



Erich Hamberger
Herbert Pietschmann

Quantenphysik und Kommunikations- wissenschaft

Auf dem Weg zu einer
allgemeinen Theorie der
Kommunikation

VERLAG KARL ALBER





5. Die Bedeutung der Differenzierung *Interaktion* \neq *Kommunikation* für die modernen Biowissenschaften

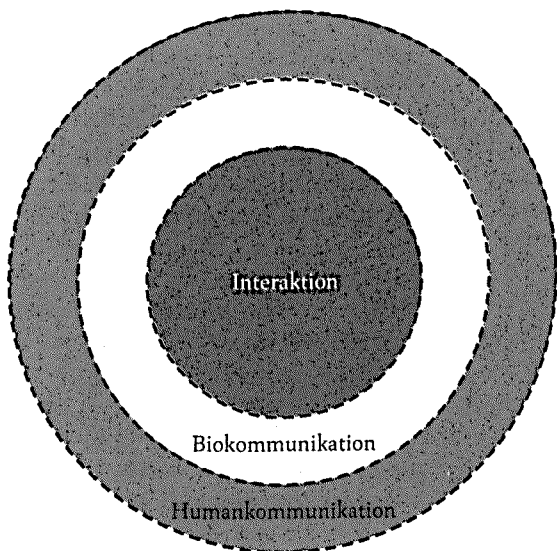


Abb. 51: Hierarchie Humankommunikation/Biokommunikation/Interaktion
Biowissenschaft steht unter dem Dilemma, einerseits an der physikalischen Methode orientiert zu sein, andererseits das Leben zum Gegenstand zu haben, das mittels der physikalischen Methode, die sich auf Materie beschränkt, nicht erfasst werden kann. Allerdings haben wir gezeigt, dass die Quantenphysik – die sich selbstverständlich auch auf die Beschreibung der Materie beschränkt – den mechanistischen Denkraum überschreiten musste. Hier wollen wir den Versuch wagen, auszuloten, ob sich daraus ein Weg ergeben kann, naturwissenschaftliche Methoden so zu erweitern, dass auch über bloße Interaktion hinaus gesicherte Ergebnisse erarbeitet werden können.

Betrachten wir dazu die wesentlichen Elemente naturwissenschaftlicher Erkenntnis. Zentral ist dabei die Verbindung von Theorie und Experiment, wobei die Theorie Voraussagen über den Ausgang eines Experimentes machen muss, die vom Experiment entweder bestätigt oder falsifiziert werden. Verboten ist dabei jede Voraussage der Theorie, die sowohl ein bestimmtes Ergebnis (a) als auch das kontradiktorische Ergebnis (non-a) zulässt. Eine solche Aussage gilt nicht als falsifizierbare Voraussage der Theorie.

Betrachten wir dazu das Doppelspalt-Experiment, das die grundlegenden Aporien der Quantenphysik deutlich macht. Zur Erinnerung: Wenn eine Welle (z. B. Licht) durch den Doppelspalt gesendet wird, erscheint dahinter auf einem Schirm ein Streifenbild (so genannte Interferenz), also abwechselnd dunkle und helle Streifen. Wenn Teilchen (z. B. Licht) durch den Doppelspalt gesendet werden, gibt es keine Interferenzstreifen, sondern das Schattenbild des Doppelspalt (also zwei helle Streifen und Dunkelheit überall sonst). Dieser offensichtliche Widerspruch wird in der Quantenphysik aufgelöst durch die Tatsache, dass Teilchen auf diskreten Bahnen laufen, während Wellen immer ausgedehnte Phänomene sind. Also kommt es zu einer »Vorhersage der zweiten Art«: Wenn festgestellt werden kann, welcher Weg zum Schirm führt (d. h. durch welchen Spalt die Objekte gelaufen sind), dann gibt es keine Interferenz, wenn diese Feststellung prinzipiell unmöglich ist, dann gibt es Interferenz.

In der Quantenmechanik ist diese – gewiss sonderbar erscheinende Tatsache – eine mittlerweile selbstverständliche Erscheinung.⁷⁵ Versuchen wir, sie zu einer allgemeinen Methode zu erweitern.⁷⁶ Wenn Experiment A entweder zum Ergebnis a oder non-a führt, ist dies nicht falsifizierbar. Erst wenn eine Korrelation mit einem anderen Experiment (oder einer Beobachtung) besteht, also

Exp. A führt zu a, wenn Exp. B zu b führt
Exp. A führt zu non-a, wenn Exp. B zu c führt

ist die Theorie falsifizierbar. (Das Ergebnis c braucht dabei nicht non-b zu sein, es sollte aber mit b keinen überlappenden Bereich haben.)

a) *Biokommunikation: Experimentelle Ansätze (Jörg von Hagen)*

Die Biowissenschaften haben sich seit der Aufklärung der DNA-Struktur durch Watson und Crick in Wellen rasant weiterentwickelt. Auf die Ära Enzymcharakterisierung folgte Genomics, Proteomics, Metabolomics⁷⁷ bis zur derzeitigen systembiologischen Forschung. Die Epochen der unterschiedlichen oben erwähnten methodischen

⁷⁵ Z. B. Pietschmann: *Quantenmechanik verstehen*, a. a. O., Kap. 5.1.

⁷⁶ Siehe Pietschmann, Herbert: *Science beyond science*, in: *Old and new questions in physics, cosmology, philosophy and theor. biology*, hrsg. von Alwyn van der Merwe, Plenum Press, New York 1983, S. 753–763.

⁷⁷ Untersuchung von Stoffwechselprodukten.

