

Spitzer, Manfred

Wissen und Können

Spitzer, Manfred: Lernen. Gehirnforschung und die Schule des Lebens. München ; Heidelberg : Elsevier, Spektrum Akademischer Verlag 2007, S. 59-78



Empfohlene Zitierung/ Suggested Citation:

Spitzer, Manfred: Wissen und Können - In: Spitzer, Manfred: Lernen. Gehirnforschung und die Schule des Lebens. München ; Heidelberg : Elsevier, Spektrum Akademischer Verlag 2007, S. 59-78 - URN: urn:nbn:de:0111-opus-7490

in Kooperation mit / in cooperation with:

Spektrum
AKADEMISCHER VERLAG

<http://www.spektrum-verlag.de>

Nutzungsbedingungen

Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Die Nutzung stellt keine Übertragung des Eigentumsrechts an diesem Dokument dar und gilt vorbehaltlich der folgenden Einschränkungen: Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen. Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document.

This document is solely intended for your personal, non-commercial use. Use of this document does not include any transfer of property rights and it is conditional to the following limitations: All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

Kontakt / Contact:

peDOCS
Deutsches Institut für Internationale Pädagogische Forschung (DIPF)
Informationszentrum (IZ) Bildung
E-Mail: pedocs@dipf.de
Internet: www.pedocs.de

Mitglied der


Leibniz-Gemeinschaft

Manfred Spitzer

Lernen

Gehirnforschung und die Schule des Lebens



Spektrum
AKADEMISCHER VERLAG

Zuschriften und Kritik an:

Elsevier GmbH, Spektrum Akademischer Verlag, Katharina Neuser-von Oettingen, Slevogtstr. 3-5, 69126 Heidelberg

Wichtiger Hinweis für den Benutzer

Der Verlag und der Autor haben alle Sorgfalt walten lassen, um vollständige und akkurate Informationen in diesem Buch zu publizieren. Der Verlag übernimmt weder Garantie noch die juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für die Nutzung dieser Informationen, für deren Wirtschaftlichkeit oder fehlerfreie Funktion für einen bestimmten Zweck. Der Verlag übernimmt keine Gewähr dafür, dass die beschriebenen Verfahren, Programme usw. frei von Schutzrechten Dritter sind. Der Verlag hat sich bemüht, sämtliche Rechteinhaber von Abbildungen zu ermitteln. Sollte dem Verlag gegenüber dennoch der Nachweis der Rechtsinhaberschaft geführt werden, wird das branchenübliche Honorar gezahlt.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Alle Rechte vorbehalten

1. Auflage 2007

© Elsevier GmbH, München

Spektrum Akademischer Verlag ist ein Imprint der Elsevier GmbH.

07 08 09 10 11

5 4 3 2 1

Für Copyright in Bezug auf das verwendete Bildmaterial siehe Bildunterschriften.

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Planung und Lektorat: Katharina Neuser-von Oettingen, Anja Groth

Herstellung: Ute Kreutzer

Umschlaggestaltung: wsp design Werbeagentur GmbH, Heidelberg

Druck und Bindung: Krips b.v., Meppel

Printed in The Netherlands

ISBN-13: 978-3-8274-1723-7

ISBN-10: 3-8274-1723-6

Aktuelle Informationen finden Sie im Internet unter www.elsevier.de und www.elsevier.com

Inhalt

Vorwort XIII

1 Einleitung 1

- Der Nürnberger Trichter 1
- Internet als Supermarkt 3
- Aktivität 4
- Mit Inhalten hantieren 4
- Lust und Frust 9
- Angst 11
- Spuren 12
- Das Gehirn 13
- Ein halbes Gehirn 15
- Der Plan 15

Teil I: Wie wir lernen 19

2 Ereignisse 21

- Der Hippokampus 22
- Ortszellen zur Navigation 24
- Neuronale Repräsentationen 27
- Neuronenwachstum für Orte und Vokabeln 30
- Neuigkeitsdetektor 34
- Geschichten 35
- Lernen ohne Hippokampus 35
- Fazit 36
- Methodisches Postskript: Funktionelles Neuroimaging 37

3 Neuronen 41

- Impulse und Synapsen 41

Repräsentation durch Synapsenstärken 44

Anatomie in Zahlen 51

Input und Output 53

Fazit 54

Postskript für Fortgeschrittene: Neuronale Vektorrechnung 55

4 Wissen und Können 59

Viel können und wenig wissen 59

Synapsenstärken können viel 62

Synapsen lernen, aber langsam 64

Langsames Können-Lernen 65

Sprachentwicklung: Regeln an Beispielen lernen 68

Vergangenheitsbewältigung 73

Tomaten im Kopf 75

Regelhafte Welt 76

Fazit 77

5 Neuronale Repräsentationen 79

Mehr als innere Bilder 79

Repräsentation in Neuronenpopulationen 81

Neuronale Aspekte und Perspektiven 82

Von Kanten zu Regeln 85

Neuronen für Kategorien 86

Neuronen für Regeln 90

Neuroplastizität: Sich ändernde Repräsentationen 94

Fazit 96

6 Plastische Karten 99

Karten 100

Prinzip der Karten 102

Entstehung der Karten 104

Plastische Karten 105

Plastisches Sprachverstehen 107

Wird es eng im Kopf? 108

Vom Tasten zum Sprechen 110

Weitreichende kortikale Plastizität 114

Kognitive kortikale Karten bei Postbeamten 115

Zusammenspiel der Karten 118

Fazit 119

7 Schlaf und Traum 121

Konsolidierung und Schlafstadien 121

Lernen im Schlaf 123

Zebrafinken lernen schlafend singen 125

Lernen im Traum? 126

Tagesreste im Traum 129

Schlafhygiene für Leben und Lernen 132

Fazit 133

Postskript: Delphine, Vögel und die Frage Warum 133

Teil II: Was Lernen beeinflusst 139

8 Aufmerksamkeit 141

Vigilanz 142

Selektive Aufmerksamkeit 143

Aktivität für das Lernen 146

Ort- versus Objektzentriertheit 151

Darauf achten oder nicht 153

Fazit 155

9 Emotionen 157

Aufregung: Dabei sein 158

Angst essen Seele auf 161

Dem Gehirn beim emotionalen Lernen zuschauen 165

Stress 167

Akuter und chronischer Stress 169

Fazit 171

Postskript: Wo „Stress“ herkommt 172

10 Motivation 175

Besser als gedacht 176

Dopamin 177

Kokain 179

Belohnung 180

Neuigkeit und Bewertung 181

Belohnung und Plastizität 183
Schokolade, Musik, Blickkontakt 184
Motivation erzeugen? 192
Motivation in der Schule 193
Fazit: Dopamin, Neuigkeit und Belohnung 195
Psychiatrisches Postskript
Wahn: Wenn die Bewertung überkocht 196

11 Lernen vor und nach der Geburt 201

Lernen im Mutterleib 201
Angeboren und/oder gelernt 205
Kritische Perioden 206
Frühes Tuning für Laute 209
Prototypen für Gesichter 211
Verwirklichung von Möglichkeiten 216
Stille Verbindungen 217
Computer im Kinderzimmer? 223
Fazit 225

Teil III: Lebenslang lernen 227

12 Kindheit 229

Verbindungen reifen 229
Areale gehen on-line 233
Robuste Kinder und Spracherwerb 235
Gebärdensprache 237
Evolution: Fit sein versus fit werden 239
Fazit: Was Hänschen nicht lernt ... 240

13 Lesen 243

Erkenntnis 244
Verdrahtung 245
Diagnose von Mikroverdrahtungsstörungen 247
Therapie und Neuroplastizität 250
Fazit 251

14 Bildung: Mathematik, Natur- und Geisteswissenschaft 253

Mathematik 253

Einsteins Gehirn 255
Mathematik \neq Mathematik: Module 257
Strahl, Sinn und Modul 258
Genau rechnen versus grob schätzen 260
Mathematikunterricht 267
Naturwissenschaftliche und geisteswissenschaftliche Bildung 272
Fazit 274

15 Schnelle Jugend, weises Alter 277

Endliche Existenz und angepasste Langsamkeit 277
Statistik: Zur Genauigkeit von Mittelwerten 279
Langsam zur Weisheit 280
Schnelle Physik und langsamer Frieden 281
Je mehr, desto besser 283
Männer: Erfahrung versus Kraft 284
Elefantenfrauen und Fruchtbarkeit 286
Warum werden wir alt? 288
Fazit: Der Sinn des Alters 290

