Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 108 (1990)
Heft: 37

Artikel: Neue Grenzwerte für Feuerungs-Emissionen
Autor: Reist, Bernhard
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-77501

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 12.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Neue Grenzwerte für Feuerungs-Emissionen

In der Schweiz bildeten die Grenzwerte der Luftreinhalteverordnung 1986 (LRV) als Bestandteil des Umweltschutzgesetzes (USG) den Ausgangspunkt der Entwicklung. Durch Versuchsergebnisse ermutigt, orientierten speziell die Firmen Oertli und Elco die Umweltverantwortlichen der Stadt Zürich, die den neuen Stand der Technik unbürokratisch rasch in Form der «Züri-Norm» als Grenzwert-Vorschriften festsetzten (gültig ab 1. Juli 1988 für Feuerungen über 1 MW und ab 1. Juli 1990 für Feuerungen ab 70 kW).

Entwicklung der Grenzwerte

Bei der Erarbeitung des Kantonalen Massnahmeplans zur Einhaltung der LRV 86 legte der Kanton Zürich im

VON BERNHARD REIST, ZÜRICH

Massnahmeplangebiet für Öl- und Gasfeuerungen neue Emissionsgrenzwerte von 70 kW bis 5 MW fest (verbindlich ab 1. Juli 1992). Diese «Kanton-Zürich-Norm» dürfte, ergänzt einerseits durch den dort nicht erfassten Leistungsbereich bis 70 kW und anderseits durch die für die LRV-Einhaltung (noch) sekundären CO-, SO- und HC-Werte, wegleitend für die gesamtschweizerisch gültige LRV 92 werden. Neben der Stadt Zürich hat auch die Stadt Winterthur eine eigene, praktisch mit der «Züri-Norm» identische Grenzwert-Verordnung verabschiedet.

1992 wird es deshalb auf dem Gebiet des Kantons Zürich 4 gültige Grenzwertnormen geben:

- Die «alte» LRV 86 (sofern sie bis dann nicht durch eine neue LRV 92 abgelöst worden ist), gültig für die Gebiete ausserhalb des «Massnahmeplangebietes»
- Der Kantonale Teilmassnahmeplan «Feuerungen» (Vernehmlassung 1989, gültig ab 1.7.92
- Die beiden Städte-Normen von Zürich und Winterthur mit marginalen Unterschieden

Von der «alten» LRV 86 unterscheiden sich die neuen Normen speziell durch die wesentlich tieferen Stickoxid-Emissionsgrenzwerte (NO_x).

Auch in Deutschland hat die identische Problemstellung «Emissionsgrenzwerte von Feuerungsanlagen» zu einer ähnlichen Normenvielfalt geführt:

Die bundesrechtliche TA-Luft 1986 (entspricht juristisch und wertemässig etwa der CH-LRV 86) wurde von Ingenieur-Normen (DIN 4702, 8787/8) und von privaten Umweltschutzorganisationen (in Koordination mit dem Bundesamt für Umweltschutz) RAL UZ 39-41 («Blauer Engel») unterlaufen. Die entsprechenden Grenzwerte dieser Normen liegen etwa 10–25% über den Werten der vier oben erwähnten CH-Normen.

Neuerdings hat die Stadt Hamburg Grenzwerte postuliert, die in etwa der «Züri-Norm» entsprechen sollen. Nicht zuletzt wegen der politischen Aktualität des Umweltschutzes und der eher zögernden Haltung der Bundesämter (EG-Koordination, DDR-Einbindung), dürfte die deutsche Grenzwert-Vielfalt eher noch zunehmen.

Entstanden ist diese unerfreuliche Entwicklung der Normen-Vielfalt aus drei Hauptgründen:

- Die durch die Bundesnormen initiierte technische Entwicklung hat die ursprünglichen Vorgaben sehr schnell überholt.
- Die Entwicklungsleader wollen sich die Entwicklungskosten und die Marktakzeptanz der neuen, besseren, aber auch teureren Produkte absichern lassen durch behördliche Vorschriften. Dies kommt den Kommunalbehörden aus politischen und umweltschützerischen Gründen sehr gelegen bei der Formulierung härterer Grenzwertnormen, die von übergeordneten, bundesrechtlich gebundenen Ämtern wegen der notwendigen koordinierten Vernehmlassungen jeweils nur mit Verzögerungen nachvollzogen werden können.
- Als Stand der Technik werden von den zuständigen Amtsstellen heute nicht mehr Produktwerte angesehen, die von allen auf dem Markt aktiven Firmen erbracht werden können, sondern solche Werte, die nur von den jeweiligen Spitzenprodukten erreicht werden.

