

13 Literatur

- Ainsworth, M., Blehar, M., Waters, E., Wall, S.: *Patterns of Attachment, A Psychological Study of the Strange Situation*, Hillsdale, NJ, Erlbaum (1978)
- Adler, A.: *Der Sinn des Lebens*, (1933) Fischer, Frankfurt (2004)
- Alber, G., Beth, T., Horodecki, M., Horodecki, P., Horodecki, R., Rötteler, M., Weinfurter, H., Werner, R., Zeilinger, A.: *Quantum Information, An Introduction to Basic Theoretical Concepts and Experiments*, Springer, Berlin, New York (2002)
- Arbeitskreis OPD (Hrsg.): *Operationalisierte Psychodynamische Diagnostik*, Hans Huber, Bern, Göttingen (1996)
- Aspect, A., Grangier, Ph. and Roger G.: Experimental realization of Einstein-Podolsky-Rosen-Gedankenexperiment: A new violation of Bells inequalities, *Physical Review Letters* 49 (1982) 91–94
- Bajcsy, M., Zibrov, A. S., Lukin, M. D.: Stationary pulses of light in an atomic medium, *Nature* 462, (2003) 638–641
- Balint, M.: *Urformen der Liebe*, Huber-Klett, Stuttgart (1966)
- Bekenstein, J. D.: *Phys. Rev. D* 7 (1973) 2333
- Bekenstein, J. D.: *Phys. Rev. D* 23 (1981) 278
- Bieri, P. (Hrsg.): *Analytische Philosophie des Geistes*, Neue wissenschaftliche Bibliothek, Bodenheim, Athenäum, Hain, Hahnstein (1993)
- Bild der Wissenschaften*, Heft 3 (2002)
- Bischof, N.: *Das Kraftfeld der Mythen*, Piper, München (1996)
- Bischof, N.: *Das Rätsel Ödipus*, Piper TB, München (1997⁴), Original (1985)
- Blome, H.-J., Höll, J., Priester, W.: *Bergmann-Schäfer, Bd. 8: Sterne und Weltraum*, de Gruyter, Berlin, New York (1997)
- Blome, H.-J., Priester, W.: Vacuum energy in a Friedmann-Lemaître cosmos, *Naturwissenschaften* 71 (1984) 528–531
- Blome, H.-J., Priester, W.: Big Bounce in the Very Early Universe, *Astron. Astrophys.* 250 (1991) 43–49
- Bouwmeester, D., Ekert, A., Zeilinger, A. (Eds.): *The Physics of Quantum Information*, Springer, Berlin, Heidelberg (2000)
- Bowlby, J.: *Bindung, Eine Analyse der Mutter-Kind-Beziehung* (1969), dt. Kindler, München (1975)
- Breidbach, O.: *Expeditionen ins Innere des Kopfes, von Nervenzellen, Geist und Seele*, TRIAS Thieme, Stuttgart (1993)
- Brumlik, M.: *C. G. Jung zur Einführung*, Junius, Hamburg (1993)

- Buchholz, M. B., Gödde, G. (Hrsg.): *Das Unbewusste in aktuellen Diskursen*, Bd. II: *Anschlüsse*, Psychosozial, Gießen (2005)
- Carus, C. G.: *Psyche, Zur Entwicklungsgeschichte der Seele*, Pforzheim (1846)
- Cantalupo, C., Hopkins, W. D.: Asymmetric Broca's Area in great apes, *Nature* 414 (2001) 505
- Comer, R. J.: *Klinische Psychologie*, Spektrum, Heidelberg (1995)
- Constantinescu, F., de Groot, H. F.: *Geometrische und algebraische Methoden der Physik: Supermannigfaltigkeiten und Virasoro-Algebren*, Teubner, Stuttgart (1994)
- Cooper, G., Kimmich, N., Belisle, W., Sarinana, J., Brabham, K., Garrelü, L.: Carbonaceous meteorites as a source of sugar-related organic compounds for the early Earth, *Nature* 414 (2001) 879–883
- Damasio, A.: *Ich fühle, also bin ich, Die Entschlüsselung des Bewusstseins*. List, München und Leipzig (2000)
- Darwin, Ch.: *Über die Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl* (1860)
- deWaal, F. B. M.: *Wilde Diplomaten*, Hanser, München (1991)
- Doerner, Dietrich: *Bauplan für eine Seele*, Rowohlt, Reinbek bei Hamburg (1999)
- Dornes, M.: *Der kompetente Säugling*, Fischer, Frankfurt (1993)
- Dornes, M.: *Die frühe Kindheit*, Fischer, Frankfurt (1997)
- Edelman, G. M.: *Göttliche Luft, vernichtendes Feuer: wie der Geist im Gehirn entsteht*, Piper, München (1995)
- Eibel-Eibelsfeld, I.: *Biologie des menschlichen Verhaltens*, Piper, München (1984)
- Eislers *Handwörterbuch der Philosophie*, Hrsg. Müller-Freienfels, R., Berlin (1922)
- Elhardt, S.: *Tiefenpsychologie, eine Einführung*, Kohlhammer, Stuttgart (1971, 1986¹⁰)
- Elsner, N., Lüer, G. (Hrsg.): *Das Gehirn und sein Geist*, Wallstein Verlag, Göttingen (2000),
- Engel, A. K. et. al.: Temporal coding in the visual cortex: new vistas on integration in the nervous system, *Trend. Neurosci.* 15 (1992) 218–226
- Engel, A. K.: *Neuronale Synchronisation, Assemblies und Bewusstsein*, Seminar des GRK Frankfurt, Riezern, 8.–11. Okt. (1999)
- Engel, A. K.: *Zeitliche Bindung und phänomenales Bewusstsein*, in Newen und Vogeley (Hrsg.) (2001)
- Erikson, E. H.: *Der vollständige Lebenszyklus*, Suhrkamp, Frankfurt (1995)
- Ermann, M.: *Psychotherapeutische und psychosomatische Medizin*, Kohlhammer, Stuttgart (1995)
- Fedowitz, J., Matejovski, D., Kaiser, G. (Hrsg.): *Neuroworlds*, Campus, Frankfurt (1994)
- Freud, A.: *Das Ich und die Abwehrmechanismen*, Fischer Frankfurt (1994), Kindler München (1964)
- Freud, S.: *Gesammelte Werke* (18 Bände) Bd. 1–17 London (1940–52), Bd. 18 Frankfurt 1986, seit (1960) Fischer, Frankfurt, TB, (1999): GW
- Freud, S.: *Studienausgabe*, Fischer, Frankfurt (1969–1975), TB (1979): StA
- Freud, S.: *Entwurf einer Psychologie* (1895), GW, aus dem Nachlass
- Freud, S.: *Abriß der Psychoanalyse* (1940a (1938)), GW Bd. 17,
- Freud, S.: *Massenpsychologie* (1921), in StA, Bd. 9
- Freud, S.: *Hemmung, Symptom, Angst* (1926 d), in StA. Bd. 6

- Freud, S.: *Einige Bemerkungen über den Begriff des Unbewussten in der Psychoanalyse* (1911), StA., Bd. 3:
- Freud, S.: *Das Ich und das Es 1. Bewusstsein und Unbewusstes* (1923 b), StA., Bd. 3
- Freud, S.: *Zukunft einer Illusion* (1927 c), StA Bd. 9
- Freud, S.: *Die Traumdeutung* (1900a), StA Bd. 2
- Freud, S.: *Vorlesung zur Einführung in die Psychoanalyse* (1916/17) *Der Traum, Archaische Züge und Infantilismen*, StA, Bd. 1
- Freud, S. (1917) *Trauer und Melancholie*, StA. Bd. 3: S. 198
- Freud, S. (1937 c) *Die endliche und die unendliche Analyse*, StA. Ergänzungsbd. S. 378
- Funk, R. H. W.: Zeit – Facetten eines Phänomens, *Wiss. Zeitschr. der TU Dresden*, 49 (2000) 4 f
- Gaddini, E. (1998): *Das Ich ist vor allem ein körperliches: Beiträge zur Psychoanalyse der ersten Strukturen*, Edition diskord, Tübingen
- Ganten, D. et al. (Hrsg.): *Gene, Neurone, Qubits & Co, Unsere Welten der Information*, S. Hirzel, Stuttgart (1999)
- Gay, P.: *Freud*, Fischer, Frankfurt (1987, 1989²)
- Gehde, E. und Emrich, H. M.: Kontext und Bedeutung, Psychobiologie der Subjektivität im Hinblick auf psychoanalytische Theoriebildung, *Psyche* 52 (1998) 963–1003
- Giulini, D., Joos, E., Kiefer, C., Kupsch, J., Stamatescu, I. O., Zeh, H. D.: *Decoherence and the Appearance of a Classical World in Quantum Theory* Berlin, Springer (1996)
- Görnitz, B. & Th.: Das Unbewusste aus der Sicht einer Quanten-Psycho-Physik – ein theoretischer Entwurf, in Buchholz und Gödde (2005), S. 757-803
- Görnitz, Th.: A New Look on the Large Numbers, *Intern. Journ. Theoret. Phys.* 25 (1986) 897 f
- Görnitz, Th.: Abstract Quantum Theory and Space-Time-Structure, Part I: Ur-Theory, Space Time Continuum and Bekenstein-Hawking-Entropy, *Intern. Journ. Theoret. Phys.* 27 (1988) 527–542
- Görnitz, Th.: On Connections between Abstract Quantum Theory and Space-Time-Structure, Part II: A Model of cosmological evolution, *Intern. Journ. Theoret. Phys.* 27 (1988) 659–666
- Görnitz, Th., Ruhnau, E.: Connections between Abstract Quantum Theory and Space-Time-Structure, Part III: Vacuum Structure and Black Holes, *Intern. Journ. Theoret. Phys.* 28 (1989) 651–657
- Görnitz, Th., Weizsäcker, C. F. v.: *De-Sitter Representations and the Particle Concept in an Ur-Theoretical Cosmological Model*, in Barut, A. O., Doebner, H.-D. (1986)
- Görnitz, Th.: *The Role of Parabose-Statistics in Making Abstract Quantum Theory Concrete*; in B. Gruber et al. (1991)
- Görnitz, Th., Graudenz, D., Weizsäcker, C. F. v.: Quantum Field Theory of Binary Alternatives, *Intern. J. Theoret. Phys.* 31 (1992) 1929–1959
- Görnitz, Th., Ruhnau, E., Weizsäcker, C. F. v.: Temporal Asymmetry as Precondition of Experience – the Foundation of the Arrow of Time., *Intern. Journ. Theoret. Phys.* 31 (1992) 37–46
- Görnitz, Th. und Schomäcker, U.: *Group theoretical aspects of a charge operator in an ur-theoretical framework*, talk given at: GROUP 21, Applications and Mathematical Aspects of Geometry, Groups, and Algebras, Goslar (1997)

- Görnitz, Th.: *Quanten sind anders, die verborgene Einheit der Welt*, Spektrum, Akad. Verl., Heidelberg (1999), TB (2006)
- Görnitz, Th. & B.: Das Bild des Menschen im Lichte der Quantentheorie, in Buchholz und Gödde (2005), S. 720-745
- Goethe, J. W.: *Schriften zur Naturwissenschaft*, Reclam, Stuttgart (1977)
- Goethe, J. W.: *Gesammelte Werke*, Weimarer (Sophien-)Ausgabe, Herausgegeben im Auftrage der Großherzogin Sophie von Sachsen: II. Abtheilung: Goethes Naturwissenschaftliche Schriften: 11. Band: Zur Naturwissenschaft: Allgemeine Naturlehre: I. Theil: Über Naturwissenschaft im Allgemeinen, einzelne Betrachtungen und Aphorismen.
- Gold, P., Engel, A.K.: *Der Mensch in der Perspektive der Kognitionswissenschaft*, Suhrkamp, Frankfurt (1998)
- Goldstein, B. E.: *Wahrnehmungspsychologie*, Spektrum, Heidelberg (1997)
- Goyal, R. K., Hirano, I.: The enteric nervous system, *New England Jour. of Medicine*, 334 (1996) 1106
- Gruber, B., L. C. Biedenharn, H. D. Doebner (eds): *Symmetries in Science V*; Plenum, New York, London (1991)
- Haeckel, E.: *Die Welträtsel* (1899)
- Hammeroff, S. R. und Watt, R. C.: Information processing in microtubules, *J. Theor. Biol.* 98 (1982) 549–561
- Hammeroff, S. R. und Penrose, R.: Conscious events as orchestrated space-time selections, *J. Consciousness Stud.* 3 (1996) 36–53
- Hark, H.: *Lexikon Jungscher Grundbegriffe*, Walter, Olten und Freiburg i.B. (1988)
- Hartmann, E. v.: *Philosophie des Unbewußten*, Berlin (1869)
- Hawking, S. W.: Particle creation by black holes, *Comm. Math. Phys.* 43 (1975) 199–220
- Hawking, S. W. und Ellis, G. F. R.: *The Large Scale Structure of the Universe*, University Press, Cambridge (1973).
- Heck, D. und Sultan, F.: Das unterschätzte Kleinhirn, *Spektrum der Wissenschaft*, 10/(2001), S. 36 ff.
- Holsboer, F.: Stress — Angst — Depression: Die neue Psychopharmakologie, *MaxPlanck-Forschung HV 99* (1999)
- Huber, R.: Was ist anders bei Jung? – Grundzüge des Menschenbildes und des Krankheitsverständnisses der Analytischen Psychologie, *MAP TEXTE 11*, München (2001)
- Humboldt, W. v.: *Aesthetische Versuche*, I. Theil, Vieweg, Braunschweig (1799)
- Ifrah, G.: *Universalgeschichte der Zahlen*, Campus, Frankfurt/M. (1991)
- Jacobi, J.: *Die Psychologie von C. G. Jung*, Fischer, Frankfurt/M (1978)
- Jacoby, M.: *Grundformen seelischer Austauschprozesse*, Walter, Zürich (1998)
- Joos, E. und Zeh, H.: The Emergence of Classical Properties Through Interaction with the Environment, *Zeitschr. F. Physik B*, 59 (1985) 223–243
- Jung, C. G.: GW, *Gesammelte Werke*, Walter, Olten (1971–1985)
- Jung, C. G.: *Ausgewählte Werke*, dtv, München (1990–1991)
- Jung, C. G.: *Psychologie und Religion*, dtv, München (1991)
- Jung, C. G.: *Typologie*, dtv, München (1990)
- Jung, C. G.: *Synchronizität*, dtv, München (1990)

