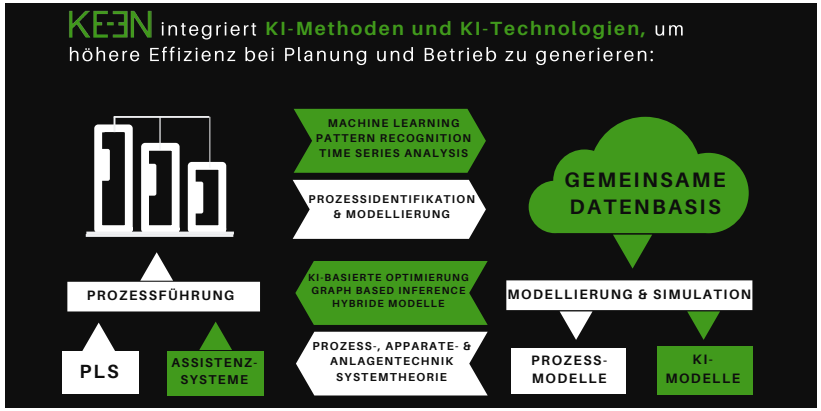


Innovationsplattform KE-3N

# MAKING A DIFFERENCE

## Künstliche-Intelligenz-Inkubator-Labore in der Prozessindustrie

GEWINNER DES KI-INNOVATIONS-WETTBEWERBS DES BUNDESMINISTERIUMS FÜR WIRTSCHAFT UND ENERGIE (BMWI)




## Das Gesamtprojekt

Die Prozessindustrie, die u.a. die chemische und die pharmazeutische Industrie umfasst, ist die drittgrößte Industriebranche Deutschlands. Sie steht mit ihren Produkten vielfach am Anfang der Wertschöpfungskette und schafft damit die Basis für Innovationen in vielen Bereichen. Die limitierte Verfügbarkeit von Ressourcen, die Reduktion von Emissionen, aber auch der Bedarf an neuen Materialien für neue gesellschaftliche Bedürfnisse und Herausforderungen forcieren stetige Innovation. Immer kürzere Produktlebenszyklen bilden bei gleichzeitiger Notwendigkeit zur Steigerung der Nachhaltigkeit ein Spannungsfeld, dem die Anlagenplanung und Prozessführung zukünftig nicht mehr gewachsen sein werden. Die Erweiterung und Ergänzung der etablierten Technologien um Methoden der Künstlichen Intelligenz eröffnet neue Möglichkeiten zur Realisierung flexibler, umweltschonender und wirtschaftlicher Produktionsanlagen in Deutschland.

KEEN verbindet 20 Industrie- und Wissenschaftseinrichtungen mit dem Ziel, die Technologien und Methoden der Künstlichen Intelligenz (KI) in der Prozessindustrie einzuführen und ihr technisches, wirtschaftliches und gesellschaftliches Potenzial zu evaluieren und zu realisieren. Das KEEN-Konsortium forscht an der Implementierung von KI-Methoden in der Prozessindustrie in drei Themenbereichen: (1) der Modellierung von Prozessen, Produkteigenschaften und Anlagen, (2) dem Engineering von Anlagen und Prozessen sowie (3) der Optimierung des Betriebs und der Realisierung selbstoptimierender Anlagen. Die in der KEEN-Plattform untersuchten Lösungsansätze adressieren insbesondere folgende zentrale Aspekte des Einsatzes von KI-Methoden:



- Nutzen von Vorwissen, um mit geringen Mengen an Daten vorhersagekräftige Modelle zu entwickeln und hohe Kosten zur Durchführung von Experimenten zur Datenerhebung zu vermeiden;
- Entwicklung von KI-Methoden mit nachvollziehbaren Lösungs- und Entscheidungsvorschlägen, um der Betreiberverantwortung gerecht zu werden und die Akzeptanz der Nutzer zu gewährleisten;
- Realisierung von Mensch-KI-Kooperation zur täglichen Unterstützung der Ingenieure und Anlagenfahrer und deren Entlastung von Routinearbeiten, nicht zuletzt zur Bewältigung des demographischen Wandels.