Bei aller Würdigung der positiven Aspekte einer raschen Markteinführung von Produkten mit niedrigster Umweltbelastung dank schnell und flexibel angepasster oder neu aufgestellter Normen sollten die für die massgebenden Behörden und Interessenvertreter damit verbundenen negativen Auswirkungen nicht unerwähnt bleiben:

□ Der Grundgedanke von Schadstoff-Emissions-Normen muss darin liegen, dass für ein zeitlich und räumlich bestimmtes, adäquates Marktpotential von den Behörden Grenzwerte nach dem Stand der Technik erlassen werden, auf deren Basis sich entsprechende Produkte zur Marktreife entwickeln und auch verkaufen lassen.

Das «Vorprellen» von Zürich sollte keinesfalls dazu führen, dass nun jede grössere Ortschaft oder jeder Kanton eigene, von den bereits bestehenden Normen abweichende Grenzwerte einführt; Problemstoff hierfür ist allerdings vorhanden, wenn man z.B. an die Holzfeuerungen denkt.

□ Allzu individuell ausgerichtete Lokalnormen verunsichern die ganze Branche, führen zu einem administrativ-technisch schwierig zu beherrschenden Mehraufwand, verunsichern die Hauseigentümer (sie zögern beim Ersatz der Heizungsanlage) und wirken schliesslich kontraproduktiv.

Zu wünschen ist, dass die heutige Situation im Kanton Zürich mit 4 gleichzeitig gültigen Normen (Stadt Zürich, Stadt Winterthur, Kanton Zürich LRV 92, BUWAL LRV 86) zum gleichen Thema auf einem geographisch eng begrenzten Raum eine vorübergehende Ausnahmeerscheinung bleibt.

Mit den hoffentlich institutionalisierten Kontaktgremien zwischen Behörden und Wirtschaftsverbänden sollten in Zukunft Normenbestimmungen in einem räumlich und zeitlich grosszügiger angesetzten Rahmen den technisch-ökologisch sinnvollen Grenzen angepasst werden. Die BUWAL LRV 92 (kürzlich zur Vernehmlassung veröffentlicht) könnte den ersten Schritt für eine moderne, bedürfnis- und fortschrittabhängige Normierung der Schadstoff-Emissions-Regelung von Feuerungsanlagen bilden.

BUWAL LRV 92 Vernehmlassung per Ende April 1990 veröffentlicht			*Kanton Zürich ab 1.7.1992*			*Stadt Zürich ab 1.7.1988 bzw. 1.7.1990*			*Stadt Winterthur ab 1.7.1990*		
0–350 kW Typenprüfung > 350 kW Einzelprüfung			ab 70 kW			über 1 MW seit 1.7.1988; 0–1 MW Gas bzw. 70 kW–1 MW Öl ab 1.7.1990			ab 70 kW		
Max. NO_x in mg:	Öl	Gas	Max. NO_x in mg:	Öl	Gas	Max. NO_x in mg:	Öl	Gas	Max. NO_x in mg:	Öl	Gas
Gebläsebrenner	120	80	Gebläsebrenner	120	80	Gebläsebrenner	120	80	Gebläsebrenner	120	80
CO (mg/Nm³)	(60)	(60)									
Atmosph. Verbr.	120	120	Atmosph. Verbr.	120	120	Atmosph. Verbr.	120	80	Atmosph. Verbr.	120	80
CO (mg/Nm³)	(150)	(100)									
2-Stoff-Brenner	120	80	2-Stoff-Brenner	120	80	2-Stoff-Brenner	120	80	2-Stoff-Brenner	120	80
CO (mg/Nm³)	(60)	(60)									
Prozesskessel (T > 130 K)	150	110	Prozesskessel (T > 130 K)	150	150*	Prozesskessel (T > 130 K)	120	80	Prozesskessel (T > 130 K)	120	80
CO (mg/Nm³)	(60)	(60)				Dito auf Gesuch	150	110	auf Gesuch	150	110
Stat. Ottomotoren	80	80	Stat. Motoren und Turbinen	170*	100*	Stat. Motoren und Turbinen	50	50	Stat. Motoren und Turbinen	120*	50
CO (mg/Nm³)	(650)	(650)				Dito auf Gesuch	120*	120*			
Turbinen (15% O_2)	120	120									
CO (mg/Nm³)	(100)	(100)									
Notstromdiesel (max. 30 h/a)	400		—			Notstromdiesel (max. 25 h/a)	h/a × mg/Nm³ ≤ 50 000		Notstromdiesel (max. 25 h/a)	—	
CO (mg/Nm³)	(650)										
			3 Jahre Sanierungsfrist für Anlagen über 12 Jahre			2 Jahre Sanierungsfrist für Anlagen über 12 Jahre			3 Jahre Sanierungsfrist für Anlagen über 12 Jahre		

* Muss an übergeordnete LRV angepasst werden; Kantonale und Kommunale Grenzwerte dürfen nur verschärfend wirken

