



Carl von Ossietzky Universität Oldenburg
Fakultät für Informatik, Wirtschafts- und Rechtswissenschaften
Department für Informatik

Vorstellungen von Lernenden zum Aufbau von Informatiksystemen

**Eine multimethodische Untersuchung
von Lernvoraussetzungen zum
Denken in Teilen von Ganzen**

Von der Fakultät für Informatik, Wirtschafts- und Rechtswissenschaften
der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg angenommene

DISSERTATION

zur Erlangung des akademischen Grades
„Doktor der Naturwissenschaften“ (Dr. rer. nat.)

von

Nils Pancratz

Gutachterin: Prof. Dr. rer. nat. Ira Diethelm
Weiterer Gutachter: Prof. Dr. rer. nat. Torsten Brinda
Tag der Disputation: 30. Juli 2021

Abstract

VORSTELLUNGEN VON LERNENDEN ZUM
AUFBAU VON INFORMATIKSYSTEMEN

LEARNERS' CONCEPTIONS OF THE STRUC-
TURE OF COMPUTING SYSTEMS

*Eine multimethodische Untersuchung von
Lernvoraussetzungen zum Denken in Teilen
von Ganzen*

*A multi-method study of learning prerequisi-
tes in the context of thinking in parts of wholes*

Diese Arbeit stellt eine multimethodische Untersuchung von Vorstellungen von Lernenden zum Aufbau von Informatiksystemen vor und fußt dabei auf einem konstruktivistischen Verständnis, das bestehende Vorstellungen als Lernvoraussetzungen begreift, an die im Unterricht angeknüpft werden muss. Im theoretischen Unterbau wird in Teilen von Ganzen zu denken als eine Voraussetzung zum Verstehen von Informatiksystemen erschlossen und entsprechend bei der Ausgestaltung der Forschungsinstrumente berücksichtigt. Die Auswertung von zum Einsatz gekommenen Concept Mapping Interviews sowie Zeichnungen, in denen die teilnehmenden Schülerinnen und Schüler ihre internalisierten Vorstellungen externalisiert haben, zeigt, dass Lernende vielfältige Vorstellungen zum Aufbau von Informatiksystemen äußern, die sich zum Teil als defizitär erweisen. Eine Auswahl der elaborierten Vorstellungen wird über die Darstellung methodischer Möglichkeiten für ein Aufgreifen im Unterricht zugänglich gemacht.

This thesis presents a multi-method study of learners' conceptions of the structure of computing systems. It is based on a constructivist theory that understands prior conceptions as prerequisites for learning, which have to be addressed in classes. Within the theoretical foundation, thinking in parts of wholes is considered as a prerequisite for understanding computing systems and accordingly taken into account in designing the research instruments. The analysis of conducted concept mapping interviews and drawings, in which participating students externalized their internalized conceptions, shows, that learners form a variety of conceptions about the structure of computing systems, some of which turn out to be deficient. By presenting methodological possibilities, a selection of the elaborated conceptions is made accessible for taking up in classes.

Vorabveröffentlichungen

Teile dieser Schrift wurden bereits vor Einreichung dieser Dissertation wortwörtlich veröffentlicht. Im Folgenden werden die entsprechenden Referenzen zu den jeweiligen Kapiteln bzw. Abschnitten zugeordnet. Die unten angegebenen Publikationen sind dabei ausnahmslos unter Erstautorschaft des Autors dieser Arbeit entstanden. Die Darstellungen in dieser Arbeit gehen zum Teil deutlich über die in den Veröffentlichungen hinaus.