- Jung, C. G.: *Bewußtes und Unbewußtes*, Fischer, Frankfurt (1957, 1983)
- Jung, C. G.: *Gedanken und Erinnerungen*, aufgezeichnet von Jaffé, A., Walter, Olten (1971, 1985)
- Jung, C. G. und v. Franz, M.-L., Henderson, J. L. Jacobi, J., Jaffé, A.: *Der Mensch und seine Symbole*, Solothurn und Düsseldorf, Walther (1995)
- Kandel, E. R., Schwartz, J. H., Jessell, Th. M. (Hrsg.): *Neurowissenschaften*, Spektrum, Heidelberg (1996)
- Kant, I.: *Werke in 6 Bdn.*, Darmstadt (1964), Bd. VI, *Anthropologie*.
- Kernberg, O.: *Borderline-Störungen und pathologischer Narzissmus*, Suhrkamp, Frankfurt (1993⁷)
- Kessler, H. (Hrsg.): *Leben durch Zerstörung?. Über das Leiden in der Schöpfung. Ein Gespräch der Wissenschaften*. Beitr. v. Bereiter-Hahn, J /Görnitz, B /Görnitz, T, Echter (2000)
- Kesselring, Th.: *Jean Piaget*, Beck, München (1999²)
- Kim, Jaegwon: *Philosophie des Geistes*, Springer, Wien, New York (2001)
- Klaus, G. und Buhr, M.: *Philosophisches Wörterbuch*, Leipzig (1966)
- Köhler, L.: *Von der Biologie zur Phantasie*, in Stork (1986)
- Köhler, L.: in Koukkou, M., Leuzinger-Bohleber, M., Mertens, W. (1998),
- Köhler, L.: Neuere Ergebnisse der Kleinkindforschung. Ihre Bedeutung für die Psychoanalyse. *Forum Psychoanal.* 6: (1990), S. 42
- Kohut, H.: *Narzissmus*, Suhrkamp, Frankfurt (1976)
- Kohut, H.: *Die Heilung des Selbst*, Suhrkamp, Frankfurt (1979, 1981)
- Koukkou, M., Leuzinger-Bohleber, M., Mertens, W.: *Erinnerung von Wirklichkeiten – Psychoanalyse und Neurowissenschaften im Dialog*, VIP, Stuttgart (1998)
- Krause, R.: *Allgemeine psychoanalytische Krankheitslehre*, Bd. I und II, Kohlhammer, Stuttgart (1998)
- Lacan, J.: *Propos sur la causalité psychique* in *L Evolution psychiatrique* (1947), u. Ecris, Edition du Seuil, Paris (1966) 34 in Laplanche, J. Pontalis, J.-B. suhrkamp (1980) S. 474 f.
- Laplanche, J. Pontalis, J.-B.: *Das Vokabular der Psychoanalyse*, Suhrkamp, Frankfurt (1972, 1980⁴)
- Lewin, R.: *Spuren der Menschwerdung, Die Evolution des Homo Sapiens*, Spektrum, Heidelberg (1992)
- Libet, B., Gleason, C. A., Wright, E. W., Pearl, D. K.: Time of Conscious Intention to Act in Relation to Onset of Cerebral Activity, *Brain* 106 (1983) 623–642,
- Libet, B.: Unconscious cerebral initiative and the role of conscious will in voluntary action, *The Behavioral and Brain Sciences* 8 (1985) 529–566
- Lichtenberg, J. D., Lachmann, F. M., Fosshage, J. L.: *Das Selbst und die motivationalen Systeme. Zu einer Theorie psychoanalytischer Technik*. Brandes & Apsel (2000)
- Lill, M.: *Simulate Proton Transport*, Thesis, MPI für Biophysik, Frankfurt (2002) .
- Logothetis, N. K., Pauls, J., Augath, M., Trinath, T., Oeltermann, A.: Neurophysiological investigation of the basis of the fMRI signal, *Nature*, 412 (2001) 150 ff.
- Lyre, H.: *Quantentheorie der Information*, Springer, Wien (1998)

- Lyre, H.: *Informationstheorie, eine philosophisch-naturwissenschaftliche Einführung*, Wilhelm Fink Verlag (UTB) München (2002)
- Mahler, M., Pine, F., Bergmann, A.: *Die psychische Geburt des Menschen*, Fischer, Frankfurt (1978)
- Mahler, M. S.: *Studien über die drei ersten Lebensjahre*, Fischer, Frankfurt/M (1992)
- Malsburg, Ch. von der: *The correlation theory of Brain Function* (1981), in Schulten, K. und Hemmen, H.-J. (Hrg.) (1994)
- Malsburg, Ch. von der: *Gehirn und Computer*, in Fedrowitz et al (Hrg.) (1994)
- Markowitsch, H. J., Kessler, J., van der Ven, C., Weber-Luxemburger, G., Heiss, W.-D.: *Psychic Trauma causing grossly reduced brain metabolism and cognitive deterioration*, *Neuropsychologia* 36 (1998) 77–82
- Marx, D., Tuckerman, M. E., Hutter, J., Parrinello, M.: *The nature of the hydrated excess proton in water*, *Nature* 397 (1999) 601
- Meltzoff, A. und Borton, R.: *Intermodal matching by human neonates*, *Nature*, 282 (1979), 403–404, zitiert nach Dornes (1997)
- Mentzos S.: *Neurotische Konfliktverarbeitung*, Geist und Psyche, Fischer Taschenbuchverlag, Frankfurt (1993)
- Mentzos S.: *Hysterie*, Geist und Psyche, Fischer Taschenbuchverlag, Frankfurt (1995);
- Mertens, W.: *Traum und Traumdeutung*, Beck, München (1999)
- Mertens, W.: in Koukkou, M., Leuzinger-Bohleber, M., Mertens, W. (1998), S. 79
- Metzinger, T.: *Neuronal correlates of consciousness*, Cambridge, Mass. (2000)
- Meyer, C. A. (Ed.): *Wolfgang Pauli und C. G. Jung: Ein Briefwechsel*, Springer, Heidelberg (1992),
- Mohideen, U. and Anushree Roy, *Phys.Rev. Lett* 81, 4549–4552 (1998)
- Müller-Pozzi, H.: *Psychoanalytisches Denken*, Hans Huber, Bern, Stuttgart (1995)
- Muñoz Caro, G. M., Meierhenrich, U. J., W. A. Schutte, B. Barbier, A. Arcones Segovia, H. Rosenbauer, W. H.-P. Thiemann, A. Brack & J. M. Greenberg: *Amino acids from ultraviolet irradiation of interstellar ice analogues*, *Nature* 416 (2002)403–406
- Nagel, Th.: *Wie ist es, eine Fledermaus zu sein*, in Bieri (1993)
- Neuser, W.: *Natur und Begriff, Studien zur Theoriekonstitution und Begriffsgeschichte von Newton bis Hegel*, Metzler, Stuttgart (1995)
- Newen, A. und Vogeley, K. (Hrsg.): *Das Selbst und seine neurobiologischen Grundlagen*, Mentis, Paderborn (2001)
- Nimtz, G. und Häibel, A.: *Basics of Superluminal Signals*, *Ann. Phys. (Leipzig)* 11 (2002) 163–171
- Nørretranders, T.: *Spüre die Welt, Die Wissenschaft des Bewusstseins*, Rowohlt TB, Reinbek (1997)
- Obhi, S.S. and Haggard, P.: *Der freie Wille auf dem Prüfstand*, Spektrum der Wissenschaft, Heft 4, 2005, S. 90-97
- Papousek, H., Papousek, M., Giese, R.: *Neue wissenschaftliche Ansätze zum Verständnis der Mutter-Kind-Beziehungen*, in Stork, J. (1986)
- Pauli, W.: *Wissenschaftlicher Briefwechsel*, Bd. IV, Hrsg. von K. von Meyenn, Berlin et al, Springer (1996–2001)

- Penrose, R.: *The Emperor's New Mind*, University Press, Oxford (1989), deutsch: *Computerdenken*, Spektrum, Heidelberg (1991)
- Penrose, R.: *Schatten des Geistes. Wege zu einer neuen Physik des Bewusstseins*. Spektrum Akademischer Vlg., Heidelberg (1995)
- Peters, D. S.: *Biologische Anmerkungen zur Frage nach dem Sinn des Leidens in der Natur*, in Kessler (2000)
- Piaget, J.: *Probleme der Entwicklungspsychologie*, Europ. Verlagsanstalt, Hamburg (1993)
- Piaget, J.: *Das moralische Urteil beim Kinde*, dtv/Klett-Cotta, München (1986)
- Planck, M.: *Neue Bahnen der physikalischen Erkenntnis*, in *Wege zur physikalischen Erkenntnis*, S. Hirzel, Leipzig (1944)
- Popp, F., Chang, J. J., Herzog, A., Yan, Z., Yan, Y., *Physics Letters A* 293, 98–102 (2002)
- Popp, F., Yan, Y., *Physics Letters A* 293 (2002) 93–98
- Primas, H.: (1981, 1983²): *Chemistry, Quantum Mechanics and Reductionism*, Springer, Berlin et al.
- Primas, H. (1987): *Contextual Quantum Objects and their Ontic Interpretation*, in P. Lahti and P. Mittelstaedt (eds.): Proc. of the Symposium on the Foundations of Mod. Phys. Joensuu (1987), World Scientific
- Raichle, M., Bold insights, *Nature* 412 (July 2001) 128
- Rizzolatti, G., Arbib, M. N., *Trends in Neuroscience* 21 (1998) 95–99
- Roth, G., Prinz, W. (Hrsg.): *Kopfarbeit, Gehirnfunktion und kognitive Leistung*, Spektrum, Heidelberg (1996)
- Roth, G.: *Kleine Gehirne – große Gehirne, evolutive Aspekte und funktionelle Konsequenzen*, in Ganten et al. (1999)
- Roth, G.: *Denken, Fühlen, Handeln*, Suhrkamp, Frankfurt (2001)
- Sacks, O.: *Der Mann, der seine Frau mit einem Hut verwechselte*; Rowohlt Sachbuch 8780, Reinbeck (1990)
- Sacks, O.: *Der Tag, an dem mein Bein fortging*, Rowohlt Sachbuch 8884, Reinbeck (1991)
- Schacter, D.: *Wir sind Erinnerung*, Rowohlt, Reinbek (1999), S. 306
- Schandry, R.: *Lehrbuch Psychophysiologie, körperliche Indikatoren psychischen Geschehens*, Beltz, Psychologische Verlagsunion (1998)
- Scharf, J.-H. (Hrsg.): *Informatik*, Nova Acta Leopoldina, Neue Folge, Nr 206, Band 37/1, Barth, Leipzig (1972)
- Scheibe, E., Suessmann, G., and Weizsäcker C. F. v.: Mehrfache Quantelung, Komplementarität und Logik III, *Zeitschrift für Naturforschung*, 13a (1958) 705.
- Schelling, F. W.: *System des transzendenten Idealismus*, Tübingen (1800)
- Schopenhauer, A.: *Die Welt als Wille und Vorstellung*, Leipzig (1819)
- Schulten, K. und Hemmen, H.-J. (Hrg.): *Models of Neural networks*, Berlin (1994)
- Shor, P.: *Algorithms for Quantum Computation: Discrete Logarithms and Factoring*, Proceedings of the 35th Annual Symposium on Foundations of Computer Science (1994), pp. 124–134 oder quant-ph/9508027
- Singer, W., Engel, A. K., Kreiter, A. K., Munk, H. J., Neuenschwander, S., Roelfsema, P. R.: Neuronal assemblies: necessity, signature and detectability, *Trends in Cognitive Sciences*, 1 (1997) 252–261

- Singer, W.: *Das Bild im Kopf*, in Ganten (1999)
- Singer, W.: *Phenomenal awareness and consciousness from a neurobiological perspective*, in Metzinger, T. (2000)
- Singer, W.: *Vom Gehirn zum Bewusstsein*, in Elsner und Lürer (2000)
- Spencer-Brown, G.: *Wahrscheinlichkeit und Wissenschaft*, Carl-Auer-Systeme, Heidelberg (1996)
- Spitz, R.: *Vom Säugling zum Kleinkind*, Klett-Cotta, Stuttgart (1985⁸)
- Spitzer, M.: *Der Geist im Netz*, Spektrum, Heidelberg (2000)
- Spitzer, M.: *Ketchup und das kollektive Unbewusste*, Schattauer, Stuttgart (2001)
- Stern, D.: *Die Lebenserfahrung des Säuglings*, Klett-Cotta Stuttgart (1994²)
- Stevens, A.: *Das Phänomen C. G. Jung, Biographische Wurzeln einer Lehre*, Walther, Solothurn und Düsseldorf (1993)
- Stork, J. (Hrsg.): *Zur Psychologie und Psychopathologie des Säuglings*, Frommann-Holzboog, Stuttgart-Bad Cannstatt (1986)
- Thomä, H., Kächele, H.: *Lehrbuch der psychoanalytischen Therapie*, Springer, Berlin et al. (1996)
- Tömmel, S. E.: *Die Evolution der Psychoanalyse, Beitrag zu einer evolutionären Wissenschaftssoziologie*, Campus, Frankfurt, New York (1985), S. 179
- Tomasello, M.: Primate Cognition: Introduction to the Issue, *COGNITIVE SCIENCE Vol. 24* (3) (2000), pp. 351–361
- Varela, F. J.: *Traum, Schlaf und Tod, Grenzbereiche des Bewusstseins. Der Dalai Lama im Gespräch mit westlichen Wissenschaftlern*, Hugendubel, München (1998)
- Vollmer, G.: *Evolutionäre Erkenntnistheorie*, Hirzel, Stuttgart (1995)
- Wagner A., *Phys. Blätter*, Heft 2 (2000) S. 3
- Walter, H.: *Neurophilosophie der Willensfreiheit*, Schöningh, Paderborn (1998)
- Weinberg, Steven: *Die ersten drei Minuten, Der Ursprung des Universums*, Dt. Taschenbuch-Verl., München (1989)
- Weizsäcker, C. F. v.: Komplementarität und Logik I, *Naturwissenschaften* 42 (1955) 521–529, 545–555
- Weizsäcker, C. F. v.: Komplementarität und Logik II, *Zeitschrift für Naturforschung*, 13a (1958) 245
- Weizsäcker, C. F. v.: *Aufbau der Physik*, Hanser, München (1985)
- Weizsäcker, Ch. und E. U. v.: *Wiederaufnahme der begrifflichen Frage: Was ist Information?*, in: Scharf, J.-H. (Hrsg.) (1972)
- Weizsäcker, E. U. v.: *Erstmaligkeit und Bestätigung als Komponenten der pragmatischen Information* (1974a) in: Weizsäcker, E. U. v. (Hrsg.) (1974b)
- Weizsäcker, E. U. v. (Hrsg.): *Offene Systeme I*, Klett-cotta, Stuttgart (1974b)
- Weizsäcker, V. v.: *Gesammelte Schriften*, Suhrkamp, Frankfurt (1988)
- Wehr, G.: *Carl Gustav Jung*, Kösel, München (1985)
- Williams, C. P., Clearwater, S. H.: *Explorations in Quantum Computing*, Springer, New York (1998)
- Winnicott, D. W.: *Das Baby und seine Mutter*, Ernst Klett Verlag, Stuttgart (1990)
- Winnicott, D. W.: *Von der Kinderheilkunde zur Psychoanalyse*, Kindler, München (1976)

Young, M. P.: The Organization of Neural Systems in the Primate Cerebral Cortex, *Proc. R. Soc. Lond. B* 252 (1993) 13–18

Abbildungen und Tabellen

- Abb. 2.1: Das „Apfelmännchen“, aus Görnitz (1999)
- Abb. 2.2: Ausschnittsvergrößerung aus dem Apfelmännchen, aus Görnitz (1999)
- Abb. 3.2: Nervenzelle (schematisch), nach Comer (1995), verändert
- Abb. 3.3: Wirbeltiergehirne (aus Scientific American Sept. 1979, verändert)
- Abb. 3.4: Zentralnervensystem des Menschen (aus Kandel et. al., 1996)
- Abb. 3.5: PET-Aufzeichnung der Aktivität von Cortex-Regionen (nach Kandel (1996), verändert)
- Abb. 3.6: Gehirnfurchungen, (nach Roth, in Ganten (1999), verändert)
- Abb. 3.7: Hirnallometrie (nach Roth, in Roth und Prinz (1996), verändert)
- Abb. 7.4: Gewinnendes Neuron (nach Spitzer(2000), verändert)
- Abb. 8.2: Pragmatische Information zwischen Erstmaligkeit und Bestätigung (nach Weizsäcker, Ch. und E. U. v. (1972, 1974a), verändert)
- Abb. 8.4: Die Hirnlappen (nach Breidbach (1993), verändert)
- Abb. 8.5: Motorische und somatosensorische Felder der Großhirnrinde (nach Kandel (1996) nach Penfield und Rassmussen (1950), verändert)
- Abb. 8.6: Verbindungen zwischen Großhirnarealen bei Affen (Makaken) aus (Young, *Proc. R. Soc. Lond. B* 252 (1993) 13–18)
- Abb. 8.7: Das limbische System (nach Roth (2001), verändert)
- Abb. 8.8: Vier verschiedene Aktivitätsanzeigen des Gehirns (nach Raichle, M., *Bold insights, Nature* 412, (July 2001) 128, verändert)
- Abb. 8.9: Halbes Gehirn (aus Spiegel Nr. 18, 2002), verändert
- Abb. 8.10: Vexierbild (aus Internet)
- Abb. 11.1: Synchronisation im Sehsystem der Katze (nach Engel (1999), verändert)
- Abb. 11.2: Reizabhängigkeit der Synchronisation (nach Engel (1999), verändert)
- Abb. 11.17: Selbstreflexion als Beobachtung des Bewusstseins durch einen Teil desselben, der wieder ein Bild des Ganzen misst (von Picasso inspiriert, verändert)
- Tab. 3.1: Absolute Gehirngewichte (in Gramm) bei Säugetieren (nach Roth, in Roth und Prinz (1996) verändert)
- Tab. 11.1: Voraussetzungen für Bewusstsein (nach Engel (1999))

14 Mathematisch-physikalischer Anhang

14.1 Die mathematische Grundstruktur der klassischen Physik

Die klassische Physik geht in ihrer Grundstruktur auf die mathematischen Modelle zurück, die unabhängig von einander Newton und Leibniz gefunden haben. Newtons fundamentale Aussage, dass Kraft gleich Masse mal Beschleunigung ist, wird erst dadurch sinnvoll, dass die Beschleunigung als eine momentane Änderung einer Momentangeschwindigkeit definierbar wurde. Wenn Geschwindigkeit verstanden wird als das Verhältnis einer Weglänge zu der Zeitdauer, in der sie zurückgelegt wird, so ist dies immer lediglich eine Durchschnittsgeschwindigkeit, und aus dieser lässt sich keine Beschleunigung herleiten.

