

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

**Band:** 90 (1999)

**Heft:** 9

**Artikel:** Einfachere Bedienung durch Fuzzy-Logic und neuronale Netze

**Autor:** Rebsamen, Roland

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-901935>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 31.03.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Einfachere Bedienung durch Fuzzy-Logic und neuronale Netze

Durch den Einsatz von neuronalen Netzen und Fuzzy-Logic soll die Steuerung einer Maschine kontextfähig gemacht werden. Dies führt zu einer einfacheren Bedienung, kürzeren Umrüstzeiten der Maschine und zu weniger Fehleingaben.

In unserer Arbeitswelt ist es selbstverständlich, dass ein Zusammenwirken unter Mitarbeitern dank einer gemeinsamen Zielvorstellung mit wenigen Worten möglich ist, obwohl die Angaben meistens gar nicht so exakt und eindeutig sind. Dies funktioniert nur, weil wir in der Lage sind, aus relativ unpräzisen Angaben Intentionen abzuleiten, indem wir uns auf unsere Erfahrungen und unser Prozesswissen stützen. Wieso sollte man also diese Fähigkeit nicht auch in der Entwicklung eines neuen Mensch-Maschinen-Interface (HMI) berücksichtigen?

Damit man eine Maschine dieser visionären Zielvorstellung annähern kann, ist es notwendig, das Wissen und Können des Endkunden in die Steuerungssoftware einzubinden. Dazu eignen sich die Methoden von Fuzzy-Logic ausgezeichnet. Durch den Einsatz von Fuzzy-Logic können die Fachleute, die den Prozess verstehen, direkt ihr Wissen auf eine einfache, sehr anschauliche und leicht verständliche Art und Weise in eine Software einbringen. Was kann Fuzzy-Logic? Fuzzy-Logic bietet die Möglichkeit, ein komplexes System, welches sich nicht mehr in einfachen Differentialgleichungen fassen lässt, sprachlich zu beschreiben. Ein klassisches Beispiel ist das Autofahren. Versuchen wir diesen Prozess mathematisch zu modellieren, so werden wir schnell an Grenzen stossen. Trotzdem sind wir in der Lage, mit ein paar Fahrstunden diesen komplexen Prozess zu beherrschen (in den meisten Fällen). Wir machen das durch eine grobe Klassifizierung der Eingangsgrößen wie Geschwindigkeit, Distanz zum vorderen Fahrzeug, Strassenzustand sowie einfachen Regeln, die der Bestimmung der

Aktivitäten für die Lenkung, das Gas- und Bremspedal dienen. Eine Regel lautet: Führt man mit 100 km/h (Klasse: schnell) und die Distanz zum nächsten Fahrzeug beträgt 50 m (Klasse: nahe), muss sofort eine starke Bremsung eingeleitet werden. Die Sensitivität des gesamten Fahrverhaltens lässt sich durch die Erweiterung von Regeln verbessern, solange keine Widersprüche auftreten. Beim Überholmanöver auf der Überlandstrasse wäre die Regel von vorhin problematisch, da sie das Fahrzeug abbremsen. Dem System muss daher für ein korrektes Verhalten eine Information über die Absicht zugeführt werden. Mit anderen Worten, das System muss kontextfähig gemacht werden. Dabei wird der in der Technik übliche Weg der Modellbildung für jedermann, der ein Prozesswissen erarbeitet hat, auch ohne explizite Mathematik- und Physikkenntnisse möglich. Es soll an dieser Stelle aber ganz klar gesagt

sein, dass diese Methode die klassische Modellierung und anschliessende Optimierung nicht ersetzt, sondern in komplexen Fällen ergänzt.

Da die Modellierung durch ihre Einfachheit noch nicht die optimale Abbildung des Prozesses darstellt, drängt sich eine zusätzliche Verbesserung auf. Dies wird durch den Einsatz neuronaler Netze erzielt. Diese lernfähigen Systeme haben im Normalfall die Schwäche, dass beim «Lernen», welches numerisch auf einer Gradiententechnik beruht, auch bei lokalen Minima ein System als vollständig trainiert erscheint, obwohl das Netz noch nicht optimal angepasst ist. Durch eine Vorstrukturierung des neuronalen Netzes mittels implementierten Fuzzy-Systems lässt sich dieser Nachteil der neuronalen Netze sehr oft reduzieren.

Am Beispiel des Spritzens eines Kunststoffteiles soll dieser Ansatz verdeutlicht werden. Die Bedienung einer Kunststoff-Spritzgiessmaschine ist sehr komplex und setzt viel Erfahrung voraus.

Für die Fachleute im Kunststoffspritzen ist klar, dass eine gleichmässige Fliessgeschwindigkeit des Kunststoffes in der Form beim Spritzvorgang zu Teilen führt, die geringere innere Spannungen und somit beim Ausformen auch geringeren Formverzug aufweisen.

