

Hoffen auf den Blitzschlag

Forscher des Fachgebiets Hochspannungstechnik wollen Gewitterblitze vermessen. Ihre Ergebnisse könnten den Blitzschutz optimieren.



Abbildung: Katrin Binner

Einsatzbereit: Martin Hannig (li.) und Volker Hinrichsen mit Blitzfangstange und Messgerät.

— Von Uta Neubauer

Wenn Volker Hinrichsen, Professor für Elektrotechnik, aus dem Fenster seines Büros schaut, blickt er auf ein Gebäude der Darmstädter Stadtverwaltung. Besonders ins Auge fallen dem Hochspannungsforscher dann die etwa zehn Blitzableiter – Blitzfangstangen im Fachjargon – auf dem Flachdach. Blitzschutz sei notwendig, aber meist nicht schön anzusehen, sagt Hinrichsen: „Fragen Sie mal einen Architekten, wie der die Stangen auf dem Gebäude findet.“

Eine Alternative zum herkömmlichen Blitzschutz, den der Amerikaner Benjamin Franklin im Jahr 1752 erfand, kam in den 1980er Jahren auf den Markt. Diese Systeme schützen laut Aussage der Anbieter einen größeren Bereich und erfordern daher weniger Fangstangen. Unter Fachleuten sind sie jedoch so umstritten, dass sie bislang nicht in die Blitzschutz-Normen aufgenommen wurden. Dabei bietet das etablierte Franklin'sche System keinen perfekten Schutz: „Es gibt immer wieder dokumentierte Fälle, dass ein Blitz die Fangstange verfehlt“, betont Hinrichsen. Auch trifft ein Blitz nicht immer den höchsten Punkt eines Objektes.

Vor einem Blitzschlag geht vom Boden eine sogenannte Fangentladung aus, die sich aus einer Vorentladung entwickelt. Trifft die Fangentladung auf den Kopf des Abwärtsblitzes, bildet sich der als Leuchten sichtbare Kanal für die Hauptentladung – der Blitz schlägt dann am Ursprungsort der Fangentladung ein. Diesen Umstand nutzen die neuartigen Blitzschutzsysteme, indem sie Vorentladungen künstlich initiieren und somit die Entstehung einer früheren und somit längeren Fangentladung begünstigen. Das klingt plausibel, ist aber wissenschaftlich immer noch nicht bewiesen, denn für die Prüfung bräuchte man echte Blitze. Die jedoch sind selten und so gewaltig, dass sie sich nicht experimentell erzeugen lassen.

Die TU Darmstadt verfügt über eine der größten universitären Hallen für Hochspannungsversuche in Deutschland. „Aber selbst hier können wir natürliche Blitze nicht nachbilden“, erklärt Martin Hannig, Doktorand in Hinrichsens

Arbeitsgruppe. Er will nunmehr mit Außenmessungen ergründen, wie sich die Vorentladungen bilden und wie sie die Entstehung der Fangentladung beeinflussen. Die Erkenntnisse sollen die grundlegende Frage klären, wie wahrscheinlich ein Blitzeinschlag an einem bestimmten Ort ist. Auf dieser Basis fiele auch die Bewertung neuartiger Blitzschutzsysteme deutlich leichter.

Für die Messung natürlicher Blitze hat Hannig ein Gerät mit zwei Signalaufnehmern entwickelt, das sowohl die schwachen, hochfrequenten Vorentladungen als auch den über 100.000mal stärkeren Hauptblitz registriert. Die ersten von insgesamt 60 Messinstrumenten wurden bereits auf dem Gelände der TU Darmstadt installiert, weitere sind unter anderem an Lichtmasten auf dem Frankfurter Flughafen geplant. Hannig hat zudem ein Simulationsmodell weiterentwickelt, das die Wahrscheinlichkeiten eines Blitzeinschlags auf der Basis von Gebäude- oder Geländedaten berechnet. Damit prüft er die Eignung potenzieller Messorte – wohlwissend, dass die Chance auf einen Treffer insgesamt gering ist. Jährlich schlagen in Deutschland durchschnittlich zwei Blitze pro Quadratkilometer ein. Zumindest einige davon hoffen die Darmstädter Forscher zu erwischen.

Die Autorin ist Wissenschaftsjournalistin und promovierte Chemikerin.