Kapitel 3 (Abschnitte 3.1, 3.2 und 3.3), Kapitel 5:

Pancratz, N. und Diethelm, I. (2020a). Der Beitrag vom Denken in Teilen von Ganzen zum Verstehen und Erklären von Informatiksystemen, in S. Doff und J. Pfingsthorn (Hrsg.), *Media Meets Diversity @ School: Wie kann Lernen und Lehren in der digitalen Welt unter den Vorzeichen von Diversität gelingen?*, ISBN: 978-3-86821-850-3, Trier: WVT Verlag, S. 49-70

Kapitel 3 (Abschnitt 3.5):

Pancratz, N. und Diethelm, I. (2018b). Thinking in Parts and Wholes: Part-Whole-Thinking as an Essential Computational Thinking Skill in Computer Science Education, in S. Kong, D. Andone, G. Biswas, T. Crick, H. Hoppe, T. Hsu, R. Huang, K. Li, C. Looi, M. Milrad, J. Sheldon, J. Shih, K. Sin, M. Tissenbaum und J. Vahrenhold (Hrsg.), *Proceedings of the International Conference on Computational Thinking Education 2018*, The University of Hong Kong, Hong Kong, S. 97–100.

Kapitel 3 (Abschnitt 3.2.2), Kapitel 4 (Abschnitte 4.1 und 4.3), Kapitel 8:

Pancratz, N. und Diethelm, I. (2020b). "Draw Us How Smartphones, Video Gaming Consoles, and Robotic Vacuum Cleaners Look Like from the Inside": Students' Conceptions of Computing System Architecture, *WiPSCE'20: Proceedings of the 15th Workshop in Primary and Secondary Computing Education*, WiPSCE '20, Association for Computing Machinery, New York, NY, USA.

Kapitel 6:

Pancratz, N. und Diethelm, I. (2018c). Which Parts of Computer Science Concepts Do Future Teachers Identify? First Results of a Part-Whole-Thinking Analysis in Computer Science Education, in S. Kong, D. Andone, G. Biswas, T. Crick, H. Hoppe, T. Hsu, R. Huang, K. Li, C. Looi, M. Milrad, J. Sheldon, J. Shih, K. Sin, M. Tissenbaum und J. Vahrenhold (Hrsg.), *Proceedings of the International Conference on Computational Thinking Education 2018*, The University of Hong Kong, Hong Kong, S. 179-180.

Kapitel 7:

Pancratz, N. und Diethelm, I. (2019). Was haben Staubsaugerroboter, Spielekonsolen und Smartphones gemeinsam? Schülervorstellungen von Teil-Ganzes-Beziehungen in Informatiksystemen, in Pasternak, A. (Hrsg.), *Informatik für alle*, Gesellschaft für Informatik, Bonn, S. 347-350.

Kapitel 10:

Pancratz, N. und Diethelm, I. (2018a). Including Part-Whole-Thinking in a Girls' Engineering Course through the Use of littleBits: A Practical Report on Including Part-Whole-Thinking into the Content of Computer Science Education, *2018 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, S. 1134–1138.

Kapitel 11:

Pancratz, N. (2020). Dealing with (Pre-)Conceptions: Introduction of a "First Aid Kit" for "Learning Doctors" in Computer Science Classes, *WiPSCE'20: Proceedings of the 15th Workshop in Primary and Secondary Computing Education*, WiPSCE '20, Association for Computing Machinery, New York, NY, USA.

Inhalt

Abstract	i
Vorabveröffentlichungen	iii
Inhalt	v
I Einleitender Teil	1
1 Einleitung und Motivation	3
1.1 Der Aufbau von Informatiksystemen im Zusammenhang des allgemeinbildenden Anspruchs von Informatikunterricht	7
1.2 Motivation	10
1.3 Ziele dieser Arbeit	15
2 Einordnung und Aufbau dieser Arbeit: Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion als Strukturierungshilfe	17
2.1 Didaktische Rekonstruktion	18
2.2 Verortung dieser Arbeit im Modell der Didaktischen Rekonstruktion	21
2.3 Über diese Arbeit als Ganzes und ihre einzelnen Teile – oder: „Wie diese Arbeit zu lesen ist“	23
II Theoretischer Teil	27
3 Der Beitrag vom Denken in Teilen von Ganzen zum Verstehen von Informatiksystemen	29
3.1 Die kognitionswissenschaftliche Sicht	31
3.2 Die konstruktivistische Sicht	41
3.3 Die fachdidaktische Sicht	48
3.4 Herleitung einer Arbeitsdefinition zum Denken in Teilen von Ganzen	67
3.5 Das Denken in Teilen von Ganzen im Kontext von „Computational Thinking“	70
3.6 Zusammenfassung	74
4 Verwandte Arbeiten	77
4.1 Forschungen nach dem Denken in Teilen von Ganzen in anderen Disziplinen	78
4.2 Verwandte Arbeiten aus der Informatikdidaktik	80
4.3 Schülervorstellungen zu Informatiksystemen	83

