

Ulrike Englisch, Pierre Sachse & Johannes Uhlmann

Kosten und Nutzen von Dokumentationen individueller Entwurfsprozesse im Technischen Design

Versteht man Entwerfen als ein schöpferisches, Neues erschaffendes und zugleich typisch menschliches Vorgehen, so finden sich Entwurfsprozesse unter anderem im künstlerischen und auch technischen Bereich (Englisch & Sachse 2006). Diese „extremen“ Ausprägungen individuellen Entwerfens, jedoch auch jegliche „Mischformen“, die sich sowohl durch künstlerische als auch technische Anforderungen charakterisieren lassen (bspw. Architektur, Design, Technisches Design), beschreiben Entwurfsprozesse von der ersten Idee zu einem Objekt bis hin zu deren materieller oder virtueller Umsetzung.

Im Folgenden soll zunächst eine theoretische Annäherung an Probleme bzw. individuelles Problemlösen im Technischen Design erfolgen. Daran schließt sich die Darstellung individueller Entwurfsprozesse in dieser Disziplin aus empirischer Sicht an. Unter der Betrachtung des sich ergebenden Nutzens bzw. der sich einstellenden Kosten für die Nutzung von Dokumentationstechniken wird ein Instrument vorgestellt, welches der Unterstützung individueller Entwurfsprozesse im Technischen Design dienen soll.

1 Theoretischer Hintergrund

An dieser Stelle sollen zwei Punkte des theoretischen Hintergrundes besonders hervorgehoben werden, da sie zum Verständnis der entwickelten „Landkarte zur Dokumentation des Vorgehens im Technischen Design“ beitragen: das Verständnis von Entwurfsprozessen als komplexe Problemlöseprozesse und die Herausarbeitung der Bedeutsamkeit von Externalisierungen.

1.1 Entwerfen als komplexer und multipler Problemlöseprozess

Betrachtet man die Problemstellungen, mit denen sich Entwerfende im Bereich der Konstruktion, im Design oder auch im Technischen Design konfrontiert sehen, so können diese als komplexe und wissensreiche Problemzustände (im Sinne von Dörner et al. 1994, vgl. auch Purcell & Gero 1998) beschrieben werden – eine Problemlösung im Technischen Design erfordert demzufolge die Auseinandersetzung mit so genannten „ill-defined problems“ (Reitman 1964, Eckersley 1988, Liikkanen & Perttula 2009). Diese zeichnen sich unter anderem durch ungenau definierte Ziele und Operatoren (Goel & Pirolli 1992), der vorhandenen Intransparenz, Vernetztheit, Dynamik und Polytelie des jeweiligen Problems (Dörner et al. 1994) und der Erfordernis, zur Bearbeitung des Problems eine Zerlegung desselben in möglichst konkrete Teilprobleme (sog. „subproblems“ – Liikkanen & Perttula 2009, Ho 2001) vorzunehmen. Dabei lassen sich die sich aus dem zu Beginn erarbeiteten „Designkonzept“ (Uhlmann 2005) sukzessive ergebenden Teilprobleme im Technischen Design anhand charakteristischer Merkmale entweder einem eher technischen/funktionalen oder gestalterischen Aspekt zuordnen (Englisch et al. 2009). Diese Teilprobleme interagieren miteinander – Lösungen und Probleme entwickeln sich somit sowohl sukzessive als auch parallel und beeinflussen einander wechselseitig.

Der Entwurfsprozess, d.h. der Weg von der Idee bis hin zur deren Umsetzung, erfordert produktives Denken (Dunker 1963), d.h. einen (kreativen) Lösungsprozess, der die Integration von Wissen aus unterschiedlichen Bereichen nahelegt (Sachse & Hacker 1995, Badke-Schaub 2007), sowie durch Externalisierungen und Kommunikation begleitet bzw. unterstützt wird. Dieses Vorgehen zeichnet sich nicht durch einen linearen Verlauf oder den aus-

schließlichen Rückgriff auf Lösungsalgorithmen aus (Goldschmidt 2003, Schroda 2000), sondern lässt sich als ein opportunistisches Vorgehen (Hayes-Roth & Hayes-Roth 1979) mit systematischen Episoden (Hacker & Sachse 2006), auch Iterationen beinhaltendes Vorgehen (Sachse 1999) beschreiben.

