

# In-situ Überwachung und Bewertung von Tränkungsprozessen

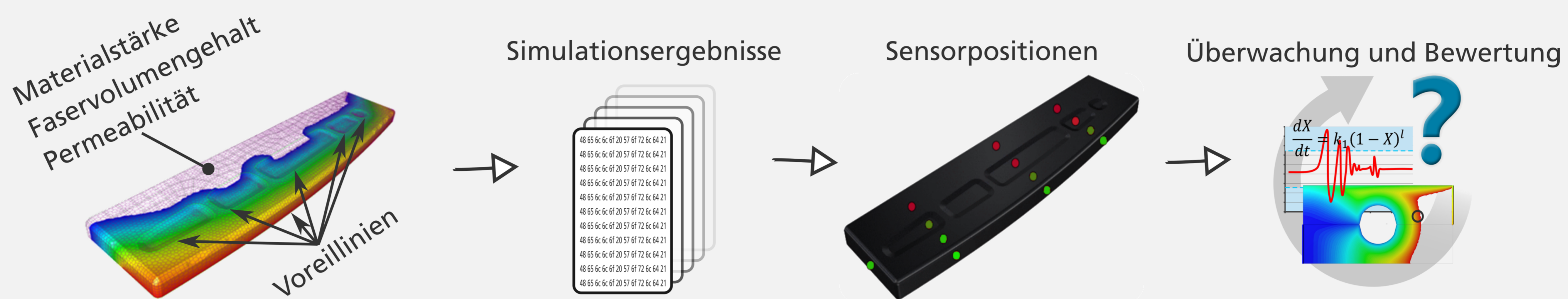


Abbildung 1: Entwicklung eines bauteilspezifischen Systems zur Überwachung und Bewertung des Tränkungsprozesses von Liquid Composite Molding Verfahren

## Motivation

Ein bauteilspezifisches Überwachungs- und Bewertungssystem für Tränkungsprozesse von Faserverbundstrukturen verspricht Prüfaufwand, Nacharbeit und Ausschussraten zu reduzieren. Neben der Dokumentation jedes Fertigungsprozesses sollen Abweichungen schnellstmöglich erkannt und in Zukunft frühzeitig Korrekturmaßnahmen eingeleitet werden. Die Verarbeitung von Ergebnissen einer Fließsimulation ermöglicht die Entwicklung eines solchen Systems, siehe Abb. 1.

## Simulation möglicher Tränkungsverläufe

Durch gezielte Variation ausgewählter Parameter der Fließsimulation (z.B. Permeabilität, Viskosität) lassen sich Abweichungen vom geplanten Tränkungsverlauf beschreiben. Eine Vielzahl von Simulationen mit unterschiedlichen Parametern bietet somit die Möglichkeit eine Datenbasis aufzubauen, die Simulationsparameter mit möglichen Tränkungsverläufen verknüpft. Die Simulationsergebnisse beinhalten Daten für jedes Kontrollvolumen des mit Dreieckselementen vernetzten Simulationsmodells, siehe Abb. 2.

