Diskrete Mathematik – ein deutscher Beitrag zum Chipdesign

Mit den „Bonn-Tools“ werden nicht nur Apple-Prozessoren aufgebohrt

Optimierung der Signalwege mit großem Rechenaufwand
Höheres Tempo auf der kilometerlangen elektrischen Bahn

Ein Bericht von Fritz Jörn

Chips sind nicht nur die Bausteine unserer Computer. Sie finden sich in fast jeder Art von Elektronik. Beispielsweise im Aldi-PC steckt ein knapp 35 × 35 Millimeter großes Plastikgehäuse, in dem sich der eigentliche Prozessor-Chip mit 55 Millionen winzigen Schaltkreisen auf 13 × 13 × 1 Millimeter Silizium verbirgt. So ein Pentium von Intel verbraucht knapp 70 Watt und besteht aus sechs Lagen elektronischer Schaltung mit 0,13 Mikrometer (µ) breiten, damaszierten Kupferbahnen und 0,06 µ hohen Gattern. Die Chips werden bei ihrer Massenfertigung in „Gießereien“ (foundries) aus rund 30 Zentimeter großen Waffeln (wafers) – Siliziumscheiben, auf denen sich die Schaltungen des Chips vielfach nebeneinander kopiert wiederholen – herausgeschnitten. Arbeitet dieser Pentium, dann wiederholen sich die Vorgänge alle 375 millionstel Sekunden entsprechend dem 2,6-GHz-Takt. Sollen Chips immer schneller werden, so läßt sich das physikalisch mit noch kleineren Strukturen erreichen. Dafür sind dann neue Gießereien nötig. Mag ein einzelner Chip im Laden 400 Euro kosten, eine Chipfabrik kostet drei bis fünf Milliarden.

Geht das nicht eleganter? Kann man nicht die Elemente auf dem Chip noch geschickter plazieren und damit schneller fahren? Genau das tun Bonner Mathematiker mit ihren Bonn-Tools, den Bonner Software-Werkzeugen für Chipdesign. IBMs Deep Blue, der für sein weltmeisterliches Schachspiel 1997 gegen Kasparow bekannte Rechner, bekam damit seine innerste Feinstruktur. Mit den Tools aus Bonn gelangte 1992 der IBM-Großrechner-Prozessor Bona in das Guinness-Buch der Rekorde.

In Bonn wurde auch der Systemcontroller zu Ende entwickelt, der die Abläufe im Apple-PC G5 steuert. Knapp vier Monate Arbeit brachten dem Chip – und damit dem ganzen System – einen Geschwindigkeitszugewinn von mehr als 28 Prozent. Der neue, 9,31 × 9,38 Millimeter große 1,033-GHz-IBM-Chip U3 steuert das ganze System. Er hat 36,8 Millionen Transistoren und 4 017 701 interne Anschlußpunkte, die über 1 040 431 Leitungsnetze mit einer Gesamtlänge von 259 Meter verbunden sind.

Auf dem Chip müssen die Bauteile günstig plaziert und ihre Verbindungen kurz und schnell sein – oft bis zu eineinhalb Kilometer lange elektrische Wege. Mathematisch betrachtet sind das rechtwinklige „Steiner-Bäume“. Dazu werden die verästelten Leiter optimiert, eine Million und mehr auf einem Chip. Die vielen verschiedenen Zeitsignale – der Apple-Chip nutzt 164 – müssen genau im richtigen Augenblick ankommen. Eine Chipoptimierung läuft auf einem schnellen Einzelplatzrechner etwa fünf Stunden. Bernhard Kortes Institut für diskrete Mathematik kooperiert dafür seit 1987 mit IBM, von denen auch der U3-Chip stammt. Mehr als 250 höchstkomplexe Chips wurden inzwischen mit Bonn-Tools gebaut, eine Ahnengalerie, die sich wie das Who's who der Chipindustrie liest. Vertreten sind da alle führenden Computer- und IT-Firmen. Korte wurde dafür unter anderem 1997 mit dem Staatspreis Nordrhein-Westfalens geehrt.