Das Bearbeiten von Problemstellungen im Technischen Design kann daher als ein **komplexes** (in Hinsicht auf die Charakteristik des Problems) und **multipl**es (in Bezug auf die Teilprobleme) **Problemlösen** aufgefasst werden (Englisch et al. 2008).

1.2 Bedeutung von Externalisierungen

Die Externalisierungen, die sich im Zusammenhang mit individuellen Entwurfsprozessen im Technischen Design beobachten lassen, können wie folgt unterteilt werden: Externalisierungen, die den Entwurfsprozess begleiten und Externalisierungen, die der Veranschaulichung bzw. Dokumentation des Vorgehens dienen (Bild 1).

1.2.1 Den Entwurfsprozess begleitende Externalisierungen

Das dargelegte Vorgehen bei der Bearbeitung von Entwurfsproblemen (sog. „design problem solving“) kann wirkungsvoll durch die Erarbeitung und Nutzung von Externalisierungen oder Artefakten des Darstellungshandelns – bspw. Notizen, Skizzen, Berechnungen, materielle oder virtuelle Modelle – unterstützt werden. Dabei beeinflussen unterschiedliche Möglichkeiten der Externalisierung in den verschiedenen Phasen des Entwurfsprozesses denselben positiv (Vgl. Buxton 2007, Jaarsveld & van Leeuwen 2005, Sachse et al. 2004, Rodgers et al. 2000, Purcell & Gero 1998, Galle & Kovács 1992, Carroll et al. 1980) – u. a. durch die mögliche:

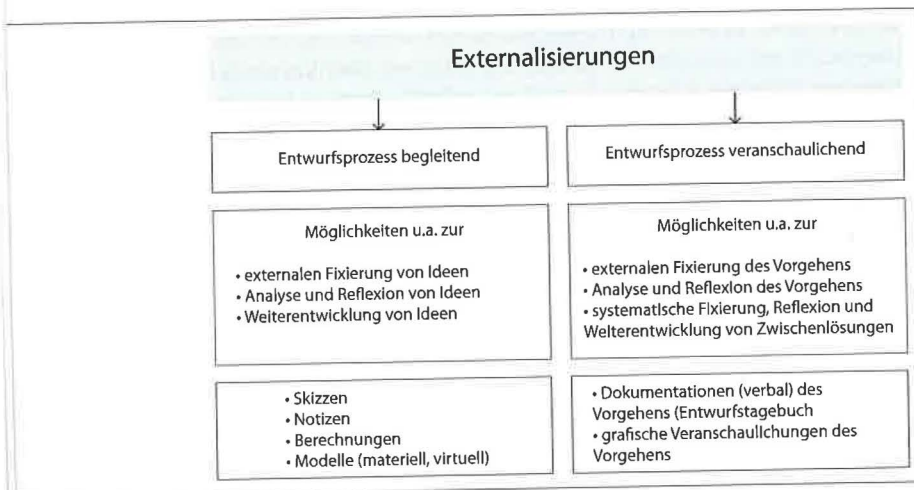
- Speicherung und Dokumentation,
- Analyse, Evaluation und Weiterentwicklung sowie
- Kommunikation von Ideen.

Als besonders bedeutsam stellen sich diese Punkte nicht nur in Hinblick auf die begrenzte Kapazität des so genannten Arbeitsgedächtnisses heraus, sondern auch durch die Besonderheiten, die sich aus den Charakteristika des Entwerfens ergeben: Zu Beginn des Entwurfsprozesses ist aufgrund der Eigenschaften von „ill-defined problems“ weder eine systematische noch vollständige

Problemzerlegung bzw. -analyse möglich. Zwar wird ein „key concept“ (Dorst & Cross 2001), ein „hypothetischer Gesamtentwurf“ (Uhlmann 2005) erarbeitet, der das zu entwerfende Objekt in seinen entscheidenden Eigenschaften grafisch vorwegnimmt, eine Detaillierung und Klärung einzelner Aspekte in Bezug auf die Funktion oder die Form erfolgt an dieser Stelle jedoch noch nicht. Somit entwickeln sich erst aus diesem Gesamtentwurf und weiterhin sukzessive aus der Bearbeitung der einzelnen Teilprobleme oder deren Lösungen weitere Teilprobleme (vgl. Thomas & Carroll 1979). Diese werden dann in einem unregelmäßigen Wechsel zwischen den einzelnen Problembereichen (Teilproblemen) aber auch im Wechsel zwischen unterschiedlichen Abstraktionsebenen (Ebene Gesamtproblem vs. Ebene Teilprobleme) bearbeitet (vgl. dazu auch Sachse 1999). Dabei ist auch das Wissen um die Abhängigkeiten zwischen den Teilproblemen von entscheidender Bedeutung (Galle & Kovács 1992) – bestimmte gestalterische Möglichkeiten gehen mit Anforderungen an funktionale Aspekte einher, während einzelne funktionale Ansätze bestimmte gestalterische Umsetzungen ermöglichen und andere unterbinden.

Der **Nutzen**, der mit den Entwurfsprozesse begleitenden Externalisierungen einhergeht, wurde bereits umfassend untersucht (s. o.). Dem Nutzen entgegen stehen jedoch die sich ergebenden **Kosten**: Zunächst bedeutet das Erstellen von Artefakten einen zusätzlichen zeitlichen Aufwand – sei es durch das Nieder-

Bild 1:
Übersicht zur
Differenzierung
von Externalisierungen



schreiben von Berechnungen, das Erstellen und Überarbeiten von Skizzen oder das Anfertigen materieller bzw. virtueller Modelle. Neben dem rein zeitlichen Aufwand ergeben sich jedoch auch materielle Zusatzbelastungen, die durch Materialkosten (für die Herstellung der Arbeitsmodelle oder des Zielobjektes, für Papier etc.) entstehen. Der zusätzlich notwendige materielle und zeitliche Aufwand (im Sinne von sich ergebenden Kosten) kann jedoch einerseits durch die in Kosten und Komplexität an den Entwurfsprozess angepassten Externalisierungen (einfache Skizzen und Modelle vs. komplexe Skizzen, Zeichnungen und aufwändige Modelle) moderiert und durch die qualitativen Verbesserungen der Lösungen aufgewogen werden (Hacker & Sachse 2006).

1.2.2 Den Entwurfsprozess veranschaulichende Externalisierungen

Auch die **Kosten**, die sich aus der Nutzung der verbalen und grafischen Veranschaulichung des Vorgehens ergeben, werden an dieser Stelle in zeitlichen und materiellen Aufwand unterteilt: Neben der Bearbeitung des jeweiligen Entwurfsprojektes müssen demnach Externalisierungen angefertigt werden, die die jeweiligen Schritte im Entwurfsprozess dokumentieren, ohne das Vorgehen selbst zu beeinträchtigen (Ball & Ormerod 1995). Dieses Systematisieren der den Entwurfsprozess begleitenden Externalisierungen, das Verbalisieren und Reflektieren aber auch das Einarbeiten in die Besonderheiten des Instrumentes (vgl. dazu auch Scaife & Rogers 1996) erfordert in erster Linie einen zusätzlichen Aufwand an Zeit. Darüber hinaus ist mit der Erstellung von Artefakten zur Dokumentation bzw. Veranschaulichung des individuellen Vorgehens auch ein materieller Aufwand verbunden – dies spiegelt sich in der Verwendung von Papier und „Bleistift“ oder auch dem Einsatz von Geräten (PC, sog. „graphic tablets“ etc.).

Während jedoch bei den Externalisierungen, die den Entwurfsprozess begleiten, die Funktion – und damit die Nützlichkeit – intuitiv einsichtig erscheint, wird der **Nutzen** von veranschaulichenden Externalisierungen vor dem Hintergrund theoretischer Überlegungen nachvollziehbar (siehe auch Debitz et al. 2009). Durch die Charakteristik von Entwurfsproblemen als „ill-defined problems“ und die damit einhergehende unvollständige Vorwegnahme des Zielobjektes erfolgt im Laufe des Entwurfsprozesses die

