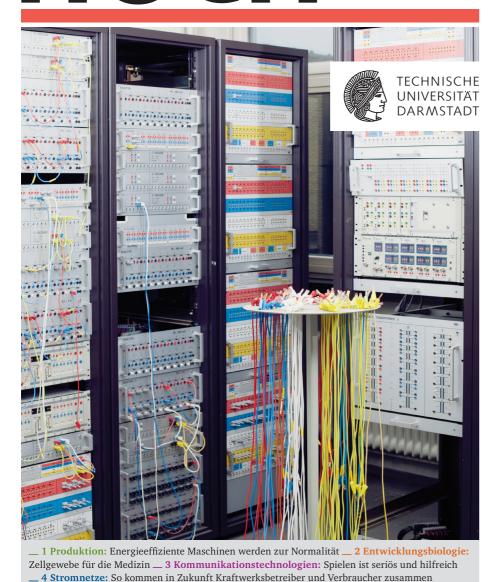
FORSCHEN Das Medium für Wissenschaft



hoch3FORSCHEN / Jahrgang 1 / November 2012



Effizienter Maschinenpark

Wissenschaftler am Institut für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen (PTW) senken den Energiebedarf von Produktionsmaschinen um die Hälfte.

Von Jutta Witte

MAG XS-211 heißt die Maschine, die normalerweise in der Automobilindustrie vollautomatisch Metallwerkstücke bearbeitet und nun in einer Werkshalle der TU Darmstadt als Forschungsobjekt dient. "Maximal 20 Prozent der Energie verbraucht diese Maschine für den Prozess", berichtet Sebastian Schrems, am PTW Gruppenleiter für das Thema Umweltgerechte Produktion. "Den Rest benötigt die Peripherie". Im Laufe des Projekts "Maximierung der Energieeffizienz von Produktionsmaschinen" (Maxiem) haben die Mitarbeiter der Forschungsgruppe nicht nur die Hauptverbraucher in der Maschine identifiziert und optimiert. Sie können auch den Energiebedarf einzelner Komponenten bereits in der Planungsphase vorhersagen.

Allein 60 Prozent des Gesamtenergiebedarfs wird von Hoch- und Niederdruckpumpen für Kühlschmierstoffe (KSS) benötigt. Hierbei wird dem Prozess derzeit mehr KSS zur Verfü-

I Informationen

Institut für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen Prof. Dr.-Ing. Eberhard Abele Telefon: 06151/16-2156 E-Mail: info@ptw.tu-darmstadt.de www.maxiem.eu

gung gestellt als benötigt wird. Die überschüssige Flüssigkeit muss ohne Nutzung zurück in den Tank gepumpt werden. Die Energie für das Pumpen des KSS-Überschusses wird also doppelt aufgebracht.

Eine ähnliche Verschwendung beobachteten die Ingenieure beim Kühlsystem der Motorspindel. Auch hier wird überschüssige Energie direkt vernichtet, statt bedarfsgerecht zur Verfügung zu stehen. "Das ist, als ob Sie in einem Einpersonenhaushalt eine Kühltruhe für die Großfamilie aufstellen", sagt PTW-Mitarbeiter Martin Beck. Durch den Einbau einer frequenzgeregelten Hochdruckpumpe erzielte das Projektteam erhebliche Einspareffekte.

Auch im Kühlsystem sorgt nun ein Drehzahlregler für eine bedarfsgerechte Versorgung. Allein die Hochdruckpumpe der MAG XS-211 verbraucht nach Berechnungen der Fachleute nun 75 Prozent weniger Energie. Die Anschaffung der effizienten Komponente würde sich bereits nach rund sieben Monaten über die eingesparte Energie amortisieren. Insgesamt spart die optimierte Werkzeugmaschine 52 Prozent

Die Werte überzeugen. Doch umweltgerechte Maschinen haben ihren Preis: "Das Kernproblem", sagt PTW-Institutsleiter Eberhard Abele, "sind die Investitionskosten, vor denen viele Anwender noch immer zurück schrecken". Dass das Geld sich mit Blick auf die Lebensdauer einer Maschine auszahle, sei in den Rechenmodellen vieler Unternehmen noch nicht verankert.