4.4	Fazit und bisherige Forschungslücken: Übergang zur Formulierung von Forschungsfragen für diese Arbeit	88
5	Generierung von Forschungsfragen und Hypothesen	89
5.1	Forschungsfragen	90
5.2	Hypothesen	95
5.3	Ansätze: Überleitung zum empirischen Teil	100
III	Empirischer Teil	103
6	Ermittlung von Vorstellungen von Studierenden über eine Fragebogen-Studie	105
6.1	Methodische Grundlagen	107
6.2	Durchführung und Auswertung	112
6.3	Darstellung der Ergebnisse	115
6.4	Fazit der Fragebogen-Studie	118
7	Concept Mapping Interviews als Methode zur Untersuchung von Schülervorstellungen zu Teil-Ganzes-Beziehungen in Informatiksystemen	125
7.1	Methodische Grundlagen	127
7.2	Entwicklung eines leitfadengestützten Concept Mapping Interviews	140
7.3	Durchführung und Auswertung der leitfadengestützten Concept Mapping Interviews	149
7.4	Darstellung der Ergebnisse	152
7.5	Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse	181
8	Auswertung von Zeichnungen zum Aufbau von Informatiksystemen zur Untersuchung von Schülervorstellungen	195
8.1	Methodische Grundlagen und Entwicklung des Forschungsinstruments	197
8.2	Durchführung der Studie und Auswertung der Zeichnungen	201
8.3	Darstellung der Ergebnisse	208
8.4	Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse	229
9	Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse zu Schülervorstellungen aus dem empirischen Teil	245
9.1	Zusammenfassung entlang der fachdidaktischen Sicht auf den Aufbau von Informatiksystemen	247
9.2	Zusammenfassende Beantwortung der Forschungsfragen zu Schülervorstellungen	259
9.3	Überprüfung der Hypothesen	264

9.4	Deutung der Schülervorstellungen als Lernvoraussetzungen im Kontext des Denkens in Teilen von Ganzen	268
9.5	Diskussion der Ergebnisse und Überleitung zum Implikationen ableitenden Teil	272
IV	Implikationen ableitender Teil	279
10	Möglichkeit der Einbettung vom Denken in Teilen von Ganzen in den Informatikunterricht	281
10.1	Theoretische Vorüberlegungen	282
10.2	Kurzdarstellung einer Möglichkeit zur handlungsorientierten Umsetzung . .	284
10.3	Zusammenfassung und Diskussion	289
11	Nach der Diagnose: Behandlung von Vorstellungen im (Informatik-)Unterricht	291
11.1	Voraussetzungen und Implikationen für einen Umgang mit Vorstellungen im Fachunterricht	292
11.2	Methodische Handlungsempfehlungen zu Aufbaustrategien	298
11.3	Methodische Handlungsempfehlungen zu Konfrontationsstrategien	302
11.4	Ableitung von Möglichkeiten zum Umgang mit Vorstellungen zum Aufbau von Informatiksystemen	308
11.5	Zusammenfassung zu möglichen Umgängen mit Schülervorstellungen im Informatikunterricht	314
V	Abschließender Teil	317
12	Zusammenfassung, Fazit und Ausblick	319
12.1	Zusammenfassende Beantwortung der dieser Arbeit übergeordneten Leitfragen	320
12.2	Fazit und Ausblick	325
	Abbildungsverzeichnis	331
	Literaturverzeichnis	335