Forschungsrichtungen wurden jeweils begleitet von der Interpretation der Daten in linear-mechanistischen Signalweiterleitungswegen, die die Basis des derzeitigen Denkrahmens der Zellbiologie hinsichtlich Signaltransduktionsforschung darstellt.

Eine komplexe Untersuchung erweist sich aus folgenden Gründen in der Zellbiologie gegenwärtig als Herausforderung: In komplexen Proben geht die Information des Ortes/Organelle oftmals verloren, abgesehen von Entwicklungen der letzten Jahre mittels Immunzytodiagnostik und *live cell imaging*.⁷⁸ Des Weiteren stehen über die verwendenden Probenmaterialien teilweise Informationen zu Vorgeschichte und Besonderheiten nicht zur Verfügung. So sind für eine präzise Einordnung der Signalantwort in Zellen *Kontexte* wie z. B. Alter, Ethnologie, Historie in Bezug auf z. B. Ernährung, Stress (UV-Belastung, radioaktive Strahlung) und Medikation nicht erfasst bzw. verfügbar. Durch die Zusammenführung der verschiedenen im Wesentlichen auf Unterschieden der Makromoleküle beruhenden Ansätze in der Systembiologie wird versucht, die Daten in einem erweiterten linear-kausalen bioinformatisch auswertbaren Schema zu betrachten.

Im Rahmen des skizzierten Biokommunikationsansatzes (vgl. Kap. III/5) wird hingegen zwischen *Interaktion* (physiko-chemischer Ablauf ohne »Freiheitsgrade«⁷⁹ bzw. Verhaltensvariabilität) und *Kommunikation* (Beziehungsgeschehen mit »Freiheitsgraden«) differenziert. Dem entsprechend kommuniziert eine lebendige Entität mittels physiko-chemischer Interaktionen je nach spezifischem Kontext.

Insofern kann das, was in der biowissenschaftlichen Forschung gegenwärtig als »Kontextualität« bezeichnet wird: die Testung verwendeter biologischer Proben, z. B. Zellen oder Gewebe unter definierten Bedingungen – wobei die Historie der verwendeten Materialien oftmals außer Acht gelassen wird –, lediglich mit dem Begriff »Pseudo-Kontextualität« umschrieben werden.

⁷⁸ Damit wurde eine teilweise Korrelation zur möglichen Funktion – die eine Funktion des Ortes innerhalb der Zelle darstellt – ersichtlich, wenn beispielhaft die Aktivierung von kerngängigen Transkriptionsaktivatoren (z. B. die STAT-Proteinfamilie) betrachtet wird, die konstitutiv im Zytoplasma an der Innenseite der Zellmembran vorliegen und durch eine Rezeptorsignalweiterleitung aktiviert werden, durch Ankopplung eines Phosphatrestes an definierten Aminosäuren des Proteins. Dieses führt zur Dimerisierung und anschließend zu Translokation in den Zellkern.

⁷⁹ »Freiheitsgrade« (Verhaltensvariabilitäten) stellen die Möglichkeiten von Zellen/Zellverbänden/Organen etc. dar, Signale zu interpretieren und – in bestimmtem Rahmen – frei wählbare Aktionsmöglichkeiten zu besitzen.

Es sollte in Betracht gezogen werden, dass es nicht unbedingt eine singuläre Quelle für die diversen Signale geben muss, sondern eine Zelle *simultan* Signale von z.B. Nachbarzellen sowie neuronale Reize oder hormonelle Stimuli empfangen kann. Diese können parallel zellfernen Regionen wie Rückenmark, Gehirn oder Nachbarzelle entstammen. Im Rahmen des Biokommunikationsansatzes kann eine Interpretation erfolgen, welche die verschiedenen Signale *kontextualisiert* und das Verhalten einer Zelle aus dieser Gesamtbotschaft ableitet. Die Kontextualisierung erfordert – wie oben erwähnt – die Anerkennung, dass einer Zelle Freiheitsgrade (Verhaltensvariabilität) zuerkannt werden müssen.

Der Biokommunikationsansatz könnte den Denkraum insofern erweitern, als neben der linear-mechanistischen Weitergabe von *Signalen* (worauf die gegenwärtige Transduktionsforschung primär fokussiert ist) die (mit Hilfe der Signale übermittelte) übergeordnete Zell-*Botschaft* analog zu folgendem Modell von Shannon und Weaver⁸⁰ interpretiert werden kann.

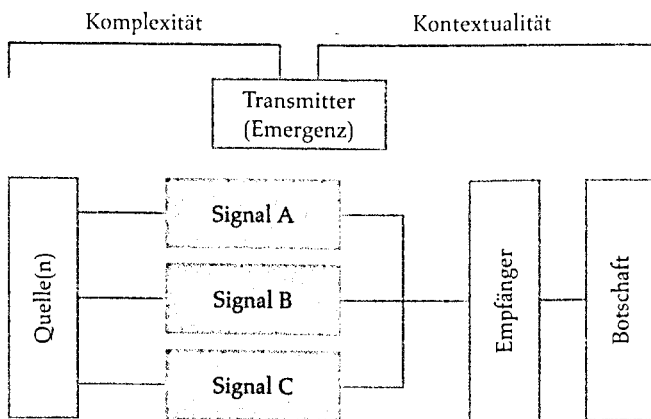


Abb. 52: Signaltransduktionsmodell – Adaptiert nach Shannon und Weaver. Es findet eine Differenzierung von Signal und Botschaft statt. Quelle kann unterschiedlicher Herkunft sein. Transmitter stellen Kanäle und Rezeptoren auf Ebene der Zelloberfläche dar. Empfänger ist die Zielzelle, die parallel die Signale verarbeitet und kontextualisiert. Blau primär technisches Übertragungsmodell, gelb »personales« Verständigungsmodell. Quelle modifiziert nach Shannon und Weaver.

⁸⁰ Shannon, Claude E.; Weaver, Warren: *The Mathematical Theory of Communication*, Univ. of Illinois Press, Urbana 1964.

Um die derzeitigen Limitationen in der Aufklärung zum Verständnis von Signaltransduktion auf primär materieller Identifizierung beteiligter Moleküle erweitern zu können, erscheint es angezeigt, wenn nicht unumgänglich, dass neben der Analyse mittels reduktionistischer Verfahren⁸¹ eine Auswertung der Ergebnisse auf einer übergeordneteren Ebene erfolgt, da das Gesamt der Ergebnisse etwas prinzipiell Differierendes darstellt als eine einfache Summation der »Informationen« bzw. Daten.⁸² Emergenz steht an dieser Stelle im Vordergrund, die zwar in Physik und Chemie Beachtung findet, in den Biowissenschaften im reduktionistischen Denkrahmens derzeit jedoch weitgehend ignoriert wird.

Um die Möglichkeiten der Kommunikation von Zellen (mittels physiko-chemischer Interaktionen) als einfachste Entitäten ganzheitlich zu erfassen, stellt sich die Frage: Wie kann man sich einerseits nicht zu stark reduktionistisch der Frage nähern, andererseits ausreichend tief abstrahieren, um die in Abb. 52 beschriebene Verbindung von Signal und Botschaft experimentell zu erfassen? Anders formuliert könnte man fragen: Wie kann die gebotene Dimension der zellulären *Komplexität* durch die Bedeutungsebene *Kontextualität* erweitert werden?

Hierzu sollen nachfolgend drei verschiedene experimentelle Ansätze erläutert werden, die als Einstieg dienen könnten, um den erweiterten Denkrahmens zu exemplifizieren.

Zelladaption:

In der Biologie werden Zellen aus Geweben vereinzelt und in Primärkulturen überführt. Dabei wird die Gewebsstruktur z. B. enzymatisch aufgelöst und die beteiligten Gewebszellen werden an die ex-vivo bzw. in-vitro Bedingungen adaptiert. Hier werden nicht alle Zelltypen gleich effektiv vermehrt, sondern es gibt robuste Zellen, die präferentiell vermehrt werden, während andere Zellen absterben

⁸¹ Wie z. B. der Extraktion von Proteinpöpopulationen aus Zellentitäten, die z. B. in zu untersuchenden Gewebepöproben als Gemisch aus verschiedenen Zelltypen oder alternativ klonal expandierten Zellen in Zellkulturen bestehen.

⁸² Vgl. dazu Kap. VI/1c, wo es heißt: Das Ganze ist nicht bloß die Summe (auch nicht mehr als die Summe) der Teile, sondern etwas *anderes*. Siehe dazu auch Fischer, Ernst Peter: *Die Bildung des Menschen, Was die Naturwissenschaften über uns wissen*, Berlin 2006, insb. S. 71–79.

und sich den wechselnden Bedingungen nicht anpassen. Über dieses Problem hinaus stellt sich die Frage, ob die robuste Zellvermehrung eines speziellen Zelltyps eine gleichmäßige Adaption der Mehrzahl der Zellen darstellt oder ob es sich um eine klonale Expansion einzelner Zellen handelt. Zur Aufklärung dieser Fragestellungen eignen sich verstärkt Techniken, die derzeit eine rasante Entwicklung durchlaufen, wie z. B. das »*single cell imaging*«.

Die Klärung der Frage, inwieweit es sich um eine klonale Expansion handelt, ist aus Probengemischen ohne die Zuordnung auf Einzelzellebene nicht möglich. Eine Aufarbeitung von Zellkollektiven ist zum einen sehr komplex, da verschiedene Zelltypen involviert sind (Komplexität) und die Kultivierungsbedingungen ebenfalls nicht eine identische Gleichbehandlung aller Zellen gewährleisten (Kontextualität). Die Komplexität resultiert aus den verschiedenen Zelltypen und der vorhandenen genetischen Variabilität einzelner Zellen gleichen Ursprungs. Die Kontextualität beinhaltet die verschiedenen Ausprägungen von Phänomenen durch die Historie und ist durch die Lokalisation der Ursprungszellen bedingt. Hier können z. B. im Gewebe verschiedene Gradienten in Bezug auf Nährstoffversorgung und Sauerstoffkonzentration herrschen.

Anoikis – Tod durch Heimatlosigkeit

Anoikis als Sonderfall der *Apoptose*, des gesteuerten »Selbstmords« einer Zelle, ist ebenfalls für die Analyse von Komplexität und Kontextualität von Interesse, da dieses Geschehen nicht ohne die Beziehung einer Zelle zu ihrer Umwelt verstanden werden kann. *Anoikis* ist kein primär zelluläres Phänomen. Auf der Suche nach der Ursprache des Menschen durch Kaiser Friedrich II. im 13. Jahrhundert wurden Findelkinder mit allen materiellen Notwendigkeiten versorgt, aber Körperkontakt sowie das Sprechen mit den Kindern war untersagt. Dies führte – wie sich zeigte – nach kurzer Zeit zum Tode (vgl. Kap. VII/3).

Zurück zum zellulären Kontext: *Anoikis* stellt über die Zell-Matrix-Adhäsion ein Schlüsselphänomen im Verständnis der Zellhomöostase dar.⁸³ Eine Unterbrechung dieser Zell-Matrix-Kommunikation

⁸³ Frisch S. M., Francis, H.: *Disruption of epithelial cell-matrix interactions induces apoptosis*, in: *J Cell Biol* 124 (1994), S. 619–626.

hat einen direkten Einfluss auf das Überleben von Zellen. Wie eine Vielzahl der Apoptose-Prozesse ist der Verlust der Zelladhäsion, die Anheftung an Nachbarzellen oder synthetische Oberflächen (Scheinkontakt), relevant für die Zellentwicklung, Gewebshomöostase und verschiedene Erkrankungen.⁸⁴ Um einen Einblick in die Zell-Zell-Kommunikation und die aus der Signalunterversorgung resultierende Einleitung der Anoikis zu studieren, könnten beispielhaft Krebszellen herangezogen werden und speziell das Nicht-Vollziehen des Apoptose-Programms studiert werden. Krebszellen sind bei der Metastasierung unabhängiger von extrazellulärer Matrix, modulierter Induktion bzw. von Proliferation und Überleben⁸⁵. Dies könnte im Vergleich zu nicht entarteten Zellen untersucht werden. Im Kontext der Umgehung des Todes durch Anoikis entkommt die Zelle mittels eines Mechanismus, der auf das Vorhandensein einer Nachbarzelle angewiesen ist, die *Entosis*⁸⁶. Dabei internalisiert⁸⁷ die Krebszelle eine lebende oder bereits tote Zelle und phagozytiert diese⁸⁸ (Abb. 53). Dieser »Kannibalismus« dient der Ausbildung von *adherens junctions*⁸⁹ und der Simulation von Adhäsion zur Umgehung von Anoikis und zur Nährstoffversorgung unter metabolischem Stress und Nährstoffunterversorgung.⁹⁰

⁸⁴ Dabei stellen die Adhäsions-Moleküle wie Integrine, Cell adhesion molecule (CAM) und Cadherine wichtige Modulatoren dar (vgl. Danial, N. N.; Korsmeyer, S. J.: *Cell death: critical controlpoints*, in: *Cell* 116 (2004), S. 205–219; Gilmore, A. P.: *Anoikis*, in: *Cell death differ.* 12 (Suppl. 2) (2005), S. 1473–1477.

⁸⁵ Vgl. dazu: Bissell, M. J.; Radisky, D.: *Putting tumours in context*, in: *Nat Rev Cancer* 1 (2001), S. 46–54; Eble, J. A.; Haier, J.: *Integrins in cancer treatment*, in: *Curr Cancer Drug Targets*, 6 (2006), S. 89–105; Reddig, P. J.; Juliano, R. L.: *Clinging to life: cell to matrix adhesion and cell survival*, in: *Cancer Metastasis Rev* 24 (2005), S. 425–439; Valentijn, A. J.; Zouq, N.; Gilmore, A. P.: *Anoikis*, in: *Biochem SocTrans* 32 (2004), S. 421–425.

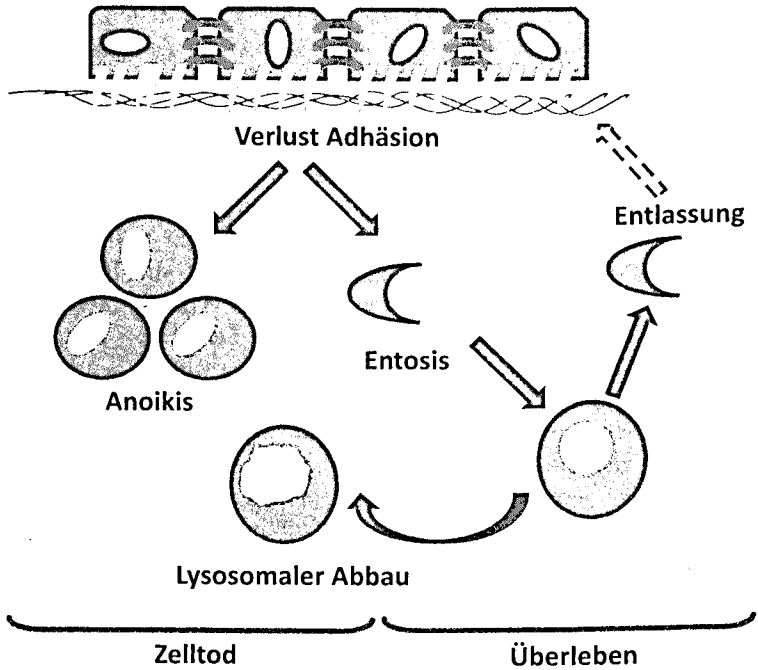
⁸⁶ Invasion einer Zelle in das Zytoplasma einer anderen Zelle (vgl. Guadamillas, M. C. et al.: *Overcoming Anoikis – pathways to anchorage independent growth in cancer*, in: *Journal of Cell Science* 124 (2011), S. 3189–3197.

⁸⁷ Aufnahme bzw. Translokation von der Zelloberfläche in das Zellinnere.

⁸⁸ Guadamillas et al.: *Overcoming Anoikis*, a. a. O.

⁸⁹ Zell-Zellverbindungen, die eine zentrale Rolle in der Anheftung von Zellen in Gewebeverbänden spielen.

⁹⁰ Fais, S.: *Cannibalism: a way to feed on metastatic tumors*, in: *Cancer Lett.* 258 (2007), S. 155–164.