Die im Projekt "Maxiem" entwickelten Methoden sollen die Akzeptanz energieeffizienter Maschinen bei Anwendern und Herstellern erhöhen und ihnen Entscheidungshilfen an die Hand geben. Wichtig ist, dass die sparsameren Komponenten den Fertigungsprozess nicht beeinflussen und auch im Zuge von Retrofit-Prozessen eingebaut werden können. Ein neu entwickeltes Verfahren ermöglicht zudem, dass der Energiebedarf einzelner Bauteile ermittelt werden kann, bevor eine Werkzeugmaschine überhaupt in den Bau geht.

"Die größten Hebel", betont Schrems, "können wir in den frühen Planungsphasen eines Produktes betätigen." Als Grundlage für die Erarbeitung der späteren Konfigurationsalternativen dienen unter anderem Daten aus dem Lastenheft des Anwenders wie Nutzungszeiten der geplanten Werkzeugmaschine und die Ergebnisse der vom Hersteller durchgeführten

"Wir können jetzt die Energieverbräuche objektiv beurteilen und der Industrie praktikable Wege zur umweltgerechten Maschine aufzeigen", fasst Abele die Ergebnisse von "Maxiem" (www.maxiem.eu) zusammen. Anfang kommenden Jahres planen er und seine Gruppe dann das Projekt der effizienten "Eta-Modell-

Die Autorin ist Wissenschaftsjournalistin und promovierte Historikerin.



Der sparsamen Produktion gehört die Zukunft.

"Eta-Fabrik"

Der Name steht für Energieeffizienz-, Technologie- und Anwendungszentrum Projektbeginn: voraussichtlich 1. Quartal 2013 Ziele: Energieeffiziente Modellfabrik mit thermisch und elektrisch interagierenden Maschinen; interdisziplinäre Ausbildung von Studierenden und Industrievertretern www.eta-fabrik.de

Erforscht Grundlagen für Neues in der Biomedizin: Professor Paul G. Layer.

Netzhaut aus der Petrischale

Kugelförmiges Netzhautgewebe, gezüchtet aus Hühner-Stammzellen, ist ein vielseitiges Modellsystem, etwa im Tissue Engineering oder bei der Prüfung neuer Arzneien.

Hühnerembryonen unter dem Mikroskop.



Informationen

Neurogenetik Prof. Dr. Paul G. Layer

Schnittspahnstr. 10; 64287 Darmstadt Telefon: 06151/16-3800 E-Mail: layer@bio.tu-darmstadt.de

Von Uta Neubauer

Vorsichtig öffnet Paul G. Layer, Professor für Entwicklungsbiologie und Neurogenetik an der TU Darmstadt, den Brutschrank. Auf den ersten Blick sehen die durchsichtigen Plastikschälchen, die sich darin auf einer Schüttelmaschine stapeln, unspektakulär aus. Langsam schwappt der Inhalt, eine orangefarbene Nährbrühe, hin und her. Erst bei genauem Hinsehen entdeckt man die in der Flüssigkeit schwimmenden Zellkügelchen. "Das sind die Miniaugen", sagt Layer und schließt die Tür des Brutschranks schnell wieder. Zuviel Helligkeit stört das Experiment, denn Augen sind lichtempfindlich - und diese hier sind noch nicht mal ausgereift. Gute zwei Wochen müssen sie bei 37 Grad Celsius wachsen, bis sie etwa einen halben Millimeter dick sind. "Der

Wer die Netzhaut

erforscht, erfährt

auch viel über die

Entwicklung des

Glaskörper fehlt", erklärt Layer, "deswegen sind die Kügelchen kleiner als echte Augen." Die Zellklumpen bestehen aus kugelförmiger Netzhaut. Synapsen, lichtempfindliche Stäbchen und Zapfen: all das bildet sich in der Nährbrühe. "Unter Gehirns. dem Mikroskop sieht das wunderbar aus", betont Layer, der sich mit der

Netzhaut des Auges, der Retina, seit über drei Jahrzehnten beschäftigt: "Mittlerweile können wir die Entwicklung der Retina in der Petrischale verfolgen." Im Laufe der Jahre habe man viele Tricks gelernt. Die brauchen die Forscher auch, zumal sie die Miniaugen aus Stammzellen von Hühnerembryonen züchten.