14.1.1 Infinitesimalrechnung

Einen Ausweg aus diesem Problem hat die Idee gewiesen, zu immer kleineren Weg- und Zeitabschnitten überzugehen, ohne diese tatsächlich zu Null werden zu lassen. Die Division durch Null blieb weiterhin sinnlos, aber mit dem Übergang zu den so genannten infinitesimalen Größen wurde es möglich, eine Augenblicksgeschwindigkeit zu definieren. Deren Änderung ergibt dann die Beschleunigung. Diese Vorstellung, dass es möglich ist, Zahlwerte immer kleiner werden lassen zu können, ohne dass sie jedoch tatsächlich zu Null werden, ist die Grundlage der ganzen klassischen Physik. Es gibt keinen *kleinsten* positiven Wert, denn zu jedem Wert und zu jeder Zahl größer als Null, die man vorschlagen würde, könnte man sofort eine kleinere nennen, z.B. in dem man sie halbiert oder indem man hinter dem Komma noch eine Null einschiebt.

Da in den mathematischen Strukturen der klassischen Physik der Zusammenhang zwischen den einzelnen Objekten immer kleiner gemacht werden kann, so dass die Wechselwirkung unter jede Nachweisgrenze sinkt, darf man mit gutem Gewissen diese Objekte als „getrennt“ ansehen. Aus der Hypothese einer Zerlegung und Trennung der Welt in einzelne Objekte folgt auch eine Trennung zwischen der Welt und dem sie beobachtenden Menschen („detached observer“).

14.1.2 Gesetze, Anfangswerte, Invarianten und Zustände

Aus diesem Gebiet der Mathematik, der *Infinitesimalrechnung*, folgt mit den *Differentialgleichungen* eine äußerst wirkungs- und machtvolle Anwendungsmöglichkeit. Die Differentialgleichungen liefern die mathematische Form der Naturgesetze und erlauben es, Prozesse und Bewegungen zu beschreiben. In diese Differentialgleichungen gehen einerseits die Größen ein, die als Invarianten die unveränderlichen Größen des Systems stellen. Dies kann z.B. die Ladung oder die Ruhmasse sein. *Diejenigen Größen, die sich durch die Dynamik verändern können und die benötigt werden, um die zeitliche Veränderung des Systems zu beschreiben, werden unter dem Begriff „Zustand“ zusammengefasst.* Der Zustand des Systems, der zu demjenigen Zeitpunkt vorliegt, von dem an die Berechnung des Systemverlaufes erfolgen soll, wird als Anfangsbedingung bezeichnet.

Bei dem einfachsten System der klassischen Physik, einem Punktteilchen, wird der Zustand durch den Ort und die Geschwindigkeit zu einem Zeitpunkt festgelegt. Daraus lässt sich dann bei bekannter Kraft die ganze Bahn berechnen, d.h. alle früheren und alle späteren Zustände. Durch die Trennung zwischen den Kraftgesetzen und Invarianten einerseits und den Anfangsbedingungen bzw. dem Zustand andererseits wird es möglich, die kontingenten²⁹³ Eigenschaften von den unveränderlichen zu trennen:

Das Naturgesetz wird durch die Differentialgleichung erfasst und die konkrete Situation durch die Anfangsbedingung.

Die Mathematik der Differentialgleichung lässt aus einem Anfangswert nur *eine einzige Lösung* entstehen, die sich auch nicht verzweigen kann. Damit wird mit diesem Modell eine streng deterministische Struktur festgeschrieben, aus der es im Rahmen dieses theoretischen Ansatzes auch keinen Ausweg gibt. Wir hatten dafür das Bild der Gleise ohne Weichen zur Veranschaulichung verwendet.

Diese mathematisch zwingenden Folgerungen finden natürlich auch ihren Niederschlag in den philosophischen Beschreibungen der Welt, die auf diesem Modell aufbauen. Zufall kann es dann nur für den Betreffenden geben, dessen theoretische Kenntnis nicht ausreicht, diese feststehende Zukunft auszurechnen. Ein solcher absoluter Determinismus kann die Frage nach der Willensfreiheit notwendig nur negativ beantworten. Allerdings folgt aus dieser eindeutigen „Wenn-dann-Struktur“ auch die Machtförmigkeit, die die klassischen Naturwissenschaften auszeichnet.

Die neuronalen Netze gehören zum Geltungsbereich der klassischen Physik. Auch mit ihnen werden die Strukturen der Differentialgleichungen nicht durchbrochen. Daher kann in ihrem Gültigkeitsbereich auch nichts Neues entstehen.

²⁹³ Vom lat. *contingit*, es trifft sich; zufällig, von den Umständen abhängig, nicht naturgesetzlich festgelegt

14.1.3 Warum reicht die klassische Physik nicht aus?

Im Rahmen der klassischen Physik kann nicht ein einziges der Objekte verstanden werden, mit denen in ihr gearbeitet wird.

Elektrisch neutrale Atome könnten nur durch Gravitation zusammengefügt und zusammengehalten werden. Dies würde höchstens Materiehaufen mindestens von der Größe eines Sternes erlauben – nicht wesentlich kleiner als die Sonne – aber keine kleineren Körper. Wenn man in den Atomen – wie es die Experimente zeigen – Teile mit elektrischen Ladungen zulässt, so müssten nach den Gesetzen der Elektrodynamik und der Relativitätstheorie diese Atome zerstrahlen. Sie müssten wegen der elektrischen Anziehung ineinander stürzen. Die Lösung beim Planetensystem, der Umlauf auf elliptischen Bahnen umeinander, hilft in der Elektrodynamik nicht weiter. Die Bewegung auf geschlossenen Bahnen ändert fortwährend die Richtung der Geschwindigkeit, ist also beschleunigt – und beschleunigte Ladungen strahlen Energie ab. Durch diese Abstrahlung wird der Abstand zwischen den Ladungen immer kleiner und sie stürzen ineinander. Es könnte somit kein stabiler Grundzustand der Atome existieren. Damit wären dann auch keine festen Körper, Flüssigkeiten oder Moleküle von Gasen möglich. Den Ausweg aus diesem Dilemma hat die Quantentheorie eröffnet.

14.2 Die mathematische Grundstruktur der Quantenphysik

Beziehungen bewirken, dass ein aus Teilen gebildetes Ganzes mehr ist als lediglich die Summe dieser Teile.

Daher ist wahrscheinlich die einfachste Weise, die mathematische Grundstruktur der *Quantenphysik* in Worten zu beschreiben und um ihr Wesen zu erfassen, sie als eine *Physik der Beziehungen* zu verstehen. Eine dazu äquivalente Beschreibung erlaubt die Interpretation der Quantenphysik als eine *Physik der Möglichkeiten*. Während die klassische Physik als eine Schilderung von Fakten begriffen werden kann, kann die Quantentheorie als eine Wiedergabe der sich aus solchen Fakten ergebenden Möglichkeiten verstanden werden. In einer mehr mathematischen Sprache erfolgt die quantentheoretische Beschreibung durch die Funktionen über den klassischen Fakten. Daher wird der *Zustand* eines Quantensystems nicht mehr, wie in der klassischen Physik, durch die punktuelle Angabe von Ort und Geschwindigkeit festgelegt, sondern durch eine im ganzen Raum ausgedehnte Funktion, die Wellenfunktion. Die Schichtenstruktur macht verständlich, dass eine solche Funktion wiederum in einem verallgemeinerten Raum, dem in der Regel unendlichdimensionalen Hilbert-Raum, als Vektor aufgefasst werden darf, weshalb auch oft vom Zustandsvektor gesprochen wird.

Für die Zusammensetzung von Systemen gelten in Quantentheorie ebenfalls andere Regeln als in der klassischen. In der klassischen Physik ergeben sich die Fakten eines zusammengesetzten Systems aus der *Addition der Fakten* seiner Teile. In einer mathematischeren Formulierung kann man sagen, dass der Zustandsraum des Gesamtsystems die *direkte Summe* der Zustandsräume der Teile ist. Für die Quantentheorie müssen wir zum *Raum der Funktionen* übergehen. Der Raum der Funktionen über einer direkten Summe ist das *direkte Produkt* der Funktionsräume über den Zustandsräumen der Teile. Dies führt dazu, dass in der Quantentheorie ein zusammengesetztes System wesentlich mehr und völlig neuartige Zustände haben kann, die an seinen Ausgangsteilen nicht zu erkennen gewesen wären.

Die lineare Struktur der Quantentheorie ist ihr wesentlichstes mathematisches Charakteristikum. Daher können Zustände in andere zerlegt werden, wie es in der Schule beim Parallelogramm der Kräfte gelehrt wird. Während die Zustände für Quantensysteme als Vektoren verstanden werden, werden die beobachtbaren Größen, die Observablen, durch *Operatoren* erfasst. Einen Operator darf man sich als *Matrix* vorstellen, d.h. als eine quadratische Anordnung von Zahlwerten, die mit dem Matrizenprodukt auf die Vektoren wirken. Da die Messwerte von physikalischen Größen reell sein müssen, ergeben sich daraus noch Symmetriebedingungen an diese Matrizen, die uns aber jetzt nicht weiter interessieren sollen. Ein Operator vermittelt eine *lineare Abbildung* der Vektoren. Darunter darf man sich eine Verschiebung, eine Drehung und eine Streckung, bzw. die Kombination dieser Operationen vorstellen.

Die Wahrscheinlichkeit, beim Vorliegen eines Zustandes b einen anderen a finden zu können, wird durch das Skalarprodukt zwischen den beiden Vektoren gegeben:

$$\langle a | b \rangle$$

Den wahrscheinlichsten Messwert, den so genannten *Erwartungswert* eines Operators A in einem bestimmten Zustand a erhält man dadurch, dass man das Skalarprodukt dieses Zustandes a mit dem Vektor bildet, der aus ihm durch die Transformation mit dem Operator entsteht:

$$\langle a | A a \rangle$$

Die Wahrscheinlichkeit dafür, einen bestimmten Zustand a zu erhalten, wenn ein Operator A auf einen Zustand b einwirkt, die so genannte *Übergangswahrscheinlichkeit*, erhält man dadurch, dass man das Skalarprodukt dieses Zustandes a mit dem Vektor bildet, der aus ihm durch die Transformation von b mit dem Operator A ergibt:

$$\langle a | A b \rangle$$

14.3 Klassische und Quanten-Information – das Non-Cloning-Theorem

Die klassische Information ist heute durch die fast überall zu findenden Computer zu etwas geworden, an das man sich gewöhnt hat. Dabei hat man gelernt, dass sich jede Information in Bits zerlegen lässt, also in eine Menge von Ja-Nein-Alternativen. Dies gilt für mathematische Daten, für Texte, Bilder und Musik.

Was ist dann eine quantisierte Alternative, ein Qubit? Wir hatten in Kapitel 5 bei der Einführung in die Quantentheorie deutlich gemacht, dass das Qubit verstanden werden darf als die Menge der Möglichkeiten, die aus einem einfachen klassischen Bit erwachsen können. Damit wird aus einer Zwei-Punkte-Menge der klassischen Alternative die zweidimensionale komplexe Mannigfaltigkeit der quantisierten.

Die Quantenzustände sind als Vektoren zu verstehen, woraus sich ohne weiteres herleiten lässt, dass beim Vorhandensein eines Zustandes auch andere Zustände (Unbestimmtheit) gefunden werden können. Für Quanteninformation gilt das „Non-Cloning-Theorem“, was bedeutet, dass eine unbekannte Quanteninformation nicht dupliziert werden kann. Dieser wichtige Sachverhalt soll hier kurz skizziert werden.

Ein Zustandsvektor sei Φ normiert, d.h. $|\langle \Phi | \Phi \rangle| = 1$, was bedeutet, wenn er vorliegt, ist die Wahrscheinlichkeit, ihn zu finden, gleich 1. Sei U ein hypothetischer unitärer, d.h. wahrscheinlichkeitserhaltender Operator, der mit Hilfe eines Vorratzzustandes Ψ einen beliebigen Zustand Φ in einen Zustand umwandeln soll, der zweimal diesen Zustand umfasst: $\Phi \otimes \Phi$. U wird also gefordert:

$$U \Phi \times \Psi = \Phi \times \Phi \quad \text{für jedes beliebige } \Phi$$

Dann folgt also für zwei Vektoren Ψ und ξ

$$U \Phi \times \Psi = \Phi \times \Phi \quad \text{und} \quad U \xi \times \Psi = \xi \times \xi \quad (*)$$

Für die Wahrscheinlichkeiten zwischen den untransformierten linken Seiten ergibt sich

$$|\langle \Phi \times \Psi | \xi \times \Psi \rangle| = |\langle \Phi | \xi \rangle \langle \Psi | \Psi \rangle| = |\langle \Phi | \xi \rangle| \quad (1)$$

Die Wahrscheinlichkeit der rechten Seiten ist

$$|\langle \Phi \times \Phi | \xi \times \xi \rangle| = |\langle \Phi | \xi \rangle \langle \xi | \Phi \rangle| = |\langle \Phi | \xi \rangle| |\langle \xi | \Phi \rangle| = |\langle \Phi | \xi \rangle|^2 \quad (2)$$

Eine Gleichheit von (1) und (2) kann aber nur gelten, wenn gilt

$$|\langle \Phi | \xi \rangle| = |\langle \Phi | \xi \rangle|^2$$

Das bedeutet aber, dass gelten muss

$$|\langle \Phi | \xi \rangle| = 0 \quad \text{oder} \quad = 1 \quad (**)$$

Solche Zustände, die miteinander nur die Wahrscheinlichkeiten 0 oder 1 besitzen, sind aber gerade die Zustände, die zu einer Basis, d.h. zu einer vollständigen Frage an unser Quantensystem gehören, und die die möglichen Antworten repräsentieren, die als Fakten klassisch sind. Allerdings muss dann auch, im Gegensatz zur linearen Struktur der Quantentheorie und wie in der klassischen Physik üblich, auf die Kombination solcher Zustände verzichtet werden. Denn zwei verschiedene Vektorsummen aus Φ und ξ müssen keineswegs auch die Eigenschaft (**) miteinander haben.