-  Adherent Junction
-  Integrin
-  ECM

Abb. 53: Rolle von Anoikis und Entosis. Der Verlust der Adhäsion und somit der Anheftung an die ECM führt einerseits zu Anoikis. Es kann ein paralleler Prozess der Entosis – der über *adherent junctions* assoziiert ist – durchlaufen werden. In diesem Prozess wird eine nicht entartete Zelle in die Krebszelle internalisiert. Die aufgenommene Zelle kann dabei entweder abgetötet werden und Phagozytose durchlaufen, oder wieder von der umgebenden Krebszelle entlassen werden und sich erneut an die ECM anheften. Dieser Vorgang dient der Krebszelle als protektiver Prozess, konträr zu Anoikis, um sich mit Hilfe nicht entarteter Zellen eine adhäsive Umgebung zu simulieren.

Quelle modifiziert nach Guadamillas et al.

Wundheilung

Der dritte experimentelle Ansatz, mit Hilfe dessen eine Verknüpfung von Komplexität und Kontextualität aufgezeigt werden könnte, stellt die modellhafte Untersuchung der Wundheilung dar. Dazu könnten die komplexen Vorgänge untersucht werden, die im Rahmen der Wundheilung beteiligt sind.

Zellverhalten und Phänotyp werden durch diverse Signale reguliert: neuronale Signale, mechanische Kräfte sowie Signalmoleküle wie Wachstumsfaktoren, Zytokine, Ionen-Gradienten und Differenzierungsfaktoren. Die extrazelluläre Matrix (ECM) umfasst ein komplexes Gemisch aus Proteinen, Kohlenhydraten, Lipiden und Signalmolekülen, mittels dessen die Gewebe- und Organmorphogenese unterstützt sowie Zell-, Gewebsstruktur und Funktion gestützt wird.⁹¹ Um die komplexen Vorgänge detaillierter untersuchen zu können, wurden in-vivo und in-vitro Methoden entwickelt, die eine vereinfachte Wundheilung simulieren.

Wundheilung verläuft in vier streng definierten, überlappenden Stadien: Hämostasis, Inflammation, Proliferation und Remodellierung. Jedes Stadium vollzieht sich in einer kontinuierlichen Abfolge an Schritten in einem kontrollierten, komplizierten und balancierten molekularen Signaltransduktionsgeschehen. Daran sind Signalwege aus Chemotaxis⁹², Mitose, Gefäßneubildung, Bildung extrazellulärer Matrix und Narbenbildung beteiligt. Der vollständige Ablauf einer kompletten Wundheilung kann bis zu 18 Monate beanspruchen.

Primär Bindegewebszellen, die Fibroblasten, stellen in diesem simplifizierten Modell, an dem in-vitro die Wundheilung studiert werden kann, Bildung und Organisation der extrazellulären Matrix

⁹¹ Vgl.: Rosso, F.; Giordano, A.; Barbarisi, M.; Barbarisi, A.: *From cell-ECM interactions to tissue engineering*, in: *J. Cell Physiol.* 199(2) (2004), S. 174–180. Alberts, B.: *Molecular Biology of the Cell*, 4th Edition, Garland Science, New York 2002; Labat-Robert, J.; Bihari-Varga, M.; Robert, L.: *Extracellular matrix*, in: *FEBS Lett.* 268 (2) (1990), S. 386–393; Weber, K. T.; Sun, Y.; Katwa, L. C.: *Local regulation of extracellular matrix structure*, in: *Herz.* 20(2), (1995), S. 81–88; Schonherr, E.; Hausser, H. J.: *Extracellular matrix and cytokines: a functional unit*, in: *Dev. Immunol.* 7(2–4) (2000), S. 89–101; Parameswaran, K.; Willems-Widyastuti, A.; Alagappan, V. K. et al.: *Role of extracellular matrix and its regulators in human airwaysmooth muscle biology*, in: *Cell Biochem. Biophys.* 44(1), (2006), S. 139–146; Pereira, A. L.; Veras, S. S.; Silveira, E. J. et al.: *The role of matrix extracellular proteins and metalloproteinases in head and neck carcinomas: an updated review*, in: *Rev Bras Otorrinolaringol* (Engl. Ed.), 71 (1) (2005), S. 81–86, ISSN 0034-7299.

⁹² Fortbewegung von Zellen bedingt durch Nährstoffgradienten.

dar. Dies geschieht in zentraler Weise über die Produktion von Collagen und Elastin. Fibroblasten sind unerlässlich in der Betrachtung, wie eine Wunde abheilt. Dieser Zelltyp startet die Synthese der ECM direkt nach Eintritt in das Wundheilungsgeschehen.

Dieses Geschehen könnte experimentell genutzt werden, um die Rolle von Fibroblasten in einem vereinfachten Experiment folgendermaßen zu charakterisieren:

Fibroblasten werden in-vitro kultiviert. Nach Erreichen einer bodendeckenden Zellschicht wird mittels mechanischer Abschabung eine Wunde simuliert. Anschließend wird das Wachstumsverhalten der Zellen mikroskopisch verfolgt und analysiert, analog zu Bindschadler und McGrath.⁹³ Um den Zusammenhang von Komplexizität und Kontextualität (Abb. 54) untersuchen zu können, werden danach Stimuli wie die Zelloberflächen-Protease verwendet, beschrieben als »fibroblast activation protein« (FAB), welches im adulten somatischen Gewebe nicht exprimiert wird.⁹⁴ Als Gegenspieler der Fibroblasten-Aktivierung ist das Hormon Relaxin beschrieben, welches in diesem experimentellen Aufbau konzentrationsabhängig die Aktivierung der Fibroblasten beeinflusst und in Kombination mit FAB zu untersuchen wäre. Relaxin reduziert dabei die Anzahl der aktivierten Fibroblasten und verringert Fibrose.⁹⁵ Als weiterer Stimulus kann die Modulation von RhoA⁹⁶ und die Interaktion über Integrine, z. B. $\beta 1$, erfolgen, welches die Aktivierung der fokalen Adhäsionskinase (FAK) und RhoA unterdrückt und somit Invasion und Metastasierung beeinflusst.⁹⁷ Nach Etablierung der verschiedenen Stimuli kann im Fol-

⁹³ Bindschadler, M.; McGrath, J. L.: *Sheet migration by wounded monolayers as an emergent property of single-cell dynamics*, in: *J Cell Sci.*, 120 (Pt 5) (2007, Mar 1); S. 876–884. Epub. 2007, Feb 13.

⁹⁴ Dies geschieht lediglich in aktivierten Fibroblasten während der Wundheilung und im Stroma von Tumoren (vgl. Wang, X. M.; Yu, D. M.; McCaughan, G. W. & Gorrell, M. D.: *Fibroblast activation protein increases apoptosis, cell adhesion, and migration by the LX-2 human stellate cell line*, in: *Hepatology* 42 (2005), S. 935–945.

⁹⁵ Hier durch Wundheilung bedingte Vermehrung von Kollagenfasern mit Folge von Narbenbildung (vgl. McDonald, G. A. et al.: *Relaxin increases ubiquitindependent degradation of fibronectin in vitro and ameliorates renal fibrosis in vivo*, in: *Am. J. Physiol. Renal Physiol.* 285 (2003), F59–67; Heeg, M. H. et al.: *The antifibrotic effects of relaxin in human renal fibroblasts are mediated in part by inhibition of the Smad2 pathway*, in: *Kidney Int.* 68 (2005), S. 96–109.

⁹⁶ Ras homologe Gen Familie A (RhoA) ist eine GTPase die am Aufbau und Regulation des Aktin Zytoskeletts beteiligt ist.

⁹⁷ Costa, P.; Scales, TM; Ivaska, J; Parsons, M.: *Integrin-Specific Control of Focal*

genden – neben der Komplexizität die solche verschiedene Stimuli bewirken – orthogonal durch Veränderung verschiedener übergeordneter Faktoren am Testsystem⁹⁸ der Kontext variiert werden (siehe Abb. 54).

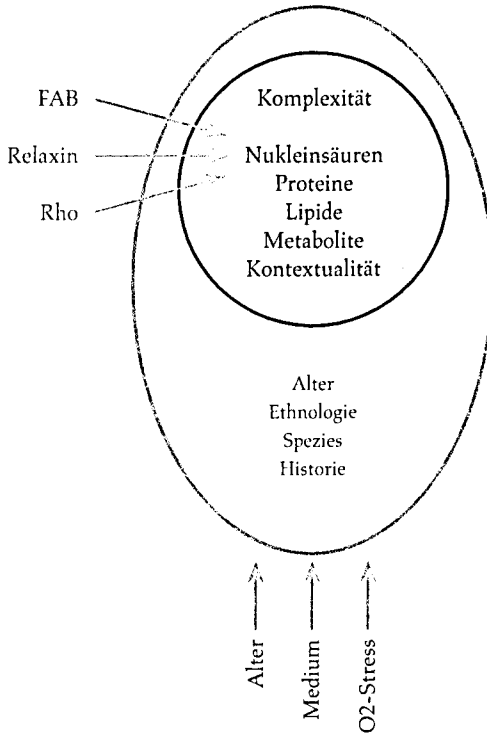


Abb. 54: Orthogonalität von Signalen zur Modulation von Komplexität und Testung des Einflusses auf die Kontextualität. In den Experimenten sollen die Stimuli (FAB, Relaxin und Rho) variiert werden und der Einfluss definierter Bedingungen nach Änderung im Kontext von z. B. Alter, Zellkulturmedium und Sauerstoffstress ermittelt werden.

Dabei gilt es zu beachten, dass in den Biowissenschaften der Kontext einer unbewussten Manipulierung unterliegt. So wird bei der Etab-

Adhesion Kinase and RhoA Regulates Membrane Protrusion and Invasion, in: *PLoS One* 8 (9) (2013, Sep 9).

⁹⁸ Wie z. B. Zellpassage, verschiedene Spezies oder Gewebetypen, Historie simuliert über verschiedene definierte Nährstoffvarianten (Zellkulturmedien-Variationen).

VIII. Auf dem Weg zu einer allgemeinen Theorie der Kommunikation

lierung von experimentellen Systemen das Kriterium der Reproduzierbarkeit in der Hinsicht verstanden, eine mögliche »biologische Variabilität« zu vermeiden oder auszuschließen. Doch stellt sich die Frage, ob diese biologische Variabilität nicht in gewisser Weise gerade jene Dimension bildet, anhand derer ersichtlich gemacht werden kann, dass es sich bei Zellen um »Quasi-Subjekte« mit Freiheitsgraden handelt.

Ein wichtiger Aspekt der Etablierung des »Denkstils der Biokommunikation« besteht insofern darin, neben der erforderlichen experimentellen Reproduzierbarkeit diesen Rahmen der individuellen zellulären Signalinterpretation zu ermöglichen.

Die skizzierten experimentellen Modelle stellen theoretisch einen neuen Eintritt dar, um sich einerseits der derzeit fehlenden Verknüpfung von verschiedenen Stimuli, die auf Zellen parallel einwirken, zuwenden zu können, und andererseits, um sich der Bewertung des übergeordneten Kontextes experimentell zu nähern. Dabei soll keineswegs eine gänzlich differierende experimentelle Versuchsdurchführung implementiert, sondern ein neuer Denkansatz in Form einer veränderten Auswertung und Betrachtungsweise der vorliegenden Befunde ermöglicht werden, die – als gemessene Endpunkte – in übergeordneter Weise eine Einordnung in den zellulären oder gewebsspezifischen Kontext ermöglichen.

Ferner ist es – unter der erwähnten Voraussetzung einer prinzipiellen Differenzierung zwischen Interaktion und Kommunikation – vorstellbar, Beobachtungen oder Resultate zu erheben, die derzeit nicht Teil der Erfassung der biowissenschaftlichen Fragestellung sind und über das zu generierende Verständnis von Interaktionen hinausgehen, und die so dabei helfen, das Zell-Zell-Kommunikationsgeschehen besser zu erfassen.

b) Unterschiedliche kulturparadigmatische Deutungsmöglichkeiten der Differenzierung Interaktion ≠ Kommunikation in den Biowissenschaften

Wie in Kap. III/5 schon ersichtlich gemacht, sind singuläre wissenschaftliche Experimente stets rückverbunden in einem Experimentalsystem, dem wiederum ein bestimmter »Denk-/Kommunikationsstil« zu Grunde liegt, der seinerseits rückverbunden ist in einer spezifischen Welt-Anschauung bzw. Kultur-Paradigma. Wir sprachen

dabei von »Dimensionen der Rückverbundenheit«. Nun wollen wir uns diesen Zusammenhang anhand der oben skizzierten grundsätzlichen Differenzierung zwischen *Interaktion* und *Kommunikation* näher anschauen.

In Kap. VII/2 konnte mit Hilfe von Spaemann gezeigt werden, dass Leben vom »Kulturparadigma« der Neuzeit als ontologischer Begriff verabschiedet wurde. Dies einerseits, weil Leben »keine klare und distinkte Perzeption«⁹⁹ darstellt, andererseits, weil im Zuge der Neuzeit *Materie* als Grundelement der Wirklichkeit angesehen und Leben insofern als Epiphänomen erachtet wurde. Spezifische Kennzeichen des Lebendigen wie Bewegung oder Finalität werden dabei mit Hilfe der Kreation neuer mathematischer Techniken (Infinitesimalrechnung u. a.) sowie mittels Herleitung der Finalität aus der Kausalität (Stichwort: Teleonomie, Emergenz) in den »Denkrahmen der Moderne« (vgl. Kap. III/3) integriert.

Damit werden – weitgehend unbewusst – *kulturparadigmatische* Vorentscheidungen von großer Tragweite getroffen, was *Denkstil* und *Wahrnehmungsgewohnheit* des Lebendigen betrifft.

Zum einen liegt es – dem Kulturparadigma der Neuzeit entsprechend – nahe, Leben als hochkomplexes Gesamt von (notwendigen) *Interaktionen* (und sonst nichts), d. h. maschinenanalog, zu verstehen. Deutlich wird dieser Umstand, wenn Ulrich in seinem Buch *Biomedizin. Die folgenschweren Wandlungen des Biologiebegriffs* bemerkt, dass die Problematik gegenwärtiger biowissenschaftlicher Forschung darin liege, dass der Unterschied zwischen den Sätzen »*Leben ist ein physiko-chemischer Prozeß* und *Leben ist nichts als ein physiko-chemischer Prozeß* weitgehend unbeachtet bleibt.«¹⁰⁰

Das hat zur Folge, dass im »Denkstil« bzw. Wissenschaftsparadigma gegenwärtiger Bio-Forschung die Dimension der *Kommunikation* (im oben beschriebenen Sinn als transkausales Phänomen) auf der Ebene des Nicht-menschlich-Lebendigen weitgehend ausgeblendet wird. Zum anderen kann die (aus Kausalität hergeleitete) Finalität des Lebens – unter der skizzierten kulturparadigmatischen Prämisse der Moderne – nur als Finalität der Selbsterhaltung, Selbstbezüglichkeit (jedoch nicht der Selbsttranszendenz oder der Ichüberschreitung)

⁹⁹ Spaemann: *Schritte über uns hinaus*, Bd. II, a. a. O., S. 82.

¹⁰⁰ Ulrich: *Biomedizin. Die folgenschweren Wandlungen des Biologiebegriffs*, a. a. O., S. 9.

wahrgenommen und damit interpretiert werden. Mit Spaemann gesprochen: »Erhaltungsfunktionalität ist der einzige [kulturparadigmatische] Gesichtspunkt, der den Gegenstand der Biologie [in der Neuzeit] von dem der Physik unterscheidet.«¹⁰¹

Dem entsprechend wurde ein Phänomen wie jenes vor wenigen Jahren in Kenia beobachtet, dass eine Löwin drei Mal hintereinander ein Antilopenbaby adoptierte, von den Forschern als das vermutliche Leiden an einer Vorstufe von Alzheimer erklärt.¹⁰² Alles Wert- und Sinnhafte – sogar die scheinbar selbstlosesten Akte – kann, gemäß diesem Kulturparadigma, nur selbsterhaltungsfunktional begriffen bzw. interpretiert werden.