Erarbeitung von Teilproblemen und deren Bearbeitung. Diese Dekomposition sollte explizit erfolgen, um ein Zurückverfolgen bereits erreichter Zwischenlösungen, deren Bewertung (zur Bedeutung der Lösungsevaluation Fricke 1996, Goel & Pirolli 1992) und der angewendeten Lösungsstrategien nicht nur innerhalb eines Projektes sondern auch über verschiedene Projekte hinweg zu vereinfachen (im Sinne eines „findfreundlichen Dokumentierens“ Schroda & Sachse 2000) – dies kann durch ein geeignetes Instrument nicht nur nahegelegt, sondern auch erleichtert werden. Die parallele Datierung und Zuordnung von den Entwurfsprozess begleitenden Externalisierungen dient darüber hinaus der zusätzlichen Vereinfachung des Nachvollziehens bzw. Reflektierens des Vorgehens. Diese dargestellten Vorteile bilden auch den Ansatzpunkt zur Vermittlung fachunspezifischer Vorgehensweisen beim Entwerfen technischer Objekte (vgl. Debitz et al. 2010).

Im Zentrum des Interesses sollen im weiteren Verlauf **Externalisierungen** stehen, die **individuelle Entwurfsprozesse veranschaulichen** – also Artefakte zur Dokumentationen und Abbildung des Vorgehens.

2 Empirischer Hintergrund

In der Studienrichtung Technisches Design werden die Studierenden in einem projektorientierten Studium von den Betreuenden an der Universität zur reflektierten Bearbeitung einzelner Projekte angeleitet. Dies beinhaltet neben der inhaltlichen bzw. fachlichen Unterstützung unter anderem auch die Hilfe bei der zeitlichen Organisation des individuellen Vorgehens. Darüber hinaus werden die Studierenden dazu ermuntert, ihre Vorgehensweise in Gestalt eines so genannten „Entwurfstagebuches“, welches Skizzen, Berechnungen, Notizen und Modelle etc. beinhaltet, festzuhalten. Nach der qualitativen Analyse von zwanzig studentischen Dokumentationen aus unterschiedlichen Phasen des Studiums (Belege, Projektarbeiten, Diplomarbeiten etc.) ließen sich unter anderem die nachstehenden Punkte zur Nutzung dieses „Entwurfstagebuches“ herausarbeiten:

- Die Dokumentationen werden nicht zwingend und wie angeregt den Entwurfsprozess begleitend angefertigt – sie sind vielmehr oftmals im Nachhinein angefertigte „Gedächtnisprotokolle“ des Vorgehens.

- Einige Studierende merken in den vorliegenden „Entwurfstagebüchern“ reflektierend an, dass im Laufe des Entwurfsprozesses der Zugang zu einzelnen, bereits erzielten Zwischenlösungen (Lösungen von Teilproblemen) problematisch war.
- Nicht nur innerhalb eines Projektes sondern auch für die nachfolgenden Projektarbeiten war der Rückgriff auf bereits erreichte Lösungen oder erfolgreich genutzte Lösungsstrategien problematisch.

Für die Studierenden war demnach der mit dem Anfertigen einer projektbegleitenden verbalen Dokumentation verbundene Aufwand (somit die entstehenden „Kosten“ in Bezug auf die zur Verfügung stehende Zeit) größer als der sich ergebende Nutzen. Aus der Analyse der „Entwurfstagebücher“ ergab sich das Ziel, ein Instrument zu entwickeln, welches den Entwurfsprozess im Technischen Design möglichst gut unterstützen kann. Auf diese Weise sollte ein Verfahren gefunden werden, welches für die Studierenden

- mit einem möglichst geringen zeitlichen und materiellen Zusatzaufwand verbunden ist,
 - den Entwurfsprozess möglichst nicht beeinflusst (vgl. Visser 2003),
 - aber zugleich eine Durchdringung der Problemstruktur ermöglicht (vgl. Kokotovich 2008, Carroll et al. 1980),
 - den Rückgriff auf einzelne Zwischenlösungen erleichtert,
 - und schließlich die Reflexion des Vorgehens erlaubt.
- Im Bereich der Konstruktion findet zu diesem Zweck bereits die erprobte „Konstruktionslandkarte“ (Schroda & Sachse 2000) Anwendung. In Anlehnung an dieses Instrument wurde eine „**Landkarte zur Dokumentation des Vorgehens im Technischen Design**“ entwickelt (Bild 2).

