

Der Einfluss von Modellierungswerkzeugen auf Qualität und Quantität von Modellen – Eine empirische Untersuchung

Iris Trojahner¹, Jens Weller², Bärbel Fürstenau¹, Werner Esswein³

¹Technische Universität Dresden
Lehrstuhl Wirtschaftspädagogik
01062 Dresden
{iris.trojahner|baerbel.fuerstenau}@tu-dresden.de

²Technische Universität Dresden
Institut für Werkzeugmaschinen und Steuerungstechnik
01062 Dresden
jens.weller@tu-dresden.de

³Technische Universität Dresden
Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik insb. Systementwicklung
01062 Dresden
werner.esswein@tu-dresden.de

Abstract: Modellierungswerkzeuge haben sich in den letzten Jahren als Hilfsmittel für die Modellerstellung etabliert. Dabei wird unterstellt, dass deren Nutzung keinen Einfluss auf den Inhalt der Modelle hat. Anderslautende Hinweise aus der Literatur werden, vor allem aufgrund der Vorteile dieser Werkzeuge, ignoriert. Um für weitere wissenschaftliche Arbeiten Klarheit zu schaffen, untersucht der vorliegende Beitrag die Fragestellung, ob sich Modelle, welche mit Hilfe von Modellierungswerkzeugen unter Verwendung der Modellierungssprache Conceptual Graphs erstellt werden, von Modellen, die mit Papier und Bleistift entstehen, unterscheiden. Mit Hilfe einer empirischen Studie wird gezeigt, dass die computergestützte Modellierung keine Nachteile gegenüber der Modellierung mit Papier und Bleistift aufweist.

1 Einleitung

Grafische Modelle haben sich in den letzten Jahren als Hilfsmittel in Wissenschaft und Praxis etabliert [Fr03, We03, Fe09]. Für die Erzeugung der Modelle kommen dabei häufig Modellierungswerkzeuge zum Einsatz. Dadurch werden auf der einen Seite eine elektronische Syntaxprüfung sowie die verteilte Modellierung unterstützt [De08]. Auf der anderen Seite ermöglicht die elektronische Ablage von Modellen auch deren Transformation und Nutzung durch technische Systeme [Es09].

Bei der Verwendung von Modellierungswerkzeugen wird angenommen, dass deren Einsatz im Vergleich zur Verwendung von Papier und Bleistift keine Auswirkung auf den Inhalt der Modelle hat. In der Literatur finden sich jedoch durchaus Hinweise, dass zwischen beiden Explikationen Unterschiede bezüglich der (inhaltlichen) Qualität der Modelle zu verzeichnen sind [TRR02]. Insbesondere wenn Modelle nicht für die bloße Kommunikation, sondern auch für die Bewertung der internen Wissensstrukturen des Modellierers verwendet werden sollen [FT05], muss ein solcher Unterschied jedoch ausgeschlossen oder aber genau definierbar sein, um verwertbare Erkenntnisse zu erzielen. Der vorliegende Beitrag widmet sich dieser Problematik. Anhand einer empirischen Studie wird geklärt, ob sich die Ergebnisse computergestützter Modellierung von denen, die auf herkömmliche Weise im Papier und Bleistift-Verfahren gewonnen wurden, in Umfang und/oder Qualität unterscheiden. Innerhalb der Untersuchung kommt dabei die Modellierungssprache der Conceptual Graphs [So06] zum Einsatz.¹

Der Beitrag ist wie folgt gegliedert. Zunächst werden die Einflussfaktoren aus der Literatur aufgearbeitet und so die Studie vorbereitet. Danach wird der Aufbau der Studie vorgestellt. Anschließend werden die Ergebnisse der Untersuchung präsentiert und im Kontext der obigen Fragestellung diskutiert. Der Artikel schließt mit einer Zusammenfassung und einem Ausblick auf zukünftige Forschung.

2 Einflussfaktoren auf die Explikation bei der Modellbildung

Modelle werden in der Wirtschaftsinformatik heute zumeist als Repräsentationen eines Originals verstanden. Sie sind das Ergebnis eines Konstruktionsprozesses [Th05]. Während dieses Prozesses expliziert der Modellierer seine interne Vorstellung vom Original, auch als mentales Modell bezeichnet, mit Hilfe einer Modellierungssprache [Sc98]. Die Explikation erfolgt dabei unter Zuhilfenahme verschiedener Werkzeuge, die sich u. a. hinsichtlich des verwendeten Mediums unterscheiden können.

Die Qualität des erzeugten Modells unterliegt somit verschiedenen Einflussfaktoren. Dabei sind Faktoren, die aus individuellen Merkmalen des Modellierers resultieren, von den Einflussfaktoren, die in den verwendeten Werkzeugen und Medien zur Explikation begründet sind, zu unterscheiden.

¹ Die Entscheidung für die Modellierungssprache Conceptual Graphs fiel im Zusammenhang mit dem wirtschaftspädagogischen Hintergrund der durchgeführten Studie. So wird diese Modellierungssprache seit den 1980er Jahren zur Darstellung und Diagnose komplexer Begriffs- bzw. Wissensstrukturen genutzt [NG84]. Im Zusammenhang mit dieser als ‚Concept Mapping‘ bekannten Explikationsmethode kommen in jüngster Zeit vielfach computergestützte Werkzeuge zum Einsatz, deren Wirkung auf die explizierten Strukturen bislang kaum hinterfragt wurde.

2.1 Personbezogene Einflussfaktoren des Modellierers

Die Literatur nennt als personbezogene Einflussfaktoren insbesondere das Vorwissen über das explizierte Original, das mediale Vorwissen [Cr06, JG93], das räumliche Vorstellungsvermögen des Modellierers [Ha02] sowie das thematische Interesse am Original [St04], wobei den ersten beiden Einflussfaktoren eine besondere Bedeutung beigemessen wird [Ma07]. Mediales Vorwissen, häufig auch als kognitive Komponente der Computer Literacy bezeichnet, umfasst „die Gesamtheit von prozeduralen und deklarativen Wissensbeständen, die für einen kompetenten Umgang mit dem Computer zielführend sind“ [RNG01]. Darüber hinaus ist davon auszugehen, dass auch die Sicherheit und Vertrautheit mit dem einzusetzenden Werkzeug sowie die Einstellung gegenüber dem Erhebungswerkzeug einen Einfluss auf die Modellerstellung ausüben [RNG01].

2.2 Werkzeugabhängige Einflussfaktoren

Zur Beschreibung des Ausmaßes, in dem computergestützte Werkzeuge dem Menschen bei der Erfüllung seiner Aufgaben hilfreich sind, hat sich der Begriff der Usability etabliert. Usability ist das „...Ausmaß, in dem ein Produkt durch bestimmte Benutzer in einem bestimmten Nutzungskontext genutzt werden kann, um bestimmte Ziele effektiv, effizient und mit Zufriedenheit zu erreichen“ [De98]. Usability beschreibt demnach die adäquate Handhabung eines Produkts bzw. dessen Anpassung an die Bedürfnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten sowie Wünsche des Nutzers [Ni08], wobei die Messung der Usability anhand der Merkmale Effektivität, Effizienz und Zufriedenheit erfolgen kann.

3 Studie zur Bestimmung des Einflusses des Mediums auf die Explikation mentaler Modelle

3.1 Forschungsfrage

Ausgehend von der im Kapitel 1 beschriebenen Motivation, soll geklärt werden, ob sich die Ergebnisse computergestützter Modellierung von denen, die auf herkömmliche Weise im Papier und Bleistift-Verfahren gewonnen wurden, in Quantität und/oder Qualität unterscheiden. Unter Berücksichtigung des skizzierten Modellierungsprozesses kann die Forschungsfrage für die Studie daher folgendermaßen formuliert werden:

Welche Auswirkungen hat das bei der Explikation von mentalen Modellen verwendete Werkzeug auf die Qualität und Quantität der erstellten Modelle?

Als Explikationswerkzeuge kommen dabei ein nicht-IT-basiertes Werkzeug (in Form einer Explikation mit Papier und Bleistift) sowie ein Software-Modellierungswerkzeug zum Einsatz. Alle Modelle werden mit Hilfe der Modellierungssprache Conceptual Graphs [So06] erstellt.

3.2 Aufbau und Durchführung der Untersuchung

An der Studie beteiligten sich 40 Studenten der Wirtschaftswissenschaften (vgl. Tabelle 1), welche in einem Laborexperiment unter Kontrolle potentieller Störvariablen jeweils ein Modell zum Thema Inflation erstellen sollten. Die Modelle wurden anschließend in Bezug auf ihre Qualität und Quantität bewertet. Die Probanden wurden zufällig auf zwei Versuchsgruppen aufgeteilt, wobei die erste Gruppe als Werkzeug Papier und Bleistift, die zweite Gruppe das Modellierungswerkzeug Cubetto Toolset [Cu10] verwendete.

Merkmale der Probanden	Gruppe Cubetto	Gruppe Papier&Bleistift	gesamt
Probanden insgesamt:	21	19	40
Geschlecht: männlich/weiblich:	5/16	5/14	10/30
Durchschnittsalter:	21,3	22,4	21,8

Tabelle 1: Übersicht über die Probanden und die Zusammensetzung der Gruppen

Um die im Abschnitt 2.1 skizzierten personenbezogenen Einflüsse auf die Explikation zu kontrollieren, war es notwendig, das themenbezogene Vorwissen sowie die Erfahrungen und Einstellungen der Probanden im Zusammenhang mit Computern zu ermitteln. Hierfür absolvierten alle Probanden im Vorfeld der Studie zunächst einen themenbezogenen Wissenstest und beantworteten mehrere Fragebögen zur Computerbildung, welche insbesondere die Vertrautheit/Sicherheit im Umgang mit Computern (VECA und SUCA) sowie die Einstellung zum Computer im Allgemeinen (FIDEC) abfragten und dem Inventar zur Computerbildung (INCOBI) [RNG01] entnommen wurden. Der Wissenstest umfasste fünf Fragen zum Thema Inflation für deren Beantwortung im Essay-Format den Probanden jeweils 5 Minuten Zeit gewährt wurde [Gö07, Kö07, Ka08].

Um ungewollte Einflüsse durch unterschiedliche Kenntnis der eingesetzten Werkzeuge zu vermeiden, erhielten alle Probanden außerdem ein Training zur Anwendung der Modellierungssprache, das für beide Gruppen an das jeweils verwendete Explikationswerkzeug (Cubetto bzw. Papier und Bleistift) angepasst wurde.

Nach diesen vorbereitenden Aktivitäten erfolgte die eigentliche Modellierung. Da aufgrund der Auswahl der Probanden eine gewisse Affinität zu wirtschaftsbezogenen Themen unterstellt werden konnte, erhielten die Teilnehmer die Aufgabe, ihr Wissen bzw. ihre mentalen Modelle zum Thema Inflation in Form eines entsprechenden Modells zu explizieren. Dabei sollten sie insbesondere auf die verschiedenen Ursachen einer Inflation sowie auf die zwischen diesen Ursachen bestehenden Zusammenhänge eingehen.² Die Bearbeitungszeit war für beide Gruppen identisch und betrug 30 Minuten.

² Die exakte Aufgabenstellung lautete dabei wie folgt: „Was verstehen Sie unter dem Begriff der ‚Inflation‘? Erklären Sie die Entstehung einer Inflation! Beziehen Sie dabei verschiedene mögliche Ursachen in Ihre Überlegungen ein! Zeigen Sie auch auf, welche Beziehungen zwischen den Ursachen bestehen!“

Den Probanden der Gruppe Papier&Bleistift wurden für die Explikation ihrer mentalen Modelle ein Blatt der Größe DIN A1, kleine selbstklebende Zettel sowie ein Bleistift zur Verfügung gestellt. Sie wurden angewiesen, sich zuerst die zur Explikation ihres mentalen Modells benötigten Modellelement-Knoten (bei Conceptual Graphs als Konzepte bezeichnet) zu überlegen und auf die Klebezettel zu schreiben. Die beschrifteten Zettel waren dann auf dem DIN A1-Blatt sinnvoll zu platzieren und durch passende Relationen miteinander zu verbinden. Durch die Verwendung selbstklebender Zettel war es jederzeit möglich, die Anordnung der Konzepte zu verändern. Bereits festgelegte Relationen durften gestrichen oder ausgeradiert oder von anderen Relationen gekreuzt werden. Außerdem konnte die für die Modellerstellung zur Verfügung stehende Fläche jederzeit durch das Anfügen zusätzlicher Papierbögen erweitert werden.

Um eine größtmögliche Vergleichbarkeit des Modellierungswerkzeugs mit dem Papier und Bleistift-Verfahren zu erhalten, wurden bei der Gruppe Cubetto die Funktionen des Werkzeugs entsprechend eingeschränkt. So wurde das Cubetto Toolset derart konfiguriert, dass mit nur wenigen Mouse-Klicks Konzepte erzeugt und beschriftet werden konnten. Ebenso einfach war es, zwei Konzepte durch eine gerichtete und benannte Relation miteinander zu verbinden oder die Position der Konzepte und Relationen durch einfaches Ziehen zu verändern. Die für die Modellierung zur Verfügung stehende Fläche war im Werkzeug prinzipiell unendlich groß, wobei eine gewisse Einschränkung durch den sichtbaren Bildschirmrand gegeben war. Diese ließ sich jedoch durch den Gebrauch der Zoom-Funktion überwinden. Über die genannten Funktionen hinaus wurde das Modellierungswerkzeug so eingeschränkt, dass, wie auch bei der Modellierung mit Papier und Bleistift, keine weiteren Darstellungsmöglichkeiten, wie farbliche Hervorhebungen o. Ä., gegeben waren.