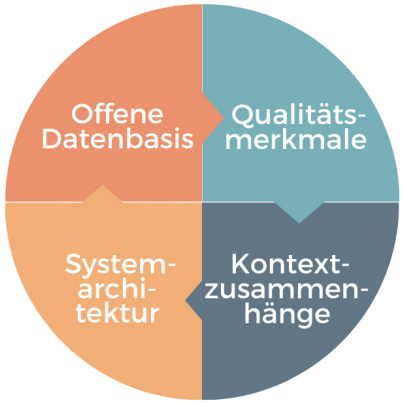
Durch diese Beiträge wird die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Prozessindustrie nachhaltig gestärkt. Das KEEN-Projekt hat zum Ziel, die Effizienz aller Engineering- und Produktionsaktivitäten entlang des Produktlebenszyklus durch den Einsatz von Methoden der Künstlichen Intelligenz wesentlich zu steigern. Zur Erprobung der Methoden werden reale Daten aus industriellen Prozessen zur Verfügung stehen. Die neu entwickelten Methoden der Künstlichen Intelligenz werden in realen Arbeitsumfeldern und Produktionsanlagen pilotiert, um den wirtschaftlichen Nutzen, die Anwendbarkeit und die Zuverlässigkeit der Methoden und Technologien nachzuweisen.

## Teilprojekt 1: Technologieroadmap und Geschäftsmodelle

Mit welchen Strategien können die Digitalisierung und der Einsatz von KI in der Prozessindustrie erfolgreich ein- und umgesetzt werden? Diese Frage wird eine Technologie- und Wissenschaftsroadmap beantworten, die in Teilprojekt 1 auf der Basis einer detaillierten Bewertung der Ergebnisse der technischen Teilprojekte erstellt wird. Durch die Verbreitung der Projektergebnisse in die relevanten Fach-Communities und den effizienten Ergebnistransfer wird diese Umsetzung zusätzlich unterstützt.

Zur Sicherung der Arbeiten über die Projektlaufzeit hinaus werden gemeinsam mit den Partnern Geschäftsmodelle entwickelt und in Show-Cases dargestellt. Die Organisation von Hackathons mit Studierenden aus relevanten Fachrichtungen ermöglicht die Einbindung junger Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in die Einsatzmöglichkeiten von KI-Methoden.

## Teilprojekt 2: Gemeinsame Datenbasis




ZIH TU Dresden

Ein großer Teil des Aufwands für die Implementierung von KI-Lösungen verbirgt sich in der geeigneten Aufnahme, Aufbereitung und Bereitstellung von Daten. Eine Abstimmung und Vereinheitlichung der Prozessierung (Systemarchitektur) und Beschreibung (Meta-Daten) der Daten stellt eine wesentliche Grundlage dar, um die Übertragbarkeit von KI-Lösungen auf andere Prozessindustrieanlagen deutlich zu erleichtern. Ziel dieses Teilprojekts ist es, die notwendigen Grundlagen für die anwendungsspezifischen Teilprojekte bereitzustellen. Dazu gehören der Aufbau und Betrieb einer offenen Datenbasis, Abstimmungen und Standardisierung hinsichtlich der Qualitätsmerkmale und deren Zusammenhänge sowie der Aufbau geeigneter Systemarchitekturen für eine Einbindung dieser Datenbasis in konkrete Anwendungsprojekte.

## Teilprojekt 3: Stoffdaten



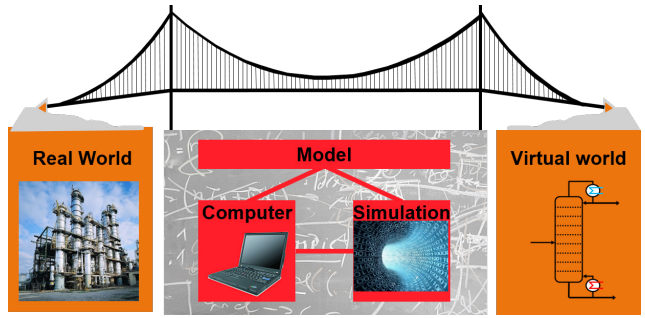
Lehrstuhl für Thermodynamik, TU Kaiserslautern

*Recommender Systems* sind vielen aus dem Alltag bekannt: Beispielsweise machen Filmportale Vorschläge für Filme, die Nutzern aufgrund schon geschauter Filme auch gefallen können. Mit diesen Methoden sollen hier KI-basierte Lösungen entwickelt werden, um die Thermodynamik von Stoffgemischen zu beschreiben. Dies ist die Grundlage, um chemische Produktionsprozesse modellbasiert zu optimieren, also beispielsweise die Ressourceneffizienz zu erhöhen. Die KI bietet hier Methoden an, die aus verhältnismäßig wenig verfügbaren Daten Vorhersagen auch über bislang unvermessene Stoffe erlauben.