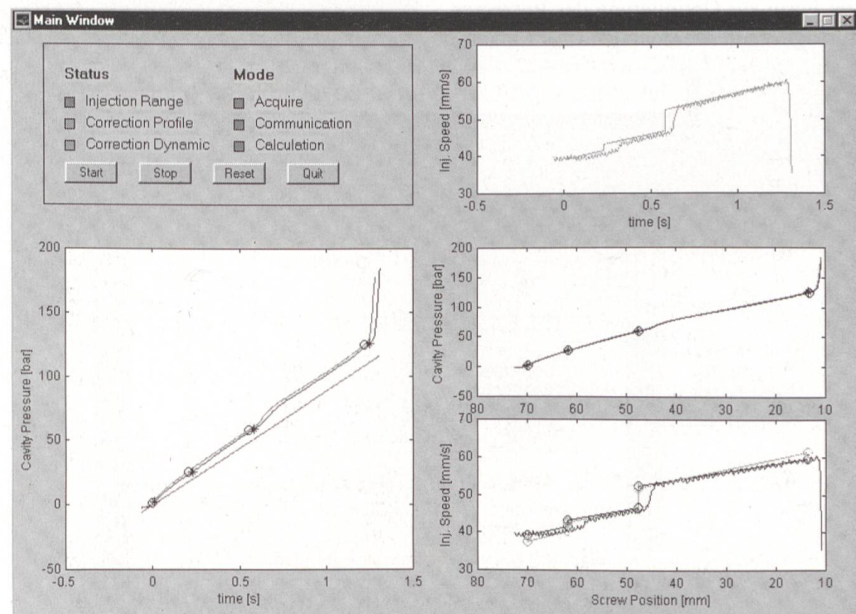


Bild 1 Visualisierung der Einspritzphase

Der linearisierte Druckanstieg wird durch ein abschnittsweises lineares Geschwindigkeitsprofil angenähert. Das System berücksichtigt auch die Dynamik der Maschine und führt dadurch zu einer maschinenunabhängigen Optimierung.

#### Adresse des Autors

Prof. Roland Rebsamen, Dozent für Automatisierungstechnik, Interstaatliche Fachhochschule für Technik Buchs, 9471 Buchs

Es stellt sich die Frage, welcher Parameter an der Maschine wie gesteuert werden muss, damit dieses Verhalten erzielt wird. Die Schneckengeschwindigkeit der Maschine soll so variiert werden, dass das angestrebte Verhalten gleichmässiger Fliessgeschwindigkeit möglichst gut erreicht wird.

Der Entwickler des HMI könnte auf die Idee kommen, diese allgemeinen und vagen Vorgaben durch eine sehr flexible Eingabemöglichkeit für jeden erdenklichen Fall zu erfüllen. Diese Flexibilität zieht sofort Grenzwertüberwachungen und Plausibilitätstests nach sich, welche die Handhabung der Bedienung massiv erschweren. Ein anderer Ansatz, der sicherlich für viele Anwendungen sinnvoll ist, ist die Nutzung der Werkstückdaten. Das bedeutet, dass die Steuerung in der Lage sein muss, auf die Zeichnungsdaten des Werkstückes zuzugreifen und die grossen Datenmengen in einer geeigneten Simulation zur Berechnung eines optimalen Geschwindigkeitsprofils zu nutzen. Auch hier wird die Bedienung durch Randbedingungen, die den Spritzprozess beeinflussen, sehr komplex. Ein effizientes Werkzeug zur Erreichung des Grundsatzes grösstmöglicher Einfachheit ist die Fuzzy-Technik.

Durch die Einbindung von Prozesswissen soll die erwähnte Schwachstelle neuronaler Netze, nur lokale Minima zu finden, abgebaut werden. Dazu muss aber das Prozesswissen oder zumindest ein Teil davon in die Steuerung eingebunden werden. In unserem Beispiel der Spritzgiessmaschine kann der Innendruck in der Form zur Optimierung des Prozesses herangezogen werden (Bild 1). Er kann

relativ einfach und genau gemessen werden. Zudem gilt, dass ein linearer Druckanstieg in der Füllphase ein Mass für eine konstante Fliessfront-Geschwindigkeit darstellt. Sorgt man nun dafür, dass ein Algorithmus in der Steuerung durch Variieren der Schneckengeschwindigkeit diesen linearen Druckanstieg erzeugt, kann die Eingabe auf das Festlegen der Anstiegsrate reduziert werden.

Das dazu notwendige Fuzzy-System wird durch den Experten, der diese Maschine mit ihrem spezifischen Prozessverhalten kennt, in die Steuerung eingebettet. Der Ingenieur fungiert in dieser Phase als Fachmann, was die Handhabung des Fuzzy-Werkzeuges angeht. In dieser Implementationsphase ist eine sehr enge Zusammenarbeit zwischen Ingenieur und Verfahrensfachmann auf allen Ebenen notwendig. Ist das Fuzzy-System erstellt, wird es mit einfachen

Spritzteilen, deren Druckverläufe einfach zu verstehen sind, getestet. Anhand der gemessenen Druckverläufe wird nun das gewünschte Verhalten mittels eines neuronalen Netzes feinjustiert. Das System wird sich später durch dieses antrainierte Verhalten auch in neuen, aber ähnlichen Situationen korrekt verhalten.

### Zusammenfassung

Der Ansatz, das Prozesswissen im HMI zu hinterlegen, führt bei vielen komplexen Maschinen zu einer massiven Reduktion von Eingabeparametern, was zu einer robusten und einfach bedienbaren Steuerung führt. Voraussetzung ist der sinnvolle Einsatz von Fuzzy-Logic und neuronalen Netzen, sprich Neuro-Fuzzy, der vom Wissen der Prozessexperten und der engen und offenen Zusammenarbeit aller Mitarbeiter und des Kunden lebt.

## Interface homme-machine intelligente

L'utilisation de réseaux de neurones et de la logique dite floue (ou Fuzzy Logic) doit permettre de rendre la commande d'une machine capable de tenir compte de son contexte. Autrement dit: on fournit à la machine des informations sur l'intention et l'objectif d'une opération. En revanche, on peut se passer de toute description mathématique complète du processus. Cette technique permet aux spécialistes d'intégrer leur savoir au logiciel de manière simple et claire. Les avantages de cette technique sont une utilisation plus simple, des temps d'ajustage abrégés de la machine et une réduction des erreurs d'entrées.