Tabelle 1. Stickoxid-Grenzwerte NO_x in mg/Nm³ Rauchgas bei 3% O_2-Überschuss

Verbrennung und Rauchgasbestandteile

Die Reduktion üblicher Brennstoffe wird durch die folgenden stöchiometrischen Haupt-Verbrennungsgleichungen charakterisiert:

$$1\,kg\,C + 2{,}664\,kg\,O_2 \rightarrow 3{,}664\,kg\,CO_2 + 33\,829\,kJ\,\%\,HF$$

$$1\,kg\,S + 0{,}998\,kg\,O_2 \rightarrow 1{,}998\,kg\,SO_2 + 9\,238\,kJ\,\%\,HF$$

$$1\,kg\,H_2 + 7{,}937\,kg\,O_2 \rightarrow 8{,}937\,kg\,H_2O + 142\,028\,kJ\,\%\,HF$$

HF = Bildungsenergie der Brennstoff-Moleküle

Nach diesen Gleichungen lassen sich die anfallenden Rauchgase bezüglich Zusammensetzung ihrer Hauptbestandteile berechnen. Sie sind in Tabelle 2 zusammengestellt. Kommentar zu den einzelnen Rauchgasbestandteilen:

N_2 und NO_x

Stickstoff reagiert oberhalb von etwa 1300 K mit Sauerstoff und bildet NO, NO_2, N_2O, N_2O_2, N_2O_4, und N_2O_5; die Menge der gebildeten NO_x hängt ab von der Verweilzeit der Moleküle im Hochtemperatur-Flammbereich und vom Sauerstoffangebot (Luftüberschuss). Das NO wird bei längerem Aufenthalt in der Atmosphäre weiter zu NO_2 reduziert; NO_3 und NO_4 und höhere Moleküle werden nur in sehr geringen Mengen gebildet.

Stickoxide reizen Augen und Bronchien. Unter UV-Einstrahlung entsteht aus dem NO_x Ozon (O_3) und Salpetersäure (HNO_3). Ozon seinerseits ist in Bodennähe als Schadstoff für Mensch und Vegetation erkannt worden. Ausser in Gewitter-Aufwind-Situationen gelingt es nicht, das in der Folge von Verbrennungsvorgängen im Tagesverlauf kurzfristig in mittleren Höhenlagen gebildete Ozon in die Stratosphäre zu verfrachten, wo es die dortige Ozonschutzschicht gegen UV-Strahlung verstärken könnte, die bekanntlich durch antropogene FCKW-Gase örtlich bereits stark geschädigt ist. (FCKW = Fluor-Chlor-Kohlen-Wasserstoff in Kältemitteln, in einigen Kunststoffschäumen, als Treibgas für Spraydosen.)

CO_2

Unvermeidbares Gas bei der Oxydation von Kohlenstoff. Die gesamte Biomasse und der Luftsauerstoff der Erde sind miteinander gekoppelt: Ist die ganze Biomasse verbrannt, so ist auch der ganze freie Sauerstoff gebunden. Zusammen mit Sauerstoff bildet CO_2 das Stoffaustausch-Gaspaar zwischen Fauna und Flora.

Das durch die antropogenen Verbrennungsvorgänge im letzten Jahrhundert freigesetzte CO_2 stört das natürliche Gleichgewicht und führt trotz der enormen Pufferspeicherkapazität der Meere zu einer deutlichen Zunahme des CO_2-Gehaltes in der Atmsophäre. Den durch CO_2 und freigesetztes CH_4 (Methan aus Müllhalden, Reisanbau, Nutztierhaltung und auch aus Erdgas- und Erdölgewinnung) bewirkten Treibhauseffekt mit seinen möglichen Auswirkungen auf das globale Klima beginnt die Menschheit allmählich zu erkennen.

H_2O

Wegen der absolut unproblematischen Reduktion von Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasser ist Wasserstoff der von vielen Fachleuten prognostizierte Energieträger der Zukunft. Die Frage, wie und wo und mit welcher Energie der Wasserstoff aus Wasser hergestellt werden soll, ist gegenwärtig allerdings ökonomisch noch nicht beantwortet.

O_2 (3%)

Auf diesen Sauerstoffüberschuss werden bei Verbrennungsvorgängen die Schadstoffmengen im Rauchgas bezogen. Für Verbrennungsmotoren werden die Schadstoffe auf eine Rauchgasmenge mit 5% (Otto- und Dieselmotoren) bzw. mit 15% O_2-Überschuss bezogen (Turbinen).

