

Inhaltsübersicht

1 Einleitung	1
2 Theorie und Forschungsstand	7
3 Forschungsfragen und Hypothesen	91
4 Methoden	109
5 Analysemethodik	155
6 Ergebnisse	259
7 Diskussion	303
8 Schlussfolgerungen und Metainferenzen	339
9 Ausblick	351
10 Abbildungsverzeichnis	355
11 Tabellenverzeichnis	357
12 Literaturverzeichnis	361
13 Anhang	379

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
2 Theorie und Forschungsstand.....	7
2.1 Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung	7
2.2 Fehler in der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung	11
2.3 Nature of Science	18
2.4 Nature of Science und Umgang mit Fehler.....	23
2.5 Nature of Science im Lehr-Lern-Kontext.....	31
2.5.1 Nature of Science im schweizerischen Lehrplan Volksschule	32
2.5.1.1 Zuordnung Umgang mit Fehlern im Kompetenzbereich <i>NT.1 Wesen und Bedeutung von Naturwissenschaften und Technik verstehen</i>	41
2.5.2 Unterrichtliche Vermittlung von Nature of Science.....	44
2.5.2.1 Implizite und explizite Lernprozesse	44
2.5.2.2 Implizite Zugänge für die Vermittlung von Nature of Science.....	45
2.5.2.3 Explizierte Zugänge für die Vermittlung von Nature of Science.....	49
2.5.2.4 Möglichkeiten zur Thematisierung von Fehlern im Rahmen der Vermittlung von NOS.....	53
2.5.3 Schüler*innenvorstellungen über Nature of Science	54
2.5.3.1 Definition Vorstellung	54
2.5.3.2 Entwicklung von Schüler*innenvorstellungen	54
2.5.3.3 Schüler*innenvorstellungen zu Nature of Science.....	55
2.5.3.4 Schüler*innenvorstellungen zu Fehlern als NOS-Bestandteile.....	57
2.6 Fehler im Lehr-Lern-Kontext	58
2.6.1 Definition Fehler im (NT-)Lehr-Lern-Kontext	58
2.6.2 Umgang mit Fehlern im Unterricht	59

2.6.2.1	Umgang mit Fehlern und Emotionen.	62
2.6.2.2	Umgang mit Fehlern und Motivation.	65
2.6.2.3	Umgang mit Fehler und Selbstwirksamkeitserwartung ..	66
2.6.2.4	Förderung eines konstruktiven Umgangs mit Fehlern	67
2.7	Fehler im MINT-Unterricht	70
2.7.1	Fehler und Fehlertypen im Fach Mathematik.....	70
2.7.1.1	Fehlertypen.....	71
2.7.2	Fehler und Fehlertypen im Fach Medien und Informatik mit Fokus aufs Programmieren	75
2.7.2.1	Fehlertypen.....	78
2.7.3	Fehler und Fehlertypen im Integrationsfach Natur und Technik.....	80
2.7.3.1	Fehlertypen.....	82
2.7.4	Fazit zu Fehlern und Fehlertypen in MINT-Fächern	82
2.8	Nature of Science und Umgang mit Fehlern im MINT-Unterricht	84
2.8.1	Control-Value Theory of Achievement Emotions	86
2.8.2	Zuordnung der Untersuchungsvariablen zur Control-Value Theory of Achievement Emotions	89
3	Forschungsfragen und Hypothesen	91
3.1	Einfluss des Umgangs mit Fehlern auf die intrinsische Motivation zum visuellen Programmieren	92
3.2	Einfluss des Verständnisses von NOS-Aspekten auf den Umgang mit Fehlern	93
3.3	Wirkung einer Intervention auf den Umgang mit Fehlern	95
3.4	Wirkung einer Intervention auf das Verständnis von NOS-Aspekten	102
3.5	Stabilität des Verständnisses von NOS-Aspekten und des Umgangs mit Fehlern sowie wechselseitige Wirkung der Variablen über die Zeit.....	104
3.6	Verständnis der Schüler*innen von Fehlern im Erkenntnisgewinnungsprozess	106

