

ten. Das Tremolo dieser Heldengeschichten mag sich daraus ergeben, dass „Lebenspenden“ das Plädoyer einer Betroffenen ist. Dennoch ist Drakulićs Buch ein wichtiger Beitrag zur Debatte über ein neues medizinisches Phänomen. Es wirft moralische, ethische, psychologische und philosophische Fragen auf: Ist es richtig, einen gesunden Menschen einem mit – wenn auch geringen – Risiken behafteten Eingriff zu unterziehen, der nicht direkt das Leben eines anderen rettet? Ist es moralisch angreifbar, eine Niere zu spenden, um Selbsterfüllung zu finden? Und: Wenn der Mensch die Fähigkeit hat, Gutes zu tun, liegt darin nicht eine Aufforderung an jeden Einzelnen?

„Wenn ein halbes Prozent der Menschen zu einer Nierenspende bereit wäre“, rechnet Drakulić vor, und davon wiederum nur jeder Hundertste als Spender akzeptiert würde, „wären das immer noch genug Spender, um jeden Patienten auf der Warteliste zu versorgen“.

In Deutschland ist die Spende aus Sorge vor Organhandel allerdings nur an Verwandte, Ehepartner oder enge Freunde möglich. Eine Niere in einen anonymen Empfängerpool einzuspeisen, verbietet das Organspendengesetz bislang; und nur eine Minderheit in der Kommission „Recht und Ethik der modernen Medizin“ des Bundestags möchte dies zurzeit ändern.

Andererseits warten allein in Deutschland rund 9500 Patienten auf eine neue Niere. Ein Drittel von ihnen wird voraussichtlich sterben, weil es nicht genügend Spenderorgane gibt. Um ihnen zu helfen, würden viele Transplantationsmediziner, ebenso wie die Experten der Bundesärztekammer, die Möglichkeit der anonymen, unentgeltlichen Lebenspende begrüßen.

„Wenn der Spender körperlich und psychisch gesund ist und wenn er nicht glaubt, sich vor dem Herrgott reinwaschen zu müssen oder mit seinem Opfer kompensieren zu können, was im Leben schiefgelaufen ist“, sagt der Transplantationsexperte Manfred Stangl vom Münchner Klinikum rechts der Isar, „dann ist die Belastung aus medizinischer Sicht vertretbar. Wir operieren am Mittwoch, und am Montag geht der Spender wieder nach Hause.“

Eine amerikanische Studie mit 47 996 Spendern hat ergeben, dass ihr Risiko, später selbst Dialysepatienten zu werden, nur um 0,01 Prozent erhöht ist.

Eine schwedische Studie mit 370 Nierenspendern aus den Jahren 1964 bis 1995 kam zu dem Ergebnis, dass deren körperliche Verfassung sogar geringfügig besser war als die einer Kontrollgruppe aus der Durchschnittsbevölkerung – was wohl daher rührte, dass die Organspender mehr auf ihre Gesundheit achten.

Weniger als ein Prozent der Spender be-reuten später ihre Entscheidung.

BEATE LAKOTTA



AUTOMATION

## Wandernde Regale

Roboter erobern die Warenlager – zu Hunderten schleppen sie Güter dorthin, wo sie gebraucht werden. Die Idee entstammt der Fußballweltmeisterschaft für Maschinenkicker.

**D**iese Roboter sind auch mal für ein Tänzchen zu haben, gleich hier vor den Lagerregalen. Links herum, rechts herum rollt die galante Schar; im Gleichtakt geht es hin und her. Es erklingt der „Nussknacker“ von Tschaikowski.

Die Tänzer, die sich da so manierlich drehen, sehen freilich eher aus wie rollende Trittschemel. Das Lagerhausballett trat auch nur für ein Werbefilmchen auf. Die US-Firma Kiva Systems wollte vorführen, wie flink und langsam ihre neuartigen Roboter geraten sind.

Bei der Arbeit geht es anders zu. Rund 500 rollende Roboter sind in einem Warenlager des Bürobedarfsriesen Staples im Einsatz. Kreuz und quer eilen sie durch die Halle. Viele tragen mannshohe Regale mit sich. Hie und da rollt ein unbeladener Roboter unter ein abgestelltes Regal; dort schraubt er sich empor, bis die Fracht vom Boden abhebt. Dann eilt er damit davon wie eine Ameise mit ihrer Beute.

