

Bernhard Nett, Andreas Becks, André Stork, Arno Ritter, Iris Herbst, Marco Durissini, Volker Wulf und Matthias Jarke

Unterstützung von Anlagenplanung durch einen kooperativen Planungstisch

Supporting Co-operative Plant Design: The Planners' Table

Rückbettung von Vergewisserungspraktiken_Roomware_Kooperative Planung_Wissensmanagement_Dokumentenmanagement_Mehrbenutzerfähiger Anlagenplanungstisch mit Visualisierungs-, Simulations-, Annotations- und Historienfunktionalitäten_Plausibilitätstest für Parameterkonflikte

Zusammenfassung. Roomware besitzt für kooperative Anlagenplanung ein großes Potential, wenn sie domänenspezifisch gestaltet wird. Sie muss dazu erlauben, gemeinsame Absprachen ohne hohen Bedienungsaufwand für alle Beteiligten verständlich zu visualisieren und zu dokumentieren. Im vorliegenden Papier wird vorgestellt, wie auf der Basis einer empirischen Bedarfsanalyse ein kooperativer Planungstisch für den Bereich der Anlagenplanung entwickelt wird. Es wird dabei gezeigt, wie neuartige Interaktionstechnologien zur Unterstützung realer Anwendungsszenarien genutzt werden können.

Summary. Simulation is promising for plant configuration and design if it contributes to visualize and document shared visions, proposals and agreements understandable with little effort for all participants. The paper describes how a simulation tool was tailored and integrated it into a roomware-element: the planners' table. The design was based on an empirical field study in a German plant engineering office which is specialized in the design of plant for the beverage industry. It is shown how the new interaction technologies of this co-operative planners' table can be used to support the design and configuration of plants.

1. Einleitung

Im Bereich industrieller Dienstleistungen verschärft sich seit Jahren der Konkurrenzdruck, was Spezialisierungs- und Konzentrationstendenzen fördert. Flexibilität wird dabei immer mehr zum Muss, auch im Bereich der Produktentstehung. Verliefe die Standardsequenz klassischer Produktentwicklung von der Bedarfserhebung über das Design bis hin zu Produktion, Marketing und Verkauf, so erodiert dieser sequentielle Verlauf aufgrund der skizzierten Wettbewerbsintensität und wachsender Komplexität der Kundenwünsche zunehmend und wird durch Ansätze des *Simultaneous Engineering* ersetzt. Dabei wird versucht, konkrete Kundenwünsche und Erfahrungen mit Montage, Instandhaltung und Kundenservice so zu verbinden, dass auch bei der Einzel-

oder Kleinserienproduktion die Unternehmenspolitik das Angebot möglichst flexibel an der Nachfrage orientieren kann (Goldman et al. 1996).

Die Forderung nach Flexibilität und Kundenorientierung spricht für teammäßige Organisationsformen, weil Teams schneller in der Lage sind komplexe Aufgaben zu lösen (Picot et al. 1998). Kooperative Planungsverfahren haben deshalb in den letzten Jahren stark an Bedeutung gewonnen. Wenn auch vor allem in Hierarchien Widerstände festzustellen sind (Nett 2001) und kooperative Lösungen nicht den einzigen Entwicklungspfad in der Industrie ausmachen, so ist doch heute in Planungskontexten Kooperation zum wichtigen Organisationschema avanciert. Von kooperativer Planung kann man dabei dann sprechen, wenn im Planungsprozess eine Vielzahl von Akteuren mit jeweils unter-

schiedlichen Sichten an einem gemeinsamen Gegenstand arbeitet. Ihre unterschiedlichen Sichten können unterschiedlichen Arbeitskulturen, Wahrnehmungen, Informationsniveaus, Interessen oder Machtverhältnissen entsprechen.

Kooperative Planungsprozesse sind in spezifische Unternehmenskontexte eingebettet und deshalb immer zugleich auch Interessen-Abstimmungsprozesse. Bei der Unterstützung kooperativer Planung sind technologische Kopplungen und automatisierte Prozesse aufgrund der politischen Natur der involvierten Komplexität mitunter eher störend als hilfreich. Das gilt jedoch nicht für Technologie per se. Vielmehr ist von Bedeutung, dass Technologie Aushandlungsprozesse der Akteure unterstützt und transparent macht – sie aber nicht ersetzt. Das setzt eine entsprechende Mo-

dellbildung voraus, bei der Simulation, Visualisierung und deren Einbindung in ein systematisches Dokumentenmanagement eine bedeutende Rolle spielen können.

In über die Zeit gewachsenen Arbeitsfeldern kann deshalb *Roomware* (Streitz et al. 2001) von Bedeutung sein. Das Konzept der *Roomware* setzt auf den Ausbau von Funktionalitäten gewohnter, raumgestaltender – ggf. auch kooperativer – Arbeitsmittel durch Computerisierung. Ein *Roomware*-Element kann z. B. ein computerisierter Tisch sein. Streitz et al. diskutieren *Roomware* auch im Hinblick auf die Unterstützung von kooperativen Planungsprozessen.

Zu diesem Aufsatz wird auf der Basis einer teamorientierten Perspektive versucht, einen kooperativen Planungstisch als *Roomware* zu entwickeln, der domänenspezifische Kompetenzen von Planungsbeteiligten im Feld der industriellen Anlagenplanung unterstützt. Um dies möglich zu machen, muss die tatsächliche Praxis in der industriellen Anlagenplanung untersucht werden. Auf Basis dieser empirischen Untersuchung wird eine Kooperationsunterstützung für das Planungsteam entwickelt und im Hinblick auf seine Generalisierungsmöglichkeiten evaluiert.

2. Unterstützung von kooperativer Planung und Design

Ein möglicher Ansatzpunkt für die Unterstützung kooperativer Planungs- und Gestaltungsprozesse kann im *Ubiquitous Computing* (Weiser 1993) gesehen werden. Hier besteht die Kernidee in der allgegenwärtigen Bereitstellung von Computerunterstützung. Zugleich sollen heterogene elektronische Betriebsmittel (Laptop, PDA etc.) „interoperabel“ verknüpft werden. Die traditionelle Benutzungsschnittstelle des Computers soll dabei in einer Vielzahl von Hardwareensembles in den Hintergrund treten. Statt Arbeitspraktik der Computertechnologie zu unterwerfen, sollen letztere so der Systematisierung und Unterstützung ersterer dienen.

Während *Ubiquitous Computing* mediale Unterstützung allgegenwärtig zugänglich macht, fokussiert das Konzept der *Roomware* die mediale Unterstüt-

zung und funktionale Diversifizierung gewohnter ortsgebundener Arbeitsmittel. Im Hinblick auf den Primat der Arbeitskontexte und der Integrierbarkeit elektronischer Betriebsmittel decken sich die Anforderungen des *Ubiquitous Computing* und des *Roomware*-Konzepts.

Arias (Arias et al. 2000) stellt folgende Charakteristika kollaborativer Planungs- und Designumgebungen heraus:

- An komplexen kooperativen Planungsprozessen Beteiligte können aus sehr unterschiedlichen Disziplinen stammen.
- (Fachliche) (Sub-)Kulturen sind gekennzeichnet durch unterschiedliche Verwendung von (u. a.) Normen, Symbolen und Repräsentationen.
- Die Planungspartner haben in aller Regel nur ein begrenztes Verständnis und Bewusstsein für die Beziehung ihrer Arbeiten zu den Arbeiten anderer.
- Dennoch ist es ein wesentliches Merkmal kooperativer Planungsprozesse, dass sich Beteiligte gegenseitig instruieren und informieren.
- Schnittstelle für die Zusammenarbeit heterogener Experten können deshalb nur so genannte bounding objects sein, Planungs- oder Designelemente, die bei allen beteiligten (Sub-) Kulturen relevant und verständlich sind.

Für interaktive Systeme, die bei synchronen kooperativen Designaufgaben menschliche Kreativität unterstützen, finden sich bei Fischer und Nakakoji (Fischer et al. 1997) Anforderungen an die Mensch-Maschine-Schnittstellen. Ihr so genanntes Domain Oriented Design Environment (DODE) beruht auf theoretischen Betrachtungen kooperativer Planungs- und Designsituationen. Kooperative Unterstützungssysteme – insbesondere für kreative Designaufgaben – sollten demnach folgende Eigenschaften besitzen:

- Kooperative Planungsunterstützungssysteme müssen so entworfen werden, dass der Aufwand zur Steuerung der Systemfunktionalität minimal ist. Funktionen, die nicht direkt mit der Planungs- oder Designaufgabe im Zusammenhang stehen, müssen im Hintergrund stehen.
- Das System sollte zumindest in Teilen die Planungs- oder Designaufgaben

„verstehen“ können. Dazu benötigt es domänenspezifische Wissensbasen, die Benutzeraktionen mit computerlesbarer Semantik versehen. Die hierdurch ermöglichte aktive Feedbackfunktion des Systems ermöglicht es dem Benutzer, Planungs- und Designergebnisse besser im gegebenen Problemkontext zu verstehen.