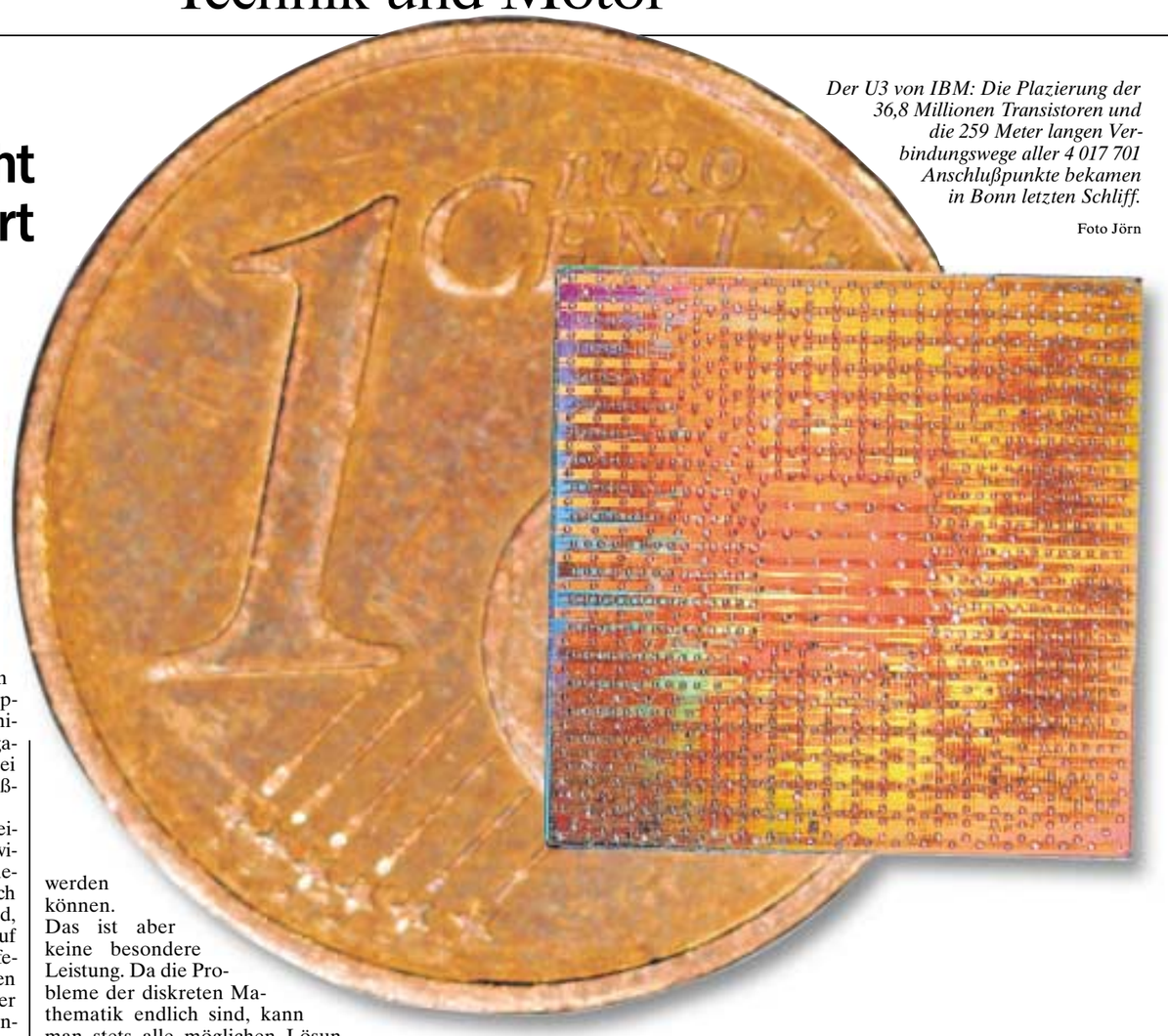
Diskrete Mathematik, die hinter den Bonn-Tools steckt, hat es mit zerlegbaren endlichen Strukturen zu tun, mit Portionierbarem. Leider wird das Fach in der Schule nicht gelehrt. Spannend ist es und praktisch zugleich: wenn da etwa auf einer Rundwanderung im alten Königsberg über seine sieben Pregel-Brücken marschiert werden soll, über jede aber nur einmal – was nicht geht, wie Leonhard Euler 1736 gezeigt hat. Ein immer aktuelles Problem der Graphentheorie, das des „travelling salesman“, des Handlungsreisenden, der viele gegebene Punkte auf einer kürzesten Rundreise abklappern soll, taucht heute bald bei jeder numerisch gesteuerten Werkzeugmaschine auf. Das sind alles Optimierungsaufgaben; sie treten bei Maschinenbelegungen auf, bei Transportaufgaben, in Logistik und Arbeitsplanung, bei der Optimierung von Flugplänen, schließlich und endlich im Chipdesign.