Im Anschluss an die Erhebung wurden die Probanden gebeten, ihre Erfahrungen mit den verwendeten Werkzeugen zu bewerten. Auf diese Weise konnten Aussagen der Probanden zur Usability der eingesetzten Werkzeuge (Papier und Bleistift bzw. Cubetto) gewonnen werden. Hierfür wurde für beide Gruppen jeweils ein eigener Fragebogen entwickelt, der die zentralen Merkmale der Usability (Effizienz, Effektivität und Zufriedenheit) zugrunde legt und unter Berücksichtigung der DIN EN ISO 9241-11 [De98] operationalisiert wurde.

Die Items der Fragebögen waren jeweils auf einer 5-stufigen Skala (von ‚stimme zu‘ bis ‚stimme nicht zu‘) einzuschätzen. Darüber hinaus beinhaltete der Fragebogen offene Fragen, die Probleme der Probanden bei der Modellerstellung sowie deren Wünsche für zusätzliche Funktionen und Darstellungsmöglichkeiten des Werkzeugs erfassten. Abbildung 1 fasst den Ablauf der Studie noch einmal zusammen.

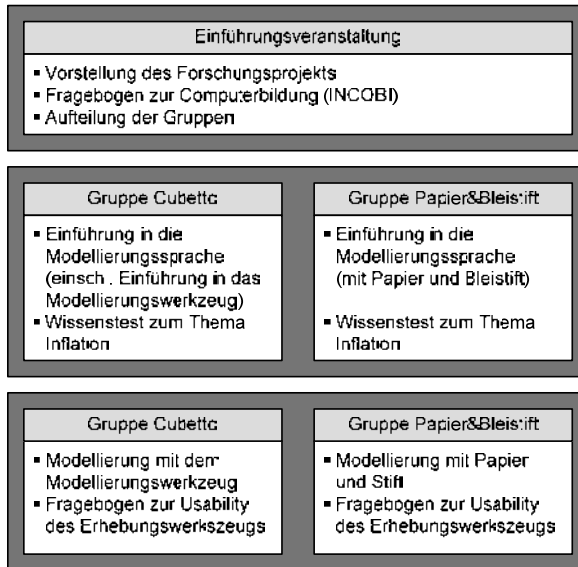


Abbildung 1: Ablauf der Untersuchung

3.3 Auswertungsmethoden

Die Auswertung des Wissenstests sowie der eingesetzten Fragebögen erfolgte mit Hilfe von Verfahren der deskriptiven und induktiven Statistik. Die qualitative Auswertung der Modelle erfolgte auf Grundlage der Modalnetze der beiden Versuchsgruppen. Modale Netzwerke sind künstlich generierte Modelle, welche die am häufigsten in den untersuchten Modellen genannten Propositionen (Konzept-Relation-Konzept Tripel) beinhalten und damit zusammenfassende Aussagen über die gesamte Gruppe ermöglichen [FT05]. Die quantitative Auswertung der Modelle erfolgte hingegen auf Grundlage der Individualmodelle. Insbesondere wurden die quantitativen Kennzahlen Umfang, Dichte und Zerklüftetheit bestimmt und Zusammenhänge zwischen diesen und den möglichen Einflussfaktoren (vgl. Kapitel 2) aufgezeigt. Um die Vergleichbarkeit der erzeugten Modelle in inhaltlicher und struktureller Hinsicht zu erhöhen, wurden zuvor die Modelle der Probanden einer kategorialen und einer strukturellen Inhaltsanalyse unterzogen, wodurch u. a. Synonyme erkannt und beseitigt werden konnten [GR95, FT05].³

³ Bei der kategorialen Inhaltsanalyse bilden nicht die gesamten Propositionen, sondern die Konzepte und Relationen getrennt voneinander die jeweilige Analyseeinheit. Im Zuge der Zusammenfassung einzelner Konzepte bzw. Relationen zu einheitlichen Kategorien wurde insbesondere darauf geachtet, dass die Aussagekraft der individuellen Modelle, zugunsten einer erhöhten Vergleichbarkeit der Modelle untereinander, nicht zu stark geschmälert wurde. Bis zur endgültigen Festlegung des Auflösungsgrades der Kategorien wurden aus diesem Grund mehrere Iterationen durchgeführt [FT05].

4 Ergebnisse und Diskussion

4.1 Ergebnisse der Voruntersuchung

Die Auswertung des Wissenstests erfolgte anhand der Musterlösungen der Arbeiten von Göldner [Gö07] und Kahle [Ka08]. Insgesamt konnten 18 Punkte erreicht werden. Davon erreichten die Probanden der Gruppe Cubetto im Durchschnitt 8,1 Punkte (SD = 2,36), während die Probanden der Gruppe Papier&Bleistift durchschnittlich 7,3 Punkte erzielten (SD = 2,57). Der Vergleich der Mittelwerte beider Gruppen zeigt keinen signifikanten Unterschied ($t[38] = 1,003$; $p = 0,322$). Es ist daher davon auszugehen, dass beide Versuchsgruppen in etwa über dieselbe, wenn auch gering ausgeprägte, Wissensbasis zum Thema Inflation verfügen.

Die Ermittlung der Computerbildung erfolgte mithilfe ausgewählter Fragebögen des INCOBI (vgl. Kapitel 3 sowie [RNG01]). Wie Tabelle 2 zu entnehmen ist, schätzen die Probanden beider Gruppen ihre Sicherheit und Vertrautheit im Umgang mit Computern und Computeranwendungen im Durchschnitt eher neutral bzw. durchschnittlich mit positiver Tendenz ein. Darüber hinaus weisen beiden Gruppen eine tendenziell positive Einstellung zum Computer als Lern- und Arbeitsmittel auf.

	Gruppe	N	Mittelwert	Standardabweichung
Computer Literacy gesamt	Cubetto	21	2,22	0,393
	Papier&Bleistift	19	2,34	0,484
Computerbezogene Einstellungen gesamt	Cubetto	21	2,62	0,427
	Papier&Bleistift	19	2,88	0,452
Computerbildung gesamt	Cubetto	21	2,35	0,340
	Papier&Bleistift	19	2,52	0,427

Tabelle 2: Aggregierte Ergebnisse der Fragebögen zur Computerbildung

Als Gesamtaussage lässt sich festhalten, dass die Computerbildung als Summe aus Computer Literacy und computerbezogenen Einstellungen bei beiden Gruppen eher positiv bewertet werden kann. Der Mittelwertvergleich ergibt keinen signifikanten Unterschied ($t[38] = -1,423$; $p = 0,163$), sodass von einer homogenen Computerbildung beider Gruppen ausgegangen werden kann.