- Um inkrementelle Wissensbasen zu unterstützen sollte es dem Benutzer möglich sein, Informationen in Wissensbasen einzupflegen und zu modifizieren.
- Das am Planungs- und Designsystem zu lösende Problem muss explizit kodiert und repräsentiert werden. Dies ermöglicht dem System zur Problem- und Designsituation relevante Informationen zu liefern.

Ein kooperatives Systemdesign muss dazu die Erkenntnisse aus dem Forschungsfeld distributed cognition berücksichtigen: So sollten Ergebnisse individueller mentaler Anstrengungen aufgezeichnet und für andere Teilnehmer nutzbar gemacht werden. So können Artefakte geschaffen werden, die in ihnen repräsentierten Konzepte kritikfähig und verhandelbar machen (Explikation vager Ideen) (Hutchins 1995). Jäger (Jäger 2001) und Jarke (Jarke 2002) diskutieren dies aus kulturwissenschaftlicher und kulturinformatischer Sicht: Nicht nur die Artefakte, sondern ihr jeweiliger Kontext müssen explizierbar sein (Nakakoji et al. 2000).

Im Rahmen der CSCW-Community wird die Arbeit von Kooperationsteams unterschieden in Einzelarbeit, Teil- und Gesamtgruppenarbeit. Eine entsprechende Differenzierung sollte auch von einem kooperativen Planungstisch unterstützt werden.

3. Konkretisierung der Gestaltungsanforderungen auf der Basis empirischer Forschung

Innovationen sollten nicht bloß als technologische Aufgabe, sondern als Komplex von Organisations- und technologischen Entwicklungsfragen verstanden werden (Wulf et al. 1999). Der wichtigs-

te Ausgangspunkt dafür ist die Analyse der institutionellen Arrangements und der symbolischen Interaktionen, die als Handlungs- und Reflektionsroutinen die Kooperation der Akteure im Feld bestimmen (Ciborra et al. 1994) und die Multiperspektivität (Floyd 1989) der Arbeitskontexte, Interessen und Erwartungen kennzeichnen. Diese kann durch qualitative empirische Forschung erschlossen werden, bei der Gespräche, Interviews und Visiten bei industriellen Anwendungspartnern durchgeführt und die Ergebnisse kombiniert und kontrastiert werden.

3.1 Forschungsmethodik

In unserem Projekt konzentrierten wir uns nach Sondierungsgesprächen in verschiedenen Branchen und Betrieben auf einen Anlagenplaner und führten bei ihm eine Fallstudie durch. Es wurden sechs Interviews mit Personen geführt, die am Prozess der Projektierung maßgebend beteiligt sind: ein Projekteur, drei Konstruktionsleiter (Elektrik, Mechanik, Transport), ein CAD-Spezialist und ein Sachbearbeiter des Vertriebs. Die Interviews wurden mit einer kurzen Vorstellung der Interviewer begonnen, in deren Rahmen Projekt und Forschungsinteresse dargestellt wurden. Wir machten deutlich, dass es darum geht, von praktischen Erfahrungen mit kooperativen Planungsprozessen zu lernen. Zugleich boten wir an, die Ergebnisse unserer Untersuchung zurückzuvermitteln, so dass die Gesprächspartner ihrerseits die Möglichkeit hatten, ihre Arbeit vor dem Hintergrund der Multiperspektivität der Akteure gespiegelt zu sehen, und so ebenfalls eine Lernmöglichkeit durch ihre Mitarbeit hatten.

Die Interviews basierten auf einem teilstrukturierten Fragebogen. Die Fragen waren – zum Teil sehr detailgenau – auf die Arbeitsabläufe bezogen. Daneben aber gab es auch offene Fragen zu Problemen und Wünschen für die Zukunft. Die Interviews wurden stichwortartig mitgeschrieben. In der Regel wurde von den Interviewten zudem ein Mitschneiden per Band erlaubt. Da die Gespräche vor Ort stattfanden, konnte man sich auch eine Vorstellung vom Arbeitskontext der Gesprächspartner machen: die besuchten Arbeits- und Planungsräume der Ingenieure wurden untersucht. Die für den kooperativen Anla-

genplanungsprozess relevanten Dokumente wurden eingesehen und analysiert. In der Folge der Besuche vor Ort wurden die Interviews umgehend transkribiert und ausgewertet. Im Rahmen der Untersuchung wurde auch der Fragebogen immer wieder aktualisiert. Auf diese Weise ergab sich schon bei sechs Befragten ein recht komplexes Bild. Dabei konnten Informationen von verschiedenen Stellen der Arbeitsprozesse aufeinander bezogen und so ein Bild vom Gesamtprozess gemacht werden. Diese Erkenntnisse wurden mit denen der Analyse der relevanten Dokumente und Räumlichkeiten in Bezug gestellt und abgeglichen. Diese Integration von Wissen über organisatorische Praktiken im industriellen Anwendungsfeld erwies sich als wichtige wissenschaftliche Quelle für das Design praxistauglicher Kooperationsunterstützungen.

3.2 Das Unternehmen

Bei der untersuchten Firma handelt es sich um ein „gewachsenes“ Unternehmen, d.h. um das Resultat einer sehr langen Firmengeschichte, die immer wieder durch Fusionen gekennzeichnet war. Allerdings wurde die Firma Anfang der neunziger Jahre nach einer Fusion in diverse Cost Center aufgeteilt, wodurch eine nicht nur räumlich, sondern auch funktional differenzierte Struktur entstand. Unser Industriepartner hat sich im Bereich des Maschinen- und Anlagenbaus auf die Konstruktion von Abfüllanlagen spezialisiert. Die Planungsdienstleistungen werden über Auslandsvertretungen auch für internationale Märkte erbracht. Die Auftragsbearbeitung erfolgt aber vollständig in Deutschland.

Das Unternehmen arbeitet an drei Standorten, von denen zwei weniger als 100 km auseinanderliegen, während der dritte weiter entfernt liegt. Die verschiedenen Standorte waren vor der o. g. Fusion Konkurrenten gewesen. Beim Industriepartner herrscht neben einer begrenzten funktionalen Arbeitsteilung eine solche nach Anlagenbereichen, die sich mit – aus der Firmengeschichte herührenden – Überschneidungen überlagert. Bei großen Aufträgen müssen alle drei Standorte des Anlagenplanungsunternehmens kooperieren, während neuerdings erst Aufträge, die nur einzelne Anlagenbereiche betreffen, technisch von den entsprechenden Standorten be-

arbeitet werden können. Sie erfahren dann dabei eine kaufmännische Begleitung durch den Standort, an dem der sechste Befragte im Vertrieb arbeitet. Der dritte Standort, an dem bisher keine Befragungen durchgeführt wurden, verfügt noch über Eigenfertigungskapazitäten, die anderen nicht mehr. Montage, Anfahren und Service der Anlagen gehören zum Geschäft des Industriepartners, wobei die Details von Auftrag zu Auftrag wechseln können.

3.3 Ergebnisse der Befragung

Unsere Untersuchung ergab, dass die Planungsanforderungen an Anlagenplaner durch immer umfangreichere Produktvariationen dramatisch steigen und komplexer werden. Die Kunden gehen deshalb auch zunehmend den komplexen Prozess der Anlagenplanung im Team an. Der Auftrag wird vom Kunden dabei oft nur vage formuliert. Da der Kunde nicht über die technologische Detailinformationen verfügt, die den Anlagenplanern zur Verfügung stehen, kann er keine konkreten Vorstellungen von deren Realisierung darlegen. Dadurch kommt es schnell dazu, dass jedem Fortschritt der Planungskonkretisierung eine möglicherweise von den Vorschlägen des Anlagenplaners divergierende Konkretisierung der Kundenwünsche gegenübersteht.

Andererseits kommt es auch vor, dass der Kunde detaillierte technische Vorgaben (z. B. im Lastenheft) vorlegt, die den Anlagenplaner unter starken Anpassungsdruck stellen. Eine weitere Variante, die den Anlageplaner vor Schwierigkeiten stellt, ist die Integration von Fremdmaschinen und „Handelswaren“, die der Kunde bereits besitzt. Es handelt sich bei der Anlagenplanung mithin um einen kooperativen, iterativen Prozess der Planungskonkretisierung durch Abstimmung von Vorschlägen.