Die diskreten Mathematiker unterscheiden zwischen P- und NP-Problemen, zwischen „leichten“ und „schweren“ Problemen. P heißt polynomiell lösbar – einfach gesagt: schnell lösbar. Der Rechenaufwand, die Zeit für die Lösung des Problems auf einem Computer, steigt hier nur in einer festen Potenz mit der Problemgröße, sagen wir linear, quadratisch, in der dritten oder einer höheren Potenz, aber nicht exponentiell. Anders bei NP-Problemen: Exponentiell steigenden Rechenaufwand benötigen wir, wenn die Problemgröße n als Hochzahl (Exponent), etwa 2^n, in der Rechenzeit steckt. NP-Probleme werden durch gewisse Repräsentanten aus dieser Klasse charakterisiert, die NP-schweren Problem. Das sind Probleme, für die es „noch“ keinen polynomiellen Algorithmus gibt. Gäbe es für ein NP-schweres Problem einen polynomiellen Algorithmus, so wären alle NP-Probleme auch in polynomieller Rechenzeit zu lösen. „Das wäre das Ende der schweren Probleme, die Klassen P und NP wären gleich“, sagt Professor Korte dazu. „Noch“ heißt, daß die NP-schweren Probleme nur mit exponentiellem Rechenaufwand gelöst werden können. Das ist aber keine besondere Leistung. Da die Probleme der diskreten Mathematik endlich sind, kann man stets alle möglichen Lösungen ausprobieren, vollständig enumerieren, was dann aber exponentiell viele Rechenschritte bedeutet. Das Problem des Handlungsreisenden ist NP-schwer. Soll er 15 Kunden besuchen, kann man alle möglichen Rundreisen in Sekunden auf einem schnellen PC durchspielen und von den 14!/2 – gelesen: 14 Fakultät-Halbe, gemeint: 1 × 2 × 3 × 4 ... × 13 ×14 dividiert durch 2 – gleich etwa 4×10^{10} Wegen den besten empfehlen. Bei 30 Kunden bräuchte man für die dann 29!/2, gleich etwa 4×10^{30} Computer-Probewanderungen 100 Millionen Jahre, also nahezu ewig. „Noch“ heißt aber auch, daß die Frage, ob die Klassen P und NP identisch sind, eine der spannendsten offenen Fragen der Mathematik ist. „Fast alle Mathematiker wetten darauf, daß P und NP ungleich sind, sonst gäbe es keine schwierigen Probleme mehr. Aber auch diese Wette wird man vielleicht niemals beweisen können“, sagt Korte.

Ein solch nur annäherungsweise zu enumerierendes Problem ist auch das Layout eines Chips mit allen seinen Bauteilen, Daten- und Taktwegen. Chips zum bloßen Speichern sind einfach, wiederholen sich doch deren Zellen wie Reihenhäuser. Schwierig wird es bei komplexen Logikchips, etwa beim Prozessor, dem eigentlichen Rechenwerk im persönlichen Computer. Die anspruchsvollsten integrierten Schaltkreise sind heute die anwendungsspezifischen ICs (ASICs), Chips für eine ganz besondere Verwendung, zum Beispiel für schnelle digitale Datenpaketverteiler in Telefonnetzen, sogenannte Router.