4.2 Ergebnisse der Hauptuntersuchung

4.2.1 Auswertung der Fragebögen zur Usability

Die im Anschluss an die Modellerstellung eingesetzten Fragebögen dienten der Einschätzung der verschiedenen Merkmale der Usability des jeweils eingesetzten Modellierungswerkzeugs durch die Probanden. Tabelle 3 zeigt die jeweiligen Mittelwerte und Standardabweichungen für die verschiedenen Gruppen.⁴ Für das Merkmal Effizienz ergab der Mittelwertvergleich keinen signifikanten Unterschied ($t[38] = 0,555$; $p = 0,582$). Demzufolge kann davon ausgegangen werden, dass den Probanden der Umgang mit dem jeweiligen Medium insgesamt keine großen Schwierigkeiten bereitete. Insbesondere zeigt sich, dass bei den Teilnehmern der Gruppe Cubetto kaum Probleme bei der Aneignung und Bedienung der Software auftraten.

	Gruppe	N	Mittelwert	Standardabweichung
Effizienz	Cubetto	21	,98	,521
	Papier&Bleistift	19	,89	,538
Effektivität	Cubetto	21	-,14	,761
	Papier&Bleistift	19	-,16	,817
Zufriedenheit	Cubetto	21	1,29	,845
	Papier&Bleistift	19	,53	1,504
Usability gesamt	Cubetto	21	,71	,470
	Papier&Bleistift	19	,42	,745

Tabelle 3: Bewertung der Merkmale der Usability

Interessant ist die Betrachtung einzelner Items der Effizienz im Vergleich. So empfanden die Probanden der Gruppe Papier&Bleistift die zeitliche Restriktion bei der Modellerstellung als signifikant weniger problematisch als die Probanden der Gruppe Cubetto (vgl. Tabelle 4). Die Frage, ob die Probanden die Erstellung des Modells mit dem jeweiligen Medium insgesamt als schwierig empfanden, wurde von beiden Gruppen eher verneint. Den Korrekturaufwand schätzte die Gruppe Cubetto als signifikant geringer ein als die Gruppe Papier&Bleistift. Die Mittelwerte der Fragen bezüglich der grafischen Gestaltung der Modelle zeigen, dass sich die Gruppe Papier&Bleistift weniger Gedanken um die optische Gestaltung der Modelle machte. So zeigten sich bei der Betrachtung der Modelle dieser Gruppe auch signifikant mehr Überschneidungen der einzelnen Propositionen als dies bei der Gruppe Cubetto der Fall war ($z = -2,894$; $p = 0,004$).

⁴ Die Fragebögen zur Einschätzung der Usability der Explikationswerkzeuge umfassten insgesamt 16 Fragen (Gruppe Cubetto) bzw. 11 Fragen (Gruppe Papier&Bleistift). Die Antworten der Probanden wurden entsprechend der 5-stufigen Skalen mit „-2 = stimme zu“ bis „+2 = stimme nicht zu“ bewertet.

Ausgewählte Items zur Beurteilung der Effizienz	Mittelwerte	
	Gruppe Cubetto	Gruppe Papier&Bleistift
Für die Erstellung des Modells hätte ich gerne mehr Zeit gehabt.	-,19**	,89**
Die Erstellung des Modells mit Papier und Bleistift/am Computer ist mir <i>insgesamt</i> schwer gefallen.	1,57	1,32
Ich habe mehr Zeit für die grafische Gestaltung meines Modells verwendet als mir über den Inhalt Gedanken zu machen.	,71	1,21
Ich habe sehr viel Zeit damit verbracht, das Modell optisch schön zu gestalten.	,67	1,21
Die Korrektur von Fehlern empfand ich als mühsam (z. B. bei falsch verbundenen Modellelementen).	1,05*	0,21*

* Die Mittelwerte unterscheiden sich voneinander signifikant ($\alpha \leq 0,05$)

** Die Mittelwerte unterscheiden sich voneinander signifikant ($\alpha \leq 0,01$)

(Bewertung der Urteile: stimme zu = -2 bis stimme nicht zu = +2)

Tabelle 4: Ausgewählte Items zur Beurteilung der Effizienz

Wie Tabelle 3 zeigt, wurde der Grad der Zielerreichung, welcher durch das Merkmal Effektivität ausgedrückt wird, von beiden Gruppen als eher gering eingeschätzt, wobei zwischen beiden Gruppen kein signifikanter Unterschied festgestellt werden konnte ($t[38] = 0,60$; $p = 0,952$).

Interessant ist an dieser Stelle jedoch die nähere Betrachtung des Zusammenhangs zwischen der empfundenen Effektivität und der computerbezogenen Einstellung der Probanden. Eine Korrelationsanalyse innerhalb der Gruppe Cubetto zeigt, dass sich eine positive Einstellung gegenüber dem Medium Computer positiv auf die Einschätzung der Effektivität auswirkt ($r = 0,485$; $p = 0,026$). Bei der Gruppe Papier&Bleistift hingegen besteht ein negativer Zusammenhang zwischen der Einstellung zum Medium Computer und dem Grad der Zielerreichung ($r = -0,469$; $p = 0,043$). Demzufolge schätzen Probanden mit einer positiven Computereinstellung die Effektivität des Werkzeugs Papier und Bleistift als geringer ein.

Tabelle 3 zeigt weiterhin, dass der Mittelwert des Merkmals Zufriedenheit als Zeichen für die Akzeptanz des Mediums der Gruppe Cubetto deutlich über dem der Gruppe Papier&Bleistift liegt ($t[38] = 1,993$, $p = 0,053$). Hinzu kommt, dass deutlich mehr Teilnehmer der Gruppe Papier&Bleistift sich eine Erstellung des Modells am Computer gewünscht hätten als Probanden der Gruppe Cubetto eine Darstellung des Modells mit Papier und Bleistift bevorzugt hätten ($t[27,71] = 1,941$; $p = 0,063$). Diese Feststellung wird durch die Überprüfung des Zusammenhangs zwischen der Computer Literacy und der Zufriedenheit mit dem Medium bei der Gruppe Papier&Bleistift unterstützt. Die Korrelationsanalyse ergibt eine signifikante negative Korrelation von $r = -0,655$ bei einer Signifikanz von 0,002. Demnach sinkt die Akzeptanz des Mediums Papier mit zunehmendem Computerwissen.

Insgesamt kann die Usability als Mittelwert der Merkmale Effizienz, Effektivität und Zufriedenheit in beiden Gruppen als tendenziell positiv interpretiert werden (vgl. Tabelle 3). Die Mittelwerte zeigen, dass die Gruppe Papier&Bleistift die Usability des Werkzeugs Papier und Bleistift etwas geringer einschätzt als die Gruppe Cubetto die Usability des Modellierungswerkzeugs Cubetto. Allerdings ist dieser Unterschied nicht signifikant ($t[38] = 1,482$; $p = 0,146$). Korrelationsanalysen zeigen zusätzlich negative Zusammenhänge zwischen der Einschätzung der Effizienz und der Computer Literacy ($r = -0,408$; $p = 0,083$) sowie zwischen der Zufriedenheit mit dem jeweiligen Werkzeug und der computerbezogenen Einstellung ($r = -0,424$; $p = 0,070$). Auch wenn diese Ergebnisse nicht signifikant sind, zeigt sich zumindest für diese Untersuchungsgruppe, dass sich eine positive Einstellung zum Medium Computer sowie ein höheres Computerwissen negativ auf die eingeschätzte Benutzerfreundlichkeit des Mediums Papier auswirken.

