

# O<sub>2</sub>- und CO-Reduktion an Feuerungsanlagen

## O<sub>2</sub>- and CO-reduction at combustion plants

Von Gerd Witte, Ulrich Schmitz, Torsten Schütt

Aus Gründen der Wirtschaftlichkeit und aus umwelttechnischen Gesichtspunkten ist es erforderlich, Feuerungsanlagen mit möglichst geringen Verlusten zu betreiben. Die Energieverluste einer Kesselanlage bestehen im Wesentlichen aus dem Energieverlust durch unvollkommene Verbrennung, durch freie Wärme im Abgas, durch Abstrahlung sowie durch Auskühlung. In diesem Aufsatz wird auf die Möglichkeit der Verbesserung der Verbrennung und Reduzierung der Energieverluste im Abgas eingegangen. An einer bestehenden Dampfkesselanlage der Fa. Leiber GmbH in Bramsche wurde ein vorhandener Gasbrenner dahingehend modifiziert, dass eine O<sub>2</sub>-Regelung mit einer CO-Aufschaltung in Verbindung mit einer Drehzahlverstellung des Verbrennungsluftgebläses nachgerüstet wurde.

Due to economic, environmental and technical reasons, it's necessary to operate combustion plants by means of minimizing energy losses. Essentially, the energy losses of a boiler plant occur by loss of energy through incomplete combustion, through the heat in the exhaust gas, through radiation and through cooling down. This article considers the room for possibilities to improve combustions and discusses how to reduce losses of energy in the exhaust gas. At the established boiler plant of Leiber GmbH in Bramsche, Germany, an existing burner was modified to an effect where the existing O<sub>2</sub>-Control was retrofitted into a CO-control with VSD-control of the air blower.

Die im privaten Familienbesitz befindliche Fa. Leiber GmbH ist immer in der ersten Reihe, wenn es um die Schonung von Ressourcen geht. Energiesparende Maßnahmen umzusetzen ist neben dem Kerngeschäft in der Futter- und Lebensmittelindustrie eine herausragende Aufgabe im gesamten Unternehmen. Entsprechende Projekte werden von der Geschäftsleitung bis zu den Produktionsmitarbeitern verantwortungsvoll mitgetragen. Die Fa. Leiber GmbH hat bereits mehrere Auszeichnungen im Bereich des effizienten Energieeinsatzes erhalten. Anlässlich eines Netzwerktreffens über Energieeffizienz bei der Fa. Leiber GmbH wurde über die Möglichkeit einer O<sub>2</sub>- und CO-Optimierung berichtet. Die Betriebsleitung setzte sich daraufhin mit der Wartungsfirma des 10-MW-Gasbrenners und Hochdruckdampfkessels in Verbindung, um ein Angebot über eine entsprechende

Umrüstung zu erhalten. Die Wartungsfirma lehnte die Durchführung dieser Maßnahme ab. Daraufhin wandte sich Dr. Schmitz auf Empfehlung eines Teil-

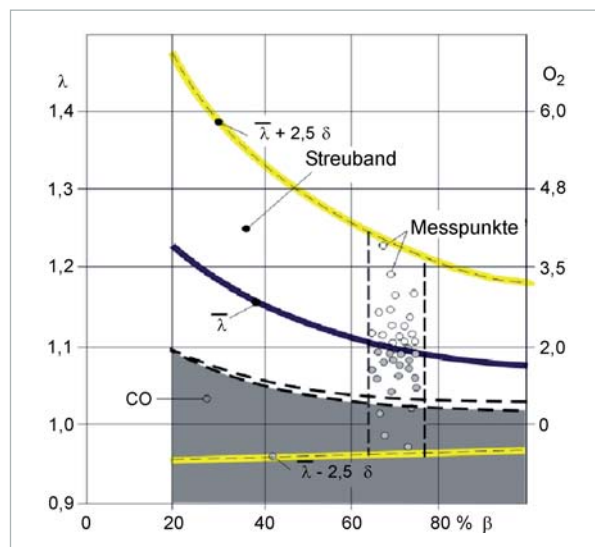
nehmers des Netzwerktreffens an die in Hamburg ansässige Fa. eNeG Vertrieb- und Servicegesellschaft mbH.