Messorte gesucht

Zur Installation seiner wissenschaftlichen Messgeräte sucht Martin Hannig noch Blitzableiter, Masten oder andere 20 bis 30 Meter hohe freistehende Strukturen. Das Messinstrument hat keinen Einfluss auf die Blitzschlagwahrscheinlichkeit. Norddeutsche Standorte eignen sich wegen der dort geringeren Blitzdichte eher nicht. Interessenten melden sich bitte unter: hannig@hst.tu-darmstadt.de

Sommer 2015



Impressum

Herausgeber
Der Präsident
der TU Darmstadt

Redaktion
Stabsstelle Kommunikation und
Medien der TU Darmstadt:
Jörg Feuck (Leitung, Vi.S.d.P.)
Ulrike Albrecht (Grafik Design)
Patrick Bal (Bildredaktion)

Gestalterische Konzeption
conclouso GmbH & Co. KG,
Mainz

Titelbild Katrin Binner

Druck Frotscher Druck GmbH,
Darmstadt
gedruckt auf 100 g/m²
PlanoScript, FSC-zertifiziert

Auflage 6.000

Nächste Ausgabe
16. September 2015

Leserservice
presse@pww.tu-darmstadt.de

ISSN 2196-1506



— 1 **Hochspannung**: Blitzschläge sicher abfangen — 2 **Fluidsystemtechnik**: Energie aus der Meeresströmung — 3 **Intelligente autonome Systeme**: Roboter lernen durch Imitation und Selbstverbesserung — 4 **Kommunikationstechnologien**: Das Web leistungsfähig halten

Strömung optimal nutzen

Seit Jahrtausenden nutzen Menschen das Wasser als Energiequelle. Am Institut für Fluidsystemtechnik der TU Darmstadt unter Leitung von Professor Peter Pelz wird erforscht, wie man aus der Meeresströmung den optimalen Ertrag erzielen kann.

Entwicklung des Instituts

Das Institut für Fluidsystemtechnik blickt auf eine lange Tradition zurück. Als „Lehrstuhl Maschinenbau V für Wasserkraftmaschinen, Hebe- und Transportmaschinen, Hydraulik und Fabrikanlagen“ gründete Professor Adolf Pfarr 1897 die erste Vorgängerinstitution des heutigen Fachgebiets. Als Direktor des Unternehmens Voith hatte Pfarr die erste geregelte Wasserturbine entwickelt. Mit der Berufung von Professor Peter Pelz, zuvor Entwicklungsleiter bei der Vibracoustic GmbH, im Jahr 2006 erhielt das Institut seinen jetzigen Namen und Zuschnitt. 2011 veröffentlichte Pelz eine wegweisende Arbeit zur maximal möglichen Leistungsausbeute für Wasserkraft in offenen Gerinneströmungen. Sie bildet die Grundlage für alle weiteren Projekte zur Wasserkraft, die der Experte mit einigen seiner Doktoranden durchführt. Die heute 28 Wissenschaftler am Institut arbeiten in den fünf Kompetenzfeldern Wasserkraft und Fluidenergiemaschinen, Techno-Ökonomie, Tribologie und Rheologie, Kavitation, Schwingungen und Akustik.

Informationen

Institut für Fluidsystemtechnik

Prof. Dr.-Ing. Peter Pelz

Telefon: 06151/16-2153

E-Mail:

peter.pelz@fst.tu-darmstadt.de

— Von Jutta Witte

Am Versuchsstand von Manuel Metzler strömt das Wasser durch eine zwei Meter lange und exakt zwanzig Zentimeter breite Rinne und trifft auf ein gelochtes Blech mit einer Breite von zehn Zentimetern. Das physikalische Modell des Ingenieurs simuliert eine für ein Fließgewässer typische Strömung mit Bypässen: Die Rinne stellt den Kanal dar, das Blech eine sogenannte hydrokinetische Maschine – eine Turbine, wie sie künftig in einem Meeresenergiekraftwerk zum Einsatz kommen könnte. Das Blech versperrt die Strömung – wegen dieser Barriere fällt der Druck beim Durchströmen des Lochbleches rapide ab. Gleichzeitig wird das Wasser beschleunigt und gibt Energie frei.

„Die spannende Frage ist, wie viel Energie in das System strömt und wie viel dahinter abströmt“, erklärt der Wissenschaftler des Instituts für Fluidsystemtechnik. „Aus der Differenz können wir berechnen, wie hoch der Nettoertrag am Ende ist.“ Seit drei Jahren erforscht Metzler als Doktorand im Team von Institutsleiter Professor Peter Pelz die Strömungseigenschaften fließender Gewässer. Mit seiner Versuchsanordnung kann er alle möglichen Zustände des Wassers – fließend, schießend oder auch stehend – und verschiedene Szenarien simulieren. Vergrößert er zum Beispiel den Durchmesser der simulierten Turbine aus Blech, so nimmt die Wasserkraft proportional zu. Verschiebt er den Widerstand am Auslass des Kanals nach rechts gegen die Strömung, erzeugt er einen „hydraulischen Sprung“. Diese stehende Welle löst einen Rückstau aus, der die Energieausbeute verringert.

Ziel ist es, die Strömung so zu beeinflussen, dass mit dem fluiden System die maximale Energieausbeute erreicht werden kann. Drei Größen sind entscheidend für die Bestimmung dieses Erntefaktors: Der Volumenstrom, also die Wassermenge, die in einer bestimmten Zeit durch einen bestimmten Querschnitt fließt, die Fallhöhe des Wassers hinter der Turbine und der Grad der Versperrung. „Dabei

beschäftigen wir uns vor allem mit dem Einfluss der freien Oberfläche, also der Grenzfläche zwischen Wasser und Luft hinter der Turbine“, berichtet der 31-jährige Wissenschaftler. Die Berücksichtigung dieser Grenzfläche ist ein Novum. Bislang orientierte sich die Kalkulation der Wirkung hydrokinetischer Maschinen an einem Gesetz, das der Ingenieur Albert Betz 1919 für die Berechnung des Energieertrags von Windmühlen entwickelt hatte. Es ist für die Effizienzkalkulation von Windkraftanlagen der bis heute gültige Standard und wurde bislang eins zu eins auf Meeresströmungsturbinen übertragen.

Auf 59 Prozent bezifferte Betz den höchst möglichen Erntefaktor aus Windkraft seinerzeit. „Doch dieses Limit ist für die Gezeitenkraft überholt“, betont Metzler. „Mittlerweile wissen wir, dass wir eine maximale Ausbeute von höchstens fünfzig Prozent erreichen, wenn wir die freie Oberfläche mit einkalkulieren.“ Seine Experimente zeigen, dass bei einem Turbinenfeld die Effizienz proportional mit dem Verhältnis von Turbinenabstand zu Turbinendurchmesser wächst. Metzler hat zudem herausgefunden, dass das Wassergefälle den Durchfluss durch eine sogenannte Sekundärströmung zum Erliegen

bringt, wenn es eklatant zu hoch ist, die Energieausbeute aber auch abnimmt, wenn es zu niedrig ist. Die Versuche bestätigen analytische Ergebnisse der Forschergruppe, wonach ein optimales Verhältnis dann erreicht ist, wenn man die Fallhöhe der Maschine so auslegt, dass sie zwei Fünftel der spezifischen Energie des Wassers beim Eintritt in das Gefälle betrage.

Dabei ist die Erforschung der Strömungseigenschaften nicht nur für den Grundlagenbereich relevant. Ziel sei es, am Ende handhabbare mathematische Formeln mit einer überschaubaren Zahl an Variablen zu entwickeln und sie den Herstellern von Meeresströmungsturbinen an die Hand zu geben, betont Metzler. „Jeder planende Ingenieur, Betreiber und auch Investor muss damit etwas anfangen können. Insofern haben wir spätere Anwendungen jetzt

„Die Gezeitenenergie ist eine gut kalkulierbare Größe.“

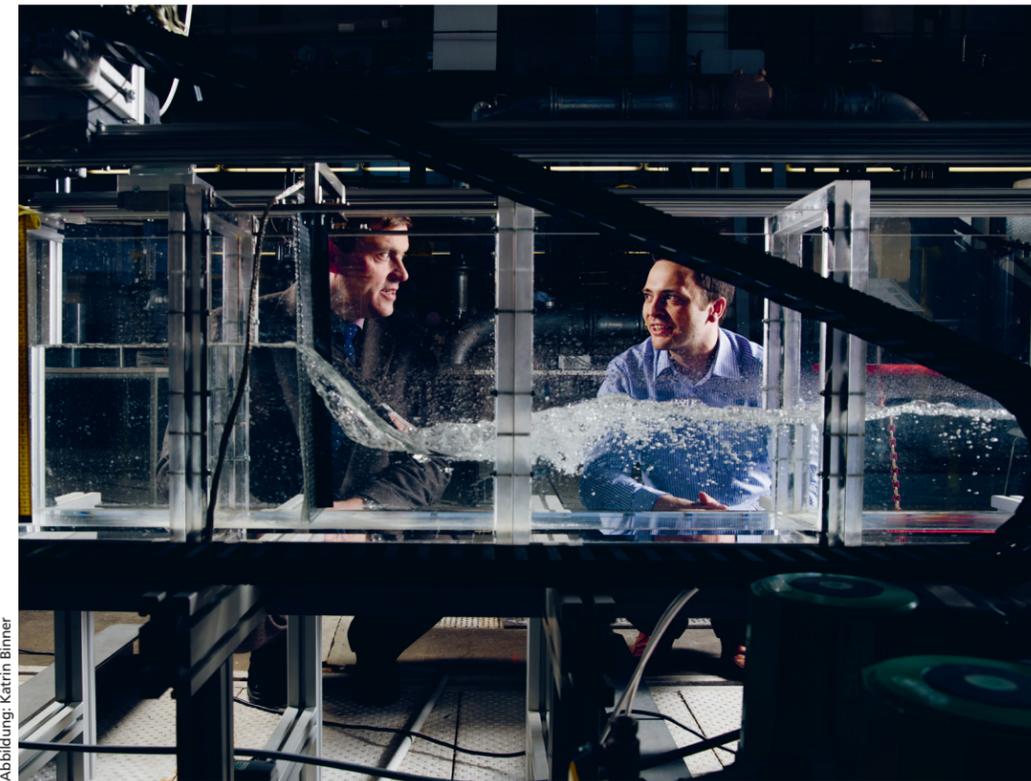


Abbildung: Katrin Binner

Manuel Metzler (re.) und Professor Peter Pelz an ihrem Modell einer Gezeitenturbine.

Forschungsfelder

„Fluidenergiemaschinen“ heißt eines von fünf Forschungsfeldern am Institut für Fluidsystemtechnik der TU Darmstadt. Hier befassen sich die Wissenschaftler zum einen mit Wasserturbinen und entwickeln neue Konzepte, um umweltverträgliche Wasserkraft zu optimieren und zu skalieren. Zum anderen erforschen sie Skalierungsmethoden und Methoden zur Bewertung der Energieeffizienz. Die Doktorarbeit von Manuel Metzler mit dem Titel „Einfluss der freien Oberfläche auf die Leistungsausbeute von Wasserkraft bei geringer Fallhöhe“ soll Ende 2015 erscheinen.

schon mit im Blick.“ Turbinen für Meeresströmungskraftwerke, die anders als die zum Beispiel in Frankreich, Australien oder Südkorea bereits bestehenden Gezeitenkraftwerke ohne Damm im freien Meer arbeiten sollen, gibt es bislang nur als Prototypen. Mit einem Durchmesser von bis zu zwanzig Metern sehen sie aus wie Windräder, die sich senkrecht unter Wasser drehen. Auch wenn diese Kraftwerksform im erneuerbaren Energien-Mix hierzulande aufgrund der geographischen Bedingungen keine große Rolle spielen dürfte, sehen die Experten vom Institut für Fluidsystemtechnik internationale große Potenziale. „Die Gezeitenenergie hängt von der Stellung vom Mond zur Erde ab. Damit ist sie eine gut kalkulierbare Größe und bedingt grundlastfähig“, erläutert Metzler. Der Wissenschaftler verweist unter anderem auf Forschungen, die auf diesem Gebiet derzeit vornehmlich in England vorangetrieben werden. Vor

allem vor der schottischen Küste sahen die Briten mögliche Einsatzgebiete für den neuen Kraftwerkstyp.

Mit Blick auf solche Entwicklungen zeige auch der deutsche Maschinenbau Interesse und sehe einen Zukunftsmarkt entstehen, in den es sich lohnen könne, zu investieren. Im Fokus der Entwicklungsarbeit der Hersteller steht im Moment noch die für den Einsatz im Meer notwendige Robustheit der Maschinen. Doch auch die Rentabilitätsfrage dürfte sich für die Unternehmen bald stellen. Antworten hierauf können die Wissenschaftler vom Institut für Fluidsystemtechnik geben. Metzler jedenfalls ist sicher, dass Meeresströmungskraftwerke dort, wo die Topographie es zulässt, eine Zukunft haben werden.

Die Autorin ist Wissenschaftsjournalistin und promovierte Historikerin.

Professor Peter Pelz im Interview

Welche wissenschaftlichen Herausforderungen stellen fluide Energiesysteme dar?

Wie bei allen regenerativen Energien stellt sich auch hier das Optimierungsproblem. Welchen maximalen Ertrag kann ich mit welchem Aufwand erzielen? Das ist immer die zentrale Frage, auch dann, wenn wir die natürliche Strömung der Gezeiten oder in Fließgewässern zur Elektrizitätsgewinnung nutzen.

Wie gehen Sie wissenschaftlich an diese Fragestellung heran?

Wir arbeiten im Fachgebiet nach einem besonderen Forschungsparadigma. Nicht die Maschine steht im Vordergrund, sondern das Gesamtsystem. Wenn etwa ein Hersteller von Turbinen für Laufwasserkraftwerke nicht von Anfang an den Fischschutz in seiner Planung mit berücksichtigt, wird

die von ihm konstruierte Turbine unter Umständen nicht rentabel betrieben werden können. Gerade bei der Nutzung regenerativer Energien ist nur ein ganzheitlicher Ansatz sinnvoll.

Welche Ziele verfolgen Sie mit Ihrer Grundlagenforschung zum Thema hydrokinetische Turbinen?

Wir versuchen, den Herstellern eine Orientierung für ihre Entwicklungsarbeit zu geben. Unser Ziel ist es, axiomatisch begründete und experimentell validierte Obergrenzen für mögliche Energieerträge bereit zu stellen und damit Planungssicherheit zu gewährleisten. Aus der System-sicht leiten wir die hinsichtlich des Ertrags optimalen Anforderungen an die Turbine ab. Damit schaffen wir die techno-ökonomischen Grundlagen für Hersteller, Planer, Betreiber und Investoren.