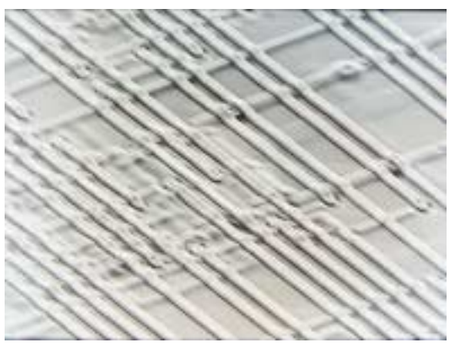
Bei der Konstruktion eines Prozessors wird als erstes die Aufgabe des Chips in einer standardisierten „Very High Speed Integrated Circuits Hardware Description Language“, abgekürzt VHDL, spezifiziert. Aus dieser Logik entsteht die eigentliche Schaltung der Chips. Bevor sie in Kupfer auf Silizium gegossen wird, kommen für das Layout die diskret-mathematischen Bonn-Tools optimierend zum Einsatz: Wie der Handlungsreisende legen auch die Signale im Chip Wege zurück, und diese Wege können günstig oder weniger günstig verlaufen. Sie zu optimieren bringt die entscheidenden Prozentpunkte in Geschwindigkeit, Stromverbrauch und Packungsdichte – mehr Funktionen, sprich Bauteile, auf weniger Raum. Dabei mag sich sogar die Schaltung ändern, sofern nur das gewünschte Ergebnis gleich bleibt. Ein paar hunderttausend Zeilen Code in der Programmiersprache C++ ersparen zwar nicht eine ganze neue Chipfabrik, aber sie beschleunigen die Entwicklungszeit und reizen das Geschwindigkeitspotential einer Herstellungstechnik aus. Eine CD des Bonner Arithmeums (Springer Verlag, Heidelberg/New York, ISBN 3-540314901-5, 30 Euro) visualisiert diese Arbeit bis hinunter zu Rastermikroskopaufnahmen der Rechenblitze auf dem fertigen Chip.

„Für einen Mathematiker ist es ein besonderes Glücksgefühl, ein neues Theorem bewiesen zu haben und damit das Wissen der Menschheit ein wenig zu vergrößern. Für mich ist es ein ebenso großes Glücksgefühl, ein kleines Siliziumplättchen in der Hand zu halten, wohl wissend, daß es nur durch Bonn-Tools möglich wurde“, sagt dazu Professor Korte in Bonn.



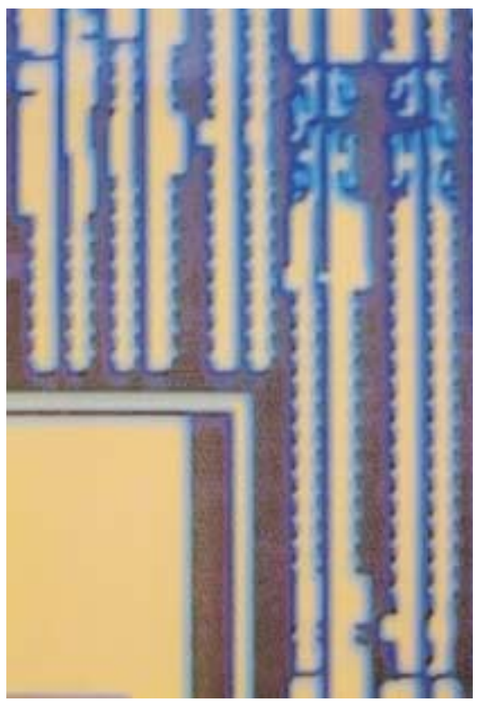
Der U3 von IBM: Die Plazierung der 36,8 Millionen Transistoren und die 259 Meter langen Verbindungswege aller 4 017 701 Anschlußpunkte bekamen in Bonn letzten Schliff.

