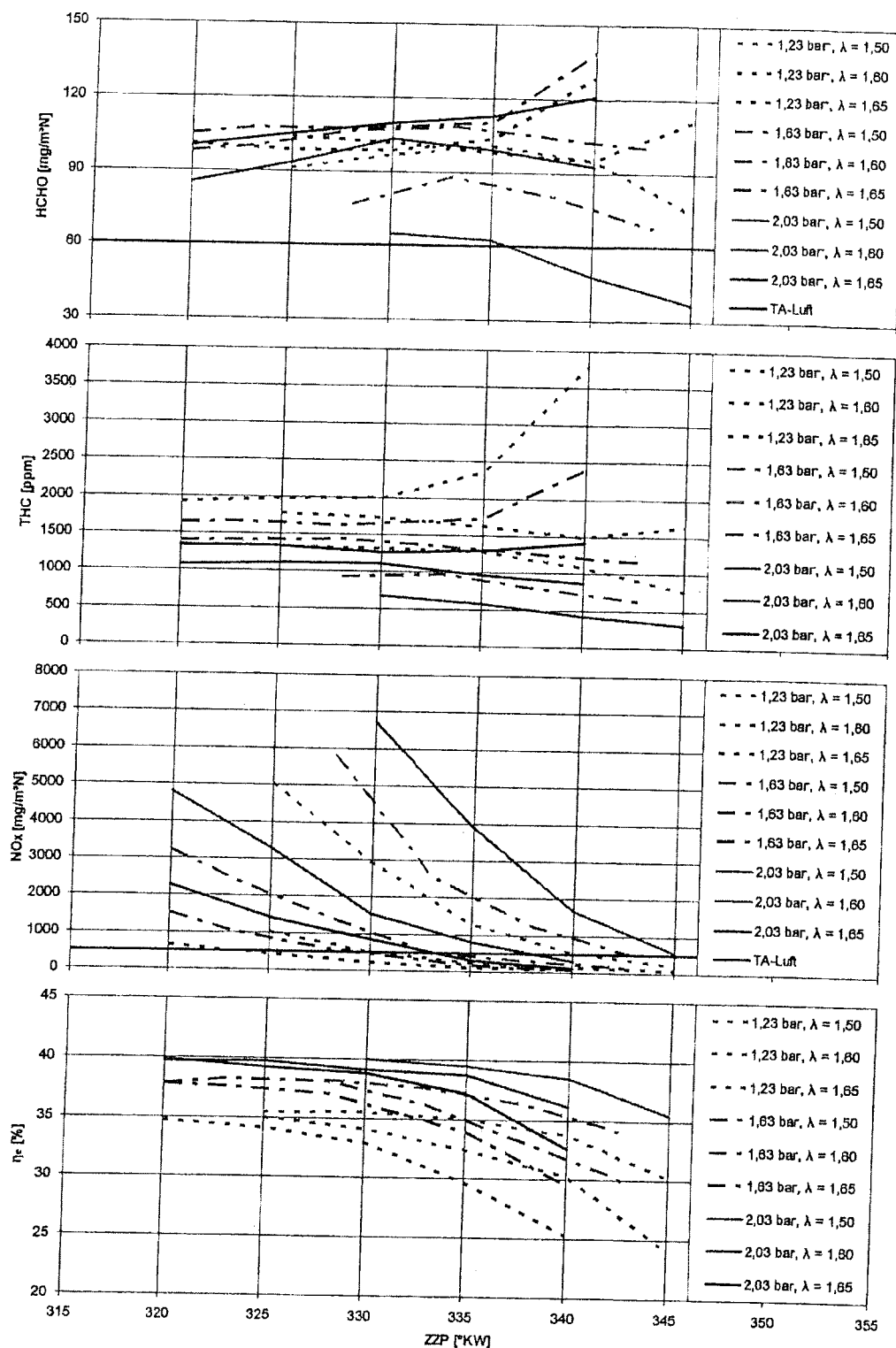


Abbildung 2: Basismessungen MTU 396; von o. nach u.: a) Formaldehyd-, b) Gesamtkohlenwasserstoff-, c) Stickoxidemissionen, d) effektiver Wirkungsgrad; jeweils in Abhängigkeit von Zündzeitpunkt, Saugrohrdruck (abs.) und Verbrennungsluftverhältnis

6.2 Ergebnisse Basismessungen AVL 520 LVK

Die Ergebnisse am Forschungsmotor AVL 520 LVK bestätigen im Großen und Ganzen die am MTU 396 gewonnenen Erkenntnisse. Bei konstanten Ladedrücken steigen die Formaldehydemissionen mit zunehmend magerem Gemisch und damit verringerter Motorleistung an. Auch hier ist diese Tendenz bei hohen Ladedrücken stärker ausgeprägt als bei niedrigen Ladedrücken. Bereits bei $\lambda = 1,50$ ist im Gegensatz zum MTU 396 kein eindeutiger Zusammenhang mehr zwischen Ladedruck und Formaldehydemissionen gegeben. Auch ist bereits bei diesem Verbrennungsluftverhältnis und einem Saugrohrdruck von 1,93bar abs. ein Anstieg der Formaldehydemissionen zu späten Zündzeitpunkten zu verzeichnen. Bei dem mageren Gemisch ($\lambda = 1,60$) ist ein Anstieg der Formaldehydemissionen mit späterem Zündzeitpunkt zu sehen, ebenso verhalten sich die Gesamtkohlenwasserstoffemissionen. Ein deutliches Absinken der Formaldehyd- sowie der Gesamtkohlenwasserstoffemissionen tritt nur bei $\lambda = 1,40$ auf. Die Formaldehydemissionen des Versuchsmotors AVL 520 LVK folgen damit tendenziell denen des MTU 396, jedoch bei einem fetteren Verbrennungsluftverhältnis. Die Ursache hierfür ist in dem am AVL 520 LVK fehlenden Abgasbehälter zu suchen, wodurch sich höhere dynamische Abgasgegendrücke und damit höhere Restgasgehalte ergeben, die die Brennbedingungen verschlechtern. Siehe *Abbildung 3 a) und b)*.

Die Messergebnisse bestätigen die am MTU 396 gefundenen Tendenzen, dass fetteres Gemisch und größere Last die Formaldehydemissionen positiv beeinflussen. Für späte Zündzeitpunkte gilt dies eingeschränkt, da ein Ansteigen der Formaldehydemissionen zu späten Zündzeitpunkten bereits bei fetteren Verbrennungsluftverhältnissen als am MTU 396 beobachtet wird. Ursächlich hierfür sind die verschlechterten Brennbedingungen auf Grund des erhöhten Restgasgehaltes am AVL 520 LVK. Bei verbesserten Brennbedingungen (fetteres Gemisch) sinken die Formaldehydemissionen mit späterer Zündung. Auch hier führt eine Verringerung der Formaldehydemissionen tendenziell zu einem Anstieg der Stickoxidemissionen und / oder einem nicht unerheblichen Wirkungsgradverlust (*Abbildung 3 c), d)*).

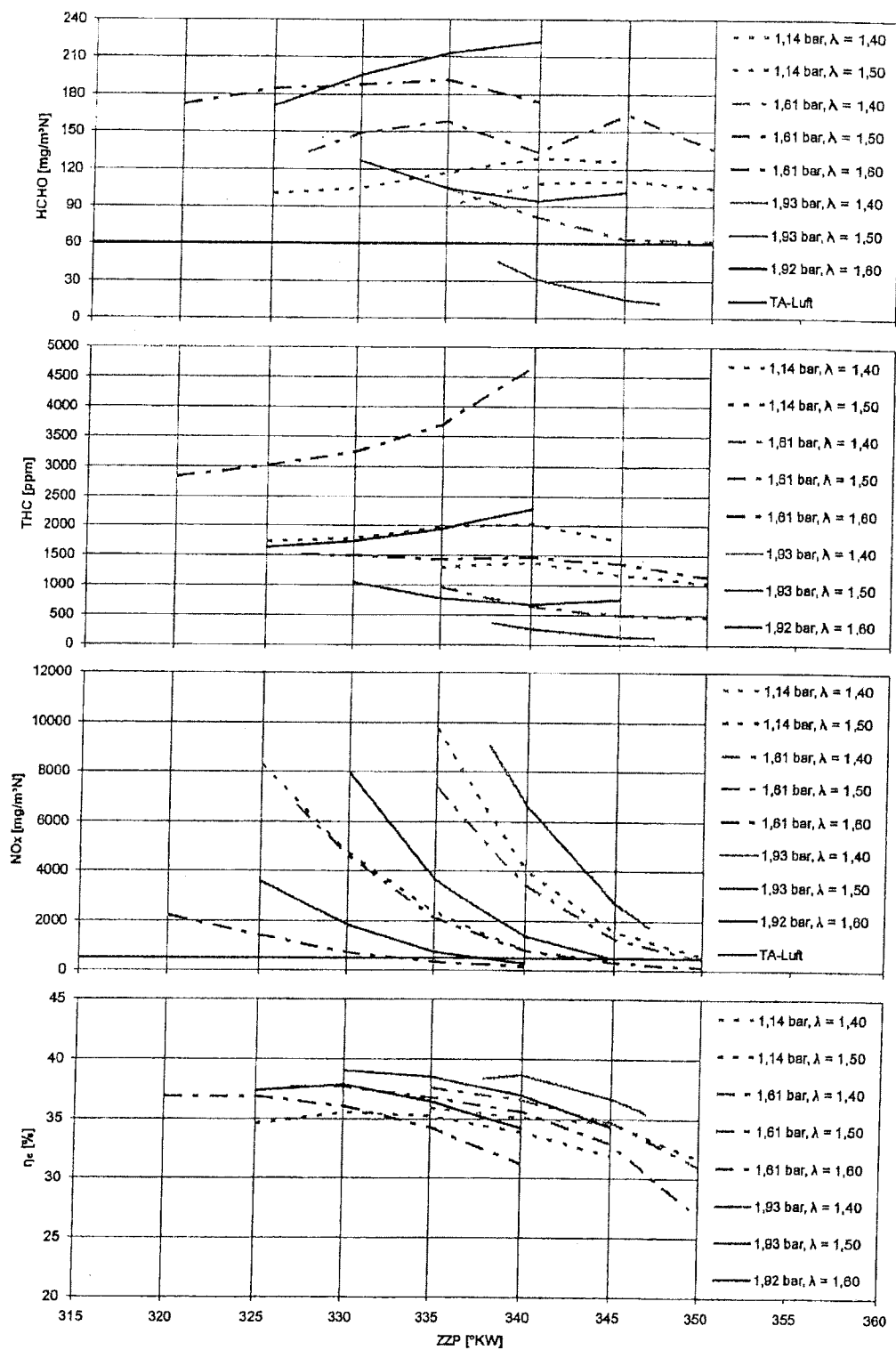


Abbildung 3: Basismessungen AVL 520 LVK; von o. nach u.: a) Formaldehyd-, b) Gesamtkohlenwasserstoff-, c) Stickoxidemissionen, d) effektiver Wirkungsgrad in Abhängigkeit von Zündzeitpunkt, Saugrohrdruck (abs.) und Verbrennungsluftverhältnis

7 Brenngasvariation

Da Gasmotoren nicht nur mit Erdgas, sondern auch mit Schwachgasen als Brennstoff betrieben werden, war es notwendig, auch deren Einfluss auf die Formaldehydemissionen zu untersuchen. Exemplarisch für die Schwachgase wurde hierfür Biogas gewählt. Um eine gleich bleibende Brenngasqualität gewährleisten zu können, wurde hierbei nicht auf reales, sondern auf simuliertes Biogas zurückgegriffen. Neben Methan und Kohlendioxid besteht Biogas im Allgemeinen aus geringen Prozentanteilen Stickstoff und Sauerstoff sowie Spurengasen wie u.a. Schwefelwasserstoff. Für die durchgeführten Untersuchungen wurde das Biogas durch eine Mischung aus Erdgas und Kohlendioxid simuliert. Durch den sehr hohen Methananteil im Erdgas ist eine unzulässige Beeinträchtigung durch andere Inhaltsgase hierbei nicht zu erwarten. Auf eine Beimischung von Stickstoff und Sauerstoff, die ja Bestandteile der Verbrennungsluft darstellen, wurde verzichtet, ebenso auf eine Beimischung von Spurengasen. Für den Motorversuch wurden zwei verschiedene Brenngasmischungen gemäß *Tabelle 4* definiert:

	Erdgas [Vol.-%]	CO ₂ [Vol.-%]
„Biogas1“	70	30
„Biogas2“	50	50

Tabelle 4: Brenngasmischungen, Anteil der Einzelkomponenten

Die Brenngasvariationen wurden an beiden Forschungsmotoren durchgeführt und fanden am MTU 396 im Rahmen der Basismessungen statt. Am AVL 520 LVK wurden nach den Basismessungen auf Grund der gewonnenen Erkenntnisse sowohl am Motoraufbau als auch an der Vorgehensweise bei den Messungen Anpassungen durchgeführt. So wurde ein durchströmter Pufferbehälter in die Abgasanlage integriert und von einer Betriebsweise mit vorgegebenen Ladedrücken und Verbrennungsluftverhältnissen auf eine Betriebsweise mit gegebenen Mitteldrücken und Stickoxidemissionen gewechselt. Die Brenngasvariationen am AVL 520 LVK fanden nach diesen Änderungen, die in *Tabelle 5* aufgeführt sind, statt.

	Basismessungen	Variationen
Abgasbehälter	ohne	mit
Ladedruck p_L :	= const.	= $f(p_{mi}, NO_x)$
Verbrennungsluftverhältnis λ :	= const.	= $f(p_{mi}, NO_x)$
(ind.) Mitteldruck p_{mi} :	= $f(p_L, \lambda)$	$\approx$ const.
Stickoxidemissionen NO_x :	= $f(p_L, \lambda)$	$\approx$ const.

Tabelle 5: Änderungen in Motoraufbau und Betriebsweise AVL 520 LVK

7.1 Ergebnisse Brenngasvariation MTU 396

Die Brenngasvariationen wurden mit den gleichen Ladedrücken durchgeführt, wie sie auch bei den Basismessungen verwendet wurden. Die Verbrennungsluftverhältnisse wurden dabei dahingehend verändert, dass sich für die Biogasversuche in etwa der gleiche Gemischheizwert des Frischgases einstellte wie bei den Basismessungen. Die sich dabei ergebenden Verbrennungsluftverhältnisse sind in *Tabelle 6* dargestellt.

Erdgas	Biogas1
$\lambda = 1,50$	$\lambda = 1,43$
$\lambda = 1,60$	$\lambda = 1,53$
$\lambda = 1,65$	$\lambda = 1,58$

Tabelle 6: Verbrennungsluftverhältnisse Erdgas / Biogas1 für gleichen Gemischheizwert

Es wurden Saugrohrdrücke von 1,23bar abs. und 1,63bar abs. untersucht. Bei der Variation der Ladedrücke konnten nicht alle Verbrennungsluftverhältnisse untersucht werden (siehe *Tabelle 7*). Die Kombination des geringeren Ladedrucks mit dem magersten Gemisch konnte nicht untersucht werden, da ein aussetzerfreier Motorlauf nicht zu erreichen war. Ein Betrieb des Motors mit dem höheren Ladedruck und fettestem Gemisch war deshalb nicht möglich, weil mit der vorhandenen Gaseinblasung nicht die erforderliche Brenngasmenge zugemischt werden konnte. Aus diesem Grund konnten auch keine Versuche mit Biogas2 durchgeführt werden,

da dessen durch den im Vergleich mit Biogas1 höherer Kohlendioxidgehalt einen nochmals höheren Brenngasdurchsatz bedingt.

	$p_{SR} = 1,23\text{bar abs.}$	$p_{SR} = 1,63\text{bar abs.}$
$\lambda = 1,43$	Biogas1	XXX
$\lambda = 1,53$	Biogas1	Biogas1
$\lambda = 1,58$	XXX	Biogas1

Tabelle 7: Kombination von Saugrohrdrücken und Verbrennungsluftverhältnissen mit den jeweiligen Brenngasen

Ein Vergleich der Formaldehydemissionen über dem Zündzeitpunkt liefert bei einem Saugrohrdruck von $p_{SR} = 1,23\text{bar abs.}$ qualitativ gleiche Verläufe für Erdgas und „Biogas1“. Bei fetterem Gemisch zeigt sich auch bei „Biogas1“ der charakteristische auf- und absteigende Verlauf bei zunehmender Spätverstellung des Zündzeitpunktes. Bei magererem Gemisch ist ein leichter Abfall, gefolgt von einem signifikanten Anstieg zu späten Zündzeitpunkten zu erkennen (Abbildung 4).

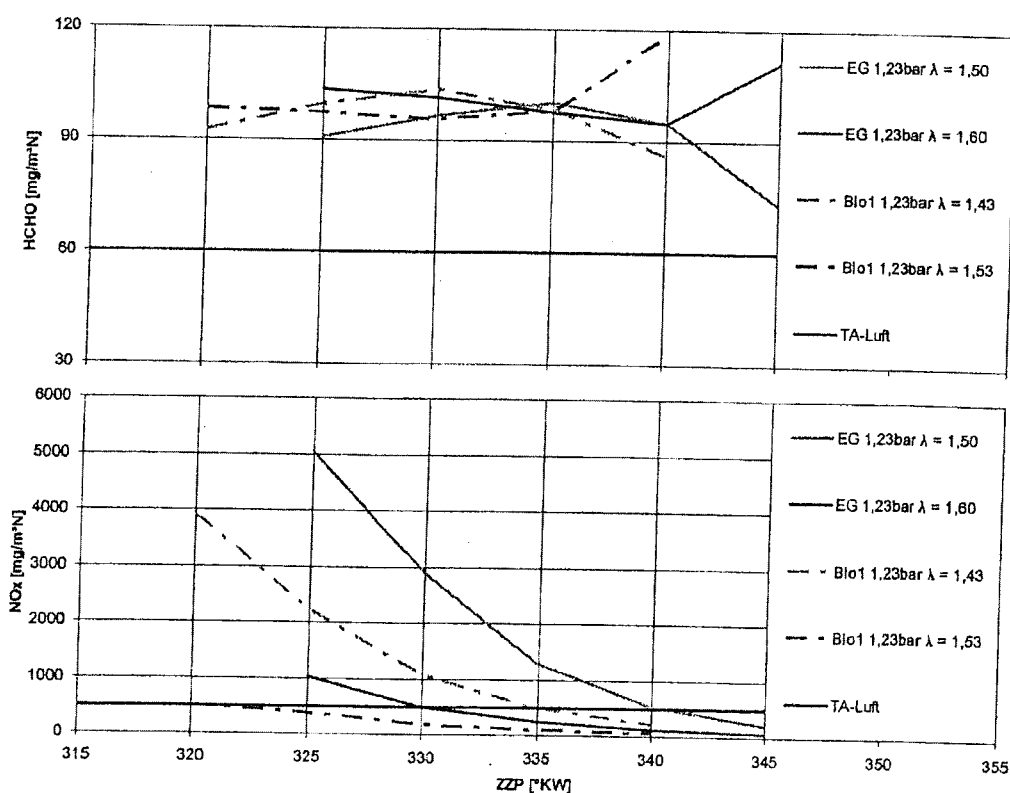


Abbildung 4: Brenngasvariation MTU 396; $p_{SR} = 1,23\text{ bar abs.}$: Formaldehyd- (oben) und Stickoxidemissionen

Die absolute Höhe der Emissionen ist für Erdgas und „Biogas1“ in etwa gleich, jedoch ist der Verlauf bei der Erdgas-Kohlendioxid-Mischung um ca. 5°KW in Richtung früherer Zündzeitpunkte verschoben. Auch für die Stickoxidemissionen ist eine Verschiebung in Richtung früherer Zündzeitpunkte festzustellen. Dies kann nicht auf die geänderte Brenngaszusammensetzung zurückgeführt werden, da zum Einen der Gemischheizwert konstant gehalten wurde und somit für beide Brenngase das gleiche Temperaturniveau im Brennraum zu erwarten ist. Zum Anderen ist die dadurch erfolgte Anfettung nicht so gravierend, dass sich für die Stickoxidentstehung relevante Änderungen der Sauerstoff- oder Stickstoffkonzentration ergeben. Die Ursache für das unterschiedliche Verhalten der Stickoxidemissionen ist folglich in den Brennverläufen zu suchen.