Dem Kunden tritt als Ansprechpartner die Projektierungsabteilung gegenüber. Der Projekteur arbeitet bei Großaufträgen mit Projekteuren anderer Standorte zusammen. Die Projektierung ist die Schnittstelle des Kunden zum Anlagenplaner. Der Projekteur muss herausfinden, ob und wie er die Wünsche des Kunden durch Kombination von in der Firma verfügbaren Elementen oder deren Modifikation erfüllen kann. Dabei arbeitet er mit einem Mitarbeiter des

Vertriebs sowie mit Leitern der Konstruktionsabteilungen zusammen: immer mit dem Leiter der Konstruktionsabteilung „Elektrik“, die für die Anlagensteuerung zuständig ist, bei Bedarf auch mit Leitern von weiteren Konstruktionsabteilungen.

Die steigenden Ansprüche der Kunden im Hinblick auf die Erfüllung von Sonderwünschen führen zu einer Inflation von Konstruktionselementen in der Konstruktionsdokumentation, aus der im Konfigurationsprozess einer Produktionslinie eine relativ kleine Zahl von Elementen ausgewählt und in die Gesamtanlage eingepasst werden muss. So kommen im Laufe weniger Jahre schnell mehrere tausend Konstruktionszeichnungen zusammen, die archiviert werden müssen. Zudem müssten bei jeder Planung wiederum eine Vielzahl neuer Elemente definiert werden - mit entsprechend hohem Zeitaufwand für die Firma. Dabei muss in der Regel eine erneute Anpassung an Kundenwünsche erfolgen, bei der nicht nur Details, sondern mitunter auch Kernfunktionalitäten bestehender Anlagenelemente verändert werden müssen.

Die Archivierung erfolgt in doppelter Weise: zum einen werden die Konstruktionszeichnungen in den jeweiligen Konstruktionsabteilungen archiviert. Zum anderen werden die Konstruktionsunterlagen eines Auftrags als Auftragsdokumentation in einem (physischen) Ordner abgelegt und müssen eine bestimmte Zahl von Jahren vorgehalten werden, weil Instandhaltung, Service und Modernisierung der Anlagen diese Unterlagen erfordern. Neben dem zentralen Auftragsordner existieren während der Auftragsbearbeitung Kopien, die dezentral von unmittelbaren Bearbeitern erzeugt werden, was bei eintretenden Änderungen zu Versionsproblemen führen kann.

Die Ablage der Zeichnungen und Dokumente wird von den Befragten als „klar“ beschrieben, weil sie abteilungsorientiert erfolgt und in jeder Abteilung Ansprechpartner bekannt sind, die die notwendigen Dokumente besorgen können. Das aber heißt: eigentlich ist nicht die Dokumentenarchivierung selbst klar, sondern die Verantwortlichkeiten für Dokumentensuche.

Die Einheitlichkeit der Planung wird auf der Basis eines Kerndokuments (Pro-

jektierungszeichnung) zu sichern versucht. Es handelt sich dabei um eine A0-Zeichnung mit einem Grundriss der Produktionshalle. In der Anlagenplanung kann unterschieden werden zwischen Maschinen und Transportelementen. Auf die Papierzeichnung werden Maschinen (nachdem diese in einem ersten Schritt gemäß den Anforderungen des Kunden vom Projekteur ausgewählt wurden) auf der Basis von Expertenwissen tentativ platziert. Eine Optimierung findet in der Folge durch Vorschläge und Kritik iterativ statt. Die Umsetzbarkeit dieser Vorschläge wird dabei begleitend durch Machbarkeitsstudien validiert, bei denen es darum geht festzustellen, ob die antizipierte Platzierung der Anlagenelemente eine Beschickung mit vorhandenen bzw. modifizierten Transportelementen zulässt, oder ob dies an Kollisionen oder unzulässiger Parametrisierung (z. B. zu großes Gefälle zwischen 2 Maschinen o. ä.) scheitert. Durch dieses Vorgehen ist gewährleistet, dass mit den Maschinen die bei weitem teuersten Elemente der Anlage als erstes zusammengestellt und auf dieser Basis ein erster Rahmen für einen Kostenvoranschlag schnell erstellt werden kann.

Der Fortgang des Spezifizierungsprozesses wird auf der Projektierungszeichnung in der Weise vermerkt, dass dort zu verändernde Elemente graphisch gekennzeichnet (Kringel o. ä.) und z. T. mit Zusatzinformationen bezeichnet werden (z. B. gewünschte Höhe). Während die Projektierungszeichnung schematisch die räumliche Struktur der Anlage und damit auch implizit deren aktuellen Konkretisierungsstand darstellt, werden die einzelnen Anlagenelemente auf einer Vielzahl von Detailzeichnungen dokumentiert. Auf der Projektierungszeichnung werden in der Folge die Anlagenelemente immer detaillierter spezifiziert, von deren Bezeichnungen her auch die relevanten Detailzeichnungen erschlossen werden können. Dazu gehören schließlich auch die elektronischen Sensor- und Steuerungselemente, von denen eine Vielzahl an einer einzelnen Maschine vorhanden sein können.

Da die Projektierungszeichnung auch elektronisch vorliegt, erzeugt der Bearbeiter bei gewünschten Änderungen eine neue Version und druckt diese wieder neu aus. Wenn der Bearbeiter eine solche neue Version erzeugen würde,

bevor alle Anmerkungen verarbeitet worden sind, könnten relevante handschriftliche Annotationen verloren gehen. Dies gilt umso mehr für Kopie-Ausdrucke, deren Übereinstimmung mit der Referenzzeichnung manuell nachgehalten werden muss. Von dem Kerndokument wird auf Konstruktionszeichnungen verwiesen. Diese Verweise können sich bei Veränderungen natürlich auch ändern, sodass sich auch hier Möglichkeiten für Versionsfehler ergeben können.

Die jeweils relevante Projektierungszeichnung gehört als Print zur Projektdokumentation und wird im entsprechenden Ordner aufbewahrt. Das bedeutet, dass es Annotationen auf Kopie-Ausdrucken (z. B. des Kunden) geben kann, die nicht auf das Referenzdokument übernommen worden sind. Zudem sind Annotationen auf der elektronischen Referenz prinzipiell nur dann vorhanden, wenn sie manuell dorthin übertragen wurden. Stattdessen werden in der Regel die manuell erzeugten Annotationen und Markierungen elektronisch abgearbeitet, aber nicht übernommen.

Von daher ist der Prozess der Anlagenprojektierung hinsichtlich der berücksichtigten, sich ändernden Rahmenbedingungen nur vom Projekteur und nur mit großem Aufwand halbwegs zu rekonstruieren. Insbesondere der Kunde kann schnell den Überblick verlieren, woraus sich bei ihm Ärger und teure Missverständnisse ergeben können.

Die Darstellung der Anlagenelemente auf dem Kerndokument erfolgt durch eine stark verkleinerte Draufsicht. Da eine so starke Verkleinerung der entsprechenden CAD-Dokumente „nichts als einen Farblecks ergäbe“ (CAD-Verantwortlicher der Firma), ist eine Mitarbeiterin damit befasst, diese Dokumente so von Annotationen, Hilfslinien und überflüssigen graphischen Elementen zu bereinigen, dass ein sehr schematisches, einfaches „Makro“ entsteht. Es handelt sich mithin um schematisierte Draufsichten auf die Maschinen. Diese sind zwar im Hinblick auf ihre Funktionalität von Uneingeweihten nicht intuitiv verstehbar, haben aber für Experten als Draufsicht die Eigenschaft, von allen Seiten erkannt werden zu können, was etwa der Fall ist, wenn Planungspartner bei einem Planungsgespräch um einen Planungs-

tisch herumstehen. Da die Kunden in der Regel über große Erfahrung mit dem Betrieb von Produktionsanlagen verfügen, können auch sie die verwandten „Makros“ in der Regel verstehen, die damit für die Kooperationsunterstützung einen sinnvollen Anknüpfungspunkt darstellen.

Die Interviewpartner stellen heraus, dass das Problem der Wartbarkeit das Kernproblem für jedes Unterstützungstool ist: Hilfsmittel müssen Arbeit erleichtern, dürfen aber nicht ihrerseits Wartungsaufwand darstellen. Sogar der notwendige Qualifizierungsaufwand der Einführung von Technologie sei vielfach bereits eine zu hohe Schwelle: beispielsweise sei ein teures Smartboard von der Firma angeschafft worden, aber nur wenige Mitarbeiter wüssten, wofür es gut sei, und es werde von daher entsprechend wenig genutzt. Die Wartung kooperationsunterstützender Tools müsse nebenbei geleistet werden können. Interessanterweise wird die Wartbarkeit als zentrales Auswahlkriterium von den Befragten in den Vordergrund gestellt, die in der alltäglichen Auftragsklärung mit dem Kunden die größte Erfahrung haben und Zeitdruck am direktesten erfahren.