Foto Jörn



Aluminiumkontakte auf dem 8×8-Millimeter-Chip kontaktieren den Keramikträger (oben links im Elektronenrastermikroskop). Rechts die unterste Belichtung des U3-Chips auf dem Wafer für die Transistorstrukturen, eine Polarisationsmikroskopaufnahme. Die Diagonalstruktur links zeigt sich im Rasterelektronenmikroskop, wenn die 0,2 µ breiten Kupferleiterbahnen von Lage drei und vier freigeätzt sind.

Fotos Arithmeum



Impulsbohrer von Metabo

Stotternd geht es besser

Heim- und Handwerker kennen eine Vielzahl von Situationen, in denen ihnen das jeweils genau passende Werkzeug fehlt. Mitunter wünscht man sich Schlangenfinger, um an die Bearbeitungsstelle überhaupt heranzukommen. In anderen Fällen bereitet die Bearbeitung bestimmter Werkstoffe ungeahnte Probleme. Besonders dann, wenn man sie nicht ankörnen kann. Das gilt für das Bohren von Fliesen oder gar Glas. Ein Schlag auf den Körner hätte katastrophale Folgen. Also muß man sich darauf beschränken, die Bohrstelle anzuzeichnen. Und dann hofft man inständig, daß die Bohrerspitze nicht auswandert. Dagegen gibt es seit einigen Jahren ein erprobtes Mittel, nämlich die Impuls-Anbohrtechnik von Metabo. Die dafür ausgerüsteten Maschinen haben am Motorgehäuse einen Schalter, mit dem sich der Impulslauf ein- und abschalten läßt. Bei eingeschaltetem Impuls läuft der Motor kurz an, schaltet ab, läuft wieder an und so weiter – die Maschine stottert also. Und das hilft. Selbst auf Glas wandert die Bohrerspitze nicht weiter, sondern bleibt stets auf dem gleichen Fleck, ebenso auf Fliesen, Blech oder anderen glatten Werkstoffen bis hin zu stark gemasertem Holz. Es funktioniert sogar dann, wenn der Bohrer nicht genau senkrecht aufgesetzt werden kann. Ohne Impulsbohren wäre das ein hoffnungsloser Fall. Aber das weiß man erst, wenn man beide Varianten kennt. Impulsanbohren gibt es nur bei Metabo, die sich das Verfahren durch Patente schützen ließen. Heute bieten die Nürtinger alle Akkumaschinen sowie zwei Schlagbohrmaschinen mit der Impulstechnik an. Nach dem Anbohren sollte der Impuls abgeschaltet werden. Sonst kann es passieren, daß sich der Bohrer etwa in Blech festhakt

Unsere Versuche haben wir mit der Akkumaschine BSP 15,6 Plus unternommen, die der Hersteller vorwiegend an professionelle Anwender verkauft. Der Akku mit 15,6 Volt hat eine Kapazität von 2,4 Ah. Zwei Getriebegänge mit Maximaldrehzahlen von 400 und 1400 bieten vor allem im ersten Gang hohes Drehmoment.

Mit Stottergang: Akkubohrmaschine mit Impulstechnik von Metabo für punktgenaues Anbohren

Foto Bartsch

Das Gewicht der solide gebauten Maschine liegt bei 2,5 Kilogramm. Im Preis von etwa 370 Euro ist ein Plastikkoffer enthalten, der auch das (hochwertige) Ladegerät sowie einen zweiten Akku enthält. Spindelblockade nach dem Abschalten und ein sehr schönes Einhand-Bohrfutter machen den Bohrerwechsel zum Kinderspiel. Selbstverständlich kann man von Rechts- auf Linkslauf umschalten und die Drehzahl über den Drücker einstellen, dazu gibt es 20 Drehmoment-Einstellungen fürs Schrauben. Der Rücken des Handgriffs ist mit einer dicken Gummiauflage versehen. Der Griff selbst ist geringfügig hinter dem Schwerpunkt positioniert, was ein sehr sicheres Handling ermöglicht. CHRISTIAN BARTSCH