4 Methoden	109
4.1 Untersuchungsraum	110
4.1.1 Schüler*innenlabor <i>Smartfeld</i>	110
4.1.2 Schüler*innenworkshop <i>Kreativität in Natur und Technik – Smarte Textilien</i>	111
4.1.2.1 Inhalte des Schüler*innenworkshops <i>Kreativität in Natur und Technik – Smarte Textilien</i>	112
4.1.3 Lehrplanbezug des Schüler*innenworkshops <i>Kreativität in Natur und Technik – Smarte Textilien</i> zum Kompetenzbereich <i>Medien und Informatik</i>	115
4.1.4 Fehlertypen im Workshop <i>Kreativität in Natur und Technik – Smarte Textilien</i>	115
4.2 Forschungsdesign	119
4.2.1 Anpassung des Workshops <i>Kreativität in Natur und Technik – Smarte Textilien für die Interventionsstudie</i> ..	121
4.2.1.1 Einsatz der 4-Schritte-Methode	128
4.2.2 Einflussfaktoren auf die Intervention und deren Wirkung	129
4.2.3 Zusammenfassung Interventionsstudie	131
4.3 Datenerhebung – Mixed-Methods	131
4.3.1 Fragebogen	131
4.3.1.1 Personenbezogene Angaben	134
4.3.1.2 Vorstellungen und Vorkenntnisse zum visuellen Programmieren	134
4.3.1.3 Computerkompetenz	136
4.3.1.4 Computernutzung in der Freizeit	137
4.3.1.5 Selbstwirksamkeitserwartung zum visuellen Programmieren mit dem <i>micro:bit</i>	137
4.3.1.6 Intrinsische Motivation zum visuellen Programmieren mit dem <i>micro:bit</i>	138
4.3.1.7 Fehlerlernorientierung und Fehlerangst	139
4.3.1.8 Affektiv-motivationale Reaktionen auf Fehler	140
4.3.1.9 Nature of Science	141

4.3.1.10 Positive Affekte im <i>Smartfeld</i> (Spaß, Flow).....	146
4.3.1.11 Relevanz der Inhalte des Workshops Smarte Textilien.....	146
4.3.2 Stichprobe Fragebögen.....	147
4.3.3 Kurzinterviews.....	148
4.3.3.1 Erstellung Interviewleitfaden.....	148
4.3.3.2 Stichprobe.....	150
4.3.4 Experience Sampling Methode.....	154
5 Analysemethodik.....	155
5.1 Pilotierung Interventionsstudie	155
5.2 Pilotierung Fragebogen	157
5.2.1 Pilotierung Skala <i>Vorstellungen und Vorkenntnisse zum visuellen Programmieren</i>	158
5.2.2 Pilotierung Skalen <i>Computerkompetenz und Computernutzung in der Freizeit</i>	162
5.2.3 Pilotierung Skala <i>Selbstwirksamkeit zum visuellen Programmieren mit dem micro:bit</i>	165
5.2.4 Pilotierung Skala <i>intrinsische Motivation zum visuellen Programmieren mit dem micro:bit</i>	171
5.2.5 Pilotierung Skalen <i>Fehlerlernorientierung und Fehlerangst</i>	174
5.2.6 Pilotierung Skala <i>affektiv-motivationale Reaktionen auf Fehler</i>	181
5.2.7 Pilotierung NOS-Skalen	184
5.2.7.1 Skala <i>wissenschaftliche Untersuchungen verwenden eine Vielzahl von Methoden</i>	184
5.2.7.2 Skala <i>Wissen ist vorläufig, aber beständig</i>	191
5.2.7.3 Skala <i>Fehlermachen beim Experimentieren</i>	196
5.2.7.4 Skala <i>Subjektivität</i>	199
5.2.7.5 Skala <i>Kulturelle Elemente der Wissenschaft</i>	204
5.2.8 Pilotierung Skala <i>positive Affekte im Smartfeld</i>	207
5.2.9 Pilotierung Skala <i>Relevanz der Inhalte des Workshops Smarte Textilien</i>	210