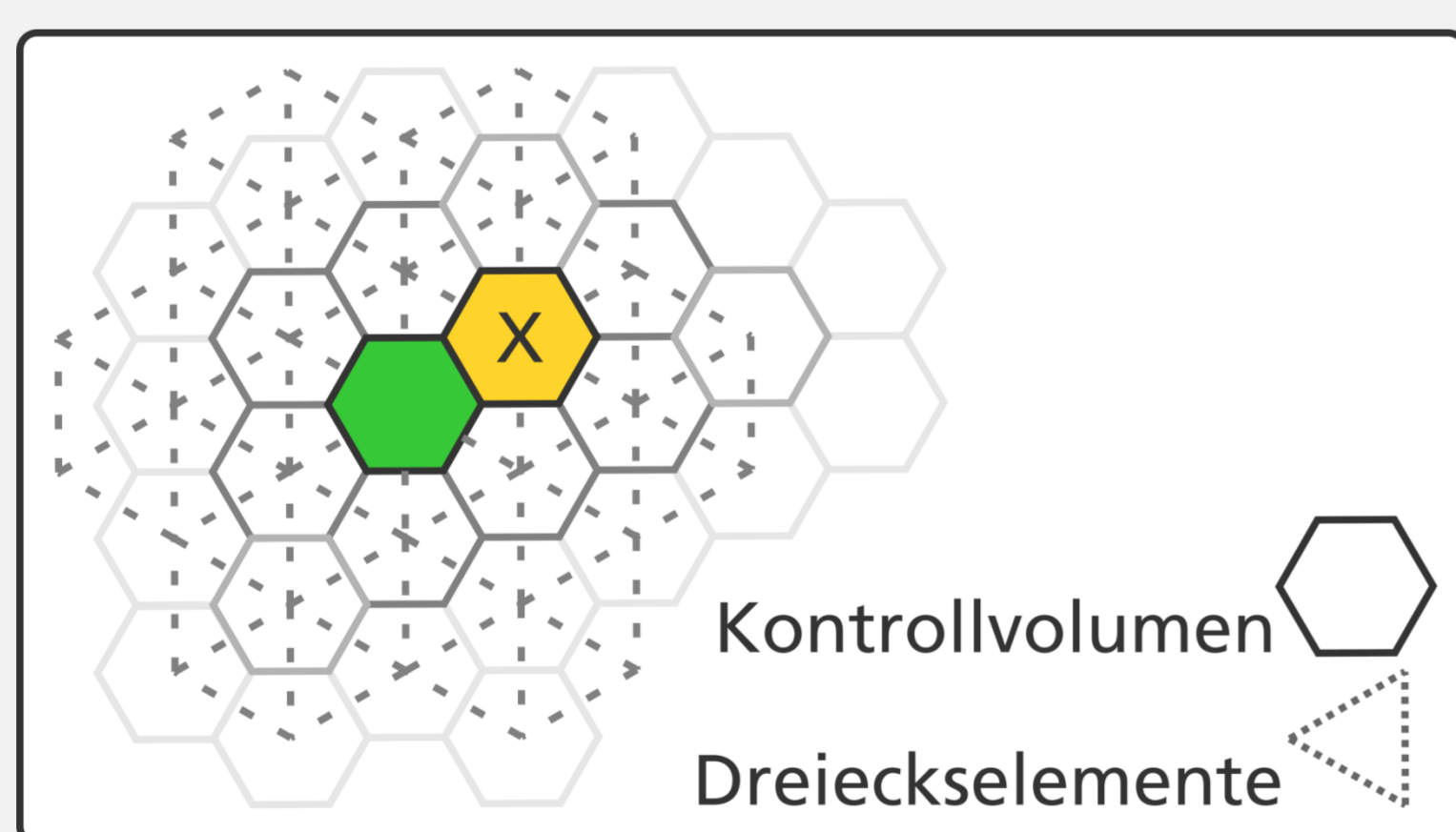


Abbildung 2: Beispielhafte Vernetzung eines Fließsimulationsmodells mit Dreieckselementen und Darstellung der Kontrollvolumen

[1] N. Liebers (2018), Ultraschallsensorgeführte Infusions- und Aushärteprozesse für Faserverbundkunststoffe, Dissertation Technische Universität Braunschweig  
 [2] D. Bertling und N. Liebers (2018), Analysis and simulation of dry-spot behavior in Liquid Composite Molding, 14<sup>th</sup> International Conference on Flow Processes in Composite Materials (FPCM14), Luleå, Schweden

## Sensorpositionen bestimmen

Zur Bestimmung geeigneter Sensorpositionen wird zuerst mit den erzeugten Daten ein neuronales Netz (NN) trainiert, um aus den Simulationsergebnissen die Simulationsparameter zu bestimmen.

Im zweiten Schritt wird die Anzahl der Eingangsneuronen durch Beschneiden des NN reduziert, siehe Abb. 3. Die verbleibenden Neuronen entsprechen geeigneten Sensorpositionen.