Für eine genauere Betrachtung der Brennverläufe wurde ein Zündzeitpunkt von ZZP = 330°KW gewählt; bei diesem Zündzeitpunkt treten für $\lambda = 1,43$ im Biogasbetrieb die höchsten Formaldehydemissionen auf. In *Abbildung 5* ist zu sehen, dass die Biogasmischung einen deutlich höheren Zündverzug und demzufolge auch einen deutlich späteren Verbrennungsschwerpunkt aufweist als reines Erdgas. Der zusätzlich dargestellte Brennverlauf für Erdgas bei einem um 5°KW späteren Zündzeitpunkt hingegen deckt sich weitestgehend mit dem Brennverlauf der Biogasmischung. Die Verschiebung der Emissionsverläufe zu früheren Zündzeitpunkten hin ist folglich auf die geänderten Brennbedingungen durch den hohen Kohlendioxidanteil zurückzuführen. Ein signifikanter Einfluss auf die absolute Höhe der Formaldehydemissionen ist nicht zu erkennen.

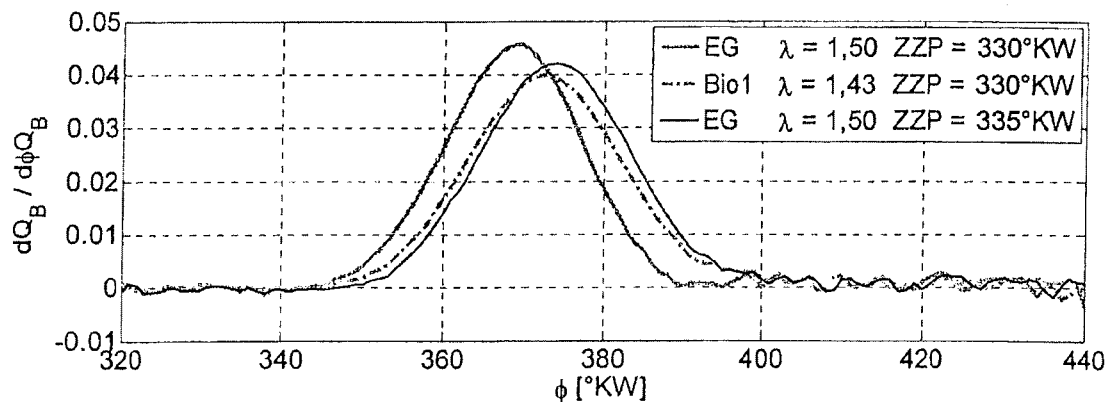


Abbildung 5: Brennverläufe MTU 396; $p_{SR} = 1,23 \text{ bar}$: Brennverläufe

Für einen Ladedruck von $p_{SR} = 1,63 \text{ bar}$ gilt das bereits Gesagte. Für die Emissionsverläufe sei hier darum weiters unkommentiert auf *Abbildung 6* verwiesen.

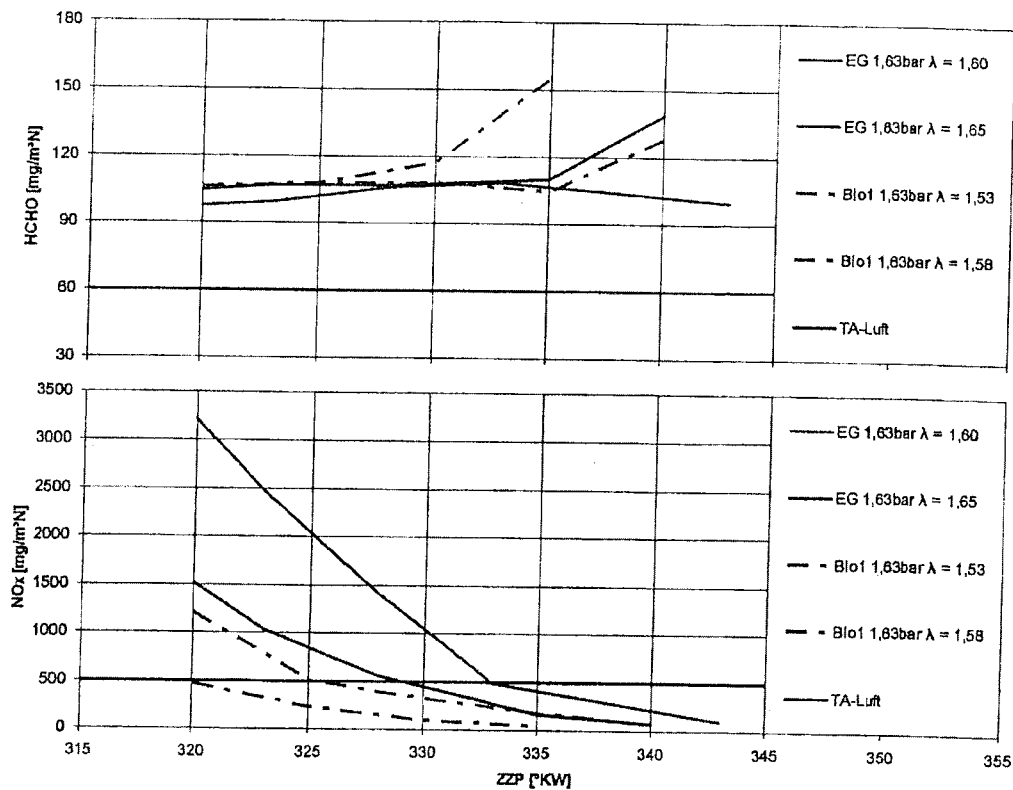


Abbildung 6: Brenngasvariation MTU 396; $p_{SR} = 1,63 \text{ bar abs.}$: Formaldehyd- (oben) und Stickoxidemissionen

7.2 Ergebnisse Brenngasvariation AVL 520 LVK

Im Gegensatz zu den Versuchen am MTU 396 wurden die Brenngasvariationen am LVK 520 AVL nicht bei konstanten Ladedrücken und Verbrennungsluftverhältnissen durchgeführt, sondern bei konstanten Mitteldrücken und Stickoxidemissionen. Vorteil dieser Art der Betriebspunkteinstellung ist die dadurch mögliche Abschätzung der bei real gegebenen Randbedingungen – Motorlast einerseits und Einhaltung der gesetzlich vorgeschriebenen Stickoxidgrenzwerte andererseits – erreichbaren Formaldehydemissionen.

Die Untersuchungen wurden für indizierte Mitteldrücke von $p_{mi} = 10 \text{ bar}$ und $p_{mi} = 15 \text{ bar}$ durchgeführt. Die Stickoxidgrenzwerte wurden gemäß TA Luft für Gasmotorenanlagen mit einer Feuerungswärmeleistung von mehr als 3MW gewählt. Hieraus resultiert eine maximale Stickoxidemission von $500 \text{ mg/m}^3 \text{ N}$. Diese Grenze ist

insofern sinnvoll, da bereits Gasmotorenanlagen mit zwei Zwölfzylindermotoren von je 2l Zylinderhubvolumen an diese Grenze reichen. Zusätzlich wurden Betriebspunkte mit auf die Hälfte der TA Luft-Grenzwerte verringerten Stickoxidemissionen untersucht.

Bei beiden Mitteldrücken sind sowohl für Erdgas als auch für die beiden Biogasmischungen die gleichen Tendenzen festzustellen. In allen Fällen bilden die Formaldehydemissionen bei frühen Zündzeitpunkten ein Plateau, um zu späten Zündzeitpunkten hin zu sinken. Im Gegensatz zu den Versuchen mit konstantem Ladedruck und Verbrennungsluftverhältnis ist weder ein signifikantes Absinken der Formaldehydemissionen zu sehr frühen, noch ein deutlicher Anstieg zu sehr späten Zündzeitpunkten festzustellen (Abbildung 7).

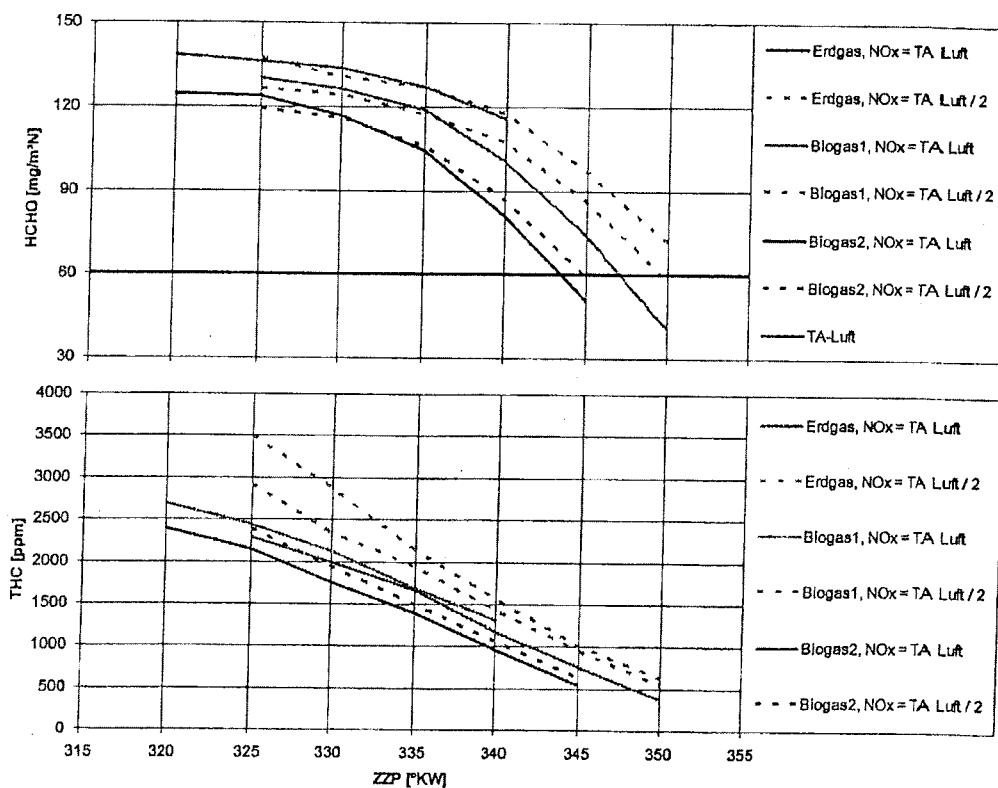


Abbildung 7: Brenngasvariation AVL 520 LVK; $p_{mi} = 10\text{bar}$: Formaldehyd- (oben) und Gesamtkohlenwasserstoffemissionen

Bei den Basismessungen hatten sehr frühe Zündzeitpunkte bei konstantem Verbrennungsluftverhältnis zu niedrigen Formaldehyd- und hohen Stickoxidemissionen geführt. Ebenso wurde ein Anstieg der Formaldehydemissionen bei Abmagern des Gemisches und konstantem Ladedruck eindeutig nachgewiesen. Bei

den Brenngasvariationen wurde das Gemisch mit Frühverstellung des Zündzeitpunktes abgemagert, um die Stickoxidemissionen konstant zu halten. Dieses Abmagern führt dazu, dass die Formaldehydemissionen zu sehr frühen Zündzeitpunkten hin nicht absinken, sondern ein ausgeprägtes Plateau bilden.

Im Gegensatz dazu kann bei sehr späten Zündzeitpunkten das Gemisch angefettet werden, ohne dass die Stickoxidgrenzwerte überschritten werden. Die dadurch verbesserten Brennbedingungen wirken einem vorzeitigen Verlöschen der Flamme entgegen. Damit steigen die Formaldehydemissionen bei sehr späten Zündzeitpunkten, anders als bei den Versuchen mit konstantem Verbrennungsluftverhältnis und konstantem Ladedruck, nicht an.

Die Gesamtkohlenwasserstoffemissionen fallen mit Spätverstellung des Zündzeitpunktes stetig. Ein über dem Zündzeitpunkt konstanter Verlauf, wie bei den Basismessungen bei frühen Zündzeitpunkten zu sehen, tritt nicht auf. Ursächlich hierfür ist das Abmagern des Gemisches bei Frühzündung. Die verschlechterten Brennbedingungen führen zu höheren Kohlenwasserstoffemissionen.

Die Anwesenheit von Kohlendioxid im Brenngas führt zwar, wie in *Abbildung 5* zu sehen, zu einer Verschlechterung der Brennbedingungen. Allerdings ermöglicht Kohlendioxid in seiner Eigenschaft als Temperatur senkendes Ballastgas auch eine Anfettung des Gemisches, ohne dass die Stickoxidemissionen steigen. Dadurch werden die Brennbedingungen verbessert und die Brennverläufe der drei Brenngase liegen fast deckungsgleich aufeinander, s. .

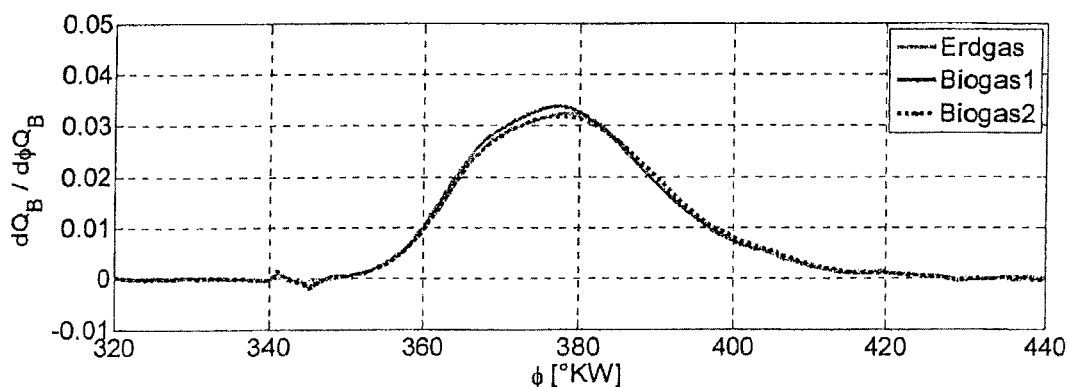


Abbildung 8: Brenngasvariation AVL 520 LVK; $p_{mi} = 10\text{bar}$; Brennverläufe $\text{NO}_x = \text{TA Luft}$

Das führt dazu, dass sich im qualitativen Verlauf der Formaldehydemissionen über dem Zündzeitpunkt kein Unterschied zwischen Erdgas und den Biogasmischungen ausmachen lässt. Quantitativ betrachtet liegen die Emissionen bei „Biogas1“ niedriger als bei Erdgas, die von „Biogas2“ noch niedriger. Ursächlich hierfür ist in erster Linie der geringere Restsauerstoffgehalt im Abgas der Biogasmischungen, der von den fetteren Gemischen herrührt.

Bei indizierten Mitteldrücken von $p_{mi} = 15\text{bar}$ konnten für die Biogasmischungen auf Grund von Zündaussetzern nur wenige Zündwinkel untersucht werden. Dennoch zeigen sich die gleichen Tendenzen wie bei $p_{mi} = 10\text{bar}$. Die Biogasmischungen weisen sowohl geringere Gesamtkohlenwasserstoff- als auch Formaldehydemissionen auf; ihre Verläufe über dem Zündwinkel sind in *Abbildung 9* dargestellt.