Brennstoff	*Heizöl EL*		*Erdgas*		*Benzin*	
Molekulare Zusammensetzung	86,5% C, 13,5% H 0,2% S, 0,3% N_2 Gewichtsprozente		80% CH_4, 6% C_2H_6 11% C_xH_y, 3% N_2 Volumenprozente (molekularer N-Anteil ≈ 0)		C_nH_{2n+2} 400 mg PB	
Notwendige Brennstoffmenge für 1 Nm³ Rauchgas	92 g = 0,12 l		80 g = 88 l		90 g = 0,11 l	
Entsprechender Energieinhalt	3,8 MJ		3,2 MJ		4,3 MJ	
Zusammensetzung pro 1 Nm³ Rauchgas:						
Stickstoff N_2	895 g		947 g		837 g	
Kohlendioxid CO_2	251 g		195 g		216 g	
Wasser H_2O	95 g		149 g		97 g	
Sauerstoffüberschuss	8 g		8 g		14 g	
Argon	15 g		15 g		14 g	
Schadstoffe:	∅ heute	low NO_x	∅ heute	low NO_x	ohne Kat.	mit Kat.
Kohlenmonoxid CO	-1300 mg	10- 60 mg	-1200 mg	10-60 mg	>18 g	<1,5 g
Stickoxid NO_x	- 250 mg	60-120 mg	- 250 mg	20-80 mg	2,5 g	0,3 mg
Unverbrannte Kohlenwasserstoffe (Russ) HC	0-70 mg	0- 70 mg	0-70 mg	0-70 mg	2,0 g	2,0 g
Schwefeldioxid SO_2	0,2 g	0,2 g	—	—	—	—
Blei	—	—	—	—	0,04 g	—
Total Rauchgasgewicht	1264 g/Nm³		1314 g/Nm³		1200 g/Nm³	
Rauchgasmenge/Energieeinheit →	1,0		1,19		0,88	
NO_x-Menge/Energieeinheit →	1,0		0,77		≈22	≈2,7
CO_2-Menge/Energieeinheit* →	1,0		0,92		0,76	

* ohne Berücksichtigung von Verlusten für Förderung, Transport, Raffinerien, Umfüllungen, Leckagen usw.

Tabelle 2. Schadstoffmengen in Abgasen verschiedener Brennstoffe

SO_2

Schwefeldioxid und die sich daraus zusammen mit Wasser bildenden schwefligen Säuren sind als aggressive Rauchgas-Bestandteile mit entsprechenden Korrosionsangriffen auf Metalle (Kessel, Kamine) wie auch auf Sandstein bekannt. Die Emission ist eine Funktion der Entschwefelung in der Raffinerie (gegenwärtiger Stand in der Schweiz: max. 0,2%).

HC unverbrannt

Neben den bekannten Wärmeübergangsverschlechterung durch Russablagerungen im Kessel wurde eine krebsbildende Wirkung von Russ erst vor kurzer Zeit erkannt.

Eine vollständige Verbrennung aller HC-Moleküle kann einfach und sicher gewährleistet werden bei hohen Temperaturen, bei langer Verweilzeit der Moleküle im Brennraum und bei genügendem Sauerstoffüberschuss, wie das bei älteren Brennern üblich war. Der Nachteil einer grösseren NO_x-Bildung wurde früher als sekundär beurteilt.

CO

Kohlenmonoxid ist ein nicht riechbares, in geschlossenen Räumen hochgiftiges Gas (leicht schwerer als Luft), das in der freien Atmosphäre (speziell bei tiefen Temperaturen) rasch und vollständig zu CO_2 oxydiert wird. Für grossräumige Schadstoffbetrachtungen hat deshalb CO nur eine sekundäre Bedeutung. Eine Grenzwertsetzung ist trotzdem richtig, da bei einigen Brennertypen durch Erhöhung des CO die NO_x-Werte gesenkt werden können.

Technik der Low-NO_x-Verbrennung

Die Menge der Stickoxide im Rauchgas einer Feuerung hängt von verschiedenen Einflüssen ab:

□ *Brennstoff NO (Stickstoffgehalt des Brennstoffes):* Bei Verdoppelung des Stickstoffgehaltes im Heizöl von 150 mg/kg auf z.B. 300 mg/kg Heizöl steigt bei einer üblichen Verbrennung der NO_x-Ausstoss um knapp 20%.

Der durchschnittliche, molekular gebundene N_2-Gehalt beträgt im

Heizöl etwa 0,2–0,4 g/kg (= 40 mg/Nm³ Rauchgas), im Erdgas etwa 0 g/m³.

Wegen dem im Heizöl molekular eingebundenen Stickstoff sind die LRV-Grenzwerte für Ölfeuerungen gegenüber den Gasfeuerungen um 40 mg/Nm³ Rauchgas erhöht.

□ *Thermisches NO (Zeldovich-Mechanismus):*

- Flammentemperatur: Unterhalb etwa 1500 K reagiert der Stickstoff mit dem Sauerstoff praktisch nicht; die NO_x-Bildung bleibt gering.
- Aufenthaltsdauer der Moleküle im «heissen» Brennraum: Bei leichtem Luftüberschuss ist die NO_x-Bildung praktisch proportional zur Verweilzeit; um die NO_x-Bildung niedrig zu halten, ist deshalb eine kurze Verweilzeit der Gasmoleküle im Brennraum vorteilhaft.
- Sauerstoff-Angebot: Eine Veränderung des Luftüberschusses von etwa 5% bewirkt bei sonst identischen Verhältnissen praktisch eine Verdoppelung der NO_x-Bildung.

□ *«Promptes» NO:* Darunter versteht man die Bildung von NO_x über die Oxydation der sich beim Verbrennungsvorgang bildenden HCN-Moleküle.