Wohlig warm im Federgewicht

Belfe schneidert besonders leichte Daunenjacken

„Pesopiuma Belfe“ steht in einer Steppjakke. Wer des Italienischen mächtig ist, der weiß, was das heißt: leicht, sogar federleicht. Denn der norditalienische Sportmodenschneider Belfe belastet die Schultern der Damen mit weltrekordverdächtigen 330 Gramm, Herren müssen 480 Gramm ertragen. Das ist ein Nichts, das sich um den Oberkörper schmiegt, so daß manch einer auf die Idee kommen könnte, die Jakke ohne etwas drunter anzuziehen. Denn man sieht es diesem Federgewicht an, daß es auf einzigartige Weise die Körperwärme speichern kann. Das Geheimnis ist in den aus speziellen Nylon-Hohlfasern gewebten Stoff eingenäht – feine Daunen vom Hals der Gänse Sibiriens. Sie gelten als besonders fein; von Federbetten weiß man, daß sie die Luft sehr gut speichern können. Und die Luft ist nun mal der beste Wärme-Isolator. Was so warm und kuschelig aussieht, kleidet aber nicht jeden bestens. Die Pesopiuma Belfe ist zwar nicht schwer, sie trägt aber wegen ihres gewaltigen Volumens etwas auf und verlangt von ihrem Träger eine schlanke Figur, wenn er auf der Piste oder beim Après-Ski nicht aussehen will wie das Michelin-Männchen. Mut ist auch wegen der Farben verlangt, denn die Jacke gibt es für Herren nur in Orange oder Dunkelbraun.

Belfes Steppjacke hat es dennoch nicht ganz leicht, sich in die Welt der Skibekleidung richtig einzuordnen: Sie soll modisch sein und will in gleichem Maße funktionell bleiben. Der recht werblich abgefaßte Informationstext, wo vollmundig von „höchster Funktionalität“ die Rede ist, ignoriert diesen offensichtlichen Widerspruch: Eine funktionelle Verarbeitung mit Laminat als Futter und aufwendig verschweißten Nähten kann gar nicht so modisch sein, weil sie das Material steif werden läßt. Das Paradox wird auch nicht aufgelöst, wenn der Hersteller später einräumt, daß sein verarbeiteter Nylonoberstoff bestenfalls „wasserabweisend“ sei. Heißt das, daß sich bereits ein etwas längerer Schneeschauer als Wasserfleck auf dem Unterziehpulli findet? Erst auf hartnäckiges Nachfragen wird offenbart, daß das Material in seiner Wasserdichtigkeit gerade mal 1000 Millimeter Wassersäule erreicht; erst bei einem doppelten Wert beginnt man in der Branche vorsichtig von „wasserdicht“ zu sprechen. Das bedeutet aber nicht, daß diese Teile ein schweres Bergwetter aushalten könnten. Funktionellen Skijacken erreichen bereits einen Wert zwischen 10 000 und 45 000 Millimeter Wassersäule. Ähnlich dürfte es sich mit der Winddichtigkeit verhalten. Bei einem ordentlichen Föhnsturm kann es in einem zu luftig konstruierten Wetterschutz ganz schnell empfindlich kalt werden.

Am besten gehe man in einer Pesopiuma Belfe (381 Euro) nur dann zum Skifahren, wenn es am meisten Spaß macht: wenn die Sonne vom tiefblauen Himmel lacht und die Schneekristalle um die Wette glitzern. Gegen grimmige, trockene Kälte schützen die Daunen der Steppjacke bekanntlich am besten. Und dann freut man sich am meisten, wenn man darin auch noch gut aussieht. GERD GREGOR FETH

Trotz Federgewichts ein Michelinmännchen

Informationen in Kürze

Auto

Der Jaguar S-Type kommt im April mit modifiziertem Design, aufgewertetem Innenraum und besserer Ausstattung auf den Markt. Die kultivierte Kraftlimousine ist von Jaguar-Chefdesigner Ian Callum ebenso behutsam wie wirkungsvoll gestreichelt worden: Die Motorhaube