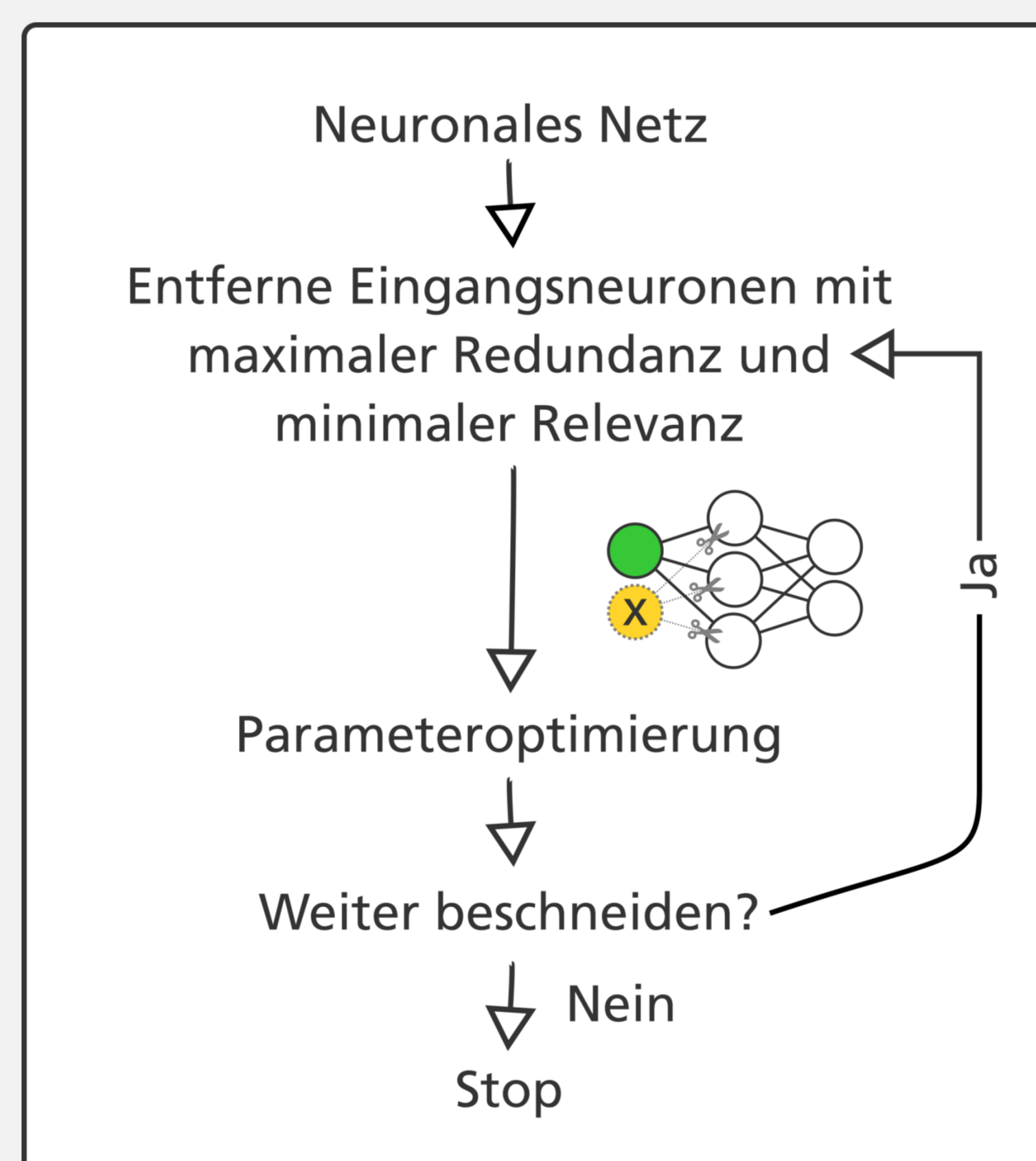


Abbildung 3: Bestimmung geeigneter Sensorpositionen für das Bauteil durch Beschneiden der Eingangsneuronen des neuronalen Netzes

## Überwachung des Tränkungsprozesses

Während der Tränkung überwacht ein Ultraschall-Messsystem an den identifizierten Positionen mehrere Prozesseigenschaften [1], welche mit dem NN zu Startparametern für den Optimierungsalgorithmus weiterverarbeitet werden.

Um Abweichungen vom geplanten Tränkungsverlauf zu identifizieren, werden die Ergebnisse der Fließsimulation fortlaufend an die Messwerte angeglichen, bewertet und dargestellt, siehe Abb. 4.