Bei der Auswertung der offenen Fragen des Fragebogens konnte festgestellt werden, dass die Probanden vor allem Schwierigkeiten mit der Thematik Inflation hatten. Dies verdeutlichen Aussagen auf die Frage „Welche Probleme hatten Sie während der Erstellung ihres Modells?“. Die Probanden lieferten Aussagen wie „Unsicherheiten zum Thema Inflation haben mich in der Gestaltung eingeschränkt...“, „Inhaltliche Lücken“, „Unzureichendes Wissen“, „die Thematik Inflation an sich zu erklären...“. Diese Feststellung kann zusätzlich zur Erklärung des relativ niedrig eingeschätzten Grades der Zielerreichung herangezogen werden. Ebenso spiegeln die Aussagen der Probanden die Ergebnisse des Wissenstests wieder. Auf die Frage „Welche Funktionen/Darstellungsmöglichkeiten hätten Sie sich zusätzlich gewünscht?“ wurde in beiden Gruppen die Möglichkeit zur besseren optischen Gestaltung genannt. So äußerten Teilnehmer der Gruppe Papier&Bleistift z. B. den Wunsch nach verschiedenfarbigen Klebezetteln oder die Möglichkeit zur Verwendung verschiedener Stifffarben. Ähnliche Vorschläge wurden in der Gruppe Cubetto genannt. Auch hier wünschten sich Probanden mehr farbliche Gestaltungsmöglichkeiten.

4.2.2 Qualitative Auswertung der Modelle

Die qualitative Auswertung der Modelle erfolgt auf Grundlage der modalen Netzwerke. Diese sind das Ergebnis der strukturellen Inhaltsanalyse und enthalten die von den Probanden am häufigsten genannten Propositionen (Konzept-Relation-Konzept Tripel). Sie stellen somit eine durchschnittliche Modellstruktur über alle Probanden der jeweiligen Gruppe dar [FT05].

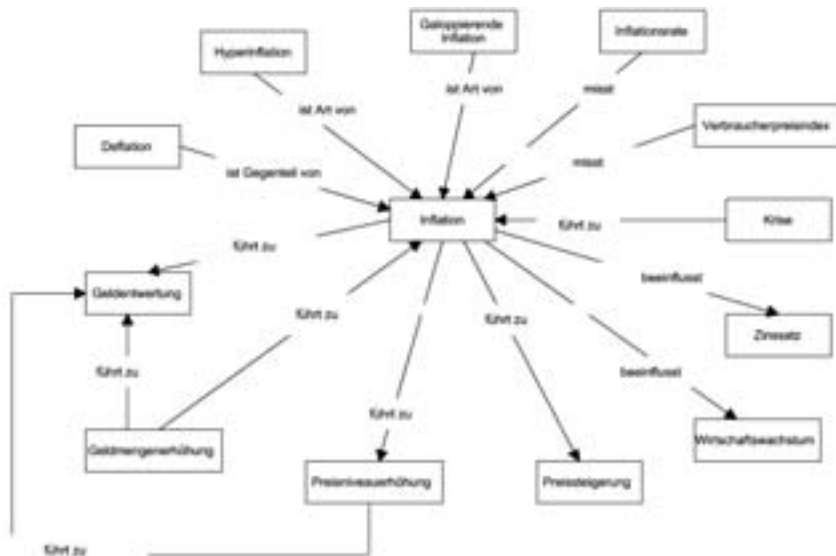


Abbildung 2: Modalnetz der Gruppe Cubetto

Das modale Netzwerk der Gruppe Cubetto (vgl. Abbildung 2) enthält 14 Propositionen und repräsentiert damit 16,05 % aller innerhalb der Gruppe Cubetto genannten Propositionen. Strukturell zeichnet sich das Modalnetz dieser Gruppe dadurch aus, dass es lediglich aus einer Zusammenhangskomponente besteht, d. h. es besteht innerhalb der Gruppe Cubetto ein gewisses Maß an Einigkeit über die Relevanz der angesprochenen Zusammenhänge. Inhaltlich werden verstärkt Bereiche angesprochen, die einen direkten Zusammenhang mit dem Thema Inflation aufweisen, wofür auch die sternförmige Anordnung der Propositionen mit dem Konzept ‚Inflation‘ als Mittelpunkt hindeutet. Insbesondere werden zentrale Begriffe, wie Preisniveauerhöhung, Geldentwertung, Preissteigerung oder Geldmengenerhöhung, genannt [BI06, Ma04]. Auffällig ist weiterhin die Einbeziehung der unterschiedlichen Inflationsarten.

Das Modalnetz der Gruppe Papier&Bleistift besteht aus 22 Propositionen (vgl. Abbildung 3). Die Abbildungsleistung beträgt 15,9 % und ist damit annähernd so groß wie die der Gruppe Cubetto. Auch dieses Modalnetz weist eine sternförmige Struktur auf, jedoch fällt auf, dass zusätzlich zu den oben genannten Themenbereichen auch Konzepte genannt werden, die nur im weiteren Sinne mit der Thematik Inflation zusammenhängen [BI06, Ma04]. Insbesondere werden die Rolle der EZB sowie die der Geschäftsbanken thematisiert. Außerdem werden verstärkt die Folgen einer Inflation herausgestellt, was nicht explizit Teil der Aufgabenstellung war. Dazu passt das Vorhandensein von drei Zusammenhangskomponenten. Offenbar ist der Konsens zwischen den Probanden der Gruppe Papier&Bleistift über die elementaren Begriffe im Zusammenhang mit dem Thema Inflation nicht so groß wie bei den Probanden der Gruppe Cubetto.