Wie ein guter Butler

Jan Peters, Informatik-Professor an der TU Darmstadt, lässt Roboter Tischtennis spielen oder Material nach Bedarf anreichern. Seine Maschinen lernen wie Kinder: durch Imitation und Selbstverbesserung.

Kleine Geschichte der jüngsten Robotik

- 1921 Der tschechische Schriftsteller Karel Čapek prägt den Begriff „Roboter“.
- 1954 Der erste Industrieroboter wird patentiert.
- 1961 General Motors setzt Roboter in der KFZ-Produktion ein.
- 1966 Shakey ist der erste mobile Roboter, der navigieren kann.
- 1993 Honda entwickelt den ersten humanoiden Roboter.
- 1997 Ein Roboter landet auf dem Mars.
- 2000 Roboter können Treppen steigen.
- 2007 Erster Helikopter-Roboter gewinnt Flug-Akrobatik-Wettbewerb durch Roboterlernen.
- 2002 Erster kommerziell verfügbarer Roboter saugt Staub.
- 2012 Der erste humanoide Roboter fliegt zur internationalen Raumstation.
- 2012 Google lässt Roboter Autofahren.

Informationen

Fachbereich Informatik Intelligente Autonome Systeme

Prof. Jan Peters, Ph.D.
Hochschulstr. 10, 64289 Darmstadt
Telefon: 06151/16-7351
E-Mail: mail@jan-peters.net
www.ausy.tu-darmstadt.de

— Von Hildegard Kaulen

Wie wird aus einem hilflosen Säugling jemand, der herumspaziert und zupackt? Diese Frage stellt sich Jan Peters jeden Tag. Der Robotik-Experte und seine Mitarbeiter wollen verstehen, wie Kinder motorische Aufgaben erlernen und wie man eine Maschine dazu bringt, es ihnen gleichzutun. Neugeborene verwenden zunächst ihre Reflexe und lernen dann zügig alles, was ihre Eltern ihnen vormachen. Dabei verallgemeinern Kinder sehr rasch und verbessern sich ständig. Wenn sie gelernt haben, Wasser aus einer Flasche in einen Becher zu gießen, können sie auch Milch aus einer Tüte in eine Tasse schütten. Sie haben das Prinzip des Ein-schenkens verstanden und werden mit jedem Glas, jeder Tasse, jedem Becher, den sie füllen, treffsicherer, bis dass kein Tropfen mehr danebengeht. Peters, der auch noch eine Arbeitsgruppe am Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme in Tübingen leitet, will, dass Maschinen lernen wie Kinder. Es geht nicht mehr darum, mit großem Aufwand eine unabänderbare Steuerung zu programmieren, sondern den Roboter zu befähigen, selbstständig nach Lösungen zu suchen. Dabei geht es Peters zunächst um die Prinzipien. „Die Anwendungen werden sich von selbst ergeben“, sagt der Robotik-Experte im Gespräch. „Irgendwann sollte ein lernender Roboter wie ein guter Butler sein oder wie eine mit dem menschlichen Nutzer verbundene dritte Hand. Er sollte das tun, was man von ihm erwartet und sich dabei immer wieder selbst verbessern.“

Peters Maschinen lernen nach dem Baukastenprinzip. Der Roboter-Experte entwickelt Algorithmen zum Zerlegen komplexer Bewegungen in Elementarbewegungen und zum Erlernen derselben Elementarbewegungen durch den Roboter. Dadurch entsteht eine Bewegungsdatenbank, aus welcher der Roboter die ursprünglichen Bewegungen wieder zusammensetzt oder neue komplexe Bewegungen entwickelt. Der Roboter verwendet hierzu Algorithmen des maschinellen Lernens. Diese formulieren unterschiedliche Abstufungen von Einsatzwahrscheinlichkeiten und unterscheiden effektive Lösungen von weniger effektiven Lösungen. Hierzu

werden Ähnlichkeiten zwischen Bewegungen berechnet und deren Auswirkungen verglichen. Wenn der Roboter in seinem Lösungsraum nach Lösungen sucht, muss er nicht zwangsläufig auf die stoßen, die die Menschen dem Roboter gezeigt haben oder die Menschen in einer vergleichbaren Situation nehmen würden. Peters nennt ein Beispiel: Eine Roboterhand soll lernen, nach einem Glas zu greifen. Sein Lehrer zeigt ihm, wie man das Glas mit der Handinnenfläche umschließt und festhält. Die Roboterhand setzt mit ihren Lernalgorithmen selbstständig einen neuen Bewegungsablauf zusammen, bei dem das Glas mit drei an die Glasinnenseite gepressten Roboter-Fingern festgehalten wird. Diese Lösung ist für Menschen unüblich und anstrengend. „Wir akzeptieren sie, weil sie den Zweck erfüllt, für den Roboter robuster ausführbar ist und dem eigentlichen Ziel nicht schadet“, sagt Peters und weist darauf, dass auch Menschen immer wieder neue Lösungen für Bewegungsabläufe finden. Etwa beim Hochsprung. Lange Zeit wurde die Stange nur mit aufrechtem Oberkörper oder bäuchlings übersprungen, bis Dick Fosbury in den 1960er Jahren auf die Idee kam, die Stange rücklings zu überspringen. Heute wird nur noch diese Fosbury-Flop-Technik verwendet.