Mit der Erkenntnis der geschilderten Zusammenhänge begann in Deutschland bei der DVLR (Deutsche Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt) die Entwicklung des sogenannten «Raketenbrenners» mit blauer Flamme (=MAN-Brenner); in der Schweiz gelang J. Füllemann 1985 eine Brennerkonstruktion mit noch tieferen NO_x-Werten.

Daneben entwickelte die Firma Systherm den Satronair-Luftdruck-Zerstäuberbrenner, die Firma Elco den Kombustor- und Venturi-Brennerkopf, die Firma Oertli den Ökonox; die Originale oder Weiterentwicklungen dieser genannten Produkte sind heute bei den Low-NO_x-Brennern aller Firmen eingebaut.

Bei der Brennerkonstruktion haben sich folgende Schwerpunkte gebildet: Kleinbrenner: 5–35 kW Luftdruck-Zerstäuberbrenner mit Kompressor; 2stufig oder modulierend mit leicht erhöhtem Flammengeräusch (vgl. Bild 1).

Firma Firmengruppe	*Brennstoff und Leistungsbereich in low-NO_x-Technik*	*Züri/LRV 92 Erfüllung*
Satronic-Kunden, Bezüger von Satronair-Brenner-Komponenten (Albert, Giersch, Systherm, Proenergie-Riello)	Öl: - 8–34 kW Kompaktzentralen mit «passenden Kesseln»	EMPA-Test
Füllemann-Lizenznehmer (Gilbarco-Olymp, Sixmadun, FAG, Demo, Schneider)	Öl: - 12–70 kW Kompaktzentralen und mit diversen Kesseln als Austauschbrenner	EMPA-Test teilweise vorhanden
EKC-Gruppe (Elco, Klöckner, Cuénod, Brennwald)	Öl: - 25 kW Kompaktzentralen mit Wolf- und Mittelmann-Stephan-Kesseln - 54 kW Kompaktzentralen mit Kombustor-Brennerkopf - 54–150 kW Kompaktzentralen mit Venturi-Brennerkopf und mit diversen Kesseln (Ygnis, Strebel, Hoval, Viessmann) - 150–300 kW Kompaktzentralen mit Venturi-Brennerkopf ab Herbst 1990 - 300 kW–20 MW Kompaktzentralen mit externer Rauchgaszirkulation Gas: - 8–350 kW (Ecoforte, kondensierend) Gas- und 2-Stoff-Brenner: - 20–300 MW Gebläsebrenner ab 1991	EMPA-Test EMPA-Test EMPA-Test — EMPA-Test SVGW-Test —
Saab-Enertech-Gruppe (CTC, Electro-Oil, Bentone, Giersch)	Öl: - 15–48 kW Kompaktzentralen - 50 kW–1 MW: 2-Kesselreihen mit diversen Brennern (Elco, Weishaupt, Oertli)	Tests in Vorbereitung
Walter-Meier-Holding-Gruppe (Oertli, Busco, Elcalor, Procalor, Vestol)	Öl: - 15–25 kW Oekonox + de Dietrich-Kessel - 25–50 kW ab Herbst 1990 - 150 kW–1 MW ab Herbst 1990 - 70–150 kW ab Herbst 1991 Kessel: Ygnis, Strebel, Hoval, Opag, Viessmann	EMPA-Test — — —
Cipag	Gas: - 50–500 kW Gebläsebrenner und Remeha-Kessel - 10–50 kW atmosphärisch ab Sommer 1990 - 500 kW–1 MW ab 1991	EMPA-Test — —
Diener	Gas: 10–45 kW Modultherm Kompaktzentralen mit Gebläsebrenner	EMPA-Test in Vorbereitung
Hoval	Öl: - 10–25 kW Minilyt-Kessel mit Abig-Brenner modifiziert (100er Serie) - 10–25 kW Umbauset für max. 12 Jahre alte Hoval-Kessel mit NO_x-Reduktion - 10–25 kW Abig Low-NO_x-Brennerkopf, Serieproduktion konform mit Züri/LRV 92 ab ca. 1991 Leistungserweiterung 1991/92	EMPA-Test erst mit Modifikation LRV 92 konform
Läuchli (Haas und Sohn)	Öl: - 19–28 kW Kompaktzentralen (Hofmann-Brenner und Haas-Kessel) auch Gilbarco- und Giersch-Brenner (lieferbar ab Herbst 1990) Leistungserweiterung bis 106 kW 1992	TÜV-Test, EMPA-Test angemeldet
Memo (Nordklima)	Öl: - Luftheizgeräte mit Elco- und Giersch-Brennern	—
Neovac	Öl: - 11–30 kW mit Schappe-Kessel	Prüfung in Vorbereitung
Runtal	Öl: - 12–36 kW Kompaktzentralen mit MAN- und Systherm-Brennern - über 100 kW Kompaktzentralen Gas: - über 350 kW (Weishaupt, Elco, Oertli)	EMPA-Test — —
Saacke (Prozesswärme: T > 130 K)	Öl: - 3–45 MW, max. 150 mg/m³ (Züri-Norm konform nur mit Gesuch) Gas: - 3–45 MW, max. 110 mg/m³ (Züri-Norm konform nur mit Gesuch)	Referenzanlage im Werdhölzli und in Hard, Volketswil
Sommerhalder (Soma)	Gas: - 11 kW, 19 kW (Micromat mit Gebläse) Kat.Brenner für Wandmodelle, atmosphärische Flächenbrenner für grössere Leistungen ab 1991, auch Nachrüstungen	SVGW-Test
Sopragaz	Gas: - 80–550 kW (6 Modelle) ohne Kond. mit holländischen Remex-Kesseln	bereit für SVGW-Prüfung
Strebel	Diverse Kesselgrössen für Öl, Gas und 2-Stoff in internen Versuchsreihen, Kessel/Brennerliste in Vorbereitung	Tests in Vorbereitung
Stücklin	Öl: - 18 kW Kessel mit Elco-Brenner	Test in Vorbereitung
Vaillant	LRV 92 - konforme Erzeugnisse ab 1991	
Verbex	Öl: - Schäfer-Kessel mit MAN-Brenner	Blauer Engel
Viessmann	Öl: - 15 kW–1,5 MW Gas: - 10–24 kW nicht kondensierend mit MAN-Brenner (kondensierend ab 1991) - 60–580 kW kondensierend (2stufig) (Vertomat ab Herbst 1990) 2-Stoff: 70 kW–1,5 MW	— Test vorhanden —
Ygnis	Öl+Gas: 120 kW–3 MW (Pyronox) mit und ohne Rekuperatur und Kondensator; nach-/umrüstbar auf Brenner mit äusserer Rezirkulation	diverse Tests mit bekannten Brennern