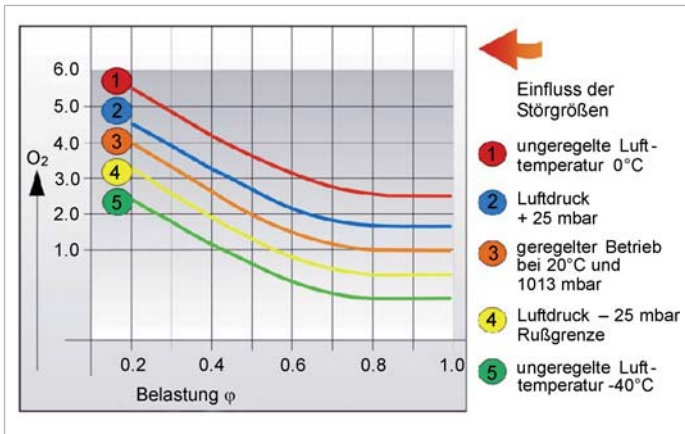
### Die Grundlage

Die Bedeutung einer O<sub>2</sub>-Regelung mit CO-Aufschaltung für eine energieeffiziente Betriebsweise einer Kesselanlage mit einer Gasfeuerung ist nachfolgend beschrieben. Der Energieverlust durch unvollkommene Verbrennung wird durch den Anteil des unverbrannten Kohlenstoffanteils im Abgas bestimmt. Es muss also sichergestellt werden, dass der CO-Anteil „gleich 0“ im Abgas ist. Das wird in erster Linie durch die Qualität der Mischeinrichtung des Brenners bestimmt. In zweiter Linie ist das Brennstoff-Luftverhältnis so zu gestalten, dass es in keinem Betriebspunkt durch äußere Einflüsse zu einer CO-Bildung kommt. Der Energieverlust durch freie Wärme im Abgas wird durch die Höhe der Abgastemperatur und die Güte der Verbrennung bestimmt. Die Höhe der Abgastemperatur wird überwiegend durch die Kesselkonstruktion und erst danach durch die Verbrennungsqualität beeinflusst (**Bild 1**). Es wird angestrebt, dass