Peters kam 2011 an die TU Darmstadt. Er leitet das Fachgebiet „Intelligente Autonome Systeme“. Der 38-Jährige hat Informatik, Elektrotechnik und Maschinenbau in München, Singapur und Los Angeles studiert, vier Masterabschlüsse gemacht, in Los Angeles promoviert und in München, Japan, Singapur, Los Angeles und Tübingen gearbeitet. Daneben interessiert sich Peters für Geschichte und viele andere Themen. Vermutlich faszinieren ihn die humanoiden Roboter gerade deshalb, weil er für deren Entwicklung Anleihen bei anderen Disziplinen machen muss, etwa in den Neurowissenschaften, den Kognitionswissenschaften und den Sportwissenschaften. Auf einen isolierten Aspekt festgelegt zu sein, ist für Peters ein Gräuöl. Er möchte immer wieder neu entscheiden können, welche Schwerpunkte er setzt. „Ich will mir die Steine, über

„Irgendwann sollte ein lernender Roboter das tun, was man von ihm erwartet, und sich immer wieder selbst verbessern.“



Abbildung: Katrin Binner

die ich stolpere, selbst in den Weg legen“, sagt er und das ist auch der Grund, warum er lieber an der Universität forscht und als in einem Unternehmen.

Damit ein Roboter selbstständig lernt, muss er sich selbst verbessern können. Das geschieht durch Belohnung und Bestrafung. Für einen Roboter sind Belohnung und Bestrafung allerdings nur Zahlen – zu maximierende Erwartungswerte, die er durch seine Bewegungslösungen verändert. Man nennt diese Art des maschinellen Lernens auch verstärkendes Lernen (Englisch: reinforcement learning). Bei Bedarf wird sein Lösungsraum erweitert. Peters nennt ein weiteres Beispiel. Zusammen mit seinem Team hat er einem Roboter-Arm beigebracht, Tischtennis zu spielen. Dabei zeigte sich, dass der Roboter zunächst nur mit der Vorhand spielen konnte, nicht mit der Rückhand. „Wir haben daraufhin Tischtennis-Profis nach ihrer Technik befragt“, sagt Peters. „Dabei stellte sich heraus, dass die Technik nicht das eigentliche Problem war. Profis schauen beim Spielen nicht auf den Ball, sondern nur auf den Gegner. Sie können aus den Bewegungen des Gegners ablesen, welche Flugbahn der Ball nehmen wird. Dadurch gewinnen sie Zeit – zum Beispiel für den Einsatz der Rückhand.“ Peters und seine Kollegen haben daraufhin den Lösungsraum des Roboters um die Wahrnehmung des Gegners erweitert. Nach einigem Training konnte der Roboter nicht nur 97 Prozent der Bälle aus einer Ballkanone parieren, sondern war für seine Lehrer ein ernstzunehmender Gegner geworden. In Zukunft sollen Roboter auch ernstzunehmendere Aufgaben erledigen

und mehr auf kompliziertere Reize aus der Umgebung reagieren können.

Brauchen wir solche lernenden Maschinen überhaupt? Grundsätzlich seien Roboter nicht mehr aus der Arbeitswelt wegzudenken, sagt Peters. Ohne Roboter wäre Deutschland kein konkurrenzfähiger Produktionsstandort. Allerdings muss ein Industrieroboter für jede Aufgabe neu programmiert werden. Das ist teuer. Deshalb gibt es einen großen Bedarf nach selbst-lernenden Maschinen in der Industrie. Peters sieht auch Bedarf im privaten Umfeld, etwa im Haushalt, in der Pflege oder als Einkaufshilfe. „Angesichts der veränderten Familienstrukturen und des demografischen Wandels werden wir gar keine andere Wahl haben, als uns von einem Roboter unterstützen zu lassen“, sagt er. Bis dahin müssen allerdings noch einige Probleme gelöst werden. Etwa die Entwicklung eines weichen und nachgiebigen Roboterarms. Die derzeit verwendeten Lösungen sind zu starr und können nicht ohne weiteres gestoppt werden, wenn die Bewegung aus dem Ruder läuft. Im häuslichen Umfeld kann das lebensgefährlich werden. Für einen weichen und nachgiebigen Roboterarm muss erst noch eine intelligente, lernende Regelungstechnik entwickelt werden. „Das kann schneller der Fall sein, als wir denken“, sagt Peters. „Manchmal werden durch maschinelles Lernen tatsächlich Probleme über Nacht gelöst.“

— Die Autorin ist Wissenschaftsjournalistin und promovierte Biologin.