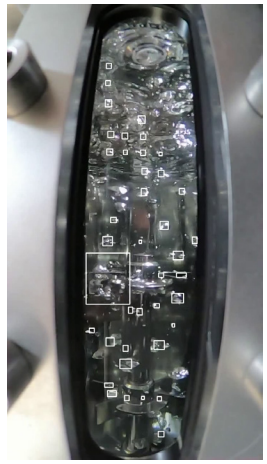
## Teilprojekt 4: Surrogatmodelle

Aus mathematischer Sicht bestehen Simulationen chemischer Produktionsprozesse im Lösen von großen nichtlinearen Gleichungssystemen. Die Lösungsmenge – aus Prozesssicht das mögliche Betriebsfenster einer Anlage – ist dabei a priori nicht bekannt, sondern in der Struktur des Gleichungssystems verborgen. Hier sollen KI-Methoden eingesetzt werden, um zunächst die Lösungsmenge des Gleichungssystems zu lernen. Diese stellt das Betriebsfenster des Produktionsprozesses dar. Mit dieser Kenntnis wird es dann möglich sein, erheblich bessere Anlagendesigns und Betriebsstrategien als bisher zu identifizieren.




ITWM

## Teilprojekt 5: Merkmalsextraktion aus Prozessdaten

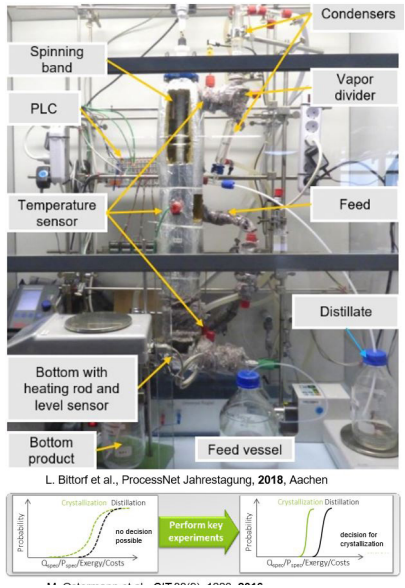


P2O-Lab und ZIH der TU Dresden

Aus Prozessdaten lassen sich neben den auf den ersten Blick erkennbaren Informationen Zusammenhänge ermitteln, die dabei helfen können, das Prozess- und Anlagenverhalten besser zu verstehen. Diese Zusammenhänge können durch KI-gestützte Informationsgewinnung über Prozesszustände und Produkteigenschaften aus Messdaten, u.a. Zeitreihen und Bilddaten in Labor und Produktion, herausgefunden werden. Dadurch sollen Unsicherheiten über das aktuelle Betriebsregime reduziert, Ausfälle oder Fehlentwicklungen früher erkannt und systematische Abweichungen automatisch diagnostiziert und für die Prozessführung berücksichtigt werden. Dies erhöht die Wirtschaftlichkeit chemischer und biotechnischer Produktionsprozesse durch optimale Nutzung des sicheren Betriebsfensters, höhere Anlagenverfügbarkeit und Prozess- und Anlagensicherheit.

## Teilprojekt 6: KI-basiertes, Smart Engineering

Auch in der Anlagenplanung und im Projektmanagement verspricht der Einsatz von KI-Methoden großen Nutzen: Durch numerische Modellierung und Optimierung können komplexe Planungsprozesse unterstützt und somit beschleunigt werden. Dazu zählt auch das Sicherheitsengineering, bei dem durch systematische Gefährdungs- und Risikoanalysen eine deutliche Reduktion von Zeit- und Arbeitsaufwand erwartet wird. Für die Entwicklung der Methodiken in diesem Bereich sollen vorhandene Daten aus offener Literatur und aus Quellen verschiedener Projektpartner genutzt und ausgewertet werden.




L. Bittorf et al., ProcessNet Jahrestagung, 2018, Aachen
und M. Ostermann et al., CIT 88(9), 1223, 2016 TU Dresden

## Teilprojekt 7: Selbstoptimierte Anlagen

Der Einsatz von KI-Methoden zur Optimierung verfahrenstechnischer Produktionsanlagen soll die Effizienz und Wirtschaftlichkeit chemischer und biotechnologischer Produktionsprozesse wesentlich steigern. Untersucht und erprobt werden das Lernen optimaler Betriebspunkte und Fahrstrategien für komplexe Anlagen, modellprädiktive Regelung auf der Grundlage von Machine Learning und ein KI-basiertes Beratungssystem für die Unterstützung des Betriebspersonals. Die Validierung und Demonstration der Methoden wird an Pilot- und Technikumsanlagen, u.a. von Merck, Evonik und Air Liquide, durchgeführt werden.




