

Perspektiven für KI im Umweltbereich

Jürgen Wiese, Armin Stahl

Durch die Entwicklungen im Bereich des Umweltschutzes werden Planer und Betreiber von umwelttechnischen Anlagen vor immer größere Herausforderungen gestellt. Techniken der Künstlichen Intelligenz bieten aussichtsreiche Werkzeuge, um die Planung und den Betrieb dieser komplexen Anlagen zu optimieren.

1 Einführung

Der Umwelt- und Ressourcenschutz hat in den letzten Jahren stark an Bedeutung gewonnen, da der Mensch erkannt hat, dass einige unsere Ressourcen nicht oder nur sehr langsam erneuerbar sind, höchst ungleichmäßig über die Erde verteilt sind und zunehmend durch Umweltverschmutzung beeinträchtigt werden. Daher werden große Anstrengungen unternommen, die Reinigung bzw. Beseitigung von Abwässern und Abfällen zu optimieren.

Ein Ergebnis dieser Anstrengungen ist eine zunehmende Zahl von nationalen und internationalen Regelwerken, Normen, Vorschriften, Gesetzen und Grenzwerten. Während frühere Anlagen zum Umweltschutz noch primär mit dem Ziel der Emissionsminimierung geplant und betrieben wurden, setzt sich allmählich der Immissionsgedanke durch, d.h. man versucht zusätzlich die Auswirkungen der Emissionen auf die Umwelt abzuschätzen. Dies hat dazu geführt, dass einzelne Systeme bzw. Teilaspekte nicht länger isoliert betrachtet werden dürfen, sondern ihre Vernetzung in der Entscheidungsfindung ebenfalls berücksichtigt werden muss.

In der Vergangenheit hatte der Umweltschutz in vielen Fällen Priorität vor ökonomischen Faktoren. Angesichts der schlechten Finanzlage der öffentlichen Haushalte müssen wir aber erkennen, dass nicht nur die natürlichen, sondern auch die ökonomischen Ressourcen begrenzt sind. All diese Faktoren führen zu einem steigenden Interesse an hocheffizienten, aber dennoch kostengünstigen Verfahren im Bereich der Umwelttechnik und insbesondere im Bereich der Wasser-, Siedlungswasser- und Abfallwirtschaft.

Neben den wachsenden Anforderungen hat die Umweltforschung in den letzten Jahren aber auch große Fortschritte erzielt. In vielen Bereichen ist heute ein tief greifendes Verständnis für Wirkzusammenhänge und Prozessabläufe vorhanden und obwohl Abwasser und Abfall messfeindliche Medien sind, können bereits heute mit vertretbaren Kosten eine ganze Reihe relevanter Parameter im Labor oder gar direkt im Prozess messtechnisch erfasst werden. Es gibt aber auch noch Bereiche die weitgehend unerforscht sind und aus technischen und wirtschaftlichen Gründen scheint es fraglich, ob in absehbarer Zukunft alle wichtigen Prozessinformationen messtechnisch erfasst werden können.

Obwohl die Fortschritte eine gute Voraussetzung für die Entwicklung neuer, effizienterer Umwelttechniken bieten, stellen sie jedoch auch große Herausforderungen für Planer und Betreiber dar, da eine Vielzahl von unterschiedlichen Verfahren zur Behandlung von Abwässern und Abfällen existie-

ren und die zu betreibende Systeme zunehmend komplexer werden.

1.1 Einsatzmöglichkeiten für Künstliche Intelligenz

Um diesen Herausforderungen zu begegnen, scheint insbesondere der Einsatz von Techniken aus dem Bereich der Künstlichen Intelligenz sehr viel versprechend. Es ist daher nicht verwunderlich, dass schon seit mehr als einem Jahrzehnt diesbezüglich geforscht wird, wobei der Schwerpunkt bisher in den folgenden Einsatzbereichen lag: Datenaufbereitung und -filterung, Optimierungsaufgaben, Entscheidungsunterstützende Systeme (EUS) für Betriebsführungsaufgaben, EUS für planerische Aufgaben, Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik (MSR).