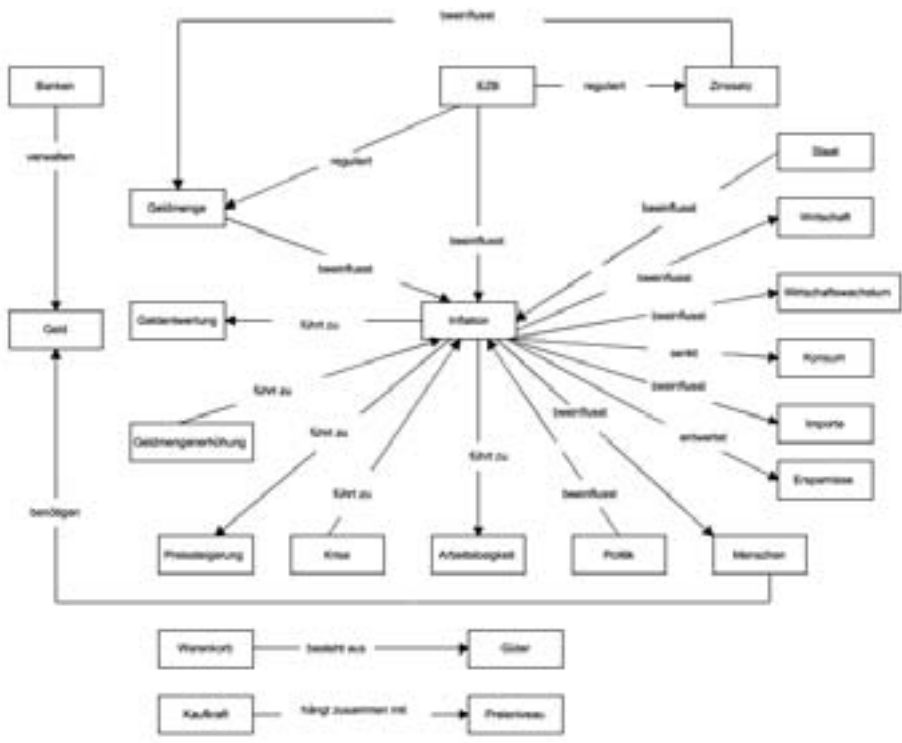


Abbildung 3: Modalnetz der Gruppe Papier&Bleistift

4.2.3 Quantitative Auswertung der Modelle

Die quantitative Auswertung der Modelle erfolgt anhand verschiedener Kennzahlen. Der Umfang eines Modells ergibt sich direkt aus der Anzahl der Propositionen. Die Modelle der Gruppe Cubetto umfassen durchschnittlich 20,8 Propositionen (SD = 7,79). Im Vergleich dazu weisen die Modelle der Gruppe Papier&Bleistift im Mittel einen Umfang von 32,2 Propositionen (SD = 11,32) auf. Damit unterscheiden sich die Mittelwerte der beiden Gruppen signifikant voneinander ($t[38] = -3,757$; $p = 0,001$).

Der Grad der Vernetzung wird über die Dichte operationalisiert. Die Dichte beschreibt das Verhältnis der Anzahl der im Modell genannten Propositionen zur Anzahl der maximal möglichen Verknüpfungen [WFG85]. Bei den Modellen der Gruppe Cubetto liegt die Dichte im Durchschnitt bei einem Wert von 0,09 (SD = 0,03), während sie in der Gruppe Papier&Bleistift durchschnittlich 0,11 (SD = 0,04) beträgt. Der Mittelwertvergleich zeigt, dass die Modelle der Gruppe Papier&Bleistift im Durchschnitt einen signifikant höheren Grad der Vernetzung aufweisen ($t[38] = -2,415$; $p = 0,021$).

Die Zerklüftetheit einer Modellstruktur bestimmt sich aus der Anzahl der einzelnen Zusammenhangskomponenten eines Modells [We94]. Die Modelle der Gruppe Papier&Bleistift bestanden jeweils nur aus einer Zusammenhangskomponente, d. h. es existierten keine isolierten Propositionen oder Teilmodelle. Bei der Gruppe Cubetto hingegen wiesen die Modelle von fünf Probanden jeweils zwei und das Modell eines Probanden sogar drei Zusammenhangskomponenten auf. Der Unterschied ist statistisch signifikant ($z = -2,491$; $p = 0,013$).

Insgesamt lässt sich festhalten, dass die Modelle der Gruppe Papier&Bleistift, bei nahezu gleicher Anzahl von Konzepten, einen signifikant größeren Umfang aufweisen und die Modellelemente untereinander signifikant stärker vernetzt sind. Ebenso sind die Modelle der Gruppe Papier&Bleistift signifikant weniger zerklüftet als die der Gruppe Cubetto. Ob diese Ergebnisse tatsächlich auf eine umfangreichere und vernetztere Wissensbasis im Sinne stärker elaborierter mentaler Modelle innerhalb der Gruppe Papier&Bleistift hindeuten [We94] oder sich auf andere Faktoren, wie Computerbildung oder Usability der eingesetzten Werkzeuge, zurückführen lassen, zeigen die folgenden Korrelationsanalysen.

Gruppe	Wissen		Computer Literacy		Computer Einstellung		Computerbildung gesamt	
	Cub N=21	P&B n=19	Cub N=21	P&B n=19	Cub N=21	P&B n=19	Cub N=21	P&B n=19
Umfang	,543*	,208	-,297	,161	,219	-,266	-,137	,026
Dichte	,039	-,172	-,067	,009	-,127	,323	-,105	,121
Zerklüftetheit	,087	†	-,026	†	-,127	†	,016	†

* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

† Für das Merkmal Zerklüftetheit konnten im Zusammenhang mit der Gruppe Papier&Bleistift keine Korrelationen bestimmt werden, da die Anzahl der Zusammenhangskomponenten bei allen Probanden 1 betrug.

Tabelle 5: Korrelationen zwischen personenbezogenen Einflussfaktoren auf die Modellbildung und quantitativen Modellmerkmalen

Wie Tabelle 5 sowie Tabelle 6 zeigen, konnten insbesondere für die Gruppe Cubetto einige signifikante Zusammenhänge aufgedeckt werden. So hat der Faktor Wissen einen signifikanten Einfluss auf den Umfang der Modelle. Probanden mit einem höheren themenbezogenen Vorwissen erstellten somit Modelle mit einer höheren Anzahl an Propositionen. Bei der Gruppe Papier&Bleistift konnte ein solcher Zusammenhang jedoch nicht festgestellt werden. Interessant erscheint weiterhin, dass im Bereich der Computerbildung offenbar weder die Computer Literacy noch die computerbezogenen Einstellungen einen Einfluss auf die Modellerstellung hatten. Es kann somit davon ausgegangen werden, dass für den Gebrauch des Modellierungswerkzeugs Cubetto zum Zwecke der Modellexplikation ebenso wie bei der Verwendung von Papier und Bleistift keine besonderen computerbezogenen Vorkenntnisse oder Einstellungen erforderlich sind.

Gruppe	Effizienz		Effektivität		Zufriedenheit		Usability gesamt	
	Cub N=21	P&B n=19	Cub N=21	P&B n=19	Cub N=21	P&B n=19	Cub N=21	P&B n=19
Umfang	-,242	-,231	,336	,310	-,103	,071	,030	,106
Dichte	,436*	-,016	,143	-,537*	,136	-,336	,320	-,427
Zerklüftetheit	-,226	†	-,405	†	-,233	†	-,512*	†

* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

† Für das Merkmal Zerklüftetheit konnten im Zusammenhang mit der Gruppe Papier&Bleistift keine Korrelationen bestimmt werden, da die Anzahl der Zusammenhangskomponenten bei allen Probanden 1 betrug.

