

Embedded Future

12/2004: Einflussfaktoren, Wirkungen, Konsequenzen

Der Autor

Dipl. Ing. Peter Siwon, geboren 1958 ist seit 1984 in verschiedenen Funktionen im Embedded Markt aktiv: Forschung, Dozent, Autor, Grundlagenentwicklung, Projektleitung, Vertrieb, Marketing, Moderator technischer Fachveranstaltungen, Projektberater und derzeit als Geschäftsführer der MicroConsult GmbH, einem führenden Als Know-how-Anbieter für Entwickler im Embedded Markt. Als Know-how-Anbieter ist die Beobachtung von Trends und Ihrer Bedeutung für den Wissensbedarf des Embedded Marktes von existenzieller Bedeutung. Dabei spielt u.a. auch eine ganzheitliche Betrachtung der Zusammenhänge eine wichtige Rolle.

Peter Siwon, p.siwon@microconsult.com, 089/450617-44

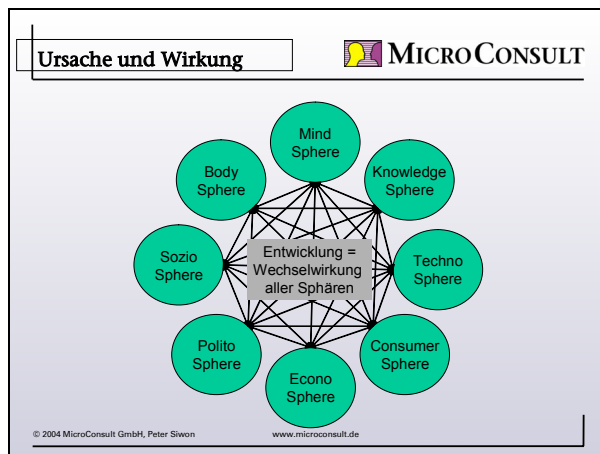
Inhalt

Die vernetzte Welt	2
Triebfeder Mensch.....	3
Vom Industriezeitalter in die Wissensökonomie	3
„Flucht“ in die Komplexität, „Flucht“ aus der Komplexität	4
Vom technikverspielten Bediener zum pragmatischen Nutzer.....	5
Die Erfolgsgeschichte vernetzter Systeme	6
Die Macht der Abstraktion, immaterielle Werte.....	7
Paradigmenwechsel: Der wahre Wert	9
Wege aus der Komplexitätsfalle	11
Intelligenz ist mehr als Wissen	13
Zusammenfassung	14

Einleitung

Dieser Vortrag beleuchtet die vielfältigen Einflüsse auf die Entwicklung des Embedded Marktes. Ziel ist es dabei, starke Grundtendenzen herauszuarbeiten, die mit hoher Wahrscheinlichkeit die weitere Entwicklung prägen werden. Dass die Leistungsfähigkeit der Mikroelektronik steigen wird, die Bandbreiten der Netze zunehmen und die Software immer mächtiger wird, steht außer Zweifel. Die Frage, um die es geht ist: Was wollen die Menschen damit in Zukunft anfangen und wie können Unternehmen diesen neuen Herausforderungen gerecht werden. Es geht dabei weniger darum die Zukunft vorherzusagen als vielmehr wahrscheinliche Perspektiven aufzuzeigen und zur Diskussion zu stellen.

Als Ausgangspunkt für die Betrachtungen dient die sogenannte kleine Weltmaschine, die von Zukunftsforschern wie Matthias Horx dazu benutzt wird, um die Wechselwirkungen der wichtigsten Einflussphären zu visualisieren.



Die vernetzte Welt

Die Idee, die diesem Vortrag zugrunde liegt ist, dass nur eine ganzheitliche Betrachtung der Abhängigkeiten ein schlüssiges Bild möglicher Entwicklungen ergibt. So werden technologische Errungenschaften auch gesellschaftliche und politische Einflüsse haben (z.B. Atombombe, Internet). Genauso haben gesellschaftliche Veränderungen wie z.B. der Altersstruktur oder des Wertesystems Auswirkungen auf die Akzeptanz von Produkten (z.B. Bedienkomfort für Senioren, Umweltverträglichkeit, Gesundheit). Das verfügbare geistige Potential und die fachliche Kompetenz eines Wirtschaftssystems werden wiederum über den technologischen Fortschritt und die Wettbewerbsfähigkeit entscheiden. Der Weg Deutschlands vom Produktionsstandort zum „Denkstandort“ ist eine zwangsläufige Folge der Aufholjagd von Ländern, die um Ihr Stück vom Wohlstandskuchen kämpfen. Schon diese wenigen Beispiele zeigen, dass wir uns mit allen Einflüssen kreativ auseinandersetzen müssen, auch wenn wir uns als Teckies lieber gerne um so schwer fassbare Themen wie menschliches Verhalten, gesellschaftliche Zusammenhänge drücken.

Wir haben es schon immer mit einer vernetzten Welt zu tun und zwar schon lange bevor das Internet erfunden wurde. Die immer stärkere Vernetzung unserer Welt

erfordert immer mehr vernetztes und interdisziplinäres Denken, um den steigenden Herausforderungen gerecht zu werden.

Fangen wir zunächst da an, wo wir uns am besten auskennen (wirklich?): Bei uns selbst, dem Menschen.

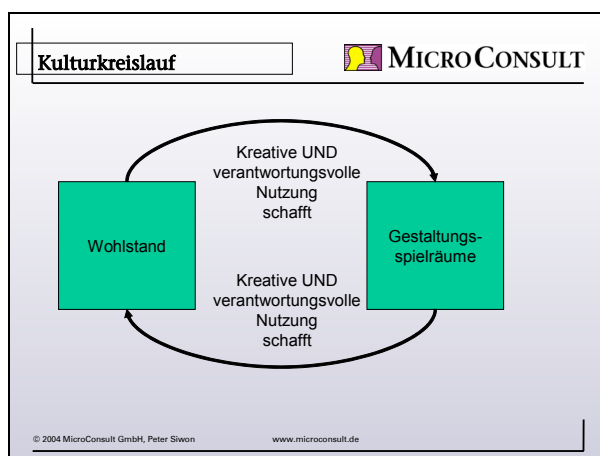
Triebfeder Mensch

Wirtschaftlicher Erfolg hat letztlich immer etwas mit der **Deckung menschlicher Bedürfnisse** zu tun. Nicht die technische Machbarkeit sondern die Akzeptanz der Menschen entscheidet.

In den Gesellschaften, für die unsere Produkte typischerweise hergestellt werden, haben wir es in der Regel mit Menschen zu tun, deren Grundbedürfnisse weitgehend gedeckt sind. So mancher kommt beim kritischen Blick in Richtung Zehen sogar zu dem Ergebnis, dass hier in einigen Fällen schon des Guten zu viel geschehen ist. In vielen Fällen spielt deshalb der **Grad der Selbstverwirklichung** oder noch banaler ausgedrückt das erreichbare Glücksgefühl die entscheidende Rolle. Diese Tendenz führt zum Wunsch nach mehr Gestaltungsspielräumen. Damit werden Lösungen (technisch, organisatorisch, gesellschaftlich), die diese Gestaltungsspielräume geben, also unabhängiger **von zeitlichen, räumlichen und existenziellen Zwängen** machen, bevorzugt. Der Erfolg der individuellen Mobilität und mobiler Kommunikationssysteme ist ein eindeutiger Beleg dafür. Gestaltungsspielräume wachsen durch Wohlstand und Wohlstand ist wiederum die Folge der intelligenten Nutzung neuer Gestaltungsspielräume. Oder anders herum betrachtet:

Wer die Gestaltungsspielräume seines Wohlstandes nicht kreativ nutzt wird ihn verlieren.

Womit wir schon mittendrin sind in dem aktuellen Dilemma: Wie können wir unseren Wohlstand retten. An sich ist der Lösungsansatz genial einfach hinzuschreiben, aber um so schwieriger umzusetzen: Wir müssen einfach nur schlauer werden. Der Wert, den wir pro Stunde unseres Arbeitslebens schaffen, muss steigen. Die Richtung scheint klar: Die Wissensökonomie!



Vom Industriezeitalter in die Wissensökonomie

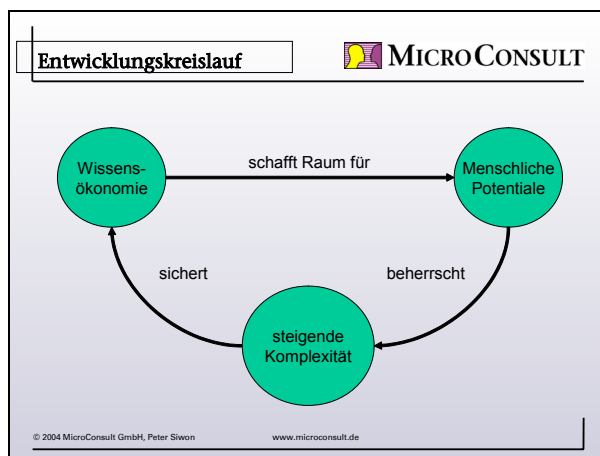
In dem nun ausklingenden Industriezeitalter war Mobilität ein Ausdruck dieser menschlichen Tendenz zu mehr Gestaltungsspielraum und bedingte den Erfolg des

Autos, das quasi abwechselnd Ursache und Wirkung war. Nun sind wir auf dem Weg ins Zeitalter der „Wissensökonomie“, in der nicht so sehr der mobile Mensch als vielmehr der mobile und flexible Arbeitsplatz bzw. Kunde eine immer stärkere Bedeutung gewinnt. Die Ergebnisse hängen immer mehr davon ab, ob in einem zeitlichen, räumlichen und sozialen Umfeld gearbeitet (oder sollten wir lieber sagen: gedacht) wird, das die Umsetzung von Wissen in Innovation begünstigt.

Es geht nicht mehr so sehr darum den Kopf dem Wertschöpfungsprozess anzupassen sondern genau um das Gegenteil.

Die Arbeit mit immateriellen Produkten, wie Software, Wissens- und Informationsdienstleistungen aller Art, erlaubt die flexiblere Verknüpfung von Ort, Zeit und Arbeit und fordert sie gleichzeitig aus den genannten Gründen auch. Die Kehrseite der Medaille: Gleichzeitig steigt auch der Anspruch an die Flexibilität von Organisationen, Infrastrukturen und Dienstleistungen. Hier wiederum steckt ein hohes Potential für intelligente, flexible, mobile, multifunktionale Systeme und Infrastrukturen. In diesen Infrastrukturen werden Embedded Systeme eine immer wichtigere Rolle spielen.

Das Erfreuliche an der Sache ist, dass die Komplexität der Systeme und Infrastrukturen, die notwendig ist, um eine effektive Wissensökonomie zu betreiben, gleichzeitig den Bedarf darstellt, der diese Wissensökonomie ernähren wird. Im Folgenden habe ich einige Komplexitätskreisläufe, so wie ich sie nenne, beschrieben und dargestellt, die diese Wechselwirkung zeigen.



„Flucht“ in die Komplexität, „Flucht“ aus der Komplexität

Wo liegen die Chancen hochentwickelter Industrienationen wie Deutschland, um Ihren Wohlstand zu sichern und gleichzeitig Ihre Lebensqualität zu steigern.

Der Schlüssel sind hochkomplexe Lösungen, die ganz einfach genutzt werden können.

Die Verbindung von komplexer Technologie, komplexer Infrastruktur, ausgeklügelter Ergonomie und hervorragendem Service bietet die ideale Spielwiese für Embedded Lösungen der Zukunft. Denn es wird sich um vernetzte intelligente Systeme handeln und diese Systeme werden Embedded Systeme sein. Außerdem stellen viele

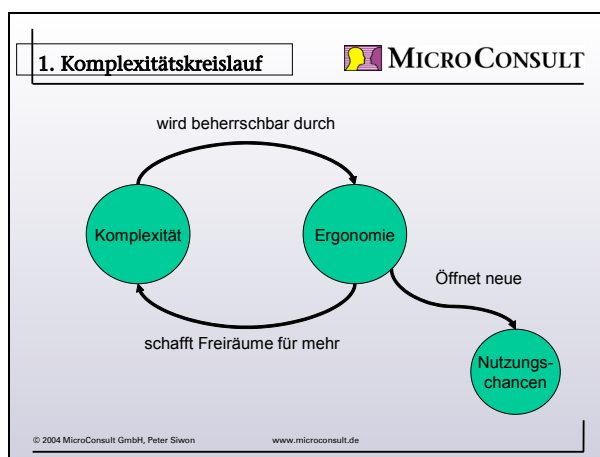
Embedded Systeme Lösungen dar, die verschiedenste fachliche Disziplinen miteinander verknüpfen. Die notwendige Kombination von Physik, Informatik, Mikroelektronik, Nachrichtentechnik, Mechanik und in Zukunft mehr und mehr Mikromechanik, Biologie, Nanotechnologie, optische Technologien etc. bietet die Randbedingungen für innovative komplexe Systeme. Die Lösungen erfordern nicht nur sehr ausgeklügelte Geräte sondern auch eine leistungsfähige Infrastruktur, wenn es darum geht, viele verteilte, intelligente Embedded Systeme (man könnte sie auch Embedded Agenten nennen) zu vernetzen. Die Tendenz ist im Automobil, der modernen Energieversorgung und in der Gebäudetechnik schon zu erkennen. Als Entwickler und Betreiber solcher Systeme können wir gutes Geld verdienen und als Nutzer dieser Systeme können wir uns um die interessanteren oder angenehmeren Dinge des Lebens kümmern. Oder wir schaffen freie Ressourcen für die Erforschung und Entwicklung noch komplexerer Systeme. Doch wie werden diese Lösungen aussehen und wie sorgen wir dafür, dass wir nicht selbst Opfer der Komplexität werden? Der Witz ist ja nicht, dass wir es schaffen uns als Individuum mit sehr viel komplexeren Zusammenhängen herumzuschlagen, sondern

es geht darum sich von banaler oder lästiger Komplexität zu befreien, um Ressourcen für Beherrschung der nächsten Komplexitätsebene freizuschaffen.

Z.B. wie viel geistige Energie könnte durch „idiotensichere“ PCs, Videorecorder, Mobiltelefone, etc. freigesetzt werden, die wiederum dafür genutzt werden könnte die Dinge noch schlauer zu machen. Die Explosion der Funktionalität durch Software hat hier in einigen Bereichen eher zu Rückschritten was Bedienbarkeit betrifft geführt.

Diese Funktionsvielfalt stellt das Thema Ergonomie und intelligente Bedienerkonzepte vor neue Herausforderungen.

Dies hat nicht nur damit zu tun, dass wir Zeit brauchen für noch komplexere Lösungen sondern auch damit, dass sich die Ansprüche unserer Gesellschaft gewandelt haben.



Vom technikverspielten Bediener zum pragmatischen Nutzer

Wenn wir uns die Entwicklung der Altersstruktur und Gesellschaftsstruktur betrachten, wird die Bedienungsfreundlichkeit nutzbarer Systeme eine steigende Bedeutung für den Erfolg von Lösungen haben.

Embedded Technologie kann hier durch mehr ergonomische Intelligenz wichtige Beiträge leisten.

Elektronische Helfer sind sehr gut geeignet, die Autonomie älterer Personen länger zu sichern oder den Alltag von lästigen Details zu befreien.

Eine weitere wichtige Tendenz ist die wachsende Durchsetzung von Frauen in technischen Berufen und in den Chefetagen der Unternehmen. Sie legen i.d.R. keinen Wert auf technischen Ballast, der weder schön, noch hilfreich oder zielführend ist. Sie legen Wert auf intuitive Bedienbarkeit, gepaart mit ästhetischer Sinnlichkeit (diese Aussage ist nicht meinem Machohirn entsprungen sondern ist das Ergebnis seriöser Marktforschung). Die Ausbildungsquoten der Gymnasien und Universitäten zeigen klare Tendenzen zu mehr Frauenpower. Der Arbeitsmarkt wird sich auf die Bedürfnisse hochqualifizierter Frauen einstellen müssen, um seinen Bedarf an High Potentials decken zu können. Dasselbe gilt natürlich für die Produkte und Lösungen, die diese Zielgruppe nutzen oder über deren Beschaffung sie entscheiden werden. Sie wollen weniger ein technisches Spielzeug bedienen, als schnell und effektiv Funktionen nutzen. Die steigenden Anforderung an die Architekten von komplexen Systemen, was Kommunikationsfähigkeit und zwischenmenschlichem Einfühlungsvermögen (emotionale Intelligenz) betrifft, wird die Selektionskriterien des Arbeitsmarktes vom nüchtern rationalen Technikspezialisten zum **technisch kompetenten Kommunikationsspezialisten** verschieben. Die große Wahrscheinlichkeit dieser Entwicklung ist durch Erfahrungen in Biologie und Technik klar belegbar: Die geschickte und flexible Vernetzung intelligenter „Zellen“ ist lebensfähiger und entwickelt sich schneller und stabiler als das zentralisierten Genie. Betrachten wir unseren Nachwuchs so haben wir es mit Menschen zu tun, für die Ausbildung und Arbeit ohne **FUN-Faktor** oder ohne klar vermittelten Sinn wenig attraktiv ist. Auch das hat etwas mit gewissen Sättigungserscheinungen zu tun. Eine Wohlstandsgesellschaft hat auch anspruchsvolle Sprösslinge. Die Leistungsbereitschaft dieser Menschen wird auch sehr viel mit den Qualitäten des Arbeitsumfelds zu tun haben.

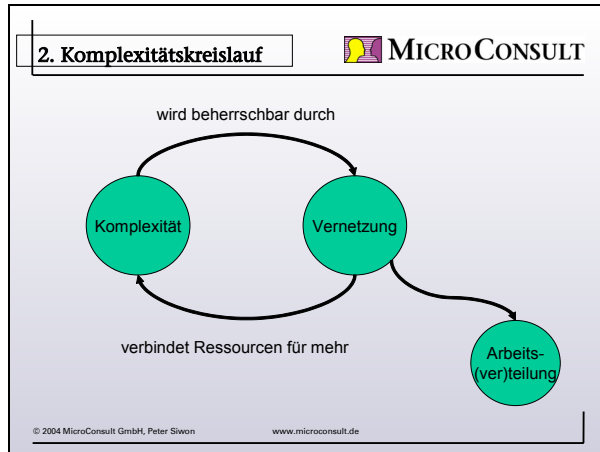
Doch in welche Richtung werden sich die Embedded Produkte in einer Wissensökonomie entwickeln? Die Basis dieser Überlegungen ist so alt wie das Universum. Damit kann ich mit Fug und Recht behaupten, dass es sich hier um einen gut belegbaren Trend handelt.

Die Erfolgsgeschichte vernetzter Systeme

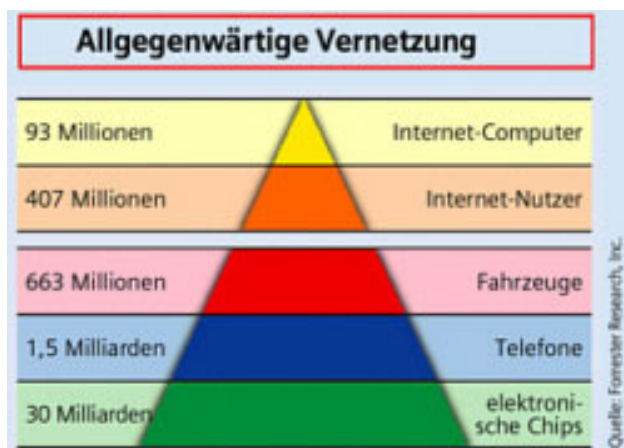
Ein wesentliches Erfolgsrezept im evolutionären Wettbewerb, der immer noch, wenn auch in wesentlich abstrakterer Form, unser Leben beherrscht, liegt in der Vernetzung von Systemen. Die Erfolgsgeschichte ist Milliarden von Jahren alt und begann mit der Vernetzung von Atomen zu Molekülen, von Molekülen zu den Bausteinen des Lebens und setzte sich fort bis zum derzeit komplexesten Lebewesen, das aus einem Netzwerk spezialisierter Zellverbände (Nervensystem, Blutgefäße, Organe,...) besteht, dem Menschen. Dieser Mensch ist wiederum in der Lage, gesellschaftliche (Stamm, Staat, UNO, EU,...), technische (Straßen, Kommunikationsnetze, Versorgungsnetze) und organisatorische Vernetzungen (Geldsysteme, Informationssysteme) zu schaffen. Mittlerweile ist unsere moderne Gesellschaft eine Überlagerung von vielen Netzen.

Die Erfolgsgeschichte der Evolution ist wesentlich durch vernetzte Systeme geprägt. Systeme die durch Geben und Nehmen, durch Arbeits- und Risikoteilung, durch effektivere Energie- und Ressourcen-Nutzung, durch den schnelleren Austausch und

die effektivere Verteilung von Information, Wissen, Waren, etc. entscheidende Vorteile bieten. Wenn Sie sich ein paar Minuten Zeit nehmen um die Netzwerke aufzulisten, mit denen Sie verbunden sind, werden Sie Ruckzuck auf eine erstaunliche Anzahl kommen: Energieversorgung, Verkehrsnetze, Telefonnetz, Rundfunk, Fernsehen, Banken, Versicherungen, Versandhäuser, Gesundheitswesen,



Rentensystem, und und und. Signifikanter Nutzen und Nutzensteigerung entsteht in vielen Fällen durch Vernetzung oder durch überlagerte Netze. Das Paradebeispiel hierfür ist das universellste Netz unseres Zeitalters: Das Internet. Es ist quasi DAS Vehikel der Entwicklung zur Wissensökonomie. Nach allem was wir wissen ist es jedoch noch ein primitives Muster dessen, was in den nächsten Jahrzehnten daraus werden kann (Falls uns Viren, Hacker und Spamer die Tour nicht vermässeln!). Es gibt Milliarden von Geräten und Anwendungsideen, die mit ein wenig Embedded Intelligenz die unerschöpflichen Quellen dieses Netzes anzapfen könnten. Das vernetzte, intelligente System bietet viele interessante Möglichkeiten. Die modernen Boardcomputer von Automobilen der Premiumklasse oder Mobiltelefone lassen die Entwicklung bereits erahnen.



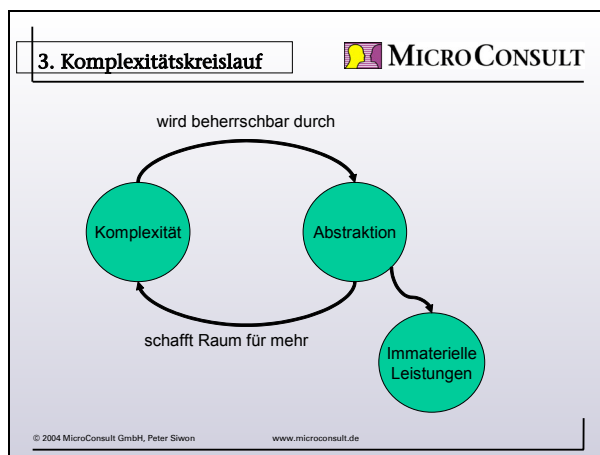
Doch was ist das Geheimnis vernetzter Systeme? Es ist wie der Geist aus der Flasche: Man kann ihn nicht anfassen und trotzdem vermag er Wunder zu vollbringen.

Die Macht der Abstraktion, immaterielle Werte

Das Geheimnis der Vernetzung liegt im Austausch von Werten auf Basis standardisierter Transportwege und Informationen. Diese Werte können Energie,

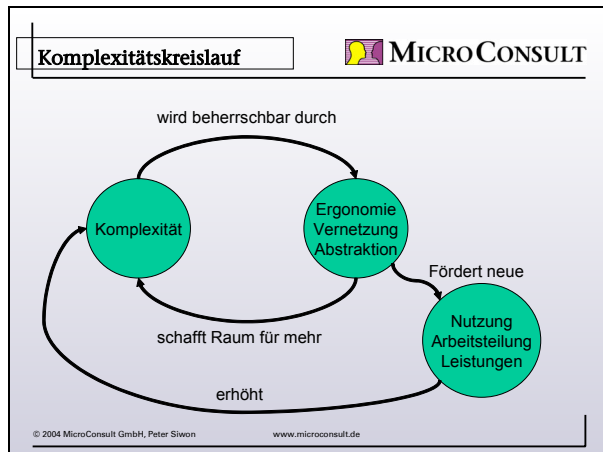
Informationen oder Waren sein. Die Transportwege können Straßen, Schienen, Kabel oder Satellitenstrecken sein. Die abstrakten Informationen sind z.B. Messgrößen für Gewicht, Volumen oder Geldwert, Adressen, Barcodes, Übertragungsprotokolle. Erst die einheitliche Abstraktion macht Vernetzungen nützlich. Dies gilt übrigens auch für biologische Systeme. Die Steuerung unseres Nervensystems über standardisierte, elektronische und chemische Signale bzw. die Steuerung von emotionalen Reaktionen über Hormone beruht auf den gleichen Prinzipien. Ein anderes Beispiel ist die Kommunikation über Sprachen und Verhaltensformen. Die Digitalisierung von Informationen aller Art ist auf Basis standardisierter Abstraktionen der derzeitige Höhepunkt dieser Entwicklung. Warum ist es so ideal? Es kommt der multimedialen Informationsverarbeitung unserer Gehirne sehr entgegen. Der Mensch bildet die Realität ohnehin in einer virtuellen Gedankenwelt ab und mittlerweile hat er sich in vielen Bereichen daran gewöhnt, mit virtuellen Repräsentanten statt der Realität zu denken und zu arbeiten (Geld, CAD, Bücher, Kino, Lieder, Musik,...) Die explosionsartige, nutzbringende Verbreitung des Internets, aber auch seine Attraktivität für Missbrauch, zeigt das unglaubliche Potential abstrakter Werte. Es gibt derzeit kein Medium das geeigneter ist, die Vielfalt menschlicher Phantasie besser zu transportieren.

Embedded Systeme haben auch hier eine ganz besondere Bedeutung, denn sie können uns den Zugang oder Ausgang aus dieser abstrakten Welt sehr gut bereitstellen.



Dies kann die vollautomatische Wetterstation, die Überwachungsintelligenz im Haushalt oder das Ferndiagnosesystem für Auto oder Heizung sein. Sie dienen uns als Verlängerung unserer Sinne und Gliedmaßen. Schauen wir doch mal per Webcam wie das Wetter auf Hawaii gerade ist. Das Web hat ganze Märkte in ihren Grundfesten erschüttert. Denken wir nur an Internetauktionen, Musik oder die Informations- und Kommunikationsbranche. Betrachtet man gleichzeitig, dass sich die Wertschöpfung in der Wissensökonomie immer mehr auf nichtmaterielle (also häufig auch digitalisierbare) Produkte verschiebt, erkennt man die unglaubliche Dynamik, die in diesem Thema steckt. Das Internet entwickelt sich mehr und mehr zum allgegenwärtigen und universellen Verteiler digitalisierbarer Leistungen und Werte. Es **eröffnet genau die zeitlichen und räumlichen Gestaltungsspielräume**, von denen ich eingangs gesprochen habe und gleichzeitig dient es als Plattform, um sehr flexibel Leistungen anbieten zu können. Die dramatische Verschiebung der Wertschöpfung in den nichtmateriellen Bereich führt bei der Perspektive eines

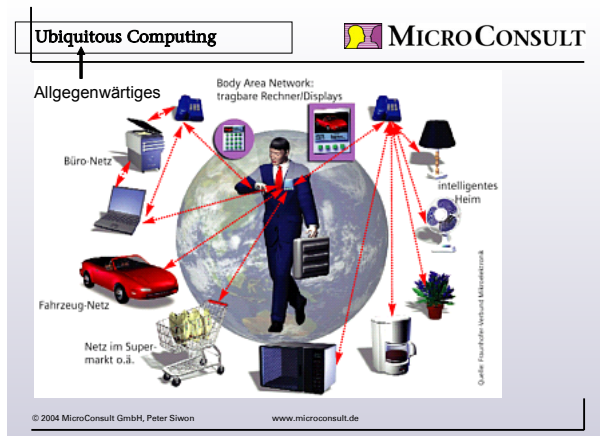
allgegenwärtigen universellen Netzwerks zu einigen interessanten Überlegungen, was Produkte und Leistungen betrifft.



Paradigmenwechsel: Der wahre Wert

Schon jetzt besteht der Wert vieler Leistungen zum großen Teil oder vollständig aus der digitalisierten Repräsentation geistiger Abstraktionskunst: Microelektronik, Software, Bücher, Musik, Organiser, Videos Das fassbare Produkt ist in vielen Fällen nur Träger eines nichtmateriellen Wertes, der sehr viel höher liegt als der Materialwert und die Herstellungskosten des Trägers. Deshalb macht ein bewusster Paradigmenwechsel an dieser Stelle Sinn. Frage: Was kaufen Sie, wenn Sie ein Telefon kaufen? Genaugenommen doch nur ein Dienstleistungsterminal für Kommunikationsleistungen. Wie ist es, wenn Sie einen Herd, eine Bügelmaschine, eine Waschmaschine oder eine Stereoanlage kaufen? Im Grunde könnte man auch hier behaupten, dass Sie ein Dienstleistungsterminal kaufen, das Sie bei den Leistungen Kochen, Bügeln, Waschen, Musikhören mit nützlichen Funktionen unterstützt. Abwegig? Sie zahlen doch auch Telefongebühren und Stromrechnungen. In einigen Bereichen hat dieser Paradigmenwechsel bereits stattgefunden, z.B. beim Auto oder Drucker. Was tun Sie, wenn Sie ein Auto oder einen Drucker leasen? Sie kaufen die Dienstleistung Mobilität bzw. Drucken. Die Verfügbarkeit eines universellen Netzes würde es erlauben, dieses Modell auf beliebige Dienstleistungsterminals zu erweitern und nicht das Gerät sondern die damit in Anspruch genommene Leistung abzurechnen. Prompter Service stünde hier, nebenbei gesagt, sehr im Interesse des Anbieters. Die Abrechnung all dieser hilfreichen Terminals erfolgt über ein häusliches Netz mit einem zentralen Dienstleistungszähler, der mit einem zentralen Abrechnungsserver vernetzt ist. Neben Telefonrechnung gibt es dann eine Koch-, Wasch- und Was-weiß-ich-noch Rechnung. Die ideale Spielwiese für Embedded Systeme. Sie sehen, es kann sich lohnen zu fragen:

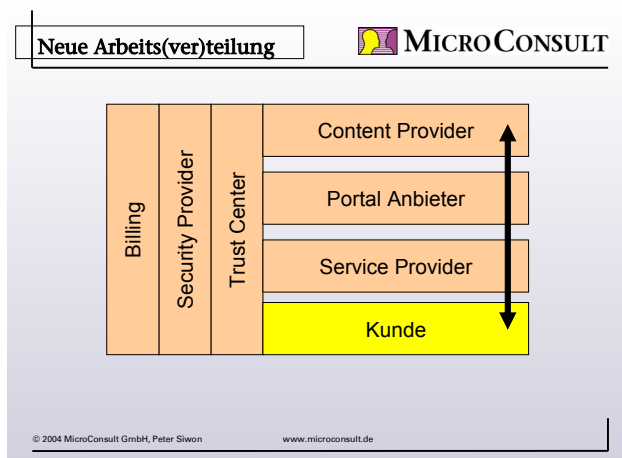
Was ist die primäre Leistung meines Produkts? Betrachten Sie doch Ihr Produkt spaßeshalber einmal aus der Perspektive eines Dienstleistungsterminals.



Oder wir haben eine Informationsdienstleistung oder eine nützliche Applikation entwickelt. Nun stellt sich die Frage: Welche Kunden gibt es dafür und welche Art von Geräten, die als Terminal dienen könnten, nutzen diese Kunden. Die Herausforderung: Eine Produkt oder eine Dienstleistung so zu entwickeln, dass sie sehr flexibel auf unterschiedlichsten Terminals verwendet werden kann. Auch solchen, die wir heute noch nicht kennen.

Im Zusammenspiel intelligenter Embedded Systeme und cleverer Dienstleistungen über ein universelles Netz liegt ein hohes Wertschöpfungspotential.

Diese Beispiele zeigen aber auch, dass diese Art von Lösungen eine andere Dimension hat. Diese Embedded Lösungen sind Teil eines komplexen Systems, das das greifbare Produkt über eine sehr flexibel nutzbare Infrastruktur mit verschiedenen Dienstleistungen verknüpft. Nun kommen völlig neue Partner wie Netzprovider, Portalanbieter, Trustcenter, Fernwartungsdienstleister, Billingspezialisten, etc. ins Spiel. Es entstehen neue Allianzen, Arbeitsteilungen und Geschäftsmodelle und andere verlieren an Bedeutung.



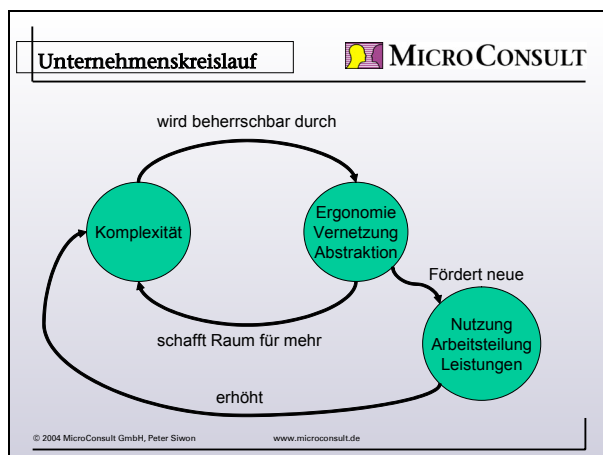
Die Frage die sich jeder jetzt schon stellen sollte:

Welche Art von Leistungsmix werde ich in Zukunft anbieten? Bin ich Dienstleister, Produktverkäufer oder beides? Welche Rolle spiele ich in der künftigen Arbeitsteilung?

In jedem Falle ist es gut, wenn man eine gewisse Bereitschaft mitbringt die Perspektive zu wechseln. So könnten beispielsweise Softwareagenten, die das Interessensprofil des Nutzers kennen, ganz gezielt Leistungen suchen und selektieren (Schnäppchensucher, Rechercheagenten, etc.) und in geeigneter Form anbieten, z.B. mit größerer Schrift und größeren Bedienelementen für Senioren oder im Telegrammstil für Eilige. In jedem Falle gilt die Perspektive, dass die Lösungen komplexer werden und gleichzeitig Komplexität hinter einer intelligenten Benutzeroberfläche versteckt werden muss, was letztlich die Komplexität für die Entwicklung nochmals steigert. Doch wie befreien wir uns aus dieser Komplexitätsfalle?

Wege aus der Komplexitätsfalle

Die Komplexität steigert sich in mehreren Bereichen. Wie aus dem vorher gesagten hervorgeht, erhöhen sich nicht nur der Funktionsumfang und damit der Anspruch an die Ergonomie der Systeme. Die Lösungen stellen auch eine Kombination aus sehr unterschiedlichen Teillösungen dar, die hohe Kompetenz auf vielen Gebieten erfordert. Daraus folgt, dass viele Spezialisten sehr effektiv zusammenarbeiten müssen. In der Regel sind dies bei komplexeren Projekten Konglomerate aus eigenen Mitarbeitern, freien Mitarbeitern, Unterauftragnehmern usw. Womit wir wieder beim Netzwerk sind. Die Struktur der Aufgabe gibt meist sehr gute Hinweise auf die Organisation der Lösungsbeteiligten. Nicht nur was die Spezialisierungen betrifft sondern auch was die Vernetzung betrifft. Vernetzung funktioniert am besten, wenn es eine geeignete standardisierte Form des Informationsaustausches gibt. Jeder kennt das Problem der Schnittstellen, das immer dort auftaucht, wo nicht dieselbe „Sprache“ (im weitesten Sinne ihrer Bedeutung) gesprochen wird. Wer kennt nicht die vielen möglichen Konflikte, wenn der Vertrieb mit dem Entwickler, der Hardwareentwickler mit dem Softwareentwickler, der indische Entwickler mit dem deutschen, der Entwickler mit dem Tester, und und und. Das Gemeine daran ist, dass wir eine sehr anspruchsvolle Kommunikationsaufgabe auf ganz unterschiedlichen Ebenen erfolgreich erfüllen müssen: Auf der fachlichen, auf der persönlichen und auf der zwischenmenschlichen Ebene.



Die fachliche Ebene

Die Effektivität auf der fachlichen Ebene hängt sehr stark von der geeigneten Abstraktion ab. Hier spielen grafische Abstraktionshilfen eine sehr wichtige Rolle, gerade wenn es um die Entwicklung komplexer Logik durch EDA oder Software mit Hilfe von CASE-Tools geht. Im Grunde kann jede Entwicklungsmannschaft selbst erkennen, wann der nächste Abstraktionsschritt sinnvoll ist. Sie muss nur die Art der Kommunikation und der Informationsverdichtung beobachten. Der Mensch, zu denen bekanntermaßen auch der Entwickler gehört, sucht intuitiv nach Abstraktionshilfen, die es ihm möglich machen mit seiner relativ eingeschränkten bewussten Wahrnehmungsfähigkeit sinnvoll arbeiten zu können. So haben viele Assemblerprogrammierer den Schritt zur Hochsprache durch verstärkte Nutzung von Makros und Unterprogrammibliotheken vorweggenommen. Oder es werden nicht Codezeilen für die Erklärung eines Multitaskingsystems verwendet sondern Kreise, Quadrate und Pfeile. Die grafische Darstellung hat mehrere Vorteile:

- Sie bündelt Informationen
- Sie verdoppelt quasi die am Denken beteiligten grauen Zellen, weil die linke und die rechte Gehirnhälfte nun aktiv sind.
- Sie erleichtert die Kommunikation in Teams.
- Sie erleichtert die Kommunikation zwischen verschiedenen Spezialisten (Hardware, Software), da grafische Elemente, zumindest wenn es um das grobe Systemverständnis geht, schneller verstanden werden können.

D.h. die Nutzung grafischer Abstraktionshilfen wie UML, Matlab Simulink oder LabView, um nur einige Beispiele zu nennen, bietet große Vorteile und ist eine zwangsläufige Folge wachsender Komplexität.

Die Abstraktion hat natürlich auch ihre Tücken, die genau in ihrem Vorteil liegen. Der Abstand zwischen Modell und Realität wächst mit jeder Abstraktionsstufe. Die Gefahr liegt auf der Hand: Das tolle perfekte Modell ist in der Realität nicht umsetzbar. Gerade im Embedded Markt gibt es oft enge Grenzen, die den Bau von Traumschlössern verhindern: Kosten, Speicherbedarf, Rechenleistung, Echtzeitverhalten. Beim Umstieg auf eine neue Abstraktionsebene besteht die Gefahr, die Bodenhaftung zu verlieren, weil die Erfahrung des Realitätsbezugs fehlt. Es geht uns ein wenig wie dem Dschungelpygmäen, der durch Zufall das erste Mal eine weite Savanne betritt und eine Gnuherde in der Ferne für einen Fliegenschwarm hält, weil er diese Perspektive der Entfernung noch nicht kennt. Was tun? Ganz einfach: Der Entwickler lernt wie unser Pygmäe aus Erfahrung. Es ist sehr wichtig die Entwicklersinne auf diese neue Perspektive einzujustieren. Dies geht am besten durch eine schnelle Rückmeldung aus der Realität. Das heißt in der Praxis nichts anderes als klein anzufangen und zu modellieren, zu codieren und auszuprobieren und sich so Schritt für Schritt vorzutasten. Um die Sache komfortabel zu machen, wird die **automatische Codegenerierung** weiter an Bedeutung gewinnen, da sie auch gleichzeitig die Konsistenz von Modell und Code zu sichern hilft. Wer seine Sinne justiert hat, kann sich tiefer in die Welt der Abstraktion vorwagen und die Perioden zwischen Modellieren und Realisieren verlängern.

Die Kunst der modellbasierenden Softwareentwicklung für Embedded Systeme liegt darin, den Entwicklungsprozess von Anfang an so zu gestalten, dass die Rückmeldung aus der Realität rechtzeitig sichergestellt wird. Dies heißt in der Praxis, dass die Qualitätssicherung, die den gesamten Entwicklungsprozess von Anfang an begleitet (Design for Test), das Feedback aus der realen Welt liefert. Bei Embedded Systemen ist dieser Fall nicht trivial, weil wir Rückmeldungen brauchen, die neben der Erfüllung der gewünschten Funktionalität, das logische Verhalten

(Eingabekombinationen, Fehlerbehandlung, etc.) und das physikalische Verhalten (Energiebedarf, Timing, etc.) widerspiegeln.

Erfolgreiche Qualitätssicherung besteht darin die Abstand (zeitlich, Abstraktionsebene) zwischen Fehler machen und erkennen so klein wie möglich zu machen.

Mit Debuggen wird man diesen Anforderungen nicht mehr gerecht. Um durch die Komplexität nicht im Fehlersumpf auf Source-Code-Ebene zu versinken, kommen nun zwangsläufig Werkzeuge ins Spiel wie ausführbare Modelle, formale Verifikation (Modellchecker, OSC), mathematische Verfahren zur Codeprüfung (Polyspace), die die Fehler auf der Abstraktionsebene finden, wo sie gemacht wurden.

