

## 35 Industrie 4.0 – Die holonische Fabrik

Das IHI befasst sich schon sehr lange künstlerisch und wissenschaftlich mit den Übergangsphänomenen vom fiktiven mathematischen Punkt zum real untersuchbaren Morphem (MO, Shape, Holon). Dabei spielen die Eigenschaftsbildungsprozesse eine große Rolle. Besonders interessant ist die Form-Eigenschaft von Morphemen und deren Genese (schon im Jahre 1988, Visa-Magazin wurde Kotauczek in den Medien als „Der Herr der Morpheme“ apostrophiert).

Zu diesem Themenkreis hat in der Mitte der 90er Jahre des letzten Jahrhunderts Michael Leyton sehr bedeutende Arbeiten vorgelegt. Auch Leyton kombiniert den künstlerischen und den wissenschaftlichen Ansatz und tritt gleichzeitig als Maler, Komponist und Forscher auf, um seine Theorien zu entwickeln. Insofern ist er ein weiterer Beleg für die Sinnhaftigkeit der IHI-Vorgangsweise. Allerdings stößt in den USA diese Arbeitsweise auf mehr Akzeptanz in der etablierten Academia als bei uns in Österreich. Immerhin kam das IHI über die Kunst auf Leyton und seine Theorien.

Prof. Michael Leyton lehrt an der psychologischen Fakultät der Rutgers University, DIMACS Center for Discrete Mathematics & Theoretical Computer Science in New Jersey, USA. ([www.rci.rutgers.edu/~mleyton/homepage.htm](http://www.rci.rutgers.edu/~mleyton/homepage.htm)) Seine Theorie der Beziehung zwischen Form und Zeit, sowie seine diesbezüglichen mathematischen Theoreme wurden in zahlreiche Wissenschaftsfelder übernommen, wie Anthropologie, Kunst, Radiologie, Meteorologie, Computer-Vision, chemical Engineering, Forensik, Linguistik und Philosophie. Sogar die Politologie hat seine Formwerdungstheorien (Morphogenesen) für die Erklärung verschiedener politischer Klumpungsphänomene verwendet.

Leyton geht ebenso wie die Human-Informatik (HI) davon aus, dass die Form eine zwingend notwendige Voraussetzung für die menschliche Wahrnehmung ist. Die Form eines Bildelementes wird vom menschlichen Geist benutzt, um die Vergangenheit zu rekonstruieren und so die Basis von Erinnerung zu formen. Durch einen Satz von festen Regeln erfolgt die Umwandlung von Form in Erinnerung dadurch, dass das Gehirn zu jeder Form eine kausale Historie dazu denkt, die erklärt, wie die Form entstanden ist. Wir können beispielsweise nicht unterdrücken, dass wir in einer deformierten Kanne eine zerbeulte Kanne sehen. Wahrnehmung wird üblicherweise als die Wiederherstellung des räumlichen Layouts unseres Umfeldes verstanden. Leyton behauptet nun, dass Wahrnehmung fundamental die Extraktion von Zeit aus der Form sei.

Wie ist das zu verstehen? Die Zeit repräsentiert die kausale Historie einer Form. So denkt zumindest unser Gehirn. Jede Form verführt uns dazu, ihr eine Geschichte zuzudenken. Leytons Axiom lautet:

### 35.1 Form (Shape) = Erinnerungs-Speicherung (Memory-Storage)

Am Beispiel eines Computer-Arrays lässt sich das illustrieren: wenn ein Speicher-Array mit lauter Nullen besetzt ist herrscht die perfekte Symmetrie. Egal wie man gedanklich die Achse setzt, in einem endlichen Bereich rund um die Achse – dieser Bereich muss natürlich kleiner sein als das Gesamtspeicherfeld um keine störenden Grenzphänomene mit zu beobachten – bleibt die Symmetrie der beiden Seiten immer perfekt. Diese perfekte Symmetrie steht für Leyton für die totale Erinnerungslosigkeit. Keine kleinste Störung gibt unserem Gehirn einen Anhaltspunkt für eine Entwicklungsgeschichte. Stephen Wolfram hat ähnliches gesagt, wenn er über die Ausgangslage seiner zellulären Automaten spricht. Die HI wiederum sagt indirekt im COSMO-Axiom, dass eine absolut gleichmäßige Grundstruktur keinen Hinweis auf ihre Vorgeschichte liefert. Eine leere Leinwand zeigt kein Bild. Das weiße Feld ist total symmetrisch. Nicht umsonst sprechen seriöse Physiker lieber von der