Bei Fragen nach der Transparenz des kooperativen Prozesses wird zunächst auf dessen formale, im Laufe der Zeit bürokratisch verbesserte Strukturiertheit verwiesen, die Lösungen auch bei schwierigen Problemen ermögliche. Bei Nachfragen aber stellen sich große Schwierigkeiten heraus. So ist es kritisch, dass nicht alle am Planungsprozess Beteiligten immer auf der Höhe der Absprachen sind und nicht immer rechtzeitig über alle notwendigen Dokumente verfügen.

Es fällt auf, dass allenthalben ein Mangel an erfahrenen Mitarbeitern beklagt wird. Zum einen ist dies das Resultat früherer Konzentrationspolitik und entsprechendem Arbeitsplatzabbau in der Firma, die zögernd von einer neuen Expansion abgelöst wird. Zum anderen aber wird hier deutlich, wie wenig und wie indirekt die Konstruktionsabteilungen mit der Projektierung verbunden sind: durch Reduzierung der Konstruktionsarbeit auf Abarbeitung von Aufträgen wird nicht nur die Eigenverantwortung, sondern insbesondere auch kontextbezogene Lernmöglichkeiten der

Konstrukteure beschnitten. Von daher reproduziert sich unter den gegebenen Verhältnissen die geringe Zahl von „qualifizierten Mitarbeitern“ gewissermaßen von selbst. Des Weiteren ist aufgrund der immensen Verantwortung der Leiter, die mit einer notwendigen Vollzeiterreichbarkeit gekoppelt ist, ein Hineinwachsen in diese Funktion für die Konstrukteure nicht sehr attraktiv.

Mit dem Kunden finden in gewissen Arbeitsphasen oder zu vorher festgelegten Terminen Treffen statt. Bei den Besprechungen mit dem Kunden ist es wichtig, Kundenforderungen festzuhalten, nicht zuletzt, weil sich diese mehr als einmal im Lauf des Prozesses ändern. Es kann vorkommen, dass im Fortgang iterativer Planungsänderungen früher abgesprochene wichtige Planungsrandbedingungen „untergehen“. Deshalb wäre eine bessere Dokumentation entsprechender Diskursfortschritte zur Steigerung der Transparenz des kooperativen Prozesses äußerst wichtig. Dies wird dadurch verstärkt, dass Telekooperation per Telefon angesichts der verteilten Struktur des Gesamtkonzerns nicht unüblich ist, da der von uns hauptsächlich untersuchte Standort bei standortübergreifenden Aufträgen nur eine Teilfunktion in der Projektierung spielt (z. B. die oben skizzierten Machbarkeitsstudien durchführt).

4. Konzept zur Unterstützung kooperativer Anlagenplanung

Eine zentrale Stärke von auf Arbeitsgruppen basierenden Organisationsformen liegt in der Reintegration von planenden und ausführenden Tätigkeiten.

Eine solche Organisationsform scheint für unser Vorgehen hier sinnvoll zu sein, sofern sie höhere Flexibilität und Kundenorientierung ermöglicht. Bei der Anlagenplanung kann dies durch eine stärkere Integration des Kunden und der Konstruktion gefördert werden. Unter der Bedingung solcher Integration kann Planung als iterative Lösungssuche die Vorteile zyklischer Lösungsansätze gegenüber linearen im Bereich komplexer Produkte zum Tragen bringen und einen Beitrag zu Transparenz im Gesamtkontext des Produktentstehungsprozesses liefern. Dabei könnten die Konstrukteure und Kunden eigenständiger in den Gestaltungsprozess einbezogen werden, wodurch die Leiter der Konstruktionsabteilungen entlastet, die Konstrukteure motiviert und qualifiziert und Kundenorientierung gefördert werden könnten (dass die Machbarkeitsanfragen von den Mitarbeitern als Abweichungen vom „üblichen“ Auftragsbearbeitungsablauf perzipiert werden, obwohl sie im praktischen Auftragsgeschäft die Regel darstellen, zeigt, wie stark die Abläufe derzeit noch nach Verantwortlichkeiten statt nach der tatsächlichen Arbeitspraxis organisiert sind.)

Im Hinblick auf die Einbeziehung der Kunden dienen Treffen mit ihnen nicht nur der Verhinderung von Missverständnissen, sondern insbesondere auch der Vergewisserung wechselseitiger Vertrauenswürdigkeit, die für die nötigen Interessenabstimmungsprozesse Voraussetzung ist. Wenn virtuelle Kooperationsunterstützungen auf der Praxis der Präsenztreffen aufsetzen, müssen diese keinen Gegensatz gegenüber verteilter Kooperation darstellen, wenn in beiden Fällen die verwandten Artefakte und

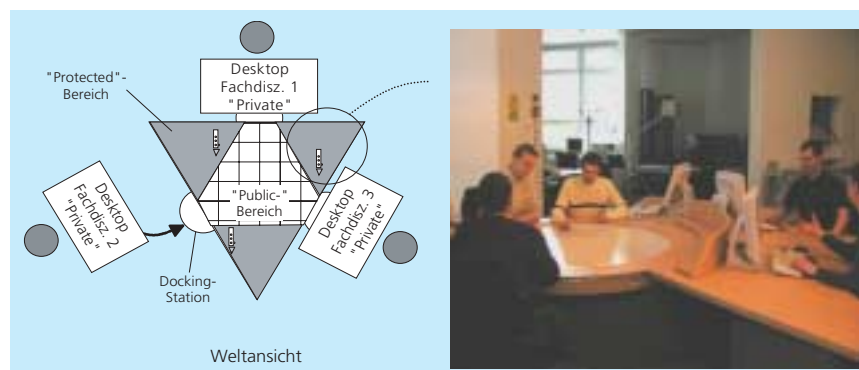


Bild 1: Konzept des kooperativen Planungstisches (links); Physische Umsetzung (rechts)

ihre Behandlung identisch sind (z. B. Annotieren von Änderungswünschen auf einem Kerndokument, Abspeichern von Versionen auf einem Server). Dadurch können Interaktionspraktiken und Routinen virtueller Kooperation auf Präsenztreffen eingeübt und in den Vertrauenskontext der physischen Vergewisserung der Gesprächspartner rückgebettet werden. Virtuelle Telekooperation kann durch reale Treffen vorbereitet werden (Nett 2000). Dies ist umso bedeutsamer, als Anlagenplanungsfirmen oft selbst geografisch verteilt sind und aufgrund des begrenzten Marktsegments in der Regel mit weit entfernten Kunden zu tun haben. So werden *Roomware*-Elemente gerade als Rückbettung verteilter Planungsverfahren attraktiv.

Die realen Treffen sind unter diesem Gesichtspunkt die Inszenierung, in deren Rahmen die Vertrauenswürdigkeit der Partner überprüft wird. Entsprechend ist der Besprechungsraum mit den vielen Konstruktionsplänen an der Wand und der Referenzzeichnung des Projektors auf dem zentralen Besprechungstisch nicht nur eine übersichtlich-funktionale Darstellung des Gesprächsgegenstands: es ist zugleich auch die Bühne für die inszenierten Vergewisserungspraktiken des Vertrauens für die weitere Zusammenarbeit. Hier kann ein Interaktionsunterstützender Planungstisch als *Roomware* sinnvoll eingebettet werden, wenn er auf das Anwendungsgebiet genau abgestimmt ist.

Aus unserer Anforderungsanalyse ergab sich als Kernanforderung, dass die Expertengruppe die Planung diskursiv durchführen und organisieren können muss. Der Notwendigkeit individueller Vorbereitung dieser Zusammenarbeit wird dadurch Rechnung getragen, dass Einzelarbeit in abgetrennten „*private*“-Bereichen der Planungsumgebung erfolgen und Argumente zu den Teilgruppen weitergeleitet werden können. Durch die Differenzierung von „*private*“- „*protected*“- und „*public*“-Bereich wird auf dem kooperativen Planungstisch der CSCW-Forderung nach Anpassung der Kooperation auf die verschiedenen Ebenen von Einzelarbeit, Teil- und Gesamtgruppenarbeit Rechnung getragen (siehe Bild 1).

Die „*private*“-Bereiche erlauben dabei das Andocken eigener elektronischer Arbeitsmittel (PDA, Laptop etc.).

Der „*protected*“-Bereich erlaubt eine intensivere Zweipersonen-Kooperation. Seine Spezifizierung kann nach der des wichtigeren „*public*“-Bereichs in einem zweiten Schritt erfolgen.

Der „*public*“-Bereich unterstützt die Kommunikation und stellt Transparenz her. Planungsschritte werden dabei nicht automatisch vorgeschlagen, wohl aber in einer Historie protokolliert.

Die „*Weltansicht*“ stellt die Produktionsanlage stereoskopisch dar und bietet den Beteiligten einen Überblick über die Zusammenhänge. Der Standpunkt, von dem aus die Anlage betrachtet wird, ist frei wählbar.

