

# Inhaltsübersicht

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

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Theorie und Forschungsstand</b>	<b>7</b>
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**

<b>4 Methoden</b>	109
<b>4.1 Untersuchungsraum</b>	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
<b>4.2 Forschungsdesign</b>	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
<b>4.3 Datenerhebung – Mixed-Methods</b>	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 *Smartfeld* (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 *Vorstellungen und Vorkenntnisse zum visuellen Programmieren*..... 158
    - 5.2.2 Pilotierung Skalen *Computerkompetenz und Computernutzung in der Freizeit*..... 162
    - 5.2.3 Pilotierung Skala *Selbstwirksamkeit zum visuellen Programmieren mit dem micro:bit*..... 165
    - 5.2.4 Pilotierung Skala *intrinsische Motivation zum visuellen Programmieren mit dem micro:bit*..... 171
    - 5.2.5 Pilotierung Skalen *Fehlerlernorientierung und Fehlerangst*..... 174
    - 5.2.6 Pilotierung Skala *affektiv-motivationale Reaktionen auf Fehler*..... 181
    - 5.2.7 Pilotierung NOS-Skalen..... 184
      - 5.2.7.1 Skala *wissenschaftliche Untersuchungen verwenden eine Vielzahl von Methoden*..... 184
      - 5.2.7.2 Skala *Wissen ist vorläufig, aber beständig*..... 191
      - 5.2.7.3 Skala *Fehlermachen beim Experimentieren*..... 196
      - 5.2.7.4 Skala *Subjektivität*..... 199
      - 5.2.7.5 Skala *Kulturelle Elemente der Wissenschaft*..... 204
    - 5.2.8 Pilotierung Skala *positive Affekte im Smartfeld*..... 207
    - 5.2.9 Pilotierung Skala *Relevanz der Inhalte des Workshops Smarte Textilien*..... 210

<b>5.3 Statistische Analysen Fragebogen</b>	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 Mess- zeitpunkten $t_1$ , $t_2$ 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
<b>5.4 Pilotierung Interviews</b>	246
<b>5.5 Analyse der Interviews</b>	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
<b>6</b>	<b>Ergebnisse</b> .....	<b>259</b>
<b>6.1</b>	<b>Ergebnisse Fragebogenstudie</b> .....	<b>259</b>
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

<b>6.2 Ergebnisse Interviewstudie.</b>	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
<b>7 Diskussion.</b>	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
<b>7.4 Stabilität des Verständnisses von NOS-Aspekten und des Umgangs mit Fehlern sowie wechselseitige Wirkung der Variablen über die Zeit .....</b>	<b>319</b>
<b>7.5 Verständnis der Schüler*innen von Fehlern im Erkenntnisgewinnungsprozess .....</b>	<b>326</b>
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
<b>7.6 Limitationen .....</b>	<b>334</b>
<b>8 Schlussfolgerungen und Metainferenzen .....</b>	<b>339</b>
<b>8.1 Einfluss des Verständnisses von NOS-Aspekten auf den Umgang mit Fehlern .....</b>	<b>341</b>
<b>8.2 Wirkung der Intervention auf den Umgang mit Fehlern sowie auf das Verständnis von NOS-Aspekten .....</b>	<b>345</b>
<b>8.3 Stabilität des Verständnisses von NOS-Aspekten und des Umgangs mit Fehlern sowie wechselseitige Wirkung der beiden Variablen über die Zeit .....</b>	<b>348</b>
<b>9 Ausblick .....</b>	<b>351</b>
<b>10 Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>355</b>
<b>11 Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>357</b>
<b>12 Literaturverzeichnis .....</b>	<b>361</b>

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