(jetzt aus Aluminium) ist stärker ausgeprägt, der Kühlergrill flacher, gedrungener und steht etwas steiler, Scheinwerfer und Prallflächen fügen sich zu einem puristischeren und deshalb intensiveren Ausdruck zusammen. Der S-Typ entspricht nun noch mehr der Idealvorstellung von einer dezent-eleganten Limousine, die es dick unter der Haube hat. Im Innenraum sollen sich der Eindruck von hoher Wertigkeit durchsetzen und die neu gezeichneten Instrumente im Alu-Armaturenträger (bei den Sport- und R-Versionen) besser ablesen lassen. Während Motoren und Getriebe unverändert blieben, ist das vor knapp zwei Jahren neu dimensionierte Fahrwerk abermals verfeinert worden. Die größte Neuerung wird der in Kooperation mit Peugeot entwickelte V6-Diesel sein, der im Lauf des Jahres im S-Type Einzug hält. (wp.)

Herbert Demel, jüngst ins Amt eingeführter Chef von Fiat Auto in Turin, hat in Paris den Preis „Auto des Jahres“ für den Panda entgegengenommen. Demel sagte, damit sei mehr als das Auto ausgezeichnet worden, zu Fiat gehörten Menschen und Fahrzeuge, die die Automobilgeschichte nachhaltig geprägt hätten. Der Fiat Panda war von einer Jury aus 58 Motorjournalisten aus 22 Ländern gewählt worden. Offenbar keine schlechte Wahl, denn er wurde seit der Markteinführung im Oktober 2003 bereits 130 000 mal bestellt. (wp.)

Smart Formore heißt die vierte Baureihe des zu Daimler-Chrysler gehörenden Autoherstellers. Anfang 2006 startet das für „sämtliche Straßenverhältnisse und Fahrbedingungen“ geeignete Mehrzweckmobil nicht nur in Europa, sondern auch auf dem amerikanischen Markt. Der Formore kommt mit Allradantrieb und basiert auf dem Anfang Februar für längere Probefahrten freigegebenen Forfour (erste Fahreindrücke am 17. Februar in „Technik und Motor“). Gebaut wird er im brasilianischen Juiz de Fora, die Kapazität liegt bei 60 000 Einheiten im Jahr, die Hälfte davon soll in den Vereinigten Staaten verkauft werden. (wp.)

Bahn

Die französische Staatsbahn SNCF erweitert die Flotte ihrer TGV-Hochgeschwindigkeitszüge. Beim Hersteller-Konsortium aus Alstom und Bombardier sind sieben komplette Zweistromzüge sowie 15 Liefereinheiten aus jeweils acht Mittelwagen vom doppelstöckigen Typ TGV Duplex bestellt worden. Der Wert beträgt 310 Millionen Euro, wovon 235 Millionen auf Alstom entfallen. Die Auslieferung soll zwischen Januar 2006 und Dezember 2007 erfolgen. Die doppelstöckigen Mittelwagen sollen zwischen den 30 schon vorhandenen Triebköpfen des TGV Réseau auf der Strecke Paris–Lille die Kapazitäten erhöhen. Die freiwerdenden einstöckigen Wagen werden dafür mit neuen Zweistrom-Triebköpfen gekoppelt, welche die SNCF schon vor einem Jahr in Auftrag gegeben hatte; diese Kombinationen sind für den grenzüberschreitenden Verkehr auf der zukünftigen TGV-Est-Strecke von Paris über Ostfrankreich in den Südwesten Deutschlands vorgesehen. (lle.)