Diese Landkarte beinhaltet einerseits Raum zur zeitlichen Planung des Entwurfsprozesses, ermöglicht auf veranschaulichtem Weg die Dokumentation desselben und dient der Reflexion des Vorgehens – sowohl in Bezug auf die erreichten Zwischenlösungen als auch das erarbeitete Objekt.

In einem ersten Schritt nehmen die Studierenden mit Hilfe der „Landkarte“ die zeitliche Einordnung der Arbeit vor – es werden unter anderem Termine für den Beginn der Arbeit, die Erstellung des Konzeptes und die abschließende Abgabe festgesetzt. Begleitend zur Arbeit an der gegebenen Problemstellung werden die einzelnen Teilprobleme charakterisiert, datiert und hinsicht-

lich der erreichten Lösungsgüte bewertet. Einfache Pfeile dienen darüber hinaus dazu, die Abfolge der Bearbeitung der Teilprobleme zu verdeutlichen, Neubearbeitungen/Iterationen abzubilden und Doppelpfeile zudem dazu, Interaktionen zwischen einzelnen Teilproblemen zu veranschaulichen. In einem abschließenden Schritt bewerten die Studierenden die erreichte Lösung, d. h. das erarbeitete Objekt. Ein Beispiel zu einer ausgefüllten „Landkarte“ (Ausschnitt) findet sich in Bild 3.

Deutlich wird an dieser Arbeit, dass der Entwerfende zunächst ein verbales Konzept/Designkonzept („China Boot – sportlich variabel“) erarbeitet, welches über einen längeren Zeitraum hinweg weiter bearbeitet wird. Trotz zeitlich intensiver Bearbeitung schätzt der Studierende die Zufriedenheit mit dem erreichten Ergebnis als im mittleren Bereich liegend ein („eher zufrieden“). Dennoch erfolgt keine weitere Bearbeitung/Überarbeitung des Designkonzeptes. Parallel werden unterschiedliche Teilprobleme, die sich sowohl durch technische/funktionale als auch gestalterische Aspekte

Bild 2: Ausschnitt aus der „Landkarte zur Dokumentation des Vorgehens im Technischen Design“ – Version 1

Name: _____ Semester: _____

Projekt: _____

Beginn der Arbeit am Projekt / Werk: _____

Designkonzept

Zeitraum der Bearbeitung: _____

Zufriedenheit mit dem Designkonzept

unzufrieden	eher unzufrieden	neutral	eher zufrieden	zufrieden
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>

Anmerkungen: _____

Hypothetischer Gesamtwurf

Zeitraum der Bearbeitung: _____

Zufriedenheit mit dem hypothetischem Gesamtwurf

unzufrieden	eher unzufrieden	neutral	eher zufrieden	zufrieden
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Anmerkungen: _____

Teilproblem

Technisch (Funktionalität)
 Gestalterisch (Design)

Zeitraum der Bearbeitung: _____

Hilfsmittel und deren Funktion:

<input type="radio"/> Skizzen	
<input type="radio"/> Notizen	
<input type="radio"/> Materielle Modelle	
<input type="radio"/> Weiteres	

Zufriedenheit mit Lösung des Problems

unzufrieden	eher unzufrieden	neutral	eher zufrieden	zufrieden
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>

Anmerkungen: _____

Teilproblem

Technisch (Funktionalität)
 Gestalterisch (Design)

Zeitraum der Bearbeitung: _____

Hilfsmittel und deren Funktion:

<input type="radio"/> Skizzen	
<input type="radio"/> Notizen	
<input type="radio"/> Materielle Modelle	
<input type="radio"/> Weiteres	

Zufriedenheit mit Lösung des Problems

unzufrieden	eher unzufrieden	neutral	eher zufrieden	zufrieden
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Anmerkungen: _____

Beginn der Arbeit am Projekt-Werk: 01.09.08

Designkonzept

China Boot - sportlich variabel

Zeitraum der Bearbeitung: 01.10.08 - 01.01.09

Zufriedenheit mit dem Designkonzept

unzufrieden	eher unzufrieden	neutral	eher zufrieden	zufrieden
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>

Anmerkungen: _____

Hypothetischer Gesamtwurf

Zeitraum der Bearbeitung: 15.11.08 - 30.01.09

Zufriedenheit mit hypothetischem Gesamtwurf

unzufrieden	eher unzufrieden	neutral	eher zufrieden	zufrieden
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>