**Bild 1:** Beeinflussung der Verbrennung durch Störgrößen

**Fig. 1:** Disruption of combustion by disturbance variables





**Bild 2:** Einfluss der Lufttemperatur und des Luftdruckes auf die Verbrennung

**Fig. 2:** The influence of air temperature and air pressure on combustion

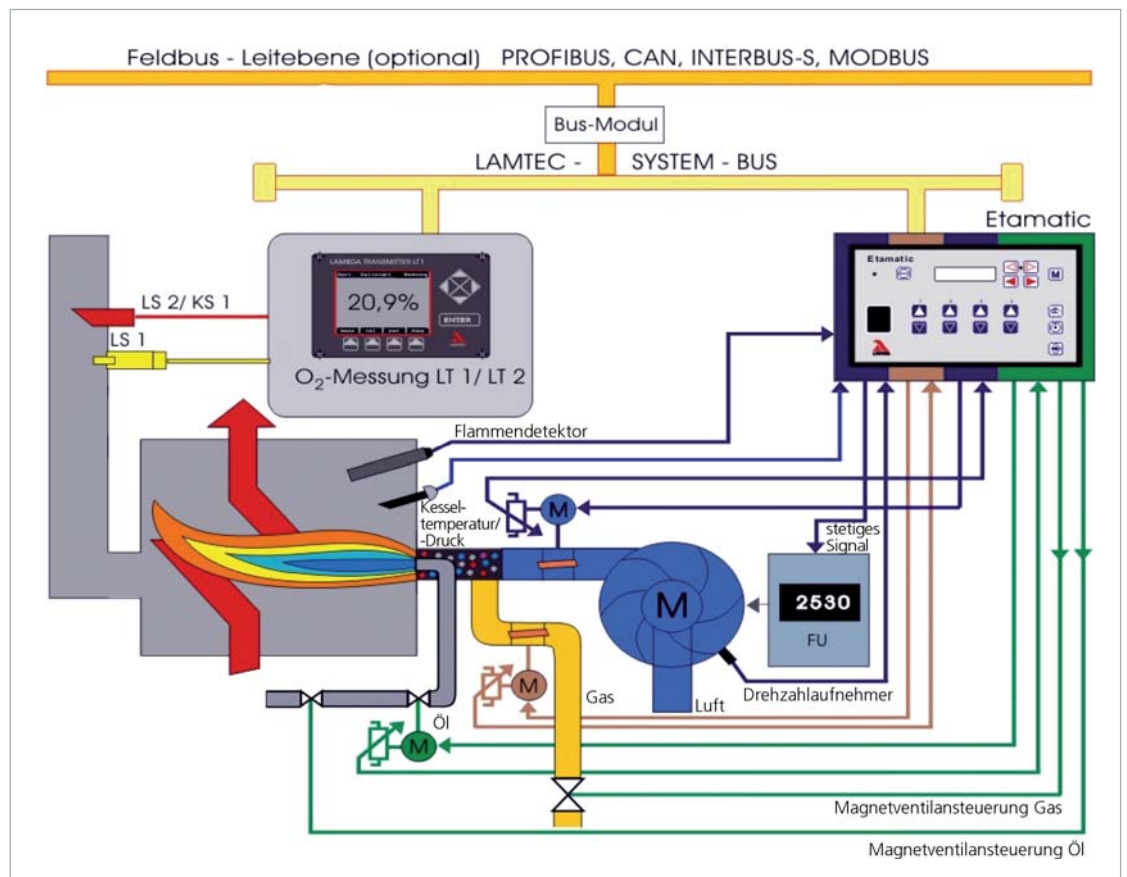
(Bild 2). Die Feuerung kann somit nahe dem Verbrennungsoptimum betrieben werden. Gleichzeitig wird neben der Verringerung der Abgasverluste auch eine Reduzierung der Emissionen erreicht. Der bisherige Stand der Technik in diesem Bereich ist die O<sub>2</sub>-Regelung. Der gemessene O<sub>2</sub>-Wert wird mit einem vorher ermittelten brennerlastabhängigen Sollwert verglichen und das Brennstoffluftverhältnis wird – zum Beispiel über einen auf das Verbrennungsluftgebläse wirkenden Frequenzumrichter – entsprechend korrigiert. Zur Messung des Restsauerstoffgehaltes der Abgase haben sich heute insitu (im Rauchgas) messende Zirkondioxid-Sonden (ZrO<sub>2</sub>) durchgesetzt. Es sind heute verschiedene ZrO<sub>2</sub> O<sub>2</sub>-Sonden verfügbar, sowohl zur Montage am Kesselende als auch in der vorderen Wendekammer eines Dreizug-Kessels (Bild 3). Gegenüber der O<sub>2</sub>-Messung hat die Detektion von unverbrannten Abgasbestandteilen den Vorteil eines direkten Bezuges auf die Qualität der Verbrennung. So würde bei einer O<sub>2</sub>-Regelung Falschlufft, die vor der Messstelle in die Abgaszüge gelangt, den O<sub>2</sub>-Istwert zu höheren Werten verfälschen, was wiederum zu weniger Luft im Brennstoffluftverhältnis führen würde. Diese Erkenntnis führte zu einer Weiterent-

der Luftbedarf einer Verbrennung möglichst nahe an die stöchiometrische Verbrennung herankommt. So wird zum Beispiel für die Verbrennung von 1 m<sup>3</sup> Erdgas mit einem Hi von 10,0 kWh/m<sup>3</sup> eine Luftmenge von 9,47 m<sup>3</sup> im Normzustand benötigt. Wird mehr Luft als nötig der jeweiligen Brennstoffmenge zugeführt, nimmt der in der Luft enthaltene Sauerstoff nicht mehr an der Verbrennung teil, und die Luft muss als Ballaststoff mit aufgeheizt werden. Der Wärmestrom durch freie Wärme im Abgasvolumen steigt, die Abgastemperatur steigt ebenso an, und damit vergrößern sich die Abgasverluste. Es treten folgen-

de Störgrößen bei einer Verbrennung auf:

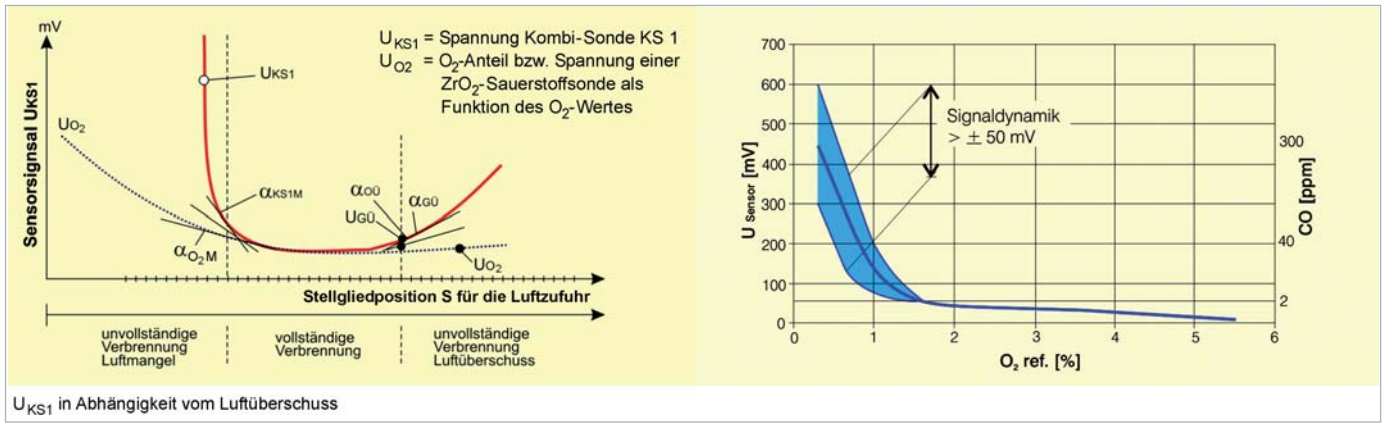
- Luft (Temperatur, Druck, Feuchte)
- Brennstoff (Heizwert, Temperatur)
- Verschmutzung (Brenner, Gebläse, Kessel)
- Kaminzug (als Folge von Wind und Temperatur)
- Mechanik (Spiel und Hysterisis in den Antrieben und Gestängen).

Das Ziel der Optimierung von Feuerungsanlagen ist die Kompensation aller auf die Verbrennung wirkenden Störgrößen



**Bild 3:** Elektronische Brennersteuerung mit integrierter O<sub>2</sub>-/CO-Regelung

**Fig. 3:** Electronic burner control system with integrated O<sub>2</sub>-/CO regulation



**Bild 4:** Detektion der CO-Kante  
**Fig. 4:** Detection of the CO edge

wicklung der ZrO<sub>2</sub>-Spannungssonde zur Detektion von unverbrannten Abgasbestandteilen(CO/H<sub>2</sub>), **Bild 4**.

### Die Maßnahme

Zunächst wurden gemeinsam mit dem Betreiber die Verfahrensschritte von der Angebotsabgabe bis zur Abnahme der Leistung abgestimmt.

- Aufnahme der aktuellen feuerungstechnischen Messwerte
- Aufnahme der Betriebszeiten in den unterschiedlichen Laststufen
- Ermittlung des Einsparpotential durch Anfahren der feuerungstechnischen Grenzwerte
- Ermittlung der Amortisationszeit
- Abgabe des Angebotes
- Auftragserteilung
- Ausführungszeitraum bestimmen

- Genehmigungsverfahren einleiten
- Umbaumaßnahme mit Inbetriebnahme durchführen
- Abnahme durch den Sachverständigen durchführen
- Nachweis der Energieeinsparung führen

Es wurden in den unterschiedlichen Lastzuständen feuerungstechnische Messungen durchgeführt, die eine Aussage über den aktuellen feuerungstechnischen Wirkungsgrad des Kessels ermöglichen. Die Feuerung hat in Abhängigkeit der Brennerlast einen unterschiedlichen Wirkungsgrad. Um die Energieeinsparung zu berechnen, ist es erforderlich, die Zeit der unterschiedlichen Lastzustände entweder zu ermitteln oder durch Erfahrung zu schätzen. In der Dampfkesseanlage bei Fa. Leiber lagen Aufzeichnungen des Dampfverbrauches vor, die über Kurven ausgewertet wurden. Aufgrund dieser