Tabelle 3. Aktuelles Marktangebot an low-NO_x-Heizanlagen (HILSA 1990)

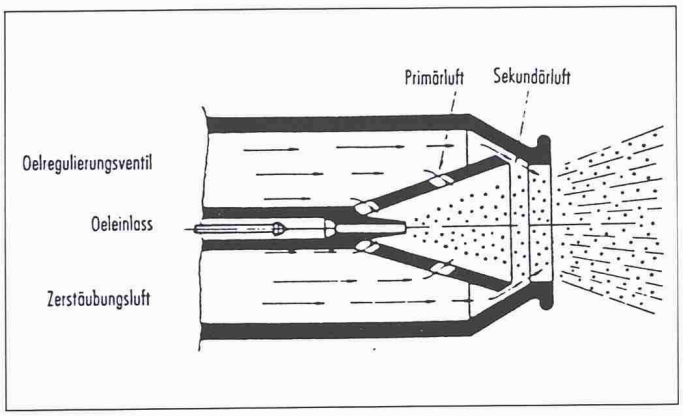

Bild 1. Prinzip der Luftdruckzerstäubung

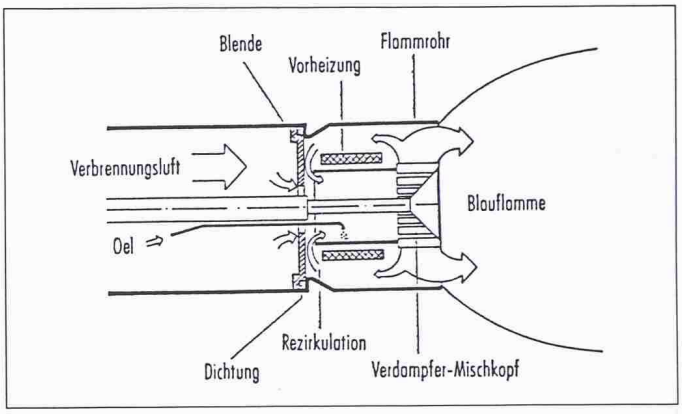

Bild 2. System Blue-Fan (Füllemann)

Kompaktzentralen und Austauschbrenner für bestehende Kessel mit einer Brennraumbelastung unter 1,5 MW/m³ und einer Leistung bis 50 kW; Brennstoff-Verdampfung, Gemischaufbereitung und interne Abgasrezirkulation im Brennraum zur Verminderung der Reaktionsdichte und damit Temperaturtiefhaltung in der Flammenzone; speziell bei Zerstäuberbrenner ist ein möglichst unterbruchsfreier Dauerbetrieb wichtig, da die Schadstoffemissionen beim Anfahren und Abschalten erhöht sind (z.B. Füllemann, Ökonox, Kombustor). (vgl. Bild 2) – die Brenner werden deshalb meistens 2stufig oder sogar stufenlos modulierend ausgeführt.

Leistungen über 300 kW mit Stufenverbrennung in Vormischflamme mit Luftüberschuss und nachfolgender Diffusionsverbrennung unter Sauerstoffmangel mit externer Rauchgasrezirkulation; 2stufig oder modulierend (Dauerbetrieb wichtig). (vgl. Bild 3)

Gasbrenner: Ersatz der bisherigen atmosphärischen Brenner durch Brenner mit Hifsgebläse oder durch sogenannte «Flächenbrenner».