Teil IV: Gemeinschaft lernen 291

16 Kooperation 293

Evolutionsmechanismen für Kooperativität 294
Vom Waren- zum Gedankenaustausch 296
Gefangen im Spiel 297
Dilemma im Scanner 300
Die Realität: Viele Spieler und viele Spiele 301
Ärger und Strafe 303
Der gute Ruf 309
Rahmenbedingungen für soziales Lernen 313
Wolf oder Schaf? 314
Fazit: Die Wurzeln der Kooperation 317

17 Bewertungen 321

Depression und Manie 321
Kohl, Äpfel und Bananen 322
Das Trolley-Problem 323

Moral im Scanner 328
Zur Funktion von Bewertungsrepräsentationen 330
Der gute Geschmack 333
Katzen, Whiskas und die Moral 335
Fazit 337

18 Werte 339

Werte im Gehirn 340
Krankheiten und die Erkenntnis von Modulen 341
Der Fall Phineas Gage 342
Bewertung und Wert wie Haus und Substantiv 344
Kardex und Kodex 346
Prinzipien: Linguistik und Ethik 349
Entwicklung: Werte als Spätentwickler 351
Erfahrene Varianz spannt Räume auf 354
Erziehung: Was sollen wir tun? 356
Fazit 358

19 Gewalt im Fernsehen lernen 361

25.000 Stunden Fernsehen 362
Macht Fernsehen gewalttätig? 363
Wirkungen nach zwei Jahrzehnten 364
Lernen am Modell: Gewalt im Labor 366
Feldstudien 367
Fernsehen macht Gewalt 368
Rauslassen oder reinlassen? 369
Desensibilisierung 370
Kinder vor dem Fernsehapparat 371
Auch Mädchen, auch ohne Veranlagung 373
Fazit: Gewalt als Umweltverschmutzung 376
Postskript: Computerspiele – Learning by doing 379

Teil V: Schlüsse: Von PISA bis Pisa 385

20 PISA 387

Hundertachtzigtausend SchülerInnen 387
Lesen, Rechnen, Naturwissenschaft 389

Ergebnisse: Mittelwerte und Streuungen	390
Finnische Schulen aus finnischer Sicht	392
Deutsche Schulen aus tasmanischer Sicht	393
PISA-E	395
Fazit	396
Postskript: Die OECD entdeckt das Gehirn	397

21 Schule 399

Was wirklich geschieht	400
Frontalunterricht, Varianz, Jim und ein Wort mit O	402
Deutsch im Kindergarten	405
Englisch in der Grundschule	408
Lernen: Für das Leben, nicht für Klassenarbeiten!	410
Disziplin	411
Die Person des Lehrers	411
Ausbildung der Lehrer	414
Vernetzung ...	416
... und Ereignisse ...	416
... statt Vermittlung	417
Lob und Tadel, Angst und Stress	418
Computer in der Schule	418
Fazit	421

22 Religionsunterricht 423

Religion und Staat	424
Das Schulfach im Grundgesetz	425
Der Islam und die neuen Bundesländer	427
Neuroplastizität, Frontalhirn und nüchterne Realität	429
Aufklärung	431
Philosophie, Ethik, Religionskunde	432
Ethik in der 7. Klasse?	434
Problemfeld Weihnachtslieder	435
Fazit: Vom Frontalhirn zur Grundgesetzänderung	437
Postskript: Meditation über Gras, die Wurzel aus zwei, Gott und die Welt	440

23 Lebensinhalte 447

Pokémon oder Naturschutz 448

Lebensbedingungen 450

Welche Inhalte? 452

Strukturen ... 453

... Geschichten ... 453

... Metaphern ... 454

... und Mythen 455

Natur ... 455

... und Kultur 456

Fremdbestimmung ... 457

... und Selbstbestimmung 457

Postskript: Pisa 458

24 Epilog: Terra II 461

Literatur 487

Index 505

Vorwort

Wenn es etwas gibt, was Menschen vor allen anderen Lebewesen auszeichnet, dann ist es die Tatsache, dass wir lernen können und dies auch zeitlebens tun. Wir lernen Trinken, Laufen, Sprechen, Essen, Singen, Lesen, Radfahren, Schreiben, Rechnen, Englisch und uns zu benehmen – mit mehr oder weniger Erfolg. Später lernen wir einen Beruf, jemanden kennen, Kinder zu erziehen und Vorgesetzter zu sein. Wieder mit unterschiedlichem Erfolg. Noch später lernen wir, vor allem für andere da zu sein, uns nicht mehr so wichtig zu nehmen, mit der Rente auszukommen und mit Anstand abzutreten (zu den Erfolgsaussichten wage ich keine Vermutung).

Wir lernen, indem wir einfach so herumprobieren (wie beim Trinken an der Mutterbrust oder beim Laufen), indem wir zusehen, zuhören und die anderen nachmachen (wie beim Singen, Essen oder Sprechen) oder auch, indem wir Vokabeln pauken. Für viele Menschen ist Lernen identisch mit Pauken und vor allem damit, dass es keinen Spaß macht. Aber auch dies ist gelernt!

Lernen findet nicht nur in der Schule statt. Im Gegenteil: *Non scholae, sed vitae discimus* bezieht sich nicht nur darauf, wofür wir lernen (nämlich für das Leben und nicht für die nächste Klassenarbeit), sondern auch darauf, wo gelernt wird: im Leben und durch das Leben (und manchmal sogar selbst dann, wenn sich dieses in der Schule abspielt!).

Lernen findet im Kopf statt. Was der Magen für die Verdauung, die Beine für die Bewegung oder die Augen für das Sehen sind, ist das Gehirn für das Lernen. Daher sind die Ergebnisse der Erforschung des Gehirns für das Lernen etwa so wichtig wie die Astrophysik für die Raumfahrt oder die Muskel- und Gelenkphysiologie für den Sport.

Die Wissenschaft von den Nervenzellen und dem Gehirn, die Neurobiologie, hat in den letzten Jahren einen beispiellosen Aufschwung durchgemacht und zu noch vor wenigen Jahren ungeahnten Ergebnissen geführt. In diesem Buch geht es darum, mit Hilfe der Gehirnforschung das Lernen besser zu verstehen. Das daraus folgende vertiefte Verständnis des Lernens bleibt nicht im Elfenbeinturm der Wissenschaft, sondern geht uns alle an, denn wir alle lernen dauernd, ob wir wollen oder nicht.

Ich bin mir darüber im Klaren, dass die in diesem Buch beschrittenen gedanklichen Pfade nicht selten durch politisch schwerst verminntes Gebiet verlaufen. Aber gerade deshalb ist das Buch so wichtig. Auch wenn diese Minen glücklicherweise zu keinen körperlichen Schäden führen, so mögen sie beim Leser dennoch so manchen Gedanken zünden, und je häufiger dies geschieht, desto besser das Lernen, wie ich immer wieder versuchen werde zu zeigen.

Schüler sind nicht dumm, Lehrer nicht faul und unsere Schulen nicht kaputt. – Aber irgendetwas stimmt nicht, das ahnen wir seit einiger Zeit. Seit der Veröffentlichung der Ergebnisse der PISA-Studie haben wir es schwarz auf weiß. Die 15jährigen deutschen Schüler der Klassenstufe 9 liegen im internationalen Vergleich mit ihren Kollegen aus 31 anderen Nationen beim Lesen auf (dem bescheidenen) Rang 22, bzw. in Mathematik und den Naturwissenschaften auf Rang 21, d.h. unter dem Durchschnitt der Länder der OECD. Das bewegt die Gemüter von Eltern und Politikern, Lehrern, Unternehmern und Gewerkschaftlern. Dabei gehört gerade *dieses* Ergebnis der PISA-Studie noch zu den harmloseren! Aber greifen wir den Dingen nicht vor ...

Auch Autoren sind Menschen. Sie funktionieren weder wie ein Computer, noch sind sie das Internet. Sie haben vielmehr eine Geschichte, eben ihr Leben, mit ihren Erfahrungen und ihren Tücken und Lücken. Wer wollte oder könnte dies bestreiten? Um manches allgemeine Prinzip zu erläutern, habe ich auf eigene Erlebnisse zurückgegriffen. Man würde mich missverstehen, wenn man daraus den Schluss zöge, dass es in diesem Buch nur um persönliche Erlebnisse und Meinungen geht. Im Gegenteil. Es geht mir um *allgemeine Prinzipien*, die man aus der Hirnforschung für unseren Alltag ableiten kann. Die An-

ekdoten sind Beispiele, Besonderheiten, die auf das Allgemeine hinter ihnen verweisen sollen. Ihre Funktion ist eine rein didaktische: Wir können uns Einzelnes besser merken als Allgemeines, weil uns das Einzelne mehr berührt, weil wir es uns besser vorstellen können und weil wir deshalb mit Einzellern intensiver im Geiste hantieren als mit Allgemeinem. „In komplexen Demokratien besteht immer die Wahrscheinlichkeit der Wendung der durch sie ermöglichten Freiheit des Einzelnen gegen die Demokratie selbst.“ Dieser Satz bleibt lange nicht so gut hängen wie die Ereignisse des 11. September 2001.