Video

Mit dem DCR-HC85 stellt Sony eine neue Kombination aus einem Kamkorder und einer digitalen Fotokamera vor. So nimmt der eingebaute Bildsensor neben bewegten Motiven auch Standbilder mit einer Auflösung von 2 Megapixel auf. Ein Zehnfach-Zoomobjektiv von Carl Zeiss steht laut Sony für besonders hohe Bildqualität und für einen gegenüber den Vorgängermodellen um 30 Prozent vergrößerten Weitwinkelbereich. Eine „Smooth-Interval-Recording“-Funktion sorgt für ruckfreie Zeitraffer-aufnahmen, und wer mag, kann sogar im Progressive-Scan-Modus filmen. Dann schreibt das Gerät sämtliche Zeilen eines Bildes in einem Zug auf das Band, statt sie, wie üblich, auf zwei Halbbilder zu verteilen. So gelingen besonders ruhige Bilder ohne Flimmern und Flackern. Allerdings profitieren nur Flachbildschirme oder Projektoren, die Progressive-Bilder darstellen können, von dieser Betriebsart. Die mitgelieferte PC-Software kopiert die selbstgedrehten Werke auf Wunsch mit nur wenigen Mausklicks auf eine DVD. Der neue Kamkorder ist von April an für 1250 Euro zu haben. (tu.)

Kommunikation

Musik statt einem Freizeichen kann man bei T-Mobile von Montag, 16. Februar, an erst gratis und von Mai an für monatlich einen Euro seinen Anrufern spendieren, um sich dann gute Zeit lassen zu können beim Handy-aus-der-Tasche-Kramen oder der Suche in den Untiefen des mobil klingelnden Rucksacks. Der Anrufer hört derweil launiges Trallala und denkt hoffentlich nicht fälschlich, er zahle schon dafür. Ausgewählt werden die „Soundlogos“ dann unter anderem über www.T-Mobile.De/soundlogo und bestellt über SMS. Damit nicht die ahnungslos anrufende Oma „aktuelle Chartstürmer“, zum Beispiel „Where is the love?“ von den Black Eyed Peas oder brandneue Hits wie „She believes (in me)“ von Ronan Keating in ihre Hörhilfe serviert bekommt, soll es noch 2004 gruppenspezifische Soundlogos geben. Eigene Einspielungen sind allerdings nicht vorgesehen. Taktvolles Weitersingen nach dem Abheben wird wie ein normales Gespräch tarifiert. (fj.)

Daten tanken: Die Tankstellenkette Agip rüstet ihre Filialen mit Wireless Lan aus. Mit dem Datenprotokoll kommt man schnurlos ins Internet. Bisher ist der Funkzugang an 30 Stationen verfügbar. Bis April sollen 400 Tankstellen damit ausgestattet sein. Die Kosten für den Netzzugang werden über T-Mobile abgerechnet. Kunden anderer Netzbetreiber sollen vorausbezahlte Guthabenkarten erwerben können, um sich über das Agip-Lan ins Internet einzuwählen oder E-Mails abzurufen. (misp.)

Computerspiele

In „Legacy of Kain: Defiance“ von Eidos Interactive tritt der Spieler an, das Vampir-Reich Nosgoth zu retten. Bei den Missionen gegen die dunklen Mächte des Schicksals ist Kampfgeist gefragt. Um die Gegner niederzustrecken, nutzt man „telekinetische Kräfte“ und ein großes Repertoire an raffinierten Schlagtechniken. Das neueste Kapitel der Fantasy-Reihe „Legacy of Kain“ ist actionreicher und grafisch noch schöner als seine Vorgänger. Eine kinoähnliche Atmosphäre erzeugt die dynamische Kameraführung, wie man sie beispielsweise aus „Silent-Hill“ kennt. Das rasante Spektakel für die Playstation 2, XBox (je 58 Euro) und Windows-PC (46 Euro) ist sicher nichts für Zartbesaitete, für Fantasy-Action-Freunde ab 16 Jahren jedoch empfehlenswert. (misp.)

Termine

Der 42. Verkehrsgerichtstag in Goslar beginnt am 28. Januar mit einem Vortrag des Bundesministers für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Manfred Stolpe, zur „Verkehrspolitik im 21. Jahrhundert – eine nationale und europäische Aufgabe“. Bis zum 30. Januar werden Experten aus allen Gebieten des Verkehrsrechts, der Verkehrstechnik, der -politik und der -wissenschaft in acht Arbeitskreisen aktuelle Themen behandeln. (Hhy.)