Die Spezifikation von Anlagenelementen erfolgt zunächst durch Auswahl von „*Makros*“ (vgl. S. 20, Abs. 5) in den „*private*“-Bereichen. Dort können Anlagenelemente in einer sich projektweise erweiternden Toolbox abgelegt werden. Diese Elemente können dann in geeigneter Form in den „*public*“-Bereich eingebracht und durch Verbindung ihrer Repräsentationen zusammengefügt werden. Parameterkonflikte werden dabei automatisch abgeprüft und führen zu einer entsprechenden Visualisierung, bei der auch die Bearbeiter der Parameterwerte angegeben werden, die miteinander inkompatibel sind.

Durch Aktivierung eines „*Makros*“ können die Parameter des Anlagenelements dann auch im „*public*“-Bereich verändert werden. Das bedeutet, dass die Simulation sich auf die Visualisierung von Kernfunktionalitäten beschränken kann, weil die Optimierung der Anlage auf der Basis der Expertise der Bearbeiter und nicht etwa automatisch erfolgt: sie muss deshalb auch nicht vollständig und detailliert sein. Auf diese Weise können Absprachen verhältnismäßig einfach diskutiert und festgehalten werden. Insbesondere können Veränderungen bei der Auswahl und Spezifizierung der Maschinen, die durch die Prüfung der Transportelemente immer wieder nötig werden, schnell umgesetzt und deutlich festgehalten werden.

Schließlich kann so auch eine „*Black Box*“-Funktionalität geschaffen werden. Die „*Black Boxes*“ sind Elemente, die keine vordefinierte Parameterspezifikation enthalten, aber die Möglichkeiten bieten, bestimmte Parameterbereiche einzugeben und in die Gesamtanlage platziert werden können. Sie sind so zu sa-

gen „dummy“ Elemente, durch die sich neue noch nicht spezifizierte Anlagenelemente einfach und schnell testen lassen. Dadurch kann auch auf eine vollständige Spezifizierung aller Anlagenelemente verzichtet werden. Insbesondere bei komplexen Werkzeugen, deren graphische Spezifikation sehr aufwändig sein kann, ist die „*Black Box*“-Funktionalität von Vorteil. Zulässige Parameterbereiche für die „*Black Boxes*“ können vom Bearbeiter automatisch abgefragt werden und zur Spezifizierung von zu konstruierenden oder zu kaufenden Anlagenelementen dienen. Mit der „*Black-Box*“-Funktion kann ein Platzhalter schnell skizziert werden. Schließlich können zweidimensionale Zeichnungen um die dritte Dimension erweitert werden: beispielsweise können so im Hallenplan Wände errichtet und visualisiert und bei der Simulation berücksichtigt werden.

Die software-technische Umsetzung des KoKoBel-Konzepts besteht somit im Wesentlichen aus folgenden drei Komponenten (deren Zusammenspiel Bild 2 zeigt):

- der multi-user fähigen, multi-modalen Benutzungsschnittstelle, die dem Planungsteam zur Konfiguration und Dokumentation der Anlage dient,
 - den sog. Intelligenten Objekten, die die „Objektdatenbank“ und Simulation auf Parameterebene sowie die Propagierung von Parametern und das Detektieren von Widersprüchen realisieren,
 - die 3D-Visualisierung, die die Weltansicht realisiert.
- Das System wird dabei so ausgelegt, dass die zu diskutierenden Planungsoptionen oder Absprachen sowie deren Verankerung im kooperativen Abstimmungsprozess den Planungsbeteiligten möglichst transparent gemacht werden können. Für die Repräsentation dieser Informationen auf dem kooperativen Planungstisch bedeutet dies:
- In der Planungsumgebung werden als multiperspektivisch erkennbare schematische Objekte die „*Makros*“ eingesetzt, die von der Firma bereits benutzt werden. Es wird versucht, eine ähnliche Schematisierung auch für die Transportelemente zu finden. Hinzu kommen Icons, die Systemfunktionalitäten repräsentieren.

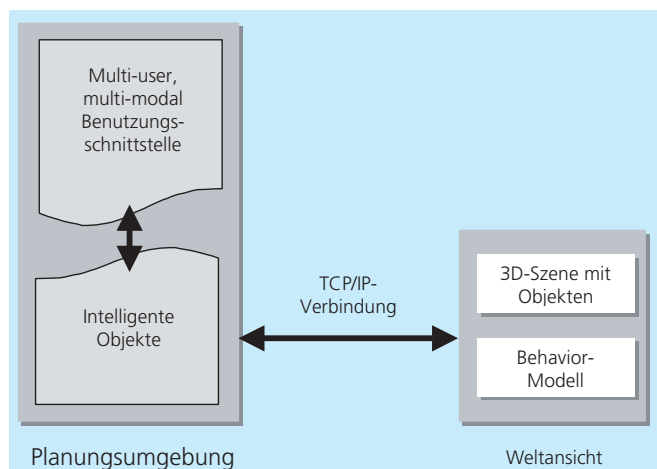
- Durch Konfliktsicons werden konfliktigierende Parameterwerte angezeigt. Die konflikt erzeugenden Planungselemente leuchten dabei auf und die betroffenen Parameter werden in entsprechenden Parameterboxen hervorgehoben.
- Kontextinformationen können durch eine multimedial realisierte Annotierungsfunktion eingebracht werden.

Aufgrund der Verantwortlichkeitsproblematik sollten zudem die Partizipationspartner und die Zeit beim Bearbeiten festgehalten werden. Dies kann am einfachsten durch eine Abfragemaske beim Anmelden am „public“-Bereich erfolgen. Eine „sicherere“ Variante könnten biometrische Verfahren bereitstellen, die nicht an das aktive Starten der Applikation gekoppelt sind. Die Anwesenden (bis auf den Kunden i.d.R. Betriebsangehörige) würden vom System automatisch erkannt. Dies könnte aber die Kooperationskultur im Feld bedrohen, die auf einem Vertrauensvorschuss von Seiten der Partner beruht, der von solchem Sicherheitsperfektionismus gefährdet wäre („Big Brother“-Funktionalitäten verunsichern Nutzer). Daher wird darauf verzichtet, denn der kooperative Planungstisch soll Kommunikation innerhalb der Projektbesprechung transparenter, nicht aber fälschungssicher machen.

Die Förderung der Transparenz geschieht mithin dadurch, dass alle Planungskonkretisierungen eines Auftrags gespeichert und jederzeit wieder geöffnet und diskutiert werden können. Von daher ergibt sich die Möglichkeit, das Projekt mit der betrieblichen Dokumentenverwaltung zu integrieren. Zentrales Element der Abspracheklärung ist dabei die Anbindung einer schematischen an eine geographische Konzeptionierung der Produktionslinie. Durch das Aufsetzen der schematischen Elemente „auf“ eine Grundrisssskizze kann den Absprachen „ein Ort gegeben“ werden (so der Projekteur der Firma). Auf diese Weise kann leichter eine Klärung räumlicher Gegebenheiten durchgeführt und der Materialfluss der Anlage symbolisch dargestellt werden.

Die Schnittstellen-Komponente soll auf den in der bestehenden Anlagenplanung üblichen Interaktionsformen aufsetzen. Zu diesem Zweck stellt sie jedem

Bild 2: SW-Komponenten des kooperativen Planungstisches



Benutzer auf einer persönlichen Interaktionspalette folgende Funktionalitäten zur Verfügung:

- Darstellung von Icons (Symbole - multiperspektivisch) / 3D-Modelle
Durch die Icons werden u. a. die Systemfunktionalitäten symbolisch repräsentiert. Als 3D-Modelle fungieren mehr oder weniger detaillierte CAD-Daten von Maschinen und Transportmitteln.
- Drag'n'drop
Die Icons/3D-Modelle können per drag'n'drop auf den gemeinsamen Interaktionsbereich „gezogen“ werden.
- Intuitive Verknüpfung von Objekten
Die auf dem gemeinsamen Interaktionsbereich befindlichen Icons/3D-Modelle können einfach per Skizzieren von Verbindungslinien miteinander verbunden werden – anders als in kommerziellen Planungstools ist hierzu keine umständliche Menüinteraktion notwendig. Beim Ändern der Position eines Objektes werden die Verbindungen automatisch nachgezogen.
- Parametereinstellung, -abfrage, -konfliktanzeige
Die aktuellen Parameter jedes Objektes (Bearbeitungs-/Transport-/Verpackungsmittel) können an „Slidern“ eingestellt werden. Dabei werden typenabhängige Grenzen beachtet – diese Information ist in den Intelligenzen Objekten hinterlegt. Existierende Einstellungen können abgefragt werden. Bei widersprüchlichen Parametereinstellungen wird – von den Intelligenzen Objekten generiert – ein Konfliktsicon dargestellt.