14.3.1 Duplizierbare Information

Im Rahmen der Weizsäckerschen Ur-Theorie wurden quantisierte abstrakte binäre Alternativen als *Ur-Alternativen* oder *Ure* bezeichnet.²⁹⁴ Diese Bezeichnung ist zwar die originale Bezeichnung, wird aber heute nur von wenigen verstanden, da sich in der Quanteninformatik das aus dem Englischen stammende *Qubit* durchgesetzt hat. Um duplizierbare Information zu erhalten, müssen wir die Quanteninformation ankoppeln an einen Zustand, der klassische Eigenschaften aufweisen kann, man spricht von *Superauswahlregeln*. Wenn ein einzelnes Qubit an endlich viele Ure gekoppelt ist, kann keine strenge Superauswahlregel gelten, aber an *unendlich* viele Ure gekoppelt wird dies möglich. Wenn also die interessierenden Qubits an endlich viele Ure gekoppelt sind, verbleiben wir im Rahmen der reinen Quanteninformation und können nicht klassisch werden. Dies wird der Fall sein bei üblichen Quantenobjekten, die vom Rest der Welt gut isoliert sind. Dann ist wegen der endlichen Gesamtenergie auch die Zahl der Qubits beschränkt. Wollen wir zu unendlich vielen Uren bzw. kosmischen Qubits übergehen, dann gelangen wir in den Bereich, in welchem die Teilchen der *relativistischen Quantentheorie* definiert sind, d.h. in den Bereich von masselosen oder massiven Darstellungen der Poincaré-Gruppe. Mit beliebig vielen Uren lassen sich z.B. die masselosen, aber Energie besitzenden Teilchen des Lichts, die Photonen, konstruieren sowie die Masse tragenden Protonen und Neutronen, die ihrerseits die Atomkerne konstituieren.

Daraus kann geschlussfolgert werden, dass es klassische Information stets erforderlich macht, dass die Information an einen materiellen oder energetischen Träger gekoppelt ist. Für reine Quanteninformation gilt diese Schlussfolgerung in dieser Form nicht, d.h. Quanteninformation kann auch immateriell – d.h. ohne Energie oder Masse – existieren.

²⁹⁴ Weizsäcker, C. F. v. (1955, 1958, 1985); Scheibe, Suessmann und Weizsäcker, C. F. v. (1958)

14.4 Die Schichtenstruktur der Physik

Aus dem Non-Cloning-Theorem ist ablesbar, dass die klassische Physik immer dann unverzichtbar wird, wenn es um kommunizierbare Information geht. Mittelbare Information muss geteilt werden können, d.h. vervielfältigt, und das ist für beliebige Information nicht möglich, sondern nur für klassische. Erst im Rahmen der klassischen Physik kann es Objekte und Fakten geben. Da einerseits kein Objekt der klassischen Physik aus dieser Theorie heraus verstanden werden kann, sondern seine Existenz und Stabilität erst durch die Quantentheorie begründet werden kann, und andererseits Quanteneigenschaften erst an isolierten Objekten deutlich werden, die es im Rahmen der Quantentheorie nicht gibt, wird sofort deutlich, dass eine zutreffende Beschreibung der Welt nur in Kombination von klassischer und quantischer Theorie möglich sein wird.

Diese Kombination nennen wir die Schichtenstruktur der Physik. Sie ist eine dynamische Bildung, da nur sie es erlaubt, die Zeit im Rahmen der Naturwissenschaften ernst zu nehmen.

14.5 Über die Äquivalenz von Masse, Energie und Quanteninformation – Protyposis

Wir hatten in Kapitel 6 daran erinnert, dass die Quantentheorie eine Äquivalenz von Bewegung und Masse ermöglicht, und dann darauf verwiesen, dass eine Äquivalenz von Masse und Energie mit der Quanteninformation aus dieser Theorie abgeleitet werden kann. Wir wollen uns hier zuerst der Frage zuwenden, warum von Einsteins berühmter Formel $E = mc^2$ im Alltag nichts zu verspüren ist, denn trotz der Gültigkeit dieser Formel ist im täglichen Leben die Bewegung, d.h. kinetische Energie, vollkommen verschieden von Materie. Während also die beiden fundamentalen physikalischen Theorien, die Relativitätstheorie und die Quantentheorie, die Behauptung aufstellen, dass es zwischen den Konzepten von Energie und Masse keinen *prinzipiellen* Unterschied gäbe, ist es im Alltag vernünftig und sinnvoll, sehr wohl zwischen ihnen zu unterscheiden. Dies soll an einem sehr einfachen Beispiel erläutert werden: Zwei Lastwagen mit je 10 t Masse sollen mit einer Geschwindigkeit von je 108 km/h, natürlich nur theoretisch, frontal aufeinander stoßen.

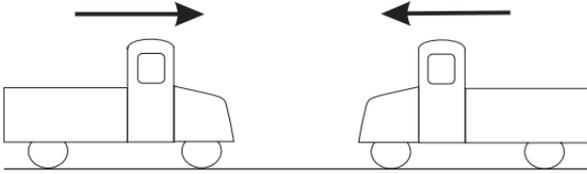


Abb. 14.1: Zwei Lastwagen stoßen mit je 108 km/h frontal gegeneinander

Nach dem Unfall wird die kinetische Energie der beiden Wagen im Wesentlichen in Verformungsarbeit und schließlich in Wärme umgewandelt sein und in die Umwelt abgestrahlt werden. Die Gesamtenergie eines Lkw sei E und die kinetische Energie E_{kin} . In guter Näherung gilt

$$E = (m \cdot c^2) / (1 - v^2 / c^2)^{1/2} \quad \text{ist etwa gleich} \quad E = m \cdot c^2 + \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

Die kinetische Energie eines LKWs beträgt

$$\begin{aligned} E_{\text{kin}} &= \frac{1}{2} m \cdot v^2 \\ &= 5 \text{ t} \cdot (30 \text{ m/s})^2 \\ &= 45 \cdot 10^{-4} \text{ t km}^2/\text{s}^2 \end{aligned}$$

Nach dem Stoß ist natürlich die kinetische Energie Null, so dass die gesamte *Energieänderung* der beiden LKWs durch den Stoß von $9 \cdot 10^{-3} \text{ t km}^2/\text{s}^2$ auf 0 erfolgt. Nun wollen wir die *Änderung der Gesamtenergie* E betrachten, was für kleine Geschwindigkeiten v in sehr guter Näherung

$$E = E_{\text{rest}} + E_{\text{kin}}$$

ergibt. Die Lichtgeschwindigkeit ist $c = 300.000 \text{ km/s}$, die Masse eines LKWs war 10 t. Werden die Zahlwerte eingesetzt, so folgt

$$E = 10 \text{ t} \cdot 9 \cdot 10^{10} \text{ km}^2/\text{s}^2 + 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ t km}^2/\text{s}^2$$

Damit ist für die beiden Lastwagen die Gesamtenergie vor dem Stoß

$$\begin{aligned} E_{\text{vor}} &= 2 \cdot m \cdot c^2 + m \cdot v^2 \\ &= 20 \cdot 9 \cdot 10^{10} \text{ t km}^2/\text{s}^2 + 9 \cdot 10^{-3} \text{ t km}^2/\text{s}^2 \\ &= (1.800.000.000.000, 009) \text{ t km}^2/\text{s}^2 \end{aligned}$$

Nach dem Unfall, wenn die Wärme abgestrahlt ist und nur die Masse noch – wenn auch verformt – zurückbleibt, haben wir die Gesamtenergie

$$\begin{aligned} E_{\text{nach}} &= 2 \cdot m \cdot c^2 \\ &= (1.800.000.000.000, 000) \text{ t km}^2/\text{s}^2 \end{aligned}$$

Das Verhältnis zwischen E_{vor} und E_{nach} ist

$$E_{\text{vor}}/E_{\text{nach}} = 1.800.000.000.000,009 / 1.800.000.000.000 = 1,000.000.000.000,005$$

erst an der fünfzehnten Stelle hinter dem Komma zeigt an ihr sich eine Änderung, so dass es in der Rechnung so aussieht, als ob überhaupt nichts passiert war.

Wenn es nicht tatsächlich reale Prozesse in der Natur geben würde, bei denen sich die Gesamtenergie merklich ändern würde, könnte man die Einsteinsche Formel für etwas ziemlich Verrücktes halten.

Natürlich kann man die Formel nicht mit LKWs verifizieren, aber mit Elementarteilchen passiert derartige in den großen Beschleunigern, oder auch in der Sonne. Wenn ein Teilchen mit seinem Antiteilchen zusammentrifft, so können beide in reine Energie umgewandelt werden, so dass nichts mehr von der Ruhmasse übrig bleibt. Und umgekehrt kann in den Beschleunigern wie CERN oder DESY aus einem Stoß zweier Protonen mit extrem hoher kinetischer Energie nach dem Stoß die Ruhmasse von 1000 Protonen entstanden sein. Bei der Energieproduktion der Sonne werden in der Kernfusionsreaktion etwa 4 % der Ruhmasse in Strahlungsenergie umgewandelt.

Wir sehen an diesem Beispiel, dass für unsere tägliche Erfahrung die Formel $E = m \cdot c^2$ vollkommen irrelevant ist, denn der Teil der Energie, der von uns umgewandelt werden kann und uns daher interessiert, ist nur eine winzige Schicht auf der „Oberfläche“ der Gesamtenergie. Für die prinzipiellen Überlegungen hingegen ist wiederum die Frage der täglichen Erfahrung belanglos. Wenn also die Äquivalenz von Masse und Energie eine prinzipielle und (fast) keine praktische Frage ist, dann wird es leichter fallen, gleichartiges auch für die prinzipielle Äquivalenz von Masse, Energie und Quanteninformation akzeptieren zu können.

14.6 Entropie Schwarzer Löcher und abstrakte kosmische Information

Der erste, der die Bedeutung von abstrakten binären quantisierten Alternativen für die Physik gesehen hat, war C. F. v. Weizsäcker²⁹⁵. Sein Konzept der *Ur-Theorie* startete von der Logik und der Quantentheorie und zielte darauf, daraus die Physik zu rekonstruieren. Um den Anschluss an die empirisch bekannte Physik und auch an die Gravitationstheorie zu erreichen, habe ich (T. G.) dort angesetzt, wo im Rahmen einer Gravitationstheorie die Quanteneffekte nicht mehr zu vernachlässigen sind, bei den Schwarzen Löchern.

Die Entropie der Schwarzen Löcher erweist sich als die Nabelstelle, an der sich die urtheoretischen Konzepte an die konventionelle Physik, d.h. an die allgemeine Relativitätstheorie und die relativistische Quantentheorie anschließen lassen.

²⁹⁵ Weizsäcker, C. F. v. (1955, 1958, 1985)

Entropie ist diejenige Information über ein System, die für eine Beschreibung desselben nicht zur Verfügung steht, die sich aber in ihrer Größe aufgrund von Modellen über die interne Systemstruktur berechnen lässt. Wenn daher Gebilde untersucht werden, die – wie Schwarze Löcher – wegen ihres Horizontes aus naturgesetzlichen Gründen keine Information über ihren inneren Zustand in die Außenwelt gelangen lassen, müssen daher deren Entropien alle bis dahin bekannten Größenordnungen übersteigen. Mit den Ansätzen von Bekenstein²⁹⁶ und Hawking²⁹⁷ konnte die Entropie der Schwarzen Löcher mit der bestehenden Physik verknüpft werden. Für die einfachsten Schwarzen Löcher, die keine elektrische Ladung und keinen Drehimpuls besitzen, ist die Entropie S proportional zum Quadrat ihrer Masse M_{SL} .

$$S = \text{konst} \cdot M_{SL}^2$$

Diese quadratische Abhängigkeit der Entropie von der Masse hat zur Folge, dass eine kleine Massenänderung um δm zu einer linearen Änderung der Entropie führt, die proportional zur Masse des Schwarzen Loches M_{SL} ist. Wenn die verschwindend kleine Größe δm^2 vernachlässigt wird, gilt:

$$\begin{aligned} \Delta S &= S_1 - S_2 = \text{konst} \cdot \{ (M_{SL} + \delta m)^2 - M_{SL}^2 \} \\ &= \text{konst} \cdot \{ M_{SL}^2 + 2 M_{SL} \delta m + (\delta m)^2 - M_{SL}^2 \} = \text{konst} \cdot \{ 2 M_{SL} \delta m \} \end{aligned}$$

Unter dieser Näherung hängt ΔS linear von δm ab. Der Entropiezuwachs beim Hineinfallen eines Objektes zeigt, welches Maß an Information I damit im Außenraum verloren geht. Es ist im Wesentlichen abhängig von der Masse oder der Energie des einfallenden Objektes m_{obj} und der Masse des Schwarzen Loches M_{SL} :

$$\Delta S = I = \text{konst} \cdot M_{SL} \cdot m_{obj}$$

Während das Verständnis der Entropie der Schwarzen Löcher im Rahmen quantenfeldtheoretischer Modelle große Probleme bereitete, konnten sie leicht mit den urtheoretischen Überlegungen zusammengeführt werden.²⁹⁸

Für ein gegebenes Objekt der Masse m_{obj} wird ΔS maximal, wenn M_{SL} maximal wird, d.h. wenn M_{SL} die Masse des Kosmos besitzt. Der lineare Zusammenhang erlaubt, eine Äquivalenz der Größen zu postulieren, *falls ein physikalisches Modell für eine Umwandlung der einen Größe in die andere angegeben werden kann. Genau dieses ist aber durch die mehrfache Quantisierung der Qubits möglich.*

In Analogie zu Einsteins Formel

$$m = E/c^2$$

kann daher formuliert werden

$$m = I \hbar / (6 \pi c R k_B)$$

²⁹⁶ Bekenstein (1972, 1983)

²⁹⁷ Hawking (1975)

²⁹⁸ Görnitz (1986, 1988)

Dabei ist I die Zahl der Bits (Protyposis), die das Teilchen gestalten, k_b ist die Boltzmann-Konstante, R ist der (vom Weltalter abhängige) kosmische Krümmungsskalar, der proportional zur kosmischen Gesamtenergie M_{kosmos} ist, h ist das Plancksche Wirkungsquantum und c die Lichtgeschwindigkeit.

Schreiben wir die Energie E in der Form $E = m \cdot \text{konst}_1$ und vergleichen sie mit $I = \text{konst} \cdot M_{\text{kosmos}} \cdot m$, die wir natürlich auch in der Form $I = m \cdot \text{konst}_2$ darstellen können, so erkennen wir, dass die gleiche Struktur vorliegt und die Einsteinsche Äquivalenz tatsächlich erweitert werden kann.

14.7 Qubits und Kosmos

Wenn man mit den abstrakten kosmischen Qubits startet, ist die erste Aufgabe, ein Modell des kosmischen Raumes zu erstellen. Ein einzelnes Qubit hat als Symmetriegruppe die Gruppe $SU(2)$ der unitären Transformationen im zweidimensionalen Hilbert-Raum seiner Zustände. Die Physiker kennen dies als die Darstellung der Drehgruppe zum Spin $1/2$. Wie jede Darstellung dieser Gruppe kann auch diese als eine Teildarstellung der regulären Darstellung aufgefasst werden. Das ist eine Darstellung im Raum aller Funktionen über der Gruppe selber. Diese ist eine S^3 , die Einheitskugel in einem vierdimensionalen reellen Raum. Dieser mathematische Zusammenhang erlaubt es, die Zustands- oder „Wellenfunktion“ von einem einzigen kosmischen Qubit als eine Funktion über diesem Raum aufzufassen, die überall ausgebreitet ist, lediglich eine Knotenfläche besitzt und die damit diesen Raum in zwei Hälften teilt. Die zugehörige Wellenlänge ist somit gleich dem Krümmungsradius dieses Raumes.