Jeden Montagmorgen fährt Wolfgang Schäfer, Layers Sekretär, in das rund 15 Kilometer entfernte Dieburg und besorgt Hühnereier für die ganze Woche. Sechs bis acht Tage lang werden sie im Labor bebrütet. Dann entnehmen die Wissenschaftler die embryonale Netzhaut. Noch besitzt sie keine Fotorezeptoren, auch keine signalverarbeitenden Schichten, sondern besteht nur aus einer einzigen Zellsorte.

Im Hühnerembryo würden sich in den nächsten Tagen die verschiedenen Netzhautzellen entwickeln. Diesen Prozess verlagern die Darmstädter Forscher in die Petrischale. Zunächst zerlegen sie die entnommene Netzhaut mit Enzymen in einzelne Zellen. Eine einzige embryonale Retina liefert Millionen davon, die sich täglich noch verzehnfachen und weiterentwickeln, etwa zu Stäbchen oder Zapfen. Differenzierung nennen die Wissenschaftler diesen Prozess, den sie bis ins molekulare Detail beobachten: Welche Sub-

stanzen regen das Zellwachstum an und welche stoppen es? Warum entwickeln einige Zellen Fotorezeptoren, andere nicht? "Wir kontrollieren diese Prozesse, indem wir bestimmte Signalstoffe hinzugeben oder abfangen oder indem wir die Zellen genetisch verändern", erläutert Layer.

Die Netzhaut besitzt eine geordnete Schichtstruktur aus verschiedenen Zelltypen. Hier beweist die Natur eine erstaunliche Selbstorganisation, selbst außerhalb des Embryos: Die Zellen in der Petrischale kommunizieren miteinander und verbinden sich mit den richtigen Partnern. Der Clou, der die Partnersuche erleichtert, ist das permanente Schwenken der Nährbrühe. Deswegen stehen die Schälchen im Brutschrank auf der Schüttelmaschine.

> Die Netzhaut, die Layer und seine Kollegen mit dieser Technik züchten, besteht zwar aus Hühnerzellen, unterscheidet sich aber nicht grundlegend von menschlicher Netzhaut, denn die Retina aller Wirbeltiere vom Fisch bis zum Menschen ist vergleichbar aufgebaut. Menschen und Hühner ähneln sich diesbezüglich besonders, denn beide sehen Farben – im Gegensatz zu den sonst als Modellorganismen beliebten Mäusen, die als nachtaktive Tiere nur

Hell-Dunkel-Töne wahrnehmen. An der gezüchteten Netzhaut untersuchen die Wissenschaftler nicht nur die Entwicklung der Augen. "Die Retina ist ein Teil des Gehirns", unterstreicht Layer. Sie entwickelt sich aus dem Augenstiel, einem Auswuchs des Gehirns, und leitet Signale nicht nur weiter, sondern verarbeitet sie bereits. Wer sich mit der Netzhaut beschäftigt, erfährt daher auch viel über unser Denkorgan. Welche Faktoren steuern die embryonale Hirnbildung? Welche Stoffe stören die Prozesse und führen daher vielleicht zu Krankheiten? Auch solchen Fragen widmen sich die Darmstädter Forscher.

Interessant sind ihre Erkenntnisse zudem für das Tissue Engineering, für die Herstellung von Gewebe für medizinische Zwecke. Japanische und amerikanische Forscher testen aus menschlichen Stammzellen gezüchtete Netzhaut bereits, um Augenleiden zu behandeln. So zum Beispiel die bislang unheilbare Generkrankung Retinitis Pigmentosa, eine Netzhaut-Degeneration, bei der Fotorezeptoren absterben. "Bei der Retina-Züchtung für Transplantationen sind aber noch nicht alle Probleme gelöst", betont Layer und verweist auf das Krebsrisiko: "Stammzellen vermehren sich heftig und wenn man sie nicht richtig kontrolliert, verlassen sie den normalen Weg, wachsen übermäßig und bilden Tumore." Diese Mechanismen müssen noch weiter erforscht werden. Auch dafür eignen sich die Retina-Kügelchen.

