

Annegret Bolte

„Beim CAD geht das Konstruieren langsamer als das Denken“

Zum Einfluß des Einsatzes von CAD-Systemen auf das Arbeitshandeln von Planern

Abstract

Anhand einer empirischen Untersuchung bei Bauingenieuren und Technikern konnte die Verfasserin nachweisen, daß der Umgang mit CAD-Systemen zu weitreichenden Änderungen in den Vorgehensweisen von Planern gegenüber einer Arbeit am Zeichenbrett führt. Die Arbeit mit CAD-Systemen erzwingt von den damit Arbeitenden eine andere Herangehensweise und damit Konstruktionslogik. Dadurch sind die eher künstlerischen Elemente von Entwurfsarbeit gefährdet. Die vorgestellten Ergebnisse zur Informationswahrnehmung auf dem Bildschirm geben zudem Hinweise für die weitere Technikgestaltung als Voraussetzung für kreative und innovative Arbeit von Ingenieuren und Technikern.

1 CAD-Systeme - arbeitsneutrale Technik?

Der Einsatz von CAD-Systemen ist im Augenblick „kein Thema“ mehr. Fast überall in den technischen Büros sind die konventionellen technischen Hilfsmittel durch moderne, computergerechte Hilfsmittel ersetzt worden: An die Stelle von Zeichenbrettern, Stiften, Linealen und Schablonen sind Computer, Monitore, elektronische Stifte und Menuetablets, auf denen die traditionell verwendeten Zeichen dargestellt sind, getreten. In vielen Betrieben ist längst die zweite oder gar dritte Generation von CAD-Systemen im Einsatz. Konstrukteure müssen nicht mehr um Nutzungszeiten an den raren Systemen kämpfen, statt dessen haben viele von ihnen gleich mehrere Monitore auf dem Schreibtisch stehen. CAD-Systeme sind zu einem unumstrittenen Werkzeug geworden. Die ursprünglichen Befürchtungen, die auf eine Taylorisierung der Arbeit, eine Dequalifikation der Beschäftigten und die verstärkten Möglichkeiten zur Leistungskontrolle hinausliefen, haben sich nicht bestätigt. Allerdings sind viele Arbeitsplätze von technischen ZeichnerInnen weggefallen, weil die Konstrukteure nun auch die Ausarbeitung der Zeichnungen mit übernehmen.

Das entscheidende „Neue“ wird vor allem darin gesehen, daß der Einsatz von CAD-Systemen die Grundlage für die Neustrukturierung betrieblicher Informationssysteme im Sinne einer Technisierung geliefert hat. Aber der Kern der Tätigkeit wird als unverändert angesehen. Für die Arbeit in den technischen Büros des Maschinenbaus konstatieren Harald Wolf u.a.: „Eine tiefgreifende Umwälzung, die Inhalte und Strukturen geistiger Arbeit wird also durch die Computerisierung (...) nicht in Gang gesetzt.“ (Wolf/Mickler/ Manske 1992, 286)

An diesem Ergebnis sind Zweifel angebracht. Fritz Böhle hat schon 1995 darauf hingewiesen, daß durch den Einsatz von CAD-Systemen wichtige Ressourcen und Voraussetzungen technischer Entwicklungs- und Innovationsprozesse behindert werden könnten, da eine Anpassung an die Methoden wissenschaftlich-methodischen Handelns erzwungen würde. Er hat darauf aufmerksam gemacht, daß die Möglichkeiten eines erfahrungsgeliteten, subjektivierenden Handelns eingeschränkt werden könnten und damit ein wichtiges Potential für Kreativität und Innovationsfähigkeit verloren gehen könnte (Böhle 1995, 87 f.). Die hier vorgelegte Untersuchung belegt die Vermutung, daß die Arbeitsweise von Ingenieuren und Planern durch das Medium CAD-System substantiell verändert wird: Das Medium erzwingt eine bestimmte Umgangsweise mit ihm und eine Herangehensweise an Problemstellungen, die sich grundlegend von der „alten“ unterscheidet. Damit bedeutet der Einsatz von CAD-Systemen nicht nur den Wechsel eines Werkzeugs - er konstituiert statt dessen eine neue Konstruktionslogik.

2 Untersuchungsdesign

2.1 Das Konzept subjektivierenden Handelns

Die hier vorgelegte Analyse steht in der Tradition von Untersuchungen zu einem erfahrungsgeliteten Handeln, die von Fritz Böhle und Brigitte Milkau mit ihrer Studie „Vom Handrad zum Bildschirm“ (Böhle/Milkau 1988) begründet und in einer engen Verschränkung zwischen theoretisch-konzeptuellen und empirischen Arbeiten weiterentwickelt wurde (Böhle/Rose 1992; Bolte 1993; Carus/Schulze 1995; Schulze/Carus 1995; Böhle/Schulze 1997; zusammenfassend Böhle 1998).

Grundlegende Prämisse ist die Unterscheidung zwischen einem objektivierenden und einem subjektivierenden Arbeitshandeln. Die Analyse konzentriert sich dabei auf vier Aspekte des Arbeitshandelns: die sinnliche Wahrnehmung, mentale Prozesse, die Vorgehensweise und die Beziehung von Personen und Gegenständen. Maßgeblich für ein objektivierendes Arbeitshandeln ist die Orientierung an objektivierbaren, personen- und situationsunabhängigen, generell gültigen Kriterien. Dem entsprechen mentale Prozesse, die sich nach den Prinzipien formaler Logik und Analytik vollzie-

hen. Dabei spielen die sinnliche Wahrnehmung und der Körper insgesamt nur eine untergeordnete Rolle: Die sinnliche Wahrnehmung ist darauf beschränkt, möglichst exakte und objektive Informationen aus der Umwelt wahrzunehmen und sie einer „kognitiv-rationalen Verarbeitung“ zuzuführen. Damit verbindet sich eine Vorgehensweise, die auf Trennung sowie hierarchischer und sequentieller Zuordnung von Handlungsplanung und Ausführung beruht.

Subjektivierendes Handeln zeichnet sich dagegen durch eine komplexe sinnliche Wahrnehmung aus, die sich über mehrere Sinne und körperliche Bewegungen vollzieht und die vom subjektiven Empfinden nicht losgelöst ist. Sinnliche Wahrnehmung beschränkt sich in diesem Sinne nicht nur auf ein möglichst exaktes und objektives Registrieren von Daten und Informationen. Vielmehr werden unterschiedliche Informationen als Konfigurationen „wie ein Bild“ gleichzeitig gesehen und von den Arbeitenden selbst hergestellt. Nicht die einzelnen Informationen, sondern das Gesamtbild ist dabei handlungsleitend. Auch werden unmittelbar wahrnehmbare Informationen mit sinnlich-erlebnisbezogenen Vorstellungen und Imaginationen über konkrete Gegebenheiten, auf die sie sich beziehen, verbunden. Dies induziert Vorgehensweisen, bei denen im Unterschied zu einem planmäßig systematischen Vorgehen die Planung und Ausführung von Handlungen nicht getrennt, sondern unmittelbar miteinander verschränkt sind. Charakteristisch sind Vorgehensweisen, die sich als dialogisch-interaktiv und explorativ bezeichnen lassen.

Im Bereich industrieller Produktion sind „moderne Technikkonzepte“ so ausgelegt, daß sie ein objektivierendes Arbeitshandeln forcieren (z.B. Leitwarten). Gleichzeitig belegen unsere Untersuchungen, daß aber gerade in hochtechnisierten Bereichen ein erfahrungsgelitetes, subjektivierendes Arbeitshandeln unverzichtbar bleibt. Dies zeigt sich auch bei planenden Tätigkeiten wie der Erstellung von Programmen für CNC-Werkzeugmaschinen (Bolte 1993; 1998).

2.2 Empirie und Analyse

Innerhalb einer Untersuchung zur sinnlichen Wahrnehmung bei Bildschirmarbeit (Weishaupt 1999) wurden 19 Ingenieure und Techniker anhand eines Frageleitfadens nach ihren Erfahrungen im Umgang mit CAD-Systemen befragt. Alle Befragten verfügen über langjährige Erfahrungen sowohl am Zeichenbrett als auch an CAD-Systemen. Ziel war es nicht, menschliches Arbeitshandeln auf objektivierbare und quantifizierbare Daten zu reduzieren. Statt dessen sollte aufgedeckt werden, wie sich das Arbeitshandeln aus der Perspektive der Arbeitenden selbst und ihrer subjektiven Erfahrungen darstellt. Deshalb trat in der praktischen Interviewsituation die Orientierung am Frageleitfaden zugunsten einer die alltägliche Kommunikation angepaßten Interviewstils zurück. Hier hatten die Befragten Gelegenheit zu beschreiben, wie sie

mit Problemstellungen umgehen, woran sie sich orientieren, was für sie wichtig ist und welches ihre individuellen Erfahrungen und ihr persönlicher Arbeitsstil sind. In diesem Sinne waren die Interviews für die Interviewten auch ein Prozeß der Selbsterkenntnis, der Selbstverständigung über das eigene Tun. Die Interviews wurden mit einem Kassettenrecorder aufgezeichnet und transkribiert. Die kursiv gesetzten Zitate sind Aussagen der befragten Ingenieure und Techniker.

Untersuchungsbereich war nicht einer der Kernbereiche der Industriosozologie. Statt dessen wurden die Ergebnisse in Beratungsbüros des Bauwesens, die Planungen für Straßen, Brücken und Tunnel erstellen, erhoben. In diesem Bereich der Entwicklung der öffentlichen Infrastruktur kommt freiberuflichen Ingenieuren eine wichtige Stellung zu: Beratende Ingenieure sichern die Planungskompetenz öffentlicher Bau-träger, indem sie Bauaufgaben beschreiben, ausschreiben, überwachen und prüfen. Daneben werden beratende Ingenieure als quasi ausgelagertes technisches Büro für solche Baufirmen tätig, die über keine ausreichende technische Verwaltung verfügen (Ekardt 1994, 336).

3 Denken und Handeln

3.1 Verlust an Unmittelbarkeit

Das Skizzieren einer Idee auf einem Stück Papier oder das Zeichnen am Brett unterscheiden sich vom Zeichnen am CAD-System hinsichtlich der Synchronisation von Denken und Handeln. Das durch CAD induzierte Vorgehen entspricht nicht der Logik (und der Geschwindigkeit) des Denkens beim Konstruieren, insbesondere in der Phase des Entwurfs. „*Das Konstruieren (am Brett), das geht so schnell wie Denken, und beim CAD geht das Konstruieren langsamer als das Denken.*“ (Ing., B)¹ Dieses Nichtentsprechen ist aber nicht nur eine Frage der reinen Geschwindigkeit. Hier ist vielmehr auch ein Aspekt der Unmittelbarkeit bzw. der Vermittlung über ein Medium angesprochen. Beim Zeichnen stimmen die Idee, der Blick aufs Papier und die Bewegung der Hand sowohl zeitlich als auch logisch miteinander überein. An einem CAD-System sind dagegen mehrere Vermittlungsschritte notwendig: Die Idee ist da, man guckt auf den Bildschirm, kann jedoch nicht unmittelbar etwas zeichnen. Statt einen Strich irgendwo auf dem Papier beginnen zu lassen, muß man sich erst einmal einen Anfangspunkt definieren, d.h., man muß seine Koordinaten im Raum festlegen. Statt den Strich aufwärts zu zeichnen, muß man einen Winkel definieren; statt den Strich irgendwo enden zu lassen, muß man einen Endpunkt definieren. Der Strich entsteht nicht unmittelbar vor den Augen aus einer Handbewegung heraus,

¹ Die kursiv gesetzten Zitate sind Äußerungen von Ingenieuren (Ing.) und Technikern (Techn.) mit den Arbeitsgebieten Brückenbau (B), Straßenbau (S) und Tunnelbau (T).

sondern durch den Wechsel von Blicken zwischen Bildschirm und Tablett, durch Bewegungen der Maus und „Anklicken“ der entsprechenden Parameter. Hier drängt sich das Medium zwischen Idee und deren Festlegung auf dem Stück Papier.

CAD ist somit kein geeignetes Medium für die Phase der Ideenfindung, für den ersten Entwurf, der erst im Prozeß des Zeichnens entsteht. *„Der Computer muß alle Aufgaben präzise bekommen, sonst macht er nichts. Also muß derjenige, der dort etwas entwerfen will, schon ganz genau wissen was: genaue Angaben über die Radien, über die Dicke. Man kann nicht wie mit einem Bleistift sagen: Ach, da mache ich jetzt einen Strich. (...) Mit einem Bleistift kann man sich so langsam ‘rantasten. Man hat bei der kreativen Arbeit mit dem Bleistift etwas mehr Freiheit. Man geht auch nicht sofort auf das Bild, man macht sich erst einmal so Skizzen.“* (Ing., B)

Der Verlust an Unmittelbarkeit wird als Umweg erlebt, als zeitliche Verzögerung, als Auseinanderreißen der als mittelbar miteinander verbundenen Handlungen erlebt. Denken und Handlungen koinzidieren nicht.

3.2 Konstruktionslogik und Logik des Mediums

Ein weiterer Unterschied zwischen dem Erstellen einer Zeichnung an dem Brett und am CAD-System besteht hinsichtlich der durch das Medium erzwungenen Vorgehensweise. Der Zeichner am Brett geht vom Ganzen zum Detail. Dagegen ist am CAD-System das Detail der Ausgangspunkt, das dann durch Vervielfältigung oder im Zusammenwirken mit anderen Details zu einem Ganzen verbunden wird. Ein Techniker hat dies einmal anschaulich am Beispiel der Konstruktion einer Leiter beschrieben: Am Zeichentisch zeichnet man zuerst die Seitenholme und dann anschließend die Sprossen. Am CAD konstruiert man eine Sprosse und ein Teilstück der Seitenholme. Dieses Detail vervielfältigt man dann, und es entsteht eine Leiter.

Bei der Planung einer Hausfassade kann man mit CAD-Systemen ebenfalls mit den Details beginnen und diese dann zusammenfügen: Man beginnt z.B. mit den Fenstern und „baut“ diese durch Vervielfältigung zu einer Fassade zusammen. Trotz dieser Vorgehensweise benötigt man aber eine Vorstellung davon, wie „das Ganze“ aussehen soll - ansonsten entsteht eben keine Fassade, sondern eine „Aneinanderreihung“ von Fenstern. Aber diese „Gesamtvorstellung“ steht nicht am Beginn des Zeichenprozesses, man kann sie zunächst nicht zeichnen, nicht „zu Papier bringen“. Statt dessen muß man mit den Details beginnen.

Ausgangspunkt der Überlegungen - und der Darstellung am Brett - ist die Gestalt des Gesamtobjekts. Bei der Konstruktion mit dem CAD-System gibt es diese Übereinstimmung zwischen Vorstellung und Handlung nicht mehr: Gezeichnet werden die durch Dekonstruktion gewonnenen analytischen Elemente, die sich erst am Schluß des Zeichnungsprozesses wieder zur Gestalt schließen.

3.3 Vom Entstehen und Verschwindenlassen von Ideen

Aus den genannten Gründen benutzen Planer für die Darstellung erster Ideen und Überlegungen für einen Entwurf kaum ein CAD-Programm. „Unausgereifte“ und vorläufige Ideen werden oft auch nicht am Brett, sondern spontan mit einem Bleistift auf einem Stück Papier oder sogar auf einem Bierdeckel (weiter-)entwickelt, je nachdem, was gerade zur Hand ist. Der Vorteil ist die Unmittelbarkeit: *„Man sieht eine Idee sofort. Mit einem Bleistiftstrich ist man schon irgendwie bestätigt oder man sagt sich: Den Gedanken verfolge ich weiter.“* (Ing., B)

Das Aufzeichnen einer Idee dient dazu, das, was im Kopf „wild herumschwirrt“, in eine Form zu bringen, in der man nicht mehr in die Unbestimmtheit ausweichen kann. Eine Idee aufs Papier zu bringen, bedeutet, die Idee und sich selbst „festzulegen“. *„Ich finde - das ist vielleicht wichtig und ein bißchen vernachlässigt -, daß hier eigentlich alle zeichnen können und am Brett auch Gedanken festlegen können müssen. Ich merke es bei mir. Wenn ich eine Vorstellung gesichert haben will, dann ist die solange nicht gesichert, bis ich sie nicht aufgezeichnet habe. Und wenn ich das aufzeichne, dann sehe ich sofort, daß das doch nicht so gut war - oder man kann was draus machen.“* (Ing., B)

Anhand einer Skizze kann man die eigenen Vorstellungen konkretisieren und weiterentwickeln. Die Skizze oder Zeichnung zwingt dazu, die Idee aus der Sphäre des bloßen Gedankens auf eine materielle Ebene zu bringen. Damit läßt sie sich „schwarz auf weiß“ beurteilen und anderen zugänglich machen und erklären. Wenn man anhand einer Skizze oder Zeichnung merkt, daß die Idee doch nicht so gut war, kann man sie ganz schnell wieder verschwinden lassen: *„Aber das Wichtigste ist dann, die falschen Wege so schnell wie möglich verschwinden zu lassen, die falschen Gedanken.“* (Ing., B). Das Zerknüllen des Papiers, das anschließende Werfen des Papiers in den Papierkorb unterstützen vielleicht das „Verschwindenlassen“ der „falschen Gedanken“. Nicht nur das Papier wandert in den Papierkorb, auch die Gedanken werden „entsorgt“, der Kopf wird wieder frei für andere Gedanken.

Der Entwurf, z.B. einer Brücke, erfolgt in verschiedenen Phasen. Zuerst werden viele Ideen gesammelt, bis zu einem gewissen Grad weiterverfolgt, geändert, neue Ideen kommen dazu usw. In dieser Phase werden verschiedene Varianten entworfen und verworfen. Diese Ideen sind bewußt vorläufig, nicht festgelegt, nicht perfekt ausgearbeitet. Dies ist - im „klassischen Vorgehen“ - die Phase der Handskizze.

Die Handskizze ist ein flüchtiges Medium, sie kann spontan entstehen, ohne großes Equipment. Sie entspricht damit dem vorläufigen Charakter der Varianten; sie dokumentiert und unterstützt ein sukzessives Herantasten, ein tentatives Vorgehen.

CAD-Systeme induzieren ein anderes Vorgehen, sie sind im Gegensatz zur Handskizze nicht für Entwurfsaufgaben „auf die Schnelle“ geeignet. *„Denn mit CAD*

muß man genau wissen, was man machen will. Da kann man nicht mittendrin sagen: Ach, das gefällt mir jetzt nicht, jetzt mache ich was Neues. Das geht nicht.“ (Ing., B)

Das Zeichen mit dem CAD-System hat nicht den Charakter des Vagen und Flüchtigen. Es verlangt nach Festlegungen und Definitionen. Zum Beispiel erstellt man für eine Brückenkonstruktion eine Zeichnung mit den Vorgaben wie der Breite des Flusses, den Radien der Brücke, der oberen Brückenkontur. Dann kann man mit CAD auf dieser Basis unterschiedliche Varianten konstruieren: Pfeiler, Pylone, Abspannungen, Bögen. Eine solche Zeichnung kann man dann wiederum variieren, indem man z.B. Linien oder Bögen verschiebt. Aufgrund des - im Vergleich zur Handskizze - großen Aufwandes bei der Entstehung der Zeichnung fällt es den meisten Planern schwer, eine Zeichnung wieder zu löschen, eine Idee zu verwerfen. Die Schwelle, das entstandene Produkt zu vernichten, ist ungleich höher als bei der Handskizze, die ja von vornherein nur als ein möglicher Entwurf gedacht war und die ja - bewußt - noch nicht ausgearbeitet ist. Im Empfinden der Planer dauert das Löschen der CAD-Zeichnung sehr lange - ein Maßstab, der wohl weniger die exakte Zeitdauer beschreibt (die Löschfunktion aufzurufen, dauert nicht sehr lange) als vielmehr die eigenen Hemmnisse. Dies ist ein Hinweis auf die durch die Medien induzierten unterschiedlichen Arbeitslogiken.

Im „klassischen Vorgehen“ muß nach der Phase des sukzessiven Herantastens entschieden werden, welche Varianten in einer zweiten Phase weiter verfolgt und ausgearbeitet werden sollen. Hier wechselt nun gleichzeitig das Medium: An die Stelle der flüchtigen Handzeichnung tritt die Zeichnung am Brett. Bevor man aber die Zeichnung ausarbeitet, muß man sich auf bestimmte Rahmenbedingungen festlegen, man muß „einen Punkt setzen“, an dem nicht mehr alles verändert wird und zur Disposition gestellt werden kann: Wenn man ein Blatt Papier vor sich hat, muß man vor Beginn des Zeichnens festlegen, wie dieses Blatt aufgeteilt werden soll. *„Vorher hat man sich die Sachen ja auch einteilen müssen. Man hat den Plan ja in der Größe vor sich gehabt, man mußte ja vorher sagen, da drauf will ich pochen, auf diesen Rahmen, und das teile ich mir jetzt so ein. Und das braucht man beim CAD nicht so zu machen.“* (Techn., S, T)

Am CAD-System lassen sich Zeichnungen leichter ändern als am Brett. Dies bedeutet, daß man sich zu Beginn der Ausarbeitungsphase nicht so genau überlegen muß, wie die endgültige Zeichnung aussehen soll: Man kann ja im Zeichenprozeß alles immer wieder ändern. Das Bewußtsein der „leichten“ Änderungsmöglichkeiten führt zu einem „disziplinloseren“ Arbeiten, bei dem man einfach anfängt, ohne sich die angestrebten Resultate vorher genau zu überlegen. Außerdem „verführen“ die Änderungsmöglichkeiten zum „Herumspielen“ mit Änderungen, die dann plötzlich einen insgesamt doch großen Zeitaufwand bedeuten, ohne daß eine wirkliche Resultatverbesserung erkennbar wird. Die Vorstellung, „eben ganz schnell“ eine Änderung machen zu können, ist nur in wenigen Fällen realistisch: Eine Änderung induziert andere Änderungen, und der vorgedachte Zeitaufwand ist überschritten. Charakteri-

stisch an der oben zitierten Aussage ist die Schilderung des Verlustes der eigenen Kontrolle über die verbrauchte Zeit und damit ein Verlust an Kontrolle über das eigene Handeln, ein „Versinken“ in der Arbeit.

Andererseits verführt der - vermeintlich - geringe Änderungsaufwand an CAD-Systemen dazu, die eigenen Ansprüche - und Erwartungen an die von anderen erstellten Zeichnungen - immer höher zu schrauben. Genau wie der Einsatz von Textverarbeitungssystemen dazu geführt hat, daß ein Text keinen sichtbar - z.B. mit Tipp-Ex - korrigierten Fehler mehr enthalten darf, muß auch eine Zeichnung äußerlich perfekt sein. Vor Einsatz der Textverarbeitungssoftware ließen diejenigen, die Texte formulierten, eine nicht ganz so gelungene Passage unverändert, weil der Änderungsaufwand zu groß war. „*Früher hat man gesagt: Laß das stehen, bevor das noch einmal neu eingetippt ist. Heute sitzt man davor und denkt: Da kann man das noch umformulieren, das ist ja einfach, weil man das Ding nur markiert, den Text noch mal kopiert und so weiter. Mit CAD geht's genauso. Da sitzt man davor: Ach ja, das kannst du auch noch machen ... Aber da man nicht groß irgendwie 'rumhantieren muß, wenn man davor und daran sitzt und nur gerade ... Da kann man drüber, ach, das geht ja einfach, kopierst das noch zehnmal. Dann noch das ...*“ (Techn., B).

4 Der andere Blick auf die Zeichnung

4.1 Die Zentrierung des Blickes auf den Zeichnungsausschnitt

Die Arbeit am CAD-System unterscheidet sich nicht nur hinsichtlich der Vorgehensweise von der Arbeit am Zeichenbrett. Sie hat auch Auswirkungen auf die visuelle Wahrnehmung und das Vorstellungsvermögen. Das Zeichenbrett ist größer, man hat das ganze Blatt im Blick. Beim CAD kann man sich zwar auch den ganzen Plan am Bildschirm angucken, aber dann sind keine Details mehr zu erkennen. Daher eignet sich diese Betrachtungsweise nur für eine Kontrolle, ob z.B. der Gesamtplan so angeordnet ist, daß er - auch für andere Personen - übersichtlich ist. Während der Arbeit am Plan kann man ihn dagegen nicht als Ganzes sehen, sondern immer nur in den Ausschnitten, die man gerade bearbeitet. Damit geht die Übersichtlichkeit verloren. „*Am Brett haben Sie einen vollen Überblick. Wenn Sie am Bildschirm einen Plan komplett haben, dann ist er ganz klein - da müssen Sie die Punkte immer wieder herausholen, vergrößern. Wenn man am Brett einen Plan betrachtet, kann man den als Gesamtes wahrnehmen. Das ist am Bildschirm nicht so. Sie können am Brett schnell und von einer Seite auf die andere rübergucken, da ein Maß kontrollieren und so. Das geht am Bildschirm nicht, da müssen Sie das immer erst rauszoomen. Das ist umständlicher: Sie haben das dann vielleicht klein und unscharf, dann holt er es raus, und da ist auch ein ständiger Wechsel vom Bildschirm.*“ (Techn., T)

Wenn man am CAD-System ein Detail bearbeitet, sieht man am Bildschirm immer nur eben diesen Abschnitt, aber nicht den Gesamtplan. Damit wird es schwer, dieses Detail in einem Gesamtzusammenhang einzuordnen, das Bauwerk als Ganzes wahrzunehmen. Dieses Problem der mangelnden Übersichtlichkeit wird auch durch den Einsatz der „Fenster-technik“, bei der man sich auf dem Bildschirm gleichzeitig verschiedene Ansichten darstellen lassen kann, nicht gelöst: Aufgrund der geringen Bildschirmgröße kann man dann auf einem Gesamtplan auch nichts mehr erkennen. Dies gilt ebenso, wenn man zwei Bildschirme nebeneinander stehen hat.

Hier ist eines der Grundprobleme des Einsatzes von CAD-Systemen angesprochen. Der Bearbeiter hat nicht gleichzeitig das Detail und das Ganze „im Blick“. Es ist zu vermuten, daß dies das Herstellen eines Gesamtzusammenhangs „im Kopf“ erschwert. Wenn man ein Detail betrachtet, sieht man weder im Augenwinkel (wie beim Brett) noch „im Geist“ die Gesamtheit. *„Ich würde sagen, zum größten Teil betrachtet man nur den Ausschnitt, man sieht den Rest dann nicht mehr.“* (Techn., T)

Während man am Brett mit einem Augenmerk das Gesamtbild „hat“, muß man es am Bildschirm erst aktiv herstellen. *„Was ich früher mit dem Auge geguckt habe, das muß heute der Bildschirm: Ich muß den vergrößern, verkleinern ... Und ich muß konzentrierter sein, auf welchen Knopf muß ich denn jetzt drücken. Natürlich, die Routine, mit der Zeit geht das auch, aber ...“* (Techn., B)

Bei diesem Hin und Her fehlt „das Maß“: *„Man kann bestimmte Sachen am Bildschirm nicht beurteilen, man bräuchte einen Riesenschirm, um so was genauer sehen zu können. Man hat, wenn man einen Bildschirm hat, für Entfernungen überhaupt kein Maß. Auch wenn Sie jetzt Ausschnitte machen, größer oder kleiner, Sie haben immer das Bild. Sie können die Auflösung bringen, wie Sie es brauchen, aber Sie haben dann im Normalfall keine Relation mehr zu jedem Maß. Und wir arbeiten ja immer nur mit Maßen.“* (Techn., S)

Bedingt durch den kleinen Bildschirm, braucht man viele unterschiedliche Vergrößerungsmöglichkeiten und damit Maßstäbe, um ein Detail angemessen ausarbeiten zu können. Unter dem Aspekt des Herstellens eines Gesamtzusammenhangs sind diese Maßstäbe bzw. Vergrößerungen aber beliebig. Somit werden die Details isoliert und dementsprechend ebenso beliebig; sie sind ohne Bezug zu ihrer Umgebung, aus dieser herausgelöst.

Wenngleich sich viele der Befragten größere Bildschirme wünschen, um die Arbeit mit CAD-Systemen der mit dem Zeichenbrett anzugleichen, ist es allerdings fraglich, ob damit alle Probleme gelöst werden. *„Also, ich habe einen 20-Zoll-Bildschirm. Wenn ich mir von einem DIN-A 4-Blatt eine Layout-Abbildung [am Bildschirm] mache, dann dürfte das wohl fast der Originalgröße entsprechen. Und trotzdem muß ich ganz ehrlich sagen: Ich lese auf einem Blatt Papier, das auf dem Tisch liegt oder sich in meiner Hand befindet, lieber und besser als in der gleichen Layoutgröße auf dem Bildschirm. Ich würde sagen, das hat nur bedingt etwas mit der Größe zu tun. Irgendwo liegt das noch an etwas anderem. Die Layoutdarstellung auf*

dem Bildschirm hat ja in meinem Fall die gleiche Größe wie das DIN-A 4-Blatt, und auch der Untergrund ist weiß und die Schrift schwarz. Ob es der Zeilenaufbau ist oder das Flimmern - ich weiß es nicht. Ich glaube, das ist wieder das Problem der Vorstellungskraft, glaub ich, daran liegt das wohl. Ich sehe auf einem Blatt Papier einfach die Sache übersichtlicher, klarer als im CAD.“ (Techn., S, T)

Hier sind grundsätzliche Probleme der visuellen Wahrnehmung angesprochen. Sabine Weishaupt und Fritz Böhle weisen in ihrer Untersuchung (Weishaupt 1998) darauf hin, daß es bei Bildschirmarbeit zu einer Vereinseitigung des Sehens kommt. Der Blick ist bei Bildschirmarbeit direkt auf den Bildschirm gerichtet und kann nicht herumschweifen; durch die Konzentration der visuellen Wahrnehmung auf den Bildschirm kommt es zu einer weitgehenden Stillstellung des Körpers; man kann nicht mehr die Perspektive wechseln durch ein Hin- und Herdrehen des Blattes. „Die Informationswahrnehmung über den Bildschirm - unabhängig davon, was auf dem Bildschirm ist und wie es dargestellt wird - führt zu einer Zentrierung und Einengung des Wahrnehmungsfeldes und einer punktuellen und sequentiellen Wahrnehmung vor allem hinsichtlich der ausschnitthaften Darstellung von Teilfunktionen des Gesamtgeschehens“ (Böhle u.a. 1998, 24).

Dieses Phänomen wirkt sich auch und gerade beim Erkennen und Korrigieren von Fehlern aus. Den Befragten fällt es schwer, am Bildschirm Unstimmigkeiten des Planes festzustellen: „Manche Sachen kann man am PC nicht beurteilen.“ (Techn., S) Dieses Phänomen ist auch von Sekretärinnen bekannt (Ziefler 1999), die einen Text am Bildschirm lesen und meinen, daß er fehlerlos sei und dann beim Papierdruck eventuell doch vorhandene Fehler sofort erkennen. „Also ich habe wirklich das Problem, mit CAD oder mit meinem Bildschirm weniger präzise Fehler zu erkennen. Wenn ich jetzt z.B. einen Text schreibe, dann kann ich mir den auf dem Bildschirm durchlesen und halte den für fehlerfrei. Ich lasse ihn mir ausplotten, gucke mir dann das DIN A 4-Blatt an und finde auf Anhieb ein, zwei oder so Fehler. Da brauche ich gar nicht groß 'reinzugucken. Jedenfalls passiert es immer wieder, daß ich, wenn ich einen Plan auf dem Bildschirm erstelle, nicht sehe, daß da eine Unstimmigkeit irgendwo ist. Die sehe ich erst, wenn der Plan vor mir liegt: Da ist ein Strich zu viel oder mehrere Striche zu viel; Strich oder Striche zu lang. Oder wenn ich eine Gesprächsnotiz geschrieben habe, gucke ich mir die auf dem Bildschirm an: geschrieben, gelesen, gut, raus, wegschicken - nichts. Alle Fehler bearbeiten, dann noch einmal!“ (Techn., S, T)

Auf dem Bildschirm fehlt auch für das Korrigieren die Übersichtlichkeit, man hat nicht „alles im Blick“, man muß hin- und herschalten, man erkennt nicht, wo man schon korrigiert hat. Um diesen Mißlichkeiten auszuweichen, nehmen die Planer sogar Doppelarbeiten in Kauf: Die Fehler werden zunächst per Hand auf dem Papierausdruck korrigiert, und dann werden die Korrekturen ins CAD-System übertragen. „Man läßt sich dann Papier ausplotten, dann kann man es besser erkennen. Das mache ich dann oft, bevor man das auf dem Bildschirm hin- und herschaltet: Noch

ein Plott gemacht und mit der Hand einskizziert. Das ist ein anderes Arbeiten als früher: Wenn man dann den Plott hat, korrigiert man das durch, das muß man ändern und das. Und dann muß man arbeiten: Man muß dann jede Änderung, die man macht, auf dem Plott abhaken, weil das Übersichtliche fehlt. Auf dem Plott hat man gesehen, aha, das mußt du jetzt ändern, dann wird's am Bildschirm geändert und dann abgehakt. Früher auf dem Plan, da hat man das wegradiert und was Neues hingeschrieben.“ (Techn., B)

4.2 „Ein Zeichenplan sagt mehr aus“

CAD-Zeichnungen und Zeichnungen auf dem Brett werden aber nicht nur unterschiedlich wahrgenommen, sie unterscheiden sich auch in ihrer Darstellungsform. Entgegen ergonomischen Empfehlungen ist das „WYSIWYG“-Prinzip (What you see is what you get) nicht vollständig verwirklicht; die Bildschirmdarstellung hat nicht die Differenzierungen, die die Zeichnung hat. Wenn ein Straßenplaner auf einen Vermessungspunkt, auf dem ein Baum steht, das Symbol für einen Baum setzt, dann ist auf dem Bildschirm nur ein Punkt zu sehen. Später, auf dem Papier, wird dann allerdings das Baumsymbol ausgedruckt. Auch die Symbole für Hecken, Zäune etc. sind auf dem Bildschirm nur als Linien dargestellt. *„Und ich hab dann [auf dem Bildschirm] meist nur die Linien und kann dann raten, was es sein könnte.“ (Ing., S)* In diesem Fall kann man die Zeichnung auf dem Bildschirm nicht als solche interpretieren. Statt dessen muß man sich entweder an den Entstehungsprozeß erinnern oder gucken, welche Definitionen hinter den Symbolen hinterlegt sind. *„Ein Zeichenplan sagt mehr aus.“ (Ing., S)*

Auf dem Bildschirm symbolisieren unterschiedliche Farben unterschiedliche Strichstärken. Der Betrachter muß die Farben in Strichstärken, wie sie dann später auf dem Papierausdruck erscheinen werden, „übersetzen“. *„Auf dem Bildschirm da erkennt man Sachen weniger oder schwerer, obwohl sie eigentlich visuell durch die unterschiedlichen Farben eigentlich besser auffallen. Vielleicht ist das gerade das Neue und Ungewohnte.“ (Techn., S, T)*

Vielleicht ist die „Buntheit“ zu viel, vielleicht zerreißt sie den Zusammenhang, das „Bild“. Vermutlich verursacht weniger das „Neue und Ungewohnte“ das Nicht-Erkennen, sondern vielmehr die Tatsache, daß die Pläne auf dem Bildschirm und auf dem Papier unterschiedliche „Bilder“ darstellen. Die für die endgültige Beurteilung eines Planers relevante Form ist immer noch der Papierausdruck: Er wird Kunden und Planungsbehörden vorgelegt und muß „stimmen“. Er ist in dem Sinne der relevante Plan, für den dann auch die Beurteilungskriterien gelten müssen. Der Plan auf dem Bildschirm erzeugt dagegen ein anderes Bild, er nimmt eine andere Gestalt an, die mit den relevanten Kriterien nur zum Teil beurteilt werden kann. Damit ist aber der

Gesamteindruck ein anderer. Dies gilt auch - wenn auch nicht in der Schärfe - für Texte: Auch hier ist das „Bild“, besonders bei kleinen Bildschirmen, ein anderes. Und auch der Blick auf den Text ist ein anderer. Ein Planer berichtet von seinen unterschiedlichen Vorgehensweisen gegenüber Texten und Zeichnungen am Bildschirm und auf dem Blatt Papier: Er hat einen Text nur abschnittsweise auf dem Bildschirm, nicht als gesamte Seite. Er liest ihn dann Zeile für Zeile, „während ich das hier [auf dem Blatt Papier] eigentlich nicht so unbedingt Seite für Seite mache. Man sieht dann schon was im gesamten. Auf dem Bildschirm fehlt's da ein bißchen, dieses Erkennen geht ein bißchen ab auf dem Bildschirm. Man liest das nicht mehr als gesamt, man liest das eher Zeile für Zeile. Hier auf dem Blatt Papier ist es mehr ein Bildeindruck, den man einfach durch Anschauen sieht, was da steht. Und beim CAD ist es anders, ja. Es ist nicht mehr ein Bildeindruck da.“ (Techn., S, T)

4.3 Reagieren statt agieren

Die Straßen-, Brücken- und Tunnelplaner arbeiten - soweit sie noch am Zeichenbrett tätig sind - an großen Tischen, auf denen - räumlich gesehen - große Pläne entstehen. Dabei wechseln sie zwischen Detail- und Gesamtplänen. Für die Augen bedeutet dies ständige Blickwechsel: Sowohl die Entfernungen als auch die Blickwinkel verändern sich. Beim Einsatz von CAD-Systemen wird der Blick „zentriert“: Er wechselt nur noch zwischen Tablett und Bildschirm, dabei bleibt die Entfernung in etwa gleich, und auch der Blickwinkel bleibt in der Horizontale konstant. Weil aber der Bildschirm klein ist, müssen sich die Planer ständig neue Bilder „schaffen“, sie müssen den Bildausschnitt ständig verändern: „Was ich früher mit den Augen gemacht habe, das muß heute der Bildschirm, ich muß vergrößern, verkleinern. Der Bildschirm ist halt wesentlich unruhiger, weil immer das Bild gewechselt wird, immer. Allein durch das Farbige, das Unruhige, weil es immer einblendet, ausblendet, das ist sehr beunruhigend fürs Auge. Früher am Zeichenbrett: Das war ruhig.“ (Techn., B)

Dazu kommen noch die Spiegelungen im Bildschirm, die das Auge ständig „ausblenden“ muß, um die Zeichnung erkennen zu können. „Und wenn man noch so sehr versucht, den Bildschirm so zu stellen, daß sich nichts spiegelt: Es spiegelt sich trotzdem etwas. Das nehmen Sie zwar nicht bewußt wahr, aber im Unterbewußtsein ... Wenn ich mich z.B. bewege, ist dieses Spiegeln da drin, das ist im Unterbewußtsein und das strengt auf Dauer ganz schön an.“ (Techn., T). Die Spiegelungen verstärken noch die Notwendigkeit, ruhig zu sitzen, sich nicht zu bewegen, die Position nicht zu verändern.

Für die Augen entsteht ein „Disco-Effekt“: Die Augen werden mit Informationen überflutet, „beschossen“. Das Auge kann - jedenfalls solange die Arbeit nicht unterbrochen wird - nicht ausweichen. Das Bild auf dem Bildschirm wechselt, das

Auge muß auf diese Änderungen ständig reagieren, sich immer wieder anpassen, bleibt aber im Endeffekt passiv, indem es ununterbrochen neue Bilder „aufnimmt“. Das Auge wird überflutet, es agiert aber nicht selbst. Am Zeichenbrett bleibt dagegen das Bild konstant. Statt dessen muß sich das Auge seine Gegenstände selbst „suchen“, es muß sich bewegen, selbst aktiv sein und agieren statt zu reagieren.

5 Das Medium zieht den Planer in seinen Bann

5.1 Götzendienst

Vielleicht liegt in dieser Umkehrung (Reagieren statt Agieren) eine Erklärung für die häufig geschilderte schnelle Ermüdung bei der Arbeit am Bildschirm und für die ungeheure Konzentration, die diese Arbeit verlangt. Vor zehn Jahren gab es in einem Planungsbüro große Projekte, an denen die Beteiligten (manuell) 15 bis 16 Stunden am Tag gearbeitet haben. *„Am Bildschirm ist nach zehn, höchstens elf Stunden Schluß. Dann geht nichts mehr. Man kann dann nicht mehr.“* (Techn., S). Es gibt Hinweise darauf, daß dies nicht nur eine individuelle, auch altersbedingte Erfahrung ist, sondern wirklich abhängig vom Umgang mit dem Medium ist. *„Solange man manuell arbeitet, hat man, wenn man was schreibt oder zeichnet, immer noch die Möglichkeit, zwischendrin mit seinen Kollegen ein Wort zu wechseln. Wenn man aber am Bildschirm arbeitet, hat man nur noch einen Partner, und das ist der Bildschirm. Und in dem Moment, wo man praktisch meint, man kann mit dem Bildschirm arbeiten und mit seinen Kollegen sprechen, da geht meistens ‘was schief. Der Bildschirm verlangt mehr Konzentration. Beim Bildschirm habe ich die Möglichkeit, im ungünstigsten Fall mit einem Tastendruck die Arbeit von zwei, drei Tagen zu vernichten, wenn ich sie nicht entsprechend gesichert haben. Und das habe ich vorher nicht gehabt. Vorher konnte ich einmal irgendwo einen falschen Strich malen - den kann ich aber wieder ‘rausradieren, oder ich kann Korrekturlack nehmen oder sonst etwas.“* (Techn., S)

Der Bildschirm wird als ein „Partner“ wahrgenommen, der andere Partner verdrängt bzw. in den Hintergrund drängt. Dieser Partner ist einer, der sich „rächt“, wenn man ihm Aufmerksamkeit entzieht. Er stellt - in der Sicht der Planer - einen Ausschließlichkeitsanspruch. Dabei kann die Angst vor Fehlern keine ausreichende Erklärung liefern: Fehler lassen sich am CAD-System doch relativ einfach korrigieren, sogar ohne Lack oder Radierspuren zu hinterlassen; der Angst vor dem unabsichtlichen Löschen kann man durch die Sicherung des jeweils aktuellen Standes begegnen. *„Um den Strich zu machen, muß ich jetzt den Knopf drücken. Das ist ein sehr großer Nachteil. Man gewöhnt sich zwar mit der Zeit, aber deshalb muß man dann einfach ‘mal das Ding stehenlassen, aufstehen und weggehen. (...) Wenn Sie am Zeichenbrett schreiben oder Linien ziehen, verlangt das keine so große Konzentration.“*

on, denn Sie können sich dabei noch unterhalten. Wenn Sie es am Computer machen, dann wissen Sie genau, daß Sie jetzt F3 drücken müssen und dann den Stift. Auf welchen Knopf muß ich jetzt gehen? Man kann da nicht einfach zwischendurch aufgucken - dann weiß man nicht mehr, wo man stehengeblieben war. Muß ich jetzt den Knopf oder den? Beim Strich hat man gesehen, daß man den gemacht hat, das war ich, und jetzt muß ich den nächsten machen. Und das geht (am Bildschirm) ab. Das ist ein sehr großes Problem.“ (Techn., B)

Bei der Arbeit am CAD-System muß man sich so auf den Bildschirm konzentrieren, daß dabei kein Raum mehr für die Wahrnehmung der Umgebung und für die Kontaktaufnahme mit ihr bleibt. Diese Arbeit führt in der konkreten Arbeitssituation zur Abschottung und zur Vereinzelung. „Es ist auch wichtig, daß man nicht stundenlang vor dem Altar sitzt. Man merkt es wirklich an den Augen und an der Psyche. Also ich weiß nicht ... In der Anfangsphase, als wir zu zweit oder dritt im Zimmer gesessen haben, jeder mit CAD, war es stellenweise wie im Leichenhaus. Früher, am Zeichenbrett, konnte man sich beim Zeichnen immer unterhalten, weil das was Kreatives war. Heute sitzt man vor den Bildschirmen - man muß sich oft mehr konzentrieren. Dann kommt man gar nicht dazu, sich mit dem Nachbarn oder dem Kollegen zu unterhalten.“ (Techn., B)

Der Bildschirm wird zum Altar, an dem man einen Gott (oder Götzen) zu dienen hat. „Heute sitzt man da (hinter dem Bildschirm) oft wie hinter einem Altar. Es kann süchtig machen.“ (Techn., B)

5.2 Autonomieverlust

Dieser Gott duldet keine anderen Götter neben sich, und er verlangt Opfer. Ein Opfer ist der Verlust an Selbstkontrolle, der Verlust an Zeitgefühl, wie schon bei der Schilderung des sich Verlierens bei den Änderungsmöglichkeiten beschrieben: „Am Anfang war's so und heute geht's noch stellenweise so, daß man, wenn man da drin ist, gar nicht mehr aufhören kann. Eine Sucht ist es nicht gerade ... Also ja, am Anfang war es noch schlimmer, jetzt geht's eigentlich noch. Der Zeitbegriff... Man merkt, ach ja, die Zeit ist rum. Da muß man dann oft mit Gewalt sagen, so, jetzt mußt du aufhören.“ (Techn., B)

Die Auswirkungen einer solchen Sucht, eines solchen Versinkens sind durchaus zweischneidig: „Es ist schade, daß man also wirklich schon gar nichts anderes mehr denkt und nur vor dem Kasten sitzt. Andererseits ist es für die Firma gut, daß der Mann sich da reinkniet und jetzt nichts anderes macht (...). Vor- und Nachteile? Ich meine, wie soll ich das werten? Im Grunde kann man sagen, es ist traurig.“ (Techn., B)

Sich vom Bildschirm zu lösen, sich zu distanzieren, bedeutet eine Anstrengung und bedarf meistens eines besonderen Anlasses: Man muß Unterlagen aus dem

Schrank holen, man braucht die Auskunft eines Kollegen, man muß die Toilette aufsuchen. Einer der befragten Planer raucht - allerdings nicht am Arbeitsplatz, sondern in der Küche. Aber er geht meist erst dann in die Küche, „*wenn ich den Rechner beschäftigt habe, so daß er noch was zu tun hat und ich sowieso nichts dran machen kann - dann gehe ich halt eine Zigarette in der Küche rauchen.*“ (Techn., S). Selbst die Distanzierung vom Bildschirm, das Weggehen in die Küche zum Rauchen, wird noch vom Rechner gesteuert und nicht von der arbeitenden Person.

Die Frage nach den Auswirkungen dieser Sucht scheint nicht so eindeutig zu beantworten zu sein, wie es der oben zitierte Planer versucht („andererseits ist es für die Firma gut, daß der Mann sich da reinkniet und jetzt nichts anderes macht“). Es ist durchaus fraglich, ob der Kontrollverlust beim Abschätzen des Aufwandes für Änderungen oder das Sich-Festhaken an Details im Interesse des Einzelnen oder der Firma liegt. Warum hält sich der Mythos, daß am CAD-System alles schneller geht, so hartnäckig?

Sicher scheint, daß das Nichts-mehr-Mitbekommen, die Isolation, negative Auswirkungen hat. Wenn es im Raum „wie im Leichenhaus“ ist, bedeutet das ja nicht nur, daß private Gespräche entfallen, sondern auch, daß der Austausch über technische und planerische Probleme nur noch in „offiziellen Runden“ stattfindet und nicht mehr als „Nebenprodukt“ der Arbeit.

6 Folgen für die Weiterentwicklung der CAD-Technik und die Ausbildung von Ingenieuren

Arbeit mit CAD-Systemen ist akzeptiert und gehört für Techniker und Ingenieure zum „normalen“ Arbeitsalltag. Aber alle jetzigen Realisierungen von CAD-Systemen führen zu weitreichenden Änderungen in der Vorgehensweise von Planern. CAD-Systeme zwingen den Arbeitenden ein objektives Handeln auf: Die Gedanken und Ideen können nicht unmittelbar in eine Handlung umgesetzt werden, das CAD-System „schiebt sich dazwischen“. Hier könnten sich neue Eingabemedien wie ein „intelligenter Zeichengriffel“ als durchaus hilfreich erweisen.

Es gibt auch noch andere mögliche Verbesserungen von CAD-Systemen: Die Arbeit am Bildschirm erfordert - in der jetzigen Form - vom Benutzer ein fixierendes, starres, sprunghaft selektives und im Blickfeld eingegrenztes Sehverhalten. Die Folgen sind Verspannungen im Hals- und Nackenbereich, asthenopische Beschwerden (Ermüdung der Augen, gerötete und tränende Augen) und allgemeine Symptome wie Konzentrationsverlust, Ermüdung und Erschöpfung (Weishaupt 1999). Dagegen sind am Zeichenbrett die notwendigen Informationen durch eine höhere räumliche Streuung und unterschiedliche Distanzen voneinander unterschieden. Die Arbeit am Brett läßt somit den Wechsel zwischen konzentrierter und entspannter Wahrnehmung,

zwischen einem zentrierten und peripher entgrenzten Blickfeld sowie zwischen unterschiedlichen Distanzen zu. Solch eine räumliche Anordnung der Informationen unterstützt zum einen die mentale Ordnung und Orientierung und zum anderen die Aktivierung visueller Wahrnehmung sowie auch deren Verbindung zu körperlicher Bewegung.