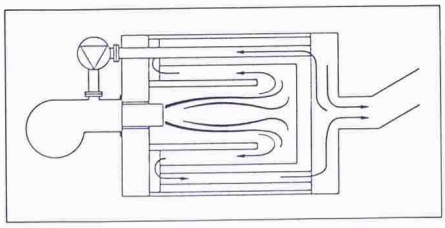

Bild 3. Externe Rauchgaszirkulation mit kesselinterner Rückführung

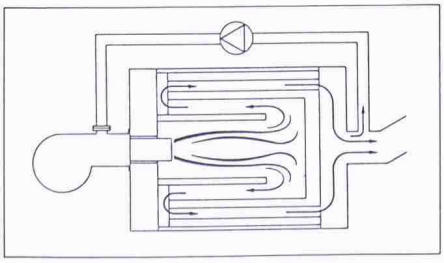

Bild 4. Externe Rauchgasrezirkulation

Zusammenfassung:

Ölbrenner: Der Leistungsbereich zwischen 50 und 300 kW ist gegenwärtig noch nicht genügend abgedeckt; eine Verbesserung des Angebotes kann ab 1991 erwartet werden.

Gasbrenner: Das Angebot ist gegenwärtig auf wenige Firmen beschränkt; Gebläsebrenner über 500 kW sind noch nicht lieferbar.

2-Stoff-Brenner: Das Angebot ist noch ungenügend.

Bei einem Ersatz oder einer Neuinstallation sollte der Lieferant mindestens die Einhaltung der LRV 92 garantieren. Falls die entsprechenden Typenprüfungen (noch) nicht vorliegen, sollte der Brennerhersteller eine entsprechende Garantie abgeben, die auch allenfalls notwendige Modifikationen einschliesst.

Laut LRV 92 kann die Typenprüfung bei der EMPA, dem SVGW, dem TÜV, anderen international anerkannten Prüfungsinstitutionen, aber auch durch private Testlabors durchgeführt werden. Vorbedingung für die Prüfung ist eine ZEN-Normen-konforme Messinstallation sowie die entsprechende Prüfmethode ZEN oder VDI. Da bei ausländischen Prüfmethoden die Schadstoffwerte oft in mg/kWh oder in ppm angegeben werden, sind nachfolgend die entsprechenden Umrechnungsfaktoren angegeben:

1 ppm NO = 1,34 mg NO/Nm³
1 ppm NO_2 = 2,05 mg NO_2/Nm³
1 ppm SO_2 = 2,86 mg SO_2/Nm³

1 mg/kWh Erdgas ≈ 0,90 mg Erdgas/Nm³

1 mg/kWh Heizöl El ≈ 1,05 mg Heizöl/Nm³

Der regelmässigen Wartung durch geschultes Service-Personal mit einer adäquaten Kontrollinstrumentierung kommt im Vergleich zum heutigen «Normalbrenner» im Rahmen der Low-NO_x-Brennertechnik eine erhöhte Bedeutung zu; verantwortungsbewusste Firmen dürften hierin ihr Hauptproblem erkennen.

Auswirkung der neuen NO_x-Grenzwerte – Luftreinhalteverordnung

Die gegenwärtigen Emissionsfrachten werden an verschiedenen Messpunkten kontrolliert:

- Ozon:
- Maximaler Jahresdurchschnittswert gemäss Luftreinhalteverordnung: 100 mg/m³ Ozon (Grenzwert)
- Höchster Jahresdurchschnittswert im Kanton Zürich: Bachtel 1987 225 mg/m³ Ozon (Messwert)

Der Sollwert wird an der Messstelle mit dem ungünstigsten Resultat also um einen Faktor >2 überschritten. Hohe Ozonwerte treten im Sommer auf und sind gegenwärtig verursacht zu etwa 15% durch Heizungen, 25% durch Verkehr, 60% durch Industrie.

- NO_x
- Maximaler Jahresdurchschnittswert gemäss Luftreinhalteverordnung: 30 mg/m³ NO_x (Grenzwert)
- Höchster Jahresdurchschnittswert im Kanton Zürich: Opfikon 1987 70 mg/m³ NO_x (Messwert)

Auch der Stickoxid-Jahresdurchschnittswert ist gegenüber dem LRV-Grenzwert um über das Doppelte überschritten.

Hohe NO_x-Werte treten im Winter vor allem bei Inversionslagen auf und sind etwa zu 25% durch Heizungen und zu 75% durch den Verkehr verursacht.

