

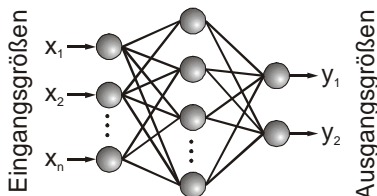
## Anlagenoptimierung durch Neuronale Netze

### Problemstellung

Für viele Aufgabenstellungen, die sich mit der Analyse und Optimierung von Prozessen der Energie- und Verfahrenstechnik befassen, ist die Herleitung eines mathematischen Prozessmodells erforderlich, das in der Lage ist, das Verhalten einer verfahrenstechnischen Anlage oder eines Prozesses hinreichend genau zu beschreiben.

Eine relativ komfortable Möglichkeit zur Modellierung solcher Prozesse stellen neuronale Netze dar (Bild 1). Diese numerischen Modelle können komplexe mathematische Zusammenhänge mit relativ geringem Aufwand abbilden. Neuronale Netze sind in der Lage, die Zusammenhänge eines Prozesses auf Grund gesammelter historischer Daten zu erlernen und daraufhin den Anlagenbetrieb zu simulieren. Man spricht in diesem Zusammenhang auch von einem Trainieren des neuronalen Netzes.

Bild 1: Aufbau eines neuronalen Netzes



In dem hier beschriebenen Anwendungsfall sollte das Emissionsverhalten eines braunkohlebefeuerten Kraftwerksblockes mit Hilfe neuronaler Netze analysiert werden. Ziel der Untersuchung war es, die Zusammenhänge zwischen einzelnen Feuerungsparametern einerseits und den  $\text{NO}_x$ -Emissionen andererseits zu identifizieren und in einem Modell abzubilden. Des Weiteren sollte geprüft werden, ob mit Hilfe dieses Modells eine optimierte Fahrweise gefunden werden kann.

### Vorgehensweise

Die Grundlage einer auf neuronalen Netzen beruhenden Modellbildung stellen Prozessdaten dar. Diese wurden über einen Zeitraum von mehreren Wochen aus dem Prozessleitsystem des Kraftwerksblockes entnommen und gesammelt. Mit Hilfe dieser Daten wurde ein neuronales Netz trainiert, das in der Lage ist, die  $\text{NO}_x$ -Emission in Abhängigkeit einzelner Feuerungsparameter wie Luft- und Brennstoffmengen, rezirkuliertem Rauchgas,  $\text{O}_2$ -Gehalt u.a. zu berechnen.

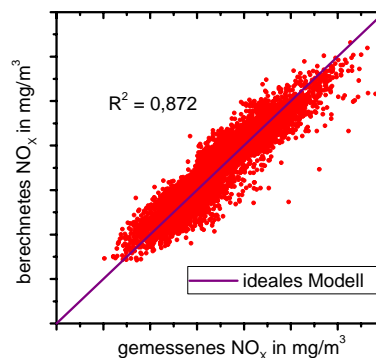


Bild 2: Vergleich zwischen gemessenen und berechneten  $\text{NO}_x$ -Emissionen

### Ergebnisse

In Bild 2 sind die gemessenen über den durch das neuronale Netz berechneten  $\text{NO}_x$ -Werten aufgetragen. Da die einzelnen Punkte nur eine geringe Streuung um die Diagonale (= ideales Modell) aufweisen, kann davon ausgegangen werden, dass das trainierte Prozessmodell in der Lage ist, die Emissionen mit guter Genauigkeit zu berechnen.

Mit Hilfe dieses Modells ist es nun möglich, den Prozess zu simulieren und „Was-wäre-wenn“-Studien durchzuführen. Mit Hilfe einer sog. Sensitivitätsanalyse kann ermittelt werden, welche Eingangsgrößen den größten Einfluss auf die Ausgangsgröße (hier

$\text{NO}_x$ ) besitzen. Durch diese Informationen lassen sich oft erste Schlüsse ziehen, um das Prozessverständnis zu verbessern.

Ein weiterer Vorteil neuronaler Netze besteht darin, dass sie sich leicht invertieren lassen. Mit Hilfe eines invertierten Prozessmodells lässt sich eine Optimierung durchführen. Dabei gibt der Benutzer einen gewünschten Werte oder Wertebereich für die Ausgangsgrößen vor und das neuronale Netz versucht auf Grundlage der erlernten Prozesszusammenhänge die dafür notwendigen Einstellungen der Eingangsparameter anzugeben. Bei der hier verwendeten Software ist es darüber hinaus möglich, Randbedingungen für die Optimierung vorzugeben.

Bei dem hier betrachteten Kraftwerksblock ließ sich so eine Betriebsweise finden, die es ermöglicht, den Block so zu betreiben, dass niedrigere Emissionen auftreten und dass auf den Einsatz von rezirkuliertem Rauchgas zur  $\text{NO}_x$ -Reduktion verzichtet werden kann, was zusätzliche ökonomische Vorteile für den Kraftwerksbetrieb bringt. Erste Validierungsversuche an dem realen Kraftwerksblock zeigten positive Ergebnisse.

### Ansprechpartner

Prof. Dr.-Ing. Klaus Görner  
☎ +49 (0) 201-183 7510