Als Student saß ich in so mancher Vorlesung über Motivationspsychologie, die so langweilig war, dass man regelmäßig gegen den Schlaf zu kämpfen hatte. So ganz ernst konnte der Professor entweder die vorgetragene Inhalte oder seinen Job nicht nehmen; vielleicht wusste er auch im Grunde ebenso wenig wie wir Studenten, was Motivation ist. Was auch immer man aus der Vorlesung folgerte, es gereichte dem Professor nicht gerade zum Ruhm. „Falls du je in diese Situation gerätst, dann solltest du das einmal besser machen“, dachte ich damals nicht selten. Daher fordert mich nun ein Buch über Neurobiologie und Lernen gleich mehrfach heraus. Die folgenden Seiten sollen nicht nur wissenswerte Inhalte vermitteln, sondern auch beim Lesen Freude bereiten und Neugier wecken.

Im vergangenen Jahr saß ich in einer Expertengruppe der OECD zum Thema Gehirn und Bildung im Baden-Württembergischen Bildungsrat, fungierte als Experte bei einer Anhörung zur PISA-Studie im Bundesrat und führte eine ganze Reihe von Fortbildungsveranstaltungen für Lehrer durch. So viel zu meinen neuen Hobbys. Derjenige, der bei diesen Aktivitäten am meisten gelernt hat, bin ich selbst. Mir wurde klar, wie wichtig das Verständnis der neurobiologischen Grundlagen des Lernens ist, um bei den jetzt anstehenden notwendigen Änderungen unseres Bildungssystems keine Fehler zu machen. Ganz gewiss lässt sich kein Schulsystem direkt aus der Gehirnforschung ableiten. Aber genau so, wie Musik durch die Physik schwingender Körper und die Physiologie des Hörens weitgehend bestimmt ist, so ist auch das Lernen durch die Welt, in der gelernt wird, und durch das Organ des Lernens weitgehend bestimmt. Ich denke, man kann auch beim jetzigen

Stand der Gehirnforschung (die nicht abgeschlossen ist, sondern gerade erst richtig anfängt) schon eine ganze Reihe praktischer Schlussfolgerungen für Schule, Universität und Gesellschaft ziehen.

Um die Verständlichkeit des Buches zu verbessern, habe ich Verwandte, Freunde und Mitarbeiter gebeten, Vorabversionen von Kapiteln kritisch durchzugehen. Für diese Mühe möchte ich mich sehr herzlich bei Bernhard Connemann, Susanne Erk, Uwe Herwig, Gudrun Keller, Markus Kiefer, Thomas Kammer, Reinhold Miller, Ulrike Mühlbayer-Gässler, Carlos Schönfeld, Beatrix, Anja, Stefan, Thomas und Ulla Spitzer sowie Friedrich Uehlein ganz herzlich bedanken. Julia Ferreau und Gerlinde Trögele halfen manchmal beim Schreiben des Manuskripts. Ohne die Hilfe von Georg Grön und Bärbel Herrnberger wäre das Buch nie fertig geworden. Ihnen gilt mein ganz besonderer Dank! Katharina Neuser-von-Oettingen vom Spektrum Akademischer Verlag hat alles ausgehalten, was man im Verlag mit eigenwilligen Autoren aushalten kann. Allen sei an dieser Stelle für ihre Mühe sehr herzlich gedankt. Für alle verbliebenen Fehler und unausgemerzten Verständnishürden bin allein ich selbst verantwortlich.

Das Buch ist meinen Lehrern in der Schule, Universität und danach sowie meinen Mitarbeitern gewidmet. Ich hatte und habe in dieser Hinsicht großes Glück.

Zum Schluss noch eine Warnung: Dieses Buch ist kein Kochbuch. Wer einfache (um nicht zu sagen: billige) Ratschläge erhofft, wie er ohne viel Mühe Chinesisch lernt, am besten im Schlaf, der wird enttäuscht. Machen wir uns nichts vor (auch wenn es genügend Bücher gibt, die genau dies tun). Es gibt keine Taschenspielertricks, mit denen man im Nu lernt. Wenn es sie gäbe, würde man sie den Lehrern während ihrer Ausbildung an den Universitäten und Pädagogischen Hochschulen vermitteln. Was es jedoch tatsächlich gibt, sind erste Ansätze zu einer Art Gebrauchsanweisung für die beste Lernmaschine der Welt: Ihr Gehirn. Wenn Sie es also benutzen wollen oder gar in einer Position sind, mit anderen dessen Benutzung zu üben, lesen Sie doch bitte weiter! Ich hoffe aufrichtig, dass Sie Ihren Spaß dabei haben werden!

4 Wissen und Können

Wussten Sie, dass die Verben, die auf „-ieren“ enden, das Partizip Perfekt ohne „ge“ bilden? Wir sind gestern gelaufen, sind aber nicht durch den Wald ge-spaziert, sondern nur spaziert. Auch habe ich mir die Barthaare gekürzt, mich aber nicht ge-rasiert, sondern nur rasiert; und was ich vorgestern nur verloren (und nicht ge-verloren) habe, das habe ich gestern wieder gefunden.

Kannten Sie die eingangs genannte Regel? Sofern Sie nicht „Deutsch für Ausländer“ unterrichten, ist die Wahrscheinlichkeit äußerst gering, dass Sie diese und Tausende andere Regeln der deutschen Grammatik kennen. Und das ist auch in Ordnung so, denn Sie brauchen diese Regeln nicht zu wissen, um richtiges, d.h. grammatikalisch einwandfreies Deutsch zu sprechen.

Viel können und wenig wissen

Es mag eigenartig klingen, aber es ist dennoch so: Fast alles, was wir gelernt haben, wissen wir nicht. Aber wir *können* es. Weil's Spaß macht, noch ein Beispiel: Es ist verboten, den Schutzmann umzufahren. Es ist vielmehr geboten, den Schutzmann zu umfahren. – Warum? Weil nach der deutschen Grammatik „um“ ein so genanntes Halbpräfix ist, das (wie die Grammatik mit weiteren Termini technici erklärt) fest und unfest vorkommen kann. „Um“ kann also sowohl wie die unbetonten Präfixe „ver“, „be“, „ent“, „er“ und „zer“ gebraucht werden und ist dann untrennbar mit dem Verb verbunden, dessen Partizip, dies sei angemerkt, ebenfalls ohne „ge“ gebildet (also nicht ge-erzeugt) wird. Damit ist das Problem keineswegs umgangen, denn mit etwa der Hälfte der Fälle muss anders umgegangen werden. Hier ist das „um“ betont

und nicht fest mit dem Verb verbunden. Man muss jetzt umdenken: Nicht nur das Partizip wird mit „ge“ umgedacht, sondern eben auch der Schutzmann verbotenerweise umgefahren, wie der Grammatikduden ganz klar darlegt. Offenbar können wir alle das „zu“ in das Verb hineinnehmen, wenn das Präfix betont ist; andernfalls stellen wir es voran. – Hätten Sie's *gewusst*? Jedenfalls *können* Sie es mit links!

Im Vergleich zu unserem Können ist unser Wissen bei Licht betrachtet unglaublich bescheiden. Dies bezieht sich keineswegs nur auf die Sprache, sondern auf die unterschiedlichsten Lebensbereiche. Bei unserem sprachlichen Können wird die Sache lediglich besonders augenfällig, denn das Können bezieht sich ja gerade auf die Struktur, in der Wissen allgemein vermittelt wird, nämlich die Sprache. Es mag zunächst paradox erscheinen, aber selbst und gerade im Hinblick auf die Sprache ist das, was wir gelernt haben, nur zu einem ganz kleinen Teil sprachlich (als Wissen) vorhanden. Der größte Teil unserer sprachlichen Kompetenz ist vielmehr in uns gerade nicht sprachlich vorhanden, sondern besteht in Können, nicht aber in Wissen.

In anderen Bereichen unserer Kompetenz ist dies ohnehin klar. Sie können sich den Mantel anziehen und sich den Schuh binden. Wenn Sie aber etwa einem außerirdischen Wesen mitteilen wollten, wie Sie dies genau machen, so würden Sie sich wahrscheinlich ganz schön anstrengen müssen. Auch die in den Medien derzeit weit verbreitete Unsitte, Athleten nach einem Wettkampf zu interviewen, zeigt das Gleiche mit kaum überbietbarer Deutlichkeit: Da hat gerade jemand eine Sache so gut gekonnt wie kein anderer auf der Welt und dafür die Goldmedaille bekommen. Wird er jedoch danach befragt, wie er seine Leistung denn bewerkstelligt hat, kommt wenig Brauchbares aus seinem Mund. Gewiss, diese Interviews sind authentisch und manchmal sehr emotional. Aber schlau wird man durch sie nicht.