- Multi-modale Kommentierung der Diskussionsfortschritt
Als multi-modale Eingabeströme kommen Gesten/Skizzen, Sprache und Handschrift in Frage. Die Erfassung erfolgt Bearbeiter- und Zeit-bezogen.
- „Black-Box“-Funktionalität
Um Platzhalter für noch nicht vorhandene CAD-Daten von zu entwickelnden Objekten zu skizzieren, wird eine Modellierungsfunktionalität zur Verfügung gestellt. Die Modellierungsfunktionalität kann auch dazu verwendet werden, den Hallengrundriss mit 3D-Objekten (Wänden, Stützen, etc.) anzureichern.

Wie oben schon angedeutet, enthält der Planungstisch eine automatische Prüfung, ob alle eingegebenen Parameter (z. B. Masse, Geschwindigkeit, Preis, nicht jedoch Geometrien) widerspruchsfrei sind. Widersprüche werden durch Konfliktsicons visualisiert, wobei auch die Bearbeiter angezeigt werden, die konfliktigierende Parameter eingestellt haben. Die Planungsgruppe (oder der verantwortliche Bearbeiter) kann dann entsprechend reagieren (eventuell durch „Aushandeln“ entsprechender Parameter). Diese Art der Simulation stellt mithin keine automatische Optimierung her (die verbleibt den Bearbeitern): stattdessen simuliert sie „Verschlechterung“ in einer Weise, die der Gruppe unmissverständlich die Notwendigkeit von Verbesserungen verdeutlicht.

Die o. g. Intelligenzen Objekte verdienen noch eine genauere Darstellung. Intelligente Objekte sind zunächst als Datencontainer zu verstehen, in denen beliebige Informationen abgespeichert

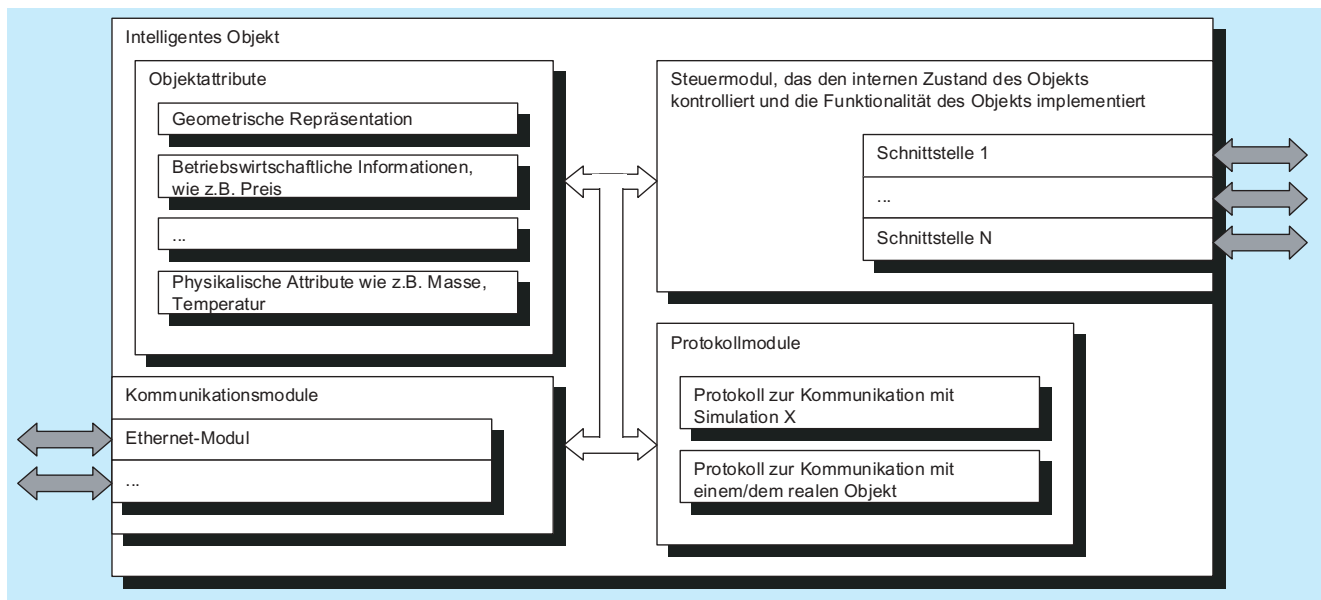


Bild 3: Schematischer interner Aufbau eines intelligenten Objektes

werden können und die es dem Benutzer und Entwickler ermöglichen, auf diese abgespeicherten Informationen in einer einheitlichen Art und Weise zuzugreifen. In diesem Fall werden die gespeicherten Daten als Attribute bzw. Eigenschaften des Objekts bezeichnet. Im Rahmen der Anlagenplanungsunterstützung sind u.a. folgende Attribute bzw. Eigenschaften relevant:

- symbolisch: Die Art der Bearbeitungsstationen,
- geometrisch: Die Form der Anlagenelemente. Dabei können die unterschiedlichsten Formate wie CAD-Datenformate, z. B. DXF, oder sonstige 3D-Formate wie z. B. VRML oder OpenInventor verwendet werden,

- betriebswirtschaftlich: Kosten des Anlagenelements,
- physikalisch: Masse, Gewicht o. ä. Eigenschaften eines Anlagenelements.

Neben der Funktionalität als Datencontainer ist in den Intelligenten Objekten ein Programmcode hinterlegt, der einerseits die Einbindung des Objekts in eine Anwendung ermöglicht und andererseits eine programmtechnische Interaktion erlaubt (z. B. Befehle an das Objekt absetzen oder Informationen über den internen Zustand abfragen). Durch seinen Code sind dem Intelligenten Objekt gewünschte Funktionalitäten zugewiesen, die es durch seine enge Verknüpfung mit den Daten abhängig von

der Datenbasis im Datencontainer ausführen kann.

Um es einem Intelligenten Objekt zu ermöglichen, mit anderen Intelligenten Objekten oder seiner Umgebung in Wechselwirkung zu treten, beispielsweise um Informationen oder Zustände auszutauschen, beinhaltet der Programmcode zusätzlich Protokoll- und Kommunikationsmodule. Den schematischen Aufbau eines Intelligenten Objekts zeigt Bild 3.

Um Intelligente Objekte innerhalb einer Applikation nutzen zu können, ist eine „Engine“ innerhalb der Applikation notwendig, mit der die Objekte interagieren können, um ihre Funktionalität zur Verfügung zu stellen. Mittels der

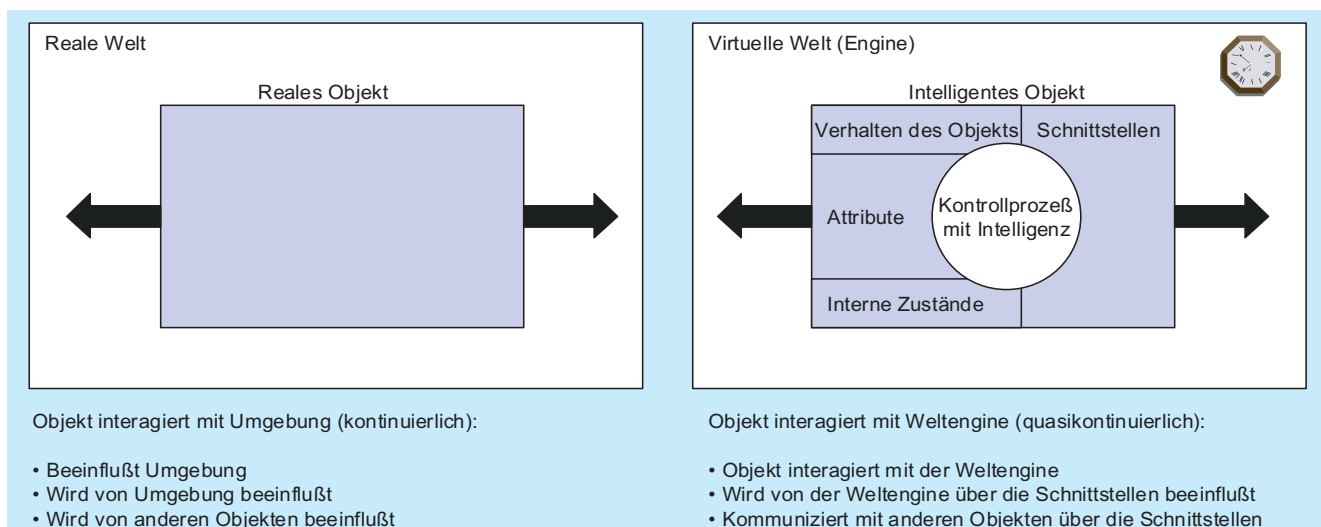


Bild 4: Beziehung zwischen realer und virtueller Welt

„Engine“ (Laufzeitumgebung) werden (passive) Intelligente Objekte lauffähig. So können die Intelligenten Objekte mittels eines Zeitgebers getriggert werden, und interne Zustände können geändert werden (siehe auch Bild 4).