Der kann das bald: Professor Jan Peters demonstriert einem zweihändigen Roboter-system die nötigen Schritte, um selbsttätig Möbel zu montieren.

Keine Warteschleifen im Web

Das Internet und seine Anwendungen wachsen unaufhörlich. Um das Web hochleistungsfähig zu halten, entwickeln Teams am Sonderforschungsbereich MAKI der TU Darmstadt dynamische Kommunikationsmechanismen.

— Von Jutta Witte

Diese Situation kennt jeder Internetnutzer: Gerade hat man seine Lieblingsserie auf YouTube gefunden und auf Abspielen gedrückt, ruckelt und hängt das Video, weil das Netz überlastet ist. Oder noch schlimmer: Das entscheidende Tor im Fußball-WM-Finale erreicht den Streamer später als seinen Nachbarn am Fernsehbildschirm, weil es Zeitverzögerungen bei der Übertragung des Spiels – so genannte Latenzen – gibt. Immer mehr Daten, Nutzer, Apps, Endgeräte, neue Kommunikationsformen wie Hashtags und Flashmobs oder Augmented-Reality-Spiele wie „Ingress“ bringen das Netz an seine Kapazitätsgrenzen, manchmal sogar zum Erliegen.

„Das Internet ist inzwischen zu einer treibenden Kraft für unsere Gesellschaft geworden und wird weiter für gravierende Umbrüche sorgen“, prognostiziert Professor Ralf Steinmetz, Leiter des DFG-Sonderforschungsbereichs „MAKI – Multi-Mechanismen-Adaption für das künftige Internet“. „Die Netzwerktechnologien müssen sich dieser Entwicklung anpassen und für eine verlässliche Qualität bei der Datenübertragung sorgen.“ Steinmetz und sein Team sind überzeugt, dass ein komplettes Neudesign des Netzes nicht die Lösung ist. Schon die Probleme bei der Umstellung auf das neue Internetprotokoll IPv6 zeigten, wie schwierig solche Reformen seien, erklärt Projektmitarbeiter Björn Richerzhagen. „Es ist eine unrealistische Grundannahme, man könne das Netz herunterfahren, umbauen und am nächsten Tag wieder hochfahren.“

Stattdessen setzen die Wissenschaftler auf das Prinzip Transition, also den dynamischen, reibungslosen und schichtenübergreifenden Austausch kompletter Kommunikationsmechanismen im laufenden Betrieb. „Damit können wir die Vielzahl an Diensten

mit ihren dazugehörigen Standards flexibel und effektiv nutzen“, glaubt Steinmetz. Wie dies aussehen könnte, zeigt der MAKI-Demonstrator, an dem Projektmitarbeiter Stefan Wilk gerade ein Video-streaming-Szenario simuliert. Ein zentraler Computer überträgt ein Livevideo und nach und nach versuchen die „User“ der sechs mobilen Endgeräte, den Film hochzuladen. Doch nur den ersten beiden gelingt es. Die anderen vier bleiben in der Warteschleife. Wilk drückt den MAKI-Button. Nun erkennt das System nicht nur die Überlastungssituation, sondern trifft auch die Entscheidung, zur Entlastung des Servers den zentralen Mechanismus gegen eine Peer-to-Peer-Übertragung auszutauschen. Die beiden Endgeräte, die das Video bereits empfangen haben, springen ein und übertragen den Film über eine WLAN-Verbindung weiter.

„Die Netzwerktechnologien müssen sich der unbruchartigen Entwicklung anpassen und für eine verlässliche Qualität bei der Datenübertragung sorgen.“

„Die Funktionalität des Netzes geht immer weiter in Richtung Nutzer und weg von den großen Providern“, berichtet Richerzhagen. Diese Entwicklung könnte nicht nur beim Videostreaming die Lösung sein, sondern auch, wenn es darum geht, die riesigen Datenmengen, die die Community heutzutage gerne bei Großereignissen austauscht, zu bewältigen. So sind zum Beispiel die Organisatoren des Münchner Oktoberfestes inzwischen dazu übergegangen, Zusatzempfänger aufzustellen, um plötzliche Übertragungs-

Peaks auszugleichen. Zielführender und auch kostengünstiger ist es aber nach Überzeugung der MAKI-Experten, wenn Smartphones im Notfall auf andere drahtlose Technologien wie WLAN, Bluetooth oder Near Field Communication ausweichen könnten. Dann würden sich auf der Münchner „Wiesn“ entweder – wie im beschriebenen Laborversuch – Peer-to-Peer-Verbindungen aufbauen oder spontane „Adhoc“-Netzwerke, in denen die Informationen in einer Art Schneeballsystem weiter gegeben werden.