Anmerkungen: _____

Teilproblem 1

Rumpf/Boot

Technisch (Funktionalität)
 Gestalterisch (Design)

Zeitraum der Bearbeitung: 15.10.08 - 15.02.09

Hilfsmittel und deren Funktion:

<input checked="" type="radio"/> Skizzen	<i>Seitenansicht</i>
<input type="radio"/> Notizen	<i>Skizzen/Grafik</i>
<input type="radio"/> Materielle Modelle	<i>3D Rhino Modell/Mount</i>
<input type="radio"/> Weiteres	<i>Bearbeitung</i>

Zufriedenheit mit Lösung des Problems:

unzufrieden	eher unzufrieden	neutral	eher zufrieden	zufrieden
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>

Anmerkungen: *über keine Änderungen*

Teilproblem 2

Indersystem Rumpf/Boot

Technisch (Funktionalität)
 Gestalterisch (Design)

Zeitraum der Bearbeitung: 25.10.08 - 30.10.08

Hilfsmittel und deren Funktion:

<input type="radio"/> Skizzen	
<input type="radio"/> Notizen	<i>House Egg Mount</i>
<input type="radio"/> Materielle Modelle	<i>Tom Xaden Balsa schicht</i>
<input type="radio"/> Weiteres	<i>Obi. Klemme</i>

Zufriedenheit mit Lösung des Problems:

unzufrieden	eher unzufrieden	neutral	eher zufrieden	zufrieden
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Anmerkungen: *Neigung / nach*

Teilproblem 3a

Caddy Cabin Variante

Technisch (Funktionalität)
 Gestalterisch (Design)

Zeitraum der Bearbeitung: _____

Hilfsmittel und deren Funktion:

<input type="radio"/> Skizzen	<i>City 1 Handl.</i>
<input type="radio"/> Notizen	
<input type="radio"/> Materielle Modelle	
<input type="radio"/> Weiteres	

Zufriedenheit mit Lösung des Problems:

unzufrieden	eher unzufrieden	neutral	eher zufrieden	zufrieden
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Anmerkungen: _____

Teilproblem 4

Motor (Inboard/Outboard) Variation

Technisch (Funktionalität)
 Gestalterisch (Design)

Zeitraum der Bearbeitung: _____

Hilfsmittel und deren Funktion:

<input type="radio"/> Skizzen	
<input type="radio"/> Notizen	
<input type="radio"/> Materielle Modelle	
<input type="radio"/> Weiteres	

Zufriedenheit mit Lösung des Problems:

unzufrieden	eher unzufrieden	neutral	eher zufrieden	zufrieden
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Anmerkungen: _____

auszeichnen, über längere Zeiträume hinweg intensiv bearbeitet („Rumpf/Boot“, „Motor inboard/outboard Variation“ etc.). Diese stehen in intensiver Interaktion miteinander (in Bild 3 deutlich an den Doppelpfeilen) und werden auch durch diese Interaktion häufig zeitlich parallel bearbeitet (dicke Pfeile in Bild 3). Obwohl bei einigen Teilproblemen nach Einschätzung des Entwerfenden nur eine mittlere Lösungsgüte erzielt werden konnte („unentschieden“ bzw. „eher zufrieden“), wird nicht erkennbar, dass die erreichten Teillösungen noch einmal überarbeitet werden. Abschließend wird die Zufriedenheit mit der Lösungsgüte des entworfenen Objektes durch den Studierenden mit „überwiegend zufrieden“ eingeschätzt.

3 Schlussfolgerungen & Ausblick

Es wurde zunächst durch theoretische Aspekte verdeutlicht, wie die „Landkarte zur Dokumentation des Vorgehens im Technischen Design“ einen Beitrag zur Erleichterung des Vorgehens bei der Bearbeitung von Projekten im Technischen Design zu leisten

