

## Bauautomatisierung und Robotik

Die Entwicklung des Bauwesens in den letzten fünfzig Jahren ist gekennzeichnet durch den Übergang von lohn- zu maschinenintensiven Bauverfahren. Diese Entwicklung ist in den einzelnen Bausparten sehr unterschiedlich verlaufen. Seit Anfang der 80er Jahre wird die Mechanisierungsphase von einer Optimierungsphase mit zunehmender Anwendung der Schlüsseltechnologie Mikroelektronik abgelöst. Elektronische Komponenten und Systeme werden in Baumaschinen vor allem punktuell als Ergänzung und Modifizierung der hergebrachten Technik eingeführt. Prägendes Merkmal dieser Entwicklungen ist die Informationstechnik, das Gewinnen, Auswerten und Verarbeiten nicht nur technischer, sondern auch organisatorischer Daten, um bautechnische Zusammenhänge zu analysieren und zu optimieren. Schwerpunkte waren bisher und werden vorerst weiterhin sein: Optimierung der Baumaschinen und ihres Einsatzes, Sicherheitstechnik und -systeme, Überwachungs-, Diagnose- und Instandhaltungssysteme, Bedienerinformations- und Führungssysteme sowie Maschinen- und Betriebsdatenerfassungs- und -auswertungssysteme. Alle diese Entwicklungen bilden grundlegende Voraussetzungen für die Automatisierung und Roboterisierung der Baumaschinen und -prozesse.

Die Bedienung zahlreicher Baumaschinen ist mit hohen physischen und psychischen Belastungen und Beanspruchungen verbunden. Als Alternative bietet sich die Entwicklung von Robotern an. Bauroboter müssen jedoch beim Baustelleneinsatz denselben Betriebsmerkmalen genügen wie konventionelle Baumaschinen: häufig wechselnde Arbeitsstandorte - überwiegend im Freien -, autonome Energieversorgung, Kontakt mit Baustoffen und damit verbundene Schmutzbelastungen, Fahren auf unbefestigten Baust Straßen und im Gelände, wechselnde Witterungs- und Klimabedingungen sowie Instandhaltung unter Baustellenbedingungen. Neben dem entsprechend hohen Entwicklungsaufwand ist der Nutzen von Automatisierung und Robotern nicht immer mit einer deutlichen Betriebskostensenkung oder Leistungssteigerung belegbar, die die höheren Investitionskosten rechtfertigen.

Zwingender Bedarf für Automatisierung und Roboter ergibt sich dagegen, wenn konventionelle Lösungen nicht zur Verfügung stehen oder ungeeignet sind. In derartigen Fällen rechtfertigt eine technische Lösung des Problems auch hohe Kosten. Das gilt bei besonderen Qualitätsanforderungen, die zuverlässig eingehalten werden müssen, z.B. bei der Baustoffherstellung, bei komplexen Bedien- und Überwachungsaufgaben, die den Bediener überfordern -, z. B. bei der Betonförderung mit Verteilermast -, bei Maschinen, deren störungsbedingter Stillstand unbedingt verhindert werden muß - z.B. bei Tunnelvortriebsmaschinen und Großbaggern -, bei unzugänglichen Arbeitsbereichen bzw. bei Arbeiten in unzumutbaren und gefährlichen Bereichen - z.B. in Tunneln und Mikrotunneln -, bei Kontaminationen oder bei Ab- und Einsturzgefahren.

### Entwicklung in Deutschland

Für die Schaffung grundlegend neu konzipierter, flexibel automatisierter oder roboterisierter Maschinen und Systeme fehlen in Deutschland bisher noch wesentliche Voraussetzungen. Schwerpunkte der aktuellen Entwicklung bilden vor allem Bereiche der Maschinen- und Verfahrenstechnik: Herstellung von Baustoffen, Betonwaren und Betonfertigteilen, Mauermaschinen und Mauerroboter, Überwachung und Steuerung mobiler Baumaschinen sowie Tunnel- und Mikrotunnelbau. Ein hoher Automatisierungsgrad ist seit Jahren bei den stationären Anlagen zum Mischen von Baustoffen (Beton und Asphalt) und bei der Serienfertigung standardisierter Betonwaren erreicht. Die automatisierte Vorfertigung großformatiger Stahlbetonfertigteile entwickelt sich dagegen schleppend. Nur vereinzelt wurden bisher computerunterstützte (CAM) und - in Ansätzen - auch computerintegrierte Fertigungsanlagen (CIM) entwickelt.

Die Mechanisierung der Mauerwerkstechnik gewinnt seit Mitte der 80er Jahre in Deutschland zunehmende Bedeutung. Die Vorliebe der Deutschen für gemauerte Wohnhäuser einerseits und die hohe Witterungsabhängigkeit dieser Bauweise andererseits haben zu verschiedenen parallelen Entwicklungen geführt. Mit stationären Mauermaschinen können deutlich höhere Produktionsleistungen erzielt werden. Außerdem führen sie zu erheblichen Arbeitserleichterungen und zur Einsparung von Arbeitskräften.

Als Arbeitshilfe beim Mauern auf Baustellen werden einfache Handhabungshilfen (z.B. Kleinkrane und höhenverstellbare Arbeitsbühnen) verwendet, die die Maurer vom Heben und Versetzen schwerer Steine entlasten. Ihr Einsatz stieß bei vielen Bauunternehmen zunächst auf Zurückhaltung, weil sie den Arbeitsplatz eines Maurers um ein Vielfaches verteuern; inzwischen werden diese Geräte jedoch zunehmend als notwendige und auch nützliche Investition angesehen.

Auf dem Weg zur Praxiserprobung befindet sich der Mauerroboter "Rocco". Dieser Roboter soll nur der erste Schritt zu einer neuen Bauphilosophie und Bautechnik sein (s.u.). Der hohe Anteil lohnintensiver Arbeiten im Hochbau eröffnet große Spielräume für derartige Entwicklungen. Die mobilen Maschinen für Baustellenfertigung sind bisher jedoch weniger durch Automatisierung und Roboterisierung gekennzeichnet als durch eine zunehmende Durchdringung mit mikroelektronischen Komponenten und Systemen. Der eigentliche Arbeitsablauf der meisten Maschinen muß noch manuell gesteuert werden.

### Internationale Entwicklung

Die jährlich stattfindenden Internationalen Symposien für Automatisierung und Roboter im Bauwesen - das nächste im Juni 1996 in Tokyo - machen indes deutlich, daß weltweit - mit Schwerpunkten in Japan und in den USA - erhebliche Anstrengungen unternommen werden, die Vorteile der Automatisierung in allen Bereichen des Bauwesens zu nutzen.

In Japan werden Automatisierung und Roboterisierung seit Jahren zielstrebig und auf breiter Front im Zusammenwirken von Bauunternehmen, Herstellern, Forschungsinstituten und staatlichen Behörden (MITI - Ministry of International Trade and Industry) betrieben. Als Ergebnis sind automatisierte Bautechniken und mannigfaltige Roboter für alle Bereiche des Bauwesens vom Hoch-, Erd- und Tiefbau bis zu Anwendungen in Kernkraftanlagen und in der Meerestechnik entstanden. Vielfach wurden schon Roboter der dritten und vierten Generation vorgestellt.

Als Begründung für diese Aktivitäten werden weltweit übliche Standardargumente genannt, z.B. Arbeitskräftemangel, Arbeiter-

## Baumarkt

leichterung, Qualitätssteigerung, Arbeitssicherheit, Umweltschutz und Produktivitätsverbesserung. Ein sehr wichtiger Grund ist für die japanischen Unternehmen jedoch die Imageverbesserung der Baubranche, die als Low-Tech-Industrie nur wenig Ansehen genießt. Die Entwicklungen der letzten zehn bis fünfzehn Jahre zeigen, daß die japanische Bauwirtschaft mit diesem Bestreben bemerkenswerte Erfolge erzielt hat. Eindrucksvolle Beispiele sind vollautomatische Hochbausysteme, mit denen die großen Bauunternehmen Obayashi, Shimizu, Taisei und Takenaka seit 1992 Bauwerke in Japan errichten.

Personalangel bildet für die Bauwirtschaft in keinem Industriestaat - außer in Japan, wo restriktive Einreisebestimmungen den Einsatz von Gastarbeitern weitgehend verhindern - einen zwingenden Grund für die Forcierung derartiger Bemühungen. Die Tatsache, daß die Japaner ihre Bauroboter auf den maßgebenden Baumärkten der Welt noch nicht offensiv anbieten, ist kein Beweis für deren gern vermutete Untauglichkeit. Auch die vollautomatischen Hochbausysteme lassen sich nicht mit der Behauptung abtun, ihr wirtschaftlicher Einsatz setze die Serienfertigung voraus. Die Japaner beweisen das Gegenteil, indem sie - wie auch in Europa und in Amerika üblich - mit ihren Systemen Unikate bauen.

Die Mehrheit der deutschen Baumaschinenhersteller und Bauunternehmen begleitet diese Aktivitäten nur mit mäßigem Interesse. Da es sich um einen sehr forschungs- und entwicklungsintensiven Teil des künftigen Baugeschehens handelt, besteht schon jetzt die Gefahr, daß dieser Markt mit seinen langfristigen und aller Voraussicht nach existentiellen technischen und wirtschaftlichen Möglichkeiten weitgehend widerstandslos an ausländische Wettbewerber verlorengeht.

Wolfgang Poppy  
Otto von Guericke-Universität  
Magdeburg



**Mauerroboter für Fabrikeinsatz**  
**Ainedter Industrie Automation**  
**Ges.m.b.H.**  
 Göllstraße 24  
 A - 5082 Grödig  
 Tel. 0043 - 6246 - 72285-0

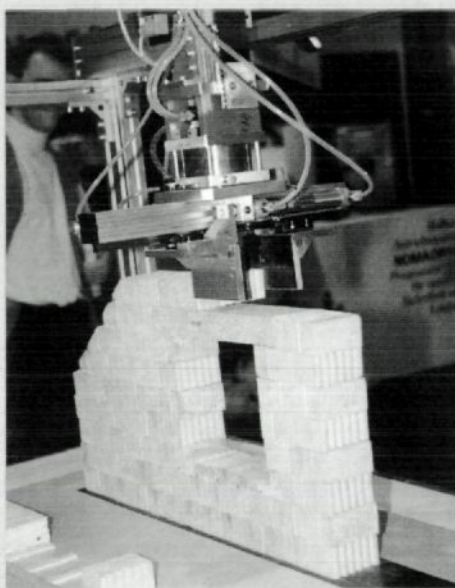
Die erste industrielle Anlage der Welt, in der ein Team von Robotern vollautomatisch gemauerte Wände individueller Form fertigt, hat in diesem Jahr im Raum Stuttgart den Betrieb aufgenommen. Mit der Automation werden viele negative Begleiterscheinungen eliminiert, die das ökologisch wünschenswerte Bauen mit Ziegeln behindern: zu wenige und zu teure Fachkräfte, Unberechenbarkeit des Wetters, zu lange Bauzeiten und dadurch explodierende Kapitalkosten. Ziel der Entwicklung war das individuell errichtete Gebäude, ohne Beschränkung der architektonischen Gestaltungsfreiheit.

Bislang scheiterten alle Versuche zur vollautomatischen Erstellung beliebiger Wände an den Sondersteinen, die bis zu 40% aller zu verarbeitenden Ziegel ausmachen und von Hand auf ein besonderes Maß gebracht werden mußten.

Eine eigens entwickelte Software unterteilt die Wände des Architektenplans in Einzelelemente von bis zu 7 Metern Länge unter Berücksichtigung von Durchbrüchen, Einbauteilen und geschnittenen Sondersteinen. Der erste von insgesamt drei unterschiedlichen Robotern greift sich die Ziegel von der Palette; weicht die benötigte Form von

den gängigen Normmaßen ab, werden sie mittels Förderband zu einem zweiten Roboter transportiert, der den Zuschnitt der Sondersteine besorgt. Dieser speichert auch die dabei anfallenden Reststeine, die später an anderer Stelle oder bei einem anderen Bau eingesetzt werden können. Über ein durchdachtes Netz aus Förderbändern werden nun Sondersteine und normalformatige Ziegel zusammengeführt und in der richtigen Reihenfolge zum dritten Robotertyp, den eigentlichen Mauerrobotern geführt, die die Wand Ziegelreihe für Ziegelreihe hochziehen. Das fertige Wandelement rollt dann in die Trockenkammer und kann anschließend weiterbearbeitet werden (Installations-schlitze, Leitungen und Dosen, Wärmedämmung, Verputz).

Zwei Mann überwachen die Fertigung im Werk und können - ohne Beeinträchtigungen durch



Wetter und körperliche Belastung - statt ca. 16 in Zukunft bis zu 500 Quadratmeter Ziegelwand pro 9-Stunden-Tag produzieren.

**Mauerroboter für Baustellen-einsatz**  
**Institut für Steuerungstechnik**  
**Seidenstraße 36**  
**70174 Stuttgart**  
**Tel. 0711 - 121-2420**

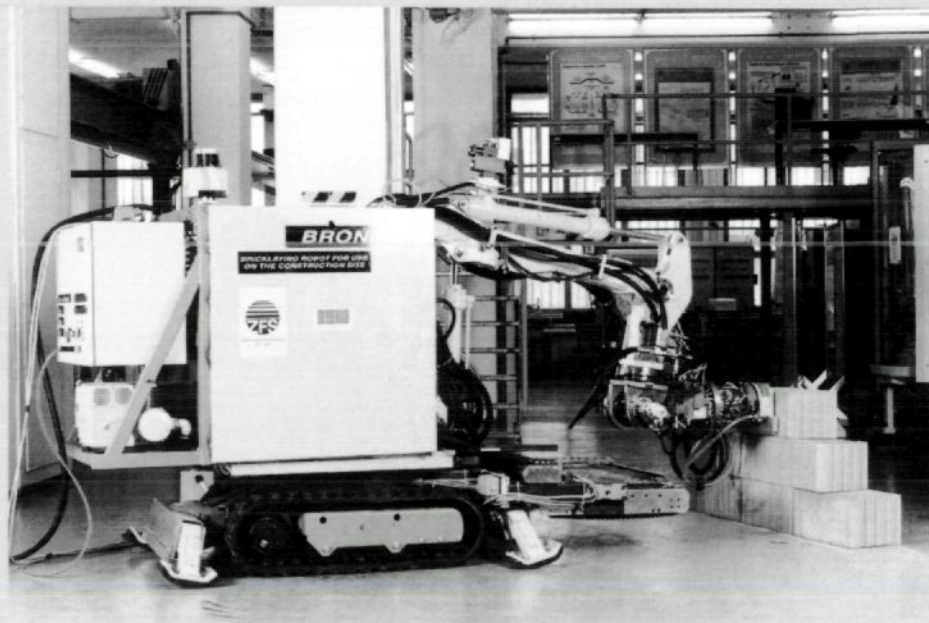
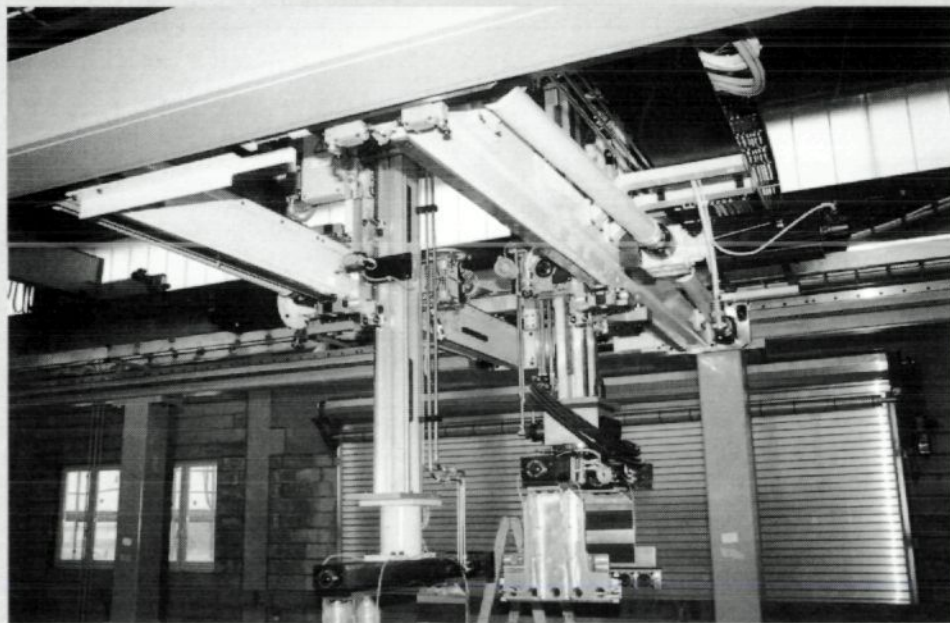
Der an der Universität Stuttgart entwickelte mobile Roboter wurde zusammen mit dem Zentrum Fertigungstechnik Stuttgart (ZFS) sowie 10 namhaften Industriepartnern als Prototyp einer kommerziellen Baumaschine realisiert. Er integriert unterschiedliche Funktionsbausteine, die in jahrelanger Forschungsarbeit entstanden sind.

Das Mauern als hochgradig repetitive und körperlich anstrengende Arbeit bietet sich für eine Automatisierung in besonderer Weise an. Bei dem realisierten Mensch-Maschine-System bewegt sich ein mobiler Roboter programmgesteuert auf der Geschoßdecke und fertigt das Mauerwerk weitgehend selbsttätig. Die Aufgaben des Bedieners bestehen im Einrichten der Geschoßdecke und des Roboters, in der Überwachung und Beseitigung eventueller Störungen sowie in der manuellen Ergänzung der Mauerwerksarbeiten.

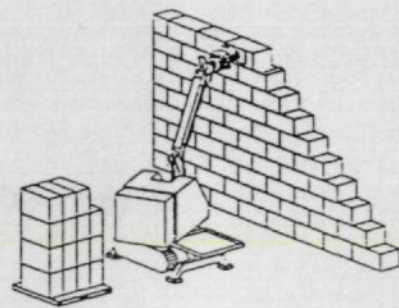
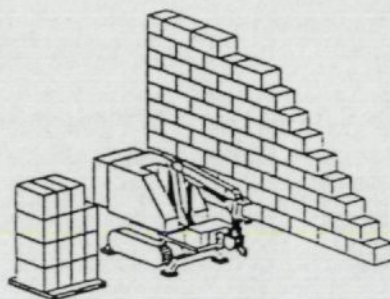
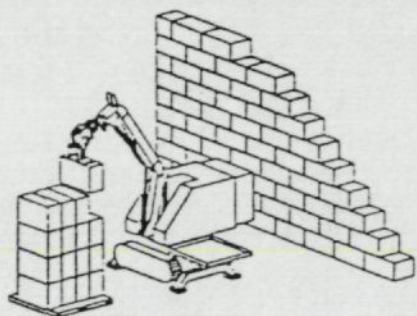
Das automatisierte Mauern auf der Baustelle erfordert im Vergleich zur manuellen Ferti-

gung einen höheren Aufwand an Planung für Baumaßnahme und Vorarbeiten. Vor Beginn der Roboterarbeit müssen vom Baustellenpersonal folgende Tätigkeiten durchgeführt werden: Vermessung der Geschoßdecke mit Kennzeichnung der Startposition des Roboters sowie der Materialstandorte für Steine und Mörtel, Materialanlieferung und -aufstellung mit Qualitätskontrolle, manuelles Anlegen der ersten Steinreihe. Während der automatisierten Fertigung muß der Bediener eventuelle Störungen beseitigen, für Materialnachschub sorgen sowie Mauerwerksarbeiten ergänzen.

Der Roboter besteht aus einem Fahrwerk zum Wechsel der Arbeitsposition, einer Vorrichtung zum Bemörteln der Steine sowie einem 7-achsigen Manipulator mit großer Reichweite und hoher Tragkraft für das eigentliche Mauern. Er bewegt sich auf der Basis off line-generierter und an die Robotersteuerung übertragener Daten. Ein baustellentaugliches Lasermesssystem ermittelt die exakte Arbeitsposition über einen rotierenden Laserkopf und drei oder mehr ortsfest installierte Reflektoren mittels Triangulation. Ist der jeweilige Standort eingemessen und die Palettenstandorte lokalisiert, werden die Steine selbsttätig erkannt, mit Hilfe eines Vakuumsaugers gegriffen, im Tauchverfahren bemörtelt und paßgenau versetzt.



Von links nach rechts:  
 Aufnehmen der Steine  
 von vorbereiteten  
 Paletten, automati-  
 sierter Mörtelauftrag,  
 positionsgenaues  
 Versetzen der Steine.





**KS Komplett Bausystem  
GmbH & Co. KG**  
Weißer Stein 14  
49451 Holdorf  
Tel. 05494 - 982-0

Die KS-Industrie als erstes deutsches Unternehmen bietet ein umfassendes Bausystem mit Planelementen, das den Bauablauf von der Planung bis zur Fertigstellung umfaßt. Das System bietet für den konventionellen Mauerwerksbau Bauzeit- und Lohnkostenreduzierung sowie Qualitätsverbesserungen. Bereits in der Planungsphase werden alle Projektdaten anhand der Architektenpläne in der EDV erfaßt. Aus diesen Daten wird der genaue Bedarf an KS-Planelementen mit Hilfe der "ISOCOM"-Software ermittelt, die zugleich Grundlage für Kostenkalkulation als auch für die Erstellung der Verlegepläne bildet. Da die Daten wandweise erfaßt werden, können eventuelle Planfehler erkannt und beseitigt werden. Nach Genehmigung der Pläne werden die Planelemente im Herstellerwerk mit einer computergesteuerten Sägeanlage auf das erforderliche Format zugeschnitten und wandweise auf Paletten kommissioniert. Zeitgleich mit dem Baufortschritt werden die Bausätze angeliefert. Auf der Baustelle werden die



Schematischer Ablauf  
beim automatischen  
Mauern

Wände dann mit Versetzgeräten von zwei-Mann-Teams innerhalb kurzer Zeit errichtet. Der Service umfaßt die Beratung von Architekten und Bauunternehmen sowie die Einweisung in das System mit Baustellenbetreuung.

Die Planelemente unterschiedlicher Wanddicken sind jeweils 0,5 qm groß und werden in der vorbereiteten Lochung mit Versatzzangen gegriffen und auf das vorbereitete Mörtelbett gesetzt. Aufgrund der hohen Maßgenauigkeit der Steine reicht ein mit dem Mörtelschlitten aufgetragener Dünnbettmörtel. Auf die Vermörtelung der Stoßfugen kann verzichtet werden. Das Versetzen kann mit Hilfe eines Minikrans, mit mobilen Arbeitsbühnen oder Mauermaschinen (s.u.) weiter rationalisiert werden.

**Mauermaschine für Baustelleneinsatz**  
**Aloys Zeppenfeld GmbH & Co. KG**  
Oberveischeder Straße 5  
57462 Olpe  
Tel. 02722 - 8116

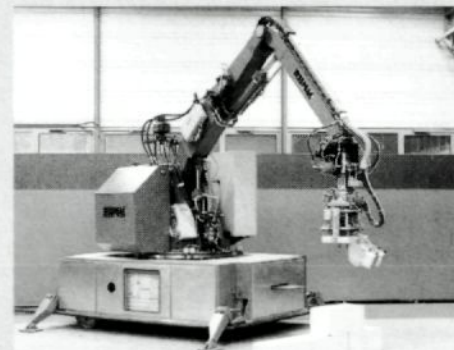
Die unter dem Namen "Steinherr" vertriebene Mauermaschine stellt einen Entwicklungsschritt zwischen einfachen Handhabungshilfen (Minikran, Steinversetzgerät) und autonomen Robotern (bisher noch nicht kommerziell verfügbar) dar. Sie kombiniert eine verfahrbare, stufenlos höhenverstellbare Arbeitsplattform mit einem integrierten Mini-Handling-Kran, der den zusätzlichen Kranführer überflüssig macht. Die mobile Arbeitsbühne erspart das zeitaufwendige Erstellen und Umsetzen von Gerüsten und das Mauern in gebückter Stellung oder über dem Kopf. Eine zu-

sätzliche Mörtelpumpe mit Mehrfachgelenkarm ermöglicht mittels vorgeschalteter Düsen das Versetzen der Steine im Normal-, Dünnbettmörtel oder Klebeverfahren in einem Arbeitsgang. Speziell entwickelte variable Zangen erlauben das Versetzen von Steinmaterial bis 1 m Länge und mehr. Die Bedienung der Mauermaschine ist einfach und praxisnah.

**Roboter-Montagesystem für CIC**  
**Projektkoordination: Lissmac**  
**Maschinenbau GmbH**  
Bad Wurzach  
Tel. 07564 - 307-0  
**Wissenschaftliche Leitung:**  
**Thomas Bock**  
Universität Karlsruhe

Unter dem Namen "Rocco" (Robot Assembly System for Computer Integrated Construction) wird im Rahmen eines von der EU unterstützten Forschungsvorhabens ein System entwickelt, das das vollautomatische Mauern und Montieren auf der Baustelle ermöglichen wird. An dem Forschungsprojekt sind Firmen und Institute fakultäts- und länderübergreifend aus den Bereichen Bautechnologie, Maschinenbau, Elektrotechnik und Informationsverarbeitung aus Deutschland, Spanien und Belgien beteiligt. Ziel des Projekts ist die Entwicklung eines computerintegrierten Robotersystems, das eine informationstechnisch durchgängige Lösung von der Gebäudeplanung bis zur automatischen Montage von Bauteilen auf der Baustelle beinhaltet (CIM/CIC).

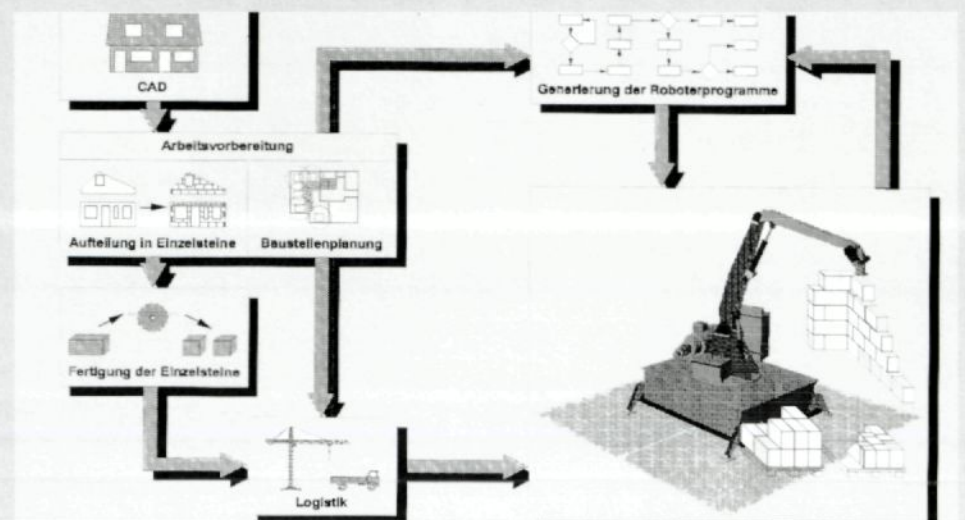
Das Konzept weist damit den Weg zu einer integrierten Gesamtlösung und geht über die Entwicklung eines autonomen



Mauerwerksroboters, der nur einen ersten Schritt darstellt, hinaus. Die Entwicklung eines rechnergestützten Systems zur Arbeitsvorbereitung und Qualitätssicherung gehört ebenso dazu wie die Realisierung eines Manipulators mit einer Reichweite von 13 Metern und einem Handhabungsgewicht von 600 kg zur teilautomatischen Montage von Großbauteilen wie Verkleidungselementen, Großflächenschalungen oder Fertigbauteilen. Bei beiden Robotertypen (Mauerwerks- und Montageroboter) sollen die gleichen Soft- und Hardwarekomponenten zum Einsatz kommen.

Im Rahmen der Arbeitsvorbereitung für Mauerwerksarbeiten werden die erforderlichen Daten für die Vorfertigung der Paßstücke, des Baustellenlayouts sowie der Roboterprogramme generiert. Ausgehend von einer CAD-Darstellung des Gebäudes werden die Wände zunächst rechnergestützt in einzelne Steine aufgeteilt. Im nächsten Schritt erfolgt das Baustellenlayout, d.h. es werden die optimalen Arbeitspositionen des mobilen Roboters, die Palettenstandorte sowie die Anordnung der Steine auf den Paletten ermittelt. Mit den vorhandenen Daten können die zur Realisierung erforderlichen Sondersteine auf stationären Anlagen vorgefertigt und palettiert werden. Letzter Schritt der Arbeitsvorbereitung ist die automatische Generierung des Roboterprogramms. Das Benutzerinterface auf der Baustelle ist graphisch-interaktiv, um den Unwägbarkeiten des Baustellenbetriebs Rechnung zu tragen.

Alle Einzelkomponenten, die zum Betrieb des Gesamtsystems erforderlich sind, konnten bereits fertiggestellt werden. Der Prototyp des Mauerwerksroboters wurde auf der diesjährigen BAUMA vorgestellt. Damit können nach einer erfolgreichen Integration ab 1996 alle erforderlichen Tests gefahren werden, um ein zuverlässiges und einfach zu bedienendes System zu erhalten.





## Vollautomatische Hochbausysteme

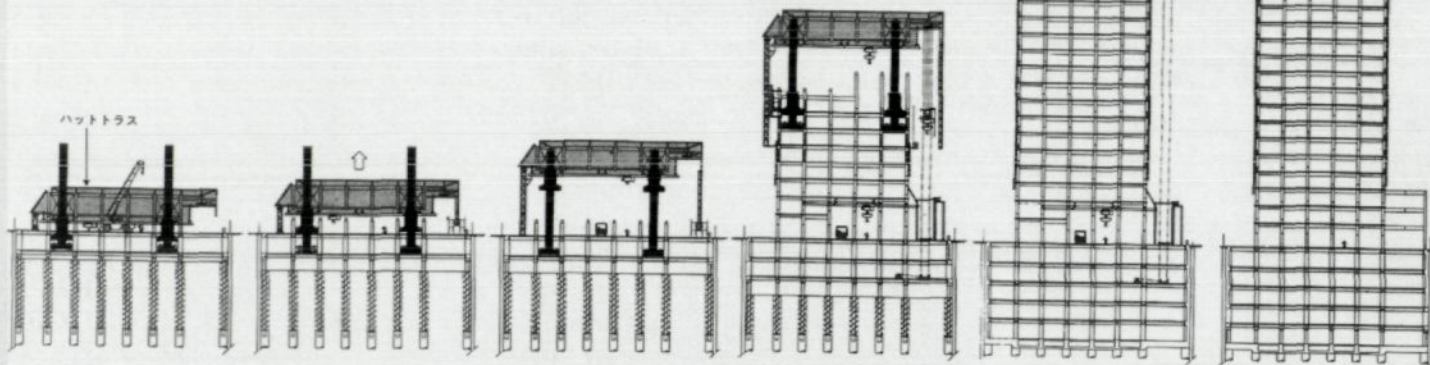
Obayashi Corp., Tokyo  
Shimizu Corp., Tokyo

Fast alle großen japanischen Bauunternehmen arbeiten an der Entwicklung vollautomatischer Hochbausysteme. Einige demonstrieren die Leistungsfähigkeit derartiger Systeme anhand von Experimentalbaustellen und Computersimulationen, andere wie Obayashi und Shimizu haben bereits automatisch errichtete Hochhäuser realisiert. Alle Systeme (ABCS-System: "Automated Building Construction System" von Obayashi, SMART-System: "Shimizu Manufacturing System by Advanced Robotics Technology" u.a.) ba-

sieren auf einer Stahlskelettbau-Konstruktion. Der typische Bauablauf sieht vor, daß nach Erstellung eines Stahlskelettkerns eine höhenverschiebbare Arbeitsplattform auf dem Boden vormontiert wird, die mit einer wetterfesten Hülle sowie mit Transporteinrichtungen, Baurobotern und Hydraulikpressen versehen wird. Dieses automatisierte Arbeitsgeschloß baut das Erdgeschoß und hebt sich dann auf vier oder mehr Stahlstempeln selbsttätig hoch, um das nächste Stockwerk zu erstellen. Gleichzeitig arbeiten Roboter unterirdisch an der Fundierung, überirdisch an der Erstellung der Stockwerke und am nachfolgenden Ausbau.

Das Stahlgerüst des Gebäudes wird - wie im Stahlbau üblich - verschraubt und anschließend verschweißt. Automatische Kransysteme ziehen die vorgefertigten Stahlbauteile in die Höhe und übergeben sie an die Kräne der Arbeitsplattform, die jede Position erreichen können und die Stützen und Träger an vorgesehener Stelle einbauen. Sobald das Stahlskelett eines Stockwerks fertig montiert und mit Hilfe von Schweißrobotern verschweißt ist, fahren die Trag-

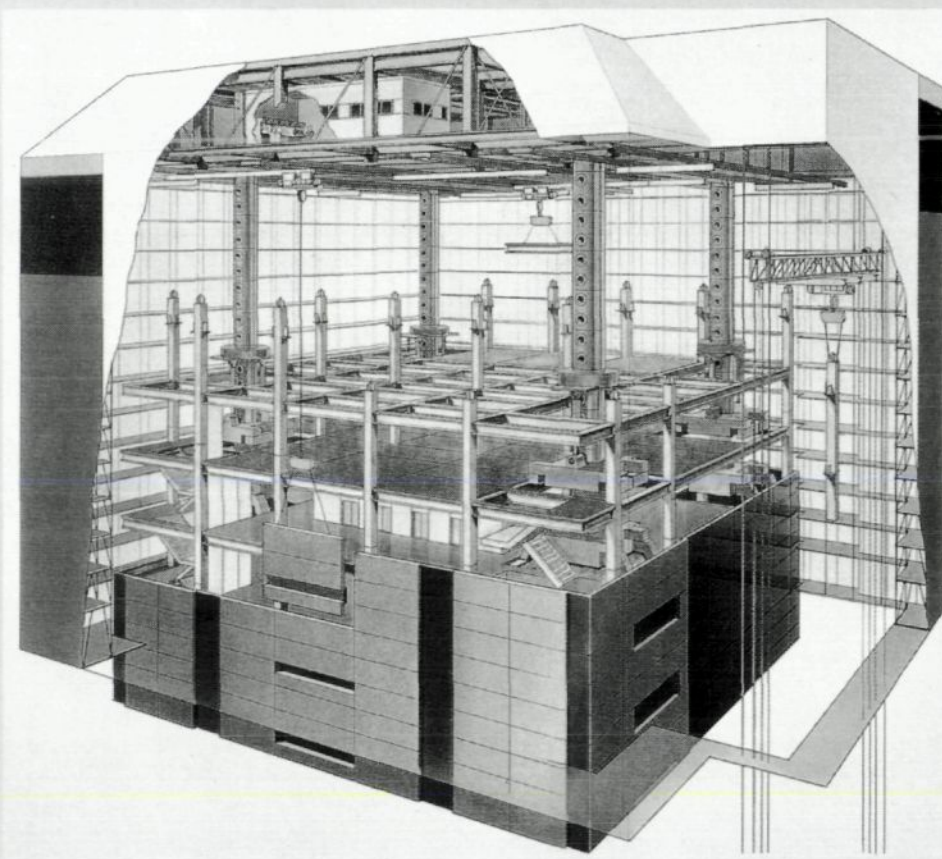
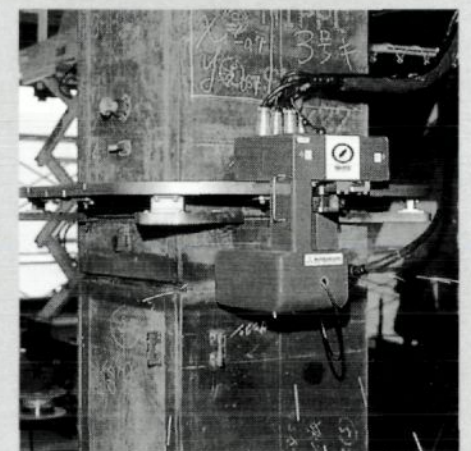
stempel, die sich gegen das Stahlgerüst des eigentlichen Bauwerks abstützen, nach oben, rasten an der nächsthöheren Decke ein und ziehen die Arbeitsbühne nach, die wiederum durch die Rasten der Tragstempel gesichert wird. Der gesamte Arbeitsablauf ist computergesteuert und wird von Kontrollräumen aus, die sich an der Spitze der Bühne befinden, überwacht. Während im jeweils obersten Stockwerk das Stahlgerüst montiert wird, arbeiten in den unteren Geschossen bereits andere Roboter am Ausbau: Auf Schienen geführte Spritzroboter tragen auf das Stahlskelett eine feuerhemmende, asbestfreie Schutzschicht auf. Fertigungsgünstig am Boden werden Sanitär- und Klimaanlage an den vorgefertigten Deckenelementen montiert. Diese werden ebenso wie die vorfabrizierten Wandele-



Oben: Konstruktionsablauf des 'SMART System' von Shimizu beim vollautomatischen Bau eines Hochhauses; links: Aufsicht auf die wetterfeste Arbeitsplattform; Mitte: Blick in das Kontrollbüro im Kopf des mobilen Arbeitsgeschosses

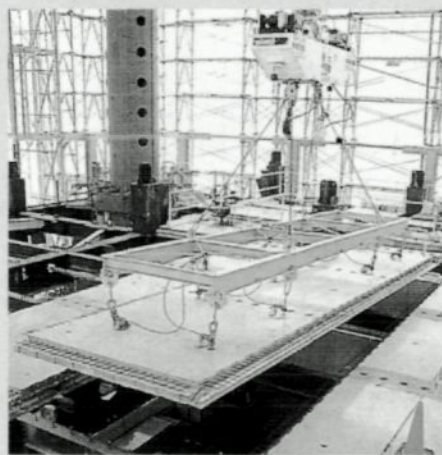


Roboter zum Verschweißen von Stahlstützen

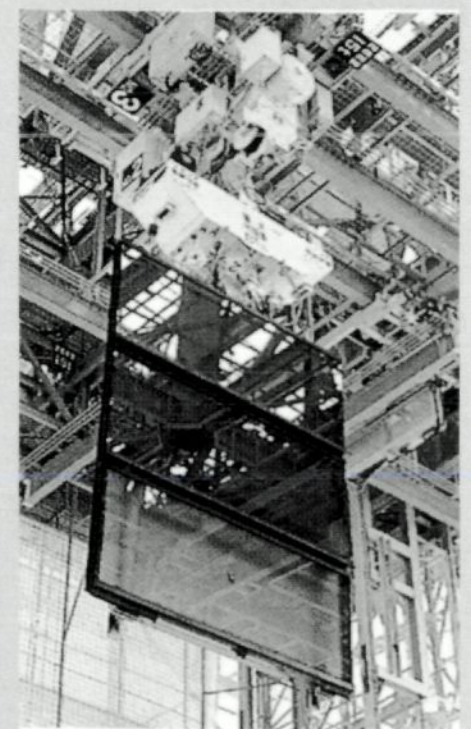


Schnittperspektive durch die hydraulisch verschiebbare Arbeitsbühne: Während im obersten Geschoß

Stahlstützen und -träger montiert werden, werden unten vorfabrizierte Außenwand-Elemente installiert.



Beton-Fertigdecken-elemente werden über die inneren Kranbahnen automatisch an den vorgesehenen Positionen abgelassen.



Außenwand-Paneele werden automatisch ausgerichtet und an vorbestimmter Stelle positioniert.



mente über die äußeren Kräne nach oben gezogen und mit Hilfe der inneren Kranbahnen positioniert. Weitere Robotersysteme stehen für die Verarbeitung des Decken-Aufbetons (s.u.) und sogar für den Innenausbau zur Verfügung; der Prototyp eines Fliesenroboters existiert bereits.

Die deutsche Bauindustrie entgegnet gerne, die Stahlskelettbauweise sei hierzulande nicht

üblich. Jedoch konnte auch der Stahlbetonbau in Japan weitestgehend roboterisiert werden. Die japanischen Entwicklungsanstrengungen gehen jedoch noch wesentlich weiter; sie umfassen die Automatisierung des Tiefbaus ebenso wie die Entwicklung von Baurobotern für Weltraumanwendungen.

