

Ökonomische Sensitivitätsanalyse des Biogasprozesses auf der Basis Neuronaler Netze



Simulation des Biogasfermenters:

Die Umwandlungsprozesse im Biogas-Fermenter bilden ein verflochtenes Wirkgefüge, dessen Verhalten in bisher nicht aufgetretenen und gemessenen Situationen nur schwer vorauszusagen ist. Für derartig komplexe Probleme ist das Instrument Künstliches Neuronales Netz geeignet und wurde im Rahmen dieses Biogas-Crops-Network-Teilprojektes auch eingesetzt.

Anschließend sollten die Simulationsergebnisse der „Blackbox Fermenter“ in eine Marktpreissituation eingebettet werden, um eine Gewinnberechnung zu ermöglichen. Dabei sollten sowohl Anlagen- als auch Fütterungsparameter variiert werden. Als Ziel wurde die Frage formuliert: „Mit welchem Fermenter erhalte ich unter den aktuellen Bedingungen mit welcher Fütterung den höchsten Gewinn?“

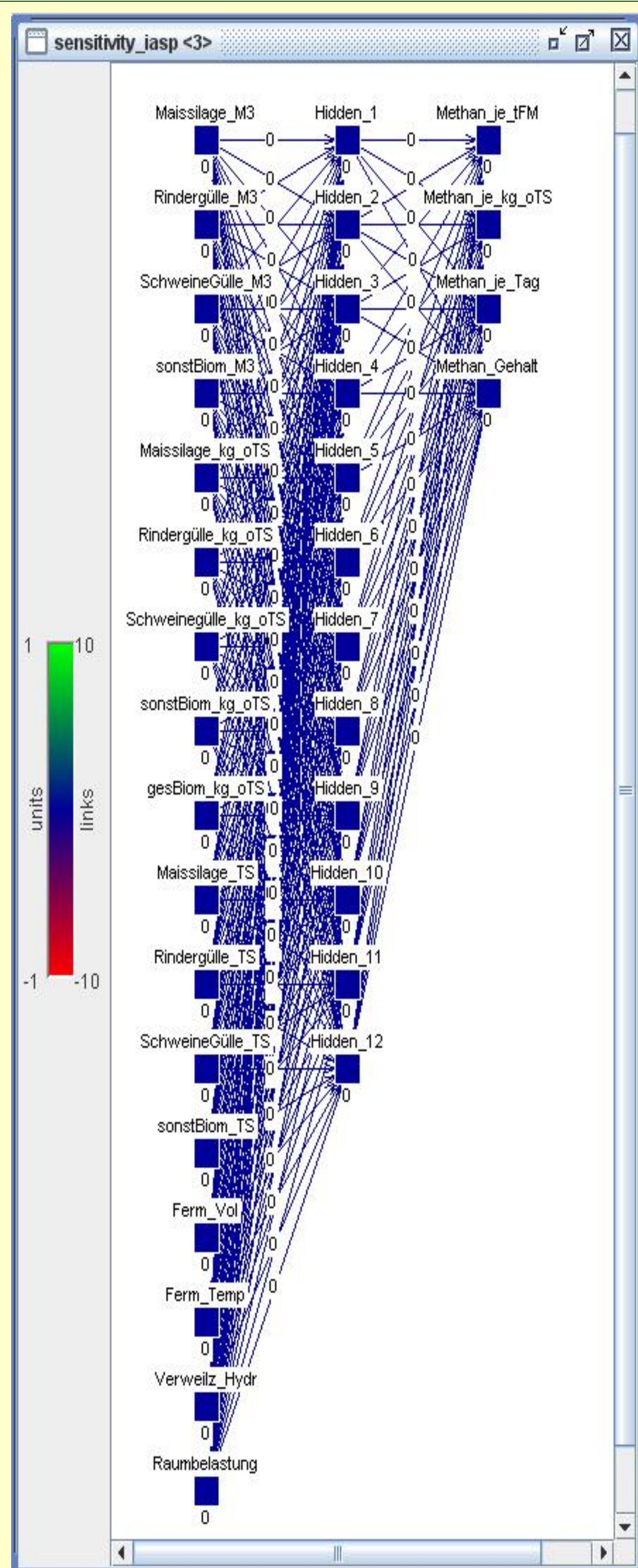
Künstliche Neuronale Netze:

Die Künstlichen Neuronalen Netze sind in der Lage, Zusammenhänge aufgrund von empirischem Datenmaterial zu „erlernen“, auch ohne Kenntnis der inneren Kausalbeziehungen. Als erfolgreiches Anwendungsbeispiel Neuronaler Netze sei die Wettervorhersage genannt.