„Dies würde Ressourcen sparen, die tragende Infrastruktur entlasten und auch die Übertragungsqualität verbessern“, sagt Richerzhagen. Der Elektroingenieur erforscht gerade im Rahmen des MAKI-



Experimentieren für die Kommunikationssysteme der Zukunft: Björn Richerzhagen, Ralf Steinmetz und Boris Koldehofe (v.l.).

Abbildung: Katrin Binner

Teilprojekts „Informationszentrische Sicht“ Wege, um Informationen, die an verschiedene Nutzer gehen sollen und häufig aktualisiert werden müssen, möglichst effizient zu verteilen. Das Kommunikationsparadigma Publish/Subscribe könnte eine Lösung bieten. Es entkoppelt Anbieter und Konsumenten einer Information, sorgt aber dennoch über Broker-Netzwerke oder Peer-to-Peer-Systeme dafür, dass sie den richtigen Adressaten erreicht. Hierfür „abonnieren“ die Empfänger Informationen nach individuellen Suchkriterien und erhalten eine Nachricht, wenn diese zur Verfügung stehen. Sender und Empfänger müssen sich hierfür nicht einmal kennen. Auf diese Weise entsteht ein flexibles Kommunikationssystem, das zum Beispiel bei Augmented Reality-Spielen wie „Ingress“ zum Einsatz kommen könnte. Das Taktikspiel, das derzeit in der Community boomt, verbindet reale Orte mit der virtuellen Spielwelt und verlangt Mobilität und Schnelligkeit. Zwei konkurrierende Fraktionen kämpfen um ein Territorium und versuchen, es sich über die virtuelle Eroberung strategisch wichtiger Orte wie dem Eiffelturm oder dem Brandenburger Tor zu sichern. Engpässe im Netz gibt es, weil die Spieler sich in der Regel spontan an den umkämpften (realen) Sehenswürdigkeiten versammeln, um ihre Kämpfe direkt vor Ort auszutragen.

Das **angedachte System** könnte für Entspannung sorgen: Die Spieler würden zwar über den Mobilfunk zusammen finden, vor Ort aber, sobald sie sich in Funkreichweite befinden, könnten ihre Smartphones automatisiert und nahtlos auf Bluetooth oder WLAN wechseln. Hierfür

müssten die jeweiligen Endgeräte bei MAKI registriert sein. Das System würde dann die Entscheidung treffen, welcher Mechanismus wann zum Einsatz kommt und diese Entscheidung über Publish/Subscribe veröffentlichen. Solche Szenarien gehören noch zu den Fernzielen des Grundlagenprojekts. Die Hauptaufgabe der Wissenschaftler ist es im Moment noch, anhand konkreter Anwendungsfälle bereits existierende Mechanismen zu beobachten und hieraus Bausteine für mögliche Transitionen und Modelle für ihr Zusammenwirken zu entwickeln. „Langfristig wollen wir eine Methodik entwickeln, mit der wir nicht nur auf die Veränderungen von Umgebungsbedingungen automatisch reagieren, sondern die Kommunikationssysteme auch proaktiv hierauf einstellen können“, sagt MAKI-Leiter Steinmetz. Dies könnte das weltweite Netz nach Einschätzung des Experten nicht nur nachhaltig verändern, sondern auch technologisch neu ordnen.

Die Autorin ist Wissenschaftsjournalistin und promovierte Historikerin.

Publikation

zum Thema Video Streaming: Wilk, S., Rückert, J., Stohr, D., Richerzhagen, B., & Effelsberg, W.: Efficient Video Streaming through Seamless Transitions Between Unicast and Broadcast (Demo). International Conference on Networked Systems (NetSys 2015). IEEE.

Daten und Fakten

MAKI steht für den von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) bewilligten Sonderforschungsbereich 1053 „Multi-Mechanismen-Adaption für das künftige Internet“. Er ist im Januar 2013 gestartet und wird zunächst für vier Jahre mit acht Millionen Euro gefördert. Unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. Ralf Steinmetz erforschen rund 50 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, davon 22 Promovierende, neue Konstruktionsmethoden, Modelle und Verfahren für die Kommunikationssysteme der Zukunft. Er ist unterteilt in die miteinander vernetzten Projektbereiche „Konstruktionsmethoden“, „Adaptionsmechanismen“ und „Kommunikationsmechanismen“. Neben dem Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik der TU Darmstadt sind auch die Fachbereiche für Informatik sowie für Gesellschafts- und Geschichtswissenschaften der TU Darmstadt, die Fachgruppe für Informatik der RWTH Aachen sowie das Department for Computer Science der University of Illinois an MAKI beteiligt.

Informationen

Sonderforschungsbereich
1053

Prof. Dr.-Ing. Ralf Steinmetz
(Sprecher)

Rundeturmstr. 10

64283 Darmstadt

Telefon: 06151/16-6010

E-Mail: sprecher@maki.tu-
darmstadt.de

www.maki.tu-darmstadt.de