**Automatisches Betonwerk**  
**Ainedter Industrie Automation**  
**Ges.m.b.H.**  
s.o.

Das automatische Betonwerk ist eine Entwicklung zur individuellen, vollautomatischen Vorfertigung von Beton- und Wandstein-Bauelementen. Das Anwendungsspektrum der gefertigten Produkte reicht vom Einfamilienhaus mit komplizierter Geometrie bis zur gerasterten Industriehalle. Die Computertechnik integriert CAD-Programme, Produktionsplanung und -steuerung (CAM) sowie Transport- und Verlegeplanung. Der eigentliche Produktionsablauf des von AIA entwickelten Systems ist weitestgehend roboterisiert. Durch das Komplettsystem werden drastische Senkung der Personalkosten, optimierter Materialeinsatz, kürzere Lieferzeiten und Qualitätssteigerung erreicht.

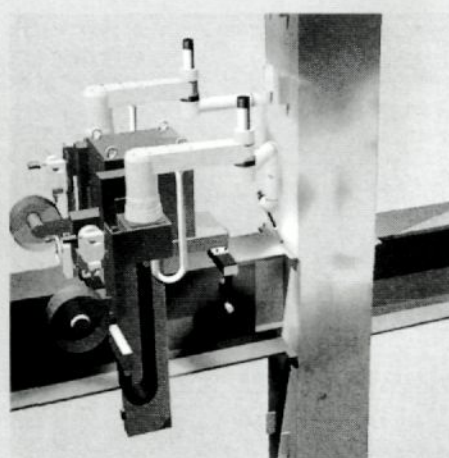
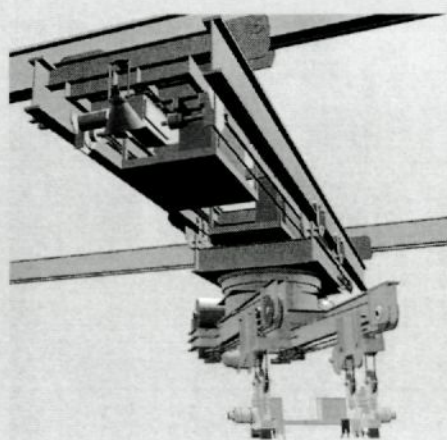
Die gesamte Softwarefamilie unter dem Namen "Fertig" verfügt über eine einheitliche Benutzeroberfläche mit Menüsteuerung. Die Basis bilden unterschiedliche CAD-Programme: "FertigDEC" übernimmt alle Aufgaben von der Konstruktion von Fertigteildecken bis hin zur statischen Berechnung und startet entweder mit Überspielen der Grundrißdaten vom Architektenplan oder durch manuelles Übertragen, wobei Planfehler durch zahlreiche Logikprüfungen selbsttätig erkannt werden. Die einzelnen Deckenelemente werden unter Berücksichtigung aller relevanten Optimierungskriterien am Bildschirm auf Schalungspaletten positioniert. Dabei

werden ungenutzte Schalungsflächen minimiert und die Plattenreihenfolge für Transport und Verlegen auf der Baustelle berücksichtigt. Das Programm bietet auch Zusatzmodule für Hohlkörper-, Ziegelement- und Rippendecken.

"FertigWAND" ermöglicht die CAD-Bearbeitung sowohl ein- und zweischaliger Betonwände als auch von Ziegel- und Kalksandsteinwänden. Der Grundriß wird vom Deckenprogramm übernommen. Die Wandelemente können auf Basis des Architektenplans in allen Details konstruiert und mit den erforderlichen Einbauteilen versehen werden. Geschoßpläne können zur Überprüfung dreidimensional dargestellt werden. Bei Ziegelwänden werden die Produktionsdaten für den AIA-Mauerwerksroboter (s.u.) zur Verfügung gestellt. "FertigTREPPE" schließlich dient der Produktion geradläufiger Fertigtreppe einschließlich Podesten.

Die Produktionsdaten sämtlicher CAD-Programme werden im Anschluß an die CAM-Komponente "FertigMASTER" übergeben. Sie steuert und überwacht die Produktion auf Einzelstationen oder den gesamten Ablauf. Für die kaufmännische Betriebsleitung stellt das Programm darüber hinaus zahlreiche Kennzahlen und statistische Auswertungen sowie Fehlerprotokolle zur Verfügung. Integriert ist ebenfalls eine Lagerverwaltung.

Die automatische Produktion startet mit dem Schalungsroboter MRP (Magazinieren, Reinigen, Plotten). Die geometrischen Daten der zu betonierenden Platten werden mit einer Genauigkeit von  $\pm 2$  mm auf die Palette übertragen, diese gleichzeitig geölt und anschließend mit Schalelementen versehen. Mit Hilfe eines weiteren Roboters werden vorgerichtete Bewehrungen und Gitterträger automatisch eingelegt. Das Einbringen des Betons erfolgt unter Erkennung von Aussparungen und mit einer Maßgenauigkeit der Plattendicke von 5 Prozent. Die fertig gerüttelten und aufgerauten Platten werden schließlich vom Palettenkran automatisch in die Härtekammer transportiert. Die Beladung der LKWs erfolgt derart, daß sie von der Ladefläche direkt versetzt werden können.



Oben: Blick in die Arbeitsplattform des 'ABCS-System' von Obayashi; links: Kranbahn zum Transport von Trägern, Stützen, Wandelementen und anderen Materialien; rechts: Roboter zum Ausführen komplexer Schweißarbeiten.



Blick in das 'Automatische Betonwerk': Palettenkran zum Abtransport der fertigen Deckenelemente in die Härtekammer.



Teilautomatisierte Betonverteiler  
Putzmeister Maschinenfabrik  
GmbH  
Max Eyth-Straße 10  
72631 Aichtal  
Tel. 07127 - 599-0

Das Bedienen und Überwachen der Betonförderung mit einem fünfgliedrigen Verteilmast, dessen sechs Freiheitsgrade (einschließlich Schwenken) durch Einzelbetätigung der Mastglieder kaum mehr beherrschbar sind, gehört zu den Aufgaben, die bereits in den 80er Jahren teilautomatisiert wurden. Putzmeister entwickelte eine rechnerunterstützte Steuerung von Betonverteilmasten unter dem Namen "AMC". Das System übernimmt die exakte Koordination der einzelnen Mastglieder. Trotz ständiger Bewegung des Mastes bleibt dabei der Endschlauch immer in der vorgewählten Höhe über der zu betonierenden Fläche. Das Unfallrisiko bei manueller Steuerung ist eliminiert; alle Punkte der Baustelle können schnell und präzise angefahren werden; der Endschlauch verbleibt während der Bewegung weitgehend in Ruhe. Der Pumpenfahrer bewegt lediglich einen Kreuzschalter, der die Bewegungen

des Mastdrehwerks sowie Richtung und Geschwindigkeit des Mastes als Ganzes steuert. Die sich ständig verändernden Winkel der einzelnen Arme zueinander steuert der Rechner, der auch Betonpumpe und Hilfsaggregate ansteuert sowie die Betriebszustände überwacht und diagnostiziert.

Betonierroboter  
Takenaka Corp., Tokyo  
Europazentrale: Oststraße 10  
40211 Düsseldorf  
Tel. 0211 - 16794-0

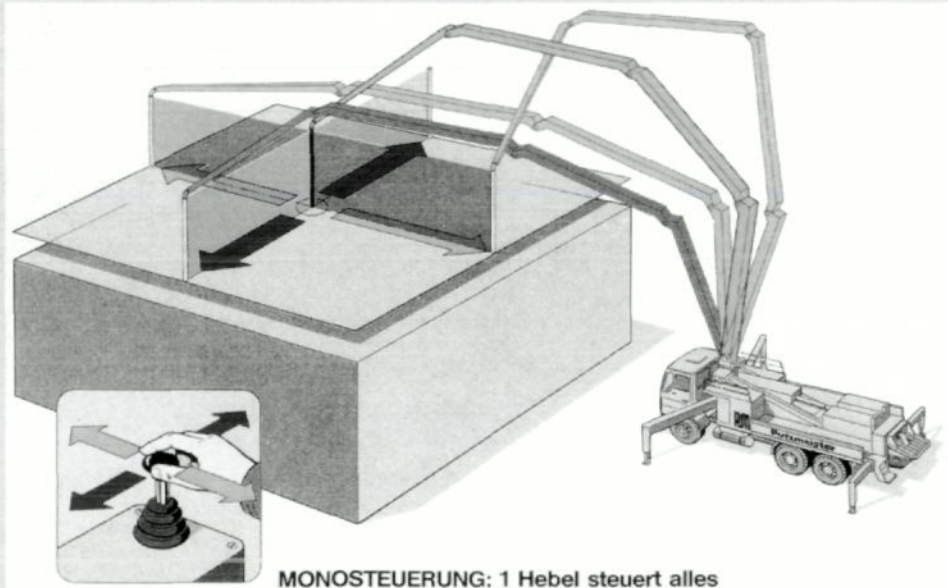
Takanaka hat bereits 1979 begonnen, grundlegende Roboter-technologien für Betonarbeiten zu entwickeln. Mittlerweile konnte jeder Aspekt der Betonverarbeitung auf der Baustelle von der Verteilung bis zur Oberflächenbearbeitung erfolgreich automatisiert werden. Einer der zahlreichen Roboter ist der "HCD" (Horizontal Concrete Distributor) zur horizontalen Betonverteilung. Das Schlauchende der Betonpumpe bewegt sich an einem 20 m langen, viergliedrigen horizontalen Mast computer-gesteuert über die zu betonierende Fläche. Hindernisse wie

Stützen, Wände etc. werden automatisch erkannt und umfahren. Der Radius umfaßt ca. 1000 qm Betonfläche.

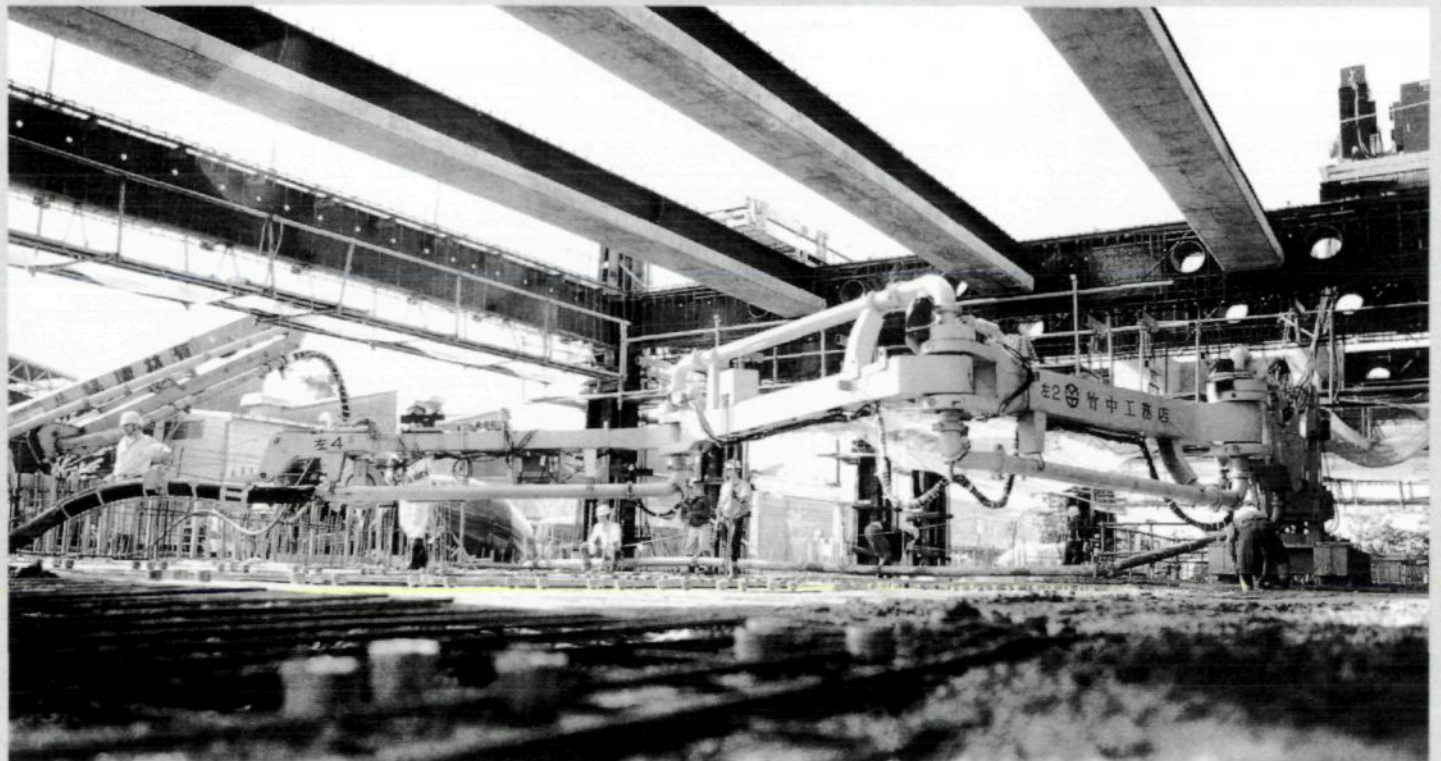
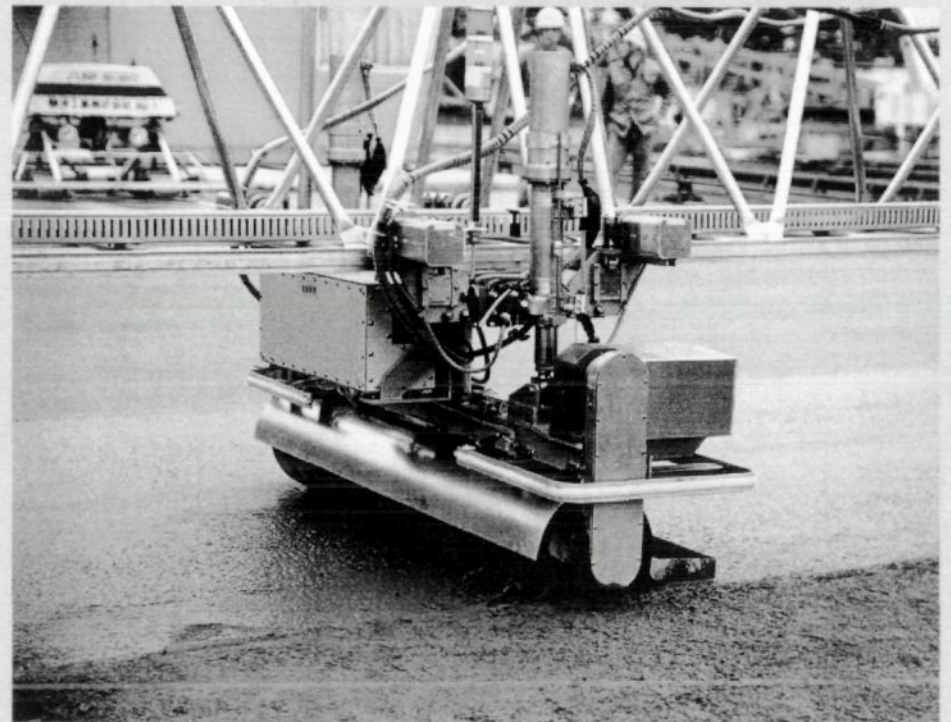
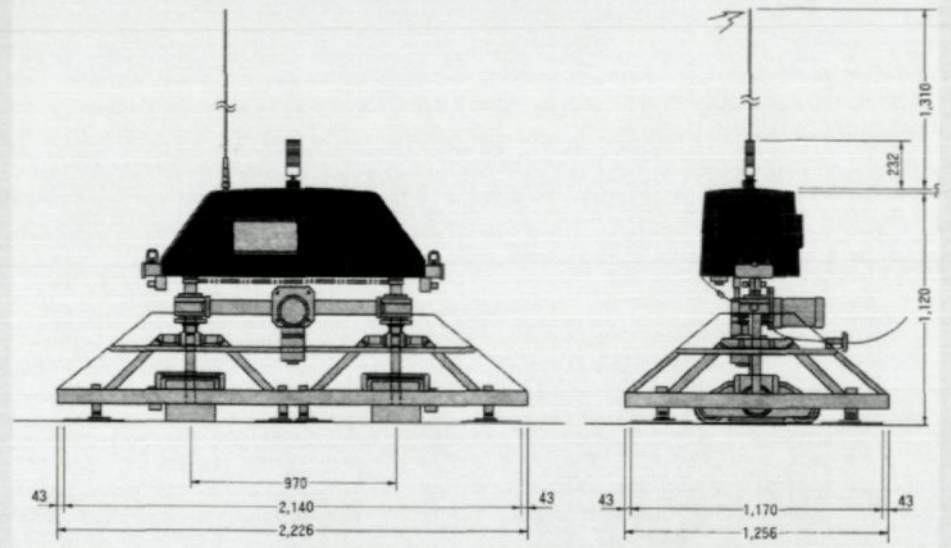
"Surf Robo", bereits seit 1987 angewandt, ist ein Roboter zur Oberflächenbearbeitung von Betondecken. Die Bearbeitung erfolgt durch zwei Gruppen von jeweils 4 Kellen, die in gegenläufiger Richtung um zwei Achsen rotieren. Der Anpreßdruck der Kellen kann der jeweiligen Betonhärte angepaßt werden. Der

Roboter operiert entweder fern-gesteuert oder - durch einfache Eingabe von Länge und Breite der zu bearbeitenden Fläche - vollautomatisch unter Erkennung von Hindernissen. Es werden Arbeitsleistungen bis zu 300 qm/h erreicht, d.h. eine Verfunffachung gegenüber herkömmlichen Bearbeitungsmethoden.

"Screed Robo", seit 1989 im Einsatz, ist ein Roboter zum Verdichten und exakten Nivellieren



Oben: Die Bedienung der komplexen Steuerungsvorgänge bei der teilautomatisierten Betonverteilung erfolgt über einen einfachen Kreuzschalter.



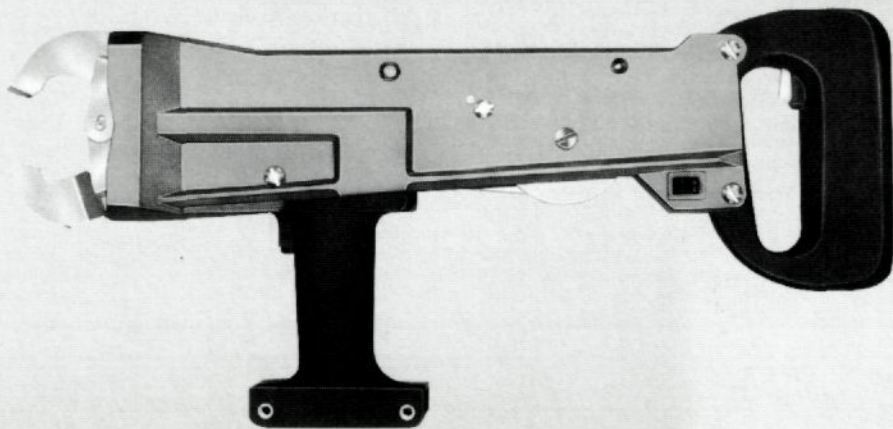


des eingebrachten Betons. Zwei Typen stehen zur Verfügung: der "Girder Mounted Type", der sich an einem Gitterträger mit Laufschiene befestigt - über die Betonfläche bewegt, sowie der "Motor Vehicle Type", der sich auf vier Rädern autonom bewegt. Das Nivellieren der Betonoberfläche wird automatisch über ein Lasermeßgerät kontrolliert.

Linke Seite, von oben nach unten: 'Surf Robo' zur Oberflächenverarbeitung von Betondecken, 'Screed Robo' zum Verdichten und Nivellieren von Beton, 'HCD'-Roboter zur horizontalen Betonverteilung.

**Automatische Bindemaschine**  
Bentac Co., Ltd.  
2-16-1-615, Shimbashi,  
Minato-ku  
Tokyo 105, Japan  
Tel. 0081-3 - 3506-1122

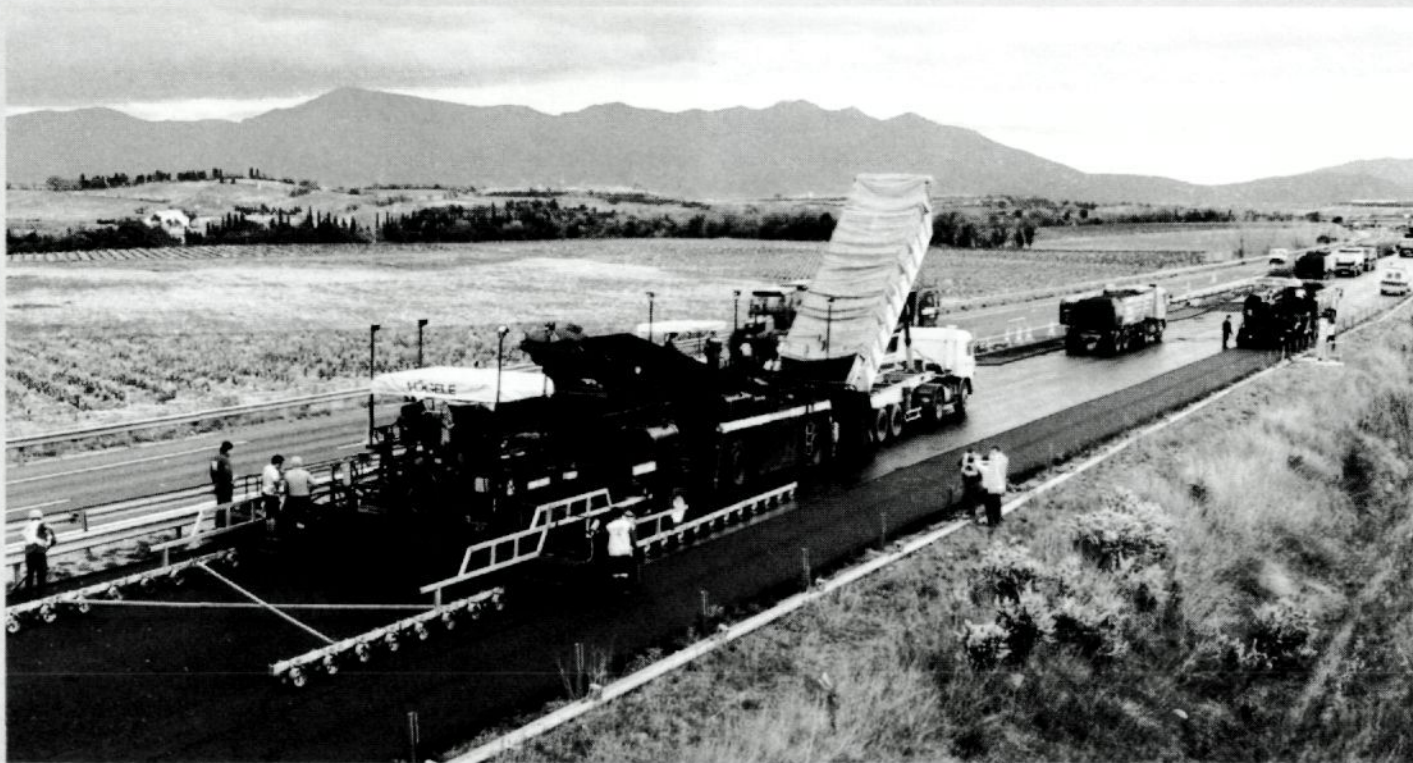
Das "U-Tier" genannte Handhabungsgerät ist weltweit die einzige Maschine zum automatischen Binden von Bewehrungsstäben nach traditioneller japanischer Bindetechnik. Wenn der Kopfbügel der Maschine die Bewehrungsstäbe berührt, werden diese von einer Führung umschlossen, und die Maschine ist betriebsbereit. Der Arbeitsbetrieb wird von einem Mikrocomputer geregelt, der eine feste Bindung gewährleistet. Für eine Bindung, die im Stehen erfolgt, werden ca. 2 Sekunden benötigt. Das Gerät wiegt etwa 2 kg und kommt Ende 1995 auf den Markt. Größere Maschinen sollen nach und nach entwickelt werden.



**Automatische Straßenfertiger**  
Joseph Vögele AG  
Neckarauer Straße 168-228  
68146 Mannheim  
Tel. 0621 - 8105-0

Vögele baut Straßenfertiger, mit denen sämtliche Befestigungsschichten für Wege und Straßen aller Art, Flugzeugpisten und Parkplätze bis hin zu Böden von Fabrikhallen profilgenau und eben herzustellen sind. Das Produktionsprogramm umfaßt Straßenfertiger mit Raupen- oder Räderfahrwerk für bis zu 15 m breite Beläge aus Asphalt und Beton sowie Betondecken-Einbauszüge (Verteiler, Fertiger und Glätter) mit Schienenfahrwerk für den Einbau bis zu 9 m breiter Betondecken.

Die ersten Straßenfertiger für den Asphalteinbau wurden in den 30er Jahren gebaut; bei diesen erfolgte die Kraftübertragung rein mechanisch. In den 70er Jahren wurde die Mechanik von der Hydraulik abgelöst. Mit der Einführung von elektronischen Komponenten Anfang der 80er Jahre wuchs die Automatisierung der Fertiger ständig, auch unter dem Druck immer komplexer werdender Bedienungsaufgaben. Inzwischen werden die vielfältigen Funktionen - Fahren, Lenken, Bremsen, Materialentleerung und -verteilung, Nivellieren, Stampf- und Vibrationsverdichten etc. -



Straßenfertiger beim teilautomatisierten Einbau einer Autobahn-Asphaltdecke mit einer Leistung von bis zu 1000 t/h.

über eine Prozeßsteuerung aufeinander abgestimmt. Diese steuert Motordrehzahl, Fahrgeschwindigkeit, Zuführung, Verteilung und Nivellierung des Einbauguts in Abhängigkeit voneinander und paßt sie automatisch wechselnden Einbaubedingungen an. Straßenfertiger gehören zu den in Deutschland eingesetzten Baumaschinen mit dem höchsten Automatisierungsgrad.

**Verlegemaschinen**  
Probst GmbH  
Gottlieb-Daimler Straße 6  
71729 Erdmannhausen  
Tel. 07144 - 3309-0

Die Firma Probst entwickelt und fertigt seit Jahrzehnten Greif- und Verlegesysteme, die für Baubetriebe ein großes Rationalisierungspotential bieten und für Arbeitserleichterungen in unterschiedlichen Bereichen sorgen. Für den Straßen-, Garten-, Landschafts- und Tiefbau bietet das Unternehmen vielfältige Geräte und Sonderanfertigungen an. In den letzten Jahren wurde mit innovativen Techniken - insbesondere der Vakuum-Technik für den Bau - eine marktführende Position erreicht.

Vakuum-Hebe- und Versetzgeräte unter dem Namen "Jumbo" wurden speziell für den Baustelleneinsatz im Baukastensystem für unterschiedliche Anwendungen konzipiert. Großformatige und schwere Lasten bis 2000 kg wie Beton- oder Natur-



steinplatten, Rinn- und Bordsteine, Betonrohre, Stufen u.ä. können mit diesen Maschinen kraft- und materialschonend versetzt werden. Mit Hilfe verschiedener Saugplatten können nicht nur planebene, sondern auch runde, profilierte, unebene und poröse Materialien unterschiedlicher Größen versetzt werden. "Jumbo" wird als mobiles Gerät für kleinere Lasten sowie als Anbaugerät für Radlader und Kräne angeboten; auch die Kombination mit einer Pflasterverlegemaschine ist möglich.



# CIM - Computer Integrated Manufacturing

Die Idee der computerunterstützten Fertigung im Bauwesen entstand bereits vor etwa zwanzig Jahren. In Verbindung mit dem industriellen Bauen und der umfassenden Vorfertigung in Großtafelbauweise überlegte man sich, wie der Entwurf und die Bauvorbereitung in diesem Bereich effizienter ablaufen könnte. Zu diesem Zweck entstanden Computerprogramme, die innerhalb eines dreidimensionalen Gebäudemodells den Aufbau des Gebäudes aus den genormten Fertigteilen ermitteln konnten. Damit verbunden war eine Massen- und Stückzahlbestimmung der für den Bau benötigten Fertigteile sowie eine Optimierung der Anzahl der benötigten Fertigteile. Die Programme konnten nur mit den Standardelementen arbeiten und waren nicht in der Lage, komplexere Geometrien zu verarbeiten. Mit dem schwindenden Interesse am Fertigteilbau Anfang der achtziger Jahre boten auch diese Programme keine weitergehende Perspektive und wurden nicht weiterentwickelt. Man beschränkte sich in der folgenden Zeit im wesentlichen auf die Rationalisierung der Zeichnungserstellung, da eine weitergehende Repräsentierung von Gebäuden eine zu komplexe Aufgabe für die damalige Rechner- und Programmgeneration war.

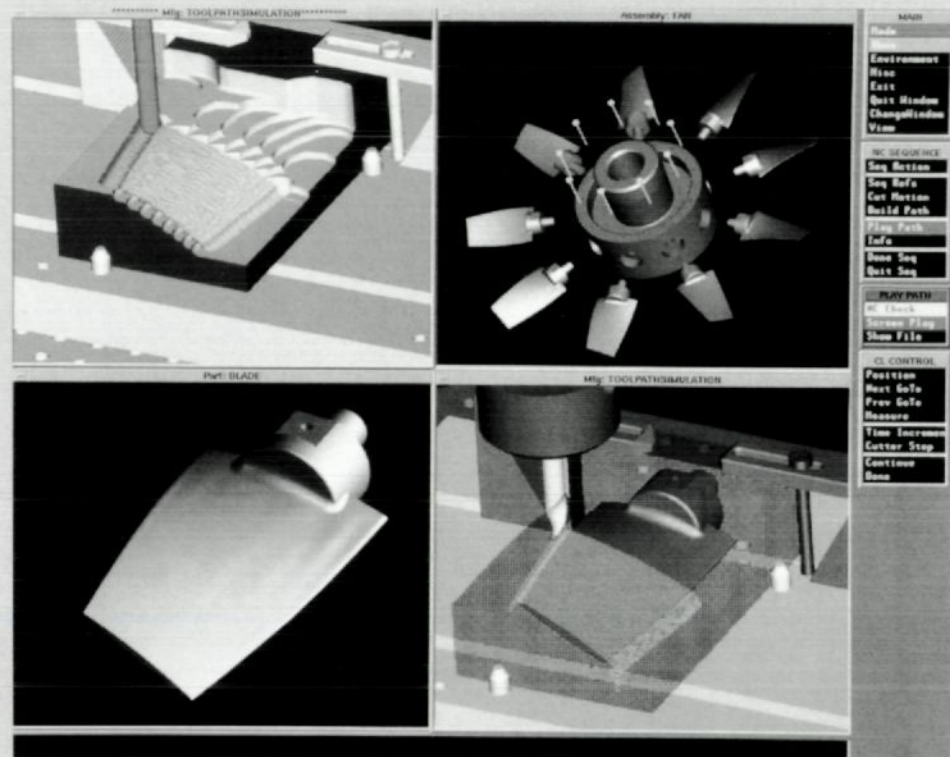
## CIM im Maschinen- und Fahrzeugbau

Seit mehreren Jahren werden im Maschinen- und Fahrzeugbau Systeme entwickelt, die auch sehr komplexe Bauteile geometrisch und funktional exakt be-

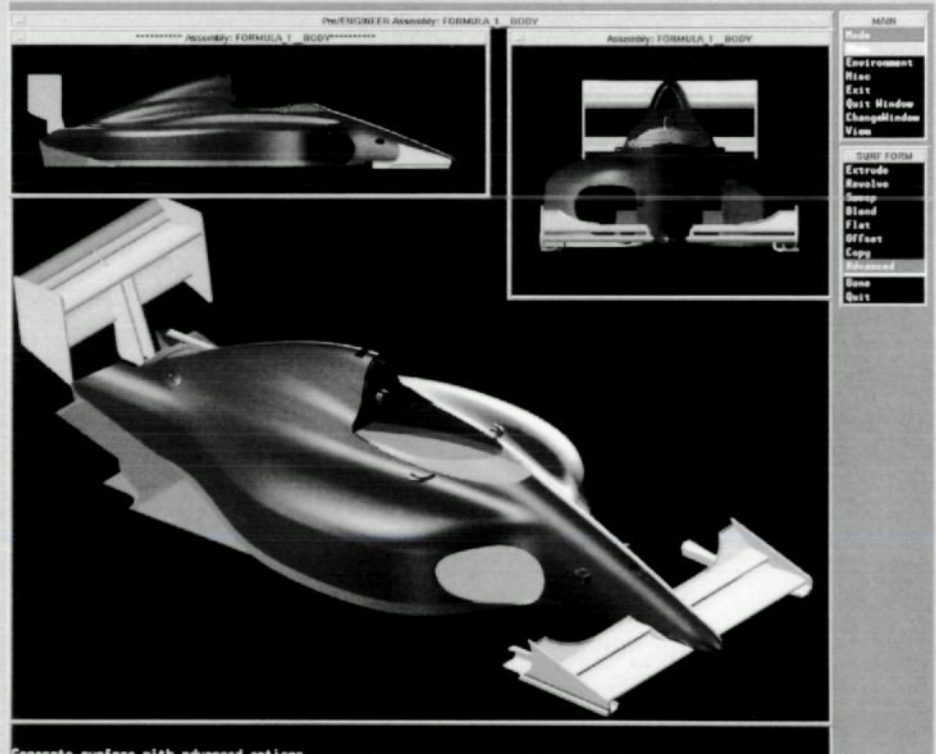
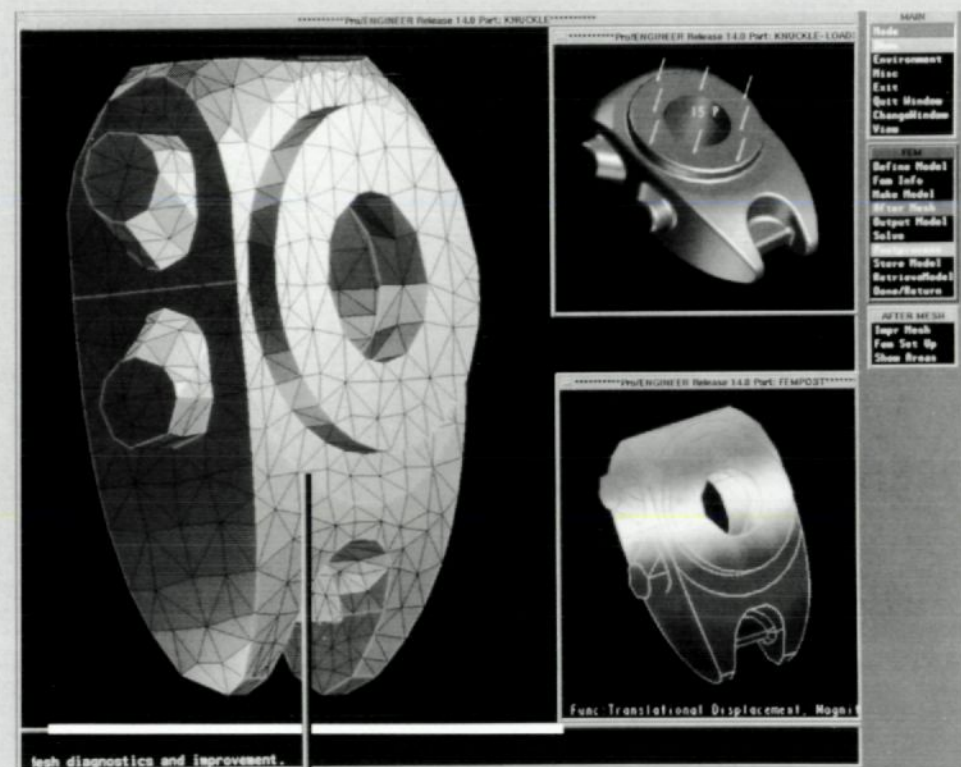
schreiben können. Konstruiert wird dabei mit dreidimensionalen Volumen, sogenannten Solids. Es stehen für die Modellierung der Bauteile komfortable Werkzeuge zur Verfügung. Parametrisches Konstruieren erlaubt ähnlich wie beim Skizzieren die Festlegung der Grundgeometrie und der Proportionen des Volumens. Die genauen Maße können immer wieder verändert werden. Ebenso lassen sich relativ einfach Varianten des entworfenen Bauteils erstellen. Interaktives Drehen des Objekts im Raum stellt genauso wenig ein Problem dar wie das Ziehen von beliebigen Schnitten. Das ist möglich, da die Datenmodelle vieler moderner Programme mittlerweile so konsistent sind, daß zweidimensionale Darstel-

Veränderungen lassen sich so relativ schnell erkennen und ausführen. Der Entwerfer kann aus dem Datenmodell diverse Informationen über das Bauteil beziehen. Nicht zuletzt können aus dem Modell Daten für die Fertigung an CNC-Maschinen (CNC: Computer Numerical Control) gewonnen werden. Der Entwerfer kann sogenannte Constraints (Zwangsbedingungen) für die Konstruktion vorgeben. Zu diesen Randbedingungen gehören beispielsweise begrenzte Einbauplätze genauso wie die Möglichkeiten der Werkzeuge von CNC-Bearbeitungszentren. So kann das Entwurfssystem Kollisionen mit den Achsen der Maschine frühzeitig erkennen und visualisieren. Eine Schwierigkeit stellt nach

wie vor die Konzeption eines programmübergreifenden Produktdatenmodells dar. Es ermöglicht, Informationen über die Eigenschaften eines Volumens (Bauteils) zu speichern und unabhängig von den verwendeten Programmen zu übertragen. Die dabei übermittelten Eigenschaften gehen über rein geometrische Informationen weit hinaus: Materialeigenschaften, Fertigungsanweisungen, Oberflächeneigenschaften etc. können im Produktdatenmodell enthalten sein. Voraussetzung für die Erstellung und Bearbeitung solcher Produktdatenmodelle ist die Existenz einer Datenbank im CAD-Programm, in der auch nicht-geometrische Daten den Volumen zugeordnet werden können. In dieser Datenbank werden die Eigenschaften jedes einzelnen Objektes beschrieben. Die exakte Gestalt dieser Datenbank hängt von der Art der zu beschreibenden Objekte ab. Weit fortgeschritten ist die Konzeption eines branchenspezifischen Produktdatenmodells im Bereich der Automobilindustrie. International hat sich im Bereich des Maschinen- und Fahrzeugbaus mit der Normenreihe ISO 10303, die auch als STEP (Standard for the Exchange of Product Model Data) bezeichnet wird, eine Art Standard herausgebildet. Zu dieser Norm gehört auch eine objektorientierte Beschreibungssprache namens Express, mit der weitere anwendungsspezifische Produktdatenmodelle entwickelt werden können.



lungen Untermengen der dreidimensionalen Datenbasis sind. Weiterhin stehen direkte Schnittstellen zu Analysetools wie der Finite-Element-Methode (FEM) zur Verfügung, mit denen sich die Qualität des Entwurfs überprüfen läßt. Notwendige



Oben Mitte: Erstellung eines CNC-Programms mit Simulation des Fräsvorgangs  
Links: Netzgenerierung für die FEM-Analyse  
Rechts: Freiformflächen-Modell



## Stand des CIM im Bauwesen

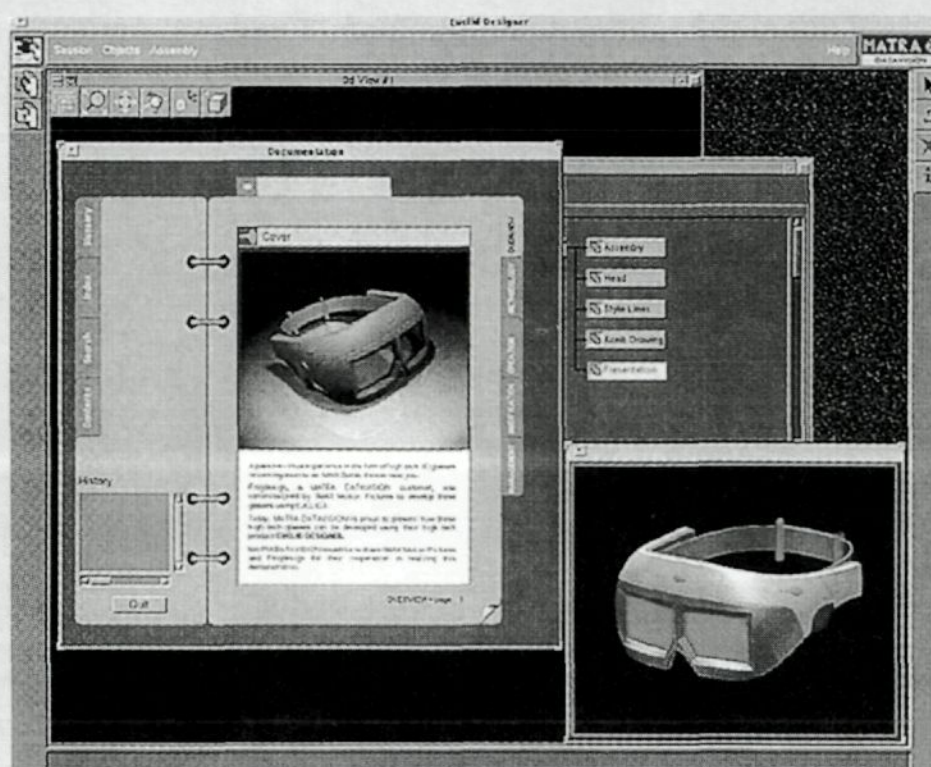
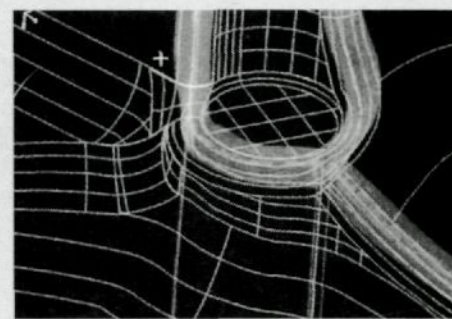
Im Bauwesen existiert trotz einiger Ansätze (zum Beispiel STEP 2DBS) noch kein genormtes Produktdatenmodell entsprechend den Richtlinien der ISO 10303. Weit verbreitet, wenn es um den Austausch von CAD-Daten geht, ist immer noch das DXF-Format der Firma Autodesk, das im Prinzip nur Geometrien übertragen kann. So werden beispielsweise DXF-Daten zur Programmierung von Mauersteinmaschinen verwendet. Dabei wird aus dem CAD-System des Architekten die Geometrie der zu mauernden Wand im DXF-Format exportiert. Diese Daten werden zur Elementierung der Wand genutzt, nach der die Mauersteinmaschinen gesteuert werden. Eine Aufbereitung und Nachbearbeitung der Daten ist erforderlich. Ebenfalls ist dies notwendig, wenn man komplexe, mehrfach gekrümmte Formen übertragen möchte, so sie denn überhaupt dargestellt werden können.

Wollte man ähnliche Rationalisierungseffekte, wie sie im Fahrzeugbau erwartet werden, auch im Bauwesen nutzen, so wäre eine weitgehend automatisierte Fertigung sinnvoll. Dies um so mehr, da man es im Bauwesen traditionell in hohem Maße mit Einzelfertigungen zu tun hat. Während in der Automobilindustrie Serien von mehreren hunderttausend Stück nichts Außergewöhnliches sind, so rechnet man im Bauwesen von Ausnahmen abgesehen üblicherweise mit Stückzahlgrößen um die eins. Flexible Fertigungsanlagen, die Einzelstücke weitgehend automatisiert produzieren können, wären also bei einer geeigneten Formulierung der Fertigungsaufgabe im Bauwesen effizient einsetzbar. Eine Voraussetzung dafür ist es, entsprechend dem Vorgehen der Fahrzeugindustrie ein konsistentes dreidimensionales Produktdatenmodell "Bau" zu erarbeiten. Dieses Modell sollte für Aufgaben im Bereich Visualisierung, Konstruktion und Fertigungssteuerung, Gebäudetechnik sowie Facility Management dreidimensional gestaltet werden, auch wenn die meisten Grundriß- und Ausführungszeichnungen des Architekten zweidimensional sind. Zur Zeit ist es vielfach noch der Fall, daß für die Geometrie des Gebäudes drei oder mehr getrennte Datenmodelle existieren. Architekt, Visualisierungsbüro, Fachingenieure und Gebäudeverwaltung verwenden jeweils eigene Softwarelösun-

gen, die allenfalls die grundlegendsten Geometrien fehlerfrei austauschen können, so daß eine Datenkonvertierung aufwendiger wäre als eine völlige Neueingabe der Gebäudedaten. Es ist einfach nachzuvollziehen, daß durch derartig viele unabhängige Modelle der Aufwand bei Planungsänderungen vervielfacht wird. Ziel muß also eine rechnerinterne Repräsentation des Systems "Gebäude" sein, die vom ersten Entwurf bis zum Recycling der Baumaterialien weiterverwendet werden kann und die allen Beteiligten gleichermaßen zur Verfügung steht. Wichtige Elemente einer solchen Gebäudepräsentation wäre ein nicht rein geometrisches Datenbanksystem, mit dem beispielsweise der Detaillierungsgrad der Darstellung automatisch dem Maßstab angepaßt wird oder das beliebige zweidimensionale Grundrisse und Schnitte generieren kann, sowie ein System zur Entwurfsunterstützung. Dieses System müßte der Tatsache Rechnung tragen, daß am Anfang des Entwurfs zumeist nur sehr grobe Vorstellungen über die Disposition des Entwurfs vorhanden sind, die der Architekt erst im Laufe des Entwurfsprozesses konkretisiert. Dieses System muß insbesondere von seiner gesamten Benutzeroberfläche und Bedienungsmethodik her die Kreativität des Entwerfers anregen und unterstützen und ihm einfach zu nutzende Werkzeuge zur Variantenbildung und Entwurfsanalyse zur Verfügung stellen. Gerade die dreidimensionalen Virtual-Reality-Techniken bieten dafür interessante Perspektiven, wie das Projekt Sculptor des Fachgebiets CAAD der ETH Zürich für eine Entwurfs Oberfläche zeigt (siehe Schwerpunkt in diesem Heft).

EUCLID/Designer  
Matra Datavision GmbH !  
Schatzbogen 62  
81829 München  
Tel. 089 - 420470

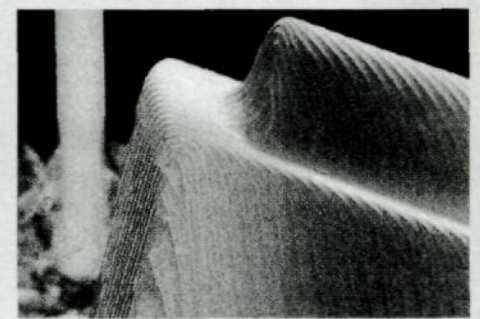
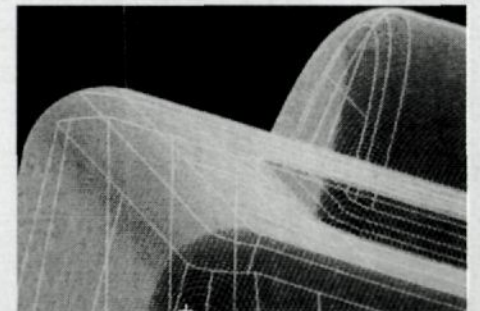
Euclid gehört zu den ersten 3D-Volumenmodellierern überhaupt. Die Anfänge reichen bis in das Jahr 1969 zurück, als das Programm für die Freiformkonstruktion der Tragflächen des Überschallflugzeugs Concorde entstand. Es ist nach intensiver Weiterentwicklung mittlerweile eines der ersten 3D-CAD-Systeme, das objektorientiert aufgebaut ist. Nach Aktivierung eines Objekts werden die sinnvollen und möglichen Operationen angezeigt. Bei Unklarheiten kann man einen "Expert Assistant" aufrufen, der verschiedene multimediale Hilfsfunktionen bis hin zur Videosequenz bietet. Dadurch besteht nicht mehr die Notwendigkeit, alle Funktionen des Programms zu lernen. Um die objektorientierte Softwareentwicklung zu beschleunigen, hat Matra eine eigene Entwicklungsumgebung namens CAS.CADE geschaffen. Mit diesen Programmierwerkzeugen lassen sich branchenspezifische Anwendungen neuester Bauart produzieren. Ein Ergebnis dieser Strategie ist die Kompatibilität des Euclid-Datenmodells mit den STEP-Normen. Weiterhin ist das Programm in der Lage, durch den objektorientierten Ansatz die geometrische "Entstehungsgeschichte" eines Bauteils in der Datenbank nachzuvollziehen.



## Baumarkt

Tebis 3.0  
Tebis Technische Informationssysteme AG  
Am Haag 10  
82166 Gräfelfing/München  
Tel. 089 - 854670

Tebis produziert Lösungen für die Modellierung und die Fertigung von dreidimensionalen Freiformflächen. Dabei werden Programme zum neuen Entwurf von Flächenmodellen, zur Konvertierung von 3D-Modellen anderer CAD-Systeme in Flächen-daten sowie Systeme zur Abtastung und Digitalisierung der Flächen von realen Modellen angeboten. Die Flächendaten können in Programme zur Steuerung von numerisch gesteuerten Dreiachs- und Fünfachs-Fräsen und -Laserschneidanlagen umgewandelt werden. Mit Simulationsmodulen kann das CNC-Programm überprüft und der Fertigungsvorgang auf dem Bildschirm beobachtet und optimiert werden.

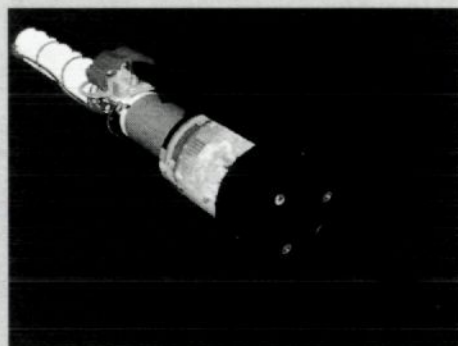


Kleine Abbildungen:  
Oben: Erstellung von CNC-Programmen für die Freiformflächen-Fertigung.  
Darunter: Dreiachsiges Fräsen eines Oberflächenmodells  
Links: Simulation des Fertigungsprozesses mit Kollisionsüberprüfung der Werkzeugwege.  
Großes Bild: Der "Expert Assistant" von Euclid gibt Informationen über die möglichen Transformationen des Objekts.

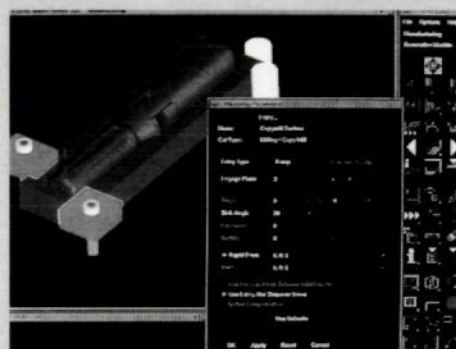
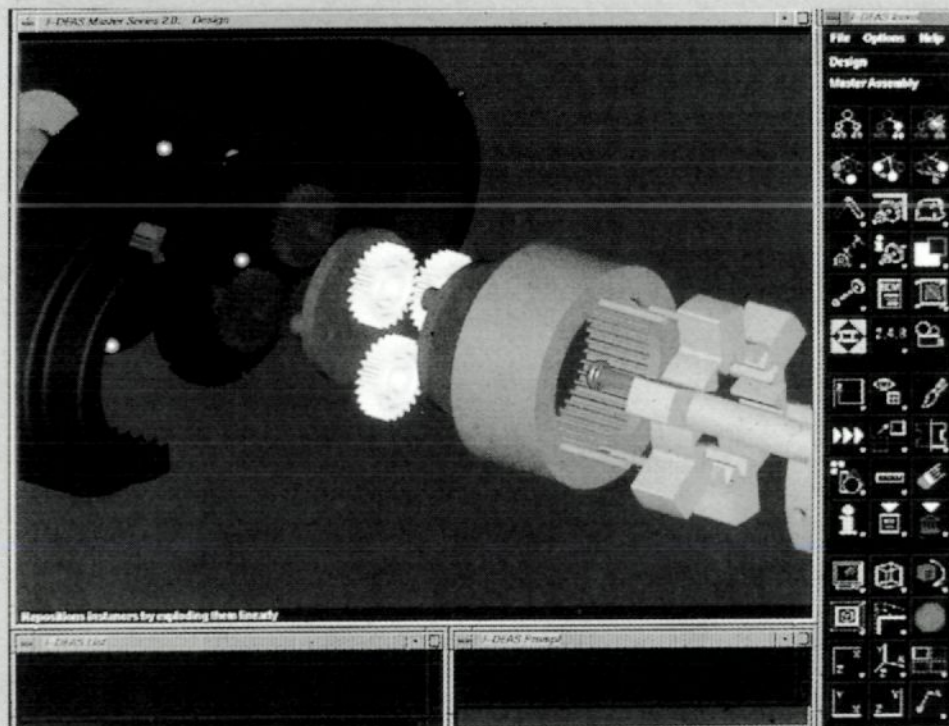


I-DEAS Master Series 2  
SDRC GmbH  
Martin-Behaim-Straße 12  
63263 Neu-Isenburg  
Tel. 06102 - 747182