Noch eine weitere Verwendung haben Layer und sein Team entdeckt: Die Zellkugeln sind ideale In-vitro-Prüfobjekte, um neue Pharmaka und andere Substanzen zu testen. Layers Doktorand Andreas Daus hat die Technik auf Herzund Nervenzellen übertragen und dafür kürzlich den Hessischen Tierschutz-Forschungspreis gewonnen.

Auch wenn die Miniaugen und die anderen Zellkügelchen nicht sehen können: Sie machen den Effekt von Wirkstoffen sichtbar und damit so manchen Tierversuch überflüssig.

Die Autorin ist Wissenschaftsjournalistin und promovierte Chemikerin.

Zellkugeln als In-vitro-Modelle

Für In-vitro-Tests von Pharmaka, Chemikalien und anderen Umwelteinflüssen werden meist flache Zellkulturen verwendet. Sie sind leicht herzustellen, ähneln echtem, dreidimensionalem Körpergewebe aber wenig.

Die in der Arbeitsgruppe von Professor Layer gezüchteten Retina-Kugeln hingegen wachsen mehrschichtig in drei Dimensionen und sind daher bessere In-vitro-Modelle. Ihre Produktion ist dank der von Layer perfektionierten Technik wenig aufwändig.

Zusammen mit dem GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung Darmstadt und der Hochschule Aschaffenburg untersucht Markus Löbrich, Strahlenbiologe und Professor an der TU Darmstadt, an den Retina-Kugeln die Wirkung von ionisierender Strahlung. Andrea Robitzki von der Universität Leipzig, ehemalige Mitarbeiterin von Layer, wiederum testet damit neue Arzneistoffe. Auch aus Krebszellen und vielen anderen Zelltypen lassen sich dreidimensionale Gewebemodelle herstellen. Layers Doktorand Andreas Daus fixiert Zellkugeln aus Herz- oder Nervenzellen auf einem Chip, den er an spezielle Mikroelektroden koppelt. Damit misst er die elektrische Erregung der Zellen ein starkes elektrisches Signal deutet auf einen großen Effekt hin. Die Kopplung der Zellkugeln an Mikrochips macht Hochdurchsatz-Untersuchungen möglich.



Fachgebiet Entwicklungsbiologie und

Serious Games

Am Fachgebiet Multimedia Kommunikation entstehen Computerspiele mit Mehrwert und vielfältigen Einsatzmöglichkeiten: von der Forschung in der Universität bis zur Rehabilitation im Altersheim.

Von Jutta Witte

Jana, Christian, Arend und ihre Mitschüler kommen zum Sportunterricht in die Turnhalle, ihr Lehrer erklärt die Übung – Rolle rückwärts in den Handstand – und schickt ein paar Kinder zurück, um Uhren und Schmuck auszuziehen, Matten werden ausgelegt. Und los geht es. Eine ganz normale Sportstunde? Fast, denn sie findet nur auf dem Bildschirm statt. Turnhalle und Geräte sind simuliert, die Menschen animiert und als Akteure des 3-D Lernspiels "Virtual Sports Teacher" im Einsatz. Das Spiel soll angehende Sportlehrer auf den rauen Schulalltag vorbereiten. Es ist eines von vielen Beispielen für Serious Games, wie Stefan Göbel und sein Team im Fachgebiet Multimediakommunikation (KOM) sie kreieren, entwickeln und testen: "Die besondere Herausforderung hierbei ist es, die unterhaltsamen Seiten bruchlos mit dem ernsten Inhalt zu verknüpfen", erklärt der Projektleiter. "Nur so können wir die künftigen Anwender langfristig motivieren."

