

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	15
1 Intuitive Modelle und informatisches Wissen	17
1.1 <i>Intuition als Wissen</i>	17
1.2 <i>Intuition als prozedurales Wissen</i>	17
1.3 <i>Intuitive Modelle als bedeutungsbezogenes deklaratives Wissen</i>	18
1.3.1 Begriffe – Identifikation von Objekten	18
1.3.2 Schemata – Speichern struktureller Merkmale	18
1.3.3 Mentale Modelle	19
1.4 <i>Merkmale intuitiver Modelle</i>	19
1.5 <i>Phänomenologische Primitive</i>	21
1.6 <i>Intuitive Modelle und Fehlvorstellungen</i>	21
2 Repräsentation intuitiver Modelle	23
2.1 <i>Duale Kodierung von Wissen</i>	23
2.2 <i>Vielfalt und Flüchtigkeit</i>	24
2.3 <i>Repräsentation und Metaphorisierung</i>	24
2.3.1 Uneigentliche Redeweise in der Informatik	24
2.3.2 Metaphern und analoges Denken	25
2.3.3 Metaphern als Bilder für intuitive Modelle	26
2.4 <i>Beispiele als Repräsentationen intuitiver Modelle</i>	28
2.4.1 Prinzipien der Beispielbildung	28
2.4.2 Prototypische Beispiele	29
2.4.3 Repräsentation durch eine Beispielkollektion	29
2.4.4 Beispiel-basiertes Problemlösen	30
2.5 <i>Strukturorientierte und ablaforientierte Repräsentationen</i>	30
2.6 <i>Modellrepräsentationen im Unterricht</i>	31
3 Verwendung intuitiver Modelle	33
3.1 <i>Verstehen</i>	33
3.1.1 Verstehen aus Sicht der Hermeneutik	34
3.1.2 Verstehen durch intuitive Modelle	34
3.2 <i>Erklären</i>	35
3.2.1 Fokussierung	35
3.2.2 Mehrperspektivität: Viele Modelle für eine Sache	37
3.3 <i>Problemlösen</i>	37
3.3.1 Antizipatorische Intuitionen	37
3.3.2 Ansatz und Verfeinerung	38
3.3.3 Paradigmatische Modelle und Software-Entwicklung	39
3.3.4 Entwurfsmuster (Design Patterns)	40
3.3.5 Use Cases – intuitive Modelle für Funktionalität	40
3.3.6 Intuitive Modelle im agilen Programmieren – The Planning Game	41
3.4 <i>Kontrollmodelle</i>	41
3.4.1 Zusicherungen	42
4 Empirische Erforschung intuitiver Modelle	45
4.1 <i>Forschungsansätze und methodische Probleme</i>	45
4.2 <i>Visualisierungsübungen</i>	45
4.3 <i>Die Python Visual Sandbox</i>	46

4.3.1	Die PVS als Spiel	46
4.3.2	Lernen mit der PVS	47
4.3.3	Überblick über den technischen Aufbau der Python Visual Sandbox	47
4.4	<i>Python Visual</i>	48
4.5	<i>Python Puzzle</i>	49
4.5.1	Dokumentation einer Session	51
4.5.2	Auswertung der Python Puzzle Sessions	51
4.5.3	Verwendung von Tipps	52
4.6	<i>Python Puzzle assert</i>	53
4.7	<i>Python Quiz</i>	53
4.7.1	Bewertung der Antworten	54
4.7.2	Dokumentation einer Session	54
4.7.3	Schlussfolgerungen zur Intuitivität von Modellen	55
4.8	<i>Workshops mit der PVS</i>	55
4.9	<i>Systematisierung intuitiver Modelle der Informatik</i>	56
5	Akteurmodelle	57
5.1	<i>Daten als Akteure – Datenflüsse</i>	57
5.2	<i>Namen als Akteure</i>	58
5.3	<i>Funktionen</i>	58
5.4	<i>Allmächtige Steuerungsentität – monoaktive Systeme</i>	58
5.5	<i>Objekte</i>	59
6	Benennung von Entitäten	61
6.1	<i>Behältermodell und Referenzierungsmodell</i>	61
6.2	<i>Erscheinungsmodelle</i>	62
6.3	<i>Wem gehört ein Name? Zeiger versus Etiketten</i>	64
6.4	<i>Vermischung von Namensmodellen</i>	65
6.5	<i>Namen als Bezeichnungen für Rollenträger</i>	66
6.6	<i>Implizite Namen</i>	66
6.7	<i>Indirekte Namen</i>	68
6.7.1	Funktionsaufrufe und mathematische Terme	68
6.7.2	Benennung durch Literale	69
6.8	<i>Assoziationen</i>	69
6.9	<i>Benennung als Unterordnung</i>	70
7	Daten	73
7.1	<i>Ansicht versus Literal</i>	73
7.2	<i>Verwechseln von Wert (Datum) und Literal</i>	73
7.3	<i>Figürliche Ansichten</i>	73
7.4	<i>Nichts</i>	74
7.5	<i>Platzhalter für variable Teile in Dokumenten</i>	75
7.6	<i>Daten als Entitäten oder Zustände von Objekten</i>	76
8	Funktionen	79
8.1	<i>Funktion als Box mit Ein- und Ausgang für Daten</i>	80
8.2	<i>Dateneingabe über „Sensoren“</i>	81

8.3	<i>Übergabe von Referenzen bei der Eingabe</i>	82
8.4	<i>Ursprung der Eingabespezifikation</i>	82
8.5	<i>Vergleich von Eingabemechanismen</i>	82
8.6	<i>Übergabe von Referenzen bei der Ausgabe</i>	84
8.7	<i>Ausgabe als Signal</i>	86
8.8	<i>Durchlässigkeit der Systemgrenze</i>	87
8.8.1	Geschlossene Box	87
8.8.2	Box mit „Seitentür“	87
8.8.3	Direkter Zugriff auf externe Objekte	87
8.8.4	Vergleich von offenen und geschlossenen Funktionsmodellen	88
8.9	<i>Dynamische und statische Funktionsmodelle</i>	89
8.10	<i>Auslösemechanismen</i>	91
9	Kontrolle – Steuerung	93
9.1	<i>Handhabung von Kontrolle: Kontrollfluss und Kontrollübergabe</i>	93
9.2	<i>Anweisungssequenzen</i>	93
9.3	<i>Bedingte Anweisungen</i>	94
9.3.1	Verzweigung des Kontrollflusses	94
9.3.2	Kontrolle von Datenflüssen – Datenweichen und Datensperren	95
9.3.3	Ereignismodell – Steuersignale	95
9.4	<i>Iterationen – datengesteuerte Wiederholungen</i>	95
9.5	<i>Wiederholungen mit nicht antizipierbarem Ende</i>	97
9.5.1	Kontrollierte Wiederholung einer holistischen Aktivität	98
9.5.2	Schleifen	99
9.6	<i>Rekursion</i>	99
9.6.1	Rekursion als Schleife	100
9.6.2	Rekursion als Selbstaufforderung	100
9.6.3	Fehlerhafte Verwendung des Modells der Selbstaufforderung	101
9.6.4	Delegationsmodell	102
9.6.5	Protokoll-Modelle für rekursive Algorithmen	102
9.6.6	Schema einer rekursiven Funktion und Dedynamisierung	102
10	Verarbeitung	105
10.1	<i>Entstehen</i>	105
10.1.1	Entstehen von Daten	105
10.1.2	Entstehung von Namen	105
10.2	<i>Vernichtung</i>	105
10.2.1	Implizite Vernichtung bei Zuweisungen	105
10.2.2	Sukzessive Zuweisungen ohne Vernichtung	107
10.2.3	Totale Vernichtung	108
10.3	<i>Veränderung (Metamorphose)</i>	108
10.3.1	Datenumwandlungen	109
10.4	<i>Namenumwandlungen</i>	109
10.5	<i>Bewegen</i>	110
10.5.1	Bewegung von Daten	110
10.5.2	Modellierung von Zuweisungen durch Datenbewegung	111
10.5.3	Modellierung von Zuweisungen durch Namenbewegungen	112
11	Klassen	117
11.1	<i>Intuitive Modelle in der Objektorientierten Programmierung</i>	117