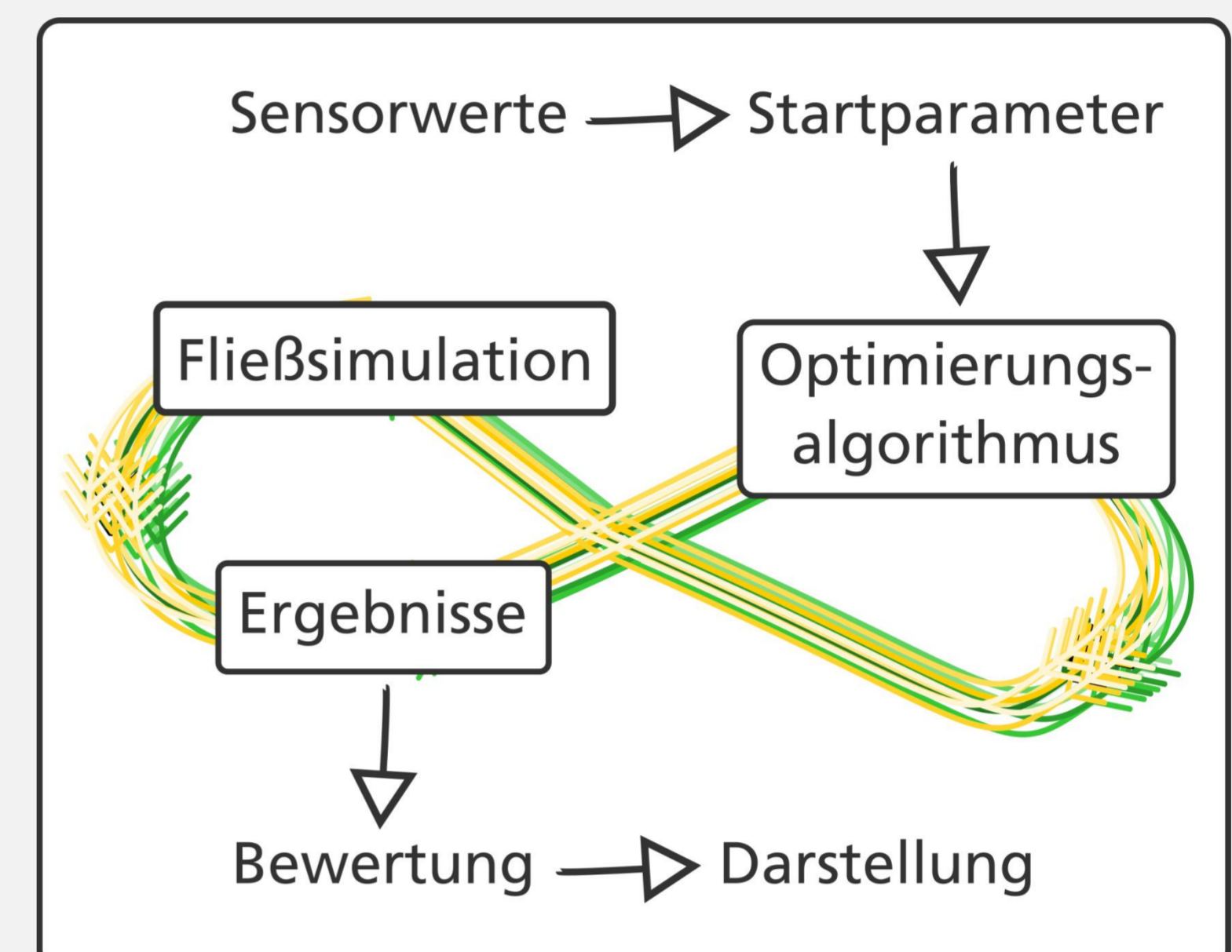


Abbildung 4: Systematik zur Überwachung und Bewertung laufender Tränkungsprozesse mit einer Online-Fließsimulation

## Bewertung des Tränkungsprozesses

Der Erfolg des laufenden Prozesses wird innerhalb der Schleife basierend auf der Tränkungsqualität quantifiziert. Treten im Simulationsergebnis eine oder mehrere trockene Stellen auf, dient eine neue Simulationemethode zur Beschreibung des Auflösungsverhaltens dieser. Die entwickelte Simulation zeigt gute Übereinstimmung mit experimentellen Versuchsergebnissen zu vertretbaren Rechenzeiten und ermöglicht das Ableiten von Korrekturmaßnahmen zur Auflösung trockener Stellen. [2] Abb. 5 zeigt eine Gegenüberstellung von Versuch und Simulation.