Der Informatiker setzt auf interdisziplinäre Zusammenarbeit. So sind die KOM-Experten für die Basistechnologie zur Erstellung und Steuerung der Spiele zuständig. Herzstück ist ein Konfigurationswerkzeug namens StoryTec. Dieses modulare Programmiergerüst stellt eine Rapid Prototyping-Autorenumgebung zur Verfügung, die es auch technikaffinen Laien ermöglichen soll, interaktive und kollaborative Spielszenarien zu erstellen, zu steuern und zu testen. StoryTec ist auf den Plattformen PC, iOS, Android und HTML5 abspielbar und bietet den Vorteil, dass es je nach Anwendungszweck flexibel genutzt werden kann, egal, ob am Ende der Entwicklung ein Lernspiel, ein Gesundheitsspiel oder ein Marketingspiel steht.

Vom späteren Einsatzgebiet hängen nicht nur die unterschiedlichen Wissenschaften ab, die in die Spielentwicklung mit einfließen, sondern auch spezielle Parameter. Den Spielrahmen des "Sports Teacher" zum Beispiel bilden die 3-Dmodellierte Turnhalle nebst Sportgeräten und die über Motion-Capture-Aufnahmen geschaffenen Avatare. Mit Hilfe von StoryTec wird der genaue Inhalt der entsprechenden Sportstunde konfiguriert: "So schaffen wir einen kompletten Übungsbetrieb mit allen Problemen und Konfrontationen, die einen Sportlehrer in der Praxis erwarten", erklärt Josef Wiemeyer, Professor am Institut für Sportwissenschaften.

Neben der Simulation ist für den Bewegungswissenschaftler entscheidend, dass bei einem Serious Game "die Story packt." Das nach zweijähriger Entwicklungsarbeit entstandene Spiel bietet den Studierenden dem Skriptansatz folgend Spielsituationen für alle Eventualitäten wie undisziplinierte Schüler oder Sportverletzungen, die richtig behandelt werden müssen. Bei ersten Tests mit Studierenden kam das Spiel gut an. "Diese Zielgruppe ist an die gro-

■ Informationen

Multimedia Communications Lab - KOM Dr.-Ing. Stefan Göbel Rundeturmstr. 10 64283 Darmstadt Telefon: 06151/16-6149 E-Mail: stefan.goebel@kom.tu-darmstadt.de

ßen High End-Titel gewöhnt und damit an gewisse Mindeststandards", sagt allerdings KOM-Wissenschaftler Viktor Wendel. Deswegen werde an neuen Szenarien, an der Optik, der intuitiven Bedienung und anderen Details weiter gefeilt. Dass Serious Games nicht nur bei der Gruppe der so genannten Digital Natives punkten, sondern auch in der älteren Generation

oder bei kranken Menschen, sollen zwei Gesundheitsspiele aus der KOM-Werkstatt zeigen: "Wir wollen eine breite Anwendung dieser Spiele von Kindern bis zu Senioren und wir wollen sie dazu bringen, sich dauerhaft zu bewegen", sagt Göbel. Um Bewegungsspiele zu erstellen, die Spaß machen und medizinischen Aufsicht spielen." Ansprüchen genügen, haben die Wissenschaftler StoryTec

für Adaptionen und Personalisierungen weiter entwickelt und das Fachwissen von professionellen Spielentwicklern, Ärzten, Pflegern und Physiotherapeuten eingeholt.

Mit BalanceFit und ErgoActive sind zwei Exergames entstanden, die herkömmliche Medizinund Sportgeräte mit der modernen Spieletechnologie verbinden. Im Vordergrund von BalanceFit steht die individuelle Förderung von Geschicklichkeit, Feinmotorik und Gleichgewichtsgefühl. Eine Dame mit adretten grauen Haaren, die ihren Rollator für ein Testtraining geparkt hat, stellt sich der Herausforderung: Durch ihre Bewegungen auf dem Balance Board steuert sie eine schwarz-grüne Kugel auf dem Bildschirm und locht sie ein: "Die da rein zu

bringen", stellt die Seniorin zufrieden fest, "ist ein Kunststück". Anders als vergleichbare kommerzielle Spiele passt sich das Board mit Hilfe von vier Kraftsensoren, die den Schwerpunkt der Person ermitteln, den individuellen Bedürfnissen der Spieler an. Es reagiert so sensibel,

Sensorik

Games

(Fach-) Didaktik

Pädagogik

Digitale

Medien

"Fernziel ist es,

einer virtuellen

Trainingsgruppe

unter Therapeuten-

dass Patienten in

Psychologie

dass sportliche Senioren es ebenso spielen können wie Rollstuhlfahrer. Fünfzig Level bietet BalanceFit inzwischen. Künftig sollen sie sich automatisch an den Fitnesszustand jedes einzelnen Spielers anpassen.