Wenn viele solcher Qubits vorhanden sind, dann wird durch diese ein Tensorprodukt von solchen zweidimensionalen Darstellungen erzeugt. So eine hochdimensionale Darstellung kann dann in eine Clebsch-Gordan-Reihe von irreduziblen Darstellungen zerlegt werden. Die Multiplizitäten geben an, wie oft eine bestimmte Darstellung in dieser Zerlegung vorkommt. Jede irreduzible Darstellung besteht aus Funktionen, die allerdings jetzt mehr Struktur besitzen, da zu ihnen kürzere Wellenlängen gehören. Daher erlauben die höherdimensionalen Darstellungen eine feinere Zerlegung des Raumes als nur eine in zwei Hälften. Wenn man nun annimmt, dass es eine endliche Zahl von solchen Qubits gibt, dann kann man ausrechnen, wie fein die damit maximal mögliche Aufteilung des Raumes erfolgen kann. Die kleinste Länge, die so erreichbar ist, soll dann mit der kleinsten Länge identifiziert werden, die es in der Natur geben kann, mit der Planck-Länge λ_0 . Wir bezeichnen mit R den Krümmungsradius dieses Raumes, der als mathematisches Modell des realen kosmischen Raumes verstanden wird, und mit N die Gesamtzahl der kosmischen Qubits zu einer bestimmten Zeit. Es zeigt sich dann²⁹⁹, dass diese kleinste Länge λ_0 damit den Wert

²⁹⁹ Görnitz (1986, 1988)

$$\lambda_0 = R/N^{1/2}$$

erhält. Das einzelne Qubit hat dann eine Wellenlänge der Größenordnung

$$R = \lambda_0 N^{1/2}$$

In der Quantentheorie ordnet man einer Erscheinung mit einer Wellenlänge λ eine Energie der Größenordnung $1/\lambda$ zu, damit erhält ein einzelnes Qubit die Energie

$$E_q = 1/N^{1/2} = 1/R$$

und die gesamte Energie U aller N Qubits wird gleich

$$U = N (1/N^{1/2}) = R$$

Die Energiedichte ist dann U , geteilt durch das Volumen, welches von der Größenordnung R^3 ist

$$\mu = U/R^3 = 1/R^2$$

Da in der Quantentheorie einer Energie auch eine Frequenz, d.h. das Inverse einer Zeit zugeordnet ist, kann eine Zeit definiert werden, die den Wert des Radius besitzt. Dann würde die Zahl der Qubits in dieser so festgelegten Zeit nach dem Gesetz

$$N = T^2$$

quadratisch ansteigen und der Radius würde in dieser Zeit linear wachsen, womit zugleich eine universale Geschwindigkeit eingeführt würde:

$$R = T$$

Da der kosmische Raum abgeschlossen ist, denn ihm kann nichts entkommen oder hinzugefügt werden, ergibt der erste Hauptsatz der Thermodynamik

$$dU + p dV = 0$$

oder, wenn die obigen Werte eingesetzt werden,

$$(1 + p 3R^2) dR = 0$$

und daraus folgt

$$p = -1 / (3R^2) = -\mu / 3$$

Ein negativer Druck ist in der Physik stets ein Hinweis auf eine Instabilität, und ein expandierender Kosmos ist tatsächlich nichts Statisches. Wenn man diese Werte in die Einsteinschen Gleichungen einsetzt, erhält man in der Tat eine Lösung, die genau die beschriebenen Eigenschaften hat.³⁰⁰ All die Bedingungen an Energie und Druck, die man aus physikalischen Grün-

³⁰⁰ Görnitz (1988)

den an eine vernünftige Kosmologie stellen muss³⁰¹, sind für diesen Ansatz erfüllt.³⁰² Man erhält einen Robertson-Walker-Kosmos mit der Metrik

$$ds^2 = dt^2 - R^2(t) [(1 - r^2)^{-1} dr^2 + r^2 d\Omega^2]$$

wobei R der mit konstanter Geschwindigkeit wachsende Krümmungsradius des Kosmos ist.

$$R(t) = R_0 + konst \cdot t$$

Man kann die kosmische Information zerlegen in Anteile von Licht, Materie und einen effektiven „kosmologischen Term“ mit den entsprechenden Dichten $\mu_{(matter)}$, $\mu_{(light)}$ und λ . Der kosmologische Term hat physikalische Eigenschaften wie das Vakuum und soll deshalb auch so bezeichnet werden. Allerdings ist er im Gegensatz zum Vakuum der Elementarteilchenphysik nicht von der Expansion des Kosmos unabhängig, sondern wird mit dem Wachstum des Kosmos kleiner. Wenn mit ω das Verhältnis der Energie-Materie-Dichte zum Vakuum bezeichnet wird, dann gilt mit

$$(\mu_{(matter)} + \mu_{(light)}) / \lambda = \omega$$

und

$$\mu = (\omega + 1) \lambda$$

das Ergebnis ist

$$\begin{aligned} \lambda &= \mu / (\omega + 1) \\ \mu_{(light)} &= \mu (2 - \omega) / (\omega + 1) \\ \mu_{(matter)} &= \mu (2 \cdot \omega \cdot 2) / (\omega + 1) \quad \text{mit } 2 \geq \omega \geq 1 \end{aligned}$$

Wenn für dieses Modell als empirischer Input das gegenwärtige Weltalter von rund 15 Milliarden Jahren (in Planck-Zeiten $10^{61} \tau_{pl}$) als Input angenommen wird, so ergibt sich für die abstrakte kosmische Information ein Wert von rund $N = 10^{122}$ Bit. Für die Anzahl der Nukleonen, die die Atomkerne und damit im Wesentlichen die chemischen Elemente bilden, kann man eine Zahl von 10^{80} ableiten, für die Anzahl der Photonen und Neutrinos ergeben sich Werte von 10^{90} .³⁰³ Alle diese Größen passen heute zu den aktuellen kosmologischen Daten recht gut, während vor 14 Jahren die Situation ungünstiger zu sein schien. Der kosmologische Term, für den mit quantenfeldtheoretischen Methoden Werte errechnet werden, die um einen Faktor von über 10^{100} falsch sind, ergibt sich hier in der richtigen Größenordnung.

³⁰¹ Siehe z.B. Hawking and Ellis (1973), pp. 137

³⁰² Das so genannte „Inflationäre Modell“ verletzt diese physikalischen Bedingungen ganz massiv.

³⁰³ Görnitz (1988)

14.8 Quanten-Teilchen als zweite Quantisierung der Quanten-Information

Ein Objekt ist etwas, das im Raum bewegt werden kann und das eine Zeitlang existieren kann, ohne sich dabei selbst wesentlich ändern zu müssen. Das bedeutet, ein Objekt hat bestimmte unveränderliche Merkmale, die unter der Veränderung seines Zustandes bleiben, während beispielsweise der Ort oder seine zeitliche Gegenwart, die seinen Zustand mit festlegen, sich ändern können. Für eine mathematische Behandlung ist es wichtig, die Situation so abstrakt zu fassen wie möglich, um dann später konkrete Einzelheiten hinzufügen zu können. Wenn alles Konkrete weggedacht wird, verbleibt ein Raum mit den 3 Dimensionen von Länge, Breite und Höhe, und als eine weitere Dimension die Zeit. Die Verallgemeinerung davon führt zu dem, was als „Minkowski-Raum“ bezeichnet wird. Es ist ein vierdimensionaler Raum, in dem aber der Unterschied von Ortsraum und Zeit berücksichtigt ist, denn es ist zwar ohne weiteres möglich, Länge mit Höhe zu vertauschen, nicht aber „links“ mit „vorhin“.

In der Schulgeometrie hat man Kongruenzsätze über Dreiecke lernen müssen. Diese sind die mathematische Formulierung dafür, welche Größen an Dreiecke festlegen, dass sie *mit einer Bewegung* so aufeinander gelegt werden können, dass dann kein Unterschied zu erkennen ist. Für den Minkowski-Raum kann die Mathematik ebenfalls zeigen, was ein *Objekt* auszeichnet, damit es bei einer Bewegung an eine andere Stelle wieder mit sich selbst zusammenfällt. Alle Bewegungen bilden eine Gruppe, und die *Gruppe der Bewegungen im Minkowski-Raum* wird nach dem großen französischen Mathematiker Poincaré benannt.

Ein elementares Objekt ist also etwas, das bei Bewegungen in sich selbst übergehen wird, und das als nicht weiter zerlegbar angesehen wird. Alle seine Zustände bilden eine irreduzible Darstellung der Poincaré-Gruppe, und zwei Objekte, die unter die gleiche Darstellung fallen, können nicht unterschieden werden. Deshalb formuliert man in der Physik, dass ein Elementarteilchen durch eine irreduzible Darstellung der Poincaré-Gruppe mathematisch erfasst wird. Da wir wissen, dass aus den Elementarteilchen alle komplexen Systeme aufgebaut werden können, ist es notwendig und hinreichend, diese Elementarteilchen zu klassifizieren und ihre Struktur zu verstehen.

Wenn wir unsere These der Äquivalenz von Information mit Materie und Energie mathematisch belegen wollen, ist zu zeigen, wie dies geschehen kann. *Dazu müssen wir zeigen, wie aus Qubits die Elementarteilchen entstehen können.* Da nur im Minkowski-Raum in einer mathematisch einwandfreien Weise definiert ist, was ein Teilchen ist, werden wir ihn als Modell der Raumzeit verwenden. Das kosmologische Modell aus dem vorhergehenden Abschnitt ist nicht flach wie der Minkowski-Raum, sondern gekrümmt. Wenn wir in diesem Modell aber die Zahl der abstrakten kosmischen Qubits gegen Unendlich gehen lassen, dann wird auch der Krümmungsradius unendlich groß und die Raumzeit flach. Daraus ist zu folgern, dass es Teilchen im mathematischen Sinne nur für potenziell unendlich viel Qubits geben kann. Wenn potenziell unendlich viele Qubits vorhanden sind, dann können damit alle möglichen Zustände aller

Teilchen erzeugt werden. Dies soll noch kurz skizziert werden, ansonsten sei auf die Literatur verwiesen.³⁰⁴

Wenn die kosmischen Qubits, die *Ure*, genauer untersucht werden, so kann man zuerst die Abstraktion so weit treiben, sie als *vollkommen ununterscheidbar* anzusehen. Bereits bei dem kosmologischen Modell der S^3 zeigt es sich, dass die *Ure* als „Rechtschrauben“ oder als „Linkschrauben“ auftreten können. Wenn diese Unterscheidung mit der zeitlichen Entwicklung verkoppelt wird, wird die erste Unterteilung in *Ure* und *Anti-Ure* möglich, und insgesamt vier Zustände können definiert werden, (1 und 2 für ein *Ur* und 3 und 4 für ein *Anti-Ur*). Dieser *Ur-Index* werde mit *r* bzw. *s* bezeichnet und läuft also von 1 bis 4.

Führt man ein Vakuum der *Ure* ein, wo es absolut nichts gibt:

Vakuum der *Ure*: $|\Omega\rangle$

kann mit einem so genannten Erzeugungsoperator aus diesem Vakuum ein *Ur* erzeugt werden:

| | | | |
|---------------------|-----------------------|-----------------------|--------|
| Erzeuger eines Urs: | $e[r]$ | Vernichter eines Urs: | $v[s]$ |
| Ein-Ur-Zustand: | $e[r] \Omega\rangle$ | | |

Um zu den Darstellungen der Teilchen zu gelangen, ist es nötig, weitere Operatoren zu definieren.

| | |
|------------------|---|
| Doppelerzeuger | $f[r, s] = 1/2 (e[r]**e[s] + e[s]**e[r])$ |
| Doppelvernichter | $w[r, s] = 1/2 (v[r]**v[s] + v[s]**v[r])$ |
| Drehung | $d[r, s] = 1/2 (e[r]**v[s] + v[s]**e[r])$ |

Dabei bezeichnet * ein normales Produkt und ** ein Operatorprodukt, das, wie bei Matrizen üblich, als nichtkommutativ definiert wird. Daraus können die 10 Erzeuger der Poincaré-Gruppe gebildet werden. Es sind die vier Translationen im Raum (Koordinaten 1-3) und in der Zeit (Koordinate 0)

$$\begin{aligned} \text{poinc}[t,1] &= (-1/2)\{ d[2,1] + d[1,2] + d[3,4] + d[4,3] + w[2,3] + f[3,2] + w[1,4] + f[4,1] \}; \\ \text{poinc}[t,2] &= (-i/2) \{ d[1,2] - d[2,1] + d[4,3] - d[3,4] + w[2,3] - f[3,2] - w[1,4] + f[4,1] \}; \\ \text{poinc}[t,3] &= (-1/2)\{ d[1,1] + w[1,3] - d[2,2] - w[2,4] + f[3,1] + d[3,3] - f[4,2] - d[4,4] \}; \\ \text{poinc}[t,0] &= (-1/2)\{ d[1,1] + d[2,2] + d[3,3] + d[4,4] + w[1,3] + f[3,1] + w[2,4] + f[4,2] \}; \end{aligned}$$

ferner gibt es 3 Drehungen

$$\begin{aligned} \text{poinc}[2,3] &= (-1/2)\{ d[2,1] + d[1,2] - d[3,4] - d[4,3] \}; \\ \text{poinc}[1,3] &= (-i/2) \{ d[2,1] - d[1,2] - d[3,4] + d[4,3] \}; \\ \text{poinc}[1,2] &= (-1/2)\{ d[1,1] - d[2,2] - d[3,3] + d[4,4] \}; \end{aligned}$$

³⁰⁴ Görnitz (1986, 1988), Görnitz, Ruhнау (1989), Görnitz, Weizsäcker C. F. v. (1986), Görnitz (1991), Görnitz, Graudenz, Weizsäcker, C. F. v. (1992), Görnitz, Schomäcker (1997)

und 3 Boosts, bei denen die Teilchen eine konstante Geschwindigkeit erhalten

$$\text{point}[0,3] = (-i/2) \{ w[1,3] - f[3,1] - w[2,4] + f[4,2] \};$$

$$\text{point}[0,2] = (-1/2) \{ w[1,4] + f[4,1] - w[2,3] - f[3,2] \};$$

$$\text{point}[0,1] = (-i/2) \{ w[1,4] - f[4,1] + w[2,3] - f[3,2] \};$$

Mit der Abkürzung $f[r, s, p[i]]$ werde die i -te Potenz von $f[r, s]$ bezeichnet. Dann kann man mit potenziell unendlich vielen Uren einen Zustand erzeugen, der unter allen Bedingungen die Aussage erlaubt: *Es ist kein Teilchen da!* Eine solche Aussage enthält also potenziell unendlich viel an Information. Dieser Zustand wird als das *Lorentz-Vakuum* „lvac“ bezeichnet, da Lorentz mit Poincaré die Mathematik der speziellen Relativitätstheorie geschaffen hatte.

$$\text{lvac} = \sum_{p[1]} \sum_{p[2]} (-1)^{p[1]+p[2]} * \{ p[1]! p[2]! \}^{-1} * f[1,3, p[1]] ** f[2,4, p[2]] ** |\Omega\rangle$$

Die Summen über die beiden Laufindizes gehen von 0 bis unendlich. Diesen Zustand lvac kann man nun zur Erleichterung der Darstellung als Abkürzung verwenden und zusehen, wie aus ihm Teilchen erzeugt werden können. Diese werden erst einmal ohne Ruhmasse sein, so wie die Teilchen des Lichtes, die Photonen.