Ganz offensichtlich geht es dem Athleten mit seiner Fähigkeit wie uns mit dem Sprechen. Die Information ist prozedural gespeichert. Wir sind zwar in der Lage, mit viel Mühe manches von diesem prozedural gespeicherten Können zu versprachlichen, aber dies ist eine eigene, sehr mühevollere Leistung. Wenn Sie dem Außerirdischen erklären

wollen, wie Sie Schuhe binden, so müssen Sie Ihr Können verwenden, um sich die Vorgänge bildhaft vorzustellen. Dann wiederum nehmen Sie die Sprache, um Ihre Vorstellungen zu beschreiben.

Wie viele Fenster hat Ihr Wohnzimmer? – Wenn Sie diese Frage beantworten, dann haben Sie gerade wieder nichtsprachlich gespeicherte Information in sprachliches Wissen umgewandelt. Und wie haben Sie das gemacht? – Nehmen wir an, Sie befinden sich gerade nicht in Ihrem Wohnzimmer. Dann haben Sie sich im Geist in Ihr Wohnzimmer gestellt und die Fenster gezählt (vgl. hierzu die ausführliche Darstellung in Spitzer 2002c). Bildhafte Information hat gegenüber Prozeduren den Vorteil, dass sie leichter zu versprachlichen ist. Unser Können im Bereich des Handelns ist jedoch nur selten so konkret wie bei den Schnürsenkeln, weswegen uns die Versprachlichung von Handlungen keineswegs leicht fällt. Manchmal gelingt sie gar nicht.

Schöne Beispiele hierfür finden sich im Musikunterricht: Wenn die Gesangslehrerin versucht, dem Schüler zu erklären, wie man richtig singt, so kann sie im Grunde nur bildhaft bzw. metaphorisch reden. Dies ist jedoch in Ordnung! Denn sie wird den Schüler durch allerlei eigenartige Aufforderungen („Singe, als müsstest du gähnen!“, „Atme in den Rücken!“) dazu bringen, mit seiner Stimme zu experimentieren, und dies wiederum wird ihm zeigen, welche Möglichkeiten in ihr stecken (vgl. hierzu die ausführliche Darstellung in Spitzer 2002a). Auch beim Erlernen von Instrumenten werden nicht selten eigenartige Dinge gesagt. Es geht ja auch gar nicht darum, ob das, was gesagt wird, stimmt, sondern darum, ob das Gerede den Lernenden dazu bringt, die richtigen Handlungen beim Atmen oder beim Halten des Körpers, der Hände und der Finger hervorzubringen.

Nicht nur in Sport und Musik wird Können vermittelt, und keineswegs nur in den Lehrberufen geht es vor allem um das Können. Ein guter Mathematiker „sieht es einer Gleichung schon an“, wie er ihr bekommt. Er wird bei Nachfrage auch die Regeln, die seiner Auflösung zugrunde liegen, angeben können, aber für sein praktisches Handeln ist wichtig, dass er diese Regeln „beherrscht“. Hierbei geht es wiederum um nichts weiter als um das Können, nicht um das Wissen. Wer eine

Fremdsprache kann, braucht deren Grammatik nicht zu wissen, wenn es auch beim Lernen durchaus sinnvoll sein kann, dieses Wissen einzusetzen (beispielsweise, um sich viele Beispiele selbsttätig zu generieren).

Ganz allgemein gilt: Wir können sehr vieles. Man spricht hier auch von *implizitem Wissen*, d.h. von einem Wissen, das wir nicht als solches – explizit – haben, über das wir jedoch verfügen können, indem wir es nutzen. Man spricht auch vom Wissen, *dass* etwas soundso ist (explizit), und vom Wissen, *wie* etwas geht (implizit). Wenn daher von Wissen ganz allgemein die Rede ist, so sind nicht selten diese beiden Formen des Wissens gemeint: implizites Wissen und explizites Wissen. Mit Rücksicht auf Einfachheit und Klarheit bleiben wir jedoch bei den beiden Termini *Wissen* und *Können*, denn sie drücken genau das aus, worum es geht. Wer also beispielsweise Englisch *kann*, muss keineswegs *wissen*, dass man bei adverbialem Gebrauch von Adjektiven ein „ly“ anhängen muss. Er tut es einfach.

Synapsenstärken können viel

Woran liegt es eigentlich, dass wir nicht alles, was wir können, auch explizit wissen? Erinnern wir uns an das vorhergehende Kapitel: Information ist im Gehirn in Form von Verbindungsstärken zwischen Neuronen gespeichert. Diese Verbindungsstärken bewirken, dass das Gehirn bei einem bestimmten Input einen bestimmten Output produziert. Das Ganze geschieht ohne jegliche explizite, sprachlich gefasste Regel. Der Affe, der je nach herannahender Raubtierart einen anderen Warnschrei ausstößt, kennt auch nicht die Regeln „wenn Raubvogel, dann Schrei A“; „wenn Löwe, dann Schrei B“ etc., aber er verhält sich danach. Ein visueller Input sorgt bei ihm regelhaft für einen entsprechenden akustischen Output.

Kommt ein Löwe zur linken Tür herein, so erreicht eine schlechte Schwarzweißkopie des Bildes des Löwen auf unserer Netzhaut bereits nach weniger als 200 Millisekunden den Mandelkern (siehe Kap. 9), der dafür sorgt, dass Blutdruck, Puls und Muskelspannung ansteigen, lange bevor das Farbareal in unserer Gehirnrinde dessen Farbe mit bei-

ge-braun-gelblich herausgeknobelt hat. In dieser Zeit rennen wir bereits zur rechten Tür! (Und wer dieses Input-Output-Mapping nicht so rasch beherrschte, zählt nicht zu unseren Vorfahren!)

Das Gehirn bewerkstelligt die Produktion des Output durch die richtigen Synapsenstärken. In diesen ist unser Können gespeichert. Man kann zeigen, dass überhaupt nur dadurch, dass unser Gehirn auf diese Weise funktioniert, es auch so gut funktioniert. Verglichen mit Computerchips sind Nervenzellen langsam und unzuverlässig. Dass wir uns trotz dieser, wie die Amerikaner sagen, *lousy hardware* in unseren Köpfen so erfolgreich verhalten können, liegt genau daran, dass neuronale Informationsverarbeitung mittels Erregungsübertragung an sehr vielen Synapsen sehr vieler Neuronen geschieht (vgl. hierzu die ausführliche Darstellung in Spitzer 1996).

Wir haben allerdings keinen direkten Zugang zu dieser Ebene unserer Hirnfunktion. Ebenso wenig, wie wir den Zustand jeder Zelle unserer Magenschleimhaut oder unseres Herzmuskels kennen, kennen wir den Zustand unserer Neuronen. Die Maschinerie der im Gehirn ablaufenden Informationsverarbeitung ist uns ebenso wenig direkt zugänglich wie die Maschinerie der Informationsverarbeitung im Computer auf unseren Schreibtischen. Wir blicken auf den Farbbildschirm, sehen Symbole und hantieren mit ihnen, obwohl tief im Inneren des Computers „nur“ Nullen und Einsen nach wenigen logischen Regeln miteinander verknüpft werden.

Wenn wir die Augen schließen, um in uns hinein zu hören, und unserem Geist bei der Arbeit zuschauen wollen, so geht es uns dennoch nicht viel anders als vor dem Computerbildschirm: Wir blicken keineswegs auf Neuronen und Synapsen, sondern auf das im Laufe der Evolution entstandene überwiegend graphische User-Interface unseres Gehirns in Form innerer Bilder und Töne sowie zuweilen Sprachbruchstücke. Die eigentliche Informationsverarbeitungsma-schinerie in unserem Gehirn jedoch erkennen wir nicht. Sie ist uns verborgen, und wenn wir sie erkennen wollen, bleibt nur der harte Weg wissenschaftlicher Untersuchungen.

Daher dauerte es recht lange, bis die Hirnforschung dieser Maschinerie zumindest teilweise auf die Schliche kam. Es bedurfte neuer Techniken und neuer Begriffe, um die Funktion von Nervenzellen erfahrbar zu machen und um aus diesen Erfahrungen (d.h. aus Daten) Funktionsprinzipien, Modelle und Theorien abzuleiten.