Obwohl die Heizungen im Istzustand nur für 25% der NO_x-Emissionen verantwortlich sind, ist es gerechtfertigt, die Heizungen nicht nur aus Opfersymmetrie zum Verkehr durch schärfere Vorschriften zu belasten, denn ohne Massnahmen würde sich wegen der zunehmenden Auswirkung des Katalysators der NO_x-Schadstoffanteil der Feuerungen auf 50% der Gesamtemissionen aller Quellen erhöhen. Bei einer Reduktion auf die neuen NO_x-Werte

bleibt der Schadstoffanteil der Feuerungen gegenüber dem Verkehrsanteil auch in Zukunft in etwa erhalten.

Nachdem die bisherigen Prognoseberechnungen zur Schadstoffemission speziell beim Verkehr in verschiedener Hinsicht eher auf konservativen Annahmen beruhen, darf mit zunehmender Erhärtung der Effektiv-Schadstoffemissionen von Verkehr und Feuerungen unter realistischen Rahmenbedingungen für die allgemeine Wirtschaftsentwicklung, das Publikumsverhalten, die allgemeine technische Entwicklung und für die Auswirkung flankierender Energiesparbemühungen damit gerechnet werden, dass die NO_x-Spitzenfrachten der 80er Jahre im Jahr 2000 mindestens halbiert werden können, was gegenüber dem Istzustand einen gewaltigen Fortschritt darstellen würde, wenn auch der LRV-Zielwert vermutlich nicht ganz erreicht wäre.

Schadstoffemission und globale Treibhausproblematik

Bei ausgeglichener globaler Energiebilanz wird zwischen Erde und Atmosphäre einerseits und dem Weltall anderseits pro Zeitintervall gleichviel Energie durch Strahlungsvorgänge ausgetauscht, womit der Temperaturhaushalt der Erde mit einem normalen Schwankungsbereich stationär ausgeglichen ist. Wird durch Verdünnung der Ozonschutzschicht weniger hochfrequente Strahlung ins Weltall reflektiert und wird durch eine vestärkte Methan- und CO_2-Konzentration in der Atmosphäre mehr von der Erde abgestrahlte Energie durch diese Gase wieder auf die Erde zurückreflektiert, so ist die Energiebilanz gestört und muss durch eine Erhöhung der Erdoberflächen-Temperatur (die mehr Energie abstrahlen kann) kompensiert werden, bis die Energiebilanz wieder im Gleichgewicht ist.

Durch den rasanten Verbrauch der fossilen Brennstoffe und durch das Abholzen und Verbrennen von Regenwaldgebieten wird einerseits mehr CO_2 freigesetzt als die aktive Biosphäre übernehmen kann, und anderseits wird gleichzeitig die aktive Biomasse der Erde vermindert. Das überschüssige CO_2 bleibt in der Atmosphäre gespeichert; in der ganzen erdgeschichtlichen Entwicklung war der CO_2-Gehalt der Atmosphäre noch nie so hoch wie heute.

Der aktuelle Treibhauseffekt, verursacht zu etwa 50% durch den CO_2-Anstieg, zu 20% durch Methan (Müllhalden, Nutztierhaltung, Reisanbau, Gasindustrie [4% Anteil]), zu 30% durch FCKW und andere Spurengase, ist damit weitgehend menschlich verursacht.

Eine auch nur unwesentlich gering erscheinende allgemeine Erwärmung von etwa 1–3° hat sehr weitreichende Folgen für das Meeresniveau, das Klima und das Wetter; die negativen Folgen für grosse Teile der Erdbevölkerung sind in ihrem Ausmass beim gegenwärtigen Kenntnisstand noch nicht genügend erkennbar.

Die Schweiz, mit einem Bevölkerungsanteil von 1,3‰, partipiziert mit 2‰ am CO_2-Weltausstoss von insgesamt $20{,}5 \times 10^9$ t CO_2. Mit 6,4 t CO_2 pro Einwohner rangiert die Schweiz weit hinter den USA (22 t pro Einwohner), hinter Grossbritannien (11 t pro Einwohner) und hinter Frankreich (7,6 t pro Einwohner).

Beim unbedeutenden Anteil der Schweiz bleiben Anstrengungen zur Verminderung der CO_2-Produktion ohne direkte Wirkungen auf die globale CO_2-Bilanz. Anderseits wäre die Schweiz prädestiniert, ähnlich wie beim NO_x-Problem auch bezüglich einer Senkung der CO_2-Produktion Pionierleistungen zu vollbringen.

Quellen:

- Tagungen von Elco, Hoval, Oertli, Ygnis, Diener
- PW-Abgasschadstoffe nach ECE-Norm, Inst. für Thermodynamik, ETH
- Hütte
- Institut Français du Pétrole: Carburants et Moteurs/Le chauffage par les combustibles liquides (vermittelt durch Shell Zürich)
- Ruhrgas: Erdgas als Beitrag zur Milderung des Treibhauseffektes
- Brennpunkt: Mitteilungen der Heizölvereinigung
- Teilmassnahmeplan Feuerungen Kanton Zürich, ATAL

Adresse des Verfassers: *B. Reist*, dipl. Ing. ETH/SIA, Frohburgstrasse 60, 8006 Zürich.