Tabelle 6: Korrelationen zwischen werkzeugbezogenen Einflussfaktoren auf die Modellbildung und quantitativen Modellmerkmalen

Der Faktor Usability scheint hingegen durchaus Einfluss auf die Beschaffenheit der Modelle zu haben. So ergibt sich für die Gruppe Cubetto zwischen dem Gesamtkonstrukt und dem Maß der Zerklüftetheit eine negative Korrelation von $r = -0,512$. Dies bedeutet, dass die Anzahl der Zusammenhangskomponenten steigt, je geringer die Usability des Modellierungswerkzeugs eingeschätzt wird. Außerdem kann ein Zusammenhang zwischen den Merkmalen Effizienz bzw. Effektivität und dem Grad der Vernetzung (Dichte) festgestellt werden. Bei der Gruppe Cubetto wirkt sich eine positive Einschätzung der Effizienz positiv auf den Grad der Vernetzung aus. Offenbar führt also eine positive Einschätzung des Aufwand-Nutzen-Verhältnisses zu einer stärkeren Vernetzung der Konzepte untereinander. Hingegen ergibt sich bei der Gruppe Papier&Bleistift eine negative Korrelation zwischen der Einschätzung der Effektivität und der Dichte. Dies kann so interpretiert werden, dass die Probanden der Gruppe Papier&Bleistift ihre Konzepte zwar vielfältig miteinander vernetzten, dies aber nicht als zielführend erachteten.

Über die genannten Zusammenhänge hinaus, deuten auch die Ergebnisse des Fragebogens zur Modellbildung darauf hin, dass die Usability der eingesetzten Werkzeuge bei der Modellerstellung eine bedeutende Rolle spielt. Wie bereits gezeigt, wird die Modellerstellung mit Hilfe des Modellierungswerkzeugs Cubetto als zeitlich aufwändiger eingeschätzt als dies bei der Papier&Bleistift-Methode der Fall ist. Des Weiteren zeigt die Auswertung des Fragebogens, dass sich die Probanden der Gruppe Cubetto eher auf eine übersichtliche und optisch ansprechende Gestaltung der Modelle konzentrierten als auf inhaltliche Aspekte.

Über die im Fragebogen erfassten Faktoren hinaus kann weiterhin vermutet werden, dass insbesondere der begrenzte Bildschirmausschnitt Auswirkungen auf die Modellierung am Computer ausübt. Ein Überblick über die Gesamtstruktur kann nur über die Verkleinerungsfunktion des Programms erreicht werden, was jedoch eine Verringerung der Lesbarkeit nach sich zieht. Die Betrachtung der Modelle der Gruppe Cubetto lassen vermuten, dass diese Funktion nicht im vollen Umfang ausgeschöpft wurde, da sich die Größe der Modelle auf den sichtbaren Ausschnitt des Bildschirms beschränkt (zum „Guckkasten-Effekt“ vgl. [Kn95]).⁵

⁵ Die Einführung in den Gebrauch der Zoom-Funktion war expliziter Bestandteil des vorangegangenen Trainings zum Gebrauch des Explikationswerkzeugs Cubetto.

Die Gruppe Papier&Bleistift hingegen nutzte den zur Verfügung stehenden Platz des A1-Blattes überwiegend aus. Somit können der geringere Zeitaufwand, der offenbar geringere Anreiz zur ansprechenden Gestaltung und der bessere Überblick verbunden mit einem subjektiv empfundenen größerem Platzangebot über die genannten Faktoren hinaus dazu geführt haben, dass die Probanden der Gruppe Papier&Bleistift umfangreichere und stärker vernetzte Modelle erstellten, die zugleich weniger Zusammenhangskomponenten aufwiesen.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Der Vergleich des computergestützten Erhebungswerkzeugs Cubetto mit dem traditionellen Papier und Bleistift-Verfahren führte insgesamt zu uneinheitlichen Ergebnissen. Zwar scheint auf den ersten Blick die herkömmliche Erhebung mit Papier und Bleistift der computergestützten Erhebung überlegen zu sein, da sie zu umfangreicheren, vernetzteren und strukturell kohärenteren Modellen führt. Jedoch ist die Interpretation dieser quantitativen Kennzahlen im Sinne „je mehr, desto besser“, wie Weber sie vorschlägt [We94] nicht unumstritten [A102]. Ebenso wichtig wie die quantitative Beschreibung der Ergebnisse ist daher die qualitative Beurteilung der Modelle. Diese zeigt, dass die Probanden der Gruppe Cubetto sich stärker an der Aufgabenstellung orientierten und sich auf die Darstellung der wesentlichen Zusammenhänge konzentrierten, worin ein großer Vorteil gegenüber dem traditionellen Explikationsverfahren gesehen werden kann. Um zu einem differenzierteren Urteil über die Vorteilhaftigkeit eines der beiden Werkzeuge zu gelangen, bietet es sich für zukünftige Untersuchungen an, die Modelle mit einem externen Referenzmodell zu vergleichen und so die Angemessenheit der explizierten mentalen Modelle zu beurteilen [We94, Fü01, TF08].

Insgesamt zeigt sich, dass die computergestützte Explikation mentaler Modelle keine Nachteile gegenüber der Explikation mit Papier und Bleistift aufweist. Zusätzlich wurde eine Präferenz aller Probanden für die computergestützte Erhebung geäußert, sodass eine motivationssteigernde Wirkung beim Einsatz computergestützter Erhebungswerkzeuge vermutet werden kann und in zukünftigen Studien auch experimentell überprüft werden sollte. Positiv hervorzuheben ist weiterhin, dass die Modellerstellung mit Hilfe des Modellierungswerkzeugs unabhängig von computerbezogenem Vorwissen oder Einstellungen gelingt.

Aufgrund des nachgewiesenen Einflusses der Usability ist diesem Faktor bei zukünftigen Untersuchungen verstärkte Aufmerksamkeit zu widmen. Zur verbesserten Wahrnehmung der Merkmale Effektivität und Zufriedenheit sollte zudem eine Domäne gewählt werden, die den Probanden bereits gut vertraut ist. Außerdem ist der Freiraum in Bezug auf die Modellierungssprachen zu überdenken, sodass die Probanden auf weitere Gestaltungsmöglichkeiten zugreifen können. Dies könnte die motivierende Wirkung, und damit die Qualität der Modelle, weiter erhöhen [St04].