Das Gewimmel in der Halle ist auf den ersten Blick unbegreiflich. Überall rollen die Roboter herum, oft in kleinen Kolonnen dicht an dicht. Die einen scheren plötzlich aus, andere reihen sich ein, aber selbst wo Pfade sich kreuzen, stoßen die Gefährte doch nie zusammen. Ein jedes strebt traumwandlerisch auf sein Ziel zu.

Am Rand der Lagerhalle warten menschliche Arbeiter an Packtischen. Kommt ein Roboter herbei, nimmt der Packer die bestellte Ware aus dem Regal und steckt sie in das Paket, das er gerade zum Versand fertig macht. Der kleine Spediteur bleibt stehen, bis die Entnahme quittiert ist; dann trollt er sich wieder.

Hier tritt erstmals der Roboter als Massenphänomen in Aktion. Sonst kennt man ihn als niedlichen Maschinenzweig in menschenähnlicher Gestalt oder als gigantisches Unikum, das festgeschraubt auf dem Fabrikboden ganze Autos zusammenschweißt. Die Geschöpfe von Kiva sind dagegen bescheidene, gesichtslose Klone; es



### Kiva-Roboter im Lager der Firma Staples *Ballett der rollenden Zwerge*

1999 traten die „Big Red Bots“, Kästchen auf Rollen, erstmals bei einer Weltmeisterschaft an. Sie errangen sofort den Titel, danach noch dreimal. Die Ära der „Big Reds“ ging erst 2005 zu Ende, als die „FU Fighters“ von der Freien Universität Berlin sie mit 4:0 vom Platz fetten.

Zu dieser Zeit aber grübelte D'Andrea längst über der Frage, wie die gewonnenen Erkenntnisse sich im Erwerbsleben nutzen ließen. Am Ball wirkten zwar selbst die Spitzensportler unter den Maschinen noch eher hölzern und konfus. Doch für ehrbare Lagerarbeit, dachte der Forscher, wären Roboter schon gut genug.

So kam es, dass in den rollenden Tönnchen nun ein paar Gene der alten Big Reds stecken. Im Lager wie auf dem Platz geht es um das Zusammenspiel selbständig agierender Maschinen. Jeder Roboter hat deshalb seine eigene Software; Fachleute sprechen von Agentenprogrammen. Nur wenig wird zentral geregelt. Die Maschinen handeln selbst aus, wer welchen Transportauftrag übernimmt, sie suchen sich ihre Wege, und sie regeln an den Kreuzungen die Vorfahrt.

Die Software dafür steckt allerdings nicht in den Robotern selbst, sondern im Steuercomputer – für jedes Rollmobil ein eigenes Programm. Technisch macht das keinen Unterschied, es ist nur die billigere Lösung: Die flinken Spediteure stehen über ein Wifi-Funknetz stets in Verbindung mit ihrem ausgelagerten Gehirn.

Auch die Navigation geht denkbar simpel vonstatten: Auf dem Boden sind in regelmäßigen Abständen Etiketten mit Barcodes angebracht. Die Roboter lesen im Vorbeirollen mit ihrer Kamera, wo sie sich gerade befinden, und melden ihre Position dem Steuercomputer. So braucht das einzelne Gefährt nicht viel mehr Grips als eine Supermarktkasse.

Bislang war die Lagertechnik eine Disziplin mit wenig Glanz. Doch ist gerade hier der Neuerungsdruck inzwischen enorm. Das Versandgeschäft blüht. Speziell der Online-Handel wächst zum Beispiel in Deutschland jedes Jahr um rund zehn Prozent. Und der Kunde gewöhnt sich an prompte Belieferung; er will auf die Freuden des Impulskaufs auch im Internet nicht mehr verzichten.

Deshalb sind bereits allerhand Geräte in Entwicklung, die den Umschlag beschleunigen: vom selbständigen Transportmobil bis hin zum stationären Roboter mit Greifarmen, der Pakete verschiedener Größe automatisch auf Paletten stapelt. Die Offenbacher Firma Dematic, mit rund 4000 Mitarbeitern eine der Branchengrößen, hat selbstfahrende Wägelchen für Regallager

im Programm. Diese rollen auf Schienen am Hochregal entlang, ein jedes auf einer Etage. Mit Greifern ziehen sie die Warenbehälter aus dem Regal, dann rollen sie damit auf einen Lift, der nach unten führt. Flink wie Fassadenkletterer räumen sie so die Fächer aus und ein.