5.3 Statistische Analysen Fragebogen	217
5.3.1 Übersicht über deskriptive und interferenzstatistische Analysen.....	217
5.3.1.1 Verbesserung der Skalenreliabilität der NOS-Skalen ..	217
5.3.1.2 Messinvarianzprüfung von NOS_B über die Zeit ..	223
5.3.1.3 Prüfung der Skalen auf Ausreißer und Extremwerte..	224
5.3.1.4 Prüfung der Skalen auf Normalverteilung ..	225
5.3.1.5 Übersicht über Skalenwerte ..	228
5.3.2 Vorbereitende Datenanalyse	229
5.3.2.1 Linearität.....	230
5.3.2.2 Autokorrelation	230
5.3.2.3 Multikollinearität	230
5.3.2.4 Homoskedastizität.....	231
5.3.2.5 Normalverteilung des Fehlerwertes	231
5.3.2.6 Korrelationen zwischen Fehlerlernorientierung, affektiv-motivationalen Reaktionen auf Fehler und Verständnis von NOS-Aspekten zu den drei Messzeitpunkten t_1 , t_2 und t_3	231
5.3.2.7 Einfluss des Verständnisses von NOS-Aspekten auf den Umgang mit Fehlern (Fragestellung und Hypothesen 2)	233
5.3.2.8 Wirkung der Intervention auf den Umgang mit Fehlern (Fragestellung und Hypothesen 3)	236
5.3.2.9 Wirkung der Intervention auf das Verständnis von NOS-Aspekten (Fragestellung und Hypothesen 4)..	240
5.3.2.10 Stabilität des Verständnisses von NOS-Aspekten und der Fehlerlernorientierung sowie wechselseitige Wirkung der Variablen über die Zeit (Fragestellungen und Hypothesen 5)	242
5.4 Pilotierung Interviews	246
5.5 Analyse der Interviews	246
5.5.1 Durchführung der Interviews.....	246

5.5.2 Transkription der Interviews.....	246
5.5.3 Qualitative Inhaltsanalyse der Interviews	247
5.5.4 Quantifizierung der Interviews.....	249
5.5.5 Interrater-Reliabilität.....	251
6 Ergebnisse	259
6.1 Ergebnisse Fragebogenstudie.....	259
6.1.1 Einfluss des Umgangs mit Fehlern auf die intrinsische Motivation zum visuellen Programmieren.....	259
6.1.2 Einfluss des Verständnisses von NOS-Aspekten auf den Umgang mit Fehlern.....	261
6.1.2.1 Effekt des Verständnisses von NOS-Aspekten auf die Fehlerlernorientierung.....	261
6.1.2.2 Effekt des Verständnisses von NOS-Aspekten auf die affektiv-motivationalen Reaktionen auf Fehler ..	263
6.1.2.3 Mediationseffekt der Fehlerlernorientierung zwischen dem Verständnis von NOS-Aspekten und den affektiv-motivationalen Reaktionen auf Fehler...	265
6.1.3 Wirkung der Intervention auf den Umgang mit Fehlern....	267
6.1.3.1 Direkte Wirkung auf die Fehlerlernorientierung....	268
6.1.3.2 Direkte Wirkung auf die affektiv-motivationalen Reaktionen auf Fehler	270
6.1.3.3 Nachhaltige Wirkung auf die Fehlerlernorientierung...	271
6.1.3.4 Nachhaltige Wirkung auf die affektiv-motivationalen Reaktionen auf Fehler	272
6.1.4 Wirkung der Intervention auf das Verständnis von NOS-Aspekten	273
6.1.4.1 Direkte Wirkung auf das Verständnis von NOS-Aspekten.....	274
6.1.4.2 Nachhaltige Wirkung auf das Verständnis von NOS-Aspekten.....	275
6.1.5 Stabilität des Verständnisses von NOS-Aspekten und der Fehlerlernorientierung sowie wechselseitige Wirkung der Variablen über die Zeit	277