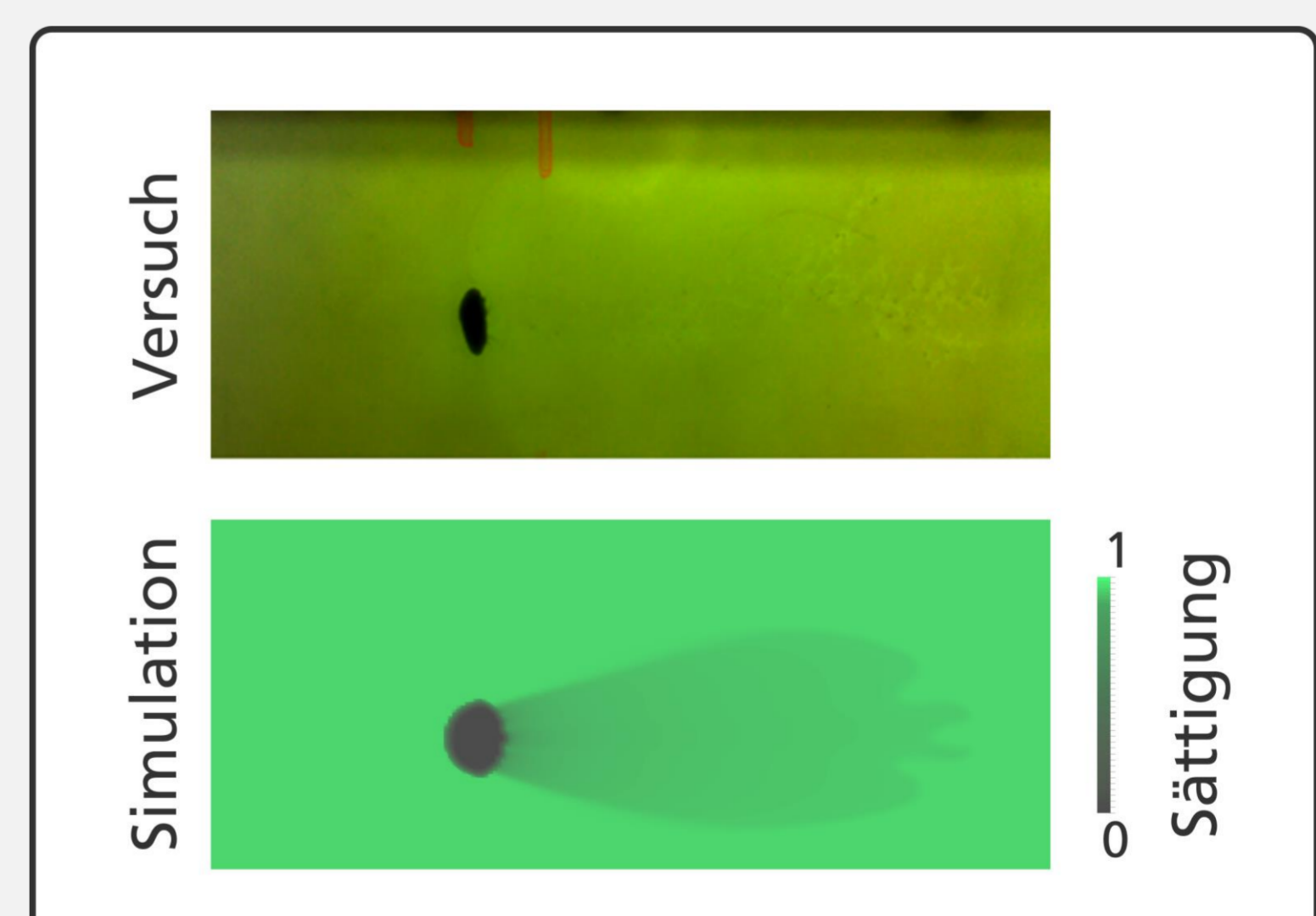


Abbildung 5: Gegenüberstellung von Versuch und Simulation, Auflösung einer trockenen Stelle in einem laufenden Tränkungsprozess [2]