

Karakuri-Kultur in Architektur und Baurobotik

Eine persönliche Betrachtung

Thomas BOCK

Lehrstuhl für Baurealisierung und Baurobotik

TU München¹

Einleitung

Dieser Beitrag stellt Bezüge zwischen Karakuri-Mechanismen und heutigen für Japan typischen technologischen Entwicklungen (Baurobotik, TRON-Haus, Service-Systeme und Service-Roboter) her. Karakuri kann als eine Art ubiquitäre Element- und Querschnittstechnologie bezeichnet werden, da sie adaptiv ist, sowohl vom Eigentümer (Gastgeber) als auch Zuschauer (Gast) kontrolliert werden kann und dieses Prinzip über Jahrhunderte weitergegeben wurde und schrittweise in verschiedene Handwerks- und Industriezweige diffundiert ist. In zahlreichen Gesprächen mit Tempelbaumeistern, Karakuri-Meistern, Professoren für Theaterbau, Robotik, Maschinenbau u. v. m. fiel der Karakuri-Begriff, der sowohl für mechanische Puppen als auch für Architektur (wie in Wohnhäusern und Kabukitheatern), in der Baurobotik und auch der heutigen „Zero-Energy“-Automatisierung von Produktionsprozessen Verwendung findet. In den genannten Bereichen wird der Karakuri-Begriff sowohl bei den Werkzeugen (mit denen beispielsweise Karakuri-Puppen sowie Holzkonstruktionen hergestellt werden) als auch bei den Produkten selbst (z. B. *dashi karakuri*, *karakuri butai* – multifunktional nutzbare traditionelle Architekturräume) verwendet.

1. Karakuri: Eine ubiquitäre Elementar- und Querschnittstechnologie

Laut Wißnet wurden Karakuri bereits in der Heian-Zeit (794–1185) in der Sammlung „Konjaku monogatari“ (1110) beschrieben. Dort heißt es, dass Prinz Kayanomiko, ein Sohn des Kammu Tennō, während

¹ www.br2.ar.tum.de

einer Dürreperiode auf einem Reisfeld eine wasserspendende Puppe für die Bauern aufgebaut hat. In dem dreibändigen Werk „Karakuri zui“ von Hosokawa Hanzō Yorinao (ca. 1796) wird die Herstellung von vier Typen japanischer Uhren und neun Typen japanischer Karakuri-Puppen erklärt. Weitere Pioniere der Karakuri-Puppen waren Ōno Benkichi (1801–1870), der auch Mathematiker und Mediziner war, und Tanaka Hisashige (1799–1881), genannt „Karakuri Giemon“, der u. a. die berühmte Mannen-Tokei-Uhr baute und später die Vorläuferfirma von Toshiba gründete.

Auffällig ist der Unterschied zwischen westlichen und japanischen „Automata“. Westliche Automata wurden vorwiegend aus Metallblech, Schrauben und Muttern hergestellt, während Karakuri aus Holz hergestellt wurden. Westliche Automata bewegten sich regelmäßig und menschenidentisch, wohingegen japanische Karakuri sich nicht menschenähnlich bewegten und Emotionen nicht durch Augenaufschlag o. ä. wie Menschen ausdrückten, sondern durch besondere Kopfbewegungen andeuteten (Interview Prof. Suematsu und Tamaya Shobei in Nagoya, Februar 2011). Die Fähigkeiten japanischer Automata reichten vom Abschießen von fünf Pfeilen, wobei ein Pfeil danebenging – mit entsprechend enttäuschter Gestik des Bogenschützen (*yumi karakuri*) – bis zum Servieren von Tee (*chahakobi*), Akrobatik und Stelzenlaufen, gesteuert mit von einer Vorrichtung aus Stangen und Schnüren, die *sashigane* genannt wird.



Bild 1: Karakuri-Figuren liegen komplexe, Uhrwerken ähnliche Mechanismen aus Nocken und Hebeln zugrund

Die *chahakobi*-Karakuri-Puppe kann Tee servieren. Der Gastgeber stellt eine Tasse Tee auf den Teller, den sie in ihren Händen trägt, dann rollt sie eine bestimmte, vorher durch den Gastgeber eingestellte Strecke (von mindestens 30 cm bis maximal 180 cm) auf den Gast zu. Sie läuft nicht mit Füßen, die sie nur bewegt. Den Regeln der

japanischen Teezeremonie folgend bietet sie dann dem Gast die Teeschale mit einer Verbeugung an. Sobald der Gast die Tasse vom Teller nimmt, stoppt der Karakuri-Mechanismus. Nachdem der Gast die Schale ausgetrunken hat, stellt er die leere Tasse wieder auf den Teller der Karakuri-Puppe, die sich nun um 180 Grad dreht und zurück zu ihrem ursprünglichen Ausgangspunkt bewegt. Wenn der Gastgeber nun die Tasse herunternimmt, bleibt der Mechanismus stehen.

Dieser komplexe Mechanismus wird über eine Reihe von Nocken und Hebel gesteuert und durch die Be- bzw. Entlastung der Hände ausgelöst. Das Gewicht der Tasse betätigt durch die Hebelwirkung der Arme einen Schalter, der wiederum die zuvor mit einem Schlüssel aufgezoogene Spiralfeder im Inneren freigibt. Diese überträgt die Bewegung wie bei einem mechanischen Uhrwerk auf die anderen beweglichen Teile. Die Feder wurde üblicherweise aus Wahlfischbarte gefertigt.

Gastgeber und Gast bestimmen Anfang, Ende und Bewegungsradius des Karakuri-Mechanismus. Der Benutzer ist als Teil der Szene eingepplant und hat die volle Kontrolle über den Mechanismus. Diese Nutzerorientierung findet man auch noch in der modernen japanischen Technologie. Beispielhaft zeigt dies der kollektive Entscheidungsfindungsprozess (und das dadurch ausgelöste Verantwortungsbewusstsein) bei Fließbandarbeitern, die den Industrierobotern Kosenamen geben und selbst entscheiden, wo und wie ein Roboter installiert wird. Auch ist die japanische Hightech- und Produktionsindustrie dafür bekannt, hoch-flexible und adaptive Systeme als elementare Grundlage für ihren Erfolg zu nutzen.

Eine Karakuri-Aufführung bezieht den Zuschauer also immer mit ein. Die Karakuri-Puppen haben eine 50- bis 100-jährige Lebensdauer und sind durch Zerlegen einfach zu reparieren. Ihr Mechanismus ist mit der geringstmöglichen Anzahl von Antrieben ausgestattet und bewegt sich automatisch durch natürliche Gewichte. Karakuri berücksichtigen die menschliche Psyche und setzen den Zuschauer in den Mittelpunkt, der auch über Fehler, die die Karakuri-Puppe macht, lachen soll. Deshalb wird auch der technologische Fortschritt (einschließlich Robotertechnologie) nicht als Bedrohung aufgefasst und die Arbeiter schlagen beispielsweise technologische Verbesserungen und Roboterinstallationen selbst in Qualitätszirkeln vor (z. B. das Kaizen-Prinzip – Veränderung zum Besseren – des Toyota Produktions-Systems). Dieses Karakuri-Kaizen bildet heute die Grundlage für

eine nachhaltige und gleichzeitig hocheffiziente Fertigung mit Null-Energieanlagen und komplexen Transfermechanismen in modernen Fabriken in ganz Japan.

Das Prinzip der Nutzerorientiertheit und Adaptivität liegt auch den japanischen Uhren zugrunde. Nach Wißnet ist es aufgrund der Besonderheiten dieser Uhren gerechtfertigt, von „Japanischen Uhren“ (*wadokei*) zu sprechen. Aufgrund der Ressourcenknappheit war das Uhrwerk aus unterschiedlichen Holzarten gefertigt. Das Räderwerk gab die japanische Zeitmessung wieder, bei der die Mittagsstunden z. B. im Sommer länger sind als im Winter. Diese adaptiven Mechanismen waren nicht nur nutzerorientiert, sondern ermöglichten bei Automata im Gegensatz zu den westlichen auch unregelmäßige Abläufe, wie das beschriebene Verfehlen des Zieles bei dem *yumi karakuri*. Die Karakuri wurden zunächst zur Unterhaltung des Volkes entwickelt, anders als die französischen Automata, die vorwiegend für die Aristokratie gebaut wurden (Interview mit Prof. Guillerme, CNAM, Paris, 2003). Außerdem konnte man – wie bereits erwähnt – über die Karakuri-Puppe lachen, da sie eingeplante Fehler machte, die sie z. B. durch ein traurig wirkendes Kopfnicken (wie im Nō-Theater) unterstrich, so dass der Betrachter mitfühlt bzw. mitleidet.

Dass Karakuri und später Industrieroboter bzw. andere Ausprägungen moderner Technologien nicht als Bedrohung gesehen werden, zeigt sich auch in vielen Manga-Geschichten, in denen die Maschine Seele und Emotionen hat und teilweise auch personifiziert wird. Mangas sind fester Bestandteil der japanischen Kultur, insbesondere für die jüngeren Generationen.

2. *Dashi*- und *yatai-karakuri*/Bauroboter und automatisierte Baustellen

Festwagen (*dashi*) mit *dashi karakuri* wurden zu religiösen Festen benutzt. Die Puppen stellen hier alte Mythen und Legenden dar. Die Festwagen werden je nachdem als Tanzwagen, mobiler Buchladen oder Geschäftswagen, Kiosk, Imbissbude oder mobiles Haus gesehen. Mechanismen, Technologien und Roboter werden heute zwar nicht mehr so offensichtlich durch *sashigane* gesteuert, dennoch kann der Computer vom Prinzip her durchaus als eine sublimierte Form des *sashigane* bezeichnet werden.

Auch bei den *yatai* (eine Art Marktbuden), vor allem bei denen in Kyūshū, kommt das Karakuri-Prinzip zur Anwendung. *Yatai* dürfen 30 Minuten vor Verkaufsbeginn am Verkaufsort aufgebaut werden. Meist beginnt eine Person mit der *yatai*-Montage während die zweite Person bereits die Küche und das Essen vorbereitet, so dass pünktlich zum Beginn der Festlichkeiten mit der Bewirtung begonnen werden kann. Die Buden können trotz zahlreicher, kombinierter Mechanismen aus Rädern, Gelenken und Klappen einfach von ein bis zwei Personen montiert und betrieben werden. Auch hier sind wieder die Elementarprinzipien der Manipulation, Nutzerzentriertheit und Adaption zu finden. *Yatai* sind ebenfalls ein typisch japanisches Phänomen (s. Bild 2).

Für den technologiekundigen Fachmann stellen sich angesichts der Karakuri- und *yatai*-Methode unweigerlich Bezüge zu modernen, typisch japanischen Herstellungsstrategien her. Beim Canon-Produktionssystem beispielsweise montiert eine Mitarbeiterin einen Kopierautomaten aus bis zu 3000 Teilen selbstständig. Im Toyota-Produktionssystem übernimmt ein Arbeiter komplexe aufeinanderfolgende Montageprozesse eigenverantwortlich und auf automatisierten japanischen Hochbaustellen handhabt ein Arbeiter mehrere Systeme und Mechanismen gleichzeitig. Stets sind die Prozesse flexibel auf den Arbeiter abgestimmt und die Arbeiter selbst bestimmen die Montagegeschwindigkeit.

Die typisch japanische Canon-Methode wurde in leicht modifizierter Form von Hewlett-Packard und anderen Computerherstellern übernommen, da man ihre positive Auswirkung auf Adaptivität und Flexibilität im Herstellungsprozess erkannte. Auch das Toyota-Produktionssystem gilt heute als Urtypus eines hochflexiblen Produktionssystems und wurde von Toyota mittlerweile in die ganze Welt transferiert.



Bild 2: Aufbau einer Marktbude (*yatai*) in Fukuda, Kyūshū.

Bei großen Hochbaustellen ist das Karakuri-Prinzip besonders deutlich zu sehen. Auf den automatisierten und roboterisierten Hochbaustellen können durch karakuriähnliche Vorrichtungen und Mechanismen wie Dreh- und Hebe- bzw. Seilmechanismen, die hier aber computergesteuert sind, 10- bis 40-stöckige Gebäude teilautomatisiert montiert werden. Ende der 70er Jahre begann man im Forschungsinstitut der Baufirma Shimizu mit Baurobotern zu experimentieren. Eine Sublimierung traditioneller japanischer Holzbautechniken in computergesteuerte CNC-Verfahren gibt es bereits seit den 60er Jahren. Maschinen-, Elektro-, Steuerungs- und Verfahreningenieure entwickelten Kinematiken und Roboter für den mobilen Baustelleneinsatz bis hin zu integrierten automatisierten und roboterisierten Baustellen. Zur Zeit werden diese typisch japanischen Technologien auf koreanischen Baustellen, zum Teil von japanischen Beratern, eingeführt.

Eine weitere interessante Vorgehensweise ist die parallele Ausführung von Arbeiten unterhalb und oberhalb des Fundaments. Während Roboter schon die ersten Etagen errichtet haben, werden unterirdisch zwei weitere Geschosse in der *sakauchi*-Bauweise ausgebaut; eine in den späteren Lobbygeschossen installierte automatische Anlage fertigt Bauteile für die darüber stehende roboterisierte Hochbaustelle – eine im Prinzip ähnliche Konstruktion wie bei den *dashi karakuri* bzw. *karakuri bone* im Kabuki-Theater der Edo-Periode.



Bild 3: *sashigane*-artige Hubpresse



Karasu Tengu-Mechanismus mit *sashigane* gesteuert

3. *Zashiki karakuri*/Personalroboter

Karakuri-Prinzipien als Elementartechnologie von Gebäuden kommen in zahlreichen Ausprägungen vor: Von „Empfangszimmerapparaten“ (*zashiki karakuri*, sehr klein und meistens im privaten Rahmen benutzt) bis hin zu *yashiki karakuri* oder *ninja yashiki*, wo das gesamte Haus mit manipulierbaren Mechanismen ausgestattet ist.

So gibt es im Wohnhaus von Mochizuki Izumonokami² von 1487 in Kōka bei Kyōto verschiedene Besonderheiten wie versteckte Unterbodenräume, Klappleitern, doppelte Wände (die es erlaubten, dass man um die Räume gehen konnte ohne sie zu betreten) etc. Am bekanntesten sind Drehwände (*donden gaeshi*), die Zugang zu versteckten Gängen und Räumen ermöglichen, ein Hohlraum im Boden (*yukashita mono kakushi*), in dem man Waffen verstecken konnte, Fluchttüren (*kakushido*), Falltüren mit Bambusspießen, Bodenausgänge zu Tunneln, verborgene Räume etc. Man könnte diese Architektur mit ihren Mechanismen als Raum oder Gebäude-Karakuri bzw. als Wohnhaus-Karakuri oder beide zusammen als Karakuri-Architektur (*karakuri kenchiku*) bezeichnen.

4. *Karakuri yashiki* und *butai karakuri*/Multifunktionale Räume und Raumroboter

Die Theater-Drehbühne (*mawari butai*) wurde erstmals in der Edo-Zeit (1602–1868) in dem Kabuki Stück „Nakamura Denshichi“ eingesetzt. Der Prototyp der heutigen modernen Drehbühne wurde von Namiki Shoza I (1730–1773) im Stück „Sanjūkoku Yofune no hajimari“ im Jahre 1758 im Kado Za-Kabuki-Theater in Ōsaka eingesetzt. Die Vervollendung der Drehbühne wurde 1848 mit der *janome mawashi* erreicht. Diese hatte keine aufgesetzte Drehbühne, sondern eine bzw. zwei (auch gegenläufig rotierende) eingelassene Drehbühnen. Sie wurde Ende des 19. Jahrhunderts in Europa eingeführt.

Es gibt noch viele weitere Mechanismen für Tricks im Edo Kabuki: ein Loch in der Bühne, in dem Schauspieler unerwartet verschwinden (*chōjin nuke no shikake*), eine um eine vertikale Achse rotierende Wand (*dengaku gaeshi no shikake*), ein sich drehendes

² Kōka Ninja Estate (甲賀流忍術屋敷); s. <http://iguide.travel/Koka/Sights>; Stand 23.3.11

Hausdach (*gandō gaeshi*), ein scheinbar zusammenstürzendes Haus (*yatai kuzushi*) und vieles mehr. Durch Karakuri-Mechanismen entstehen in Sekunden neue Bühnenbilder, d. h. man könnte die gesamte Bühne als komplexen Karakuri-Mechanismus bezeichnen. Die genannten Beispiele zeigen, dass die Elementartechnologie Karakuri in der japanischen Bühnentechnik und später in japanischen Häusern angewendet wurde. Dies lässt den Schluss zu, dass auch die heutigen, multifunktionalen, flexiblen und für Japan typischen Gebäude kein zufälliges Produkt sind und auch nicht ausschließlich auf klimatische Bedingungen und Lebensgewohnheiten zurückgeführt werden sollten.

Die Holzverbindungen japanischer Gebäude sind über Jahrhunderte verfeinert und durch technischen Fortschritt filigraner geworden, aber im Prinzip wurden sie bis heute kaum verändert. Zurzeit werden vor allem buddhistische Tempel und shintoistische Schreinbauten, denkmalgeschützte Bauernhäuser, Teehäuser oder traditionell entworfene Restaurants mit alten Zimmermannskonstruktionen gebaut oder erneuert.

Im japanischen Holzbau unterscheidet man zwischen Verbindungen mit Elementen gleicher Funktion (*tsugite*), also zum Beispiel Stützen mit Stützen oder Balken mit Balken, und Verbindungen mit Elementen verschiedener Funktion (*shiguchi*), zum Beispiel Stützen mit Balken oder Stützen mit Pfetten. Die Verbindungen werden sowohl druck- als auch zugfest ausgebildet. Es gibt mehr als 50 verschiedene Typen von *tsugite* und *shiguchi* und insgesamt über 400 unterschiedliche Verbindungen. Um diese Verbindungen ausführen zu können, müssen sie zuvor stereometrisch aufgezeichnet werden. Der bei Karakuri übliche Begriff des *sashigane* für Manipulationsvorrichtungen für Karakuri-Puppen findet sich auch als Maßeinheit bei Zimmerern.

Je nach Form, Belastung und Funktion werden die Verbindungen mit unterschiedlich harten oder weichen Hölzern ausgebildet – ähnlich den unterschiedlich harten Holzarten im Räderwerk der *wadokei*-Uhren und in den Mechanismen der Karakuri-Puppen.

Das traditionelle japanische Haus kann durchaus als Prototyp eines „ökologischen“ Hauses bezeichnet werden. Es besteht aus Holz, hat Lehmwände, Papierfenster, Strohboden und es ist vollkommen zum Außenraum zu öffnen. Es verbraucht wenig Raum, da die Räume multifunktional teilweise mit bis zu 100 Prozent Auslastungsphase genutzt werden können. Ein Raum kann als Essraum, Arbeitsraum, Schlaf- und Wohnraum dienen, und die monofunktionalen Möbel wie Kotatsu (niedriger Tisch, im Winter mit Wärmelampe), Futon etc.

werden jeweils der Nutzung entsprechend installiert oder weggeräumt. Die Räume können also 24 Stunden genutzt werden, was sowohl ökologisch als auch ökonomisch ist. Grundlage bilden oft komplex gefügte Wandteile und oft gleichzeitig vertikal und horizontal zu verschiebende Subelemente sowie zahlreiche andere Mechanismen.

Die Struktur des traditionellen japanischen Raumes ist in vielerlei Weise einzigartig. Nicht feste Wände und durchgehende Fußböden und Decken bilden den Raum, sondern Stützen, mehrere Schichten beweglicher Trennelemente und verschieden hohe Boden- und Deckenteile. Alle sind klar voneinander getrennt und bilden doch ein Kontinuum und ermöglichen, je nach Verschieben der Elemente, ein reiches Spiel von Beziehungen zwischen den Innenräumen und zwischen innen und außen.

Grobe Lehmwände findet man z. B. in den Arbeitsbereichen, Papier- (*fusuma*) oder Holz-Schiebetüren in den inneren Wohnbereichen, polierte Holzwände oder Lehmwände mit feiner Oberfläche in den Gästeräumen und durchscheinende Papierwände (*shōji*) nach außen.

Die dritte Raumstruktur entsteht dadurch, dass Bereiche im Raumgefüge bestehen, die nicht betreten werden, zum Beispiel der Garten, von dem der Lebensbereich um einen halben Meter abgehoben ist.

Weitere Kennzeichen des japanischen Raumes sind seine funktionale Asymmetrie und seine abgewinkelten Achsen, obgleich die modularen Bauteile im Einzelnen symmetrisch gebaut sind.

Die dem japanischen Haus eigene Modularität, Flexibilität und damit Dynamik wird in der Architektur inzwischen weltweit geschätzt und erfreut sich auch hier immer größerer Bedeutung.

In Japan selbst versteht man es, die Tradition und die eindeutigen Vorteile der japanischen Bauweise bei Wohnhäusern in die moderne, immer mehr auf Computertechnologie basierende Architektur zu übersetzen. Beim TRON-Projekt von Sakamura Ken handelt es sich um eine modulare und für viele Kombinationen offene Architektur, bei der es kein Schnittstellenproblem zwischen Produktion, Büro und Wohnen gibt. Alle Lebensbereiche können miteinander verknüpft werden. (s. <http://tronweb.super-nova.co.jp/homepage.html>; Stand 28.9.2001)

Auch erlaubt die der japanischen Bauweise eigene Modularität den Austausch bzw. die ständige Erweiterbarkeit der technischen

Subsysteme. Die TRON-Steuerung des Gebäudes, basierend auf den T-Engines von Sakamura, ist eine offene Hardware-Softwareplattform.

Später wurde das Toyota PAPI Haus auf TRON basierend gebaut, das über die Leistungsfähigkeit der sogenannten Intelligent oder Smart Buildings hinausgeht und damit gleich die Basis für neue Mobilitäts- und Wohnstrukturen des 21. Jahrhunderts legt. Beim PAPI Haus handelt es sich um ein Gebäude, das trotz traditioneller Bauprinzipien voller Elektronik ist. Sensoren messen das Raumklima und steuern die Haustechnik, sodass möglichst wenig Energie verbraucht wird. Da es sich um ein Leichtbauhaus handelt, könnte es leicht zu einem Treibhauseffekt kommen, aber die Sensoren regeln die Lichtdurchlässigkeit der Glasscheiben und vermeiden somit Überhitzen oder nächtliche Abstrahlung. Ein Serviceroboter kann die Bewohner aus der Küche oder Bar bedienen oder ihnen Ordner aus dem Archiv ins Büro bringen. Ein Diagnostiksystem in der Toilette ist mit dem Krankenhaus verbunden und kann bei kranken oder älteren Menschen bei bedenklichen Analysewerten Alarm auslösen. Oft zögern nämlich ältere oder behinderte Menschen, andere um Hilfe zu bitten, was zu tragischen Unfällen führen kann. Auf diese Weise können ältere Menschen in ihrer gewohnten Umgebung weiterleben und müssen nicht befürchten, in einem Altersheim untergebracht zu werden. Das Haus wird zum Karakuri-Roboter und seine Elemente werden von unsichtbaren, computergesteuerten *sashigane* manipuliert – und immer steht der Mensch, den die äußerst adaptiv ausgelegten Systeme unterstützen sollen, im Mittelpunkt. Karakuri ist also offenbar zu einer Querschnittstechnologie geworden, die heute in vielen Disziplinen in Japan mehr oder weniger augenscheinlich auftaucht.

5. Handwerkzeuge *dōgu*/Humanoider Roboter als multifunktionales Produktionsmittel

Karakuri entstanden vorwiegend im Raum Nagoya und das „Manipulieren der Fäden“ könnte Herrn Toyoda inspiriert haben oder umgekehrt, die Webstühle inspirierten die Karakuri-Meister. Toyoda begann zunächst mit der Herstellung von Webstühlen. Schon im Jahre 1899 waren die Toyoda-Webstühle mit 93 Yen wesentlich billiger als die französischen Diederich-Webstühle mit 389 Yen oder die deut-

schen Hartmann-Webstühle mit 872 Yen. Darüber hinaus waren sie bedienungsfreundlicher und erfreuten sich auch deshalb so großer Beliebtheit bei den Kunden, dass Toyota Sakichi aufgrund der hohen Nachfrage mit der Fertigung kaum nachkam. (Toyota, S. 28). Die Toyota Motor Corporation ist bei uns durch ihre Automobile bekannt. Aber sie hat auch Fertighausfabriken, in denen sie Fertigungstechnologien aus der Autobranche auf das Bauwesen erfolgreich übertragen hat.