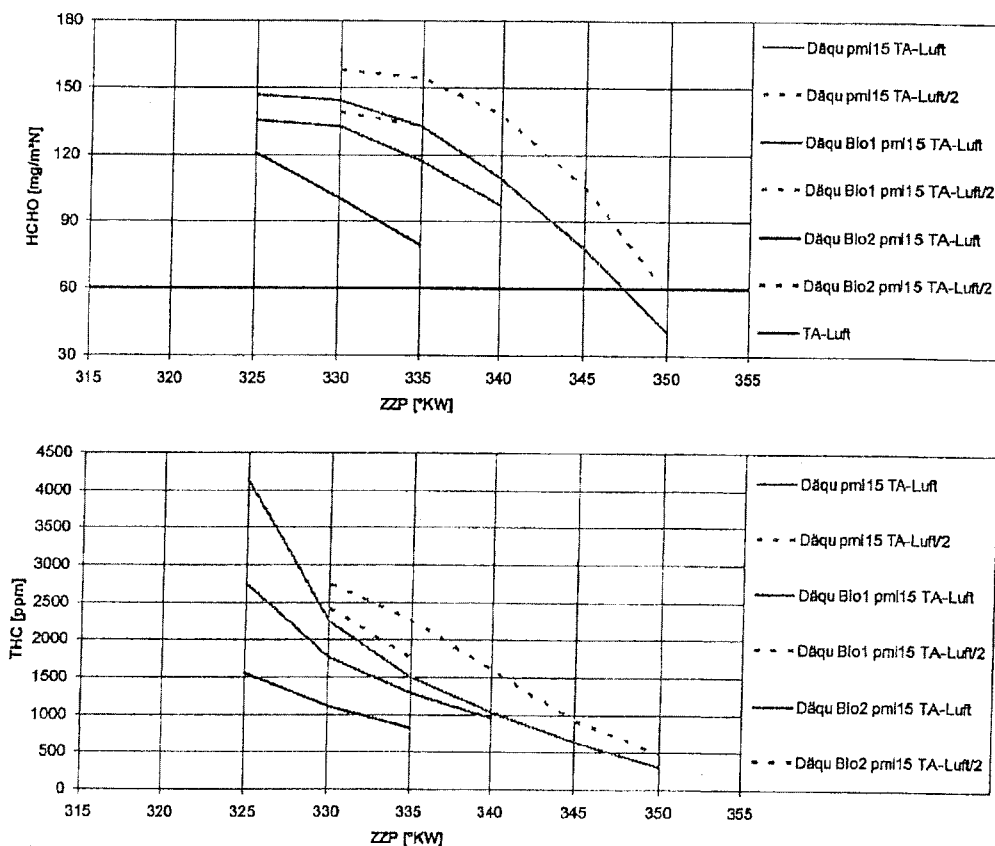


Abbildung 9: Brenngasvariation AVL 520 LVK; $p_{mi} = 15\text{bar}$: Formaldehyd- (oben) und Gesamtkohlenwasserstoffemissionen

8 Motorparameter

Neben dem Einfluss der allgemeinen Betriebsparameter und der Brenngaszusammensetzung wurden verschiedene Motorparameter hinsichtlich ihres Einflusses auf die Formaldehydemissionen untersucht. Zusätzlich zu Kühlwasser- und Ladelufttemperatur, welche im Grunde ohne konstruktive Maßnahmen am Motor selbst geändert werden können, wurden hierbei auch Parameter untersucht, die an ausgeführten Motoren ohne konstruktive Maßnahmen nicht geändert werden können. Hierbei wurden verschiedene Turbineneintrittsdrücke (abhängig vom Turboladerwirkungsgrad), Ladungsbewegungen (Drallniveaus), Verdichtungsverhältnisse, ein Kolben mit erhöhtem Feuerstegvolumen sowie ein Kolben mit radikal geänderter Brennraumgeometrie untersucht. Die Messungen über den Einfluss des Turbineneintrittsdruckes wurden an beiden Motoren durchgeführt, die weiteren Untersuchungen nur am AVL 520 LVK. Der Einfluss von Kühlwassertemperatur, Ladelufttemperatur und Turbineneintrittsdruck wurde zum Teil im Rahmen der Basismessungen untersucht.

Variation	MTU 396	AVL 520 LVK
Turbineneintrittsdruck	1,129... 1,539bar abs. ($\eta_{ATL} = 60 \dots 310\%$)	1,119... 2,609bar abs. ($\eta_{ATL} = 48 \dots 432\%$)
Kühlwassertemperatur	XXX	60...103°C
Ladelufttemperatur	XXX	50... 90°C
Drall	XXX	D = 1,37 D = 1,49 (Standard) D = 0,43
Verdichtungsverhältnis	XXX	$\epsilon = 12 / 15$
Feuerstegvolumen	XXX	verdoppelt
Brennraumgeometrie	XXX	Linse statt Kegelstumpf

Tabelle 8: Geänderte Motorparameter und Ausprägung

8.1 Variation des Turbineneintrittsdruckes

Bei beiden Motoren wurde eine Variation des Turbineneintrittsdruckes untersucht. Da die Forschungsmotoren fremd aufgeladen wurden, erfolgte die Einstellung des Turbineneintrittsdruckes mit einer gesteuerten Abgasklappe. Die ersten Untersuchungen wurden zusammen mit den Basismessungen bei Ladedrücken von 1,6 und 1,9 bar abs. durchgeführt. Am AVL 520 LVK wurden zudem nach Montage des Abgasbehälters die Turbineneintrittsdrücke ausgehend von Referenzpunkten bei Mitteldrücken von $p_{mi} = 10\text{bar}$ bzw. $p_{mi} = 15\text{bar}$ vermessen. Bei diesen Untersuchungen wurden der Ladedruck und das Verbrennungsluftverhältnis konstant gehalten, so dass sich die indizierten Mitteldrücke und die Stickoxidemissionen über der Variation des Turbineneintrittsdrucks veränderten. Bei den Versuchen am MTU 396 wurden die Turbineneintrittsdrücke maximal bis zu den Ansaugdrücken erhöht, um eventuelle Rückzündungen in den mit Frischgas gefüllten Einlassbehälter zu vermeiden. Dieser Behälter ist mit einer Berstscheibe abgesichert, so dass bei einer Rückzündung mit einem Ansprechen der Berstscheibe und daraus resultierend einem Erliegen des Prüfstandsbetriebes bis zu deren Austausch gerechnet werden musste. Der Pufferbehälter im Ansaugtrakt des AVL 520 LVK ist mit einem Überdruckventil abgesichert, so dass ein Rückzünden keine weiterreichenden Folgen für den Prüfstandsbetrieb zur Folge hat. Deshalb konnten hier Turbineneintrittsdrücke untersucht werden, die zum Teil deutlich über den Saugrohrdrücken lagen.

	MTU 396	AVL 520 LVK
	p_{TLein} [bar abs.]	p_{TLein} [bar abs.]
$p_{SR} = 1,6 \text{ bar abs.}$	1,129... 1,539	1,232... 1,622
$p_{SR} = 1,9 \text{ bar abs.}$	XXX	1,333... 1,823
$p_{mi} = 10 \text{ bar}$	XXX	1,119... 1,689
$p_{mi} = 15 \text{ bar}$	XXX	1,259... 2,609

Tabelle 9: Bandbreite der Turbineneintrittsdrücke

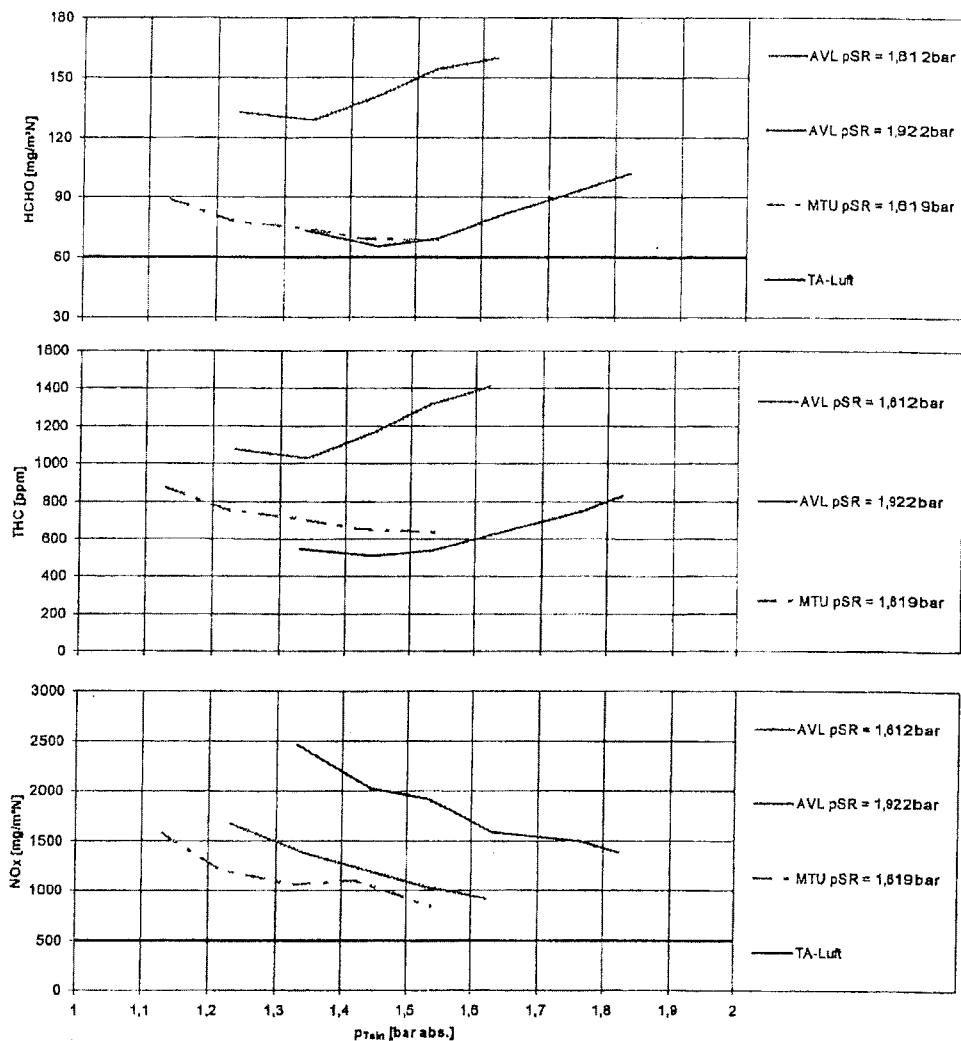


Abbildung 10: Verläufe der Formaldehyd-, Gesamtkohlenwasserstoff- und Stickoxidemissionen bei Turbineneintrittsdruckvariation; Basismessungen

Die Verläufe der Formaldehyd- und Gesamtkohlenwasserstoffemissionen bei dem Forschungsmotor AVL 520 LVK zeigen zu steigenden Turbineneintrittsdrücken hin eine deutlich steigende Tendenz, gleichzeitig fallen die Stickoxidemissionen. Die Ursache hierfür ist in verschlechterten Brennbedingungen auf Grund höherer Restgasgehalte zu suchen. Die Emissionen des Forschungsmotors MTU 396 sind deutlich geringer als die des AVL-Motors bei gleichen Bedingungen. Zu niedrigen Turbineneintrittsdrücken hin steigen die Formaldehydemissionen an. Geht man davon aus, dass bei niedrigen Turbineneintrittsdrücken eine bessere Spülung auftritt, wodurch sich der Restgasgehalt verringert und die Brennbedingungen verbessern, so ist tendenziell mit sinkenden Gesamtkohlenwasserstoffemissionen zu rechnen.

Dies deutet darauf hin, dass deren Anstieg nicht auf eine Änderung der Brennbedingungen zurückzuführen ist, sondern auf ein Überströmen von Frischladung in den Abgastrakt während der Ladungswechselphase. Die in gleicher Tendenz steigenden Formaldehydemissionen lassen dabei die Möglichkeit der Formaldehydbildung aus in den Abgastrakt gelangendem Frischgas möglich erscheinen. Die steigende Tendenz zu niedrigen Turbineneintrittsdrücken war vor allem am MTU 396 festzustellen. Da der AVL 520 LVK zu diesem Zeitpunkt noch nicht über einen Auslassbehälter verfügte, wurden nach dessen Montage nochmals Messungen zu den Turbineneintrittsdrücken durchgeführt. Die dadurch sinkenden dynamischen Abgasdrücke sollten für eine verbesserte Durchspülung sorgen, wodurch auch für diesen Motor ein Ansteigen der Formaldehydemissionen bei sehr niedrigen Abgasgegendrücken erwartet wurde.

Analog den im gleichen Zeitraum durchgeführten Brenngasvariationen wurden als Ausgangspunkte für die Versuche Betriebspunkte mit $p_{mi} = 10\text{bar}$ und $p_{mi} = 15\text{bar}$, sowie $\text{NO}_x = 500\text{mg/m}^3_N$ gewählt. Verbrennungsluftverhältnis, Saugrohrdruck und Zündzeitpunkt wurden konstant gehalten und der Turbineneintrittsdruck variiert.

Die Formaldehydemissionen liegen für beide Mitteldrücke absolut auf einem höheren Niveau als bei den ersten Versuchen zum Turbineneintrittsdruck und $p_L = 1,92\text{ bar abs.}$ ($p_{mi} \approx 12...13\text{bar}$), jedoch unter denen bei $p_L = 1,61\text{ bar abs.}$ ($p_{mi} \approx 10...11\text{ bar}$). Die Stickoxidemissionen sind dabei deutlich niedriger. Für beide Mitteldrücke ist ein stetiger Anstieg der Formaldehydemissionen zu steigenden Turbineneintrittsdrücken zu erkennen. Die Stickoxidemissionen verhalten sich dazu konträr. Die Ursache für die Emissionsverläufe ist der mit steigendem Turbineneintrittsdruck steigende Restgasgehalt. Die Brennbedingungen verschlechtern sich dadurch, die Formaldehyd- und Kohlenwasserstoffemissionen steigen, die Stickoxidemissionen sinken. Bei fehlendem Auslassbehälter steigt die Restgasmenge mit steigendem Turbineneintrittsdruck überproportional an, was zu steileren Gradienten in den Verläufen der Kohlenwasserstoff- und Formaldehydemissionen führt. Ein nennenswertes Überströmen von Frischladung in den Abgastrakt ist nicht zu erkennen, lediglich bei $p_{mi} = 15\text{bar}$ und sehr niedrigen Turbineneintrittsdrücken steigen die Gesamtkohlenwasserstoffemissionen mit sinkenden Turbineneintrittsdrücken (*Abbildung 11*).

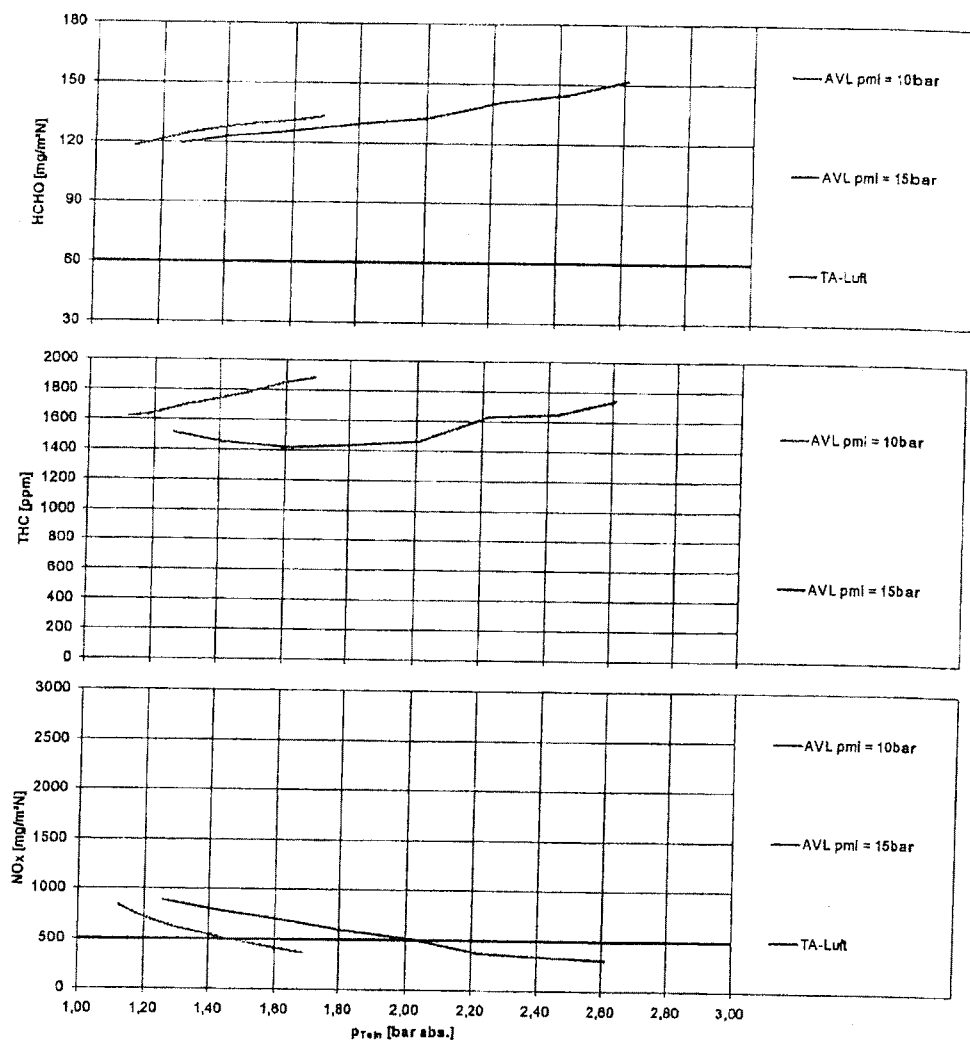


Abbildung 11: Verläufe der Formaldehyd-, Gesamtkohlenwasserstoff- und Stickoxidemissionen bei Turbineneintrittsdruckvariation; Nachmessungen

Die Bildung von Formaldehyd durch in den Abgastrakt übergeschobenenes Frischgas war mit dem Forschungsmotor AVL 520 LVK nicht nachzuweisen. Es ist davon auszugehen, dass die Ventilüberschneidungsphase bei diesem Motor auch bei großen positiven Spülgefälle zu kurz ist, um nennenswerte Frischgasmengen überzuschieben.

In einer letzten Versuchsreihe wurde das Verhalten auf eine Anpassung des Verbrennungsluftverhältnisses untersucht, um auch bei geänderten Turbineneintrittsdrücken konstante Stickoxidemissionen zu erhalten (siehe *Abbildung 12*). Die Stickoxidemissionen der λ -korrigierten Betriebspunkte treffen nicht ganz die Vorgabe von $500 \text{ mg/m}^3_{\text{N}}$. Dennoch ist die Tendenz festzustellen, dass potentielle

Verbesserungen in den Formaldehydemissionen durch die notwendige Anpassung des Verbrennungsluftverhältnisses überkompensiert wird.

Eine signifikante Verbesserung des Emissionsverhaltens bezüglich Formaldehyd auf Grund einer Änderung des Turbineneintrittsdrucks / Turboladerwirkungsgrades ist folglich nicht möglich.

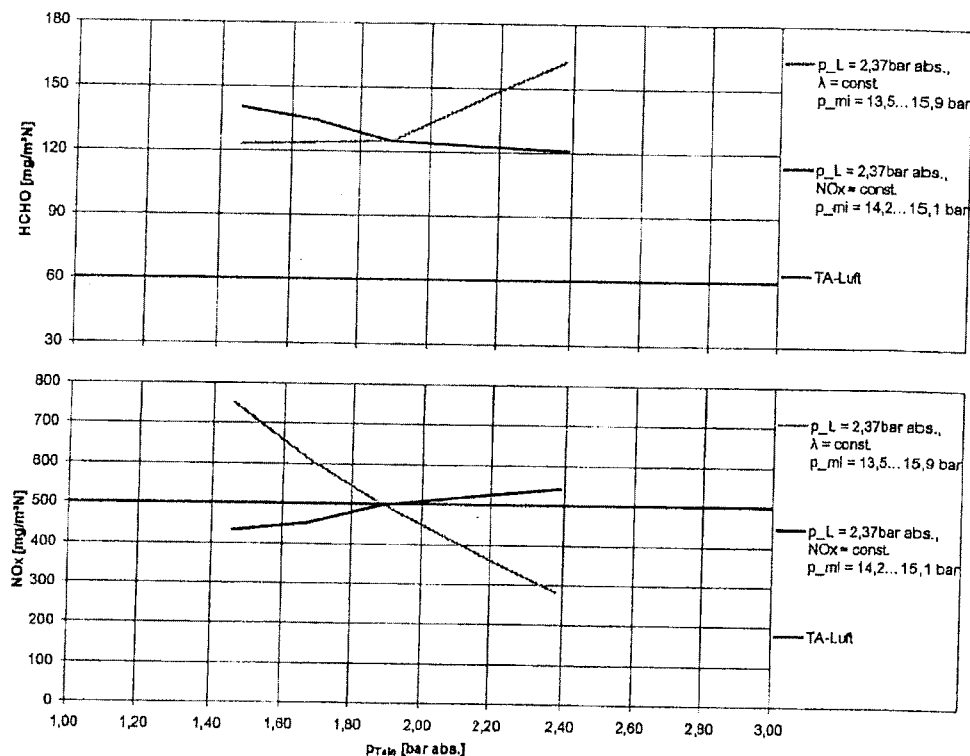


Abbildung 12: Verläufe der Formaldehyd-, und Stickoxidemissionen bei Turbineneintrittsdruckvariation; $p_L = \text{const.}$, $\lambda = \text{const.}$

8.2 Variation der Kühlwassertemperatur

Um den Einfluss der Bauteiltemperatur auf die Formaldehydemissionen zu bestimmen, wurden die Kühlwasser- und Öltemperatur ausgehend von 80°C um 20°C nach oben und unten variiert. Dabei führte eine Veränderung der Fluidtemperaturen um 20°C zu einer Änderung der wandnahen Bauteiltemperaturen um ca. 10°C.

