

Physische KI

Wenn das Ergebnis kein Text ist, sondern eine Bewegung

Am Bildschirm ist ein Fehler ein ärgerlicher Absatz. In der physischen Welt ist er ein Blechschaden. Physische KI koppelt ein Modell an Sensoren und Motoren, und genau deshalb findet der größte Teil des Lernens vorher statt: in Weltmodellen, also digitalen Umgebungen, die einen Ausschnitt der Wirklichkeit samt ihrer Physik nachbilden.

DIE DREI SÄULEN

SENSOREN
Kameras, Radar, Lidar erfassen die Umgebung.
Liefern verrauschte Daten, keine sauberen Symbole

MODELL
Deutet die Daten und entscheidet, was als Nächstes passiert.
Rechnet Wahrscheinlichkeiten, begreift nichts

AKTOREN
Motoren, Greifer, Räder setzen die Entscheidung in Bewegung um.
Ab hier wirkt der Fehler physisch

WIE SO EIN SYSTEM TRAINIERT WIRD

- 1 Die simulierte Welt bauen.** Zugeschnitten auf die spätere Aufgabe: Straßen, Ampeln und Wetter für ein Fahrzeug, Regale und Menschen in Warnwesten für einen Lagerroboter.
- 2 Durch Versuch und Irrtum lernen.** Zustand erfassen, Aktion wählen, Rückmeldung bekommen: Ziel erreicht oder Zusammenstoß. Über Millionen Durchläufe entsteht eine Strategie. In der Simulation sind Fehler ausdrücklich erwünscht.
- 3 Auf die echte Hardware.** Erst hier zeigt sich, wie gut das Weltmodell war. Reale Daten fließen zurück in die Simulation, das Modell wird nachgeschärft, der Kreislauf beginnt von vorn.

WARUM DIE REALE WELT SO VIEL SCHWERER IST

- Sie ist analog.** Dämmerung, Regen auf der Linse: die Daten sind unscharf.
- Sie ist unvorhersehbar.** Ein Mensch dreht ab, ein Hund reißt sich los.
- Sie hat Trägheit.** Ein Fahrzeug steht nicht sofort. Ein Arm hat eine mechanische Grenze.
- Sie verzeiht nicht.** Der Spielraum für Irrtümer geht gegen null.

WAS DAS FÜR DEN BETRIEB HEISST

- Keine Simulation ist vollständig.** Es gibt immer Randfälle. Das System muss bei Unsicherheit stehenbleiben oder abgeben.
- Rechnen an Bord.** Jede Verzögerung durch die Cloud erhöht das Risiko. Entschieden wird in Millisekunden.
- Aufsicht bleibt.** Fachleute legen das Einsatzgebiet fest und kennen die Grenzen.

DREI EINSÄTZE, EIN PRINZIP

Wo	Was das System tut	Was vorher simuliert wird
Stadtreinigung	Kompakte Müllroboter fahren Standardrouten in engen Innenstädten	Ausweichen vor Fußgängern, nasses Laub, Eis, querstehende E-Scooter
Fabrik	Roboterarme greifen wechselnde Bauteile, Transportfahrzeuge planen Routen	Neue Hallenlayouts im digitalen Zwilling, ohne den Betrieb zu stoppen
Straßenverkehr	Abstände in Millisekunden kalkulieren, in Gefahr Prioritäten abwägen	Seltene kritische Ereignisse, die real kaum vorkommen oder zu gefährlich wären

MERKSÄTZE

Ein Roboter ist kein Chatbot auf Rädern: verrauschte Daten, unvorhersehbare Umgebung, Trägheit, und ein Fehler wirkt physisch.

Simulationen sind kein nettes Extra für Entwickler, sondern die Voraussetzung für die Zulassung.

Die Verantwortung für eine Handlung in der echten Welt trägt immer ein Mensch.