Konnten wir nicht auch schon lernen, ohne diese Maschinerie zu kennen? – Natürlich! Es ist ja gerade der Witz am Gehirn, dass es auch dann lernt, wenn der lernende Organismus keine Ahnung hat, was vor sich geht. Unser Herz schlägt ja auch ohne kardiologische Theorie und zum Atmen brauchen wir den Lungenfachmann nicht. Zum Arzt geht man nur, wenn etwas nicht bzw. nicht mehr geht. Weil der Arzt weiß, wie die Maschinerie funktioniert, kann er eingreifen und reparieren. Es ist wie beim Automechaniker, der den Motor reparieren kann, weil er ihn kennt. Beide, Arzt und Mechaniker, können sogar noch mehr: Wer Motoren kennt, der weiß, wie man mit ihnen umgehen muss, damit sie das Optimum leisten und lange halten. Er wird im Winter nach dem Start hohe Drehzahlen vermeiden oder beispielsweise den Wagen nicht im fünften Gang einen steilen Berg untertourig hinaufquälen. Wer das Herz kennt, der weiß um die Notwendigkeit gesunder Ernährung und körperlicher Ertüchtigung, und wer die Lunge kennt, hat über das Rauchen eine begründete Meinung.

Und was ist mit dem, der das Gehirn kennt? Nach dem Gesagten fällt die Antwort nicht schwer: Solange es mit dem Lernen und Denken klappt, ist das Wissen um die Funktion des Gehirns vielleicht interessant, es ist aber nicht unbedingt nötig. Wenn aber etwas schief geht (und auch ohne die PISA-Studie drängte sich der Gedanke im Hinblick auf unsere Schulen schon lange auf), dann wird das Wissen um die Gehirnfunktion besonders wichtig.

Synapsen lernen, aber langsam

Legen Sie bitte einmal Ihre rechte Hand auf den Tisch oder die Stuhllehne und tippen Sie mit den Fingern (Daumen = 1, Zeigefinger = 2, ... kleiner Finger = 5) in folgender Reihenfolge auf die Unterlage:

334554321123322334554321123211. Versuchen Sie es! Geben Sie nicht auf, und beginnen Sie, wenn Sie mit einem Durchgang fertig sind, wieder von vorne.

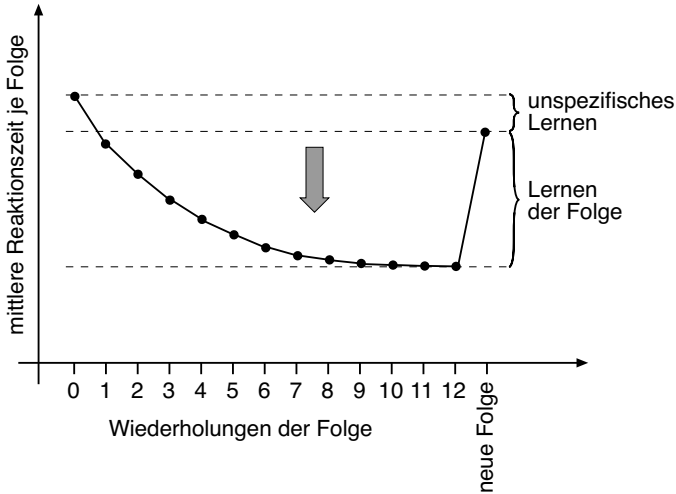
Sie werden sich anfangs schwer tun. Nach einer Weile jedoch hat Ihr Gehirn bestimmte regelhafte Eigenschaften der Zahlenfolge und damit der Fingerbewegungen registriert. Es benutzt dieses implizite Wissen bei der Programmierung der Bewegungen, weswegen man in entsprechenden Experimenten feststellt, dass die Bewegungsfolge mit den Fingern immer schneller ausgeführt werden kann (vgl. Abb. 4.1).

Unter diesen Bedingungen reagiert die Versuchsperson zunächst auf jede Zahl einzeln mit dem Drücken der entsprechenden Taste. Nach mehrfachem Wiederholen der gleichen Folge wird sie schneller, d.h. drückt die Tasten nicht erst dann, wenn sie die Zahl gesehen und die Reaktion vorbereitet hat, sondern beginnt mit der Programmierung der Bewegung bereits früher, unmittelbar nach der zuvor ausgeführten Bewegung. In dem Maße, wie sie zunehmend Bewegungen miteinander verknüpft, braucht sie sich immer weniger auf die Wahrnehmung zu stützen. Aus einzelnen Bewegungen werden so verknüpfte Bewegungen, organisch ineinander greifende Bewegungsabläufe.

Wie Abbildung 4.1 verdeutlicht, wird die Versuchsperson bereits deutlich schneller, wenn sie die Folge noch nicht als solche kennt (und auf Nachfrage explizit benennen kann). Sie verfügt also bereits über implizites Wissen um die Bewegungsabfolge, über motorische Fähigkeiten im Hinblick auf die Folge, wenn das explizite Wissen noch nicht vorhanden ist. Im Gegensatz zum expliziten Wissen, das sprunghaft einsetzt, entwickelt sich das implizite Können langsam und stetig.

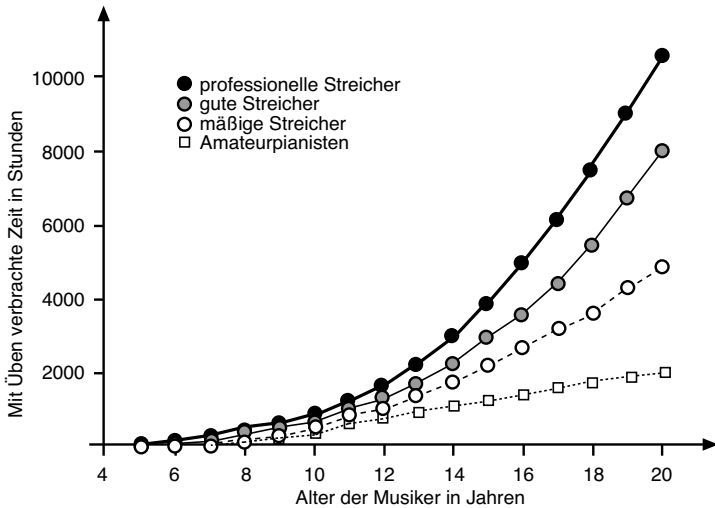
Langsames Können-Lernen

Wenn wir eine Fähigkeit lernen, so können wir sie schrittchenweise immer besser. Dieses Lernen – man nennt es auch *Üben* – geht langsam voran, wie jeder weiß, der beispielsweise ein Instrument zu spielen gelernt hat. Man konnte zeigen, dass ein wirklich guter Musiker bis zum



4.1 Lernen von Bewegungsabfolgen. Eine Folge besteht aus Einzelbewegungen der Finger einer Hand, die zunächst auf entsprechende Hinweisreize (in unserem Beispiel die Zahlen, die die Finger bezeichnen) einzeln ausgeführt werden. Wird eine 1 gezeigt, drückt der Daumen die Taste Nr. 1, wird eine 2 gezeigt, drückt der Zeigefinger die Taste Nr. 2 etc. Die mittlere Reaktionszeit der Tastendrucke einer gesamten Folge nimmt ab, je öfter die Folge wiederholt wird. Man kann solche Experimente so gestalten, dass die Versuchsperson überhaupt nicht weiß, dass sie eine Folge lernt. Man gibt einfach nur jeden Hinweisreiz einzeln vor. Auch unter diesen Bedingungen wird die Versuchsperson langsam schneller. Sie lernt die Folge implizit. Irgendwann wird aber die Folge auch von der Versuchsperson als Folge explizit bemerkt (grauer Pfeil). Sie hat jedoch bereits vorher die Folge implizit gelernt, wie man an den Reaktionszeiten sieht. Man könnte nun einwenden, dass die Versuchsperson einfach nur lernt, die Taste schneller zu drücken. Dies ist jedoch nur zu einem geringen Grad der Fall, wie sich genau nachweisen lässt. Man gibt der Versuchsperson nach erfolgreichem Lernen eine neue Folge vor und bestimmt wieder die Reaktionszeiten. Diese sind dann etwas kürzer als ganz zu Beginn des Lernens der alten Folge (die Tasten werden insgesamt etwas schneller gedrückt; man spricht von unspezifischem Lernen), aber deutlich langsamer als bei bekannter Folge (aus Spitzer 2002a, S. 324).

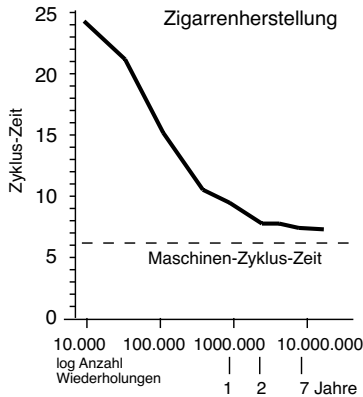
etwa 20. Lebensjahr mindestens 10.000 Stunden mit seinem Instrument zugebracht hat (vgl. Abb. 4.2).