Mit steigenden Fluidtemperaturen sinken die Formaldehydemissionen. So führt eine Erhöhung von Öl- und Wassertemperatur um 40°C zu einer Verringerung der Formaldehydemissionen um 10mg/m³_N, was einer Senkung um 7% bis 10%

entspricht (Abbildung 13). Gleichzeitig steigen jedoch die Stickoxidemissionen um ca. $200\text{mg/m}^3_{\text{N}}$, entsprechend einem Anstieg von ca. 20% bis ca. 50%. Es wurde nicht untersucht, wie sich die Formaldehydemissionen bei Variation der Fluidtemperaturen unter gleichzeitiger Konstanzhaltung der Stickoxidemissionen verhalten. Die nur geringe Änderung der Formaldehydemissionen bei gleichzeitig erheblich stärkerem Anstieg der Stickoxidemissionen zeigt jedoch, dass eine höhere Kühl- und Schmiermitteltemperatur kein geeignetes Instrument für eine Verringerung der Formaldehydemissionen darstellt.

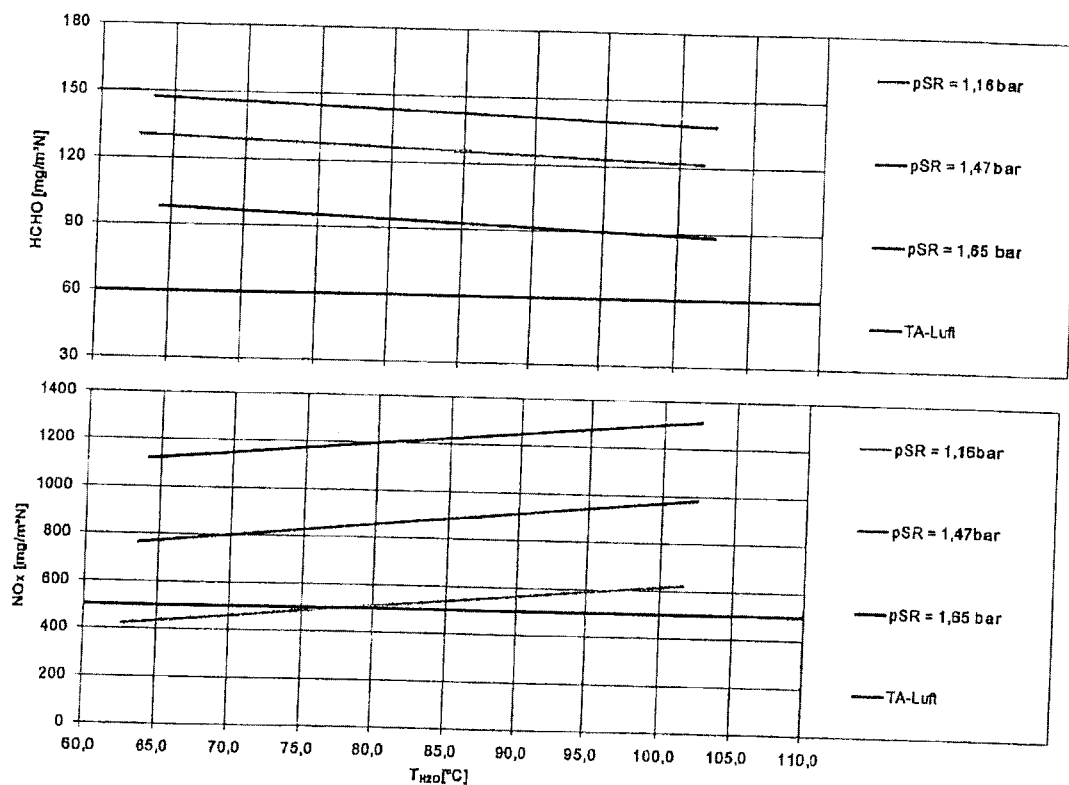


Abbildung 13: Formaldehyd- und Stickoxidemissionen bei Variation der Fluidtemperaturen

8.3 Variation der Frischgastemperatur

Für die Variation der Frischgastemperatur wurde ein Betriebspunkt mit Biogas untersucht. Der indizierte Mitteldruck lag bei $p_{mi} = 15\text{bar}$, die Stickoxidemissionen bei $500\text{mg/m}^3_{\text{N}}$. Die Frischgastemperatur wurde ausgehend von 50°C über 70°C auf 90°C angehoben. Die Formaldehydemissionen verhalten sich dabei tendenziell wie bei einer Erhöhung der Fluidtemperaturen. Bedingt durch das nicht nur in Wandnähe, sondern im ganzen Brennraum erhöhte Temperaturniveau, fallen hier jedoch sowohl die Verringerung der Formaldehydemissionen, als auch der Anstieg der Stickoxidemissionen erheblich stärker aus. Wird das Gemisch abgemagert, um die Stickoxidemissionen auf das Ausgangsniveau zu reduzieren, steigen die Formaldehydemissionen tendenziell mit der Gemischtemperatur an, wie in den Diagrammen in *Abbildung 14* zu sehen ist. Somit stellt auch die Frischgastemperatur kein geeignetes Instrument dar, die Formaldehydemissionen abzusenken.

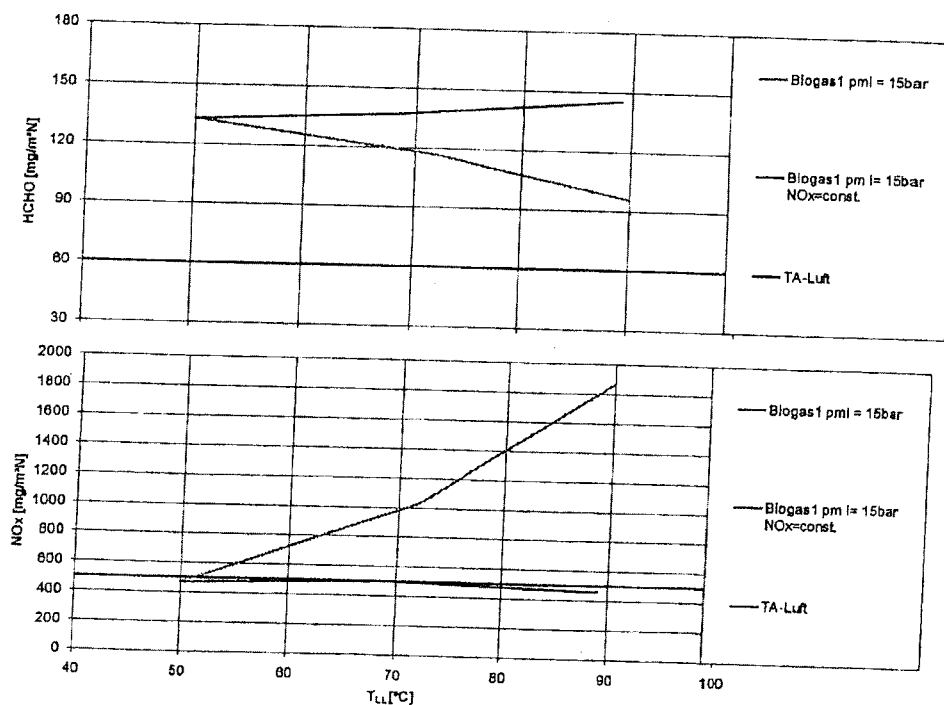


Abbildung 14: Formaldehyd- und Stickoxidemissionen bei Variation der Frischgastemperatur

8.4 Drallvariationen

Die Ladungsbewegung ist bei Verbrennungsmotoren ein wichtiges Instrument, um den Verlauf der Verbrennung zu beeinflussen. Bei Gasmotoren wird dabei in der Regel die Zylinderladung in eine Rotationsbewegung um die Zylinderachse gebracht, welche man als Drall bezeichnet. Um die Intensität dieses Dralls quantifizieren zu können, wird eine Drallzahl D definiert, in der man die Rotationsgeschwindigkeit auf die Axialgeschwindigkeit bezieht. Die Bestimmung der Drallzahl kann auf unterschiedliche Arten erfolgen, am LVK wird sie nach der Methode von G. Tippelmann (siehe *Abbildung 15*) mit einem Strömungsgleichrichter ermittelt. Eine weitere verbreitete Methode zur Ermittlung der Drallzahl ist die Bestimmung mittels Flügelradanemometer. Die beiden Methoden unterscheiden sich dabei nicht nur durch das Messverfahren, sondern auch durch die Definition der Drallzahl selbst. Während bei der Ermittlung mit Strömungsgleichrichter die Drallzahl in der Regel über das Verhältnis von Umfangs- zu Axialgeschwindigkeit der Strömung definiert ist, definiert man die Drallzahl bei Anemometermessungen im Allgemeinen über das Verhältnis der Drehzahl der Ladungsströmung zu (fiktiver) Motordrehzahl. In Abstimmung mit dem Arbeitskreis wurde für die Quantifizierung der Drallzahl die Definition über die Drehzahlen gewählt. [TIPPEL1977]

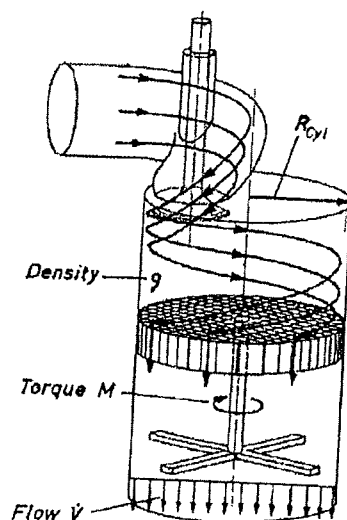


Abbildung 15: Drallmessung nach Tippelmann [TIPPEL1977]

Der Zylinderkopf des Forschungsmotors AVL 520 LVK ist zur Drallerzeugung mit einem Spiral-Einlasskanal ausgestattet. Damit die Intensität des Dralls eingestellt werden kann, verfügt der Zylinderkopf über ein Schirmventil im Einlasskanal (Abbildung 16). Durch den Schirm wird die Strömung umgelenkt, so dass mit einer Verdrehung des Ventils und damit des Schirms die Drallzahl in einem Bereich von $-1,62 \leq D \leq 5,75$ eingestellt werden kann.

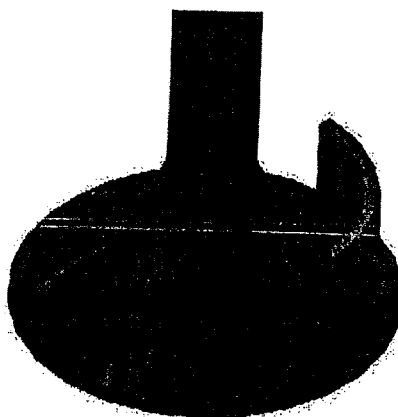


Abbildung 16: Schirmventil

Zu Beginn des Forschungsvorhabens wurde ein Drallniveau festgelegt, mit welchem der Motor betrieben werden sollte. Mit diesem Drallniveau wurde der überwiegende Teil der Untersuchungen durchgeführt, weshalb es hier als „Referenzdrall“ oder D_{ref} bezeichnet werden soll. Durch Verdrehen des Schirmventils wurde der Drall variiert und sein Einfluss auf die Formaldehydemissionen zunächst in einem Stichversuch untersucht. Diese Untersuchung erfolgte vor Umbau der Abgasanlage am AVL 520 LVK und umfasste – neben dem Referenzdrall – vier weitere Drallniveaus. Während bei zweien dieser Schirmventilstellungen die Formaldehydemissionen gut mit denen des Referenzdralls übereinstimmten, wurden bei den beiden anderen deutliche Abweichungen festgestellt. Aus diesem Grund beschränkte sich die tiefer gehende Untersuchung des Dralleinflusses nach Umbau der Abgasanlage auf die beiden Drallniveaus.

Die deutlichsten Abweichungen vom Referenzdrall waren in den Formaldehydemissionen bei Drallniveaus aufgetreten, die im Folgenden als „Niedrigdrall“ (D_{low}) und „äquivalenter Drall“ ($D_{äqu}$) bezeichnet werden. Bei Niedrigdrall wurde durch eine nur geringfügig vom Referenzdrall abweichende

Schirmventilstellung ein deutlich geringerer Drall von nur $D_{low} = 0,43$ erzeugt. Demgegenüber steht beim äquivalenten Drall eine von Betrag und Richtung her dem Referenzdrall in etwa gleiche Drallzahl ($D_{äqu} = 1,37$), die jedoch mit einer deutlich abweichenden Schirmventilstellung erzeugt wird, siehe Abbildung 17.

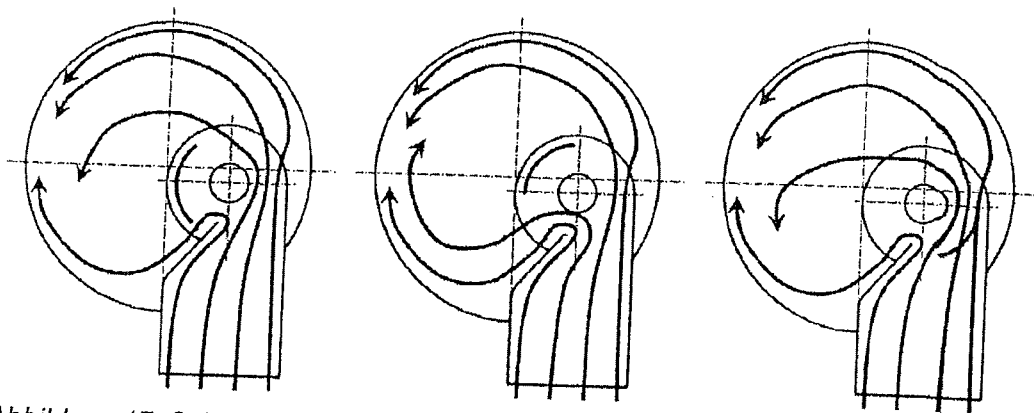
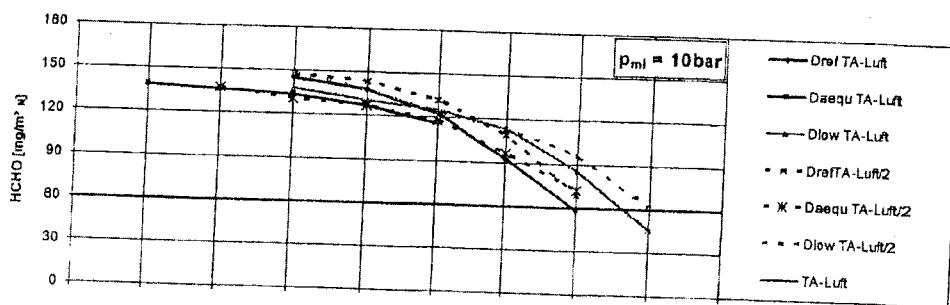


Abbildung 17: Schirmventilstellungen und schematische Einlassströmung; von links nach rechts: D_{ref} , D_{low} , $D_{äqu}$

Die Drallvariationen wurden mit Erdgas als Brenngas durchgeführt. Dabei wurden zwei indizierte Mitteldrücke ($p_{mi} = 10 / 15 \text{ bar}$) und zwei Stickoxid-Niveaus ($\text{NO}_x = 250 / 500 \text{ mg/m}^3_N$) anhand von Zündzeitpunktvariationen untersucht.

In den Formaldehydemissionen zeigen alle Drallniveaus die gleiche, von den bisherigen Versuchen bereits bekannte Charakteristik eines Plateaus bei frühen Zündzeitpunkten und abnehmenden Emissionen zu späten Zündzeitpunkten hin. Während die Drallniveaus mit in etwa gleicher Drallintensität im Grunde gleiche Verläufe der Emissionen aufweisen, die sich nur geringfügig in der absoluten Höhe unterscheiden, zeigen die Emissionen des Niedrigdralls eine Verschiebung in Richtung später Zündzeitpunkte.



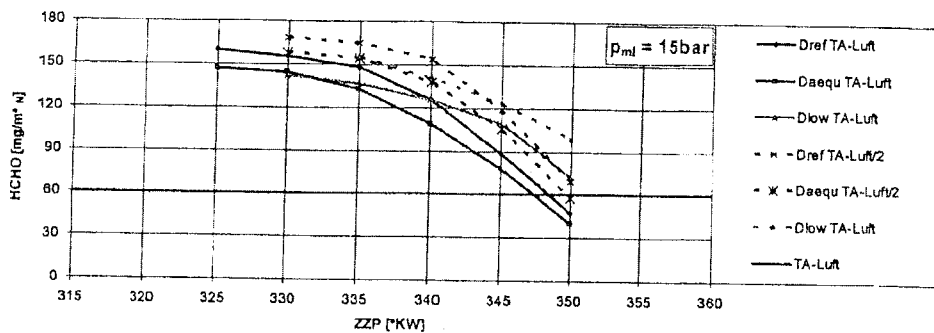


Abbildung 18: Formaldehydemissionen der Drallvariationen

Auch hier ist ein Zusammenhang mit den Brennverläufen erkennbar; bei Niedrigdrall sind tendenziell die schnellsten Umsatzraten und frühesten Schwerpunktlagen zu erkennen, die anderen beiden Drallniveaus weisen in etwa gleiche Schwerpunktlagen auf.