Um die enormen Investitionen in komplexe Architekturen zu sichern, ist es von größter Bedeutung die Abhängigkeit von der Lösungsplattform (Controller, Betriebssystem) so klein wie möglich zu halten. Bei der großen Dynamik im Halbleitermarkt ist es wichtig eine Architektur so zu modellieren, dass die Wahl der technischen Realisierung (Execute in Time als Programm oder Execute in Space als Logik oder Execute irgendwo z.B. im Internet) den verfügbaren Ressourcen anpassbar ist. Gleichzeitig ist es erforderlich Toolchains zu finden, die die schnelle Abbildung des Modells auf die Realität ermöglichen (Codegeneratoren, Hardware/Software-Codesign, HIL, SIL). Die geschickte Verknüpfung zwischen Abstrahieren und Realisieren bringt die entscheidenden Vorteile.

Wir haben vorher schon den Menschen ins Spiel gebracht, mit seinem i.d.R. ausgeprägten Talent für bildliches Erfassen komplexer Zusammenhänge. Doch der Mensch spielt eine noch wesentlich bedeutendere Rolle auf dem Weg aus der Komplexitätsfalle.

Intelligenz ist mehr als Wissen

Die Vernetzung von menschlichen Gehirnen bietet erstaunliche Kreativitätspotentiale und spielt im Lösungsprozess komplexer Systeme eine entscheidende Rolle. Gut eingespielte Teams und sich ergänzende Teammitglieder schaffen es nicht nur sehr hohe Schwierigkeitsgrade zu meistern sondern sind oft auch in der Lage effektiver in weitere Abstraktionsebenen vorzustoßen. Deshalb ist es so wichtig, dass sich eine hohe technisch/organisatorische Intelligenz mit den richtigen Persönlichkeiten zu dem verbindet was wir als Kreativität, Spirit oder Innovationskraft bezeichnen. Was nutzt die beste Logik und Logistik, wenn die „Chemie“ nicht stimmt.

Die Unterschiede zwischen guten und Spitzenteams liegt nicht im Können sondern im Können-Wollen.

Aha, höre ich da so manchen wissend nicken: Sie müssen Ihre Leute motivieren. Irrtum! Wir können nur die Voraussetzungen schaffen, damit die Menschen ihren Antrieb selbst zünden und zur Hochform auflaufen. Diese Voraussetzungen sind zum Beispiel:

Wahl der richtigen Menschen nicht nur für Aufgaben sondern auch für Rollen. Sie werden in Zukunft nicht den teamfähigen Softwareentwickler mit C++-Erfahrung suchen, sondern Sie werden sich über die Rolle dieses Menschen als Mensch in diesem Team Gedanken machen. Wollen Sie das fleißige Lieschen, den detailversessenen Pedanten, den forschen Veränderer, den ausgleichenden Schlichter, den risikofreudigen Draufgänger oder den ideensprühenden Spinner (man muss es ja nicht genau so in die Stellenausschreibung setzen). Der richtige

Rollenmix wird sehr viel darüber entscheiden, ob Ihr Team seiner Aufgabe gewachsen sein wird.

Es kommt darauf an, ob diese Leute verstehen wie sie selbst ticken und wie ein Team funktioniert. Wer besser in der Lage ist, die notwendigen Gegensätze durch eine geeignete Teamkultur zu integrieren, gehört zu den Gewinnern - nicht nur in der Embedded Welt.

Embedded Lösungen werden von Embedded Teams gemacht!

Je komplexer die Aufgabe, desto wichtiger ist die Kommunikation und Kooperation von Menschen unterschiedlichster Fähigkeiten und Rollen in einem Klima von konstruktiven Konflikten durch Gegensätze und gegenseitiger menschlicher Wertschätzung. Dies zu tun ist mit einem wichtigen Lernprozess verbunden, der leider in vielen Fällen, aber besonders im - ach so rationalen - Umfeld technischer Entwickler, häufig unterschätzt wird. Aber die effektive Kombination fachlicher und emotionaler Intelligenz und deren Förderung werden für die Bewältigung komplexer Aufgaben auch in Entwicklerteams von wachsender strategischer Bedeutung sein. Meines Erachtens bestehen hier noch große Defizite, die schon in der Schul- und Hochschulausbildung stärker adressiert werden müssen.

Zusammenfassung

Die hochentwickelten Industriegesellschaften entwickeln sich mehr und mehr zu Wissensökonomien, die sich durch die Beherrschung immer höherer Komplexität im Wettbewerb behaupten müssen. In diesen komplexen Systemlösungen werden Embedded Systeme eine wichtige Rolle spielen. Embedded Systeme werden immer mehr auch intelligente Netzknoten innerhalb eines universellen, allgegenwärtigen Netzes sein. Sie werden in Kombination mit diesem Netz neue Formen von Leistungen und Leistungskombinationen möglich machen. Die Umsetzung von Kernkompetenzen in Leistungen und die Rollenverteilung der Unternehmen werden sich dadurch verändern. Die Anforderungen der Nutzer an die Beherrschung der steigenden Komplexität stellen stark steigende Ansprüche an die Ergonomie. Die dadurch steigende Komplexität kann nur durch weitere Abstraktion bewältigt werden, die allerdings wachsende Ansprüche an die Toolketten und die Qualität der Entwicklungs- und Testprozesse stellt. Hierbei spielt die modellbasierende Architektorentwicklung, „design for test“, und ein schneller Abgleich von Modell und realem Verhalten eine wesentliche Rolle. Die gezielte Teambildung nach systemischen Gesichtspunkten und die Bedeutung von emotionaler Intelligenz werden einen immer stärkeren Einfluss gewinnen, weil gerade hier die entscheidenden Differenzierungsmerkmale zwischen gut und TOP liegen. Vielleicht liege ich aber auch falsch, es kommt ein großer, dicker Meteor geflogen und sorgt dafür, dass die Evolution wieder von vorne beginnt. Aber eines ist sicher: Auch dann werden vernetzte Systeme auf Basis abstrahierter Informationen das Rennen machen.