4.2 Zusammenhang zwischen der mit Üben am Instrument verbrachten Gesamtzeit und dem Alter der Musiker. Die vier Kurven entsprechen den Werten für vier Gruppen mit unterschiedlichem erreichten professionellen Niveau. Wer ein Profi-Geiger wird, der hat mit zehn Jahren schon 1.000 Stunden Geige gespielt, als Teenager (mit 15 Jahren) 4.000 Stunden und mit 20 Jahren mehr als 10.000 Stunden. Mäßige Streicher haben etwa halb so viel Zeit mit ihrem Instrument zugebracht und Amateurpianisten noch einmal die Hälfte davon (aus Spitzer 2002a, S. 317).

Auch bei Fließbandarbeitern wurde nachgewiesen, dass die Leistung langsam zunimmt, d.h. die Zeit, die für eine bestimmte Abfolge von Handgriffen benötigt wird, kontinuierlich mit der Anzahl der gemachten Handgriffe abnimmt und dass eine optimale Leistung erst nach 1-2 *Millionen* solcher Handgriffe erreicht wird (vgl. Abb. 4.3). Es dauert also ganz offensichtlich sehr lange, bis wir bestimmte Fähigkeiten können. Die beiden genannten Untersuchungen, so verschieden sie

auch sind, stimmen im Hinblick auf die benötigte Zeit zur Perfektionierung komplexer Bewegungsabläufe gut überein: Es dauert jeweils Tausende von Stunden, bis eine Bewegung so gut abläuft, dass sie nicht mehr verbessert werden kann.



4.3 Zeit, die für eine bestimmte Folge von Handgriffen bei der Herstellung einer Zigarre benötigt wird, in Abhängigkeit davon, wie viele Zigarren der Arbeiter schon hergestellt hat. Man sieht, dass sich die Fähigkeit auch noch nach einer Million Wiederholungen verbessert (aus Spitzer 1999, S. 66).

Untersuchungen an Modellen neuronaler Netzwerke haben gezeigt, dass simulierte Nervenzellen nach entsprechendem Training mit den erforderlichen Beispielen praktisch jede Regel produzieren, d.h. anwenden, können. Betrachten wir das vielleicht bekannteste Beispiel.

Sprachentwicklung: Regeln an Beispielen lernen

Praktisch alle Menschen können sprechen. Schlägt man jedoch eine Grammatik auf, so glaubt man nicht, dass dies so ist: Hätten wir die Muttersprache in all ihrer Komplexität auf dem Gymnasium lernen

müssen, würden die meisten von uns bis heute wahrscheinlich eher stammeln als sprechen.

Wie lernen wir sprechen? Kinder, genau genommen deren Gehirne, erkennen Regeln in jeglichem Input, der auf sie einströmt. Zu diesem Input gehört die Sprache der anderen. Anhand der Vorgänge, die sich bei Kindern beobachten lassen, wenn sie sprechen lernen (man muss allerdings sehr genau und systematisch hinschauen), kann man Prozesse des Lernens sehr gut studieren. Betrachten wir also einige Beispiele aus der Sprachentwicklung, wie sie in sehr vielen Studien, die heute zum Standard der entwicklungspsychologischen Forschung gehören, untersucht wurden.

Es gibt etwa 8.000 Sprachen auf der Welt, die insgesamt mit etwa 70 kleinsten lautlichen Einheiten, den *Phonemen*, auskommen. Jede einzelne Sprache braucht weniger als 70 Phoneme, das Englische beispielsweise 44, das Deutsche etwa 40, das Italienische etwa 30. Bei der Geburt reagiert der Säugling noch auf alle 70 Phoneme, die es überhaupt gibt, gleich, bereits mit sechs Monaten jedoch lässt sich nachweisen, dass er einen Unterschied macht zwischen den Lauten, die er täglich mit seiner Muttersprache hört, und den Lauten, die er nicht hört.

In einer Untersuchung an sieben Monate alten Säuglingen konnte man weiterhin zeigen, dass Kinder dieses Alters bereits abstrakte Regeln lernen und anwenden können. Wie aber untersucht man die Sprachfähigkeiten sieben Monate alter Säuglinge experimentell? – Seit langem ist bekannt, dass Säuglinge sich mit dem, was sie schon kennen, langweilen und daher dazu neigen, ihre Aufmerksamkeit Neuem, Unbekanntem zuzuwenden. Kurz: Alle Babies sind von Natur aus neugierig. Man macht sich dieses natürlicherweise vorkommende Verhalten in Experimenten zunutze, wenn man herausfinden will, ob ein bestimmter Reiz (also beispielsweise eine Lautfolge) den Babies als neu erscheint oder nicht. Man dreht den Spieß dann um und schaut nach, ob das Baby Neugierverhalten an den Tag legt, wenn man ihm zunächst etwas und dann etwas geringfügig anderes zeigt. Ist das Baby beim

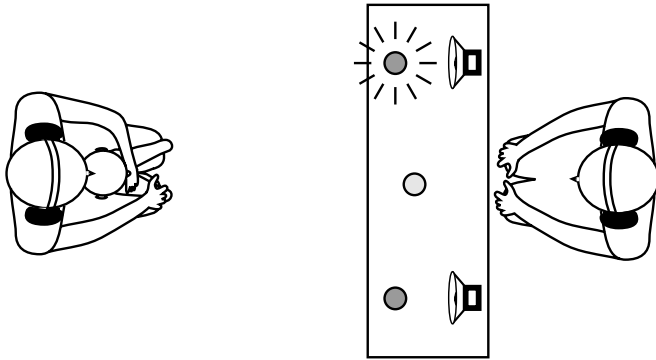
zweiten Reiz neugierig, dann hat es offenbar mitbekommen, dass dieser anders ist als der erste. Man kann auf diese Weise herausfinden, welche Unterschiede Babies machen können und welche nicht.

Um nun herauszufinden, welche Laute für die Babies neu sind und welche nicht, konstruierte man Sätze einer künstlichen Sprache, die zwei unterschiedliche Strukturen aufwiesen. Die Sätze hatten entweder die Form ABA (Beispiele: „ga ti ga“, „li na li“, „ta na ta“ etc.) oder die Form ABB (Beispiele: „ga ti ti“, „li na na“, „ta na na“ etc.). Es handelte sich also um künstliche Sätze mit einer sehr einfachen Struktur, bestehend aus drei einsilbigen Wörtern.

Die konkrete Untersuchungssituation sah dann wie folgt aus (vgl. Abb. 4.4). Die Kinder saßen in einer Experimentierkabine auf dem Schoß der Mutter. In der Mitte vor ihnen befand sich ein gelbes Licht. Links und rechts davon befand sich je eine rote Lampe und dahinter ein Lautsprecher.

Die Säuglinge wurden zunächst für zwei Minuten entweder an die grammatische Form ABA oder an die grammatische Form ABB gewöhnt. Dann begann die eigentliche Testphase. Am Beginn eines Testversuchsdurchgangs blinkte die mittlere gelbe Lampe. Das Ganze wurde von einem Versuchsleiter beobachtet, der eine der beiden roten Lampen einschaltete, sobald das Kind die mittlere gelbe Lampe betrachtete. Daraufhin wandte sich das Kind natürlich der blinkenden roten Lampe rechts oder links zu. Nachdem dies geschehen war, wurde ein Dreiwort-Testsatz aus dem Lautsprecher hinter der blinkenden roten Lampe vorgespielt. Der Satz wurde so lange wiederholt, bis das Kind sich abwandte. Gemessen wurde die Zeit, die der Säugling auf das rote Blinklicht vor dem jeweiligen Lautsprecher schaute.