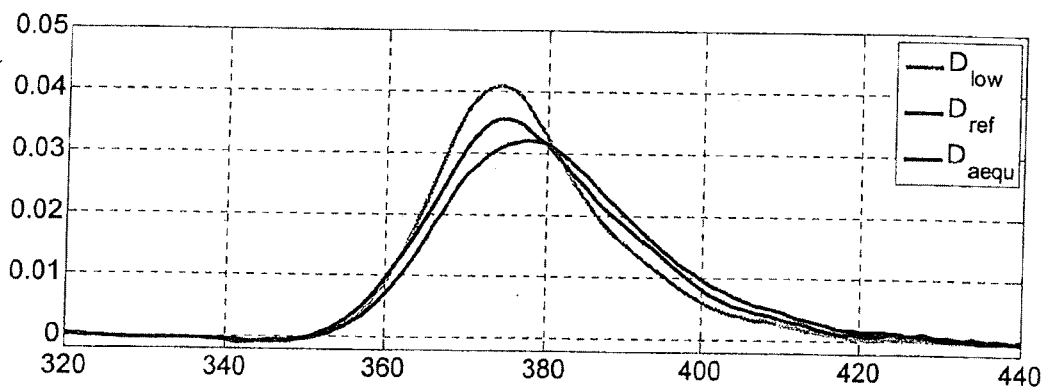


Abbildung 19: Brennverläufe der Drallvariation bei $p_{mf} = 15 \text{ bar}$, $ZZP 340^\circ \text{KW}$, $\text{NO}_x = 500 \text{ mg/m}^3_N$

8.5 Variation des Verdichtungsverhältnisses

Um das Verdichtungsverhältnis variieren zu können, wurden zwei Versuchskolben mit geänderten Kolbenmuldenvolumen gefertigt. Dabei wurde versucht, die Brennraumgeometrie weitestgehend unverändert zu behalten. Um dies zu erreichen, wurden Muldendurchmesser und -tiefe im gleichen Verhältnis skaliert; der Kolbenrückstand zum Zylinderkopf wurde nicht verändert. Die Quetschflächen konnten somit weitestgehend gleich gehalten werden, sie veränderten sich im Vergleich zum Ausgangskolben um ca. 5%-Punkte (Quetschflächenanteil Ausgangskolben: 59%). Es wurden Verdichtungsverhältnisse von $\epsilon = 12$ und $\epsilon = 15$

untersucht. Auch hier wurden konstante Mitteldrücke bei jeweils konstanten Stickoxidemissionen untersucht.

Bei den Mitteldrücken $p_{mi} = 10\text{bar}$ und $p_{mi} = 15\text{bar}$ wird mit dem Forschungsmotor bei allen untersuchten Verdichtungsverhältnissen in etwa der gleiche maximale Wirkungsgrad erreicht. Mit dem niedrigen Verdichtungsverhältnis entstehen dabei bei wirkungsgradoptimalem Zündzeitpunkt in etwa gleich hohe Formaldehydemissionen wie mit dem ursprünglichen Verdichtungsverhältnis von $\epsilon = 13$. Mit dem höheren Verdichtungsverhältnis kommt es über weite Zündwinkelbereiche zu höheren Formaldehydemissionen. Dies zeigt sich bereits bei $p_{mi} = 10\text{bar}$ und wird bei $p_{mi} = 15\text{bar}$ noch deutlicher. Bei annähernd gleichem maximalen Wirkungsgrad entstehen hier mit dem höher verdichtenden Kolben um 25% höhere Formaldehydemissionen, bei $p_{mi} = 10\text{bar}$ liegen sie um ca. 5% über den Werten des Ausgangskolbens. Bei sehr späten Zündzeitpunkten kehrt sich dieses Verhältnis um, da die Emissionen des höher verdichtenden Kolben zu späten Zündzeitpunkten hin stärker abfallen. Hier ergibt sich bei in etwa gleichen Formaldehydemissionen ein Wirkungsgradvorteil für den höher verdichtenden Kolben von ca. einem Prozentpunkt (Abbildung 20, Abbildung 21).

Durch die höhere Verdichtung bei $\epsilon = 15$ sind die Spitzendrücke und -temperaturen, deutlich höher, woraus entsprechend höhere Stickoxidemissionen resultieren. Um diese auf zulässige Werte zu verringern, muss das Gemisch stark abgemagert werden. Diese Abmagerung führt zu drastisch erhöhten Emissionen von Formaldehyd und Gesamtkohlenwasserstoffen. Bei sehr späten Zündzeitpunkten musste nicht so stark abgemagert werden, so dass die Erhöhung der Formaldehydemissionen nicht so stark ausfällt wie bei frühen Zündzeitpunkten.

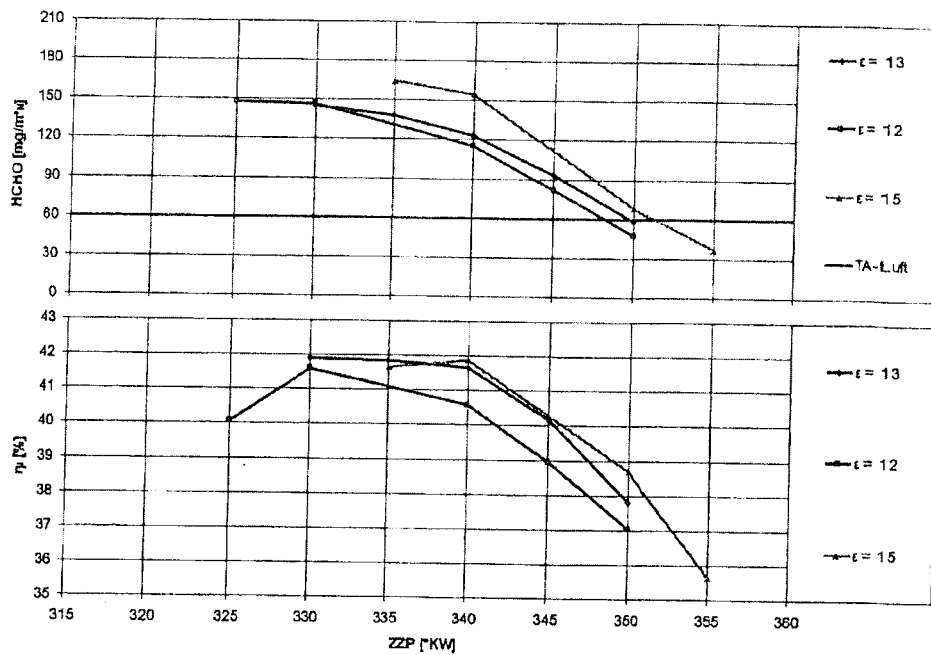


Abbildung 20: Variation des Verdichtungsverhältnisses, $p_{mi} = 10\text{bar}$; Formaldehydemissionen und indizierter Wirkungsgrad

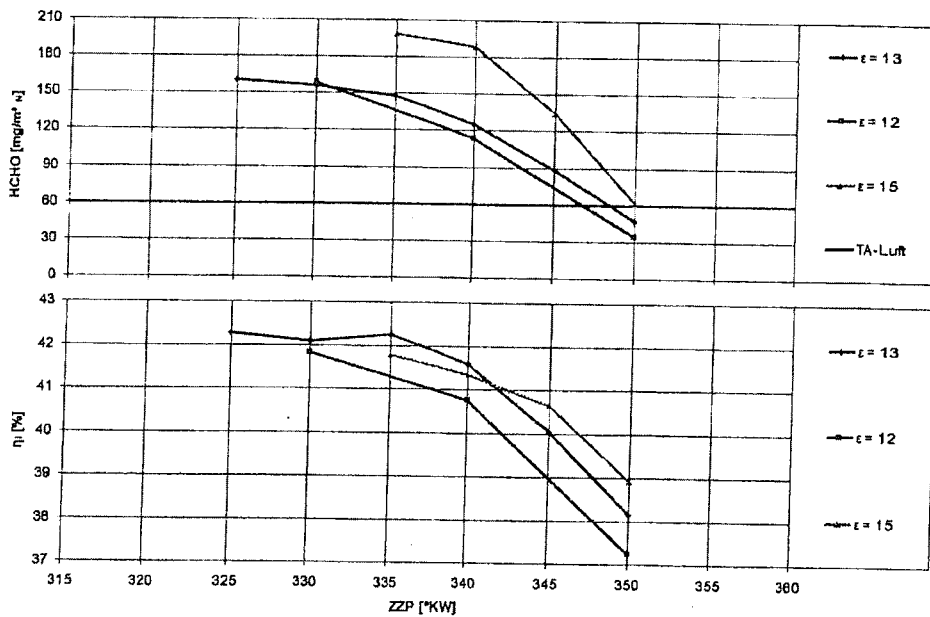


Abbildung 21: Variation des Verdichtungsverhältnisses, $p_{mi} = 15\text{bar}$; Formaldehydemissionen und indizierter Wirkungsgrad

Ein indizierter Mitteldruck von $p_{mi} = 20\text{bar}$ konnte mit dem höher verdichtenden Kolben nicht untersucht werden, für die beiden anderen Kolben ergeben sich fast deckungsgleiche Verläufe der Emissionen.

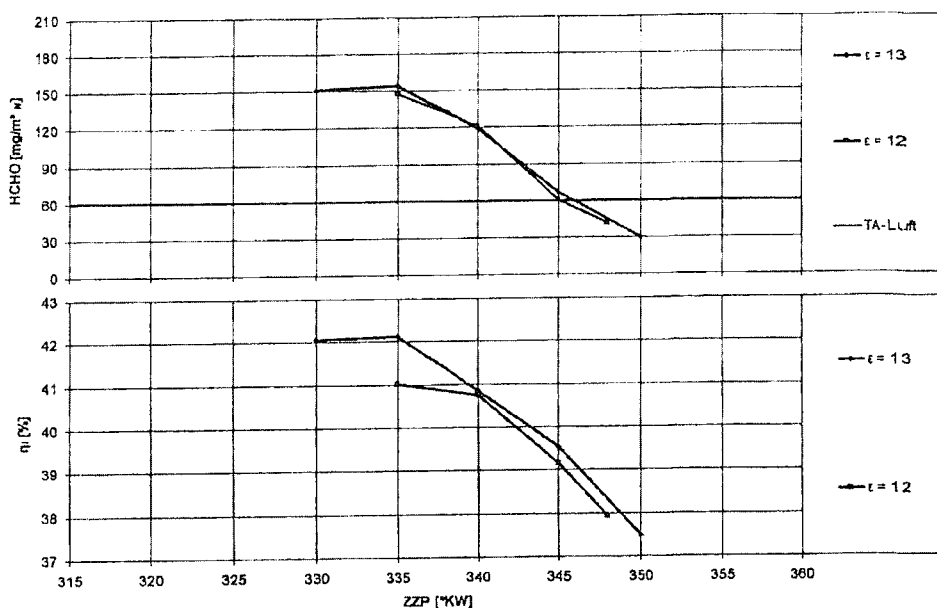


Abbildung 22: Variation des Verdichtungsverhältnisse, $p_{mi} = 20\text{bar}$;
Formaldehydemissionen und indizierter Wirkungsgrad

Bei den theoretischen Vergleichsprozessen des Verbrennungsmotors führt eine Erhöhung des Verdichtungsverhältnisses immer zu einer Steigerung des Wirkungsgrades. Das nahezu gleich bleibende Niveau der maximalen Wirkungsgrade für alle untersuchten Verdichtungsverhältnisse widerspricht dieser Theorie, was bei dem Forschungsmotor AVL 520 LVK vor allem bei $\epsilon = 15$ deutlich wird. Bei späten Zündzeitpunkten stimmen die Messungen noch mit der theoretischen Betrachtung überein: der Wirkungsgrad liegt hier für $\epsilon = 15$ höher als für $\epsilon = 12$ und $\epsilon = 13$. Dieser Wirkungsgradvorteil wird kleiner, je früher gezündet wird, bis er sich schließlich in einen Wirkungsgradnachteil gegenüber $\epsilon = 13$ umkehrt.

Eine Betrachtung der Gesamtkohlenwasserstoffemissionen erklärt dieses Verhalten. Während diese bei den beiden niedrigeren Verdichtungsverhältnissen auf gleichem Niveau liegen, wird bei $\epsilon = 15$ und frühen Zündzeitpunkten in etwa die doppelte Menge an Kohlenwasserstoffen emittiert, vgl. *Abbildung 23*. Diese Kohlenwasserstoffe stehen der Verbrennung nicht zur Verfügung und führen damit zu einer deutlichen Verringerung des Wirkungsgrades. Ursache dieser sehr hohen Kohlenwasserstoffemissionen ist der hohe Luftüberschuss, mit dem der Motor hier betrieben wird, um die Stickoxidgrenzwerte einhalten zu können.

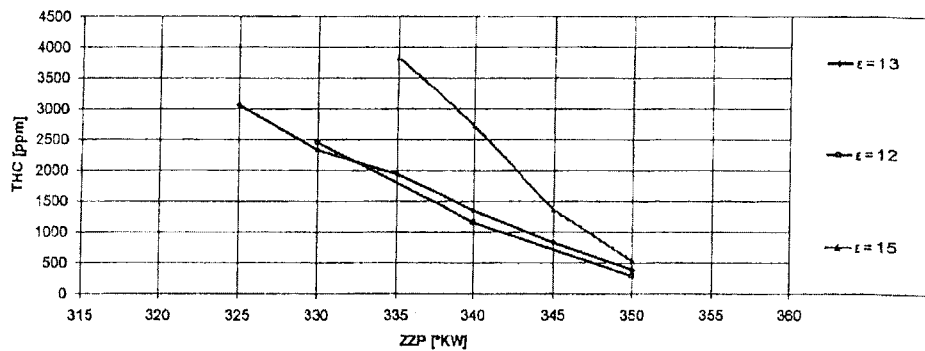


Abbildung 23: Variation des Verdichtungsverhältnisses, $p_{mi} = 15\text{bar}$; Gesamtkohlenwasserstoffemissionen

In Tabelle 10 sind für den sehr frühen Zündzeitpunkt von 335°KW Wirkungsgrad und Ausbrand für $\varepsilon = 13$ und $\varepsilon = 15$ verglichen. Mit dem höheren Verdichtungsverhältnis wird ein geringerer Wirkungsgrad erreicht. Aus den Gesamtkohlenwasserstoffemissionen und dem Verbrennungsluftverhältnis errechnet sich der Ausbrand, der bei $\varepsilon = 15$ deutlich kleiner ist als bei $\varepsilon = 13$. Unter Berücksichtigung des Wirkungsgrades kann abgeschätzt werden, dass aus dem geringeren Ausbrand ein Wirkungsgradverlust von 1,5%-Punkten resultiert. Diese Betrachtung zeigt, dass das Absinken des indizierten Wirkungsgrades für $\varepsilon = 15$ unter die Werte von $\varepsilon = 13$ auf den verringerten Ausbrand infolge des sehr mageren Gemisches zurückzuführen ist.

Verdichtungsverhältnis ε [1]	13	15
Verbrennungsluftverhältnis λ [1]	1,78	1,86
ind. Wirkungsgrad η_i [%]	42,3	41,8
CH ₄ im Frischgas (errechnet aus λ) [ppm]	55700	53400
THC im Abgas [ppm]	1942	3828
Ausbrand [%]	96,5	92,8
Δ Ausbrand [%-Punkten]		-3,7
$\eta_i \cdot \Delta$ Ausbrand [%-Punkten]		-1,5

Tabelle 10: Vergleich Wirkungsgrad und Ausbrand $\varepsilon = 13$ und $\varepsilon = 15$; $p_{mi} = 15\text{bar}$, ZZP = 335°KW

8.6 Einfluss des Feuerstegs

Der Feuersteg stellt bei Ottomotoren eine wichtige Quelle für die Emission von unverbrannten Kohlenwasserstoffen dar. Während des Druckanstiegs im Brennraum auf Grund der Verdichtung und Verbrennung strömt unverbranntes Gemisch in diesen Brennraumpalt. Bei Überschreiten des Spitzendrucks kehrt sich das Druckgefälle um und das im Feuersteg enthaltene Restgas gelangt zurück in den Brennraum. Die Flamme erreicht den Feuerstegbereich gegen Ende der Verbrennung und erfasst den Anteil des Gemisches, der bis dahin hieraus in den Brennraum zurück geströmt ist. Wegen der geringen Spalthöhe kann sie jedoch nicht in den Feuersteg hinein brennen und verlöscht. Im weiteren Verlauf der Expansion tritt das restliche unverbrannte Gemisch aus dem Feuersteg in den Brennraum aus. Da die Flamme bereits verloschen ist, verbrennt dieses Gemisch nicht mehr und bildet einen Teil der Emission von unverbrannten Kohlenwasserstoffen.

Im Brennraum herrschen zu diesem Zeitpunkt allerdings noch Temperaturen, die zu Reaktionen der unverbrannten Kohlenwasserstoffe führen können. Damit kommt es auch zur Bildung von Formaldehyd, wenn die Kohlenwasserstoffe nur teilweise oxidiert werden

Für die Entstehung von Formaldehydemissionen aus Brennraumspalten heraus ist ein weiterer Mechanismus denkbar: Durch die Drucksteigerung während der Verdichtung und später während der Verbrennung erhitzt sich das unverbrannte Gemisch. Dabei werden Temperaturen erreicht, bei denen bereits Vorreaktionen stattfinden. Damit ist denkbar, dass Formaldehyd bereits während der Verdichtung und der Verbrennung im Restgas entsteht. In Brennraumspalten wie dem Feuersteg kann es dann bis nach Verbrennungsende verbleiben und nach dem Herausströmen aus den Spalten einen Beitrag zur Gesamtformaldehydemission leisten.

Um den Einfluss der Brennraumspalte, insbesondere des Feuerstegs, auf die Emission von Formaldehyd untersuchen zu können, wurde ein modifizierter Kolben angefertigt. Bei diesem wurde im Bereich des Feuerstegs eine Nut angebracht, die das Spaltvolumen des Feuerstegs erhöht. Dadurch kann im Feuersteg mehr unverbranntes Gemisch bis nach Verbrennungsende verbleiben, wodurch eine erhöhte Kohlenwasserstoffemission zu erwarten ist. Die Nut wurde dabei so

dimensioniert, dass sich das Feuerstegvolumen nahezu verdoppelte. Die Vergrößerung des Feuerstegvolumens führt dazu, dass sich das Verdichtungsverhältnis merklich ändert. Um wieder das ursprüngliche Verdichtungsverhältnis von $\varepsilon = 13$ zu erhalten, wurde deshalb die Tiefe der Kolbenmulde etwas verkleinert. Die Geometrie des Ausgangskolbens und des Kolbens mit erhöhtem Feuerstegvolumen sind in *Abbildung 24* zu sehen.