Literaturverzeichnis

- [Al02] Al-Diban, S.: Diagnose mentaler Modelle. Dissertation. Verlag Dr. Kovac, Hamburg, 2002.
- [Bl06] Blanchard, O.; Illing, G.: Makroökonomie. Pearson Studium, München, 2006.
- [Cr06] Creß, U.: Lernorientierungen, Lernstile, Lerntypen und kognitive Stile. In (Mandl, H.; Friedrich, H. F., Hrsg.): Handbuch Lernstrategien, 2006, S. 365-377.
- [Cu10] Semture GmbH: Cubetto Toolset, <http://www.semture.de/cubetto>, Download: 20.04.2010.
- [De98] Deutsches Institut für Normung: DIN EN ISO 9241-11: Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten, Teil 11: Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit, 1998.
- [De08] Delfmann, P. et al.: Ein konfiguratives Metamodellierungswerkzeug, In: Tagungsband Modellierung betrieblicher Informationssysteme, 2008. S. 109-127.
- [Es09] Esswein, W. et al.: Identifikation von Services aus Geschäftsprozessmodellen durch automatisierte Modellanalyse, Tagungsband Internationale Tagung Wirtschaftsinformatik, 2009, S. 513-522
- [Fe09] Fettke, P.: Ansätze der Informationsmodellierung und ihre betriebswirtschaftliche Bedeutung: Eine Untersuchung der Modellierungspraxis in Deutschland, In: Schmalenbachs Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung, 61, 2009.
- [Fr03] Frank, U.: Conceptual Modelling as the Core of the Information Systems Discipline: Perspectives and Epistemological Challenges, In (Haseman, D. W.; Nazareth, D.; Goodhue, D., Hrsg): Proc of the Fifth America's Conf. on Information Systems, 1999, S. 695-697
- [FT05] Fürstenau, B.; Trojahnner, I.: Prototypische Netzwerke als Ergebnis struktureller Inhaltsanalysen, In (Gonon, P.; Klausner, F.; Nickolaus, R.; Huisinga, R., Hrsg.): Kompetenz, Kognition und neue Konzepte der beruflichen Bildung, Verlag für Sozialwissenschaften, 2005, S. 191-202.
- [Fü01] Fürstenau, B.: Empirische Prüfung zweier Lehr-Lern-Arrangements für Industriekaufleute: Evaluation von Wissen mit Hilfe von Netzwerken. In: Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik, 97 (2), S. 247-270.
- [Gö07] Göldner, S.: Studie zur Eignung von Netzwerken zum Inhaltslernen am Beispiel der Inflation. Diplomarbeit, Technische Universität Dresden, Lehrstuhl für Wirtschaftspädagogik, 2007.
- [GR95] Groeben, N.; Rustemeyer, R.: Inhaltsanalyse. In (König, E.; Zedler, P., Hrsg.): Bilanz qualitativer Forschung. Band II: Methoden. Weinheim: Deutscher Studien-Verlag, 1995.
- [Ha02] Haller, H.: Mappingverfahren zur Wissensorganisation. Diplomarbeit. Download: <http://heikohaller.de/literatur/diplomarbeit/>, 2002.
- [JG93] Jonassen, D. H.; Grabowski, B. L.: Handbook of Individual Differences, Learning, and Instruction. Mahwah, 1993.
- [Ka08] Kahle, J.: Entwicklung eines Constructed-Response-Tests zur Messung der Lernwirksamkeit pädagogisch-didaktischer Interventionen. In (Fürstenau, B., Hrsg.): Dresdner Beiträge zur Wirtschaftspädagogik, (1), 2008.
- [Kn95] Knorr, D.: Elektronische Medien im wissenschaftlichen Alltag. Auswirkungen des Einsatzes von Computern auf die persönliche Literaturverwaltung und -nutzung. In (Jakobs, E.-M.; Knorr, D.; Molitor-Lübbert, S., Hrsg.): Wissenschaftliche Textproduktion. Mit und ohne Computer, Lang, Frankfurt/Main, S. 53-71.
- [Kö07] Köhler, R.: Ableitung und Operationalisierung von Kriterien zum Nachweis von Begriffsveränderungen in Netzwerken: Eine Untersuchung zum Thema Preisniveau. Diplomarbeit, Technische Universität Dresden, Lehrstuhl für Wirtschaftspädagogik, 2007.
- [Ma04] Mankiw, N. G.: Grundzüge der Volkswirtschaftslehre. Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart, 2004.

- [Ma07] Manzel, S.: Kompetenzzuwachs im Politikunterricht. Ergebnisse einer Interventionsstudie zum Kernkonzept Europa, Waxmann. 2007.
- [Ni08] Niegemann, H.-M.; Domagk, S.; Hessel, S.; Hein, A.: Kompendium Multimediales Lernen, Springer, 2008.
- [NG84] Novak, J. D.; Gowin, D. B.: Learning how to learn. Cambridge University Press, 1984.
- [RNG01] Richter, T.; Naumann, J; Groeben, N.: Das Inventar zur Computerbildung (INCOBI): Ein Instrument zur Erfassung von Computer Literacy und computerbezogenen Einstellungen bei Studierenden der Geistes- und Sozialwissenschaften. In: Psychologie in Erziehung und Unterricht, (48), 2001, S. 1-13.
- [Sc98] Schütte, R.: Grundsätze ordnungsmäßiger Referenzmodellierung, Gabler Verlag, 1998.
- [So06] Sowa, J., F.: Conceptual Graphs, In: Handbook on Architectures of Information Systems, Springer Verlag, 2006, S. 295-319
- [St04] Stracke, I.: Einsatz computerbasierter Concept Maps zur Wissensdiagnose in der Chemie. Empirische Untersuchungen am Beispiel des Chemischen Gleichgewichts. Waxmann, Münster, 2004.
- [TF08] Trojahner, I.; Fürstenau, B.: Vorwissen von Studierenden im Bereich der Unternehmensgründung. In (Münk, D.; Breuer, K.; Deißinger, T., Hrsg.): Berufs- und Wirtschaftspädagogik: Probleme und Perspektiven aus nationaler und internationaler Sicht. Verlag Barbara Budrich, 2008.
- [Th05] Thomas, O.: Das Modellverständnis in der Wirtschaftsinformatik: Historie, Literaturanalyse und Begriffsexplikation, In (Scheer, A.-W., Hrsg): Arbeitsbericht des Instituts für Wirtschaftsinformatik, 184, 2005.
- [TRR02] Troche, S.; Rammstedt, B.; Rammseyer, T.: Vergleich einer Papier-Bleistift- und einer computergestützten Version des Leistungsprüfsystems (LPS), In: Diagnostica, 48 (3), 2002, S. 115-120.
- [We94] Weber, S.: Vorwissen in der betriebswirtschaftlichen Ausbildung. Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden, 1994.
- [We03] Weber, R.: Still Desperately Seeking the IT Artifact, In: MIS Quarterly, 27 (2), 2003, S. iii-xi.
- [WFG85] West, L. H. T.; Fensham, P. J.; Garrard, J. E.: Describing the cognitive structure of learners following instruction in chemistry. In (West, L. H. T.; Pines, A. L., Hrsg.): Cognitive structure and conceptual change, 1995, S. 61-90.

