

HINWEIS:

Bei den hier formulierten Themen handelt es sich um einen Entwurf. Vor der Vergabe des Themas an eine Person wird der Umfang auf das entsprechende Qualifikationsniveau (Praktikumsarbeit / Bachelorarbeit / Masterarbeit) angepasst.

Master- und Bachelorarbeiten sind grundsätzlich vor der Vergabe des Themas mit der Hochschule abzustimmen. Eine Anpassung des Themas ist in Absprache mit SUN/S-2 möglich.

THEMA (Masterarbeit)

Entwicklung eines neuronalen Netzwerks zur Bestimmung des Volumenstroms der Belüftung einzelner Kaskaden in den Belebungsbecken

Bearbeiter/in:

Hochschule:

Betreuer SUN: Dipl.-Ing. Gerd Angermüller, Stadtentwässerung und Umweltanalytik
Nürnberg

Aufgabenstellung

Das Klärwerk Nürnberg 1 ist als zweistufige biologische Kläranlage ausgeführt. Die zweite Stufe wird als Schwachlastbelebung betrieben und dient überwiegend der Nitrifikation und Denitrifikation. Die Belüftung erfolgt kaskadenweise. Jede Kaskade kann abhängig vom Betriebszustand belüftet oder unbelüftet betrieben werden. Die Umschaltung erfolgt automatisch im Prozessleitsystem. Die Luftzufuhr wird aktuell über den gelösten Sauerstoff in den einzelnen Kaskaden geregelt. Diese Regelstrategie bildet den tatsächlichen Sauerstoffverbrauch nur indirekt ab.

Für weitergehende Analysen und für die Optimierung des Anlagenbetriebs ist die Luftmenge je Kaskade eine zentrale Größe. Sie wird insbesondere zur Bestimmung der Lachgasemissionen in den belüfteten Zonen benötigt. Darüber hinaus ist vorgesehen, die bestehende Regelstrategie umzustellen. Ziel ist eine Regelung auf Basis des tatsächlichen Sauerstoffverbrauchs. Hierfür wird die Luftmenge je Kaskade als Istwert benötigt. Auf dieser Grundlage kann eine neue Führungsgröße definiert werden, die den Sauerstoffeintrag bedarfsgerecht steuert.

Eine direkte Messung der Luftmengen in den einzelnen Kaskaden ist technisch nicht möglich. Die Luftverteilung wird über Drosselklappen je Kaskade eingestellt. Im übergeordneten Druckluftsystem stehen jedoch Messgrößen wie Gesamtdruck, Gebläseleistung und Summenvolumenstrom zur Verfügung. Zusätzlich liegen Stellgrößen der Klappen sowie Zustandsinformationen der Kaskaden vor. Eine besondere Herausforderung besteht darin, dass nur die tatsächlich belüfteten Kaskaden bei der Luftverteilung zu berücksichtigen sind. Das Verfahren muss daher automatisch erkennen, welche Kaskaden aktiv belüftet werden.

Ziel der Arbeit ist die Entwicklung eines Algorithmus zur Abschätzung der kaskadenspezifischen Luftmengen unter Nutzung der vorhandenen Messdaten. Der Ansatz ist datengetrieben. Es ist ein KI-basierter Algorithmus zu entwickeln, der die Zusammenhänge zwischen den Systemgrößen und der Luftverteilung abbildet. Das Modell muss in der Lage sein, die aktuell belüfteten Kaskaden zu identifizieren und die Luftmenge entsprechend korrekt aufzuteilen. Dynamische Betriebszustände sowie automatische

Umschaltungen sind zu berücksichtigen. Die Umsetzung erfolgt in Python unter Verwendung etablierter Bibliotheken für Datenanalyse und maschinelles Lernen. Grundlage bilden Zeitreihen aus dem Prozessleitsystem. Die Daten sind zu plausibilisieren, zu bereinigen und für die Modellbildung aufzubereiten. Geeignete Modellansätze sind zu prüfen und zu vergleichen. Ziel ist ein robuster Algorithmus mit ausreichender Prognosegüte.

Ein wesentlicher Bestandteil der Aufgabenstellung ist die Validierung des Modells. Die berechneten Luftmengen sind mit Referenzgrößen oder Vergleichsansätzen abzugleichen. Die Genauigkeit ist für unterschiedliche Betriebszustände zu bewerten. Besondere Aufmerksamkeit gilt Lastwechseln sowie der Zuverlässigkeit bei Umschaltungen der Kaskaden.

Das Ergebnis ist ein praxisnah einsetzbares Verfahren zur indirekten Bestimmung der Luftmengen je Kaskade. Es bildet die Grundlage für die Umstellung der Regelstrategie von einer sauerstoffkonzentrationsbasierten Regelung hin zu einer verbrauchsorientierten Steuerung des Sauerstoffeintrags. Gleichzeitig ermöglicht der Ansatz eine fundierte Quantifizierung der Lachgasemissionen. Die Ergebnisse sind nachvollziehbar zu dokumentieren und für eine Integration in den Anlagenbetrieb aufzubereiten.

Im Einzelnen sind hierzu folgenden Aufgaben zu bearbeiten:

1. Analyse der Ausgangssituation
Beschreibung der Schwachlastbelegung - Aufbau des Druckluftsystems - Regelung der Luftverteilung über Klappen - Relevanz der Luftmenge für Lachgasfrachten.
2. Literaturrecherche zum Regelverhalten von Klappen
Grundlagen der Klappenkennlinien - Zusammenhang zwischen Klappenstellung, Druckverlust und Volumenstrom - Dynamisches Regelverhalten von Klappen in Druckluftsystemen - Einfluss von Verschleiß und Einbausituation - Übertragbarkeit der Literaturergebnisse auf Belegungsanlagen.
3. Anforderungen und Randbedingungen
Nichtverfügbarkeit kaskadenspezifischer Luftmengenmessungen - Verfügbare Messgrößen im Druckluftsystem - Anforderungen an Genauigkeit und Robustheit - Einschränkungen durch Betrieb und Automatisierung.
4. Datenbasis und Datenaufbereitung
Identifikation relevanter Messdaten - Zeitliche Synchronisation der Daten - Plausibilitätsprüfung und Bereinigung - Feature-Auswahl und -Ableitung.
5. Modellentwicklung
Definition des Schätzproblems - Auswahl geeigneter KI-Ansätze - Implementierung in Python - Nutzung gängiger bei SUN freigegebener Bibliotheken
6. Training und Kalibrierung
Aufteilung in Trainings- und Testdatensätze - Parametrierung der Modelle - Umgang mit Überanpassung.
7. Validierung und Bewertung
Vergleich geschätzter und referenzierter Luftmengen – Fehlerkennzahlen – Sensitivitätsanalyse - Bewertung der Übertragbarkeit.
8. Anwendung auf Lachgasemissionen
Ableitung der Luftmengen je Kaskade - Berechnung der Lachgasfrachten - Einfluss der Schätzunsicherheit.

9. Bewertung der Praxistauglichkeit

Integrationsfähigkeit in bestehende Systeme - Rechenaufwand und Stabilität - Grenzen des Ansatzes.

10. Zusammenfassung und Ausblick

Wesentliche Ergebnisse – Handlungsempfehlungen - Weiterer Forschungsbedarf
- Ökonomische, ökologische und betriebliche Bewertung der Erkenntnisse -
Management Summary für die Stadtentwässerung Nürnberg

ENTWURF