

KI-gesteuerte Biogaserzeugung

Dr. Stefan Dietrich, Dr. Frank Duckhorn,
Dipl.-Ing. Anne Deutschmann

Für eine wirtschaftliche und an den aktuellen Energiebedarf angepasste Biogasproduktion ist eine dynamisch gesteuerte Substratzufuhr erforderlich. Hierfür wird die zukünftige Gasproduktion anhand verschiedener Prozessparameter prognostiziert und die sog. Fütterung der Biogasanlage entsprechend variiert. Die Prognose basiert dabei nicht nur auf Daten zu Substrateigenschaften und -mengen, sondern berücksichtigt auch den fluiddynamischen Zustand im Fermenter. Bisher erfolgt die Steuerung der Rührtechnik und die Anpassung der Prozessparameter lediglich auf Basis der anfallenden Biogasmenge. Der Wechsel der Beladungsraten macht jedoch eine Anpassung von Laufzeit und Mischintensität der Rührtechnik erforderlich.

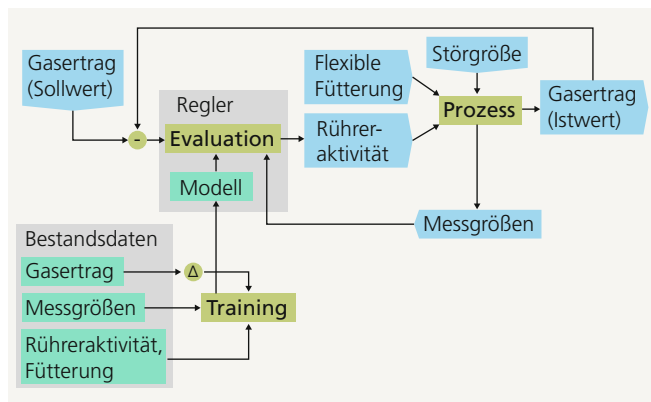


Bild 1: Prozessmodell und Trainingskonzept für den KI-Regler.

Entwicklung des KI-Reglers

Im Rahmen des BMEL/FNR-Verbundvorhabens »Sens-O-Mix« wurde ein KI-basierter Regler entwickelt und erprobt, der einen automatisierten und an die flexible Fütterung angepassten Rührbetrieb ermöglicht (Bild 1). Da Ansätze wie das Reinforcement Learning aufgrund langer Reaktionszeiten schwierig umzusetzen sind, wurde ein Regler auf Basis neuronaler Netze gewählt. Er beruht auf statistischen Prozessmodellen, die mit Bestandsdaten der Forschungsbiogasanlage der Universität Hohenheim generiert wurden. In die Modelle fließen Fütterungs- und Sensordaten, die Rührleistung sowie der zurückliegende Biogasertrag ein. Die Grundfunktionalität des KI-Reglers zielte zunächst auf die Steuerung des Mischprozesses im

Fermenter ab. Anhand der Vorgabe des zukünftigen Soll-Biogasertrags ermittelt der KI-Regler die zukünftige Soll-Rührleistung. Die Input-Daten für den KI-Regler umfassen Ergebnisse der stofflichen, rheologischen und granulometrischen Substratcharakterisierung sowie Daten der Rührwerkssteuerung. Derzeit wird der KI-Regler erweitert auf die Steuerung des Gesamtprozesses der flexiblen Biogasproduktion. Dazu werden neben den vorgenannten Parametern auch Modelle der prädiktiven Fütterung und die sich im Fermenter ausbildenden fluiddynamischen Eigenschaften berücksichtigt.

Training, Validierung und Praxisbetrieb des KI-Reglers

Das Training und die Validierung des KI-Reglers gewährleisteten zuverlässige Vorhersagen der Rührparameter in Abhängigkeit von Substratqualität und -quantität sowie des gewünschten Gasertrags. Zunächst wurden hierfür Modelle in Form neuronaler Netze anhand von realer Versuchsdaten sowie dem prognostizierten zukünftigen Gasertrag trainiert. Daraus wurden die zukünftige mittlere Rührleistung sowie die Aktivität der Rührwerke über einen Zeitraum von 18 Stunden abgeleitet. Erprobt wurden verschiedene rekurrente (RNN) als auch konvolutive neuronale Netze (CNN). Das CNN lieferte hierbei die zuverlässigsten Prognosen.

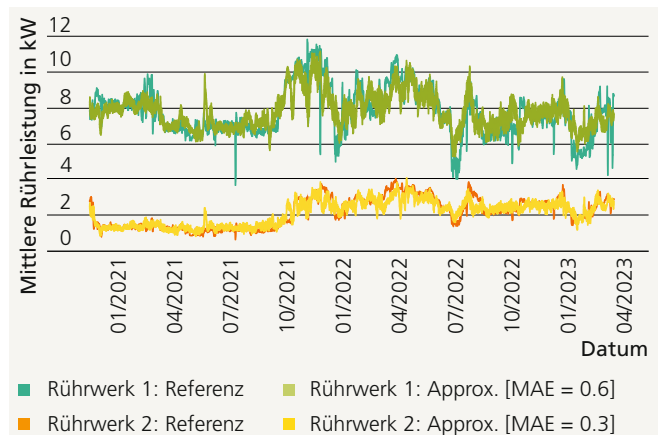


Bild 2: Ergebnisse zur Vorhersage der Rührleistung.

Nach erfolgreichem Initialtest wurde der Regler von August bis Dezember 2023 zielführend im regulären Betrieb der Forschungsbiogasanlage der Universität Hohenheim eingesetzt und validiert. Der entwickelte KI-Regler soll künftig auf weiteren Biogasanlagen implementiert und optimiert werden, wobei der Fokus auf der Minimierung des Rührernergie-Bedarfs und der Vermeidung von Schwimmschichten liegt.