

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	3
Zusammenfassung	5
Abstract	7
Abbildungsverzeichnis	13
Tabellenverzeichnis	17
1 Einleitung	19
2 Formatives Assessment	25
2.1 Begriffsbestimmung	25
2.2 Die fünf Schlüsselmerkmale	27
2.3 Feedback	32
2.3.1 Einfaches und elaboriertes Feedback	33
2.3.2 Ein Modell für wirksames Feedback im Unterricht	35
2.3.3 Automatisches Feedback	39
2.4 Befunde der Lehr-Lern-Forschung	42
2.4.1 Lernwirksamkeit	42
2.4.2 Herausforderungen im Schulalltag	44
3 Concept Maps	47
3.1 Aufgabenformat	48
3.2 Auswertungsformat	52
3.3 Concept Maps als formative Assessment-Methode	55
4 Maschinelles Lernen	59
4.1 Datenvorverarbeitung	61
4.1.1 Traditionelle Verfahren	62
4.1.2 Statische Embeddings	65

4.1.3	Kontextabhängige Embeddings	67
4.2	Trainieren eines Modells	70
4.2.1	Aufteilung der Daten	70
4.2.2	Modelltypen	73
4.3	Testen und Optimieren eines Modells	82
4.3.1	Gütekriterien eines Klassifikationsmodells	82
4.3.2	Hyperparameter und Verzerrung-Varianz-Dilemma	85
4.4	Maschinelles Lernen in der Bildungsforschung	86
5	Zielsetzung und Erkenntnisinteresse der Untersuchung	91
6	Entwicklungsstudie	101
6.1	Phase 1: Inhaltliche Vorbereitung der Studie	102
6.1.1	Analyse der Studie „Physik und Physiologie“	102
6.1.2	Analyse der Studien von Friege	105
6.1.3	Schlussfolgerungen	108
6.2	Phase 2: Entwicklung eines Machine-Learning-Modells	123
6.2.1	Vorbereitung der Erhebung	123
6.2.2	Soziodemografische Daten der Stichprobe	125
6.2.3	Analyse der Concept Maps und menschliche Bewertung der Propositionen	126
6.2.4	Entwicklungsschritte	129
6.2.5	Erste Ergebnisse	138
6.3	Phase 3: Analyse der automatischen Auswertung	140
6.3.1	Ergebnisse der Machine-Learning-Modelle bezüglich der vier Bewertungskategorien	140
6.3.2	Ergebnisse der SVM bezüglich der 19 Propositionen	143
6.3.3	Ergebnisse der SVM bezüglich Lernendenmerkmale	146
6.3.4	Auswertung des Fragebogens	148
6.4	Beantwortung der Forschungsfragen und Diskussion der Ergebnisse	148
7	Feedbackstudie	155
7.1	Phase 1: Entwicklung des Feedbacks	157
7.1.1	1. Feedback – Vorwissen	159
7.1.2	2. Feedback – vor der Klausur	162
7.2	Phase 2: Beschreibung der Stichprobe und Methodik	166

7.3	Phase 3: Ergebnisse	173
7.3.1	Formatives Assessment im Physikunterricht	173
7.3.2	Hilfreiche Elemente des automatischen Feedbacks	176
7.3.3	Nutzung des automatischen Feedbacks	177
7.3.4	Subjektive Wahrnehmung des automatischen Feedbacks	179
7.3.5	Auswertung der Fragebögen zur eingesetzten Concept Map	183
7.3.6	Analyse der Log-Daten	187
7.3.7	Darstellung der Concept-Map-Entwicklung	190
7.3.8	Machine-Learning-Auswertung der neuen Concept Maps	194
7.4	Beantwortung der Forschungsfragen und Diskussion der Ergebnisse	196
8	Zusammenführende Diskussion	209
9	Fazit und Ausblick	215
	Literaturverzeichnis	219
	Anhang	241
	Lebenslauf	271
	Publikationsliste	273