Diese Rollwagen, genannt Multishuttle, will die Firma jetzt ebenfalls in mobile Roboter verwandeln. „Das Ziel ist ein Multishuttle, das nicht nur mit dem Lift nach unten fährt, sondern selbständig weiter zum Packarbeiter rollt“, sagt Volker Jungbluth, bei Dematic zuständig für die Fördertechnik.

Der Bedarf im Warenhandel sei hoch, meint Jungbluth, besonders bei Versandhäusern wie Quelle oder Neckermann. Selbst im modernen Leipziger Versandzentrum von Quelle holen bislang noch Arbeiter die bestellten Waren aus den Regalen. „Ein sehr urtümliches System“, sagt Jungbluth. Das gilt sogar für den Internet-Versender Amazon: „Auch da laufen noch sehr viele Menschen in den Hallen herum.“

Am Ende dürfte aber in vielen Lagern nur noch der Mensch übrig bleiben, der am Packtisch die Versandpakete befüllt. Seine Position ist auf absehbare Zeit sicher. Nur er kann gleichermaßen mit Stehlampen, Flachbildschirmen, Sommer-

röcken und Handtüchern hantieren. Es gab Versuche mit mechanischen Greifarmen; diese blamierten sich aber vor allem bei weichen, nachgiebigen Artikeln ohne definierte Ecken und Kanten.

In den übrigen Bereichen schreitet die Automatisierung voran. „Die Entwicklung geht hin zu immer kleineren Sys-

temen, die flexibel und autonom agieren“, sagt Michael ten Hompel, Leiter des Fraunhofer-Instituts für Materialfluss und Logistik in Dortmund. „Aber die Kiva-Lösung ist schon etwas Besonderes.“

Und die US-Firma arbeitet bereits an der nächsten Stufe der Robotisierung. „Unser System ist nicht nur fürs Lager, sondern auch für die Herstellung gut“, sagt Mick Mountz, Gründer und Geschäftsführer von Kiva. In der Massenproduktion herrscht nach wie vor das Prinzip des Fließbands; es geht zu wie vor hundert Jahren, als in den Schlachthöfen von Chicago die Rinderhälften an Ketten baumelnd von Arbeiter zu Arbeiter rasselten.

Das Fließband hat jedoch seine Nachteile: Kommt es zu einer Stockung, haben alle zu warten, bis das Band wieder läuft. Und bevor ein neues Produkt in Serie geht, muss oft genug die ganze Fertigungsstraße umgebaut werden. Roboter als rollende Zuträger, meint Mountz, könnten das Fließband erübrigen: „Sie bringen jedem Monteur, was er gerade braucht.“

MANFRED DWORSCHAK

**Im Vorbeirollen  
lesen die  
Roboter mit  
ihrer Kamera,  
wo in der Halle  
sie sich gerade  
befinden.**

geht einzig um Effizienz und die Macht der großen Zahl.

Früher mussten die Lagerarbeiter noch selbst zwischen langen Regalreihen umherlaufen und, je nach Bestellung, Bleistiftspitzer, Taschenrechner oder Schnellhefter einsammeln. Seit sie alles herbeikut-schiert bekommen, schaffen sie mindestens die doppelte Menge Pakete.

Die Firma Kiva, gegründet erst 2003 in der Nähe von Boston, kam mit ihrer Erfindung in den USA schnell ins Geschäft. Nach Staples haben auch die Drogeriekette Walgreens und der Online-Schuhhändler Zappos bereits je ein paar hundert Roboter engagiert. „Derzeit bereiten wir für 30 weitere Kunden den Einsatz vor“, sagt Kiva-Sprecher Mitch Rosenberg.

Mit dieser Technik ändert sich die Vorstellung davon, was ein Warenlager ist. Aufwendig montierte Förderstraßen, Schütten und Sortierkreisel sind nicht mehr nötig. Vor allem gibt es keine festen Stellplätze mehr; die Regale sind beständig auf Wanderschaft. Der Computer, der die Roboter dirigiert, weist den Waren ihre Position je nach Bedarf zu. Selten Gefragtes wandert immer weiter nach hinten, Schnelldreher bleiben nahe an den Packstationen.

Die Steuerung der wandernden Regale entstammt der Welt des Sports. Einer der Firmengründer, der Robotikprofessor Raffaello D'Andrea, entwickelte mit seinen Studenten die gefürchteten Roboterfußballer der New Yorker Cornell University.