

Langsamer geht's schneller

Mit scheinbar kontra-intuitiven Ratschlägen steigern Physiker die Effizienz von Industrieanlagen.

Autor: Ralf Krauter
Erscheinungsdatum: 4. April 2006

MANUSKRIFT

Dresden – Samstag vormittag in der Innenstadt: Am Ende der Fußgängerzone warten Passanten mit Einkaufstüten auf eine Lücke im fließenden Verkehr. Weil große Lücken selten sind, nutzt mancher Ungeduldige eine, die zu klein ist, um die Straße sicher zu überqueren. Die Autofahrer bremsen, der Verkehr kommt zum Stillstand, weitere Passanten hasten über die Straße. Dumm für die Autofahrer, aber gut für die Fußgänger? Stimmt nicht. Denn sobald sich der gestaute Autopulk wieder in Bewegung setzt, bleiben selbst kurze Lücken im Verkehr minutenlang Mangelware. Die mittlere Wartezeit der nachfolgenden Passanten steigt. „Sowohl Autofahrer als auch Fußgänger sind schlechter dran, wenn der fließende Verkehr beeinträchtigt wird“, sagt der Physiker Dirk Helbing. Der Professor am Institut für Wirtschaft und Verkehr der Technischen Universität Dresden hat das Treiben in der Fußgängerzone mit Videokameras analysiert. Sein Fazit: „Langsamer geht's häufig schneller.“ Ähnlich paradoxe Effekte haben die Forscher nun auch bei industriellen Produktionssystemen entdeckt. Vergangene Woche haben sie ihre Ergebnisse auf der Physikertagung in Dresden präsentiert.

Dirk Helbings Expertise bei der Optimierung von Verkehrs- und Materialflüssen ist in der Wirtschaft gefragt. Die Namen seiner Auftraggeber darf er allerdings nicht verraten – schließlich geht es um sensible Informationen. Helbings Entdeckung der Langsamkeit geht auf das Jahr 2000 zurück. Damals untersuchte er das Fluchtverhalten panischer Fußgängergruppen und erkannte: Wenn jeder nur versucht, möglichst schnell durch einen engen Notausgang zu entkommen, führt das Drängeln zu Reibungseffekten, die den Menschenstrom ins Stocken bringen. Was aus der Sicht des Einzelnen logisch erscheint, macht bei der Räumung eines Saales keinen Sinn - ruhige und geordnete Bewegung wäre viel effizienter. „Je mehr wir ein System an seine Kapazitätsgrenzen treiben, umso größer ist die Gefahr, dass es solche Blockade-Effekte gibt“, sagt Dirk Helbing. Vom Straßenverkehr ist das lange bekannt. Doch auch auf Containerhäfen, in der Halbleiterfertigung und bei der Papierherstellung gibt es vergleichbare Probleme – nur dass dort keine gesperrte Fahrspur zum Engpass führt, sondern kranke Mitarbeiter oder eine ausgefallene Maschine. Für die Verkehrsforscher sind das aber Marginalien. Die mathematischen Modelle sind ähnlich und lassen sich erfolgreich auf Fertigungsprozesse übertragen. „Dirk Helbing nutzt Methoden aus der theoretischen Physik auf originelle und vielversprechende Weise“, urteilt Stefan Bornholdt, Physik-Professor an der Universität Bremen und Vorsitzender des Arbeitskreises sozio-ökonomische Systeme

der Deutschen Physikalischen Gesellschaft DPG. Ergebnis der rechnergestützten Entschleunigung: Höherer Durchsatz, verringerte Kosten, gesteigerte Effizienz. Beispiel 1: Bei der Analyse des Frachtumschlags auf einem Containerhafen, wurde den Dresdener Experten schnell klar, dass die fahrerlosen Vehikel, die die Container von den Schiffen zu den Lagerhallen fahren, meistens nutzlos herumstehen. Um Unfälle zu vermeiden, gab es einen ausgedehnten Sicherheitsbereich um jedes der Fahrzeuge – weshalb diese sich häufig im Weg standen und sich gegenseitig blockierten. „Wir haben dann vorgeschlagen, die Geschwindigkeit zu reduzieren“, erklärt Dirk Helbing. Die einzelnen Fahrten dauern dadurch zwar länger. Dafür konnte der Stillstand verringert werden, weil bei kleinerer Geschwindigkeit auch nur ein kleiner Sicherheitsradius nötig ist. In der Summe ergab sich damit eine Effizienzsteigerung von rund 20 Prozent.

Beispiel 2: Bei einem Chiphersteller limitierte die Kapazität eines Roboter-Greifarms den Durchsatz. Um die winzigen Transistoren und Leiterbahnen zu erzeugen, werden Siliziumscheiben in Becken mit verschiedenen Flüssigkeiten getaucht – ähnlich wie bei der Entwicklung eines Farbfilmes. Die chemischen Prozesse sind zeitkritisch. Bleibt ein Silizium-Wafer einen Tick zu lang in einem Bassin, droht sinkende Qualität und teurer Ausschuss. Um Prioritätskonflikte des Greifers, der die Wafer von einem Becken ins nächste hievt, zu vermeiden, gab es zwischen den einzelnen Prozessschritten lange Pausen. „Diese Wartezeiten zerstörten die ganze Effizienz“, erinnert sich Dirk Helbing. Der Experte riet auch hier zur Entschleunigung. Die Strukturierungsvorgänge laufen heute langsamer, die als Sicherheitspuffer einkalkulierten Wartezeiten sind deshalb kleiner, der Durchsatz stieg um ein Drittel – von 170 Wafers pro Stunde auf 230.

Beispiel 3: In einer Verpackungsfabrik galt eine viele Millionen Euro teure Maschine zur Pappherstellung als Flaschenhals der Produktion. Die Maschine war regelmäßig defekt. Solange sie funktionierte, ließ der Betreiber sie deshalb immer mit maximaler Leistung laufen – nach dem Motto: Was man hat, hat man. Nachdem die Dresdener Fachleute das komplette Produktionssystem im Rechner modelliert hatten, wurde aber klar, dass der eigentlich Engpass bei der Weiterverarbeitung der fertigen Pappstapel lag. Helbing und sein Team empfahlen, die anfällige Maschine zu drosseln und immer nur solange laufen zu lassen, bis der nachfolgende Speicher zu 60 Prozent gefüllt ist. Dann wird die Maschine kurz abgeschaltet und gereinigt. Durch diese aktive Wartung stieg die Produktion um 14 Prozent.

Die Beispiele belegen, dass bei der Optimierung komplexer Systeme weniger häufig mehr ist. „Man muss aufpassen, dass die einzelnen Prozesse sehr genau aufeinander abgestimmt werden“, sagt Dirk Helbing und will seine mathematischen Modelle in Zukunft auch einsetzen, um die Effizienz von Datenströmen und Verwaltungsprozessen zu erhöhen. Stefan Bornoldt von der Universität Bremen ist überzeugt, dass die unkonventionellen Methoden seines Dresdener Kollegen nicht nur in der Produktionstechnik Einzug halten: „Das wird auch in anderen Bereichen einen direkten Impact auf die Praxis haben.“