Wir beschreiben nun einen Zustand $\Phi(m_+, p[2])$ eines Teilchens ohne Ruhmasse, eines Bosons mit der Energie $\frac{1}{2} m_+$ und einem Spin $p[2]$, das sich mit Lichtgeschwindigkeit in z -Richtung bewegt.

$$m^2 = m_+ * m_- = 0, \quad P^0 = P_3 = \frac{1}{2} m_+, \quad P^1 = P^2 = 0$$

$$\Phi(m_+, p[2]) = \sum_{p[1]} (-m_+)^{p[1]} * (2 * p[2] + p[0] - 1)! * \{ p[1]! (p[1] + 2 * p[2] + p[0] - 1)! \}^{-1} * f[3,1, p[1]] ** f[1,1, p[2]] ** \text{lvac}$$

Der Operator, der die Ruhmasse eines Teilchens misst, hat die Form

$$P * P = m * m =$$

$$\begin{aligned} &= (+ d[1,1] + d[3,3] + f[3,1] + f[4,2] + w[1,3] + w[2,4] \\ &- d[1,1] ** w[2,4] - d[2,2] ** d[1,1] - d[2,2] ** w[1,3] \\ &- d[3,3] ** d[2,2] - d[3,3] ** w[2,4] - d[4,4] ** d[1,1] \\ &- d[4,4] ** d[3,3] - d[4,4] ** w[1,3] - f[3,1] ** d[2,2] \\ &- f[3,1] ** d[4,4] - f[3,1] ** w[2,4] - f[4,2] ** d[1,1] \\ &- f[4,2] ** d[3,3] - f[4,2] ** f[3,1] - f[4,2] ** w[1,3] - w[1,3] ** w[2,4] \\ &+ d[1,2] ** w[1,4] + d[2,1] ** d[1,2] + d[2,1] ** w[2,3] \\ &+ d[3,4] ** d[1,2] + d[3,4] ** w[2,3] + d[4,3] ** d[2,1] \\ &+ d[4,3] ** d[3,4] + d[4,3] ** w[1,4] + f[3,2] ** d[1,2] \\ &+ f[3,2] ** d[4,3] + f[3,2] ** w[2,3] + f[4,1] ** d[2,1] \\ &+ f[4,1] ** d[3,4] + f[4,1] ** f[3,2] + f[4,1] ** w[1,4] + w[1,4] ** w[2,3]) \end{aligned}$$

14.9 Eine Bemerkung zu Logik und Quantentheorie

Neben der Auffassung einer universellen Gültigkeit der Logik gibt es eine weitere, die nicht notwendigerweise die Logik für die fundamentalen Zusammenhänge zuständig sieht. So ergänzt z.B. Platon das *Grundprinzip der Einbeit* mit dem der *unbegrenzten Zweibeit*, oder Bohr weist darauf hin, dass „jede wahre Philosophie mit einer *Paradoxie* gleich beginnen müsse“, wie es von Pauli zitiert wird.³⁰⁵ Beides sind Ansätze, die in sich widersprüchlich zu sein scheinen. Wir werden also einen kurzen Blick auf die Rolle der Logik werfen und daran erinnern, dass die Logik eine der Voraussetzungen einer sinnvollen Kommunikation sowohl in der Wissenschaft als auch allgemein in der Gesellschaft bedeutet, dass sie aber *keine Eigenschaft der Natur* ist. Jede *Beschreibung* der Natur hat sich an die Vorgaben der Logik zu halten, wenn sie ernst genommen werden will. Allerdings ist eine solche Beschreibung fast immer eine solche, die sich einem *Ausschnitt aus dem Ganzen* widmet. Problematisch wird es immer dann, wenn das Ganze selbst in den Blick gerät. Dabei kann man dann den Eindruck erhalten, dass die stückweise gültige Logik am Ende nicht mehr mit dem Anfang zusammen passt.

Wir möchten dafür plädieren, die Gültigkeit der Logik jeweils nur für einen Ausschnitt der Weltbeschreibung zu fordern.

Für eine solche Forderung gibt es ein Vorbild in der Mathematik der komplexen Zahlen. Dort lassen sich alle wichtigen Funktionen aus ganz einfachen, nämlich aus den Potenzen, aufbauen. Wenn man die Funktion an einer Stelle kennt, dann lässt sich dieser Aufbau in einem Kreis um diese Stelle herum durchführen. Wählt man eine andere Stelle, erhält man einen anderen Kreis. Dort, wo diese Kreise überlappen, passen die beiden Entwicklungen auf eine vollkommene Weise zusammen. Falls es nun einen Ort gibt, für den man keine Aussage über die Funktion machen kann, wo also diese nicht definiert werden kann, dann kann man diese „singuläre Stelle“ mit solchen überlappenden und zusammenpassenden Kreisen umzingeln. In vielen Fällen wird dann etwas passieren, weshalb wir diesen mathematischen Sachverhalt hier erwähnen. Es kann nämlich sein, dass nach einem solchen Umlauf all diese Kreise, die so ideal aneinander gepasst haben, diese Passung nicht mehr besitzen, wenn Anfang und Ende verglichen werden. Dann kann sich für die gleiche Stelle etwas Verschiedenes ergeben, also ein Widerspruch. Im Falle der Mathematik kann es sein, dass man die singuläre Stelle mehrmals umkreisen muss, damit der Widerspruch sich auflöst, im Falle der Logik kann ein mehrmaliges Betrachten unter verschiedenen Gesichtspunkten dazu verhelfen, die verdeckte Wahrheit hinter der Paradoxie zu erahnen.

Wenn wir von diesem Sachverhalt auf unsere Beschreibung der Natur schauen, so plädieren wir dafür, zu akzeptieren, dass wir diese nicht „auf einen Schlag“ durchgängig der Logik unterwerfen können. Es mag sein, dass die Paradoxie sich dann auflöst, wenn man darauf gefasst ist,

³⁰⁵ Brief Paulis an Jung vom 27. 2.1953, in Meyer (1992), S. 95

dass es vielleicht nur in mehreren „Umläufen“ möglich wird, zu einer zufrieden stellenden Beschreibung der Welt zu gelangen.

Der Vergleich der Logik mit der Mathematik ist uns auch deshalb wichtig, weil hier – zumindest von der Struktur her – eine Äquivalenz zur Quantisierung vorliegt.

Wir haben Quantisierung definiert als den Übergang von einer Beschreibung der Fakten zu einer Beschreibung, die die Fülle der Möglichkeiten erfasst, d.h. in mathematischer Sprache von den Punkten zu den Funktionen. In der zweiten Form der Darstellung von Quantisierung, die in dieser Form oft wörtlich als „zweite Quantisierung“ bezeichnet wird, startet man mit einem Quantenobjekt, z.B. einem Teilchen, und erlaubt, dass dieses in beliebig vielen Exemplaren auftreten kann, als eines oder als zwei oder als drei usw. Dann kann man zeigen, dass damit ein Quantenfeld erzeugt wird. So kann beispielsweise das elektromagnetische Feld als eine Vielzahl von Photonen definiert werden. Wenn wir diese Prozedur betrachten, dann haben wir zuerst das Objekt selbst, d.h. die lineare Funktion, dann deren zwei, d.h. nach der Quantentheorie ein Quadrat, und dann die höheren Potenzen. Da in der Quantentheorie die Objekte *multiplikativ* miteinander verbunden werden, haben wir damit eine Folge von ansteigenden Potenzen.³⁰⁶ Damit liegt es auf der Hand, dass man dann auch – wie vorhin bei den komplexen Funktionen erwähnt – wieder die Fülle der Funktionen erhalten kann, die ein Quantenfeld auszeichnet.

³⁰⁶ In der Sprache der Physik nennt man diesen Vorgang die „Quantisierung im Fock-Raum“.

Index

- Abendland 150, 333
Abstraktion 116, 117, 155, 203, 225, 233, 329, 330, 359
Abwehr 56, 134, 218, 220, 221, 305
Abwehrmechanismen 219, 220, 336
Adler, A. 210, 213, 335
Affekt 58, 163, 189, 190-195, 198, 199, 200, 201, 216, 268, 279, 298, 327
 Komponenten 190
Aggression 195, 217
Aggressionstrieb 217
Ainsworth, M. 196, 335
Alchimie 20
Alternative 88, 97-101, 103, 104, 117, 349
 binäre 99, 115, 117, 272, 350
Ambivalenz 217, 304, 305
Amnesie 168, 205, 219, 305, 313
Amplifikation 236
Amygdala 54, 159, 163-165, 167, 189
Analytiker 217, 222, 226, 310
Angst 163, 203, 218, 220, 221, 232, 237, 336, 338
Anima 234, 235
Animus 235
Apfelmännchen 22, 344
Arbeitsgedächtnis 159, 166, 168, 255, 256, 257
Archetypus 231-236, 239, 240, 245
Aristoteles 20, 21, 207
Aspect, A. 96
Assertion 195
Assoziationscortex 159
Atom 26, 28, 35, 36-39, 41, 71, 72, 74, 75, 76, 94, 109, 121, 128, 129, 146, 245, 253, 277, 285, 324, 347
Ausschließungsprinzip 242
Autonomie 192, 202, 231, 237
aversiv 192, 195
Axon 50, 171
Balint, M. 194, 335
Bedeutung 21, 38, 39, 51, 52, 56, 61-67, 73, 79, 80, 82, 85, 88, 97, 102, 112, 113, 114, 116-120, 124, 148-156, 163, 165, 166, 169, 179, 180, 182, 186-189, 191, 195, 196, 200, 202, 204, 209, 213, 220, 221, 224-226, 231, 235, 241, 242, 244, 246, 251, 257, 273, 275, 284, 287, 294, 304, 306, 309, 313, 323, 324, 337, 339, 353
 Erzeugung von 149, 150
Begriff 29, 34-36, 41, 42, 44, 52, 55, 61, 64, 66, 69-71, 77, 79, 82, 113, 114, 116, 128, 131-133, 150, 154, 178, 187, 208, 217, 225, 232, 234, 236, 237, 239, 245, 247, 252, 265, 273, 277, 284, 292, 295, 303, 311, 328, 337, 340, 346
Begriffsbildung 260
Behaviorismus 209, 227
Bekenstein, J. 109, 111, 335, 337, 354
Bell, J. 96
Beobachter 33, 77, 91, 92, 180, 264
Beschreibung 19, 21, 24, 26, 27, 29, 31-33, 38, 69, 71, 75, 77, 79-81, 89, 90, 92, 105, 114, 115, 119, 120, 131, 133, 136, 143, 144, 146, 175, 178, 220,

- 223, 227, 244, 260, 263, 264, 275,
 278, 279, 288-291, 293, 299, 300, 309,
 312, 313, 315, 320, 327, 330, 347,
 351, 354, 362, 363
 Bestätigung 118, 155, 302, 322, 342, 344
 Bewertung 54, 62, 127, 152, 153, 163,
 165, 191, 256, 264, 267, 273, 276,
 279, 313, 315, 316
 Bewusstsein 31, 61, 123, 128, 131, 132,
 157, 159, 162-164, 183, 200, 211, 218,
 224, 226, 227, 230, 231, 235, 237,
 244, 246, 251, 255-258, 262, 264, 267,
 268, 270, 273, 275, 278, 280-282, 284-
 299, 301, 306, 309, 310, 318, 319,
 321, 324-327, 329, 330, 334, 336, 337,
 342, 344
 reflektiertes 278, 288-291, 295, 296,
 298, 329, 334
 Beziehung 54, 58, 59, 78-80, 98, 114,
 118, 150, 157, 183, 192, 195, 196,
 213, 217, 220, 222, 232, 239, 254,
 273, 280, 297, 320, 324, 335
 Bifurkation 275
 Bindung 133, 175, 176, 179, 180, 192,
 196, 202, 229, 248, 253, 255, 263,
 267, 280, 308, 335, 336
 Bindungsproblem 176, 178-180, 268
 Bindungstypen 196
 Biologie 27, 39, 48, 73, 128, 228, 253,
 331, 336, 339
 Biophysik 143, 339
 Bischof, N. 192, 193, 204, 205, 335
 Bismarck, Fürst von 119, 120
 Blome, H.-J. 34, 335
 Bohr, N. 144, 245, 303, 362
 Boltzmann, L. 69, 70, 71, 72, 87
 Bouwmester, D. 335
 Bowlby, J. 196, 335
 Breidbach, O. 157, 166, 335, 344
 Broca-Zentrum 160
 Brücke (Pons) 25, 158, 211, 212, 235
 Carroll, L. 108
 Carus, C. G. 208, 229, 336
 Chaos 22, 25, 35, 77, 275, 315
 Chemie 27, 39, 42, 47, 128, 214, 253,
 259, 286
 Computer 70, 73, 97, 98, 116, 126-128,
 134, 135, 137, 138, 141, 169, 175,
 177, 181, 283, 284, 292, 340, 342, 349
 Constantinescu, F. 80, 336
 Cortex 55, 141, 163, 167, 176, 189, 205,
 256, 343, 344
 Damasio, A. 191, 336
 Darwin, Ch. 46, 147, 227, 336
 de Groote, H. F. 80, 336
 Dekohärenz 130, 276
 Denken 2, 28, 29, 39, 107, 128, 159, 165,
 172, 175, 198, 199, 201, 205, 207,
 210, 214, 223-226, 230, 244, 285, 288,
 301, 302, 307, 309, 311, 327, 329-333,
 340, 341
 sekundärprozesshaftes 225, 301
 Depression 219, 313, 314, 338
 Determinismus 27, 86, 96, 105, 194,
 227, 314, 316, 317, 320, 346
 Deutung 34, 212, 222, 236, 237
 Dialog 197, 296, 339
 Eltern-Kind 192
 Differentialgleichung 21, 23, 69, 87, 137,
 315, 346, 347
 Differenzierung 56, 58, 118, 160, 188,
 189, 278, 302
 Diphoton 88, 95, 96, 271, 276
 Doerner, D. 336
 Dornes, M. 188, 190, 195, 199, 201, 302,
 336, 340
 Drehimpuls 100, 111, 322, 354
 Edelman, G. M. 177, 336
 EEG 56, 169, 254, 255, 284, 318
 Eine, das 117, 122, 233, 269, 275, 300,
 333
 Einheit 34, 45, 75, 81, 83, 87, 88, 95, 97,
 99, 120, 121, 165, 176, 189, 193, 203,
 224, 229, 230, 238, 241, 244, 251,
 282, 302, 303, 306-308, 311, 312, 326,
 327, 330, 332, 338, 362