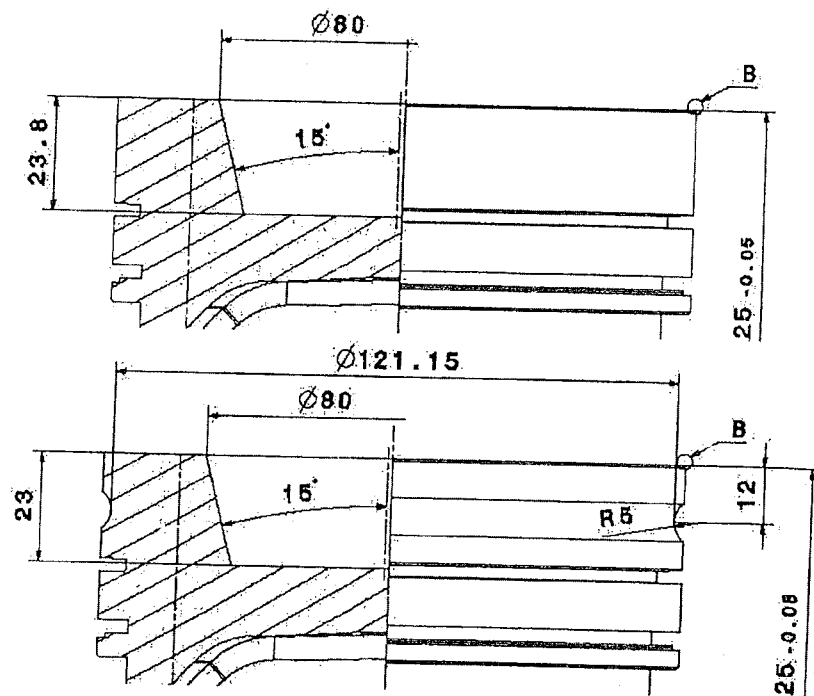


Abbildung 24: Standardkolben (oben) und Kolben mit erhöhtem Feuerstegvolumen

Die Versuche mit diesem Kolben zeigten einen sehr deutlichen Einfluss des Feuerstegs sowohl auf die Formaldehyd-, als auch auf die Gesamtkohlenwasserstoffemissionen. Die Gesamtkohlenwasserstoffemissionen erhöhten sich bei einem Niveau der Stickoxidemissionen von $500 \text{ mg/m}^3_{\text{N}}$ über den gesamten Zündwinkelbereich um etwa 70%. Demgegenüber ist der Zuwachs an Formaldehydemissionen stark vom Zündwinkel abhängig. Bei frühen Zündzeitpunkten entstammen in etwa 40% des emittierten Formaldehyds dem Feuersteg, bei späten Zündzeitpunkten in etwa 70%.

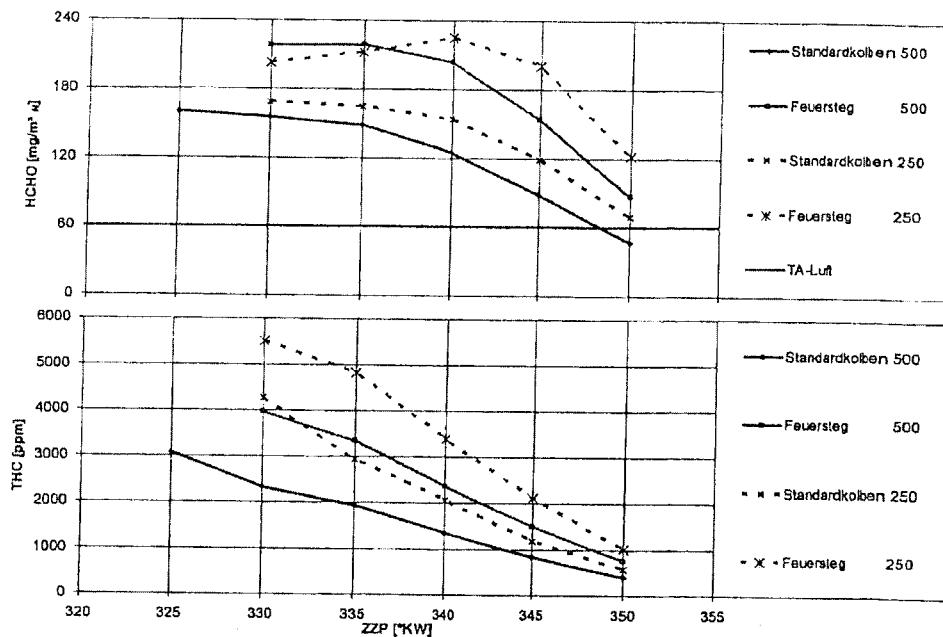


Abbildung 25: Vergleich Standardkolben – erhöhter Feuersteg; Formaldehyd- und Gesamtkohlenwasserstoffemissionen für $\text{NO}_x = 250 / 500 \text{ mg/m}^3_N$

Unter der Annahme, dass sich durch die Verdoppelung des Feuerstegvolumens auch die aus dem Feuersteg stammenden Emissionen verdoppeln, kann abgeschätzt werden, wie sich die Herkunft der Emissionen auf Feuersteg und andere Quellen aufteilt. Dabei sieht man, dass die Gesamtkohlenwasserstoffemissionen aus dem Feuersteg in Richtung früher Zündzeitpunkte stetig ansteigen. Im Gegensatz dazu weisen die dem Feuersteg entstammenden Formaldehydemissionen ein Maximum auf und fallen von diesem aus in Richtung früherer und späterer Zündwinkel ab. Dies legt den Schluss nahe, dass der Entstehung der Gesamtkohlenwasserstoff- und Formaldehydemissionen aus dem Feuersteg unterschiedliche Mechanismen zu Grunde liegen. Die Entstehung von Formaldehyd kann einerseits während der Verdichtung vor dem Einströmen in den Feuersteg erfolgen. Andererseits ist eine Entstehung durch aus dem Feuersteg entweichendes Methan in den heißen Brennraum denkbar. Zudem ist es möglich, dass aus dem Feuersteg entweichendes oder im Brennraum aus Methan gebildetes Formaldehyd bei ausreichenden Brennraumtemperaturen weiter umgesetzt wird. Somit kann eine komplexe Abhängigkeit der Formaldehydemissionen von den Bedingungen im Brennraum während Verdichtung, Verbrennung und Expansion nicht ausgeschlossen werden. Für genauere Aussagen hierzu sind weiterführende Betrachtungen vonnöten.

Im Gegensatz dazu zeigen sowohl die Formaldehydemissionen, als auch die Gesamtkohlenwasserstoffemissionen, die aus anderen Quellen als dem Feuersteg stammen, einen stetigen Anstieg in Richtung früher Zündzeitpunkte. Hier scheint es einen direkten Zusammenhang zwischen der Menge der Gesamtkohlenwasserstoff- und der Menge der Formaldehydemissionen zu geben. Die Betrachtung erfolgt hier für einen Mitteldruck von $p_{mi} = 15\text{bar}$, für $p_{mi} = 10\text{bar}$ sind die Tendenzen gleich.

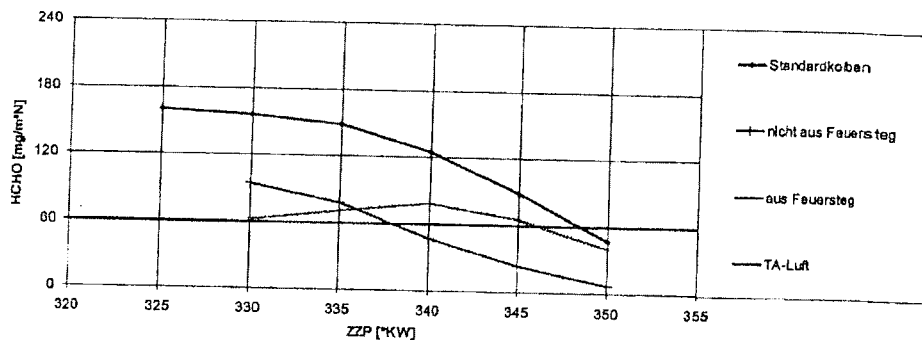


Abbildung 26: Aufteilung der Formaldehydemissionen auf Feuersteg und andere Quellen; $p_{mi} = 15\text{bar}$; $\text{NO}_x = 500\text{mg/m}^3_N$

8.7 Variation der Brennraumgeometrie

Bei diesen Versuchen wurde statt eines Kolbens mit Kegelstumpfmulde ein Kolben mit Linsenbrennraum verwendet (Abbildung 27). Die Linse wurde in Form einer Kugelkalotte ausgeführt und so dimensioniert, dass sich der Quetschflächenanteil im Vergleich zum Standardkolben halbiert. Das Verdichtungsverhältnis bleibt dabei gleich, das Verhältnis von Brennraumoberfläche zu Brennraumvolumen ändert sich im oberen Totpunkt nur um ca. 1%.

Durch die geänderte Brennraumgeometrie steigt bei ansonsten gleichen Randbedingungen die Umsetzungsrate deutlich. Dies ist gut an den Brennverläufen der Kolbenvarianten in Abbildung 28 zu sehen: Mit dem Linsenbrennraum (KoLi) werden deutlich frühere Schwerpunktslagen erreicht als mit dem Standardkolben (KoSt).

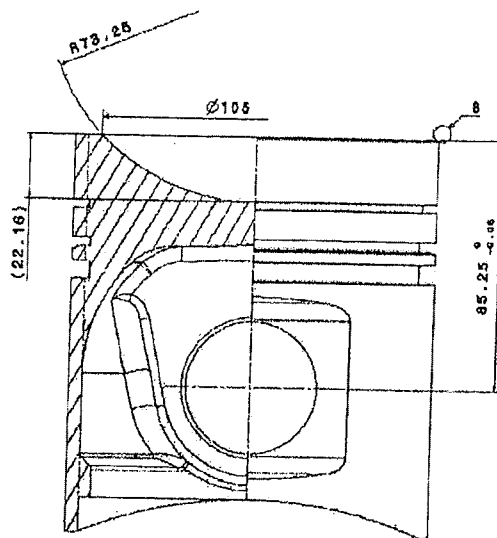


Abbildung 27: Kolben mit Linsenbrennraum

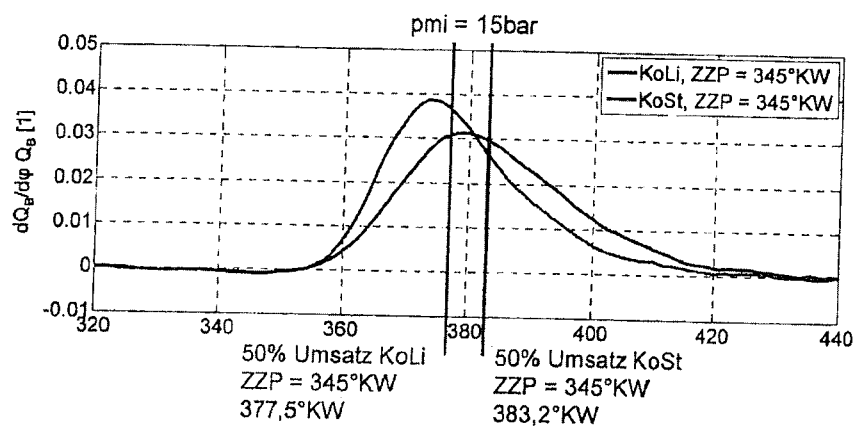


Abbildung 28: Brennverläufe des Standard- und des Linsenkolbens

Die Formaldehydemissionen verhalten sich für konstante Mitteldrücke und konstante Stickoxidemissionen so, wie es nach den bisherigen Erkenntnissen zu erwarten ist: Die absolute Höhe der Emissionen ist bei beiden Kolbenvarianten in etwa gleich; beide Verläufe weisen bei frühen Zündzeitpunkten ein Plateau auf und fallen zu späten Zündzeitpunkten ab. Der Verlauf der Formaldehydemissionen des Kolbens mit früherer Schwerpunktlage ist zu späten Zündzeitpunkten hin verschoben.

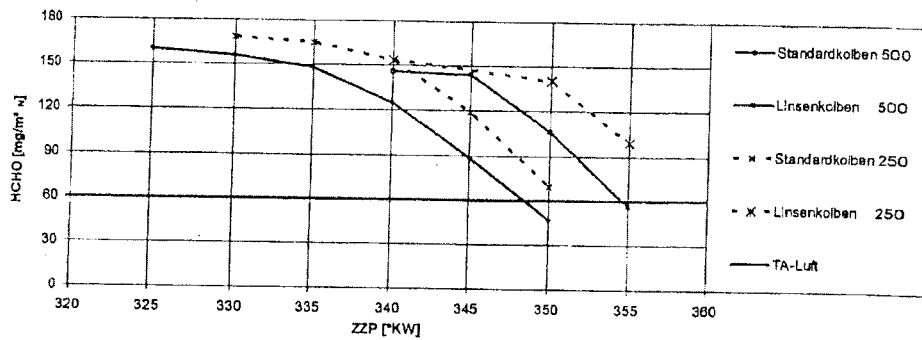


Abbildung 29: Verlauf der Formaldehydemissionen für Standard- und Linsenkolben, $p_{mi} = 15\text{bar}$; $\text{NO}_x = 250 / 500\text{mg/m}^3_N$

Für einen Mitteldruck von $p_{mi} = 10\text{bar}$ zeigen die Emissionen die gleiche Tendenz, bei $p_{mi} = 20\text{bar}$ konnten für den Linsenkolben nur wenige Versuche durchgeführt werden, es ist jedoch die gleiche Tendenz wie bei den anderen untersuchten Mitteldrücken zu erkennen.

9 Zusammenfassung

Im Rahmen des Forschungsvorhabens „Formaldehyd – Wirkmechanismen“ erfolgten umfangreiche Untersuchungen zu Verhalten und Entstehung der motorischen Formaldehydemissionen vor allem von Magergasmotoren. Es wurden Basismessungen durchgeführt, mit denen allgemeine Kenntnisse über die motorischen Bedingungen gewonnen wurden, bei denen bevorzugt Formaldehyd entsteht. Nach diesen Basismessungen wurden Motorparameter untersucht, mit denen nach den Erkenntnissen der Basismessungen eine Beeinflussung der Formaldehydemissionen zu erwarten war.

Die Basismessungen zeigten, dass zunehmend magere Gemische die Entstehung von Formaldehyd begünstigen. Es wurde eine Abhängigkeit der Emissionen vom Zündzeitpunkt festgestellt. Vor allem bei relativ fettem Gemisch zeigte sich ein ausgeprägtes Maximum der Emissionen, das zu früheren und späteren Zündzeitpunkten hin abfiel. Bei fetten Gemischen wurde zudem festgestellt, dass hohe Ladedrücke geringe Formaldehydemissionen zur Folge haben. Werden die Gemische zunehmend magerer, ist diese Aussage nicht mehr zutreffend. Bei den Basismessungen wiesen die Betriebspunkte mit geringen Formaldehydemissionen hohe Stickoxidemissionen auf. Ergänzend sei hier erwähnt, dass sich durch die Verstellung einzelner Parameter die Mitteldrücke und damit auch die Motorleistung änderten.

Die in den Brenngasvariationen untersuchten Gasarten verhielten sich qualitativ alle gleich. Bei den Brenngasvariationen ergaben sich erste Hinweise auf eine Abhängigkeit der Formaldehydemissionen von der Schwerpunktslage der Verbrennung. Bei Einstellung von konstantem Mitteldruck und konstanten Stickoxidemissionen zeigten alle Brenngase bei frühen Zündzeitpunkten ein Plateau der Formaldehydemissionen mit einem Abfall zu späten Zündzeitpunkten hin. Die Emissionsverläufe der Brenngase waren hier – im Gegensatz zu den Versuchen mit konstanten Ladedrücken und Verbrennungsluftverhältnissen – nicht zu späten Zündzeitpunkten hin verschoben. Ursächlich hierfür waren verbesserte Brennbedingungen durch das mögliche Anfeuchten und die daraus resultierende frühe Schwerpunktslage der Verbrennung. Die Brenngase mit geringerem Heizwert wiesen

niedrigere Formaldehydemissionen auf. Dies ist auf die Möglichkeit zurückzuführen, bei diesen Gasen stärker ansetzen zu können, ohne die Stickoxidemission zu erhöhen.

Bei den Versuchen zur Beeinflussung der Formaldehydemissionen durch Motorparameter wurde gezeigt, dass durch ein erhöhtes Temperaturniveau der Frischgasladung oder der Brennraumwände eine geringfügige Verringerung der Formaldehydemissionen zu erreichen ist. Diese war immer verbunden mit einer Erhöhung der Stickoxidemissionen. Maßnahmen zur Verringerung dieser Stickoxidemissionen auf ihren Ausgangswert führten dazu, dass sich die Formaldehydemissionen wieder auf ihren Ausgangswert erhöhten oder ihn zum Teil noch übertrafen.

Es wurde untersucht, wie sich der Turbineneintrittsdruck auf die Formaldehydemissionen auswirkt. Dabei wurden an einem der beiden Forschungsmotoren Hinweise gefunden, die auf übergeschobenes Frischgas als Quelle von Formaldehyd schließen lassen. Bei Versuchen an dem zweiten Forschungsmotor konnte diese These weder bewiesen noch widerlegt werden. Es zeigte sich, dass die Formaldehydemissionen mit sinkenden Turbineneintrittsdrücken tendenziell sinken, dass im Gegenzug jedoch die Stickoxidemissionen steigen. Wurden Gegenmaßnahmen getroffen, um die Stickoxidemissionen wieder auf ihren Ausgangswert zu bringen, erhöhten sich auch die Formaldehydemissionen wieder auf ihren Ausgangswert.

Messungen haben gezeigt, dass ab einem bestimmten Verdichtungsverhältnis die Formaldehydemissionen ansteigen. Dies liegt darin begründet, dass das Gemisch dabei stark abgemagert werden muss, um die Stickoxidemissionen im Rahmen der Grenzwerte zu halten. Die hieraus resultierenden verschlechterten Brennbedingungen führen zu hohen Emissionen von unverbrannten Kohlenwasserstoffen und Formaldehyd. Wegen der hohen Kohlenwasserstoffemissionen konnte mit diesem hohen Verdichtungsverhältnis auch keine Verbesserung des Spitzenwirkungsgrades erreicht werden. Bei sehr späten Zündzeitpunkten musste nicht so stark abgemagert werden, weshalb sich hier Wirkungsgradvorteile bei gleichen Formaldehydemissionen zeigten. Für niedrigere Verdichtungsverhältnisse

konnte kein signifikanter Einfluss auf die Formaldehydemissionen festgestellt werden.

Durch eine Änderung der Ladungsbewegung oder Brennraumform konnte eine Beschleunigung der Verbrennung erreicht werden. Unter Einhaltung konstanter Stickoxidemissionen zeigte sich dabei kein Einfluss auf die absolute Höhe der Formaldehydemissionen. Es konnte jedoch festgestellt werden, dass der Verlauf der Emissionen über dem Zündzeitpunkt für Brennverfahren mit früherer Schwerpunktlage in Richtung später Zündzeitpunkte verschoben waren. Die Verschiebung bewegte sich dabei in der gleichen Größenordnung wie die Differenz der Schwerpunktlagen der Brennverfahren.