„Symmetriebrechung“, wenn sie über den „Urknall“ sprechen wollen, aber die populäre Explosions-Metaphorik vermeiden wollen. Auch Kosyrev kam mit seinen Drehpendelversuchen zur Meinung, die Zeit sei die Distanz zwischen Ursache und Wirkung. Leyton gibt ähnlich wie die HI einer streng geometrischen Betrachtung den Vorzug. Er entwickelt eine generative Theorie der Form, die zwei wesentliche Eigenschaften für „Intelligenz“ postuliert, sei sie natürlich oder künstlich:

**Maximierung des Transfers von Struktur (Computation)**

+

**Maximierung der Wiederherstellungsfähigkeit der generativen Operationen**

Diese beiden Eigenschaften sind nach Leyton besonders wichtig bei der Repräsentation von komplexen Formen. (An dieser Stelle muss gesagt werden, dass es nicht nur um Formen in der Ebene geht, auch in multidimensionalen Datenwürfeln gibt es komplexe Formen, die von zusammengehörigen Daten gebildet werden). Dabei geht es vor allem um die Umwandlung von Komplexität in Verstehbarkeit oder anders ausgedrückt um Umwandlung von Information in Informiertheit. Auch das ein wichtiges Anliegen der HI (im Jänner 2010 hat Präsident Obama auf diese ITK-Problematik im Zusammenhang mit den Fehleinschätzungen der US-Geheimdienste eindrucksvoll hingewiesen).

Ziel Leytons war es, eine mathematische/programmierbare Theorie zu entwickeln, wie Verstehbarkeit in einer Struktur erzeugt werden kann. Er löst das, indem er für komplexe Formen eine neue Klasse von Gruppen (i.S. der mathematischen Gruppen-Theorie, - Gruppen werden in der Mathematik verwendet, um vom Rechnen mit konkreten Zahlen zu abstrahieren) einführt, nämlich die Gruppe der „sich entfaltenden Gruppen“. Damit eröffnet er ein ganz neues Feld von Software-Lösungen für die Analyse komplexer Systeme, die bald erste Anwendungen im Markt erwarten lassen. Da Leyton seine Theorien erst Mitte der 90er entwickelt hat und man schon bei Stephen Wolfram sehen konnte, dass die Sickerzeit in der SW-Branche etwa 5-10 Jahre von der ersten Formulierung einer neuen Theorie bis zu den ersten praktischen Anwendungen dauert, kann leicht prognostiziert werden, dass gerade jetzt an vielen Stellen mehr oder weniger geheim an solchen Applikationen gearbeitet wird, bzw. solche Algorithmen bereits in namhaften (CAD/CAM/PLM) Programmpaketen eingesickert sind.

Welche Geschäftsfelder neben Psychologie und Kunst, könnten vor allem für die BEKO-Gruppe interessant werden? Leyton selbst nennt CAD, Perzeption und Robotik. Er nennt Beispiele aus der Teile-Konstruktion im Mechanical Engineering, Assemblierung komplexer Baugruppen. Oder die automatisierte Umwandlung von Skizzen in Baupläne, Feature-Addition oder (am weitesten in die Zukunft gerichtet) Intent-Management. Aber auch in der Energietechnik spielen komplexe Ausbreitungsmuster von elektrischen Feldern eine zentrale Rolle, wobei ebenfalls die kausale Formbildung und deren historische Rückverfolgung eine wichtige Eigenschaft ist. Das IHI prüft gerade experimentell die Plausibilität der sog. Tesla-Strahlung (drahtlose Energie-Übertragung, Nicht-Lichtgebundene-Photovoltaik) und der Global Scaling Theorie. Das gleiche gilt für soziologische Phänomene, die im Marketing von größter Bedeutung sind (Nischenbildungen, selektive Segregation von Zielgruppen, Produktakzeptanz-Verbreitung, Markenausbreitungs/Kosten-Relation usw.). Auch in der Groß Plakatwerbung konnte das IHI schon vor Jahren beweisen, dass man die Wirkungsreichweite optischer Zeichenstrukturen mit ähnlichen Verfahren wie sie Leyton entwickelt, ziemlich zuverlässig messen und berechnen kann.

Die Frage der Interoperabilität in großen Software-Projekten wie Flugzeug- und/oder Anlagenplanung beschäftigt die Industrie schon seit langem, wenn sehr heterogene Teams in verschiedenen Ländern an einem Gesamtprojekt vernetzt zusammenarbeiten sollen. Dies ist ein Gebiet, in das sich die BEKO E&I oder Triplan nach eigenen Angaben erst vorsichtig hineinbegeben will und wo noch kein großer Theorie-Background vorhanden ist, an dem sich das Management orientieren kann. Auch dort ist Leyton an vorderer Front aktiv.