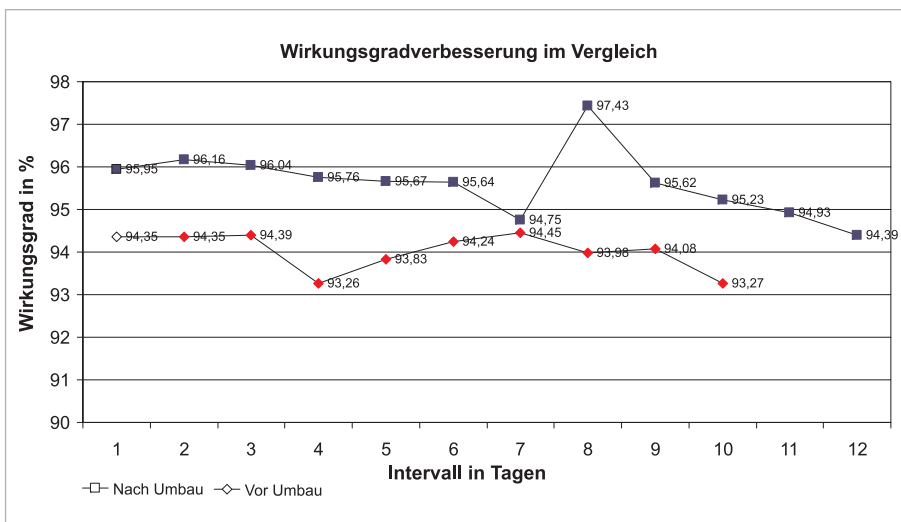
Daten wurde vereinbart, dass eine Verbesserung des Wirkungsgrades von 1,39 % Bestandteil des Vertrages wird. Die Gesamtmaßnahme hat sich nach diesen Berechnungen in 12 Monaten amortisiert. Zwischen der Grundlagenmessung und der Ausführung waren ca. 3 Monate vergangen, daher wurden diese Messungen unmittelbar vor dem Umbau wiederholt. Da sich zwischenzeitlich der Heizwert des Gases geändert haben konnte, wurde die Messung so erweitert, dass auch eine Heizwertveränderung erkannt werden würde.

### Die Genehmigung

Die Änderung der Steuerung stellt einen wesentlichen Eingriff in die Zulassung des Brenners dar. Gemäß Betriebssicherheitsverordnung § 10.1; § 13.1 und § 14.2 unterliegt die Änderung rechtlich einer Prüfung vor der Änderung, Erlaubnis nach erfolgter Prüfung und einer Prüfung vor Inbetriebnahme durch die zugelassenen Institutionen. Die Prüfgrundlagen leiten sich aus den Technischen Regeln zur Betriebssicherheit (TRBS) und den Technischen Regeln Dampfkessel (TRD), soweit sie hier noch zutreffen ab. Diese Prozedur wurde von allen Beteiligten unter Einbeziehung des TÜV sehr zügig erledigt.

### Der Umbau

Die Herzstücke der Steuer- und Sicherheitstechnik des Brenners, wie Feuerungsautomat, Ventildichtheitskontroll-einrichtung und Leistungsregler wurden demontiert. Das Gas-Luft-Verbundgestänge wurde demontiert. Die Gas- und die beiden Luftklappen erhielten geeignete neue Stellantriebe. Der Frequenzumrichter für das 30-KW-Verbrennungsluftgebläse wurde montiert und



**Bild 5:** Wirkungsgradverbesserung  
**Fig. 5:** Improvement of efficiency

an dem Motor des Verbrennungsluftgebläses wurde zur Überwachung der Drehzahl ein geeigneter Namur Geber fachgerecht installiert. Inklusiv der Elektroinstallation konnte der Umbau nach 3 Tagen abgeschlossen werden (**Bild 6**).

## Das Ergebnis

Es wurde vereinbart, dass die Wirkungsgradverbesserung durch 2 Verfahren überprüft wird; die direkte Methode über die eingespeiste Gasmenge unter Berücksichtigung der Gasparameter und der abgegebenen Dampfmenge und über die Siegertsche Formel. Die direkte Methode ohne alle theoretisch erforderlichen, geeichte Messgeräte und einer ausreichenden Beharrungsfahrt kann nur als Annäherung betrachtet werden. Die reine Betrachtung nach der Siegertschen Formel bringt ohne Berücksichtigung der Kessel und Lastparameter auch kein 100 %-iges Ergebnis. Jedoch sind beide Verfahren der Wirkungsgradbetrachtung für den praktischen Bedarf absolut ausreichend. Es ergaben sich folgende Wirkungsgradverbesserungen:

– Kleinlast	0,9 %
– Mittellast	1,1 %
– Volllast	2,5 %

Die Lastverteilungskurve ergab folgende Werte:

– Kleinlast	7 %
– Mittellast	64 %
– Volllast	29 %

Die gesamte Verbesserung des Wirkungsgrades nach dieser Methode ergab einen durchschnittlichen Wert von 1,5 %. Die Ermittlung nach der direkten Methode wurde über einen Zeitraum von 10 Tagen vorgenommen und ergab gemäß einen Wert von 1,6 % Wirkungsgradverbesserung. Damit wurde eine Energieeinsparung von ca. 1 000 000 KW/a ermittelt, was zu einer Amortisationszeit von < einem Jahr führte. Durch die Ausrüstung des Verbrennungsluftgebläses mit einem Frequen-

Wie senken  
Sie Ihren  
Gasverbrauch?

Über 300 LAMTEC-CO-Regelungen steigern weltweit die Effizienz von Gasfeuerungen. Sie sparen Brennstoff und reduzieren gleichzeitig deutlich die Emissionen. Neugierig? Berechnen Sie Ihr individuelles Einsparpotential unter: [www.lamtec.de/Einsparung](http://www.lamtec.de/Einsparung)

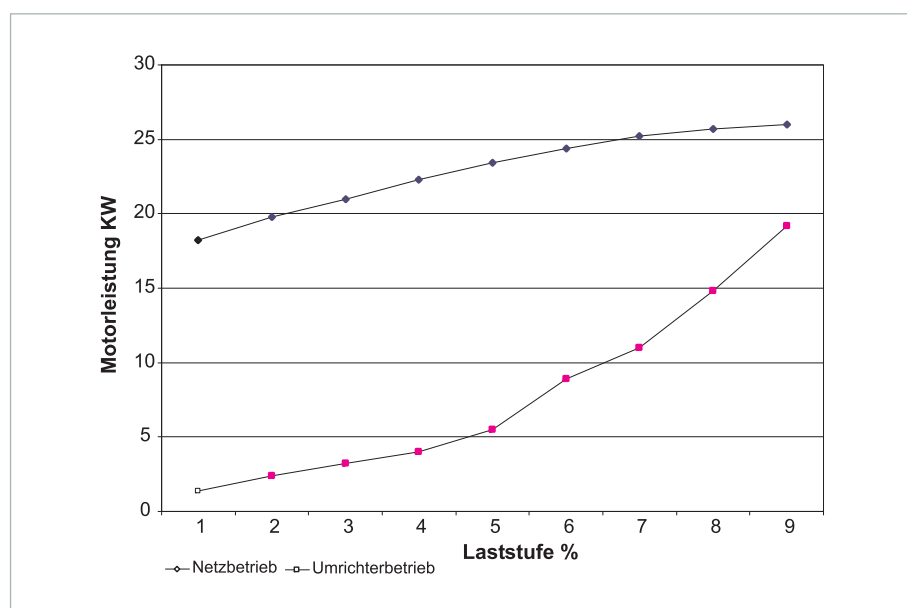


LAMTEC Meß- und Regeltechnik für Feuerungen GmbH & Co. KG  
Impexstraße 5 · D-69190 Walldorf  
Telefon: 0 62 27 / 60 52 - 0

zumrichter ergaben sich zusätzliche Einsparungen von 125 000 KW/a (**Bild 5**). Als angenehmen Nebeneffekt empfand Dr. Schmitz die geringere Geräuschemission des Verbrennungsluftgebläses.

### Literatur

Dokumentation zum Vortrag Lamtec Kesselbetriebstechnik 2008



**Bild 6:** Strom-Energieeinsparung

**Fig. 6:** Power-energy savings

**Gerd Witte**  
eNeG Vertriebs- und Servicegesellschaft mbH

Tel. 040/54 77 67 20

E-Mail:  
g.witte@eneg.de



**Dr. Ulrich Schmitz**  
Leiber GmbH

Tel. 0 54 61/93 03 40

E-Mail:  
u.schmitz@leibergmbh.de



**Torsten Schütt**  
eNeG Vertriebs- und Servicegesellschaft mbH

Tel. 040/54 77 67 12

E-Mail:  
t.schuett@eneg.de