Durch Versuche mit einem Kolben mit erhöhtem Feuerstegvolumen konnte nachgewiesen werden, dass ein Großteil sowohl der Formaldehyd- als auch der Gesamtkohlenwasserstoffemissionen aus dem Feuersteg stammt. Während die nicht dem Feuersteg entstammenden Emissionen von Formaldehyd und Gesamtkohlenwasserstoffen eine annähernd lineare Abhängigkeit voneinander zeigen, verlaufen die Emissionen aus dem Feuersteg zum Teil konträr. Während die Gesamtkohlenwasserstoffemissionen aus dem Feuersteg mit früherem Zündzeitpunkt stetig steigen, weisen die Formaldehydemissionen ein Maximum auf und fallen zu frühen und späten Zündzeitpunkten hin ab. Den Emissionen von Gesamtkohlenwasserstoff und Formaldehyd aus dem Feuersteg liegen anscheinend verschiedene Mechanismen zu Grunde. Um konkrete Aussagen über diese Mechanismen treffen zu können, müssen weitere Betrachtungen angestellt werden. Für geringstmögliche Emissionen von Formaldehyd ist ein möglichst kleines Feuerstegvolumen anzustreben. Allerdings sind hier durch die Notwendigkeit der Einhaltung eines Minimalspaltes zur Vermeidung von Feuersteg/Zylinderbuchsen – Kontakten Grenzen gesetzt.

Mit keiner der untersuchten Einflussgrößen war es möglich, eine deutliche Verringerung der Formaldehydemissionen zu erreichen, ohne dass andere Parameter (Wirkungsgrad, Stickoxide) nicht verschlechtert werden. Eine Möglichkeit, die Formaldehydemissionen positiv zu beeinflussen, wäre eine Anfeuchtung des Gemisches. Dies führt jedoch zu Stickoxidemissionen, die nicht mit der aktuellen Gesetzgebung zu vereinbaren sind. Durch eine Verstellung des Zündzeitpunktes in

Richtung spät konnten sowohl die Formaldehyd- als auch die Stickoxidemissionen verringert werden, was jedoch einen Wirkungsgradverlust von fünf Prozentpunkten zur Folge hatte. Dieser Wirkungsgradverlust entspricht einem Brennstoffmehrverbrauch von 10 bis 13%. Die Abgastemperaturen im Auslasskanal erhöhten sich dadurch im Vergleich mit dem Punkt maximalen Wirkungsgrades um ca. 150°C, was eine drastisch erhöhte Belastung des Auslassventils und der Komponenten der Aufladegruppe und des Abgastraktes zur Folge hat.

Nach dem derzeitigen Stand der Technik scheint es nicht möglich, einen Grenzwert von 60mg/m³_N Formaldehyd innermotorisch ohne Abgasnachbehandlung bei allen Randbedingungen sicher zu erreichen, ohne entweder unzulässig hohe Mengen an Stickoxiden zu emittieren oder einen um etwa 10% erhöhten Brennstoffverbrauch, bezogen auf den Punkt maximalen Wirkungsgrades, in Verbindung mit drastisch erhöhten thermischen Belastungen einzelner Motorbauteile akzeptieren zu müssen.

10 Literaturverzeichnis

- [ZACH2001] ZACHARIAS, F. (2001): **Gasmotoren**. 1. Auflage. Würzburg: Vogel Verlag
- [TALUFT2002] BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (2002): **Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) Vom 24. Juli 2002**. Internetfassung des BMU.
- [BÄUERLE1999] BÄUERLE, B. (1999): **Untersuchung der zeitlichen Entwicklung von Klopfzentren im Endgas eines Zweitakt Ottomotors mittels zweidimensionaler laserinduzierter Fluoreszenz von Formaldehyd**. Dissertation, Universität Stuttgart.
- [OLSEN2000] MITCHELL, C.; OLSEN, D. (2000): Formaldehyde Formation in Large Bore Natural Gas Engines Part 1: Formation Mechanisms; **Journal of Engineering for Gas Turbines and Power**, Jhrg. 122, Nr. 4, S. 603-610.
- [GRAF2003] GRAF, N. (2003): **Einsatz der Laserinduzierten Fluoreszenz organischer Moleküle zur Visualisierung von Gemischbildungs- und Verbrennungsprozessen**. Dissertation, Universität Heidelberg.
- [FVV560] FEHL, G.; WAGNER, CH. (1995): **Untersuchungen der Eignung von FTIR-Abgasanalysatoren zur Erfassung von limitierten und nichtlimitierten Abgaskomponenten in stationärem und dynamischem Betrieb**. Abschlussbericht, FVV-Forschungsheft 625
- [BIOMON2003] GRONAUER, A.; EFFENBERGER, M.; KAISER, F.; SCHATTENMANN, M. (2003): **Biogasanlagen – Monitoring und Emissionsverhalten von Biogas – Blockheizkraftwerken**.

Abschlussbericht, München: Bayerisches Staatsministerium für
Landesentwicklung und Umweltfragen

[KRISTEN2007] KRISTENSEN, P. (2007): **Formaldehyde reduction by catalyst**. Projektbericht, Hørsholm, Danish Gas Technology Centre

[TIPPEL1977] TIPPELMANN, G. (1977): **A New Method of Investigation of Swirl Ports**. SAE Paper 770404, Detroit, 1977



Forschungsvereinigung Verbrennungskraftmaschinen e.V.

Lyoner Straße 18 Telefon: 069/66 03 16 81

60528 Frankfurt Telefax: 069/66 03 16 73

E-Mail: info@fvv-net.de Website: www.fvv-net.de

Verfahren
AIF
Innovations- und
Antriebsforschung

"Wir haben die Vision integrativer, prosperierender, kreativer und zukunftsfähiger Städte und Gemeinden, die allen Einwohnerinnen und Einwohnern hohe Lebensqualität bieten und ihnen die Möglichkeit verschaffen, aktiv an allen Aspekten urbanen Lebens mitzuwirken".

Auszug aus den Aalborg Commitments, der Konferenzklärung der 4. Konferenz zukunftsbeständiger Städte und Gemeinden, Aalborg (Dänemark), 11. Juni 2004

Die Gefahr, die aus dem Hühnerkot kommt

Zitat:

Hühnertrockenkot „Das muss als Abfall deklariert werden“

Hamborg/Mehre. Inzwischen liegt der Haufen unter einer grünen Plane, was sich darunter befindet, dass weiß Niels Odefey aus Mehre: Hühnermist. „Das muss als Abfall deklariert werden“, sagt der Hühnerhalter.

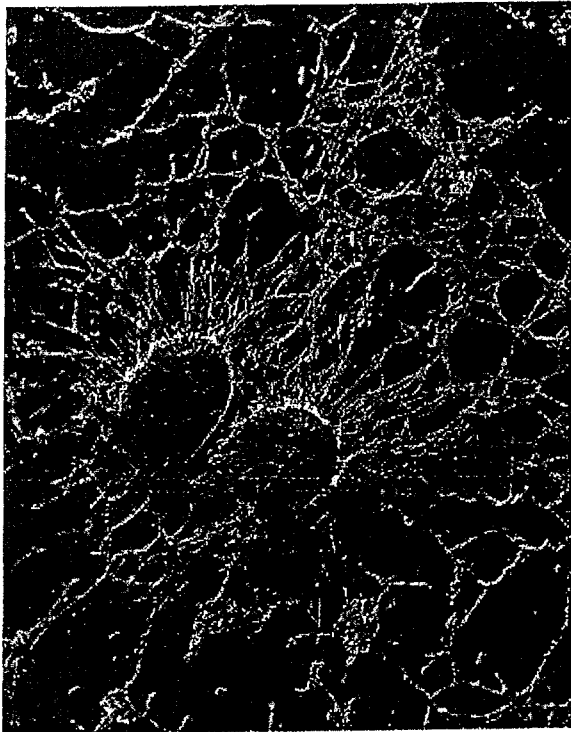
Das Antibiotikum fließt über das Trinkwasser an den Nippeltränken und landet dann auf dem Boden. Der Dreck aus dem Stall landet dann im Hühnertrockenkot. „In fast jeder Hühnerkotladung sind Keime“,

Auf einen bevorstehenden Erlass des Landes Niedersachsen zum Einbau von Filteranlagen in großen agrarindustriellen Schweinehaltungsanlagen hat die Arbeitsgemeinschaft bäuerliche Landwirtschaft (AbL) hingewiesen. Vor allem im Hinblick auf die Keimbelastung der Anwohner müssten oberhalb der Tierplatz-Schwellenwerte des Bundes-Immissionsschutz-Gesetzes (2.000 Schweinemastplätze, 750 Sauen) solche Abluftreinigungsanlagen in neue und alte Ställe eingebaut werden. Bei großen Geflügelanlagen ab 40.000 Plätzen, für die es erst demnächst zertifizierte Filter für alle Maststufen geben werde,

Staphylococcus aureus

aus Wikipedia, der freien Enzyklopädie

Staphylococcus aureus



Staphylococcus aureus
sekundärelektronenmikroskopische Aufnahme

Staphylococcus aureus ist ein kugelförmiges, Gram-positives Bakterium, das häufig in Haufen (*Traubenform*, altgriechisch $\sigma\tau\alpha\phi\upsilon\lambda\epsilon$ /staphyle – Traube) angeordnet ist (Haufenkokken). Staphylokokken bewegen sich nicht aktiv und bilden keine Sporen. Die Größe des Bakteriums liegt üblicherweise zwischen 0,8 und 1,2 μm . *S. aureus* kommt fast überall in der Natur, auch auf der Haut und in den oberen Atemwegen von 25 bis 30 % aller Menschen vor. Meist löst es keine Krankheitssymptome aus. Man spricht in diesem Falle von einer klinisch asymptomatischen Besiedlung oder Kolonisation der Person mit dem potentiell pathogenen Bakterium („Kolonisationskeim“). Bekommt das Bakterium durch günstige Bedingungen oder ein schwaches Immunsystem die Gelegenheit, sich auszubreiten, kommt es beim Menschen zu Hautentzündungen (Furunkel, Karbunkel), Muskelerkrankungen (Pyomyositis), in ungünstigen Fällen auch zu lebensbedrohlichen Erkrankungen wie Lungenentzündung, Endokarditis, Toxisches Schocksyndrom (TSS) und Sepsis. Falls diese Bakterien Resistenzen gegen mehrere wichtige Antibiotika erwerben (Multiresistenz), sind sie besonders schwer zu eliminieren und werden bei Übertragung auf Dritte auch für diese zur Gefahr.

Bei Menschen und Tieren ist *S. aureus* einer der wichtigsten Verursacher von Mastitis

Mastitis

aus Wikipedia, der freien Enzyklopädie

Dieser Artikel behandelt die Brustdrüsenentzündung des Menschen, für die gleichnamige Erkrankung bei Haustieren siehe Mastitis (Haustiere)

Die Mastitis (syn. *Mastadenitis*) ist eine meist bakterielle Entzündung der weiblichen, selten der männlichen Brustdrüse bzw. Milchdrüse (griech. *Mastos*). In der Regel findet man eine Mastitis bei stillenden Müttern (*Mastitis puerperalis*), häufig etwa in der 2. Woche nach der Geburt. Eine Mastitis außerhalb des Wochenbettes ist selten (sog. *Mastitis non puerperalis*). Bei einer Mastitis außerhalb des Wochenbettes ist nach Abklingen der Entzündung der Ausschluss eines Malignoms wichtig.

Inbesondere die durch den massiven Antibiotika-Einsatz in Großanlagen geförderten und verbreiteten antibiotika-resistenten MRSA- und ESBL-Keime führten zu ernststen Gesundheitsrisiken.

Nicht nur den Hühnerkot-Tourismus zieht er kritisch, sondern er ärgert sich über den Kontrollmechanismus. „Ich bin von einem zum anderen geschickt worden, getan wurde nichts“, beklagt er sich. Er habe ein Gutachten und weise die Ämter darauf hin, aber nichts passiert – schließlich landen die Keime irgendwann im Grundwasser.

Zuständig ist eigentlich die Untere Wasserbehörde. Doch er skizziert, wie umständlich die Zuständigkeitsbereiche aufgegliedert sind: „Für holländischen Trockenkot ist das Veterinäramt zuständig, denn er wird kontrolliert.“ Deutscher Trockenkot hingegen werde nicht kontrolliert. Für die Ausbringung sei die Landwirtschaftskammer in Oldenburg zuständig, für die Lagerung jedoch der Landkreis Uelzen.

Von Jörn Nolting

Fragen und Antworten zu ESBL- und AmpC-bildenden antibiotikaresistenten Keimen

Aktualisierte FAQ des BfR vom 10. Dezember 2012

Was sind ESBL?

ESBL steht für „extended-spectrum beta-lactamases“ und bezeichnet Enzyme, die ein breites Spektrum von Beta-Laktam-Antibiotika verändern und damit unwirksam machen. Bakterien, die diese Enzyme produzieren, werden dadurch unempfindlich (resistent) gegenüber wichtigen Wirkstoffen wie Aminopenicillinen (z. B. Ampicillin), Cephalosporinen (auch der dritten und vierten Generation) und Monobactamen. Diese Resistenz lässt sich bei verschiedenen Bakteriengattungen nachweisen, insbesondere bei Enterobakterien, zu denen unter anderem Salmonellen, Klebsiellen und *Escherichia coli* gehören. Die Gene für diese Enzyme liegen auf übertragbaren Genabschnitten.

Was sind AmpC?

AmpC beta-lactamases (AmpC) sind Enzyme, die eine Resistenz gegen Penicilline, Cephalosporine der zweiten und dritten Generation sowie Cephamycine vermitteln. Sie führen auch zu einer Resistenz gegen Kombinationen aus diesen Antibiotika und Stoffen, die eigentlich die Wirkung von Beta-Laktamasen hemmen sollen. Sie vermitteln keine Resistenz gegen Cephalosporine der vierten Generation und Carbapeneme. Die Gene für diese Enzyme kommen bei einigen Bakteriengattungen natürlicherweise als sogenannte chromosomale AmpC vor (z. B. bei *E. coli*, bisher aber nicht bei Salmonellen). Die Enzyme werden jedoch nur unter bestimmten Bedingungen tatsächlich gebildet und wirksam. Wichtig ist die steigende Anzahl von AmpC-Genen, die außerhalb des Chromosoms auf sogenannten Plasmiden lokalisiert sind und deshalb häufig auch als „plasmidic AmpC“ (pAmpC) bezeichnet werden. Sie sorgen ständig für die Bildung des Enzyms und liegen auf übertragbaren Genabschnitten. Diese können zwischen Bakterien derselben Art oder auch unterschiedlicher Arten ausgetauscht werden (horizontaler Gentransfer).

Bakterien können gegen bestimmte Antibiotika unempfindlich sein. Wenn das bei krankmachenden Bakterien der Fall ist, bleiben diese Antibiotika wirkungslos, wenn sie zur Behandlung einer durch sie verursachten Erkrankung eingesetzt werden.

Wichtige Antibiotika, gegen die eine zunehmende Resistenz beobachtet wird, gehören zur Gruppe der Aminopenicilline und Cephalosporine. Ursache für diese Antibiotikaresistenz sind Enzyme, die als „extended-spectrum beta-lactamases“ (ESBL) und als „AmpC beta-lactamases“ (AmpC) bezeichnet werden. Bakterien brauchen ein bestimmtes „Resistenzgen“, um diese Enzyme bilden zu können. Diese genetische Eigenschaft kann von einer Bakteriengeneration zur nächsten, aber auch von einer Bakterienart zu einer anderen weitergegeben werden.

Der Einsatz von Antibiotika bei Menschen und Tieren fördert die Verbreitung von ESBL- oder AmpC-bildenden Bakterien, weil die Resistenz gegenüber Antibiotika einen Vorteil in der Konkurrenz mit anderen Bakterien(arten) bedeutet.

In den letzten Jahren häufen sich Berichte über die weite Verbreitung von ESBL- und AmpC-bildenden Keimen bei Tieren und in Lebensmitteln. Ein möglicher Zusammenhang mit Erkrankungen beim Menschen wird diskutiert. Das BfR hat im Folgenden ausgewählte Fragen und Antworten zu diesem Thema zusammengestellt.

"Wir haben die Vision integrativer, prosperierender, kreativer und zukunftsfähiger Städte und Gemeinden, die allen Einwohnerinnen und Einwohnern hohe Lebensqualität bieten und ihnen die Möglichkeit verschaffen, aktiv an allen Aspekten urbanen Lebens mitzuwirken".

Auszug aus den Aalborg Commitments, der Konferenzklärung der 4. Konferenz zukunftsbeständiger Städte und Gemeinden, Aalborg (Dänemark), 11. Juni 2004

Unfälle an Biogasanlagen

Unser Konzept für **Biogasanlagen** garantiert Ihnen solide Renditen!

Güterglück (dapd-lsa). Nach dem Brand in einer Biogasanlage im Zerbster Ortsteil Güterglück im Landkreis Anhalt-Bitterfeld suchen Spezialisten nach der Unglücksursache. Am Dienstag war es nach einer Verpuffung zu dem Feuer gekommen. Es war laut Polizei in einem von drei Gärungsbehältern ausgebrochen. Die Behälter haben einen Durchmesser von 26 Metern und eine Höhe von sechs Metern. Der Betrieb der Anlage wurde daraufhin eingestellt. Menschen wurden nicht verletzt. Der Sachschaden wurde auf 50.000 Euro beziffert. dapd/ncl/ /1

26. Jan. 2011 ... Genau genommen schwebt derzeit ein Unheil über der Stadt Zerbst. ... Wegen einer unbemerkten **Havarie** ist an einer Biogasanlage.....

Havarie in Biogasanlage in Abtsbessingen - tlz.de
23. Febr. 2010 ... Güllefahrzeuge

Donnerstag, 17. Januar 2008

Biogas-Feuerball: Ungestüme Kraft der Gärung
Biogas-Feuerball in Riedlingen: Ungestüme Kraft der Gärung

Die Kühe auf der schwäbischen Alb sind friedlicher Natur. Am frühen Sonntagmorgen des 16. Dezember 2007 standen sie in ihren warmen Ställen und träumten unschuldig von grünen Weiden. Währenddessen

Zerbst. Die Zerbster Volksstimme hat auf diesen vier verschiedenen Wegen **Havarie** in der **Biogas-Anlage**. Der Anwalt des Unternehmers

1. Gesamte Ausgabe - Sächsische Zeitung [online]
1. Jan. 2011 ... Die **Havarie** trat am Freitagmittag

wird beschönigend „eine **Havarie**“ eingestanden – die Lage sei unter Dessau, mit Stadtkämmerern in **Zerbst** oder

1. Jan. 2011 ... **Biogas** KG eröffnet. Zum Insolvenzverwalter wurde Tobias Hofer und **Havarien** werde in der Regel von den Kfz-Versicherern bezahlt. ...

