

INHALTSVERZEICHNIS

SEITE

| | | |
|---------|---|-----|
| | Bezeichnung der verwendeten Symbole | VII |
| 1. | Einleitung | 1 |
| 2. | Problemstellung | 2 |
| 3. | Vorstudie und Stand der Technik | 3 |
| 3.1. | Abgaszusammensetzung und ihre Wirkungen | 3 |
| 3.2. | Beschreibung der Untersuchung über Abgasemissionen | 9 |
| 3.3. | Verfahren zur Messung der Emissionen | 9 |
| 4. | Ergebnisse aus Bordmessungen (Abgasemissionsfaktoren) | 11 |
| 4.1. | Grundlagengleichungen | 11 |
| 4.2. | Zusammenfassung der Berechnungsdaten | 11 |
| 4.2.1. | Empirische Gleichung | 12 |
| 4.3. | Darstellung der Abgasemissionen | 13 |
| 4.3.1. | Abgasemissionen bei mittelschnellaufenden Viertaktdieselmotoren | 13 |
| 4.3.2. | Abgasemissionen bei langsamlaufenden Zweitaktdieselmotoren | 17 |
| 4.4. | Aufstellung von Näherungsgleichungen für Stickoxide | 21 |
| 4.5. | Möglichkeiten der NO _x -Ermittlung bezogen auf den Betriebspunkt des Schiffes | 24 |
| 5. | Legislative Maßnahmen | 26 |
| 5.1. | Vorschlag des Umweltamtes von Kalifornien | 26 |
| 5.2. | Emissionsgrenzwerte nach USEPA | 26 |
| 5.3. | Beschränkung durch IMO im Nov. 1990 in London, MEPC31 | 26 |
| 5.4. | Bericht des Umweltbundesamtes vom Oktober 1988 | 27 |
| 6. | Möglichkeiten der NO _x -Reduzierung bei Schiffsdieselmotoren | 29 |
| 6.1. | Allgemeine Vorbemerkung | 29 |
| 6.2. | NO _x -Reduktion durch konstruktive Maßnahmen | 30 |
| 6.2.1. | Verbrennung | 30 |
| 6.2.1.1 | Zünd- bzw. Einspritzverzögerung | 32 |
| 6.2.1.2 | Verwendung eines speziellen Einspritzsystems | 34 |
| 6.2.1.3 | Einfluß des Verdichtungsverhältnisses | 35 |
| 6.2.2. | Verbrennungsluft | 36 |
| 6.2.2.1 | Lufteintrittstemperatur | 36 |
| 6.2.2.2 | Einfluß des Ladeluftdrucks | 37 |
| 6.2.3. | Optimale Wahl zwischen Einspritzverzögerung, Ladeluftdruck und Verdichtungsverhältnis | 39 |

| | | |
|--------|---|----|
| 6.3. | NO _x -Minderung durch Wasserzumischung | 41 |
| 6.3.1. | Erhöhung der Feuchtigkeit der angesaugten Luft | 41 |
| 6.3.2. | Wassermischung im Brennstoff | 43 |
| 6.4. | Abgasrückführung | 46 |
| 6.5. | Zusammenfassung der Möglichkeiten der NO _x -Reduktion im realen Motorbetrieb | 46 |
| 6.6. | Alternativer Brennstoff | 49 |
| 6.7. | Abgasnachbehandlung | 49 |
| 6.8. | Zusammenfassung der Möglichkeiten der NO _x -Reduzierung an Schiffsdieselmotoren | 54 |
| 7. | Globale Betrachtung der Abgasemissionen | 56 |
| 7.1. | Vergleich der Emissionen der einzelnen Energieerzeuger | 56 |
| 7.2. | Möglichkeiten der Schadstoffreduzierung im realen Schiffsbetrieb | 57 |
| 8. | Bestimmung der Abgasemissionen eines Schiffes | 64 |
| 8.1. | Grunddaten | 64 |
| 8.2. | Auswertung eines Reiseabschnittes | 66 |
| 8.3. | Auswertung einer gesamten Rundreise | 68 |
| 8.4. | Reduzierung der Abgasemissionen im Seebetrieb | 75 |
| 9. | Zusammenfassung | 90 |
| | LITERATURVERZEICHNIS | 96 |