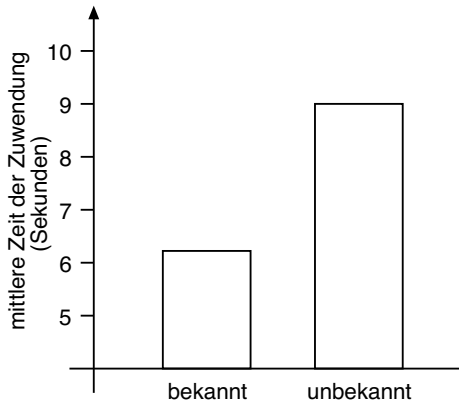
Wenn Säuglinge tatsächlich bereits mit sieben Monaten Regeln erworben haben, dann sollten sie diese Regeln auch beim Hören völlig neuer Sätze anwenden. Während der Testphase wurden den Babies Sätze vorgespielt, die entweder die Struktur aufwiesen, an die die Babies schon gewöhnt waren, oder die andere, neue Struktur. Wer also zuvor Sätze wie „ga ti ti“, „li na na“, „na ta ta“ etc. gehört hatte, der bekam in der Testphase Sätze wie „wu fe wu“ (neue Struktur) oder „wu fe fe“ (bekannte Struktur) in zufälliger Reihenfolge vorgespielt. Der Grund-



4.4 Versuchsaufbau bei einem so genannten Habituationsexperiment in der Säuglingsforschung. Die Mutter hat den Säugling auf dem Schoß (links) und sitzt der Versuchsleiterin (rechts) gegenüber, die die Aufmerksamkeit des Säuglings zunächst auf das mittlere gelbe Blinklicht lenkt. Mutter und Versuchsleiterin tragen Kopfhörer, über die Rauschen eingespielt wird, so dass sie die über die Lautsprecher kommenden akustischen Reize nicht hören können und damit auch den Säugling nicht beeinflussen können. Für einen Testdurchgang wird eines der beiden roten Blinklichter eingeschaltet, und wenn der Säugling dann dorthin schaut, wird der Testsatz über den Lautsprecher hinter dem Blinklicht immer wieder abgespielt. Die Versuchsleiterin beobachtet die Reaktion des Säuglings, der zusätzlich gefilmt wird, sodass man ganz objektiv durch unabhängige Beobachter prüfen lassen kann, wie lange der Säugling genau wohin geschaut hat.

gedanke war, dass ein für das Kind strukturell neuer Satz seine Aufmerksamkeit länger fesselt und das Kind daher vergleichsweise länger in die entsprechende Richtung blickt. – Und so war es auch! 15 der 16 getesteten Säuglinge zeigten eine deutliche Präferenz für die Sätze der jeweils neuen Form. Sie blickten statistisch hochsignifikant länger auf das Blinklicht, das sich vor dem Lautsprecher befand, aus dem der Satz mit der jeweils neuen Form ertönte (siehe Abb. 4.5).

Mit diesem und zwei weiteren Kontrollexperimenten wurde erstmals eindeutig nachgewiesen, dass sieben Monate alte Säuglinge eine allgemeine Struktur der Form ABA oder ABB lernen können. Sie bilden also anhand von Beispielen bereits nach wenigen Lerndurchgän-



4.5 Zeit des Zuhörens (in Sekunden) auf Sätze bekannter und unbekannter Form (Mittelwerte) im Habituationsexperiment. Den Sätzen der unbekannteren Form hört der Säugling länger zu. Da beide Sätze an sich unbekannt waren, die Form des einen jedoch schon bekannt, muss man schließen, dass sieben Monate alte Babies schon die Form von Sätzen abstrahieren können.

gen selbstständig eine allgemeine innere Repräsentation aus, die auf völlig neues Stimulusmaterial übertragen und angewendet werden kann.

Um es nochmals hervorzuheben: Das Besondere an dieser Studie ist die Tatsache, dass erstmals völlig neue Stimuli verwendet wurden, um zu untersuchen, ob eine bestimmte allgemeine Struktur gelernt worden war: Säuglinge, die für zwei Minuten „ga ti ti“, „li na na“, „na ta ta“ etc. gehört hatten, wurden von „wu fe fe“ gelangweilt, von „wu fe wu“ aber nicht. Dies lässt sich nur dadurch erklären, dass die Säuglinge die allgemeine Struktur des Input gelernt hatten – und nicht lediglich irgendwelche Silben nachplapperten und dann die einen für etwas interessanter hielten als die anderen.

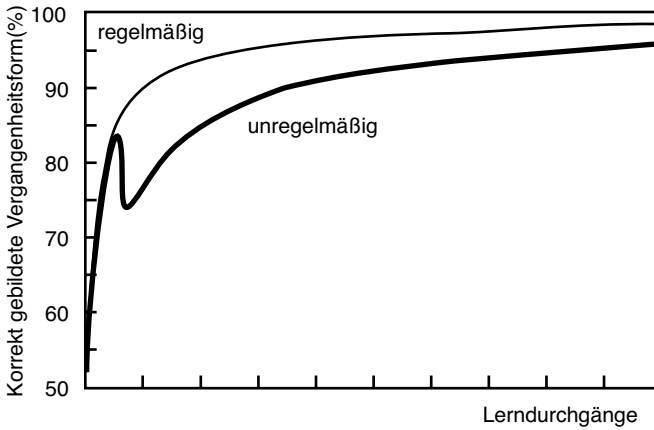
Vergangenheitsbewältigung

Schreiten wir ein Stück weiter voran in der kindlichen Sprachentwicklung. Interessante Studien zum Erfassen grammatikalischer Regeln wurden unter anderem im Hinblick auf die Entwicklung der Fähigkeit, Verben in die Vergangenheit zu übertragen, durchgeführt.

Kinder lernen, die Vergangenheitsform von Verben zu bilden. Dies geschieht schrittweise. Zunächst benutzen sie vor allem häufige, starke Verben und lernen deren Vergangenheit durch Imitation (ich bin – ich war; ich gehe – ich ging). In einem zweiten Stadium scheinen die Kinder die Regel für die schwachen Verben erkannt zu haben, denn sie wenden diese Regel nun auf alle Verben an, unabhängig davon, ob deren Vergangenheitsform regelmäßig oder unregelmäßig gebildet wird. In diesem Stadium kann man Fehler der Form „laufte“ und „singte“ oder sogar der Form „sangte“ beobachten. In diesem Stadium können die Kinder auch die Vergangenheitsform von Phantasieverben bilden: „quangen“ – „quangte“. Diese Fähigkeit ist ein Beleg dafür, dass die Kinder nicht nur Einzelnes auswendig gelernt, sondern vielmehr eine Regel gelernt haben und diese Regel anwenden können. Erst im dritten Stadium beherrschen die Kinder die regelmäßige und die unregelmäßige Bildung der Vergangenheit, also die Regel und die Ausnahmen: „kaufen – kaufte“, aber „laufen – lief“; „spitzen – spitzte“, aber „sitzen – saß“ usw. Fängt man erst einmal an, darüber nachzudenken, wie eigenartig viele Formen gebildet werden, so beginnt man zu ahnen, welche enorme Lernleistung jedes Kind in seinen ersten Lebensjahren vollbringt.

Man konnte nun zeigen, dass sich neuronale Netzwerke bei entsprechendem Training mit Beispielen ebenso verhalten wie Kinder: Sie lernen zuerst die Ausnahmen, dann die Regel (und machen Fehler, indem sie überregularisieren) und können schließlich die Regel und die Ausnahmen. Allein dadurch also, dass Synapsenstärken im Netzwerk langsam in Abhängigkeit von den Lernerfahrungen verändert werden, kommt es dazu, dass das Netzwerk eine Regel kann. Es „weiß“ um diese Regel ebenso wenig wie die Kinder. Dieses Wissen ist jedoch für das Können völlig unerheblich.

Besonders hervorzuheben war die Tatsache, dass die Lernkurven des Modells sowohl im Hinblick auf die regelmäßigen als auch die unregelmäßigen Verben mit den entsprechenden Lernkurven von Kindern übereinstimmten: Die Vergangenheitsform der regelmäßigen Verben wurde in stetiger Weise immer besser produziert, wohingegen die Produktion der Vergangenheitsform der unregelmäßigen Verben zunächst ebenfalls immer besser wurde. Danach kam es jedoch zu einem Einbruch der Fähigkeit (wohlgemerkt: bei kontinuierlichem Lernen), und erst später stellte sich wieder eine Verbesserung ein.



4.6 Wie Kinder und Netzwerke die Bildung der Vergangenheit lernen. Dargestellt ist das Ergebnis einer Netzwerksimulation. Deutlich zu erkennen ist der „Einbruch“ bei den unregelmäßigen Verben, der bei Kindern auch nachgewiesen wurde (aus Spitzer 1996, S. 32).

Die Tatsache, dass das Modell nicht nur in ähnlicher Weise wie Kleinkinder seine Leistung über die Zeit verbessert, also lernt, sondern sogar in einer bestimmten Phase die gleichen Fehler macht wie Kinder, kann als starkes Argument dafür gewertet werden, dass Kinder und Netzwerke in ähnlicher Weise lernen. In beiden Fällen sollte ein ähn-

licher Mechanismus am Werke sein, anders sind die verblüffenden Gemeinsamkeiten nicht zu erklären. Gesteht man dies jedoch zu, ergeben sich weitreichende Konsequenzen.