Auch ErgoActive schlägt eine Brücke zwischen Fitnessgerät und Computerspiel. Das im Rahmen des hessischen Wissenschafts-Exzellenz-Projek-

tes "Games4Health" weiterentwickelte spezielle Ergometer soll mit Hilfe unterschiedlicher Spieleszenarien Abwechslung ins monotone Strampeln bringen und die Motivation vor allem junger Patienten aufrecht erhalten. So steuert der Proband über seine Trittfrequenz zum Beispiel den Flug einer Taube, die Briefe fangen muss. Eine Highscoreliste hält die Treffer fest und dokumentiert den Spielerfolg. Ärzten und Therapeuten übermittelt das Spiel mittels Sensoren die Vitaldaten - unter anderem die Pulsfrequenz – ihrer Patienten für die medizinische Auswertung. "Fernziel ist es", sagt Multimediaexperte Sandro Hardy, "mehrere Menschen in einer virtuellen Trainingsgruppe unter Aufsicht ihres Therapeuten mit und auch gegeneinander spielen zu lassen".

Themen der Serious Games

- Automotive
- **Service Provider**
- **Kultur & Tourismus** Telekommunikation
- Gesundheit
- Lernspiele
- Lehre & Ausbildung
- **Training & Simulation**

Seit wenigen Monaten wird ErgoActive in der Darmstädter Kinderklinik mit schwer übergewichtigen Kindern getestet, weiter optimiert und ausgewertet. "Wir brauchen den neutralen wissenschaftlichen Nachweis über die Wirkungsweise unserer Spiele", betont Projektleiter Göbel mit Blick auf spätere Praxisanwendungen der im KOM entwickelten Serious Games. Denn nur erfolgreiche Evaluationen, weiß der Experte, schaffen Akzeptanz und letztlich auch finanzielle Unterstützung für eine breite Markteinführung der "ernsten Spiele".

Die Autorin ist Wissenschaftsjournalistin und promovierte Historikerin.

Partner und Förderer

Virtual Sports Teacher: Hessisches Telemedia Technologie Kompetenz-Center (httc), Lehrstuhl Multimedia Kommunikation (KOM) der TU Darmstadt, Institute für Sportwissenschaften der TU Darmstadt und der Universität Gießen, Fachbereich Media der Hochschule Darmstadt. Hessisches Wissenschafts-Ministerium BalanceFit: httc, KOM, Alten- und Pflegeheim Emilstraße des Klinikums Darmstadt, Agaplesion Elisabethenstift Darmstadt, Wilhelmine-Thoss-

ErgoActive: KOM, Exzellenzinitiative LOEWE Hessen ModellProjekte, Zuuka GmbH, KTX Software und Darmstädter Kinderkliniken Prinzessin Margaret, Institute für Angewandte Kognitionspsychologie und Sportwissenschaft, Forum Interdisziplinäre Forschung der TU Darmstadt www.kom.tu-darmstadt.de/serious-games



Entscheidend ist, dass bei einem Serious Game "die Story packt".



Expertin für Energie-Trassen der Zukunft: Jutta Hanson.

Die Netzplanerin

Die Herkulesaufgabe hat einen Namen: Energiewende. Sie wird nur mit einem anderen und besseren Stromnetz gelingen. Professor Dr. Jutta Hanson weiß, was für den Umbau nötig ist.