27. Jan. 2011 ... Teuer subventioniert werden auch **Biogasanlagen**. doch das Risiko einer schweren **Havarie** steigt

Die in Zusammenarbeit mit dem BMU erstellten Erläuterungen behandeln Fragestellungen bezüglich der in der EEG-Novelle getroffenen Regelungen für Biogas-Verbrennungsmotoranlagen. Das im EEG 2009 herangezogene Emissionsminimierungsgebot der TA Luft wird durch den Beschluss der Bund/Länderarbeitsgruppe Immissionsschutz (LAI) konkretisiert und soll eine einheitliche Erhöhung der Grundvergütung gewährleisten.

1. Erneuerbare Energien Gesetz (EEG 2009)

Den sog. Emissionsminimierungsbonus von 1,0 ct/kWh können nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz genehmigungsbedürftige Bestands- und Neuanlagen beanspruchen, wenn die Formaldehyd-Emissionen dem Emissionsminimierungsgebot nach Nummer 5.2.7 der TA-Luft entsprechen. Aufgrund der nachgewiesenen krebserzeugenden Wirkung von Formaldehyd ist eine Reduzierung des Emissionswertes als Vorsorge zum Schutz der menschlichen Gesundheit notwendig¹⁾. Die Erhöhung der Grundvergütung kompensiert die zusätzlichen Kostenbelastungen für Techniken zur Minimierung der Formaldehydemissionen auf der Investitionsseite und im Betrieb der Biogas-Verbrennungsmotoranlagen. Der vom Deutschen Bundestag am 6. Juni 2008 verabschiedete und im Bundesgesetzblatt am 31.10.2008 veröffentlichte Wortlaut ist in Anlage 2 wiedergegeben. Das EEG 2009 tritt am 01.01.2009 in Kraft.

2. LAI-Beschluss Formaldehyd

Das EEG 2009 beinhaltet keine Anforderungen hinsichtlich anlagenspezifischer Emissionswerte, verweist jedoch auf die Einhaltung des „Emissionsminimierungsgebots nach TA Luft“. Zur Konkretisierung der im EEG 2009 in Bezug genommenen TA Luft hat die LAI am 17./18. September 2008 einen Beschluss gefasst, der im Kern folgendes beinhaltet:

- Alle nach dem Bundesimmissionsschutzgesetz genehmigungsbedürftigen Bestands- und Neuanlagen, die Biogas als Brennstoff verwenden, sollen einen Emissionswert²⁾ von 40 mg/m³ i.N. einhalten.
- Voraussetzung für den Anspruch auf Vergütungserhöhung ab dem 01.01.2009 ist die Bescheinigung der Einhaltung dieses Emissionswertes durch die zuständige Behörde,
- Der Emissionswert soll jährlich überprüft werden, um die erhöhte Grundvergütung weiterhin zu erhalten.

Der komplette Wortlaut des LAI Beschlusses kann Anlage 1 entnommen werden.

¹⁾ Studien anerkannter wissenschaftlicher Gremien (International Agency on Research of Cancer, IARC; Bundesinstitut für Risikobewertung BfR) bestätigen, dass Formaldehyd in die Gruppe der krebserzeugenden Stoffe gehört. Daher findet die Emissionsminimierungsregel der TA Luft unter der Maßgabe der Verhältnismäßigkeit Anwendung.

²⁾ Alle hier genannten Emissionswerte beziehen sich auf 5 Vol.% O₂.

3. Konsequenzen für Biogas-Verbrennungsmotoranlagen

Das BMU hat klargestellt, dass

- nur nach BImSchG genehmigungsbedürftige Bestands- und Neuanlagen die Vergütungserhöhung beanspruchen können,
- nach Baurecht genehmigte Bestands- und Neuanlagen die Vergütungserhöhung nicht in Anspruch nehmen können (auch wenn die Einhaltung des Emissionswertes von der Aufsichtsbehörde gefordert wird),
- auch für aus dem Erdgasnetz entnommenes aufbereitetes Biogas die zusätzliche Vergütung nicht gewährt wird,
- die Länder den Vollzug des LAI-Beschlusses regeln werden,
- die Länder beim Vollzug des LAI-Beschlusses Spielraum haben, welche technischen Maßnahmen zur Einhaltung des Formaldehyd-Emissionswertes akzeptiert werden,
- der neue Emissionswert von 40 mg/m^3 i.N. für alle Bestands- und Neuanlagen gültig ist, d.h. für Anlagen, für die bisher der Grenzwert von 60 mg/m^3 i.N. galt, gilt ab 01.01.09 der Emissionswert von 40 mg/m^3 i.N. Für die Zeit der technischen Umrüstung sind mit der zuständigen Behörde im Einzelfall Übergangsfristen zu vereinbaren. Dies gilt auch für bereits im Bau befindliche Neuanlagen, die nach dem 01.01.2009 in Betrieb genommen werden.
- Anlagen, die den neuen Emissionswert nicht kontinuierlich einhalten, mit dem Entzug der Genehmigung, des Anspruchs auf Erhöhung der Vergütung und ggf. Rückforderung bereits gezahlter „Emissionsminimierungsboni“ rechnen müssen,
- für Altanlagen, die in die Genehmigungsbedürftigkeit fallen (z.B. durch Leistungserhöhung bzw. -erweiterung), die Vergütungserhöhung ebenfalls gewährt wird,
- die Vergütungserhöhung von 1ct/kWh der gleichen Degression nach EEG 2009 unterliegt wie die Grundvergütung,
- die Vergütungserhöhung bis max. 500 kW gewährt wird, Mehrmotoranlagen (Bsp. 3 x 500 kW) bzw. Anlagen im Sinne des § 19 EEG 2009 erhalten demnach pro Jahr $500 \text{ kW} \times 1 \text{ ct/kWh}$ Jahreslaufleistung in h,
- nach einem Jahr eine Überprüfung und ggf. Neufestlegung des Formaldehyd-Emissionswertes erfolgen wird. Bei einer Neufestlegung sollen für Bestandsanlagen Übergangsfristen eingeräumt werden,

Der VDMA geht nach den derzeitigen Erkenntnissen zum Stand der Technik davon aus, dass Emissionswerte von 40 mg/m^3 i.N. innermotorisch nur auf Kosten deutlicher Wirkungsgradeinbußen³⁾ zu erreichen sein werden. Um auf das geforderte Emissionsniveau zu kommen, wird zusätzliche Anlagentechnik erforderlich sein.

³⁾ Siehe FVV-Forschungsvorhaben 918 „Formaldehyd – Wirkmechanismen“

Nach heutigem Kenntnisstand heißt das Einsatz

- einer Gasaufbereitung (Trocknung und Feinstreinigung) mit nachgeschaltetem Oxi-dationskatalysator, oder
- einer thermischen Nachverbrennung.

4. Konsequenzen für alle anderen Gasmotoranlagen (Erd-, Klär-, Deponie-, Grubengas, ...)

Die TA Luft 2002 legt für die in der Überschrift genannten Verbrennungsmotoren einen Formaldehydwert von 60 mg/m^3 i.N. fest. Jedoch unterliegen auch diese Anlagen dem Emissionsminimierungsgebot, daher ist auch bei diesen mit einer Minimierung des Formaldehyd-Emissionswertes zu rechnen.

04. Dezember 2008

Anlage 1: LAI Beschluss

Zu TOP 9.2.1 der 116. Sitzung der Bund/Länderarbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz am 17. und 18. September 2008 in Kiel:

Zur einheitlichen Förderung des Einsatzes von Techniken zur Minderung der Formaldehydkonzentration im Abgas von Biogas betriebenen Verbrennungsmotoranlagen zur Stromerzeugung durch das EEG beschließt die LAI:

1. Zur Gewährung der im EEG verankerten Zusatzvergütung von 1 Eurocent/kWh wird ein maximaler Emissionswert von 40 mg/m^3 (bezogen auf 5% O₂) für alte und neue Verbrennungsmotoranlagen, die Biogas als Brennstoff einsetzen, toleriert.
2. Die sich weiterentwickelnde Technik zur Minderung der Formaldehydemissionen, soll bei der Gewährung der Zusatzvergütung nach EEG berücksichtigt werden. Auf Grundlage der gemachten Betriebserfahrungen und erreichbaren Emissionsminimierung von Formaldehyd, soll der Wert für die Gewährung der zusätzlichen Förderungen 1 Jahr nach Inkrafttreten des EEG überprüft und ggf. fortgeschrieben werden.
3. Die Länder werden die Betreiber von Verbrennungsmotoranlagen mit dem Einsatz von Biogas (Alt- und Neuanlagen im Sinne der TA Luft) darauf hinweisen, dass die Emissionen an Formaldehyd weitgehend zu minimieren sind.
4. Weiter weisen die Länder darauf hin, dass die Voraussetzungen für die zusätzliche Förderung des EEG erst dann von der zuständigen Behörde bescheinigt wird, wenn ein Emissionswert von 40 mg/m^3 (bezogen auf 5% O₂) oder darunter sicher eingehalten wird, d.h. wenn das Ergebnis jeder Einzelmessung zuzüglich der Messunsicherheit den vorgegebenen Emissionswert nicht überschreitet.
5. Die Bescheinigung über die Anspruchsvoraussetzung gemäß EEG ist zu erteilen, wenn bei Neuanlagen technische Einrichtungen bzw. bei Altanlagen technische Nachrüstungen die erwünschte Minimierung der Formaldehydemissionen bei gleichzeitiger Einhaltung der genehmigten Emissionsgrenzwerte für NO_x und CO im Dauerbetrieb gewährleisten. Die Einhaltung der Werte ist einmal jährlich durch eine nach § 26 BImSchG bekannt gegebene Stelle zu überprüfen. Technische Einrichtungen bzw. technische Nachrüstungen können technische Änderungen am Motor oder zusätzliche Biogas- bzw. Abgasreinigungseinrichtungen sein.
6. Messbedingungen:
 - Für die Durchführung von repräsentativen Messungen soll im Motorenabgas nach Wärmetauscher normenkonforme Probenahmestellen im Benehmen mit einer nach § 26 BImSchG bekannt gegebene Stelle eingerichtet sein.
 - Die Formaldehyd-Messungen sind nach den Verfahren der RL-VDI 3862, Blatt 2 oder 3 (DNPH-Verfahren) bzw. VDI-RL- 3862, Blatt 4 (AHMT-Verfahren) durchzuführen.

- Einzelmessung sind in einem Messumfang von mindestens 3 Halbstundenmessungen bei Anlagen im Vollastbetrieb, ggf. weitere Messungen im Teillastbetrieb bei Einzelmotoranlagen zu erheben.
 - Über die Ergebnisse der Messungen sind Messberichte anzufertigen, die dem LAI-Muster-Emissionsbericht in der jeweils gültigen Fassung entsprechen.
7. Zur Reduzierung des Verwaltungsaufwandes werden die anzufertigenden Messberichte als Bescheinigung für die Vorlage beim Netzbetreiber gewertet, sofern diese den Vorgaben des LAI-Muster-Emissionsmessberichtes entsprechen und die Messungen von einer nach § 26 BImSchG bekannt gegebenen Stelle durchgeführt wurden.
 8. Die Länder werden gebeten, auf der übernächsten Sitzung des AISV über ihre Erfahrungen zu berichten.

Anlage 2: Auszug EEG mit Begründung

§ 27 Biomasse

(5) Für Strom aus nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz genehmigungsbedürftigen Anlagen, die durch anaerobe Vergärung gewonnenes Gas (Biogas) einsetzen, erhöht sich die Vergütung nach Absatz 1 Nr. 1 und 2 um jeweils 1,0 Cent pro Kilowattstunde, wenn die dem Emissionsminimierungsgebot der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft – vom 24. Juli 2002 (GMBI. 200 S. 511) entsprechenden Formaldehydgrenzwerte eingehalten werden und dies durch eine Bescheinigung der zuständigen Behörde nachgewiesen wird. Dies gilt nicht für Anlagen, die aus dem Gasnetz entnommenes Gas im Sinne von Absatz 2 einsetzen.

Begründung zu § 27 Abs. 5

Der eingefügte Absatz 5 erhöht die Grundvergütung für immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftige Biogasanlagen, die nicht Gas aus einem Gasnetz entnehmen, sondern das Biogas direkt verstromen. Die Vergütungserhöhung dient zum Ausgleich der Kosten, die durch Investitionen in technische Einrichtungen zur Einhaltung der Formaldehyd-Grenzwerte entstehen. Diese Kosten werden bislang nicht in der Vergütung abgebildet.

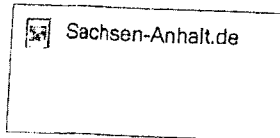
§ 66 Übergangsregelungen

4a. Für Strom aus Biomasseanlagen, die durch anaerobe Vergärung der Biomasse gewonnenes Gas (Biogas) einsetzen, erhöht sich die Vergütung bis einschließlich einer Anlagenleistung von 500 Kilowatt um jeweils 1,0 Cent pro Kilowattstunde, wenn die dem Emissionsminimierungsgebot der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft entsprechenden Formaldehydgrenzwerte eingehalten werden und dies durch eine Bescheinigung der zuständigen Behörde nachgewiesen wird. Dies gilt nicht für Anlagen, die aus einem Gasnetz entnommenes Gas im Sinne von § 27 Abs. 2 einsetzen.

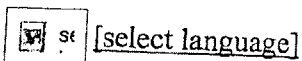
Begründung zu § 66 Abs. 1 Nr. 4a

Die eingefügte Nummer 4a in Absatz 1 entspricht im Wesentlichen der Regelung in § 27 Abs. 5. Für bestehende Biogasanlagen, die nicht das Gas aus dem Gasnetz entnehmen, erhöht sich die Grundvergütung bis einschließlich einer Leistung von 500 Kilowatt um 1,0 Cent pro Kilowattstunde, wenn Formaldehydgrenzwerte des Immissionsschutzrechts eingehalten werden und dies durch eine Bescheinigung der zuständigen Behörde nachgewiesen wird. Damit dient diese Vergütungserhöhung dem Ausgleich von Kosten, die durch technische Nachrüstungen zur Einhaltung der Formaldehyd-Grenzwerte entstehen. Diese Kosten werden bislang nicht in der Vergütung abgebildet.

- [Landesjournal](#)
- [Zielgruppen](#)
- [OnlineServices](#)
- [LLFG](#)

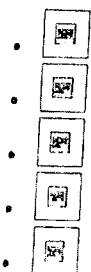


- [direkt zu ...](#)
- [Startseite](#)
- [Ackerbau](#)
[Pflanzenbau](#)
- [Tierhaltung](#)
[Tierzucht](#)
- [Gartenbau](#)
- [Bildung](#)
[Beruf](#)
- [Labor aktuell](#)



Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau

- [Stabsstelle Informationstechnologie](#)
- [Betriebswirtschaft und Beraterseminar](#)
- [Koordinierungsstelle Nachwachsende Rohstoffe \(KoNaRo\)](#)
 - [Daten & Fakten Sachsen-Anhalt](#)
 - [Erneuerbare Energien](#)
 - [Anbau landwirtschaftlicher Kulturen](#)
 - [Biogas](#)
 - [Biokraftstoffe](#)
 - [Publikationen](#)
 - [Bioenergie in Kommunen Sachsen-Anhalts](#)
- [Koordinierungsstelle Ökologischer Landbau](#)
- [Kompetenzzentrum GaLaBau](#)
- [Landgestüt Sachsen-Anhalt](#)
- [Landeszentrum Wald](#)
- [Direktvermarktung](#)
- [wichtige Links](#)
- [Terminkalender](#)
- [Kontakt](#)



Ministerien > Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt > direkt zu ... > Koordinierungsstelle Na Rohstoffe (KoNaRo) > Daten & Fakten Sachsen-Anhalt > Biogas



In Sachsen-Anhalt hat sich mit dem Inkrafttreten des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes (EEG) auch die Produktion und Nutzung von Biogas etabliert. Insbesondere seit 2004/2005 hat die Nettostromerzeugung aus gasförmigen Bioenergieträgern - vor allem aus Biogas - zugenommen. Seither steigt die Stromerzeugung mit relativ hohen jährlichen Zuwachsraten kontinuierlich an.

Anzahl

Derzeit sind im Land

ca. 275 Biogasanlagen

in Betrieb und Bau (Stand: 12/2011).

Diese Zahl umfasst alle Biogasanlagen, unabhängig von der

- Art des Substrates
z. B. Gülle, Energiepflanzen und/oder Abfälle
- Herkunft des Betreibers
z. B. Landwirtschaft, Ernährungsgewerbe.

Anlagengröße

Die **insgesamt installierte elektrische Leistung** aller in Betrieb/im Bau befindlichen Anlagen mit \Verstromung beträgt
ca. 146 MWel..

An der **durchschnittlich pro Anlage installierten elektrischen Leistung** von
ca. 550 kWel.

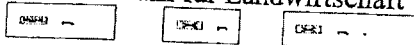
zeigt sich, dass die Biogasbranche Sachsen-Anhalts im Bereich der Vor-Ort-Verstromung nicht von beherrscht wird.

Wärmenutzung

An vielen Standorten ist, nicht zuletzt aus wirtschaftlichen Gründen, keine Wärmeverwertung umset. Trotzdem **nimmt die Wärmenutzung insbesondere im kommunalen und gewerblichen Bereich** Interesse ist groß, sich unabhängig von den fossilen Energieträgern zu machen.

Beispiele für die Nutzung von Biogaswärme in kommunalen und privaten Haushalten gibt es in steig. Über die Landesgrenzen hinaus bekannt sind **Gemeinden wie Iden oder Tangeln und die Stadt W** Sachsen-Anhalt hat noch viele weitere Projekte vorzuweisen, die zeigen, wie eine Wärmeversorgung gelingt.

© Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt



- Politik
- Verwaltung
- Land
- Leute
- Wirtschaft
- Arbeit
- Bildung
- Wissenschaft
- Tourismus
- Freizeit
- Kultur, Medien
- Kirchen
- Infrastruktur
- Umwelt
- Ehrenamtlich Engagierte
- Arbeitgeber
- Investoren
- Erwerbstätige
- Jobsuchende

- Familien
Gemeinschaften
- Kinder
Jugendliche
- Menschen mit Behinderungen
- Seniorinnen
Senioren

- Bürgerservice
- Presse
Publikationen
- Förderprogramme
- Veranstaltungs-
kalender
- eVergabe
- Bilddatenbank