Das BEKO/IHI Projekt „Second Life“ ging genau in diese Richtung: wie kann die Interoperabilität großer Mensch-Maschine-Gruppen in ihrer Handhabbarkeit, Kontrollierbarkeit und Absturz-Recovery-Fähigkeit verbessert werden. Welche juristischen Voraussetzungen müssen für eine konfliktarme Real-Time-Funktionalität geschaffen werden? Das Beispiel der FNSL-Bank auf BEKO-Island und die konkrete Frage des Rechtsstatus von Avataren wie dem „BEKO Kurosawa“ oder (souveräner?) Second-World-Staaten wie „BEKO-Island“ (welches Recht gilt dort?) ist ein gutes Lehrstück, welche Überraschungen es geben kann, wenn man solche Projekte angeht (siehe auch „Die Presse-Forschung“ vom 24.6.2009). Hier spielen technische, mentale, kulturelle und netzwerktopologische Klumpungsphänomene (Muster aus Morphemen) zusammen, die nur durch klare mathematisch fundierte Regelwerke beherrscht werden können. Man denke nur an die scheinbar aus dem Nichts aufgetauchten gigantischen Klumpenrisiken im globalen Kapitalmarkt, die gerade das Schicksal der größten Banken der Erde und ganzer Staaten in ihrer Existenz gefährden. Auch die Muster der kriminellen Machenschaften des Herrn Madoff wurden erstmals von einem Mathematiker aufgedeckt. Leider hat ihm die SEC Jahre hindurch nicht geglaubt, was erst kürzlich in einem US-Congress-Hearing öffentlich wurde. Die vorgeladenen SEC-Beamten haben ausgesagt, sie hätten die komplexen Strukturen nicht als Fake durchschaut. Damit kommen wir zum Begriff des Holons.

**Ein Holon ist ein modulares Objekt mit den Attributen  
Autonomie, Kooperationsfähigkeit und Domianialität**

Holone sind in letzter Zeit über die Diskussionen zum Thema: „Industrie 4,0“ in der ITK-Industrie wichtig geworden. Es wird über die „holonische Fabrik“, das „holonische Unternehmen“ oder „Holon Manufacturing Systems – HMS“ gesprochen. In vielen führenden Industrieländern wurden Forschungsprojekte auf höchster staatlicher und universitärer Ebene beschlossen und gestartet. Eines der wichtigsten ist das HMS-Consortium (Quelle: <http://www.ims.org/wp-content/uploads/2011/11/2.4.15.4-Presentation-for-Phase-I-and-II-HMS.pdf>):

Holon Manufacturing Systems (HMS)  
HMS Project Consortium

5 Regions  
Australia, Canada, EU, Japan, USA

30 Organizations

Industry:  
ATOS, BHP Billiton, DaimlerChrysler, Fanuc,  
Rockwell Automation,  
Toshiba, Yaskawa Electric

R&D Laboratories:  
CSIRO, Fraunhofer IPA, NRC Canada  
Profactor, VTT Automation

Universities:  
Calgary, Connecticut, Hannover, Keele, KU Leuven, Osaka  
SFU, Tokyo,  
Vanderbilt

Invested US\$50,000,000

Man sieht an den Eckdaten, dass dieses Projekt von Bedeutung für Firmen ist, die sich wie BEKO mit Industrie 4.0 beschäftigen.

Was den holonsichen Ansatz für die BEKO-Gruppe aber noch viel interessanter macht, ist der Umstand, dass dieses Konzept eine perfekte logische Fortsetzung der am IHI erarbeiteten COSMO Hypothese ist. COSMO war und ist ein zentraler Bestandteil der Humaninformatik-Forschung der BEKO seit vielen Jahren. Der Zusammenhang zwischen COSMO und Holon ist oben bei Leyton schon angeklungen, allerdings ohne auf den erst später eingeführten Begriff „Holon“ Bezug zu nehmen. Damals war die domaniale Ausweitung des Punktes noch als „Morphem“ bezeichnet worden in Anlehnung an den sogenannten „Linguistic Turn“ in der Philosophie (Whorf'sche Hypothese) und wegen der Konzentration des IHI auf Bildstrukturen. Das Holon ist allgemeiner gefasst als das Morphem und bezieht sich auf alle Entitäten oder MO's in einem gemischten Mensch-Maschine-System. Aber auch letzteres ist insofern unpräzise, da neuerdings immer öfter Maschine-Maschine-Netze implementiert werden bei denen der Mensch nur mehr die Rolle des Datenlieferanten spielt und die einer übergeordneten organisatorischen Domäne unterworfen sind. Die allgemein bekannt gewordene NSA-Domäne oder Facebook und Google sind Beispiele für solche Monster-Netzwerke, die sich gerade in Richtung einer kritischen Masse entwickeln, die zu Besorgnis Anlass geben sollte. Einen guten Überblick über diese Problematik kann man im Buch „Sie wissen alles“ von Yvonne Hofstetter, Verlag C. Bertelsmann 2014 gewinnen.