___ Von Hildegard Kaulen

Jutta Hanson entwickelt Konzepte. Sie arbeitet an mathematischen Lösungen für den stabilen und sicheren Netzausbau und Betrieb. "Wir kümmern uns nicht um die einzelnen Komponenten der Energiewende", sagt die Professorin und Leiterin des Fachgebiets Elektrische Energieversorgung unter Einsatz erneuerbarer Energien an der TU Darmstadt. "Wir entwickeln keine besseren Freileitungen, Erdkabel oder neue Formen der Energiespeicherung, sondern wir berechnen, wie sich das Stromnetz unter den veränderten Bedingungen der Energiewende verhalten wird und wie es geführt werden muss. Wir definieren Anforderungen. Wir werden es in Zukunft mit einem Netz zu tun haben, in das fluktuierende Mengen an Strom aus erneuerbaren Energien eingespeist werden und bei dem der fehlende Lastfluss aus flexibel zugeschalteten konventionellen Kraftwerken gedeckt werden muss. Außerdem werden Stromkunden in ein Verteilnetz einspeisen, das bisher nur für die Abgabe ausgelegt ist."

Die Fragen, die sich Jutta Hanson und ihre Arbeitsgruppe stellen, lauten unter anderem: Wie kann die Stabilität und Spannungsqualität im Netz unter den Bedingungen der Energiewende gesichert werden? Wie kann man unter diesen Bedingungen eine zuverlässige und bedarfsgerechte Versorgung gewährleisten? Und: Welche Schutz- und Rückfallkonzepte müssen eingeplant werden, damit ein Teil- oder Totalausfall der Stromversorgung verhindert wird? "Wir gewinnen durch unsere Berechnungen genaue Vorstellungen davon, wie sich bestimmte Veränderungen auf den Aus- und Umbau des Stromnetzes und dessen Betrieb auswirken werden", so Hanson. "Daraus leiten wir Vorgaben für die Planung und Optimierung ab."

Hanson ist seit rund einem Jahr an der TU Darmstadt. Die Elektrotechnikerin hat zuvor beim Unternehmen ABB Konzepte entwickelt, wie Netze leistungsfähiger gemacht werden können und berechnet, wie Strom aus solarthermischen Kraftwerken in der Sahara oder Offshore-Windparks vor der Küste Niedersachsens optimal ins zentrale Energienetz eingespeist werden kann.

Informationen

Fachgebiet Elektrische Energieversorgung unter Einsatz erneuerbarer Energien Prof. Dr.-Ing. Jutta Hanson Landgraf-Georg-Str. 4; 64283 Darmstadt Telefon: 06151/16-3015 E-Mail: mail@e5.tu-darmstadt.de

Energieverteilung Vergangenheit Zukunft 220 kV/380 kV 110 kV Kraft-Kraft-Industrie-/ Industrie-/ Gewerbe Gewerbe 10 kV/20 kV Industrie-/ Blockheiz-Industrie-/ Photovoltaik-Windkraft-Biogas kraftwerk Gewerbe Anlagen anlagen anlagen (BHKW) Haushalt Haushalt Haushalt Haushalt Haushalt PV-Anlage Elektroauto mit Speicher

"Es geht um eine

völlig neue Kraft-

werksdynamik, zu

gen anstellen."

der wir Berechnun-

Künftige Stromerzeugung und Verteilung

Neben der zentralen Stromerzeugung in

- Reben der zentralen Stromerzeugung in
 Großkraftwerken wird eine gewaltige
 Menge an Strom weit entfernt in der Wüste
 und im Meer erzeugt werden.
- __ Strom wird als Gleich- oder Wechselstrom transportiert werden, je nach Distanz.
- __ Für die Speicherung elektrischer Energie fehlt noch eine wirtschaftliche Lösung.
- Stromkunden werden zu Stromerzeugern und speisen selbstproduzierten Strom aus erneuerbaren Energien dezentral in das Verteilnetz ein, das dadurch zu einem Verteil- und Sammelnetz wird.
- Die Richtung des Leistungsflusses wird nicht mehr eindeutig sein, weil Stromverbrauch und Stromerzeugung nicht mehr strikt getrennt sein werden.