Die Experimentierfreude japanischer Handwerker ist enorm. So sah ich in den 80er Jahren, wie ein skibegeisterter Fließbandarbeiter einen Sessellift parallel zur Fertigungsstraße installierte, um bequemer arbeiten zu können. Aktuell zeigte mir Suematsu Yoshikazu eine automatische Transfereinrichtung, die wie ein Karakuri-Mechanismus z. B. Gussteile oder Motorblöcke ohne Antriebsenergie von einem Bearbeitungszentrum zum anderen transportierte.

Wenn also Karakuri, *sashigane*, *shikake* und *dōgu*-Werkzeuge in verschiedenen Gewerken und Industrien angewendet werden und ihre Bezeichnungen auch beim zu erstellenden Produkt auftauchen, dann könnte der humanoide Roboter sowohl ein multifunktionales Werkzeug oder Produktionsmittel wie auch multifunktionales Produkt sein, das sich zwar nicht unmittelbar aus dem Karakuri selbst, aber über die Weitergabe des Karakuri-Prinzips als Elementartechnologie über viele Anwendungsstufen entwickelt hat.

Wurde bei Toyota das Karakuri-Prinzip adaptiert und über die Zeit weiterentwickelt? Toyota ist ein extrem wandlungsfähiges Unternehmen, das sich bereits mehrmals neu erfunden hat ohne dabei grundlegende Prinzipien zu verwerfen. Die Anfänge liegen in der Textilindustrie, von dort aus hat man sich zum Werkzeughersteller (automatische Webstühle), zum Produkthersteller (Automobilindustrie), zum Gebäudeproduzenten (Toyota Home) und schließlich zum global agierenden Konzern mit zahlreichen Unternehmenssparten (Biotechnologie, IT, Service Robotik) weiterentwickelt. Die Ähnlichkeit der Seil-Manipulation bei Karakuri-Puppen und den frühen japanischen Webvorrichtungen ist augenfällig. Ebenso ist die Weiterentwicklung der Webtechnologie bis hin zu modernen computergesteuerten Webmaschinen eindeutig nachweisbar. Ist es wirklich Zufall, dass ein Unternehmen, das sich Jahrzehnte mit dieser komplexen Art der Manipulation beschäftigte, schließlich die komplexesten und am intelligentesten „manipulierten“ Transferstraßen in der Automobilindustrie weltweit baut, in denen Komponenten wie von

Geisterhand „manipuliert“ werden? Jedenfalls lässt sich eindeutig nachweisen, dass innerhalb der Firma Toyota Grundprinzipien wie beispielsweise *jidōka* (intelligente Automatisierung) über fast ein Jahrhundert kontinuierlich weitergegeben wurden. Könnte also zwischen der Karakuri-Seil-Manipulation und den Anfängen der Webtechnologie in Japan eine Beziehung nachgewiesen werden, so wäre ein Bezug zwischen Karakuri und moderner japanischer Hightech Robotik noch deutlicher nachweisbar.

Zusammenfassung

Die modifizierte Anwendung von Karakuri-Technologien in der Architektur und Robotik kann zu nachhaltigen Innovationen führen, wie u. a. das traditionelle japanische Haus und auch Karakuri Kaizen in modernen Fertigungsbetrieben zeigen. Voraussetzung dafür ist ein offener Geist und grenzüberschreitendes Denken, wie es bei den alten japanischen Handwerkern (*shokumin*) üblich war.

So können auch die Karakuri-Prinzipien in moderne Anwendungen übersetzt und nutzbar gemacht werden. Interessant sind in diesem Zusammenhang die ausführlichen Analysen von Fujimoto T. zur japanischen Industrieautomatisierung. Fujimoto weist nach, dass sich die für Japan typischen flexiblen und heute hoch technisierten Fertigungsverfahren aus einer über die Jahrhunderte andauernden Weitergabe der Grundprinzipien der traditionellen japanischen Handwerkskunst und aus der schrittweisen Verschmelzung dieser Handwerkskunst mit modernen technologischen Elementen erklären lassen. In ähnlicher Weise kann man auch davon ausgehen, dass das Karakuri-Prinzip über Jahrhunderte weitergegeben, weiterentwickelt und mit anderen, neuen Technologien verschmolzen wurde. Entsprechend können Karakuri-Prinzipien heute als Elementar- bzw. Querschnittstechnologie in vielen Ausprägungen in zahlreichen und verschiedenen Industrien beobachtet werden. Da das Karakuri-Prinzip auf Adaptivität, Flexibilität und „positiver“ Einbeziehung des Betrachters oder Nutzers beruht, können bei bewusster Extraktion bzw. Betonung dieses Prinzips vermutlich auch interessante Erkenntnisse für die technologische Weiterentwicklung und generell den Umgang mit Technologie – der sich heute immer schwieriger und komplexer gestaltet – gewonnen werden.