Die Intelligenten Objekte werden in einer zentralen, Datei-basierten XML-Datenbank hinterlegt. Zusätzlich zu den Intelligenten Objekten enthält die XML-Datenbank eine Typ- bzw. Eigenschaftsdatenbank. In ihr sind alle Eigenschaftstypen enthalten, die einem Intelligenten Objekt zugewiesen werden können. Nur Eigenschaftstypen die in der Eigenschaftsdatenbank vorhanden bzw. angelegt wurden, können einem Intelligenten Objekt zugewiesen werden.

Die Eigenschaftsdatenbank ist als XML-Dokument aufgebaut und besteht im Wesentlichen aus zwei Konstrukten, den sog. PropertySets und sog. Properties. Bei einem Property handelt es sich um einen grundlegenden Eigenschaftstyp. Ein solcher Eigenschaftstyp hat grundsätzlich immer eine Beschreibung und einen Basisdatentyp (wie z. B. BOOLEAN). Optional kann ein Defaultwert für die Eigenschaft angegeben werden, der verwendet wird, falls später in einem Intelligenten Objekt kein separater Wert für die in ihm enthaltene Eigenschaft angegeben wird. Auch weitere Informationen wie z. B. eine Einheit oder ein Wertebereich können dort angegeben werden.

Um zusammengehörende Eigenschaften gruppieren zu können, werden PropertySets verwendet. Hierbei handelt es sich um Eigenschaftscontainer, die eine Gruppierung unter einem definierten Namen vornehmen, so dass bestimmte Eigenschaften später leichter in der Eigenschaftsdatenbank gefunden werden können. Die Intelligenten Objekte übernehmen auch die Parameterverwaltung und -propagierung und somit die Simulation der Anlage auf der Meta-Ebene (der Ebene der Parameter).

Einen Eindruck vom aktuellen Entwicklungsstand der Gesamtanlage kann den Bearbeitern die 3D- Weltansicht geben (siehe Bild 5). Auf einer Stereo-Projektionswand wird den Bearbeitern der aktuelle Stand der Entwicklung angezeigt. Es handelt sich dabei um eine realistische Projektion, die auf den Geometrieinformationen der intelligenten Ob-

jekte basiert und ihre relative Positionierung anzeigt. Der Grundriss der Projektion basiert auf einem 3D-Modell. Damit die Bearbeiter gezielt ihre Sicht auf diese 3D-Welt richten können, erfasst ein Kameraobjekt ihre Blickrichtung auf den „public“-Bereich, so dass der entsprechende Ausschnitt in der 3D-Weltansicht angezeigt wird. Die Weltansicht basiert auf dem Mehrbenutzer Virtual Reality Toolkit *SmallTool* (Broll 1998).

Für eine spätere Fortentwicklung des Planungstisches ist angedacht zu untersuchen, wie der Nachteil von Stereoprojektionsverfahren, nur von einem bestimmten Blickpunkt aus einen realistischen räumlichen Eindruck zu geben, durch Augmented Reality-Technologie überwunden werden kann (Broll 2000). Durch AR-Technologie könnte die 3D-Weltansicht und die Darstellung im „public“-Bereich zu einer einheitlichen Gesamtpräsentation vereint und der Immersionsgrad erhöht werden.

5. Schlussfolgerung

Empirische Untersuchungen in Organisationen können verborgene Arbeitspraxis sichtbar machen. Dabei werden vor allem auch die Interdependenzen der Akteure in stark arbeitsteilig organisierten Kontexten erkennbar, die den einzelnen Akteuren nicht mehr bewusst sind. Aufgabe des Forschers ist es in solchen Fällen ein gemeinsames Prozessverständnis unter Berücksichtigung der bestehenden Perspektivenvielfalt zu konstruieren. Der Anlageplanungsprozess scheint entsprechend eines formalen Prozessschemas organisiert zu sein, das von den Befragten zunächst kommuniziert wird. Der Abgleich zwischen den in die Tiefe gehenden Einzelinterviews mit den Ergebnissen anderer Erhebungsmethoden machen aber deutlich, dass dieses formale Organisationsmodell den immer komplexeren Kundenanforderungen nicht hinreichend nachkommt, weshalb es immer wieder unterlaufen wird – zum Vorteil der Anlagenplaner und ihrer Kunden.

Die empirische Untersuchung deckt Kommunikationsmuster in einer Komplexität auf, die die Wahrnehmung der individuellen Akteure notwendig übersteigt - und meist auch die des aus systemischen Gründen auf die formalen Or-



Bild 5: Die „Weltansicht“

ganisationsformen fixierten Managements. Auf der Basis der notwendig werdenden Abweichungen der tatsächlichen Interaktion vom formalen Modell lassen sich so Schwächen des letzteren aufdecken und Antizipationen alternativer Kooperationsmodelle entwickeln.

Die Anlagenplanung erweist sich dabei als durch unvollständige Informationen sowohl über den Ist-Zustand und den Kundenwünschen wie über das vor Ort jeweils praktisch Mögliche gekennzeichnet. Zudem prägen fortwährende Interessengegensätze und Aushandlungsprozesse zwischen den verschiedenen Akteuren den gesamten Prozess der Anlagenplanung. Konflikte gehören zwar immer zur Kooperation, in der Anlagenplanung kann aber die Kombination von fehlenden Informationen und bestimmten Konfliktkonstellationen zum Problem werden. Vertrauen – insbesondere des Kunden – ist eine knappe Ressource (Sydow 1995).

Kooperative Planungskontexte erfolgen nicht mechanisch nach extern vorgegebenen Optimalitätskriterien. Sie können daher nicht als Matrizen feststehender, bekannter Parameter verstanden werden, die automatisch optimiert werden können: die Vielzahl der beteiligten Wissens- und Entscheidungsträger und die Subjektivität ihrer jeweiligen Sichtweisen und Zielsetzungen verhindern objektivierbare Lösungen. Viele Parameter einer Planung sind in der Praxis nicht vollständig erkennbar, ebenso wenig ihre Verbindung zueinander. Hinzu kommt, dass viele Interessen nicht unabhängig vom Prozess definiert werden können. Was für die Akteure Interdisziplinarität, Kommunikationsfähigkeit und entsprechende Qualifikation und Motivation bedeutet, heißt für Planungsunterstützung, dass sie Wissens-

management transparent organisieren muss (Streitz et al. 1998), um flexibles kooperatives Handeln zu ermöglichen (Takeuchi et al. 1986). Transparenz ist dabei zur Vertrauensbildung von zentraler Bedeutung.

Als Kernproblem kooperativer Anlagenplanung stellt sich also heraus, dass bei Entscheidungen Komplexität soweit reduziert werden muss, dass das jeweils verhandelte Problem und seine Genese allen Beteiligten transparent ist. Planungsunterstützungen sollten dem dadurch Rechnung tragen, dass sie die Abstimmungsprozesse den Akteuren transparent und interkulturell nachvollziehbar machen. Ansätze, die die verschiedenen Akteure im Planungsprozess zu ersetzen versuchen, scheinen dagegen wenig erfolgsversprechend zu sein. Der hier vorgestellte sozio-technische Ansatz realisiert einen kooperativen Planungstisch, der die Effizienz der face-to-face Sitzungen erhöhen wird. Der auf kommunikative Notwendigkeiten beschränkte Detaillierungsgrad der Planungsunterlagen erleichtert die Diskussion zwischen den Akteuren mit unterschiedlichem fachlichen und organisatorischen Hintergrund. Zur Reduktion des Spezifikations- und Wartungsaufwands werden Alternativen visualisiert und als Planungsergebnisse dokumentiert.

Die Visualisierung von Konstruktions- und Design-Alternativen wird mittels eines digitalen Hallengrundrisses vorgenommen, auf dem einfache Symbole gemeinsam diskutiert, ausgewählt und verändert sowie platziert, verschoben und annotiert werden können. Diese Unterstützung der Projektteams knüpft an die bestehende Kommunikations- und Arbeitspraxis an. Zugleich können Gestaltungs- und Änderungsvorschläge mittels des kooperativen Planungstischs dokumentiert werden. Die Gestaltung des kooperativen Planungstischs geht dabei davon aus, dass die Planungsprozesse transparenter und die benutzten Artefakte und Dokumente einfacher und eindeutiger zugänglich werden.