6.2 Ergebnisse Interviewstudie	281
6.2.1 Ergebnisse zum ersten Bereich <i>Fehler im naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnungsprozess</i>	282
6.2.1.1 Ergebnisse Quantifizierung	285
6.2.2 Ergebnisse zum zweiten Bereich <i>Gründe für Fehler (Warum?)</i>	287
6.2.2.1 Ergebnisse Quantifizierung	289
6.2.3 Ergebnisse zum dritten Bereich <i>Momente im Prozess, in welchen Fehler passieren können (Wo?)</i>	290
6.2.3.1 Ergebnisse Quantifizierung	291
6.2.4 Ergebnisse zum vierten Bereich <i>Fehler beim Experimentieren</i>	292
6.2.4.1 Ergebnisse Quantifizierung	293
6.2.5 Ergebnisse zum fünften Bereich <i>Gründe für die Entstehung von Beobachtungsfehlern</i>	293
6.2.5.1 Ergebnisse Quantifizierung	295
6.2.6 Ergebnisse zum sechsten Bereich <i>Umgang der Schüler*innen als Wissenschaftler*innen mit Fehlern</i>	296
6.2.6.1 Ergebnisse Quantifizierung	298
6.2.7 Zusammenfassung: Ergebnisse generelle Einstellung zu Fehlern im Erkenntnisgewinnungsprozess	299
7 Diskussion	303
7.1 Einfluss des Verständnisses von NOS-Aspekten auf den Umgang mit Fehlern	304
7.2 Wirkung der Intervention auf den Umgang mit Fehlern ..	308
7.2.1 Diskussion zur direkten Wirkung der Intervention auf den Umgang mit Fehlern	308
7.2.2 Diskussion zur nachhaltigen Wirkung der Intervention auf den Umgang mit Fehlern	312
7.3 Wirkung der Intervention auf das Verständnis von NOS-Aspekten	316
7.3.1 Diskussion zur direkten Wirkung der Intervention auf das Verständnis von NOS-Aspekten	316

7.3.2	Diskussion zur nachhaltigen Wirkung der Intervention auf das Verständnis von NOS-Aspekten	317
7.4	Stabilität des Verständnisses von NOS-Aspekten und des Umgangs mit Fehlern sowie wechselseitige Wirkung der Variablen über die Zeit	319
7.5	Verständnis der Schüler*innen von Fehlern im Erkenntnisgewinnungsprozess	326
7.5.1	Diskussion des ersten Bereichs <i>Fehler im naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnungsprozess</i>	326
7.5.2	Diskussion des zweiten Bereichs <i>Gründe für Fehler (Warum?)</i>	327
7.5.3	Diskussion des dritten Bereichs <i>Momente im Prozess, in welchen Fehler passieren können (Wo?)</i>	328
7.5.4	Diskussion des vierten Bereichs <i>Fehler beim Experimentieren</i>	329
7.5.5	Diskussion des fünften Bereichs <i>Gründe für die Entstehung von Beobachtungsfehlern</i>	331
7.5.6	Diskussion des sechsten Bereichs <i>Umgang der Schüler*innen als Wissenschaftler*innen mit Fehlern</i>	332
7.5.7	Diskussion Hypothese 6.2.1.....	332
7.6	Limitationen	334
8	Schlussfolgerungen und Metainferenzen.....	339
8.1	Einfluss des Verständnisses von NOS-Aspekten auf den Umgang mit Fehlern	341
8.2	Wirkung der Intervention auf den Umgang mit Fehlern sowie auf das Verständnis von NOS-Aspekten	345
8.3	Stabilität des Verständnisses von NOS-Aspekten und des Umgangs mit Fehlern sowie wechselseitige Wirkung der beiden Variablen über die Zeit.....	348
9	Ausblick	351
10	Abbildungsverzeichnis	355
11	Tabellenverzeichnis	357
12	Literaturverzeichnis.....	361

13 Anhang	379
Leitfaden für Workshopleitende und studentische Hilfskräfte zum Umgang mit Fehlern	379
Fragebogen Pretest	381
Fragebogen Posttest und Fragebogen Follow-up-Test	391
Interviewleitfaden	400
Transkriptionsregeln	403
Notationsregeln	405
Kategoriensystem	406
Kriterienraster Punktevergabe Quantifizierung Interviews ..	416