Air Liquide Forschung und Entwicklung GmbH



## Inkubator-Lab TUD-P2O

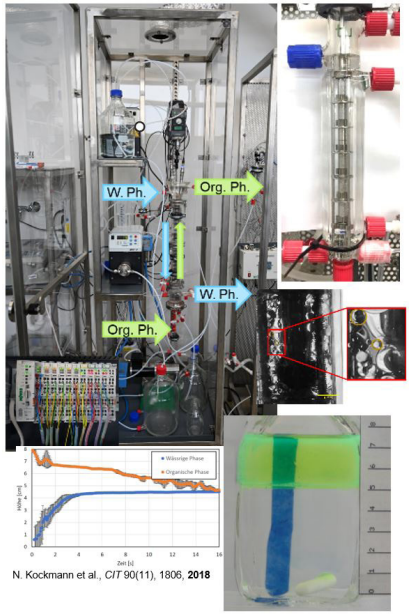
Das Process-to-Order-Lab (P2O-Lab) der TU Dresden stellt sich die Frage, welche Anforderungen innovative Ansätze der Industrie 4.0 erfüllen müssen, um aktuelle Herausforderungen der Prozessindustrie in Mehrwert zu transformieren. Dazu werden Konzepte in den Bereichen modulare Anlagen, integriertes Engineering, lebenszyklusbegleitende Digital Companion Technologien, Added-Value-Services und Big Data und Smart Analytics für einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess erstellt, umgesetzt und validiert sowie in Showcases widergespiegelt.



P2O-Lab der TU Dresden

## Inkubator-Lab TUDO-AD

Die Arbeitsgruppe Apparatedesign an der TU Dortmund entwickelt und charakterisiert modulare Labor- und Pilotapparate zur kontinuierlichen chemischen und pharmazeutischen Produktion. Neben kleinen Kolonnen zur Extraktion und Destillation werden Apparate zur kontinuierlichen Kristallisation und mikrostrukturierte Reaktoren mit integrierter Mess- und Regelungstechnik entwickelt. Simulation und Röntgenmessung von Mehrphasenströmung sowie bionisches Design von Apparateelementen runden das Forschungsprofil ab. Die experimentellen Arbeiten werden durch Modellierung, optimierte Versuchsplanung, KI-unterstützte Bildauswertung sowie mithilfe fortschrittlicher Analysentechnik unterstützt.




N. Kockmann et al., CIT 90(11), 1806, 2018

## Inkubator-Lab ITWM



ITWM

Das Inkubator-Lab am Standort Kaiserslautern besteht aus den Lehrstühlen für Thermodynamik und für maschinelles Lernen, beide an der TU Kaiserslautern, und aus der Abteilung „Optimierung – Technische Prozesse“ am Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik (ITWM). Die Lehrstühle bringen international ausgewiesene Kompetenzen aus der Anwendungsdomäne Verfahrenstechnik und Expertise in KI/ML mit. Das Fraunhofer ITWM besitzt langjährige Erfahrung in der Umsetzung von Innovation in Form von praxistauglichen Softwarelösungen, ausgewiesen durch zahlreiche erfolgreiche Kooperationsprojekte sowohl bilateral mit Industriekunden als auch in Forschungsverbünden.

## Projektpartner

ABB · Air Liquide creative oxygen · Capital Gain Consultants · DDB · DDBST Dortmund Data Bank Software & Separation Technology · DECHEMA · EVONIK Leading Beyond Chemistry · Fraunhofer ITWM · INOSIM · KROHNE · VISUAL Engineering Software · Technische Universität Kaiserslautern · MERCK · Technische Universität Berlin · tu technische universität dortmund · Technische Universität Dresden · P20 Process2Order · ScaDS Dresden Leipzig · covestro · SAMSON · BAYER · LeiKon

**www.keen-plattform.de**

## Impressum

DECHEMA
Gesellschaft für Chemische Technik
und Biotechnologie e.V.
Theodor-Heuss-Allee 25
60486 Frankfurt am Main

V.i.S.d.P: Dr. Andreas Förster

Gefördert durch:

Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages