

Baurobotik

Von der automatisierten Vorfertigung zum Robotereinsatz auf der Baustelle



Betonglättroboter, Firma: Kajima

In der letzten Ausgabe wurde die Entstehung großmaßstäblicher industrieller Fertigung individueller Gebäude in Japan beschrieben. Japanische Unternehmen fertigen heute über 100.000 Wohnhäuser jährlich in hoch automatisierten Fabriken, die wie ein Netzwerk über das ganze Land verteilt sind.

In Japan stellte die Herausbildung dieser industriellen Fertigung in der Fabrik in den 1970er Jahren nur eine Zwischenstufe in der Entwicklung dar. Seit den 1980er Jahren wurden Robotersysteme zum Einsatz auf der Baustelle entwickelt. In einer ersten Stufe waren dies Roboter, die in der Lage waren, einzelne dedizierte Bauprozesse (z.B. Betonglätten, Schweißen, Baustellenlogistik) zu unterstützen. In den 1990er Jahren wurden von mehreren japanischen Unternehmen zahlreiche solcher Einzelsysteme miteinander zu sogenannten automatisierten Hochbaustellen integriert. Hier wurden dann Bauprozesse zusammengefasst und ganze Prozessketten von der Logistik bis hin zu Installation automatisiert. Die erste Stufe dieser Automatisierung, die auf einzelne dedizierte Bauroboter abzielte, erklären

wir in dieser Ausgabe – automatisierte Hochbaustellen sind dann Thema in der nächsten Ausgabe.

Anfänge der „On-Site“ Automatisierung

Nachdem in Japan bereits die ersten Versuche zur großindustriellen, automatisierten und roboterisierten Vorfertigung von Systemhäusern erfolgreich durchgeführt waren und die ersten Produkte sich auch erfolgreich am Markt durchsetzen konnten (siehe letzte Ausgabe), begann der Generalunternehmer Shimizu 1975 in Tokio eine Forschungsgruppe für Bauroboter einzurichten.

Zwei Jahre später wurde das Thema in Japan so aktuell, dass sich schließlich sogar die japanische Regierung um das Thema bemühte und versuchte, die Entwicklung – wohl auch aufgrund des in Japan chronischen Mangels an Facharbeitern – voranzutreiben. So wurde 1978 schließlich von der JIRA (Japan Industrial Robot Association) unter Anleitung des MITI (Ministry of Trade and Industry) eine Kommission unter der Leitung von Professor Yukio Hasegawa

zur Analyse von Anwendungsmöglichkeiten und Entwicklung von automatisierten Systemen und Robotern im Bauwesen gegründet. Schnell wurde die Kommission zu einer „Keimzelle“ für neue Konzepte und Schritt für Schritt wurden bei den einzelnen oft sehr innovativ eingestellten Firmen konkrete Forschungsprojekte und Produkte umgesetzt.

Roboter als nicht-integrierte Subsysteme für die Baustelle

Bauroboter der ersten Generation wurden zur Substitution einzelner meist Gewerke bezogener Prozesse auf der Baustelle entwickelt. Bis heute wurden über 100 verschiedene Prototypen entwickelt und im Baustelleneinsatz getestet. Gemeinsam ist allen, dass sie für bestimmte definierte Aufgaben unter Baustellenbedingungen zum Einsatz kommen sollten und die Tätigkeit der Bauarbeiter nicht wesentlich beeinträchtigen durften.

Es hat sich jedoch gezeigt, dass unter diesen Prämissen die wenigsten Roboter wirtschaftlich einsetzbar sind. Die Einschränkungen für die Arbeiter, die notwendigen Sicherheitsvorschriften verbunden mit den nicht vorhersehbaren und unplanbaren dynamischen Prozessen auf der Baustelle, setzen dem Einsatz einzelner Roboter, die parallel zum normalen Baustellenablauf arbeiten sollen, starre Grenzen. Insgesamt konnten aus den Entwicklungen und den sich daraus ergebenden Problemen jedoch entscheidende Erkenntnisse gewonnen werden, welche später in einer weiteren Evolutionsstufe bei der Planung der integrierten automatisierten Hochbaustellen (nächste Ausgabe der *ibr*) berücksichtigt wurden.

Interessanter Weise begannen bereits in der ersten Stufe zahlreiche branchenfremde Unternehmen wie Hitachi, Mitsubishi und Kawasaki sich stark an der Entwicklung der nachfolgend beschriebenen Hightech Bauerstellungssystemen zu beteiligen. Auch die koreanische Firma Samsung besitzt so bis

© Thomas Bock

heute eigene Entwicklungsabteilungen, die sich mit automatisierten und roboterisierten Systemen für die Baustelle beschäftigen. In der Weiterentwicklung und Integration dieser Systeme kann also gesamtwirtschaftlich betrachtet ein gewaltiges Potential gesehen werden. Nachfolgend werden einige der entwickelten Einzelsysteme und deren Einsatzbereiche beschrieben.

Betonglättroboter:

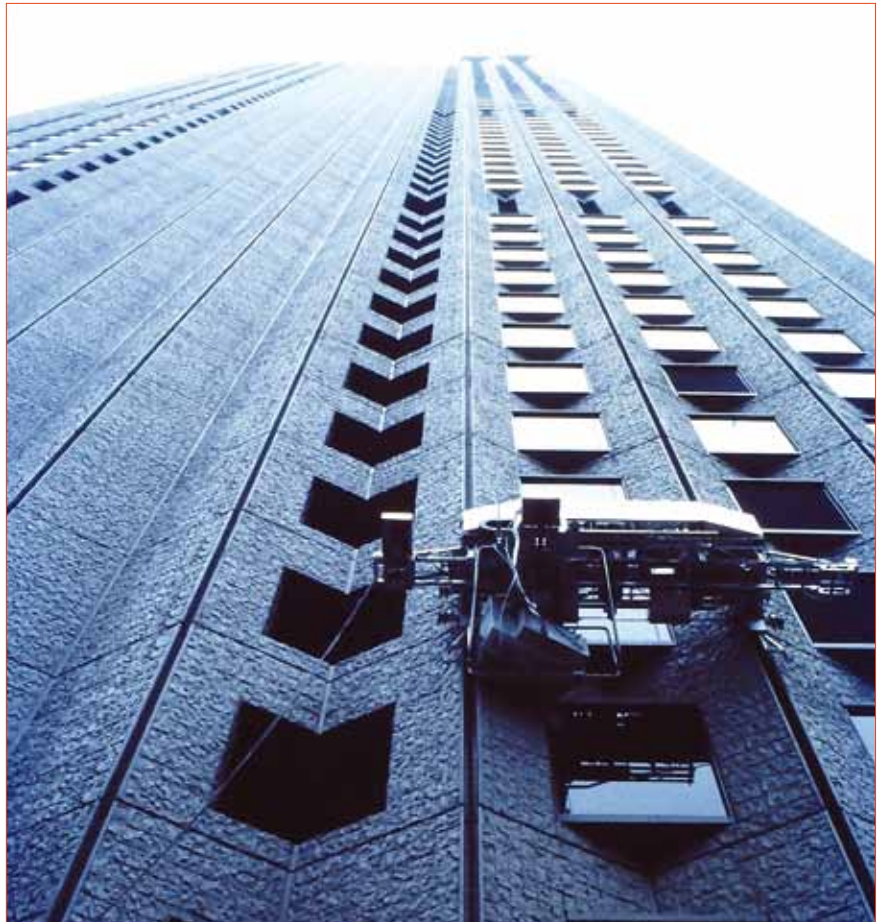
Die Betonglättarbeiten gehörten immer schon zu den ergonomisch bedenklichsten Bauarbeiten. Bauarbeiter führen Flügelglätter über mehrere Stunden oder streichen in gebückter Haltung den Beton glatt oder ziehen mit Latten den Beton ab. Um die Bauarbeiter von dieser Arbeit zu entlasten und gleichzeitig die Ausführungsqualität konstant zu halten, wurden von fünf verschiedenen Firmen jeweils eigene Konzepte für solche Systeme entwickelt: Flat-Kun (Shimizu, 800 qm/Stunde), KoteKing (Kajima, 500 qm/Stunde), Surf Robo (Takenaka, 300 qm/Stunde), Obayashi (Obayashi, 500 qm/Stunde), Floor Traveling Robot MHE (Hazama, 300 qm/Stunde).

Jeder dieser 5 Betonglättroboter war bereits in der Lage, auf jeder Ebene in jeder beliebigen Richtung zu arbeiten. Die mobile Einheit war dabei entweder als separates Modul angedockt oder bei kompakteren Systemen gleich mit der Betonglätteinheit integriert, die in allen Fällen aus rotierenden Flügelglättern bestand. Der Autonomiegrad reichte von Systemen mit experimentellen Mensch-Maschine-Schnittstellen zur Teleoperation bis hin zu Systemen, die ihren Fahrweg aufgrund von einprogrammierten Fahrbahnen und/oder Sensoren selbst generieren konnten.

Fassadenanstrichroboter:

Fassadenanstrichroboter wurden entwickelt, um das Streichen von oft schwierig zugänglichen Außenfassaden, insbesondere bei besonders hohen Gebäuden zu erleichtern und die Qualität der ausgeführten Arbeit konstant zu halten.

Die Fassadenanstrichroboter haben üblicherweise mehrere Spritzdüsen, wobei der Spritzbereich des Farbnebels entweder eingekapselt oder luftdicht abgedeckt ist, um Schlierenbildung zu vermeiden. Die konstante Verarbeitungsqualität wird durch rotierende Spritzdüsen, adaptive Spritzgeschwindigkeit und Spritzweite gezielt gesteu-



Fassadenanstrichroboter, Firma: Taisei

ert. Die Robotersysteme konnten sich dabei entweder in abgehängten Fahrkörben oder/und mit Vakuumsaugern an der Fassade fortbewegen.

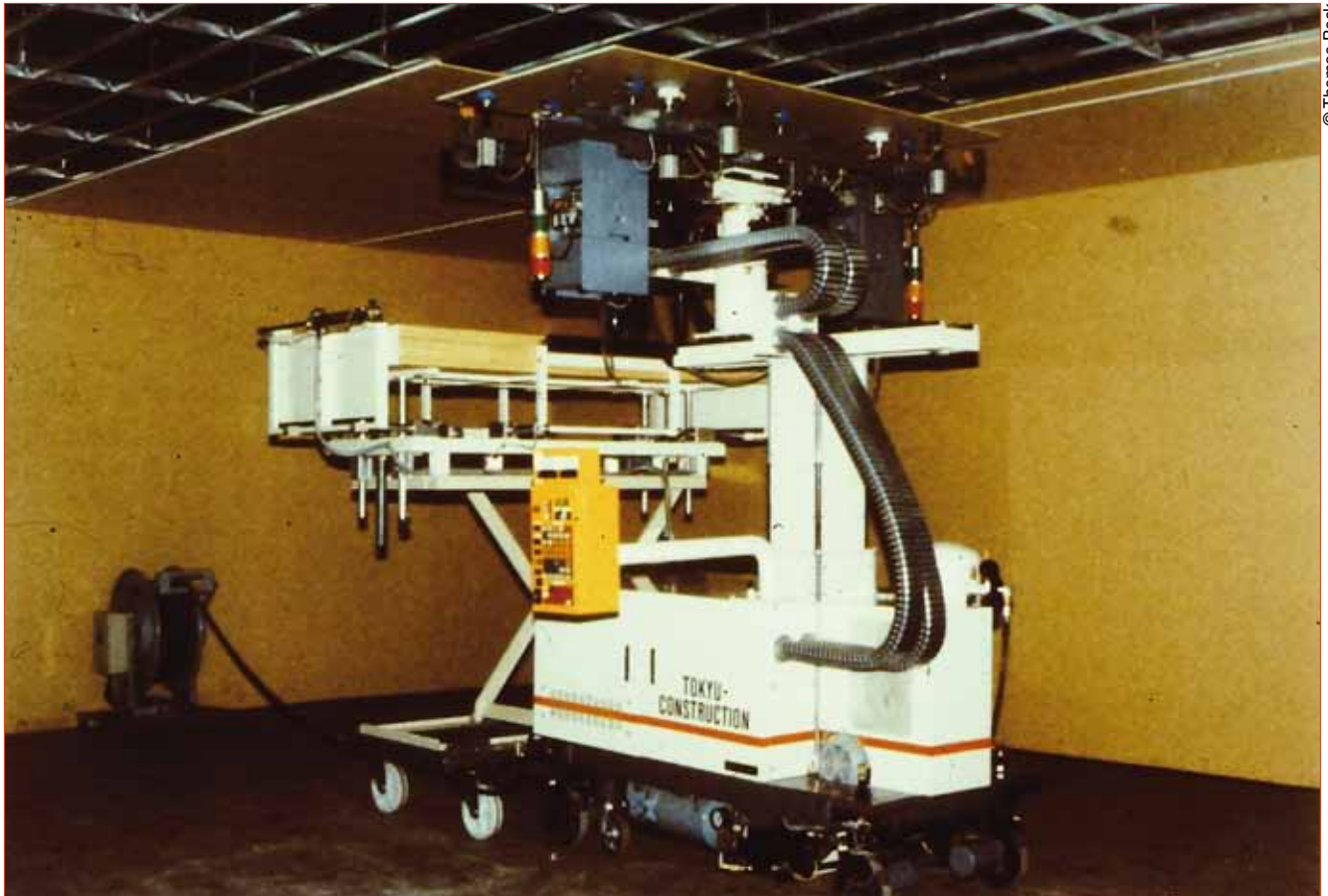
Der Einsatz der Farbanstrichroboter lohnte sich zunächst erst ab einer Fassadenfläche von 2.000 qm und das Einsatzgebiet reichte von Lagerhäusern und Kraftwerken bis hin zu Hochhäusern.

Roboter zur Fassadeninspektion und -reparatur:

Viele Fassaden von Stahlbetonhochhäusern sind mit Kacheln, Fliesen oder anderen Oberflächenpanelen versehen, die über den Gebäudelebenszyklus regelmäßig inspiziert werden mussten, um Bauschäden zu erkennen und sich ggf. lösende Fliesen bzw. Kacheln auszutauschen. Üblicherweise fahren Arbeiter in Fahrkörben oder -gondeln abgehängt vom Dach der Hochhäuser die gefliesten Fassaden ab und untersuchen diese, damit Verletzungen von Passanten durch sich vorzeitig ablösende Fliesen vermieden werden. Diese Arbeiten waren jedoch nach Ansicht japanischer Baufirmen monoton, gefährlich



Inspektionsroboter im Test, Firma: Kajima



© Thomas Bock

Roboter zur Unterstützung der Handhabung und Installation von Deckenplatten, Firma: Tokyu

und in großen Höhen zudem ineffizient, da wegen der Windgeräusche z.B. die Klopfgeräusche an den Fliesen schwer einzuordnen waren, Bedingungen, die für japanische Facility Manager eindeutig für die Automatisierung durch automatisierte Systeme sprachen.

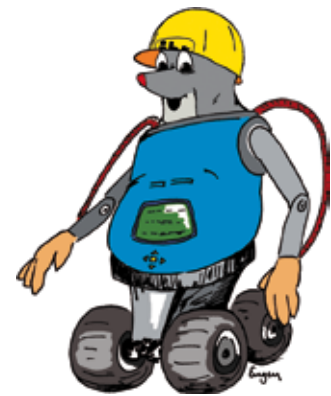
Daher wurden mit großem finanziellen Einsatz Inspektionsroboter entwickelt, die diese monotonen und gefährlichen Arbeiten übernehmen konnten und zuverlässigere Analysen lieferten. Auch hier gibt es wie bei den Anstrichrobotern die beiden grundsätzlichen Möglichkeiten der Fahrkorbabhängung und der Vakuumsaugtechnik; die Analyse erfolgte hauptsächlich mit Ultraschall. Zwischen 1985 und 1988 wurden 5 verschiedene Fassadeninspektionsroboter entwickelt (Kjima, Takenaka, Obayashi, Taisei, Tamagawa Seki).

Handhabungs- und Logistiksysteme:

Innenausbauarbeiten sind hinsichtlich Ergonomie und Produktivität ungünstige Prozesse, da man kaum Baugeräte wie Kräne oder andere Hebewerkzeuge zur Justierung einsetzen kann. In Japan

war man deshalb bereits seit den 80er Jahren darauf bedacht, Hightech Handhabungssysteme, Innenausbauroboter und teilautonome Logistiksysteme zu entwickeln. Alle Systeme wurden zwischen 1988 und 1994 entwickelt, verwendet und weiterentwickelt.

Der Shimizu CFR 1 beispielsweise konnte handgesteuert und teleoperiert werden und hatte eine Reichweite für die Unterdeckenmontage von 2400 mm bis 3500 mm. Aufgrund seiner x/y Komplexität im Greifersystem konnte er bereits Unterdeckenplatten in der richtigen Position adaptiv justieren. Das Handhabungssystem Komatsu Mighty Hand LH 30 konnte sogar Innenwandelemente, Glasscheiben, Türrahmen, Schalungskörper und Außenwände mit einem Gewicht von bis zu 350 kg exakt positionieren. Auch gab es Systeme wie SSR1, SSR2 und SSR3, die weitgehend autonom fahren und Feuerschutzmaterial an Träger spritzen konnten. Die Logistikroboter von Obayashi und Mitsubishi konnten mit den in Japan weit verbreiteten automatisierten Logistikaufzügen kommunizieren und brachten Paletten mit Bauplatten und andere Materialien vom Aufzug an den Einbauort.



**Prof. Prof. h. c./SRSTU Dr.-Ing./
Univ. Tokio Thomas Bock
Thomas Linner**

Lehrstuhl für Baurealisierung und
Baurobotik Fakultät für Architektur
Technische Universität München
Arcisstrasse 21
80290 München
Tel.: (0)89-289 28650
Fax: (0)89-289 22102
E-Mail:
thomas.linner@bri.ar.tum.de
Internet: www.bri.ar.tum.de