- Einstein, A. 96, 112, 121, 213, 238, 241, 242
- Einzelfall 31, 93, 152, 316
- Einzeller 50, 148, 323
- Elektroenzephalogramm 169
- Elektrolyt 259
- Elektromyogramm 169, 318
- Elektrookulogramm 169
- Elementarteilchen 33, 34, 75, 76, 100, 108, 110, 112-114, 118, 121, 133, 242, 284, 290, 320, 322, 353, 358, 361
- Elektron 76, 78, 100, 108, 130, 299
- Neutrino 242, 307
- Photon 36, 90, 91, 96, 100, 111, 112, 179, 260, 272, 276
- Positron 76, 78, 130
- Proton 108, 111, 112, 130, 339
- Elemente 39, 40-42, 207, 224, 242, 303, 323, 357
- Elhardt, S. 216, 219, 336
- Ellis, G. F. R. 338, 357
- Emotion 191, 236
- Empathie 204, 205
- Emrich, H. M. 141, 157, 164, 167, 177, 337
- Energie 36, 38, 40, 45, 59, 65, 68, 71, 75, 76, 90, 94, 107-114, 116, 118, 119, 121, 122, 126, 129, 130, 131, 133, 145-147, 167, 179, 208, 214, 215, 220, 224, 225, 227, 229, 236, 246, 251, 259, 267, 275, 277, 281, 301, 309, 322, 323, 329, 347, 350, 351-354, 356-358, 360, 361
- Engel, A. K. 177, 255, 256, 257, 258, 336, 338, 342, 344
- Entropie 68-70, 72, 75, 87, 107, 109, 110, 111, 114, 146, 322, 353, 354
- Entscheidung 50, 77, 98, 264, 269, 272, 273, 276, 279, 296, 298, 304, 313, 315-320
- Entscheidungsfreiheit 281
- Entwicklung 20, 21, 25, 26, 28-30, 34-36, 39, 44, 47, 59, 61, 69, 81, 82, 89, 91, 92, 118, 130, 136, 138, 145, 147, 149, 150, 152, 160, 182-186, 189-191, 193-201, 203-205, 208, 216, 217, 219, 224-226, 235, 237, 239, 241, 256, 282, 285, 286, 297, 302, 308, 309, 324, 326-333, 359
- kosmische 35, 39, 329
- EPR (Einstein-Podolski-Rosen) 97, 270, 307
- Erfahrung 19, 21, 29, 32, 33, 37, 69, 113, 131, 166, 170, 174, 175, 189, 193, 196, 202, 203, 217, 222, 226, 230, 233, 234, 254, 272, 285, 288, 312, 316, 321, 329, 353
- Grenze der 32
- Erikson, E. H. 194, 336
- Erkenntnis 19, 24, 26, 48, 57, 81, 109, 153, 187, 207, 212, 213, 218, 231, 239, 245, 324, 326, 331, 341
- Erleben 19, 34, 132, 169, 184, 189, 194, 201, 202, 220, 222, 256, 278-280, 282, 293, 308, 310, 326
- Ermann, M. 168, 336
- Erstmaligkeit 155, 342, 344
- Es, das 133, 218, 219, 223, 226, 237, 337
- Ethik 120, 153, 320, 332
- Evolution 28, 29, 42, 44, 46, 47, 51, 56, 57, 61, 112, 147-149, 160, 181, 182, 184, 185, 188, 189, 217, 290, 297, 306, 311, 312, 322-324, 329, 331, 339, 342
- Expansion des Alls 37
- Fakt 33, 34, 36, 85, 86, 89, 90, 97, 105, 176, 260, 261, 264, 265, 273, 294, 300, 312, 327, 330, 332, 347, 348, 350, 351, 363
- Fechner, Th. 209, 212
- fNMR 173, 174
- Formatio reticularis 157, 256
- Fourier-Analyse 255
- Fragen 2, 74, 98, 128, 181, 207, 239, 262, 305, 333
- Franz, M.-L. v. 235, 339

- Freiheit 210, 226, 227, 313-317, 320, 328, 329
 Freud, A. 213, 220, 336
 Freud, S. 175, 182, 197, 208, 210-231, 235, 237, 288, 301, 303, 304, 308, 310, 311, 336, 337
 Frontallappen 159
 Fühlen 29, 172, 175, 224, 230, 288, 329, 341
 Funktion 50, 80, 98, 123-125, 127, 141, 157-160, 162, 163, 165, 167-169, 171, 198, 209, 219, 220, 229, 235, 236, 246, 259, 347, 348, 355, 362, 363
 Gaddini, E. 308, 337
 Galaxis 40, 112, 323
 Galilei, G. 21, 207
 Ganten, D. 337, 341, 342, 344
 Ganzheit 31, 82, 96, 97, 100, 145, 199, 233, 234, 236, 237, 245, 246, 252, 262, 273
 Gedächtnis 54, 65, 141, 159, 165-170, 174, 177, 195, 205, 209, 219, 256, 257, 263, 265, 268, 276, 280, 282, 283, 292-294, 315
 deklaratives 167
 implizites 167
 Kurzzeit- 166
 Langzeit- 166, 167, 170, 255, 256
 Gedanken 48, 52, 61, 62, 108, 109, 119, 130, 159, 168, 208, 215, 223, 252, 272, 273, 276-278, 284, 285, 315-317, 320, 326, 328, 339
 Gefühl 165, 172, 176, 187, 190, 193, 201, 202, 217, 218, 248, 318, 319, 327, 331
 Gehde, E. 141, 157, 164, 167, 177, 337
 Gehirn 26, 28, 29, 43, 50-59, 119, 130-132, 134, 135, 139, 141, 142, 156, 157, 159, 160, 162, 163, 165, 166, 168, 169, 170, 172-177, 185, 186, 190, 209, 251, 253-255, 259, 264, 265, 267, 268, 270, 272, 273, 276-279, 281, 284, 288, 291, 296, 297, 313, 318-320, 330, 334, 336, 340, 342, 344
 Entwicklung 81
 Plastizität 174
 Geist 39, 61, 116, 169, 178, 215, 228, 233, 235, 238, 251, 252, 276, 292, 306, 311, 312, 321, 330-332, 335, 336, 340, 342
 Gen 49, 59, 81, 128, 148, 149, 153, 183, 184, 186, 191, 192, 306, 331, 337
 Genom 48, 145, 150, 152, 268, 306, 325
 Geschichtlichkeit 176, 287
 Gesetz 31, 33, 51, 67, 68, 124, 137, 212, 245, 356
 Glasfaserkabel 96, 271
 Gliazellen 272
 Gödel, K. 31
 Goethe, J. W. 29, 85, 87, 207, 208, 213, 338
 Görnitz, A. 2
 Görnitz-Rückert, S. 2
 Großhirnrinde 53, 157, 159-161, 163, 165, 172, 318, 344
 Haeckel, E. 46, 338
 Hammeroff, S. R. 273, 338
 Hartmann, E. v. 208, 229, 338
 Hawking, St. 109, 111, 337, 338, 354, 357
 Hebbsche Regel 268
 Hellweg, Ch. 2
 henadisch 75, 288
 Hilbert-Raum 144, 261, 348, 355
 Hippasos 83
 Hippocampus 54, 141, 159, 166-168, 177, 205, 256
 Hirnallometrie 58, 344
 Hirnareale 141, 173, 176, 177
 Holismus 102
 Holsboer, F. 165, 197, 338
 Homunculus 161, 162, 326
 Hospitalismus 197
 Huber, R. 231, 237, 240, 335, 338, 340
 Humboldt, W. 208, 338
 Hypophyse 158, 165

- Hypothalamus 53, 157, 158, 164-166, 168
- Ich, das 19, 32, 92, 127, 132, 182, 193, 200-202, 212, 215-220, 222-224, 226, 227, 230, 231, 234, 237, 239, 247, 256, 278, 282, 288, 290, 298, 326-328, 336, 337
- Ich-Komplex 230, 231
- Indeterminismus 314, 315
- Individualität 75, 279, 324
- Individualpsychologie 210
- Individuationsprozess 236, 237
- Information 36, 38, 39, 44, 48-52, 56, 61-67, 69-72, 84, 89-91, 94, 97-100, 102, 105, 107, 110-116, 118-120, 129-134, 145-156, 162, 163, 165-167, 171, 178, 179, 182, 184, 189, 202, 209, 241, 246, 251, 254-256, 258-260, 263, 265, 268, 270, 272, 274, 275, 277, 279, 280, 282-285, 287, 290, 292-294, 297, 299, 302-306, 309, 312, 321-325, 327, 329, 330, 333-335, 337, 338, 340, 342, 344, 349-351, 353, 354, 357, 358, 360
- absolute 66
- abstrakte 100, 107, 112, 116, 118, 119, 120, 272
- als Begriff der Physik 67
- klassische 102, 132, 263, 270, 283, 299, 305, 349, 350
- kosmische 115, 333, 353, 357
- Materie als kondensierte – 321
- materieller Träger 102
- Menge der – 63, 70, 154, 303, 304
- pragmatische 155, 344
- Wesen 64
- Informationsübertragung 97, 170, 179, 259, 260
- chemisch 260
- Informationsverarbeitung 45, 48, 49, 51, 52, 134, 142, 147, 148, 155, 160, 174, 176, 181, 184, 253, 260, 265, 267, 268, 285, 286, 294, 302, 324, 325, 332
- Informationsverlust 89, 111
- Innere Bilder 116
- Instinkte 183, 184, 189, 233, 235
- Intelligenz 123, 128, 152
- künstliche 123
- Interaktion 196, 197, 201, 209, 231, 310
- Introspektion 207, 209, 317
- Ionen 171, 179, 259, 267
- irreversibel 254, 265
- Isolierung vom Rest der Welt 277
- Jacobi, J. 234, 235
- Jaffé, A. 228, 235, 339
- Jung, C. G. 182, 210, 212-214, 216, 228-241, 243-245, 247, 248, 304, 311, 335, 338-340, 342, 343, 362
- Kächele, H. 218, 223, 342
- Kampf ums Dasein 324
- Kandel, E. R. 157, 159, 160, 164, 170, 171, 259, 260, 339, 344
- Kant, I. 229, 247, 317, 339
- Kausalität 105, 130, 131, 225, 240, 302
- Kepler, J. 23, 24, 71, 227, 244
- Kernberg, O. 222, 339
- Kesselring, Th. 198, 339
- Kessler, H. 184, 339, 340, 341
- Kiefer, C. 276, 312, 337
- Kind 23, 127, 183, 185, 191-196, 199-204, 216, 223, 296, 308, 335, 341
- Kirche 241
- Kleinhirn 50, 53, 54, 157, 158, 167, 338
- Köhler, L. 167, 193, 195, 205, 339
- Kohut, H. 193, 339
- Koinzidenzen 240
- Kommunikation 49, 63, 102, 160, 166, 186, 198, 202, 283, 297, 307, 362
- Komplementarität 303, 341, 342
- Komplex 231, 232, 334
- Konflikt 216, 221, 245
- Konflikte 212
- Konversion 220
- Kooperation 324
- Kopernikus, N. 131, 227

- Körper 41, 49, 53, 55, 62, 71, 94, 102, 108, 112, 115, 121, 128, 144, 148, 152, 157, 161-163, 169, 190, 191, 199, 201, 207, 211, 214, 220, 224, 239, 240, 251, 270, 273, 276, 277, 279, 280, 282, 285, 288, 292, 294, 295, 302, 306, 309, 311, 326, 330, 347
- Korrelation 163, 271, 309, 310
- Kosmologie 30, 31, 32, 34, 35, 38, 66, 69, 111, 112, 114, 130, 357
- Kosmos 28, 30-40, 47, 56, 69, 77, 90, 94, 107, 112, 114, 116, 117, 129, 130, 264, 312, 324, 330, 332, 334, 355, 356, 357
- Expansion des 36, 94
- Koukkou, M. 226, 339, 340
- Kraepelin, E. 197
- Kraft 21, 45, 76, 93, 121, 207, 322, 348
- Schöpferische 210
- Krause, R. 183, 186, 188, 190, 192, 339
- kreativ 327
- Kreativität 242, 327
- Kultur 27, 48, 97, 120, 150, 151, 153, 182, 210, 211, 213, 218, 219, 221, 285, 295, 306, 324, 325, 329, 330, 332-334
- Kunst 20, 85, 93, 200, 213, 330
- Lacan, J. 203, 339
- Laplace, P. 108, 244
- Leben 27, 41-49, 74, 77, 94, 101, 111, 143, 144, 146, 147, 149, 151, 192, 211, 217, 229, 235, 236, 238, 239, 251, 260, 267, 286, 301, 323, 324, 327, 330, 331, 333, 339, 351
- Lebensgeschichte 153, 205, 257, 284, 286, 287, 294, 334
- Lebewesen 28, 29, 42, 45, 46, 48-52, 56, 64, 76, 101, 102, 105, 118, 138, 142, 143-148, 151-156, 165, 175, 176, 181, 183, 191, 207, 251, 258, 260, 265, 268, 269, 276, 279, 281, 282, 285-287, 293, 294, 297, 298, 321, 323-327
- Leere, die 271, 333
- Leib 29, 102, 208, 251, 278, 320, 326
- Leibniz, G. W. 20, 21, 113, 207, 244, 345
- Lernen 44, 136, 147, 148, 198, 209, 211
- Leuzinger-Bohleber, M. 226, 339, 340
- Libet, B. 317, 318, 319, 339
- Libido 215, 217, 229
- Lichtenberg, J. D. 192, 199, 202, 204, 339
- Lichtgeschwindigkeit 76, 90, 96, 352, 360, 361
- Liebe 194, 215, 217, 219, 232, 330, 331, 335
- Lill, M. 179, 259, 339
- Logik 31, 50, 86, 103, 117, 127, 225, 246, 299, 300, 301, 312, 315, 341, 342, 353, 362, 363
- Lyre, H. 154, 340
- Mach, E. 71, 241
- Machtförmigkeit 248, 311, 346
- Magnet-Resonanz-Tomographie 55, 56, 173
- Mahler, M. 193, 196, 308, 340
- Malsburg, Ch. von der 177, 340
- Mandala 235
- Marx, D. 259, 340
- Masse 21, 37, 40, 75, 100, 107, 108, 111-113, 116, 118, 119, 121, 122, 129, 133, 259, 310, 322, 345, 350-354, 361
- Materialismus 247, 252, 331
- Materie 33, 35-38, 40, 41, 43, 65, 71, 100, 107, 108, 110, 112, 113, 118, 119, 121, 122, 128-131, 133, 143, 147, 227, 238, 239, 244, 251, 252, 259, 271, 272, 277, 278, 285, 309, 311, 312, 321-323, 329-331, 334, 351, 357, 358, 361
- Materielles 119
- Meditation 310
- Mensch 2, 27, 31, 48, 57, 58, 61, 116, 123, 185, 187, 195, 215, 219, 227, 229, 237, 289, 296, 318, 328, 332, 338, 339
- Mentzos, S. 217, 220, 340

- Mertens, W. 170, 226, 339, 340
- Messprozess 89, 92, 94, 134, 273, 275, 276
- Messung 85, 86, 88, 89, 91-96, 100, 134, 145, 173, 176, 178, 263, 264, 272, 273, 276, 283, 296, 303-305, 315, 316
- Metapher 35
- Metaphysik 21, 207
- Metzinger, T. 340, 342
- Meyenn, K. von 341
- Meyer, C. A. 228, 233, 239, 240, 243-246, 248, 340, 362
- Modell 23-25, 28, 34, 35, 43, 70, 72, 76, 91, 93, 94, 108, 110, 115, 121, 124, 127, 138, 139, 142, 144, 177, 181, 215, 218, 257, 259, 260, 263, 264, 304, 314, 320, 322, 326, 329, 346, 355, 357-359
- mathematisches 70, 355
- physikalisches 114, 354
- Möglichkeit 20, 26, 32, 34, 35, 40, 42-45, 48, 49, 62, 63, 71, 75, 77, 80, 81, 83, 85, 86, 89-92, 96, 98-100, 105, 110, 115-117, 122, 130, 137, 141-143, 145, 149, 152, 178, 181, 182, 184, 204, 213, 224, 230, 233, 244, 246, 247, 260, 261, 263, 264, 272, 275, 280-282, 284, 291, 299, 300, 304, 309, 311, 312, 315, 317, 320, 327, 329, 334, 347, 349, 363
- Motiv 192
- Motivation 192, 226, 256, 257, 332
- Motivationssysteme 189, 192, 256, 278
- Motorik 160
- Müller, J. 51, 336
- Müller-Pozzi, H. 225, 340
- Mythos 28, 32, 153, 216, 232, 234, 311, 314, 335
- Nagel, Th. 68, 146, 175, 340
- Napoleon III. 119, 120
- Narzissmus 217
- Natur 19, 21, 23, 28, 83, 105, 120, 121, 135, 136, 142, 143, 181, 191, 195, 198, 214, 215, 236, 239, 246, 259, 265, 294, 301, 302, 304, 307, 324, 326, 328, 329, 331, 332, 334, 340, 341, 353, 355, 362
- Beschreibung 69, 143, 362
- Naturwissenschaft 19, 20, 27-30, 32, 34, 35, 65, 85, 87, 113, 119, 207, 208, 210, 214, 226, 244, 245, 248, 251, 285, 291, 316, 331, 332, 338
- Nerl, E. 2
- Nerven 51, 52
- system 49, 52, 53, 136, 145, 149, 152, 157, 158, 163, 165, 171, 184, 211, 255, 282, 292, 294, 325, 328
- zellen 26, 43, 49, 50-52, 56, 97, 131, 135, 136, 148, 157, 170, 174, 176, 177, 179, 185, 186, 253-255, 257-259, 277, 291, 324, 335
- Netze 50, 135-139, 141, 176-178, 181, 258, 267, 347
- Elman-Netze 141, 177
- Hopfield-Netze 139, 141
- Kohonen-Netze 138, 141, 177
- künstliche neuronale 50, 134, 135, 137, 141, 180
- natürliche Neuronennetze 141, 176
- neuronale 141, 180
- zeitweilige Neuronennetze 179, 258
- Neue, das 42, 137, 261, 262, 302, 314, 347
- Neurose 220, 237
- Neurotransmitter 159, 170-172, 196, 254, 260
- Neuser, W. 207, 340
- Newton, I. 20, 21, 113, 207, 244, 340, 345
- Nietzsche 210
- Nimtz, G. 179, 340
- No-Cloning-Theorem 101, 296, 349, 351
- Non-Cloning-Theorem 327
- Non-REM-Schlaf 169
- Nørretranders, T. 317, 340
- Objekte 24, 28, 35, 37, 38, 40, 45, 69, 71, 74, 75, 87, 97, 100, 101, 107, 108, 113,