Ein Netz wird konzipiert, mit dem vorhandenen Datenbestand trainiert und kann im Anschluss zur Simulation genutzt werden. Wichtig bei dem Aufbau eines Netzes ist die richtige Topologie: Möglichst alle potentiell relevanten Parameter müssen gemessen und als Inputneuronen berücksichtigt werden. Anhand eines guten Netzes kann am Ende auch die konkrete Relevanz der einzelnen Parameter bestimmt werden.

Die Funktionsweise eines Künstlichen Neuronales Netzes ist biologischen Nervensystemen nachgebildet. Jedes Element im Netz, das sogenannte Neuron, hat eigene Funktionen, ein bestimmtes Gewicht und auch die Verbindungen zwischen zwei Neuronen sind mit Gewichtungen belegt. Während des Trainings werden alle Gewichtungen ständig überprüft und angepasst.

Im beschriebenen Projekt wurde der im Netz frei nutzbare Stuttgart Neural Network Simulator (SNNS) verwendet.



Netztraining und Gewinnberechnung:

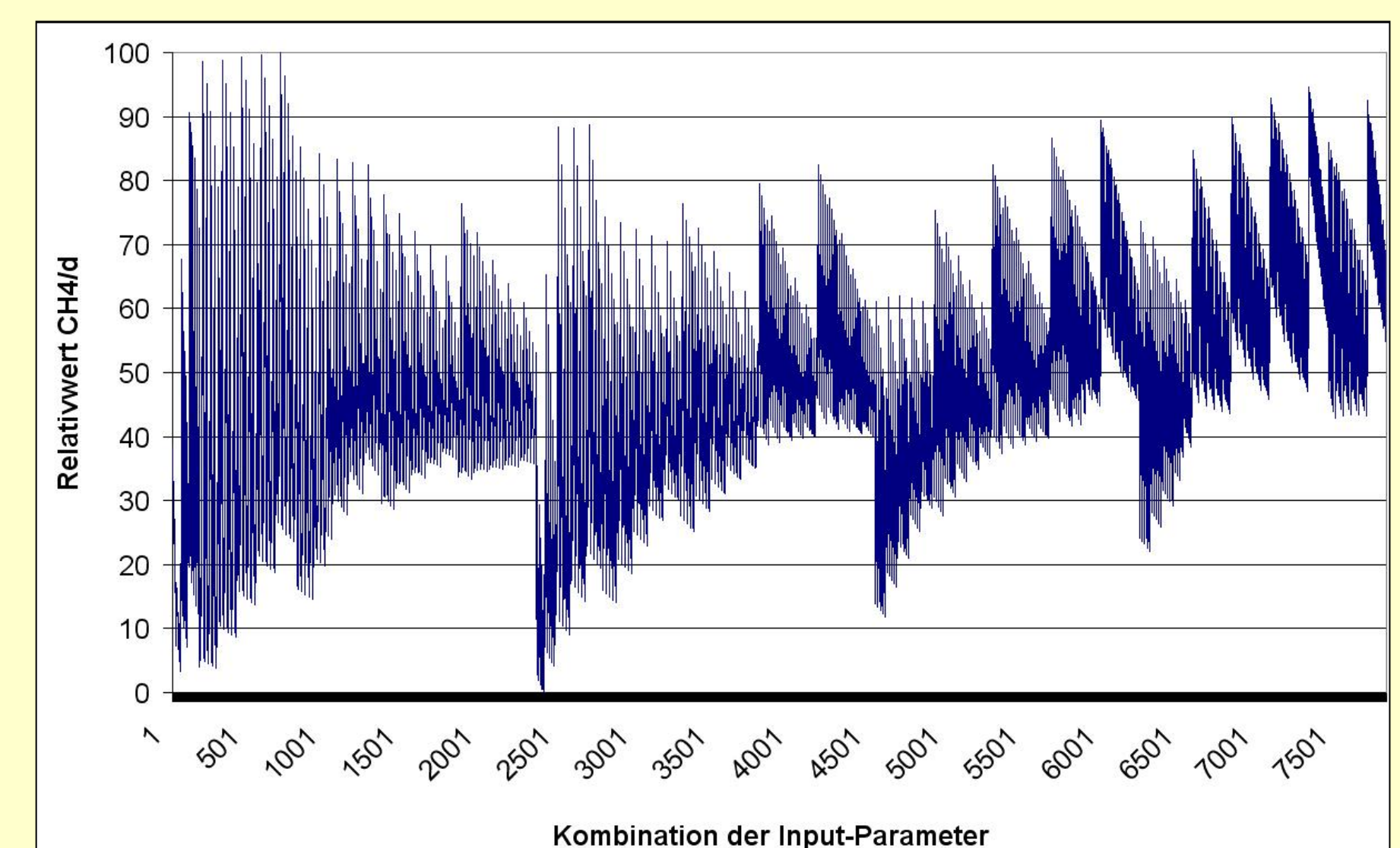
- **Datenbasis:** Von drei Biogasanlagen im Land Brandenburg wurden täglich Parameter ermittelt. Unter ihnen erschienen vor allem die Mengen der Futtersubstrate und des gebildeten Methans wichtig. Sie wurden somit unter anderem als In- bzw. Outputneuronen festgelegt.

