

Yuragi: Ausnutzung von Fluktuation am Beispiel eines komplexen Roboterarms

Max Braun, Yoshio Matsumoto, Hiroshi Ishiguro

„Yuragi“ ist das japanische Wort für Fluktuation. Im gleichnamigen interdisziplinären Projekt an der Osaka University werden natürliche biologische Prozesse, die Fluktuation ausnutzen, nachgeahmt und für technische Anwendungen nutzbar gemacht. Aus dem Teilbereich Robotik wird hier exemplarisch ein junges Projekt vorgestellt, in dem ein einfaches, biologisch inspiriertes Modell zur Steuerung eines komplexen Roboterarms genutzt wird.

1 Prinzip und Projekt

In den meisten technischen Anwendungen ist zufälliges Rauschen ein Störfaktor, den man mit großem Aufwand zu unterdrücken versucht. Bei normalen Temperaturverhältnissen sorgt die Brownsche Bewegung immer für eine unvorhersehbare und unregelmäßige Fluktuation. Der Effekt ist besonders stark auf mikroskopischer Ebene und beeinflusst damit viele biologische Prozesse.

Yanagida et al. konnten zeigen, dass sich Motorproteine der Fluktuation zur zielgerichteten Fortbewegung bedienen [10] und Kashiwagi et al. beschreiben die Genexpression in Bakterien zur Anpassung an unbekannte Umweltsituationen als Ausnutzung von Fluktuationseffekten [3].

Dieses biologische Prinzip inspirierte ein interdisziplinäres Projekt¹ an der Osaka University mit dem Namen „Yuragi“, dem japanischen Wort für Fluktuation. In den vier Teilbereichen Biologie, Materialwissenschaft, Informationswissenschaft und Robotik wird versucht, Kontrolle über das allgemeine Phänomen Fluktuation zu gewinnen und es als Lösung für verschiedenste Probleme anzuwenden.

Im Teilbereich Robotik beschäftigt sich ein Großteil der Projekte mit humanoiden Robotern unterschiedlichster Art. Im Bereich der Mensch-Roboter-Interaktion wird unter anderem mit Mitsubishi's Haushaltsroboter „Wakamaru“ [6] gearbeitet. Für ihn werden Algorithmen zur Aufgabenverteilung und Wegfindung entwickelt, die biologische Prozesse nachahmen. Die Androiden von Professor Ishiguro [1] nutzen ebenfalls Yuragi, um biologisch inspiriert möglichst natürliche Bewegungen zu erzeugen.

Im Folgenden wird eine konkrete Anwendung des Yuragi-Prinzips am Beispiel eines biologisch orientierten Roboterarms vorgestellt. Anhand einer physikalischen Simulation des Roboters wird anschließend die Qualität der verwendeten Methode untersucht.

2 Roboterarm

Der Roboter in Abb. 1 ist eine Nachbildung der Anatomie eines menschlichen Arms und Brustkorbs. Während die Kno-

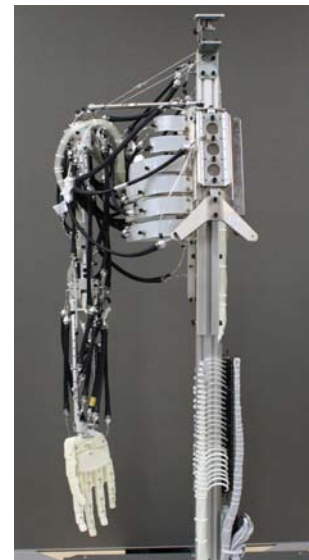


Abbildung 1: Roboterarm nach menschlichem Vorbild

chen aus Metall und Plastik sind, funktionieren die 30 biegsamen künstlichen Muskeln mit Luftdruck. Die Komplexität des Systems entsteht durch die vielen Freiheitsgrade, die Elastizität der Aktoren und deren redundante Anordnung.

Diese Faktoren erschweren es, für eine gewünschte Stellung des Roboters auf die entsprechende Luftdruckverteilung zurückzurechnen. Lösungsansätze mit inverser Kinematik [5] wären sehr aufwändig und würden eine genaue Kenntnis der geometrischen Beziehungen des Systems voraussetzen. Lernverfahren wie das Reinforcement Learning [2] benötigen bei dieser Komplexität einen hohen Rechenaufwand [9] und müssen zudem im Voraus trainiert werden.

Im Projekt Yuragi werden Methoden zur Steuerung des Roboterarms entwickelt, die durch Ausnutzung von Fluktuation ohne Informationen a priori über die Anordnung oder das Verhalten der Aktoren auskommen und auch kein vorausgehendes Training wie beim maschinellen Lernen benötigen. Dabei wird die Suche nach der optimalen Luftdruckverteilung getrieben von einer stochastischen Fluktuation und gelenkt durch einen Vergleich des momentanen externen Zustands mit dem angestrebten Zielzustand. Die mathemati-

¹ Gefördert vom japanischen Ministerium für Bildung, Kultur, Sport, Wissenschaft und Technologie.