Referenzen

- Bock, Thomas: Construction Robotics, in: Autonomous Robots, Springer, 2007.
- Bock, Thomas: Von Kultur zu Technologie und Managementfusion. In: Asientage 94 Japan, erscheint demnächst im Springer Verlag.
- Bock, Thomas: Robot Oriented Design. Shikokusha, Tōkyō, Mai 1988.
- Bock Thomas: A Study on Robot Oriented Building Construction Systems. National Library of Japan, Doctoral Dissertation Book ID no. 000000225823, National Institute of Informatics, University of Tokyo, report ID no. 8066, Japan, 29.3.1989.
- Drinck, Barbara: Reformen als Fortschritt: Über gegenwärtige Reformpläne für das japanische Erziehungs- und Bildungssystem, 1988.
- Edo Tokyo Museum Press: Mokei de miru Edo-Tōkyō no sekai [Die Welt von Edo und Tōkyō in Modellen]. Tōkyō 2008.
- Fujimoto T.: The Evolution of a Manufacturing System at Toyota. Oxford University Press, 1999.
- Kawatake Toshio: Kabuki – Baroque Fusion of the Arts. International House of Japan Press, ISBN 4-903452-01-8, 2006.
- Kuroi Hiromitsu: Ninja no subete wakaruru hon [Alles über Ninja]. 2009.
- Pauer, Erich: Japanische Automaten – Vorläufer der modernen Roboter?, *Technikgeschichte* Band 77, Heft 4, 2010.
- Suzuki, Naoto: Management and Industrial Structure in Japan, Pergamon Press, 1981.
- Toyota, A.: History of the First 50 Years, TMC, Aichi, Dai Nippon Insatsu, 1988.
- Wagner, Cosima (2009): The Japanese Way of Robotics: Interacting “Naturally” with Robots as a National Character? In: Proceedings of the 18th IEEE International Symposium on Robots and Human Interactive Communications, 27.9.–2.10.2009, Toyama/Japan, S. 169–174.
- Wißnet, Alexander: Roboter in Japan. Iudicium-Verlag, München 2007.
- Yoda Hiroko: Ninja Attack. Kodansha, 2010.

Weitere Informationsquellen

Bock, Thomas: “WaKaGaCAR: *Wadokei Karakuri Gattai* Construction Automation Robotics,” ISARC, 2006, Tōkyō, Japan, Keynote.

NHK, Aktuelle Radioberichte, Oktober 1999.

NHK Press: Tamaya Shobei no sekai ten. 2005. Seiten 41f., 51, 64, 80)

Suematsu Yoshikazu: Japan the Robot Kingdom; The Dawn of Home Robot Era; Edo Karakuri Masters Were Universal Scientists; Dashi Karakuri at Work in Festivals Everywhere. Kodansha, 2008, ISBN-13: 9780870118548.

Interviews

Prof. Guillerme, 21.6. 2003, CNAM, Paris

Tamaya Shobei Kyudai und Prof. Suematsu 14.2.2011, Nagoya

Dr. T. Yoshida, Dr. S. Matsumoto, Shimizu Space Construction CSP, 15.2.2011

Prof. Dr. J. Maeda, Korea University, 17.2.2011

Prof. Sugano, Waseda University, 18.2.2011

Prof. Oomichi, Meijo University, 06.10.2010

Prof. Fukuda, Nagoya Universität, 07.10.2010

Prof. Dr. H. Shimizu, Theaterplanung, Universität Nagoya, 07.10.2010

Prof. Ishiguro, Osaka University, 08.12.2010 (JDZB)

Prof. T. Hasegawa, Kyushu University, 22.12.2010