11.2	<i>Klassenbegriff</i>	117
11.3	<i>Klasse als Bauplan</i>	117
11.4	<i>Klasse als Fabrik für Objekte</i>	118
11.5	<i>Klasse als Menge von Objekten</i>	118
11.6	<i>Klasse als Prototyp</i>	118
11.7	<i>Klasse als Behälter für Funktionen (Toolbox)</i>	119
12	Objekte	121
12.1	<i>Zustand eines Objektes – Datenbesitz oder holistische Befindlichkeit</i>	121
12.2	<i>Instanziierung von Objekten – Produktion oder Auswahl</i>	122
12.3	<i>Instanziierungsmodelle in der PVS</i>	122
12.4	<i>Interaktion von Objekten – Verarbeitung von Botschaften</i>	124
12.4.1	<i>Objekte als Verursacher von Aktivität</i>	124
12.5	<i>Übermittlung von Botschaften</i>	126
12.6	<i>Schlussfolgerungen</i>	127
13	Intuitive Modellierung	129
13.1	<i>Identifizierung von Entitäten</i>	129
13.2	<i>Abstrahieren</i>	130
13.3	<i>Gestaltbildung</i>	131
13.4	<i>Animieren</i>	131
13.5	<i>Clusterbildung und Fokussierung</i>	132
13.6	<i>Überstrukturierung</i>	134
13.7	<i>Einbeziehung der Umgebung</i>	134
13.8	<i>Dekorieren und Dramatisieren</i>	135
13.9	<i>Rückmodellierung</i>	135
13.10	<i>Exhaurierung</i>	136
13.11	<i>Konsistenzwahrung</i>	137
14	Von der Intuition zum Programm	139
14.1	<i>Prozedurale Intuition und fehlendes deklaratives Wissen</i>	139
14.2	<i>Aufbrechen der Gestalt</i>	139
14.3	<i>Fehlende Verbindungen zwischen intuitiven Vorstellungen und Programmkonstrukten</i>	140
14.4	<i>Schwierige intuitive Modelle</i>	140
14.5	<i>Fehlvorstellungen</i>	141
15	Pädagogische Implikationen	143
15.1	<i>Intuitive Modelle und Lernen formaler Programmierkonzepte</i>	143
15.1.1	<i>Molekulare Modelle</i>	143
15.1.2	<i>Atomare Modelle</i>	143
15.1.3	<i>Subatomare Modelle</i>	144
15.2	<i>Kompetenzen im Umgang mit intuitiven Modelle</i>	144
15.2.1	<i>Abstraktionsgrad erkennen</i>	145
15.2.2	<i>Fokus und Grenzen wahrnehmen</i>	145
15.2.3	<i>Medien- und Kommunikationskompetenz</i>	145

15.3	<i>Intuitive Modelle und Scaffolding</i>	146
15.4	<i>Diskussion und Reflektion intuitiver Modelle</i>	146
15.4.1	Visualisierungsübungen	146
15.4.2	Rollenspiele und Regelspiele	147
15.4.3	Gestaltete Medien und Mikrowelten	147
15.5	<i>Informatik im Kontext</i>	148
15.6	<i>Schluss und Ausblick</i>	149
	Literatur	151
	Anhang	161
	Abbildungsverzeichnis	163
	Tabellenverzeichnis	167
	Abkürzungsverzeichnis	169
1	Ergänzungen zur Repräsentation intuitiver Modelle	171
1.1	<i>Verwendung unterschiedlicher Metaphern beim mathematischen Problemlösen</i>	171
1.2	<i>Repräsentation von Sprachkonzepten durch eine Beispielkollektion – die Python-Kurzreferenz von O'Reilly</i>	171
1.3	<i>Von der Schwierigkeit intuitive Modelle zu visualisieren</i>	172
1.4	<i>Beispiele für Tropen in der Informatik</i>	173
1.5	<i>Mikrowelten als einheitliche Domänen für konzeptionelle Metaphern</i>	173
1.6	<i>Prototypische Beispiele</i>	176
1.7	<i>Beispiele für ablauforientierte Repräsentationen</i>	177
1.8	<i>Darstellung intuitiver Modelle in der Python Visual Sandbox</i>	178
1.8.1	Warum Animationen?	178
1.8.2	Entfernung und Nähe	178
1.8.3	Grafische Elemente der Python Visual Sandbox	179
1.9	<i>Verwendung von Visualisierungen im Informatikunterricht</i>	182
2	Ergänzungen zur Verwendung intuitiver Modelle	185
2.1	<i>Verstehen</i>	185
2.1.1	Textformen in informatischer Fachliteratur	185
2.1.2	Experimente zur Beantwortung erkenntnisgewinnender Fragen	186
2.2	<i>Das Bemühen um Verstehen bei der Vorbereitung auf einen Test</i>	187
2.2.1	Auswahl repräsentativer Beispiele	188
2.2.2	Beispiele ausprobieren – Streben nach Gewissheit	189
2.2.3	Beispiele für die Verwendung regulärer Ausdrücke	189
2.2.4	Ergebnisse	191
2.2.5	Verwendung von visuellen Modellen als Verstehenshilfe	192
2.3	<i>Problemlösen</i>	194
2.3.1	Fallstudie: Das Iterator-Pattern und seine Implementierung in Python	194
2.4	<i>Kontrolle</i>	196
2.4.1	Intuitive Modelle und Testen	196
2.4.2	Paradigmatische Modelle beim Testen	197
3	Materialien zu den empirischen Untersuchungen	199
3.1	<i>Visualisierungsübungen</i>	199
3.1.1	Aufgabenblatt 1	199
3.1.2	Aufgabenblatt 2	200
3.2	<i>Aufbau der Datenbank der PVS</i>	203