- 115, 117, 118, 133, 135, 166, 177,
187-189, 191, 196, 200, 203, 221, 223,
258, 267, 271, 273, 300, 303, 322,
346, 347, 351, 358, 361, 363
- Objektivität 32, 92
- Objektkonstanz 196
- Ödipus 216, 217, 335
- Ödipuskomplex 215, 216
- Okkultismus 229
- Okzipitallappen 159, 164
- Ovid 217
- Papez-Kreise 166
- Papousek, H. und M. 193, 202, 341
- Parietallappen 161, 162
- Parmenides 27, 116
- Pauli, W. 121, 182, 229, 233, 238-248,
307, 311, 312, 340, 341, 362
- Pauli-Effekt 243
- Pauli-Prinzip 242
- Penrose, R. 128, 273, 338, 341
- Person
- Dritte 327
 - Erste 327
- PET 54, 55, 173, 344
- Peters, D. S. 184, 341
- Phänomen 36, 181, 239, 299, 300, 342
- Phänomene 22, 73, 175, 178, 212, 228,
240, 244, 247, 248, 259, 267, 278,
302, 307, 310, 311
- Phantasie 111, 139, 180, 195, 199, 211,
215, 216, 218, 339
- Philosophie 116, 207, 208, 215, 245,
332, 335, 336, 338, 339, 362
- Physik 20, 21, 23-28, 30, 31, 33-36, 38,
39, 43, 45, 47, 66-79, 83, 85- 88, 91-
93, 96, 97, 101, 102, 104, 105, 107-
112, 115, 117-122, 129-133, 143, 144,
177-179, 181, 207-209, 214, 227, 240-
242, 244, 245, 247, 253, 258, 270,
271, 273, 274, 276, 277, 286, 288,
292, 298, 299-304, 307, 311, 313-317,
320, 322, 329, 330, 333, 336, 338,
341, 342, 345-348, 350, 351, 353, 354,
356, 358, 361, 363
- klassische 20, 21, 25-27, 33, 71, 77,
86, 87, 92, 97, 101, 105, 121, 143,
179, 227, 274, 301, 305, 314, 345,
347, 351
- Piaget, J. 198, 199, 339, 341
- Planck, M. 72, 109, 341, 355
- Planeten 19, 23, 24, 27, 41, 42, 44, 75,
76, 300, 323
- Platon 27, 333, 362
- Poincaré, H. 133, 350, 358, 359, 360
- Popp, F. 254, 286, 341
- Pragmatik 154
- Priester, W. 34, 335
- Primas, H. 43, 242, 248, 260, 341
- Primaten 148, 160, 163, 194, 195, 290
- Prinz, W. 57, 242, 341, 344
- Prototyposis 1, 7, 18, 114, 116, 117, 205,
244, 251, 253, 277, 284, 293, 312,
322, 329, 333, 334, 351
- Prozess
- geistiger 143, 317
- Psyche 159, 182, 183, 201, 207, 208,
210, 216, 218, 226, 233, 236-240, 244,
247, 272, 273, 301, 302, 305, 311,
317, 336, 337, 340
- Psychoanalyse 189, 209, 210, 212-214,
226, 227, 229, 302, 310, 336, 337,
339, 342, 343
- psychoid 235
- Psychologie 93, 175, 192, 208-212, 214,
227-229, 232, 235, 238, 240, 244, 247,
248, 336, 338, 342
- Analytische 229, 240, 338
- Qualia 200, 291, 292, 293
- Quantencomputer 265, 266, 269
- Quanteninformation 1, 97-105, 121, 122,
130, 133, 134, 144, 253, 259, 270,
272, 273, 277, 283, 292, 296, 298,
299, 303-305, 307, 310-312, 315, 317,
326, 334, 349, 350
- Parallelverarbeitung 258

- Quantenkorrelation 312
 Quantennformation
 Materie als kondensierte – 277
 Quantenobjekte 99, 100, 113, 122, 270, 272, 275
 Quantenphänomene 73, 265, 307, 325
 Quantenphysik 33, 38, 43, 47, 73-76, 78, 80, 86, 88, 96, 97, 101, 105, 112, 130, 143-145, 179-181, 260, 262, 263, 267, 269, 273-275, 279, 288, 300, 301, 303, 304, 306, 307, 314, 327, 333, 347
 Quantenprozess 34, 143-146, 149, 278, 286, 287, 298, 306, 307, 334
 Quantensprung 258
 Quantenstruktur 260, 298
 Quantensysteme 44, 75, 88, 95, 115, 181, 271, 296, 299, 348
 Quantentheorie
 Observable 305
 Operator 296, 305, 316, 348, 349, 360
 Tensorprodukt 102, 263, 274, 305, 355
 Urtheorie 117
 Quantisierung 79, 80, 98, 99, 122, 322, 334, 354, 358, 363
 Realität 19, 72, 81, 86, 87, 113, 131, 152, 195, 198, 200, 219, 221, 222, 225, 227, 244, 245, 247, 251, 252, 259, 266, 278, 293, 310, 321, 326, 328, 334
 Reduktionismus 252, 253, 292
 Redundanz 63, 304
 Reflex 184, 198
 Reflexion 62, 102, 159, 200, 269, 285, 288, 295, 296, 298, 327
 reflexive Struktur 284
 Reflexivität 181, 285, 291
 Reize 45, 50, 51, 163-165, 187, 198, 255, 267
 Religion 120, 238, 244, 334, 338
 Repräsentanzen 131, 133, 292
 Repräsentation 132, 162, 174, 209, 292
 reversibel 265, 304
 Rezeptoren 171
 Riese, A. 84
 Rindenfeld 161
 Roth, G. 57, 157, 163, 166-168, 170, 172, 186, 317, 318, 341, 344
 Rückenmark 52, 53, 157, 288
 Ruhnau, E. 38, 82, 312, 337, 359
 Sacks, O. 266, 267, 341
 Satz vom Widerspruch 225
 Säuger 59, 150, 183, 186, 199, 295
 Säugling 184, 185, 187, 188, 190, 191, 193, 194, 199-201, 279, 301, 302, 308, 328, 342
 kompetenter 187, 336
 Savants 265, 267
 Schacter, D. 167, 168, 198, 341
 Schandry, R. 341
 Schatten, physikalisch 37, 91, 92, 124, 263, 333
 Schatten, psychologisch 234
 Schattenwurf 123, 124, 134, 263
 Scheibe, E. 341, 350
 Schelling, F. W. 208, 341
 Schichtenstruktur 44, 105, 145, 265, 273, 279, 295, 300, 301, 304, 315, 320, 329, 330, 348, 351
 Schlaf 157, 158, 169, 170, 224, 342
 Non-REM-Schlaf 169
 orthodoxer 169
 paradoxe 169
 Schlafphasen 170
 Schomäcker, U. 337, 359
 Schopenhauer, A. 208, 229, 341
 Schöpfung 35, 56, 339
 Schrift 58, 148, 149, 153, 198, 325
 Schröder, F. A. 2
 Schüßler, R. 1
 Schwarze Löcher 37, 39, 40, 108-110, 354
 Schwarzschild, C. 108
 Schwingungsdauer 179
 Seele 29, 102, 191, 207, 208, 211, 217, 219, 224, 239, 244, 251, 320, 326, 335, 336

- Selbst 23, 52, 129, 185, 187, 201-203, 205, 211, 215, 217, 221, 233, 236, 237, 278, 295, 298, 307, 326-328, 339, 340
 auftauchendes 201
 Kern- 201, 202
- Selbstbewusstsein 159, 255, 285, 289, 290, 295, 327
- Selbsterhaltung 328
- Selbsterleben 194, 200, 221, 278, 279, 281, 326, 327
- Selbstorganisation 135, 136, 138
- Selbstreflexion 57, 203, 278, 290, 296, 297, 334, 344
- selbstreflexiv 201
- Semantik 154, 155
- Sensorik 160
- sexuell 229
- Shannon, C. E. 63
- Shor, P. 266, 342
- Simulation 177, 286, 287, 292
- Singer, W. 177, 254, 258, 342
- Singularität 34
- Sinn 30, 34, 66, 115, 119, 120, 200, 204, 212, 223, 229, 233, 238, 271, 284, 292, 300, 306, 328, 332, 341
- Skalarprodukt 103, 263, 303, 348
- Sonne 23, 24, 36, 37, 40, 41, 44, 48, 74, 90, 108, 112, 131, 146, 271, 347, 353
- Sophokles 216
- Spaltung 217, 221, 238
- Spencer-Brown, G. 141, 342
- Spin 76, 95, 96, 98-100, 121, 133, 273, 322, 355, 360, 361
- Spitz, R. 197, 342
- Spitzer, W. 138, 141, 157, 176, 278, 342, 344
- Sprache 27, 45, 58, 78, 80, 82, 83, 98, 125, 135, 144, 148, 149, 153, 159, 160, 167, 198, 203, 204, 214, 225, 226, 244, 263, 272, 274, 279, 295, 302, 304, 315, 316, 322, 325, 334, 347, 363
- Stern, D. 189, 194, 195, 201, 202, 204, 342
- Stern, O. 243
- Stringtheorie 285
- Struktur 25, 31, 34, 39, 53, 65, 69, 71, 75-77, 81, 84, 86, 87, 102, 130, 137, 141, 156, 166, 177, 191, 218, 230, 235, 246, 263, 273, 284, 291, 298, 301, 302, 306, 312, 315, 320-322, 324, 332, 334, 346, 348, 350, 355, 358, 363
 reflexive 284
- Subjektivität 175, 176, 291, 337
- subliminal 170, 198
- Suche nach dem Hintergrund 243
- Supernova 40, 41, 135
- Survival of the fittest 46, 47
- Süssmann, G. 341, 350
- Symbiose 193
- Symbol 150, 200, 203, 224, 235, 292, 295, 304, 323
- Symbolisierung 203, 224, 225, 304
- Symptom 220, 336
- Synapsen 172
- Synästhesie 187
- Synchronizität 233, 239, 240, 247, 339
- Syntax 154, 155, 193
- Temporallappen 164
- Thalamus 53, 158, 163, 164, 256
- Therapie 168, 209, 222, 240, 243, 278, 330, 342
- Thomä, H. 218, 223, 342
- Tiefenpsychologie 197, 214, 336
 Gegenübertragung 222, 310
- Tod 46, 144, 145, 151, 152, 211, 213, 219, 232, 278, 328, 331, 342
- Todestrieb 217
- Tomasello, M. 194, 342
- Tömmel, S. E. 211, 342
- Transzendenz 207, 236, 244, 328, 331, 332, 334
- Traum 170, 213, 223, 224, 236, 240, 247, 248, 302, 337, 340, 342
- Trauma 220, 340

- Traumatisierung 197
- Trauminhalt
 latenter 224
- Trieb 195, 210, 216, 217, 221
- Tunneleffekt 179
- Turing, A. 134
- Über-Ich, das 216, 218, 219
- Übertragung, psychologisch 222, 310
- Umwelt 42, 44, 45, 48-51, 80, 89, 98,
 128, 144, 146-148, 161, 163, 184-186,
 189, 191, 198, 218, 260, 267, 270,
 272, 275, 276, 280, 297, 298, 302,
 324, 326, 329, 352
- unbegrenzte Zweiheit, die 362
- Unbewusste, das 208, 209, 212, 213, 215,
 218, 222, 224, 225, 227, 229, 231-235,
 237, 240, 244-248, 273, 275, 283, 288,
 295, 296, 298, 299-306, 309-311, 317,
 319, 331, 337, 342
- Unendlichkeit 290, 291, 298
- Universum 27, 31, 32, 36, 37, 39, 40, 61,
 66, 117
- Urknall 29, 30, 32, 33, 34, 35, 41, 90
- Ursache 125, 207, 217
- Varela, F. J. 169, 342
- Verantwortung 57, 90, 91, 136, 331
- Verdichtung 40, 224, 225, 302, 303, 304
- Verdrängung 208, 211, 214, 215, 218-
 220, 305
- Verhalten 22-24, 44, 50, 87, 90, 99, 103,
 120, 123, 125, 136-139, 141, 146, 148,
 159, 160, 165, 168, 183, 184, 190,
 193-195, 201, 209, 220, 222, 258, 273,
 282, 286, 287, 309, 316, 317, 328, 333
- Verleugnung 221
- Vervielfältigung 102, 104
- Vesikel 171, 260
- Vexierbild 180, 182, 268, 344
- Vollmer, G. 155, 342
- Wagner, A. 73, 342
- Wagner, E. 2
- Wahrnehmung 19, 52, 82, 158, 160, 163-
 165, 180, 187, 188, 198, 199, 201,
 202, 205, 209, 214, 219, 222, 230,
 239, 256, 262, 280, 285, 298, 302,
 310, 330, 333
- Bindung von 175, 253
- Differenzierung der 188
- kreuzmodale 188
- Wahrscheinlichkeit 69, 86, 94, 103, 275,
 298, 320, 342, 348, 349
- Walter, H. 317, 342
- Wärmelehre 67, 68, 70, 71, 72, 74
- Wechselwirkung 36, 37, 74, 78, 89, 96,
 100, 119, 131, 144, 173, 260, 264,
 270-276, 286, 300, 307, 308, 321, 323,
 326, 329, 334
- Weizsäcker, C. F. v. 66, 82, 112, 122, 154,
 312, 337, 342, 350, 353, 359
- Weizsäcker, Ch. v. 155, 342
- Weizsäcker, E. U. v. 155, 342
- Weizsäcker, V. v. 215, 343
- Weltall 27, 290
- Weltsicht 74, 212, 238, 241, 252, 288,
 310, 311, 314, 331, 333
- henadische 302
- Weltsubstrat 322
- Wernicke-Zentrum 160
- Wiederholungszwang 220, 222, 305
- Wille 202, 313, 318, 341
- Willensfreiheit 105, 138, 312, 313, 316,
 317, 319, 320, 342, 346
- Winnicott, D. W. 193, 200, 343
- Wirkung 20, 45, 50, 58, 113, 119, 123,
 125, 128, 130, 151, 153, 165, 171,
 172, 183-185, 189, 209, 244, 255, 278,
 284, 299, 301, 305, 311
- Wirkung, physikalisch 41, 42, 100, 119,
 179, 254, 275, 298
- Wirkungsquantum 26, 72, 109, 179, 274
- Wissenschaft 20, 27, 32, 34, 65-67, 83,
 84, 102, 121, 200, 207, 209, 212-214,
 223, 227, 239, 242, 244, 251, 287,
 294, 310, 332, 338, 340, 342, 362
- Wolfram, A. 2