Eine Weiterentwicklung von CAD-Systemen sollte sich - entsprechend den vorgelegten Ergebnissen - nicht auf eine neue räumliche Anordnung der Informationen auf dem Bildschirm (Farb- und Maskengestaltung) beschränken. Sie sollte eher Möglichkeiten eruieren, wie entsprechend dem Entwicklungsstand der IuK-Technologien Informationen im (dreidimensionalen) Raum in unterschiedlicher Entfernung gestreut werden können. Damit könnten die mentale räumliche Ordnung von Informationen und dementsprechend das räumliche und visuelle Gedächtnis genutzt werden. Dies wäre ein Schritt, um nicht nur die visuelle Einschränkung des Blickfeldes zu überwinden: Gleichzeitig gäbe es die Chance, daß der Blick auch frei würde für andere Lösungen, daß der schweifende Blick die Fixierung und das krampfhaftes Festhalten der gerade gefundenen Lösung überwinden könnte. Damit wäre eine Voraussetzung geschaffen, um den Kopf freizumachen für neue Lösungen, für neue Ideen. Technikgestaltung ist in diesem Sinne Voraussetzung für kreative und innovative Arbeit von Ingenieuren und Technikern.

Die Arbeit an CAD-Systemen gefährdet durch den Zwang zu frühzeitigen Festlegungen und Definitionen das künstlerische Element von Entwurfsarbeit gerade in der Konzeptionsphase. In dieser Phase steht ein eher spontanes, spielerisches Vorgehen, ein Ausprobieren und ein sukzessives Herantasten an Lösungen im Mittelpunkt. Dieses Vorgehen findet in der Handskizze seine Ausdrucksform. So wie ein Maler über verschiedene Skizzen seine Idee von einem Bild so lange weiterentwickelt, bis er sich zur Umsetzung in ein Ölbild entschließt, so kann der Ingenieur mit Handskizzen verschiedene Varianten entwerfen, bevor er sich festlegt, welche er weiterverfolgen und ausarbeiten will. Wahrscheinlich ist diese „künstlerische Komponente“ sogar ein wesentliches Moment der Arbeit von Ingenieuren bei Entwurfstätigkeiten. Anstelle einer perfekten Zeichnung und eines Sich-Verlierens im Detail ist in der Konzeptionsphase eine Konzentration auf die wesentlichen Elemente und deren Verbindung in einer „Gesamtkomposition“ gefragt. Genau wie ein Künstler eine Ausbildung in unterschiedlichen Techniken braucht, damit er sich dann für sein Projekt des angemessenen Mediums bedienen kann, sollte in der Ausbildung von Ingenieuren die im Augenblick zu erkennende einseitige Konzentration auf das Medium CAD-System wieder in Frage gestellt werden. In Ergänzung zu der Diskussion um dessen angemessene Verbesserung sollte die Frage nach dem Kunstcharakter der Ingenieurstätigkeit (Ferguson 1993) und den dafür geeigneten Medien mehr in den Mittelpunkt gerückt werden. Bei der Suche nach Kreativität im Entwicklungsprozeß, die im Augenblick von Industrie und Hochschulen vorangetrieben und institutionalisiert wird (Wengen-

roth/Blum 1998), sollte diesen künstlerischen Aspekten stärker Rechnung getragen werden.

Literatur

- Böhle, Fritz (1995): Technikentwicklung zwischen Verwissenschaftlichung und Erfahrung - Zur Begründung eines neuen Forschungs- und Entwicklungsfeldes; in: Helmuth Rose (Hg.): Nutzerorientierung im Innovationsmanagement. Frankfurt/New York, 69-102
- Böhle, Fritz (1998): Sinnliche Erfahrung und wissenschaftlich-technische Rationalität - ein neues Konfliktfeld industrieller Arbeit; in: Burkart Lutz (Hg.): Entwicklungsperspektiven von Arbeit. Weinheim 1998 (im Erscheinen)
- Böhle, Fritz, Helmuth Rose (1992): Technik und Erfahrung. Arbeit in hochautomatisierten Systemen. Frankfurt/New York
- Böhle, Fritz, Hartmut Schulze (1997): Subjektivierendes Arbeitshandeln. Zur Überwindung einer gespaltenen Subjektivität; in: Christina Schachtner (Hg.): Technik und Subjektivität. Frankfurt, 26-46
- Böhle, Fritz u.a. (1998): Tätigkeitsbezogene Sehschulung. Ein zukunftsweisender Ansatz zur Förderung der Gesundheit bei visueller Beanspruchung am Arbeitsplatz. Hektogr. Bericht. München
- Bolte, Annegret (1993): Planen durch Erfahrung. Arbeitsplanung und Programmerstellung als erfahrungsgel leitete Tätigkeiten von Facharbeitern mit CNC-Werkzeugmaschinen. Kassel
- Bolte, Annegret (1998): Erfahrungsgel leitetes Planen; in: Ingrid Rügge u.a. (Hg.): Arbeiten und begreifen: Neue Mensch-Maschine-Schnittstellen. Münster (im Erscheinen)
- Carus, Ursula, Hartmut Schulze (1995): Leistungen und konstitutive Komponenten erfahrungsgel leiteter Arbeit; in: Hans Martin (Hg.): CeA - Computergestützte erfahrungsgel leitete Arbeit. London/Berlin/Heidelberg etc., 48-82
- Ekardt, Hanns-Peter (1994): Infrastruktur - Handlungsprobleme von Ingenieuren; in: Niels Beckenbach, Werner van Treeck (Hg.): Umbrüche gesellschaftlicher Arbeit. Göttingen, 325-342
- Ferguson, Eugene (1993): Das innere Auge. Von der Kunst des Ingenieurs. Basel/Boston/Berlin
- Schulze, Hartmut, Ursula Carus (1995): Systematik und Topologie kritischer Arbeitssituationen; in: Hans Martin (Hg.): CeA - Computergestützte erfahrungsgel leitete Arbeit. London/Berlin/Heidelberg etc., 30-47
- Weishaupt, Sabine (1999): Zur Pathologie des objektiven Blicks. Vereinseitigung des Sehens als neues Gesundheitsrisiko bei der Arbeit mit Informations- und Kommunikationstechnologien. Frankfurt/New York (Veröffentlichung in Vorbereitung)
- Wengenroth, Ulrich, Martina Blum (1998): Kunst und Wissenschaft in der Technik des 20. Jahrhunderts. Unveröffentl. Manuskript. München
- Wolf, Harald, Otfried Mickler, Fred Manske (1992): Eingriffe in Kopfarbeit. Die Computerisierung technischer Büros im Maschinenbau. Berlin

Ziefle, Martina (1999): Visuelle Belastungsfaktoren bei der Informationsentnahme am Bildschirm; in: Tagungsband des 41. Kongresses Deutscher Psychologen in Dresden (im Erscheinen)

Anschrift der Verfasserin:

Dr. Annegret Bolte
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.
ISF München
Jakob-Klar-Straße 9
80796 München

Hinweis: Die Zeitschrift ARBEIT hat einen Preis für den besten Aufsatz ausgeschrieben. Am Ende des Heftes werden die Bedingungen beschrieben.