Bild 3: Ausschnitt aus einer angewendeten „Landkarte zur Dokumentation des Vorgehens im Technischen Design“

vermag. Ein Beispiel aus der Praxis diene dabei zur Veranschaulichung des Instrumentes. Damit wurde aus dem von den „Betroffenen“ entwickelten und eingesetzten Instrument des „Entwurfstagebuches“ ein Instrument erarbeitet, das mit möglichst wenig zusätzlichen Kosten/Aufwand zur Dokumentation, Veranschaulichung und Reflexion des Entwurfsprozesses beitragen kann. Zusätzlichen Nutzen verspricht die „Landkarte“ durch die sich ergebende Möglichkeit, den Lösungsweg auch zu einem späteren Zeitpunkt nachvollziehen zu können, sowie auf bereits entwickelte Teillösungen und erfolgreich eingesetzte Lösungsstrategien in weiteren Projekten zurückgreifen zu können. In einem weiteren Schritt wird eine überarbeitete Version der „Landkarte zur Dokumentation des Vorgehens im Technischen Design“ von Studierenden erprobt. Darüber hinaus ist angedacht, die Landkarte nicht nur im Bereich der Lehre bzw. der Ausbildung Studierender einzusetzen, sondern auch die Arbeitswelt von Designern (im Bereich Industrial/Technisches Design) zu erschließen.

Literatur

- Badke-Schaub, P. (2007). Why designing is best described as complex problem solving – and why designers are best described as human beings. In: P. Badke-Schaub, C. Cardoso, K. Lauche & N. Roozenburg (Hrsg.). *Design Theory and Methodology*, TU Delft, 3-26.
- Ball, L. J & Ormerod, T. J. (1995). Structured and opportunistic processing in design: a critical discussion. In: *International Journal of Human-Computer Studies*, 43, 131–151.
- Buxton, B. (2007). *Sketching User Experiences: getting the design right and the right design*. Amsterdam: Elsevier/Morgan Kaufmann.
- Carroll, J.M., Thomas, J.C. & Malhotra, A. (1980). Presentation and representation in design problem-solving. In: *British Journal of Psychology*, 71, 143–153.
- Debitz, U., Hacker, W. & Winkelmann, C. (2009). Innovation of the process of innovation. Human centred support of Design Problem Solving. Ergebnisse der zweiten Untersuchungsphase. TU Dresden: Projektberichte Heft 63.
- Debitz, U., Hacker, W. & Winkelmann, C. (2010). Unterstützung der Ausbildung im Design Problem Solving. In: *Journal Psychologie des Alltagshandelns*, 3, 1, 2–18.
- Dörner, D., Kreuzig, H. W., Reither, F. & Stäudel, T. (1994). Lohhausen. Vom Umgang mit Unbestimmtheit und Komplexität. Bern: Hans Huber.
- Dorst, K. & Cross, N. (2001). Creativity in the design process: co-evolution of problem-solution. *Design Studies*, 22, 425–437.
- Duncker, K. (1963). *Zur Psychologie des produktiven Denkens*. Berlin: Springer.
- Eckersley, M. (1988). The form of design processes: a protocol analysis study. In: *Design Studies*, Vol. 9, 2, 86–94.
- Englisch, U., Sachse, P. (2006). Vergleich schöpferischer Entwurfstätigkeiten. In: *Journal für Psychologie*. 14, 3–4, 331-347.
- Englisch, U., Sachse, P. & Uhlmann, J. (2008). Comparing Actions of Creative Designing. In: D. Marjanovič, M. Štorga, N. Pavkovič & N. Bojčetič (eds.). *Proceedings of the DESIGN 2008. 10th International Design Conference*, Dubrovnik, Croatia: University of Zagreb, 1009–1016.
- Englisch, U., Sachse, P. & Uhlmann, J. (2009). Analyse individueller Entwurfsprozesse im Technischen Design. In: N. Hentsch, G. Kranke, C. Wölfel, J. Krzywinski & F. Drechsel (Hrsg.). *Innovation durch Design*. Dresden: TUDpress.
- Fricke, G. (1996). Successful Individual Approaches in Engineering Design. In: *Design Studies*, 8, 151–165.
- Galle, P. & Kovács, L. B. (1992). Introspective observations of sketch design. In: *Design Studies*, 13, 3, 229–272.
- Goel, V. & Pirolli, P. (1992). The Structure of Design Problem Spaces. In: *Cognitive Science*, 16, 395–429.
- Goldschmidt, G. (2003). Cognitive economy in design reasoning. In: U. Lindemann (ed.). *Human Behaviour in Design*. Heidelberg: Springer, 53–62.
- Hacker, W. & Sachse, P. (2006). Entwurfstätigkeiten und ihre psychologischen Unterstützungsmöglichkeiten. In: B. Zimolong & U. Konradt (Hrsg.). *Enzyklopädie der Psychologie*. Themenbereich D, Serie III, Bd. 2: *Ingenieurpsychologie*, Göttingen: Hogrefe, 671–707.
- Hayes-Roth, B. & Hayes-Roth, F. (1979). A Cognitive Model of Planning. In: *Cognitive Science*, 3, 275–310.
- Ho, C.-H. (2001). Some phenomena of problem decomposition strategy for design thinking: differences between novices and experts. In: *Design Studies*, 22, 27–45.