- Die Datenbank, die zur Speicherung der Werte konzipiert wurde, kann auch die für ein Neuronales Netz nötigen **Trainingsdateien** erstellen. In diesen müssen alle Werte normiert vorliegen.

- Die links abgebildete **Topologie des Neuronales Netzes** wurde in Vorversuchen ermittelt und mittels eines Delphi-Programms in die entsprechende Datei geschrieben. Zwischen der Inputschicht mit 17 Neuronen und der Outputschicht mit 4 Neuronen befindet sich eine versteckte Hiddenschicht mit 12 Neuronen.

- Nach dem Training des Netzes wurden 7.805 verschiedene Input-Parameter-Konstellationen **simuliert**. Die Ergebnisse des Outputneurons „Methanbildung/Tag“ werden jeweils als Relativ-Werte zwischen Minimum und Maximum in der rechten Grafik abgebildet.

- Die Simulationsergebnisse wurden mit den Marktpreisen für Futtersubstrate und dem Methan-ertrag verrechnet. Alle übrigen Kosten konnten anteilig von dem Erlös des Methans abgezogen werden, so dass stark vereinfacht eine **Gewinnberechnung** möglich war.



- **Ergebnis:** Im Projekt wurde erstmalig der Einsatz eines Neuronales Netzes zur Simulation der Gas-erzeugung in Biogas-Fermentern getestet. Es zeigte sich, dass der Einsatz eines Neuronales Netzes für die Berechnung der Methanausbeute während der Biogaserzeugung prinzipiell möglich ist. Hierbei war die Simulation des Biogasprozesses, wenn auch unter eingeschränkten Bedingungen, erfolgreich. Es ist gelungen, eine dreischichtige Netzstruktur mit 33 Input-, Hidden- und Outputneuronen aufzubauen, die die Basis einer modellierten Gewinnberechnung bildeten.

- **Schlussfolgerung:** Soll eine hohe Netzgüte erreicht werden, ist das einsetzbare Künstliche Neuronales Netz sehr viel komplexer aufzubauen. Empfehlenswert ist die Einbeziehung der Fütterungsparameter über mindestens eine vergangene Verweilzeit als Inputneuronen. Derzeitige Konzepte gehen dafür von über 500 Neuronen statt der bisherigen 33 aus. Training, Tests und Simulation eines solch großen Netzes bedingen leistungsstarke Rechner und dafür ausgelegter Netz-Software.

Aussicht:

Das Instrument Künstliches Neuronales Netz ist für die Simulation von Prozessen im Biogasfermenter geeignet, wenn sie auf rein empirischen Daten beruhen soll. Eine hohe Zielschärfe wird aber nur mit sehr großen Netzen erreicht, die leistungsstarker Rechentechnik und Software bedürfen. Vorteilhaft für die Datenkonvergenz wäre auch ein einheitliches Messprogramm der beteiligten Biogasanlagen.