Zu keiner Zeit wurde eine Regel explizit vom simulierten Netzwerk oder vom Kind gelernt. Es gibt diese Regel streng genommen auch gar nicht, außer als Beschreibung dessen, was gelernt wurde. An Modellen neuronaler Netzwerke konnte man also zeigen, dass es für das Erfüllen einer bestimmten geistigen Leistung genügt, dass die Verbindungsstärken zwischen Hunderten von Neuronen optimal eingestellt sind. Es muss weder eine Regel einprogrammiert werden, noch muss das System diese Regel explizit irgendwo enthalten.

Wir folgen beim Sprechen keinen Regeln. Gewiss, wir können im Nachhinein solche Regeln formulieren (was keineswegs einfach ist! Versuchen Sie doch einmal, eine deutsche Grammatik zu schreiben, also einfach einmal die Regeln aufzuschreiben, die Sie ganz offensichtlich können). Wir folgen den Regeln aber ebenso wenig, wie wir beim Laufen einer Regel folgen (obwohl auch das Laufen nach physikalischen und physiologischen Regeln beschrieben werden kann).

Was bedeutet dies für andere anscheinend regelgeleitete Fähigkeiten und Tätigkeiten des Menschen?

Tomaten im Kopf

Gehirne sind Regelextraktionsmaschinen. Sie können gar nicht anders. Neuronen sind so aufgebaut, dass sich ihre synaptischen Verbindungen langsam ändern. Immer dann, wenn Lernen stattfindet, ändern sich die Stärken einiger Synapsen ein klein wenig. Daher vergehen die meisten unserer Eindrücke, ohne dass wir uns später wieder an sie erinnern können. Und das ist auch gut so!

Betrachten wir einen einfachen Fall. Sie haben sicherlich in Ihrem Leben schon Tausende von Tomaten gesehen bzw. gegessen, können sich jedoch keineswegs an jede einzelne Tomate erinnern. Warum sollten Sie auch? Ihr Gehirn wäre voller Tomaten! Diese wären zudem völlig nutzlos, denn wenn Sie der nächsten Tomate begegnen, dann nützt

Ihnen nur das, was Sie über *Tomaten im Allgemeinen* wissen, um mit dieser Tomate richtig umzugehen. Man kann sie essen, sie schmecken gut, man kann sie zu Ketchup verarbeiten, werfen etc. – All dies wissen Sie, gerade *weil* Sie schon sehr vielen Tomaten begegnet sind, von denen nichts hängen blieb als deren allgemeine Eigenschaften bzw. Strukturmerkmale.

Das Lernen von einzelnen Fakten oder Ereignissen ist daher meist nicht nur nicht notwendig, sondern auch ungünstig. Ausnahmen sind Orte und wichtige Ereignisse des persönlichen Lebens, d.h. Inhalte, die eben nicht allgemein, sondern speziell sind. Dieses Wissen von Einzelheiten ist ansonsten aber wenig hilfreich. Aber glücklicherweise lernen wir ja auch keineswegs jeden Kleinkram. Im Gegenteil: Unser Gehirn ist – abgesehen vom Hippokampus, der auf Einzelheiten spezialisiert ist – auf das Lernen von Allgemeinem aus.

Dieses Allgemeine wird aber nicht dadurch gelernt, dass wir allgemeine Regeln lernen. – Nein! Es wird dadurch gelernt, dass wir Beispiele verarbeiten (eben z.B. viele tausend Wörter in der Vergangenheit oder nicht weniger Tomaten) und aus diesen Beispielen die Regeln *selbst* produzieren.

Regelhafte Welt

Es ist daher wichtig, sich zu vergegenwärtigen, dass dies immer dann geschieht, wenn der Welt um uns herum irgendwelche Regeln zugrunde liegen. Auch wenn wir diese Regeln nicht kennen, findet sie unser Gehirn, denn dadurch wird erstens Speicherplatz für Einzelheiten gespart und zweitens das gespeicherte Wissen in den meisten Fällen überhaupt erst nutzbar gemacht.

Für den Erwerb der Sprache ist es wichtig, dass Kinder nicht nur jedes einzelne Wort lernen, sondern tatsächlich die Regel. Wie oben bereits angedeutet, kann man die Tatsache, dass Kinder eine Regel erlernt haben, dadurch nachweisen, dass man sie diese Regel auf neues Material anwenden lässt. So kann man ihnen eine Geschichte von Zwergen erzählen, die quangen und die sich am nächsten Tag erneut

treffen, um über den Vortag zu plaudern. Was haben sie wohl gesagt? „Ach wie schön war das gestern; wir haben mal wieder so richtig schön ... gequangt.“ Falls sich die Zwerge am Vortage zum Schmuffieren getroffen hatten, so haben sie tags darauf so richtig schön schmuffiert, also nicht geschmuffiert, denn man weiß ja, wie es sich mit dem Partizip Perfekt der Verben auf „-ieren“ verhält. Man kennt die *Regel* (und nicht nur einzelne Wörter), und man kann die Regel eben auch auf Wörter anwenden, die es gar nicht gibt. Gerade dadurch kann man zeigen, dass die Kinder die allgemeine Regel gelernt haben und nicht nur eine Art Tabelle (Look-up-Table) für Einzelheiten.

Fazit

Wir können viel und wissen wenig. Unser Können bezieht sich darauf, dass wir auf den unterschiedlichsten Input mit der sehr schnellen Produktion eines Output reagieren können, weil unser Gehirn Billionen synaptischer Verbindungen enthält, die es dazu befähigen. Nur diejenigen unserer Vorfahren haben überlebt, die dieses umweltgerechte Input-Output-Mapping schnell und zuverlässig beherrschten und es vor allem rasch anhand einiger Beispiele lernten.

Unsere Fähigkeit, die Welt zu meistern, steckt in den synaptischen Verbindungen zwischen den Nervenzellen in unserem Gehirn. Da die Welt regelhaft ist, brauchen und müssen wir uns nicht jede Einzelheit merken. Hätten Sie jede einzelne Tomate, die Ihnen je begegnete, als jeweils diese oder jene ganz bestimmte Tomate abgespeichert, dann hätten Sie den Kopf voller (einzelner) Tomaten. Dies würde Ihren Kopf nicht nur unnötig füllen, Sie hätten auch nichts von diesem einzelnen Wissen. Nur dadurch, dass wir von Einzellnem abstrahieren, dass wir verallgemeinern und eine allgemeine Vorstellung von einer Tomate aus vielen Einzelbegegnungen mit Tomaten formen, sind wir in der Lage, z.B. die nächste als solche zu erkennen und dann sofort zu wissen, welche allgemeinen Eigenschaften (Aussehen, Geruch, Geschmack, man kann sie essen, kochen, trocknen, werfen, zu Ketchup verarbeiten etc.) sie hat.

Soll das Lernen uns zum Leben befähigen, sollen wir also für das Leben lernen, geht es in aller Regel um solche *allgemeinen* Kenntnisse, um Fähigkeiten und Fertigkeiten. Unsere Sprache ist ein gutes Beispiel hierfür. Sie steckt voller Regeln, die wir nicht wissen, die wir aber können. Wir haben diese allgemeinen Regeln im Kopf, aber nicht als Regeln (die wir aufschreiben könnten), sondern als Fähigkeit der Beherrschung unserer Muttersprache.

Im Hinblick auf das Lernen in der Schule oder an der Universität folgt, dass es nicht darum gehen kann, stumpfsinnig Regeln auswendig zu lernen. Was Kinder brauchen, sind Beispiele. Sehr viele Beispiele und wenn möglich die richtigen und gute Beispiele. Auf die Regeln kommen sie dann schon selbst (vgl. hierzu auch Teil III).

Jedoch selbst dann, wenn es vermeintlich darum geht, eine Regel zu lernen, sind Beispiele wichtig. Nur dann, wenn die Regel immer wieder angewendet wird, geht sie vom expliziten und sehr flüchtigen Wissen im Arbeitsgedächtnis in Können über, das jederzeit wieder aktualisiert werden kann. Betrachten wir abschließend ein Beispiel: Schreiben Sie doch bitte einmal all das, was Sie während Ihrer gesamten Schulzeit in Mathematik gelernt haben, auf einen Zettel. – Ich wette, dass ein recht kleiner Zettel genügt. War also jahrelanger Mathematikunterricht völlig umsonst? – Keineswegs! Auch derjenige, der nicht einmal mehr die binomischen Formeln oder den Satz des Pythagoras auf seinem Zettel hat, weiß, wie man an einen Sachverhalt mathematisch herangeht, was es heißt, einen Sachverhalt zu quantifizieren oder eine Abhängigkeit zweier Variablen zu formalisieren. Selbst dann, wenn Sie jetzt sagen: „Das weiß ich aber gar nicht!“, so *können* Sie es. Warum würden Sie sich sonst an der Tankstelle über Benzinpreiserhöhungen ärgern und das Argument: „Macht nichts, ich tanke immer nur für 20 Euro!“ werfen?