Beim Stromtransport geht es unter anderem um die Übertragungsleistung. Strom wird derzeit als Drehstrom transportiert. Dabei werden aber keine großen Distanzen überbrückt. Der Transport über große Entfernungen

ist nur mit noch höheren Spannungen bei erheblichen Verlusten möglich. Gleichstrom kennt dieses Problem nicht. Für den effizienten Ferntransport wird es in Zukunft Gleichstrom-Autobahnen geben. Diese sollen über das existierende Hochspannungsnetz gelegt werden. Man spricht deshalb auch von einem Overlay-Netz. "Wir wer-

den es mit einem Hybridnetz aus Gleichstrom und Drehstrom zu tun haben", sagt Hanson. "Wir berechnen, wie solche Hybridnetze zusammenwirken und welche Anforderungen an das Overlay-Netz gestellt werden müssen".

Dabei hat sie auch die Netzführung im Blick. Das Gleichgewicht zwischen Erzeugung und Verbrauch wird so geregelt, dass es einer Führungsgröße folgt. Im Drehstromnetz ist das eine Frequenz von 50 Hertz. "Für das Gleichstromnetz muss erst einmal eine solche Führungsgröße definiert werden", sagt die Professorin. "Wenn weder Strom noch Spannung eine Frequenz aufweisen, ist das gar nicht so einfach."

Auch mit der Schwungmasse, über die elektrische Energie kurzzeitig gespeichert wird, beschäftigt sich die Wissenschaftlerin. Schwungmasse hilft Unregelmäßigkeiten bei der Einspeisung von

Wind- und Sonnenenergie abzufangen und Schwankungen im Lastfluss auszugleichen. "Wir wissen derzeit nicht, wie groß die Schwungmasse bei der volatilen Einspeisung von Strom aus Sonne und Wind sein muss. Wenn wir diese Frage beantwortet haben, werden wir ein großes Stück vorangekommen sein."

Versorgungszuverlässigkeit ist ein weiteres Schwerpunktthema. Sonne und Wind sind keine zuverlässigen Erzeuger. Vor allem im Winter, wenn viel Energie gebraucht wird, sind die Tage kurz und die Sonneneinstrahlung ist gering. Weil Strom noch nicht in großem Umfang gespeichert werden kann, müssen diese Lücken bei der Lastabdeckung mit konventionellen Kraftwerken geschlossen werden. Dazu werden diese flexibel an- und abgeschaltet. Außerdem soll die von den konventionellen Kraftwerken bereitgestellte Restlast immer kleiner werden, weil Sonne und Wind zuverlässiger verstromt und bald auch effizient gespeichert werden. Hanson: "Bisher

wurden Kraftwerke auf maximale Leistung optimiert, nicht auf die Bereitstellung einer Teillast. Auch der Wirkungsgrad wurde für maximale Leistung optimiert. Die heutigen Kraftwerke werden auch nicht ständig an- und abgeschaltet. Bei einer solchen Betriebsweise steigen die Kosten bei sinkender Einspeisung ins Netz. Das macht den Betrieb immer unrentabler. Es geht also um eine völlig neue Kraftwerksdynamik, zu der wir Berechnungen anstellen."

In Zukunft wird auch die Richtung des Leistungsflusses nicht mehr eindeutig sein. Heute wird der Strom vor allem zentral in Großkraftwerken erzeugt und zum Stromkunden transportiert. Bald werden immer mehr Stromkunden mit einer Photovoltaik-Anlage auf dem Dach oder einem Bürgerwindrad vor der Stadt dezentral Strom in das Verteilnetz vor Ort einspeisen. "Es gibt sogar ein Kunstwort für diese Gruppe", sagt Hanson. "Sie heißen Prosumer, abgeleitet aus den englischen Wörtern für Produzent und Konsument". Bisher hatten die Netzbetreiber nur die Aufgabe, Kunden an das Stromnetz anzubinden. Jetzt müssen sie auch Strom entgegennehmen. Aus dem reinen Verteilnetz wird so ein Verteilund Sammelnetz. "Eine von vielen Herausforderungen bei der Energiewende."

Die Autorin ist Wissenschaftsjournalistin und promovierte Biologin.