Insbesondere im MSR-Bereich ergeben sich aussichtsreiche Möglichkeiten, da zahlreiche Umwelteinrichtungen für ungünstige Lastfallkombinationen dimensioniert wurden/werden und daher im Normalbetrieb über erhebliche ungenutzte Reserven verfügen, die durch intelligente MSR-Ansätze nutzbar gemacht werden können. Betrachtet man die bisher eingesetzten KI-Methoden, so dominieren bis zum heutigen Tage Fuzzy Logic, Neuronale Netze, Neuro Fuzzy und genetische Algorithmen. Alternative Methoden finden bis heute kaum Anwendung. Obwohl es bereits zahlreiche KI-Projekte im Umweltschutzbereich gab, ist auffällig, dass nur wenige Vorhaben auch den Sprung von der Forschung in die Praxis geschafft haben. Die wenigen Anwendungen, die mit Erfolg in der Praxis eingesetzt werden (z.B. Fuzzy Control zur Regelung von Kläranlagen) konnten zudem keine nennenswerten Marktanteile gewinnen. Die Autoren führen diesen Umstand u.a. auf die folgenden Faktoren zurück:

- Insbesondere beim Einsatz von "Black-Box"-Ansätzen, wie z.B. Neuronalen Netzen, kann der Benutzer das Ergebnis nicht oder nur eingeschränkt nachvollziehen. Angesichts der Tatsache, dass in vielen Staaten Umweltverschmutzungen nicht nur zivil-, sondern auch strafrechtliche Konsequenzen haben, sind viele Betreiber nicht gewillt, intransparenten Systemen zu vertrauen.
- Der Aufbau von klassischen KI-Systemen erfordert oft einen hohen Wissensakquisitionsaufwand (z.B. Experteninterviews beim Aufbau von Fuzzy-Reglern) als auch Wartungsaufwand. Hieraus resultieren erhebliche Kosten, die viele Betreiber scheuen.
- Da viele Abläufe in den Anlagen noch immer kaum erforscht sind, fehlt oft das vollständige Domänenwissen, das zur Realisierung klassischer regelbasierter Expertensysteme erforderlich ist.

- Da Anlagen im Umweltbereich durch ihre individuelle Konstruktion und die sehr unterschiedlichen betrieblichen Randbedingungen sehr spezifische Eigenschaften aufweisen, lassen sich bisherige KI-basierte MSR-Konzepte oft nicht ohne hohen Anpassungsaufwand von einer Anlage auf eine andere übertragen.
- Abwasser- und Abfallströme können bezüglich ihrer Menge und Zusammensetzung sehr großen Schwankungen unterliegen. Das KI-System muss auch in extremen Belastungssituationen zuverlässig funktionieren.
- Durch die ungünstigen Messbedingungen sind Eingangs- und Trainingsdaten oft sehr fehlerbehaftet oder können teilweise sogar gar nicht erhoben werden. Bisher eingesetzte KI-Techniken können solch unsichere und unvollständige Daten oft nicht angemessen handhaben.

2 Anforderungen an zukünftige KI-Systeme

Trotz dieser Probleme sind die Autoren davon überzeugt, dass KI-Methoden zukünftig eine bedeutende Rolle im Umweltschutzbereich spielen können, da der Mensch mit den bisherigen Mitteln nicht länger in der Lage ist, die komplexen Umweltprobleme ökonomisch und ökologisch effizient zu lösen. Hinzu kommt, dass die reine Bereitstellung von Informationen wenig hilfreich ist: Die Informationsflut muss gefiltert und in leicht zugängliches Wissen umgewandelt werden, damit sie von Experten effektiv genutzt werden kann. Aus Sicht der Autoren müssen zukünftige KI-Systeme im Bereich der Umwelttechnik folgende Anforderungen berücksichtigen, um an Bedeutung zu gewinnen:

- Die einzelnen Schritte der Lösungsfindung müssen für den Benutzer klar und nachvollziehbar sein und über geeignete Mensch-Maschine-Interfaces zugänglich gemacht werden. Kann das Transparenzproblem gelöst werden, so sind auch zahlreiche KI-basierte Trainings- und Schulungssysteme im Umweltschutzbereich vorstellbar; angesichts des hohen Aus-, Fort- und Weiterbildungsbedarfs ein interessantes Marktsegment.
- Um den Aufwand für den Aufbau und die Wartung der KI-Systeme zu reduzieren und damit den Einsatz dieser Systeme wirtschaftlich vertretbar zu machen, ist es wichtig, dass der notwendige Wissensakquisitionsaufwand reduziert wird. Hier bieten sich Ansätze des Maschinellen Lernens an. Im Idealfall sollte ein System in hohem Maße adaptionsfähig sind, um sich - ggf. nach einer (mehrmontatigen) Lernphase - weitgehend automatisch an die Randbedingungen einer spezifischen Anlage anzupassen.
- Da generelles Wissen über die chemisch-physikalischen und biologischen Zusammenhänge oft nur partiell vorhanden ist, sollten KI-Systeme im Umweltbereich auch Erfahrungswissen, das oft in weitaus größerem Umfang vorhanden ist bzw. während dem Betrieb der Anlage kontinuierlich gesammelt werden kann, mit in die Entscheidungsfindung einbeziehen können.
- Weitere Anstrengungen müssen in die automatische Analyse und Qualitätssicherung der Eingangsdaten investiert werden: angesichts der hohen Variabilität der Eigenschaften der Stoffströme ist es im Umweltbereich schwieriger als in vielen anderen Disziplinen, unplausible Messwerte o.ä. von tatsächlichen Belastungsspitzen zu unterscheiden.

3 Schlussfolgerung

Im Umweltbereich ergeben sich aufgrund von steigenden ökologischen und ökonomischen Anforderungen zunehmend interessante Anwendungsgebiete für Techniken der KI. Leider hat die KI-Forschung es bis heute versäumt sich angemessen mit diesem interessanten, aber auch gesellschaftspolitisch wichtigen Anwendungsbereich angemessen auseinander zu setzen und praxistaugliche Ansätze zu entwickeln. Für die Zukunft ergibt sich hier daher sowohl aus Sicht der angewandten KI-Forschung als auch aus kommerzieller Sicht ein interessantes Betätigungsfeld. Aufgrund der besonderen Anforderungen in diesem Bereich und den bisherigen Erfahrungen scheint der alleinige Einsatz von traditionellen KI-Techniken jedoch wenig aussichtsreich. Um zuverlässige hoch adaptive Systeme im Bereich der Umwelttechnik zu entwickeln, die zudem eine ausreichende Transparenz der Entscheidungsfindung für den Anwender gewährleisten, wird es vielmehr notwendig sein, traditionelle und alternative Techniken geeignet miteinander zu kombinieren. Außerdem wird eine enge Zusammenarbeit zwischen Planern und Betreibern von Umwelteinrichtungen auf der einen und KI-Experten auf der anderen Seite unabdingbar sein, um die besonderen Herausforderungen in diesem Bereich zu meistern.

Kontakt

Dr.-Ing. Jürgen Wiese

Anlagen- und Sondermaschinen Automation (ASA) GmbH
Sauerwiesen 2, 67661 Kaiserslautern-Siegelbach
Email: wiese@asagmbh.de

Dr. Armin Stahl

Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH, Erwin-Schrödinger-Str., 67663 Kaiserslautern
Email: Armin.Stahl@dfki.de



Jürgen Wiese ist studierter Bauingenieur und hat 7 Jahre als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Siedlungswasser-/Abfallwirtschaft der TU Kaiserslautern gearbeitet. Seit Mitte 2004 ist er bei der Fa. Anlagen- und Sondermaschinen Automation (ASA) GmbH, Bad Oeynhausen für den Bereich Forschung & Entwicklung zuständig.



Armin Stahl hat nach dem Informatikstudium an der TU Kaiserslautern in der AG "Künstliche Intelligenz - Wissensbasierte Systeme" geleitet von Prof. Dr. Michael M. Richter promoviert. Seit Anfang 2004 ist er im Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI) GmbH im Forschungsbereich "Bildverstehen und Mustererkennung" geleitet von Prof. Dr. Thomas Breuel tätig.