Die I-DEAS Master Series 2 ist eine moderne Softwarelösung für das konzeptionelle Konstruieren im Maschinenbaubereich. Kernziel bei der Entwicklung war die möglichst einfache Bedienbarkeit bei einer möglichst umfassenden Integration von Funktionen. Dies wird durch eine große, mittlerweile auf 90 angewachsene Zahl von Modulen erreicht, die unter einer einheitlichen Benutzeroberfläche integriert sind und ein breites Anwendungsfeld vom Entwurf über 2D- und 3D-Konstruktion, Berechnung bis zur Fertigungs-simulation sowie Meßdatenerfassung und -auswertung abdecken. Die Benutzeroberfläche besitzt eine Reihe von Eigenschaften, die das Konstruieren erleichtern sollen. Dazu gehört der "Dynamic Navigator", ein "intelligenter" Cursor. Geometrische Randbedingungen, wie Parallelität, Tangentialität und Rechtwinkligkeit, werden grafisch dargestellt und vor der



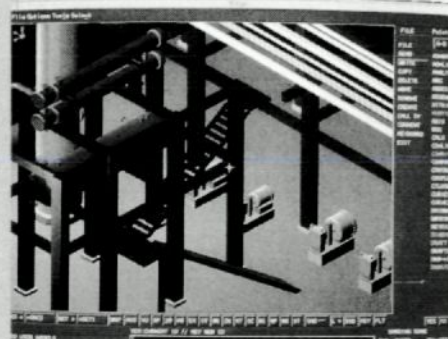
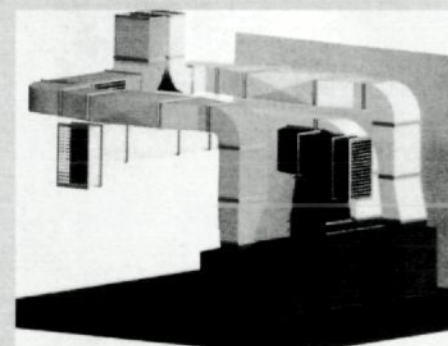
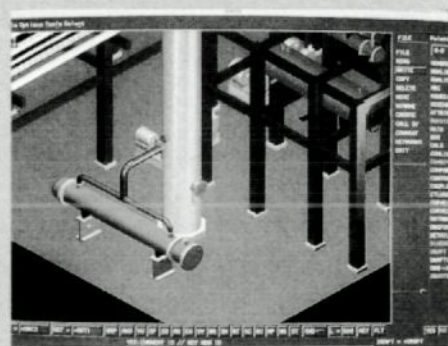
Ausführung eines Befehls optisch hervorgehoben. Das System erkennt diese Randbedingungen in Echtzeit, auch während dynamischer Geometrie-Veränderungen. Außerdem kann der Anwender jede Art der Vermaßung durch eine einzige Icon-Auswahl ausführen. Referenzmaße werden selbständig erstellt, sobald die Software erkennt, daß eine Überbestimmung vorliegt. Hinter der Benutzeroberfläche und den Modulen liegt ein einheitliches 3D-Volumenmodell. Dieses Modell kann aus allen Modulen heraus verändert werden, so daß jederzeit eine Anpassung des Volumenmodells auf Grund der Erkenntnisse aus dem Analysemodul möglich ist, ohne daß wieder in die Modellieroberfläche zurückgegangen werden muß. Für die Modellierung und Veränderung von Volumen stehen eine Vielzahl von Konstruktionsmöglichkeiten zur Verfügung. Die Technik der "topologischen Repräsentierung" von Volumengeometrien läßt es zu, daß der Nutzer im zwei- und dreidimensionalen Modus am Modell arbeiten kann. Ebenso kann der Nutzer erst später im Laufe des Konstruktionsprozesses genauere Angaben der einzelnen Volumenobjekte festlegen, da IDEAS auch mit nicht vollständig bestimmten Objekten operieren kann. Weitere Fähigkeiten des Programms liegen in der automatischen Netzgenerierung und Elementierung für die FEM-Berechnung oder die Vorbereitung der CNC-Fertigung.



Catia  
IBM Deutschland Informations-systeme GmbH  
Geschäftssegment CAE/AEC  
Eschenbrunnlestraße 12-14  
71065 Sindelfingen  
Tel. 07031 - 172871

Catia ist ein weit entwickeltes 3D-CAD und Entwurfssystem, das ursprünglich von der französischen Firma Dassault für die Luft- und Raumfahrttechnik entwickelt wurde und unter anderem bei Airbus Industries oder Boeing eingesetzt wird. Seit mehreren Jahren hat IBM den weltweiten Vertrieb übernommen und bietet das Programm für die eigenen Großrechner sowie Workstations der Serie RS/6000 unter dem Betriebssystem AIX an. Mittlerweile ist CATIA auch für die Worksta-

tions von Silicon Graphics (Betriebssystem IRIX) und Hewlett-Packard (Betriebssystem HP-UX) sowie für PCs mit dem Betriebssystem AIX zu haben. Das Programm arbeitet vollständig mit dreidimensionalen Datenbanken, die für den speziellen Anwendungsbereich programmierbar sind. Ebenfalls offen und anpaßbar ist die Struktur des Programms, wodurch Catia-Anwendungen für die verschiedensten Branchen erstellt werden können. Es stehen heute unter anderem Lösungen für die computerintegrierte Fertigung (CIM), für den Stahl- und Anlagenbau und die Möbelherstellung zur Verfügung. Weiterhin können photorealistische Visualisierungen und Animationen mit Rendering-Programmen von Wavefront (Explore) und Mental Images



Visualisierung des Rohrlayouts einer Anlage und des zugehörigen Stahlbaus.

Großes Bild oben: Das städtebauliche 3D-Modell kann in jeder Ansicht betrachtet und verändert werden. Kleine Abbildungen, oben: Visualisierung der Rohrinstallation einer Klimaanlage; rechte Seite: Berechnung der Arbeitsbahnen einer CNC-Fräsanlage.



(Mental Ray) erstellt werden, zu denen direkte Schnittstellen bestehen. Im Anwendungsbereich Bauwesen gibt es Architekturmodule für die zwei- und dreidimensionale Städtebau- und Objektplanung. Die Konstruktion ist in jeder Ansicht möglich. Aus dem 3D-Gebäudemodell können beliebige Grundrisse und Schnitte produziert werden. Mittels einer Makrotechnik werden Bauteile verbal und geometrisch beschrieben und damit die Massenermittlung vorbereitet. Weitere Funktionen ermöglichen es, Kollisionen von Bauteilen im dreidimensionalen Modell automatisch zu erkennen. Die offene Konzeption von Catia macht die Kombination mit den unterschiedlichen Modulen möglich. So kann das Catia-Modell des Architekten z. B. an einen Stahlbaubetrieb weitergegeben werden, der mit seinem spezifischen Catia-Modul die Stahlkonstruktion bemessen und detaillieren kann, wobei die dreidimensionale Gestalt des Modells hilfreich ist. Das gleiche können die Anlagenbauer für die Haustechnik sowie die Elektrotechniker für die Verkabelung, für Energieversorgungs- und Kommunikationsnetzwerke mit ihren Modulen tun. Diese Module sind mit spezifischen Werkzeugen wie Rohrverlegetools, Flußdiagrammen, Analysetools, Stücklisten-generierung etc. ausgestattet. Damit verschiedene Gewerke an einem Modell arbeiten können, besteht die Möglichkeit, beschränkte Berechtigungen für die Veränderungen von Model-

len zu vergeben. So kann ein Fachingenieurbüro die für es erforderlichen Zeichnungsinhalte einsehen, Veränderungen sind jedoch nur auf den eigenen Layern möglich. Eine übergreifende Kollisionsprüfung läßt Konflikte zwischen den einzelnen Planungen sofort sichtbar werden. Ein besonderes Einsatzgebiet von Catia ist der Städtebau, da es direkte Anschlußmöglichkeiten an die Datenbanken von geographisch-technischen Informationssystemen bietet. Auf Basis solcher digitalen Grundkarten können Stadtplanungsämter oder Planungsbüros ein städtebauliches 3D-Volumenmodell zur Visualisierung und zu Analyse Zwecken erstellen. Die Planer arbeiten direkt im virtuellen Raum dieses 3D-Modells und können den Gebäudebestand sowie geplante Änderungen visualisieren. Dazu kann das 3D-Modell mit weiteren Daten über die Gebäude wie das Baujahr, Nutzung oder Zustand verknüpft werden. In den Stadtplanungsämtern Düsseldorf und Stuttgart wird Catia eingesetzt, um Bebauungspläne zu konzipieren und die Auswirkungen von Neubauten auf das Stadtbild beurteilen zu können. Auch das Büro von Frank Gehry setzt Catia ein (s. Annette LeCuyer, S. 26).

**Wandplan**  
**Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung**  
**Nobelstraße 12**  
**70569 Stuttgart**  
**Tel. 0711 - 9701240**

Wandplan ist ein Programm zur Verwaltung und Planung von Individualbauvorhaben in Ziegelbauweise. Es stellt ein Bindeglied zwischen der konstruktiven Planung des Architekten und der Fertigung des Bauvorhabens dar. Es kann eine Ziegelanordnung mit minimalem Verschnitt ermitteln sowie die

Kalkulation, die Ressourcenplanung, die Arbeitsvorbereitung und Fertigungssteuerung unterstützen. Die Eingabe der Basis-konstruktionsdaten eines Bauvorhabens erfolgt aus einem CAD-System automatisiert über Datenschnittstellen oder aus Konstruktionszeichnungen vom Benutzer durch ein Dialogverfahren. Mit diesen Basisdaten wird eine Elementierung des Bauvorhabens in Fertigungseinheiten vorgenommen. Dabei können die Ziegelsorten, die Positionen von Fenstern, Türen und Rolladenkästen und die Durchflußkanäle der Ziegel vorgegeben werden. Mit den Daten des Bauvorhabens und deren grafischer Darstellung wird der Materialbedarf ermittelt und für die Kostenkalkulation verwendet. Daneben lassen sich Stücklisten und Fertigungszeichnungen erstellen, wodurch man die nötigen Ressourcen planen kann. Es gehen Größen wie Wandflächen, Steinsorten, Steinmaße, Mörtelart, Schichthöhen und Schnittstein in die Planung ein. Da Wandplan mit einer Datenbank-schnittstelle zu Microsoft Access ausgestattet ist, können weitergehende Funktionalitäten ergänzt werden. Eine Schnittstelle zu CNC-Maschinen automatisiert Zuschnitt und Palettierung und steuert die Mauerroboter im Werk und zukünftig auch auf der Baustelle. Die für die Realisierung von Wandplan entwickelten Technologien und Instrumentarien können auch auf die Fertigung anderer Wandelemente und Fassadenteile oder das Setzen von Steinelementen aller Art (z. B. auch Fliesen) übertragen werden. Wandplan läuft auf PCs unter Microsoft Windows.

**CAD/CAM-Lösungen für die Vorfertigung von Bauelementen**  
**Dr. Maack & Partner GmbH**  
**Schulstraße 22**  
**21376 Salzhausen**  
**Tel. 04172 - 96310**

Das Büro Dr. Maack & Partner berät Firmen, die teil- oder vollautomatisch Bauteile im Bereich Dach, Decke und Wand produzieren wollen, und erstellt CAD/CAM-Lösungen für diesen Bereich. Dabei werden Verbindungen von marktüblichen CAD-Programmen zu teil- oder vollautomatischen Maschinen entwickelt. Die modernsten Systeme dieser Art steuern die automatische Produktion von Mauerwerksfertigungswänden inkl-

sive aller Installationsvorbereitungen (Heizkörpernischen, Rohrdurchbrüche, Schaltkästen). Grundlage ist der Entwurf des Architekten, der entweder über eine DXF-Schnittstelle direkt aus dem CAD-Programm übernommen oder mit Wänden und Decken neu in das System eingegeben wird. Die Geometrie des Entwurfs wird ergänzt durch Dachkonstruktionen, Öffnungen und Einbauteile. Die Installationen für Elektrizität, Sanitär und Heizung werden ebenfalls in das Gebäudemodell integriert. Um aus dem Gebäudemodell die Fertigungsanweisungen für die Wandherstellung zu erhalten, bestimmt man zunächst die Ecktypen der aneinanderstoßenden Wände (z. B. stumpf oder verzahnt). Des weiteren werden die Geschoßdecken am Rechner in Verlegfelder aufgeteilt, die wiederum entsprechend ihrer konstruktiven Besonderheiten in einzelne Deckplatten aufgeteilt werden. Dabei können Massivstreifen und Bewehrungen vorgesehen werden. Die fertigen Deckenplatten werden mit einem optimierten Ziegelraster elementiert. Nach Abschluß der Werkplanung werden sämtliche Plattendaten für die automatische Fertigung übergeben und alle für das Bauvorhaben erforderlichen Werkzeichnungen und Installationspläne ausgeplottet. In der Arbeitsvorbereitungsphase werden die Wanddaten im Computer zu Fertigungseinheiten zusammengefaßt, wobei auf eine möglichst optimale Auslastung der Umlaufpaletten, auf denen der eigentliche Mauervorgang stattfindet, geachtet wird. Gleichzeitig kann eine Kollisionsprüfung der CAD-Daten erfolgen. Ein weiteres Programm ermittelt die Baumassen und übernimmt die Fakturierung des Auftrags. Die fertig gemauerten und bewehrten Bauelemente werden durch ein Logistikprogramm entsprechend dem Montageablauf auf der Baustelle zum Beladen der Transportpaletten bereitgestellt.

Zu den Firmen, die mit Lösungen von Dr. Maack & Partner arbeiten, gehören SÜBA Consult in Hockenheim und ZMB-Winklmann in Rötze.