Dies geschieht dadurch, dass der kooperative Planungstisch domänenspezifisch angepasste Anwendungen bereitstellt, die mit dem Dokumentenmanagementsystem im Feld verbunden werden können. Dies macht deutlich, dass die

Nutzbarkeit von *Roomware* sehr stark von den implementierten Anwendungen abhängig ist und von daher auch domänenspezifisch differenzierender Analysen bedarf.

Für die Entwicklung von *Roomware* heißt das, dass empirische Untersuchungen in der Trias von formalen Prozessen, praktischer Interaktion und daraus konstruierbaren Alternativantizipationen potentielle Einsatzmöglichkeiten erschlossen werden können. Die Nutzbarkeit von *Roomware* ist damit ein Thema, das nicht auf den Bereich nachträglicher Evaluation beschränkt werden darf. Vielmehr kann die Nutzbarkeit von *Roomware* bereits sehr früh im Produktentstehungsprozess als domänenspezifische Produktspezifikation zur Gestaltungsgrundlage gemacht werden.

Wenn Kundenwünsche einen massiven Einfluss auf die Gestaltung des Produkts haben (wie dies bei der Anlagenplanung der Fall ist), kann die Steigerung der Systemfunktionalität von Planungsunterstützungen mit der Anforderung einer Begrenzung des Wartungs- und Qualifizierungsaufwands für das Hilfsmittel kollidieren. Dennoch kann auch in diesem Fall eine virtuelle Kooperationsunterstützung Sinn machen. Sie kann auf den konkreten Praktiken im Feld aufsetzen und so die Intelligenz und domänenspezifischen Erfahrungen der Mitarbeiter erschließen und unterstützen.

Literatur

- Arias, E.; Eden, H.; Fischer, G.; Gorman, A.; Scharff, E.: Transcending the Individual Human Mind-Creating Shared Understanding through Collaborative Design. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction* **1** (2000) 84–113.
- Broll, W.: SmallTool – A Toolkit for Realizing Shared Virtual Environments on the Internet. *Distributed Systems Engineering, Special Issue on Distributed Virtual environments* **5** (1998) 118–128.
- Broll, W.; Meier, E.; Schardt, T.: The Virtual Round Table – A Collaborative Augmented Multi-User Environment. *Proceedings of the ACM Collaborative Virtual Environments CVE 2000* (2000) 39–46.
- Ciborra, C. U.; Lanzara, G. F.: Formative Contexts and Information Technology: Understanding the dynamics of innovations in organizations. *Accounting, Management & Information Technology* **4** (1994) 61–86.
- Fischer, G.; Nakakoji, K.: Computational environments supporting creativity in the context of lifelong learning. *Knowledge-Based Systems* **10** (1997) 21–28.
- Floyd, C.: Softwareentwicklung als Realitätskonstruktion. In: *Software-Entwicklung: Konzepte, Erfahrungen, Perspektiven. Informatik-Fachberichte 212*. (Hrsg. Lippe, W. M.). Berlin/Heidelberg: Springer, 1989.
- Goldman, S. L.; Nagel, R. N.; Preiss, K.; Warnecke, H. J.: *Agil im Wettbewerb – Die Strategie der virtuellen Organisation zum Nutzen des Kunden*. Berlin: Springer, 1996.
- Hutchins, E.: *Cognition in the Wild*. Cambridge: MIT Press, 1995.
- Jäger, L.: Transkriptivität – Zur medialen Logik der kulturellen Semantik. In: *Transkribieren – Medien – Lektüre*. (Hrsg. Jäger, L.; Stanitzek, G.). Köln: Dumont, 2001.
- Jarke, M.: Wissenskontexte. *Künstliche Intelligenz* **1** (2002) 12–18.
- Nakakoji, K.; Yamamoto, Y.; Ohira, M.: Computational support for collective creativity. *Knowledge-Based Systems* **13** (2000) 451–458.
- Nett, B.: Die Betriebliche Praxis, Moderne Telekooperationstechnik in der betrieblichen Praxis. Der Prozess der Einführung moderner Telekooperationstechnik. <http://www.informatik.uni-bonn.de/~prosec/orgtechcd/Cd/Deutsch/Startseite/index1.htm> (Letzter Zugriff: 08.06.2002).
- Nett, B.: Implementierungschancen für zwischenbetriebliche Telekooperation. Zum Einfluss divergierender Vorstellungen über Organisationsentwicklung. In: *Auf dem Weg zur virtuellen Organisation*. (Hrsg. Rohde, M.; Rittenbruch, M.; Wulf, V.). Heidelberg: Physica, 2001.
- Picot, A.; Reichwald, R.; Wigand, R.: *Die grenzenlose Unternehmung - Information, Organisation und Management. Lehrbuch zur Unternehmensführung im Informationszeitalter*. Wiesbaden: Gabler, 1998.
- Streitz, N. A.; Tandler, P.; Müller-Tomfelde, C.; Konomi, S.: Roomware: Towards the Next Generation of Human-Computer Interaction Based on an Integrated Design of Real and Virtual Worlds. In: *Human-Computer Interaction in the New Millennium*. (Hrsg. Carroll, J. M.). Addison-Wesley, 2001.
- Sydow, J.: Konstitutionsbedingungen von Vertrauen in Unternehmensnetzwerken – Theoretische und empirische Einsichten. In: *Die Dimensionierung des Unternehmens*. (Hrsg. Bühner, R.; Haase, K. D.; Wilhelm, J.). Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag, 1995.
- Takeuchi, H.; Nonaka, I.: The new Product Development Game. *Harvard Business Review* **1** (1986) 137–146.
- Weiser, M.: Some Computer Science Issues in Ubiquitous Computing. *Communication of the ACM* **36** (1993) 75–84.
- Wulf, V.; Krings, M.; Stiernerling, O.; Iacucci, G.; Maidhof, M.; Peters, R.; Fuchs-Frohnhofen, P.; Nett, B.; Hinrichs, J.: Improving Inter-Organizational Processes with Integrated Organization and Technology Development. *JUCS Journal of Universal Computer Science* **5** (1999) 339 ff.
- Wulf, V.; Rohde, M.: Towards an Integrated Organization and Technology Development. *ACM Proceedings of the Symposium on Designing Interactive Systems* (1995) 55–64.

Dr. Bernhard Nett, Fraunhofer-Institut für Angewandte Informationstechnik (FIT) Sankt Augustin. Forschungsbereich Information im Kontext (ICON). Hauptarbeitsgebiete: Qualitative Sozialforschung, Computerunterstützte Gruppenarbeit. E-Mail: bernhard.nett@fit.fraunhofer.de

Dr. Andreas Becks, Fraunhofer-Institut für Angewandte Informationstechnik (FIT) Sankt Augustin. Forschungsbereich Information im Kontext (ICON). Hauptarbeitsgebiet: Wissensmanagement (Text-Mining, Expert Recommendation). E-Mail: andreas.becks@fit.fraunhofer.de

Dr. André Stork, Fraunhofer-Institut für Graphische Datenverarbeitung (IGD) Darmstadt. Forschungsbereich Industrielle Anwendungen. Hauptarbeitsgebiet: 3D Interaktion im CAD Bereich. E-Mail: andre.stork@igd.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. Arno Ritter, Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA) Stuttgart. Forschungsbereich Engineering IT. Hauptarbeitsgebiete: Verteilte Produktionssysteme, Multi-Agenten-Systeme. E-Mail: aor@ipa.fhg.de

Dipl.-Math. Iris Herbst, Fraunhofer-Institut für Angewandte Informationstechnik (FIT) Sankt Augustin. Forschungsbereich Collaborative Virtual and Augmented Environments (CVAE). Hauptarbeitsgebiet: Augmented Reality. E-Mail: iris.herbst@fit.fraunhofer.de

Marco Durissini, Fraunhofer-Institut für Angewandte Informationstechnik (FIT) Sankt Augustin. Forschungsbereich Information im Kontext (ICON). Hauptarbeitsgebiete: Qualitative Sozialforschung, Computerunterstützte Gruppenarbeit. E-Mail: marco.durissini@fit.fraunhofer.de

Prof. Dr. Volker Wulf, Fraunhofer-Institut für Angewandte Informationstechnik (FIT) Sankt Augustin. Forschungsbereich Information im Kontext (ICON). Hauptarbeitsgebiet: Computerunterstützte Gruppenarbeit. E-Mail: volker.wulf@fit.fraunhofer.de

Prof. Dr. Matthias Jarke, Fraunhofer-Institut für Angewandte Informationstechnik (FIT) Sankt Augustin. Forschungsbereich Information im Kontext (ICON). Hauptarbeitsgebiete: Internetbasierte Informationssysteme, Electronic Commerce, Metadatenbank-Technologie, Informationssysteme in der Verfahrenstechnik, prozessintegrierte Informationssysteme, Kulturinformatik. E-Mail: matthias.jarke@fit.fraunhofer.de