- Jaarsveld, S. & van Leeuwen, C. (2005). Sketches from a Design Process: Creative Cognition Inferred From Intermediate Products. In: *Cognitive Science*, 29, 79–101.
- Kokotovich, V. (2008). Problem analysis and thinking tools: an empirical study of non-hierarchical mind mapping. In: *Design Studies*, 29, 49–69.
- Liikkanen, L.A. & Perttula, M. (2009). Exploring problem decomposition in conceptual design among novice designers. In: *Design Studies*, 30, 38–59.
- Purcell, A.T. & Gero, J.S. (1998). Drawings and the design process. In: *Design Studies*, 19, 389–430.
- Reitman, W.R. (1964). Heuristic decision procedures, open constraints, and the structure of ill-defined problems. In: M.W. Shelly & G.L. Bryan (Hrsg.). *Human Judgement and Optimality*. New York: John Wiley, 282–315.
- Rodgers, P.A., Green, G. & McGown, A. (2000). Using concept sketches to track design progress. In: *Design Studies*, 21, 451–464.
- Sachse, P. (1999). Unterstützen des entwerfenden Problemlösens im Konstruktionsprozess durch Prototyping. In: P. Sachse & A. Specker (Hrsg.). *Design Thinking. Analyse und Unterstützung konstruktiver Entwurfstätigkeiten*. Zürich: vdf, 68–138.
- Sachse, P. & Hacker, W. (1995). *Wie denkt, handelt der Konstrukteur?* TU Dresden: Institut für Allgemeine Psychologie und Methoden der Psychologie, Band 24.
- Sachse, P., Hacker, W. & Leinert, S. (2004). Externes Denken beim Problemlösen – unterstützt das Skizzieren auch die Problemanalyse? In: *Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie*, 48, 193–202.
- Scaife, M. & Rogers, Y. (1996). External cognition: How do graphical representations work? In: *International Journal of Human-Computer Studies*, 45, 185–213.
- Schroda, F. (2000). „Über das Ende wird am Anfang entschieden“. Zur Analyse der Anforderungen von Konstruktionsaufträgen. http://edocs.tu-berlin.de/diss/2000/schroda_frauke.htm, veröffentlicht 2000, 28.10.2008.
- Schroda, F. & Sachse, P. (2000). Die Konstruktions-Landkarte. Planung, Dokumentation und Selbstreflexion des Konstruktionsprozesses. In: *Konstruktion*, 2000,3, 48–50.
- Thomas, J.C. & Carroll, J.M. (1979). The Psychological Study of Design. In: *Design Studies*, 1, 5–11.

- Uhlmann, J. (2005). *Die Vorgehensplanung Designprozess für Objekte der Technik*. Dresden: TUDpress.
- Visser, W. (2003). Dynamic aspects of individual design activities. A cognitive ergonomics viewpoint. In: U. Lindemann (Hrsg.). *Human Behaviour in Design*. Heidelberg: Springer, 87–96.

Kontakt

Dipl.-Psych. Ulrike Englisch
 Prof. Dr. rer. nat. habil. Dipl.-Psych. Pierre Sachse
 Leopold-Franzens-Universität Innsbruck
 Institut für Psychologie
 Fachbereich Allgemeine Psychologie
 A-6020 Innsbruck
www.allgemeine-psychologie.info

Prof. Dr. phil. habil. Johannes Uhlmann
 ehemaliger Inhaber der Professur Technisches Design
 Technische Universität Dresden
www.tu-dresden.de/design