Eine holonische Fabrik zeichnet sich durch vernetzte teilautonome Fertigungsdomänen aus die weit voneinander entfernt liegen können, aber zu einer temporären Kooperation zusammengefasst wurden. Da für die Funktionen immer mehrere Holone bereitstehen, kann das System sehr flexibel auf wechselnde Anforderungen reagieren. Dabei ist die Lückenausnutzung ein zentrales Element der Steuerung. Dabei ist die Datenverarbeitung von entscheidender Bedeutung. Big Data ist das Schlagwort.

Entscheidend bei der Einschätzung holonischer Systeme ist die Beurteilung des Grades der Autonomie des Holons. Je grösser diese Autonomie eingestellt wurde desto mehr kann das System ihre zweite Eigenschaft, die Kooperation ohne Rücksprache mit der obersten Meta-Ebene gestalten und damit optimieren. Aber sich auch u.U. von der Metaebene freispielen.

Wir kennen das alle. Wenn wir mit dem Auto zu schnell eine kurvige Straße entlangfahren, kann es uns passieren, dass sich das Subsystem Auto aus der Hierarchie „Fahrer-Auto“ löst und zum Holon wird. Es wird „hier und jetzt“ plötzlich autonom und fährt ohne den Fahrer „zu fragen“ seine eigene Spur in den Graben. Der programmierte Dominator „Fahrer“ wurde vom System entmachtet und verliert die domaniale Kontrolle.

Bei sehr komplexen Systemen in der Natur spielen sich solche domanialen Machtwechsel ununterbrochen ab und werden von uns Menschen entweder als Störfälle oder als Wunder wahrgenommen je nachdem ob die domaniale Überraschung negativ oder positiv ist.

Das ist das Neue am Holon-Konzept: die Autonomie-Schwellen sind Bestandteil der planerischen Bemühungen bei der Konzeption und dem Betrieb holonischer Systeme. Das Autonome-Steuerungs-Management wird derzeit in aller Welt aufwendigste beforscht. Das Zusammenspiel zwischen ERP, CRP, CAD/CAM und Logistik stellt die Schnittstellen -Entwickler vor enorme Aufgaben. Die „Architektur/Strukturen der Komplexität“ (H. Simon/R. Riedl) wird/werden ein zentrales Thema des 21. Jahrhunderts.

Eine holonische Firma läuft im Normalbetrieb ziemlich autonom, kooperiert mit anderen Holonen oder auch nicht, kontrolliert sich innerhalb der eigenen Domäne selbstständig und berichtet an die holarchisch höhere Ebene gewisse vereinbarte Kontrollparameter. Bei klassischem hierarchischem

System ist das anders. Hier gilt der Grundsatz „Vertrauen ist gut, Kontrolle ist besser“. Die zeitlichen staatlichen Systeme werden streng hierarchisch organisiert. Umso erstaunlicher ist es, dass bei Maschine-Maschine-Netzen immer mehr der Vertrauensgrundsatz Platz greift. Nur weil alle glauben, dass Computer keine Fehler machen. So wurden die menschlichen Kreditsachbearbeiter in den Banken zunehmend eliminiert und durch automatische Kreditbeurteilungssysteme ersetzt. Bald werden aber auch auf der Seite der Kreditnachfrager künstliche Systeme agieren und versuchen, die andere Seite von der eigenen Position zu überzeugen (auszutricksen).

Ein spannendes Gedankenexperiment kann das illustrieren: angenommen 90% aller Autos auf unseren Straßen sind autonom wie das Google-Fahrzeug. Und jetzt kommt ein junger klassisch fahrender Heißsporn und fährt zwischen den geordnet dahingleitenden Google Cars wild herum, ohne sich viel um die Vorfahrtsregeln zu kümmern. Es ist nur eine Frage kurzer Zeit, dass die Computersysteme in den Google Cars abstürzen und die Fahrzeuge zum Stehen kommen. Und das wäre noch der günstigste Fall. Chaos pur.

Ähnliches können wir in letzter Zeit öfters bei der Terror-Prävention beobachten, wenn wir zwischen den Zeilen der Berichterstattung durch die Medien lesen können. Immer wieder hören wir von Tätern, die trotz Hinterlassung zahlreicher Spuren jahrelang unerkannt bleiben. Das ist ein zwingender Nebeneffekt teilautonomer Systeme.

Daher sind die Entwicklung, Wartung und Pflege solcher Systeme ein derzeit weit unterschätztes Phänomen. Da wird leider meist an der falschen Stelle gespart.

*61. IHI Bericht, 8.5.2016*