3.2.1	Allgemeine Tabellen	203
3.2.2	Tabellen für Python Visual	205
3.2.3	Tabellen für Python Puzzle	206
3.2.4	Tabellen für Python Quiz	208
3.3	<i>Gruppen einrichten</i>	209
3.4	<i>Auswertung der Datenbank</i>	209
3.4.1	Auswertungsmöglichkeiten für Spieler und Zuschauer	210
3.4.2	Wissenschaftliche Auswertung	211
3.5	<i>Python Visual</i>	212
3.5.1	Dokumentation einer Session	212
3.5.2	Auszug aus der automatisch erstellten Auswertung	212
3.6	<i>Python Puzzle</i>	236
3.6.1	Screenshots aus einer Sitzung mit dem Python Puzzle „Modeling a group“	236
3.6.2	Dokumentation einer Session mit XML	236
3.6.3	Beispiel für eine automatisch generierte statistische Auswertung	238
3.7	<i>Python Quiz</i>	240
3.7.1	Dokumentation einer Session	240
3.7.2	Auszug aus der automatisch erstellten Auswertung	241
4	Ergänzungen zu Steuerungsmodellen	309
4.1	<i>Verzweigungen in Datenfluss-Modellen</i>	309
4.2	<i>Der Fetch-Execute-Zyklus als Beispiel einer Schleife</i>	309
4.3	<i>Assoziierte Konzepte zur Rekursion</i>	311
4.4	<i>Fehlerhafte Verwendung des Modells der Selbstaufforderung bei eingebetteter Rekursion</i>	312
4.5	<i>Anwendung des Delegationsmodells zur Visualisierung der Arbeitsweise rekursiver Funktionen</i>	312
4.6	<i>Bevorzugung vollständiger Modelle zur Darstellung einer rekursiven Funktion</i>	313
5	Ergänzungen zu Verarbeitungsmodellen	314
5.1	<i>Entstehungsprozesse im Alltag</i>	314
5.2	<i>Vernichtungskonzepte im Alltag</i>	314
5.3	<i>Totale Vernichtung bei Zuweisungen</i>	315
5.4	<i>Beispiele für Datenumwandlungen</i>	316
5.5	<i>Umbenennungen bei der der Ausführung von Funktionen</i>	318
5.6	<i>Umbenennungen in Rechenprotokollen zur rekursiven Berechnung der Fakultät</i>	319
5.7	<i>Datenbewegung bei Iterationen</i>	321
5.8	<i>Namenbewegung bei Iterationen</i>	322
6	Ergänzungen zu intuitiven Modellen in der OOP	323
6.1	<i>Klasse und Schema</i>	323
6.2	<i>Visualisierung von Klassen in Schülerzeichnungen</i>	323
6.3	<i>Klasse als Entität</i>	324
6.4	<i>Prototyptheorien in der Kognitionspsychologie</i>	324
6.5	<i>Prototyporientierte Programmiersprachen</i>	325
6.6	<i>Implizite Verwendung des Prototypkonzepts bei der Entwicklung einer Klasse</i>	325
6.7	<i>Das Prototyp-Konzept bei der Nutzung von Grafik-Tools</i>	326
6.8	<i>Modelle für die Herstellung von Objekten</i>	327

6.9	<i>Modellierung verschachtelter Botschaften</i>	327
6.9.1	Kontexte für die Verwendung von passiven Objektmodellen	329
6.10	<i>Indikatoren für die Validität der Ergebnisse</i>	330
7	Weitere Aspekte der intuitiven Modellierung	330
7.1	<i>Intuitivität als messbare Größe</i>	330
7.2	<i>Überstülpen des EVA-Modells als Beispiel für Überstrukturierung</i>	331