Geradezu idealtypisch wird dies am Werk *Der Kampf der Theile im Organismus. Ein Beitrag zur Vervollkommnung der mechanischen Zweckmäßigkeit* (1881) des bekannten Entwicklungsbiologen Wilhelm Roux (1850–1924) deutlich, der mit seiner Schrift den Darwin'schen *struggle of life* sogar auf die inner- bzw. intraorganismischen Beziehungsebenen überträgt und dabei vom Kampf der Molekel, Zellen, Gewebe und Organe spricht.¹⁰³ Dazu bemerkt Greshake:

»[V]om neuzeitlichen Subjektbegriff her [bildet sich] die Atmosphäre einer alles ergreifenden Bemächtigungstendenz. Unter der Devise ›Selbstbestimmung‹ entsteht geradezu notwendig der Macht- und Konkurrenzkampf der vielen Einzel- und auch Kollektivsubjekte: der Klassen, gesellschaftlichen Gruppen, Rassen und Nationen, von denen sich jedes selbst als Einheitspunkt setzen will. Eben dieser Konkurrenzkampf ist Zeichen und Ausdruck dafür, daß die Selbstbestimmung singulärer und allgemeiner Subjekte niemals rein als solche, sondern immer nur in nicht endender Hinwegarbeitung von Fremdbestimmung durchgesetzt werden kann.« [...] Dieser Kampf beinhaltet nicht nur die Beherrschung und Unterdrückung der umgebenden widerständigen [...] Natur, sondern vor allem auch Beherrschung und gar, wenn möglich, Unterdrückung des anderen Menschen, insofern dieser sich ja gleichfalls als Einheitspunkt, d. h. als sich selbst bestimmendes Subjekt, durchsetzen und behaupten will – gegen *mich*.«¹⁰⁴ (Siehe auch Kap. VII/4)

¹⁰¹ Spaemann: *Schritte über uns hinaus*, Bd. II, a. a. O., S. 89.

¹⁰² Vgl. Traufetter, Gerald: *Triumph über das Morden*, in: *Spiegel*, 15 (2002), S. 214. Vgl. dazu auch: Langenbach, Jürgen: *Empathie und Hilfe in der Not: Eine Ratte lässt die andere nicht im Stich*, in: *Die Presse*, Ausgabe vom 12. Dezember 2011, S. 25.

¹⁰³ Das Werk erlebte 2006 eine Neuauflage und ist als Volltext einsehbar unter http://www.deutschestextarchiv.de/book/view/roux_kampf_1881?p=9

¹⁰⁴ Greshake: *Der dreieine Gott*, a. a. O., S. 448.

Dass wir Leben so nicht wahrnehmen *müssen*, leuchtet in dem Maße ein, als wir uns bewusst machen, dass die skizzierte Sichtweise der abendländischen *Moderne*, mit all ihren Ausprägungen in Denkstil, Experimentalsystem bis hin zum Einzelexperiment, eine *kulturparadigmatisch-spezifische* und keine notwendige darstellt. Eine andere kann prinzipiell jederzeit an deren Stelle treten; genauso wie das Wirklichkeitsverständnis der Moderne das jüdisch-christliche Kulturparadigma ablöste.

Auf diese Weise würde sogar deutlich, dass die wissenschaftszentrierte Neuzeit – soweit bekannt – die einzige Kultur darstellt, die das Phänomen der *Selbsttranszendenz* nicht (mehr) im Verständnis des Lebens/Geistes einzuordnen vermag; denken wir allein an das – für Spaemann kulturprägende – Postulat von Hume, dass der Mensch bzw. das Lebendige nicht in der Lage sei, einen Schritt über sich hinaus zu tun.

Unter kulturparadigmatischer Voraus-Setzung des *Geistes* als Grundelement der Wirklichkeit¹⁰⁵ ist nicht nur eine Wahrnehmungsweise möglich, die nicht genötigt ist, Kommunikation/Finalität aus Interaktion/Kausalität herzuleiten, sondern darüber hinaus in der Lage ist, die Differenzierung zwischen Finalität als Selbsterhaltung und Finalität als Selbsttranszendenz vorzunehmen.

Dadurch wäre es möglich, zwischen positiven und negativen Gestalten von Selbsterhaltung bzw. Selbstwerdung zu unterscheiden, ohne alle Weisen von Selbstsein notwendigerweise selbstbehauptungsfunktional begreifen zu müssen. Unterstützend könnten hierbei sowohl das vom Physiker unter den Autoren kreierte HX-Schema (siehe Kap. VII/4) wie das vom Kommunikationswissenschaftler entwickelte und nachfolgend dargestellte Kommunikations-Gradientenmodell¹⁰⁶ angeführt werden. (s. Abb. 55).

Zu den Gradienten: Mit dem *Vermögen* (der *Fähigkeit*) zur Kommunikation auf der einen steigt die *Notwendigkeit* zu kommunizieren auf der anderen Seite. Mit der zunehmenden *Möglichkeit* zu *positiven* (+) Gestalten von Kommunikation nimmt die *Möglichkeit* zu *negativen* (–) Gestalten zu; kein Tier kann so grausam sein wie der Mensch. Umgekehrt kann kein Tier so selbstlos agieren wie ein

¹⁰⁵ Wie dies bei allen großen Überlieferungen der Menschheit der Fall ist.

¹⁰⁶ Vgl. dazu Hamberger, Erich: *Transdisciplinarity. A Scientific Essential*, in: Bradlow, Leon H. et al. (Eds.): *Signal Transduction and Communication in Cancer Cells*, New York 2004, S. 487–496, hier S. 493.

VIII. Auf dem Weg zu einer allgemeinen Theorie der Kommunikation

Mensch, weil es nicht in dem Maße mit Selbst-Bewusstsein ausgestattet ist.

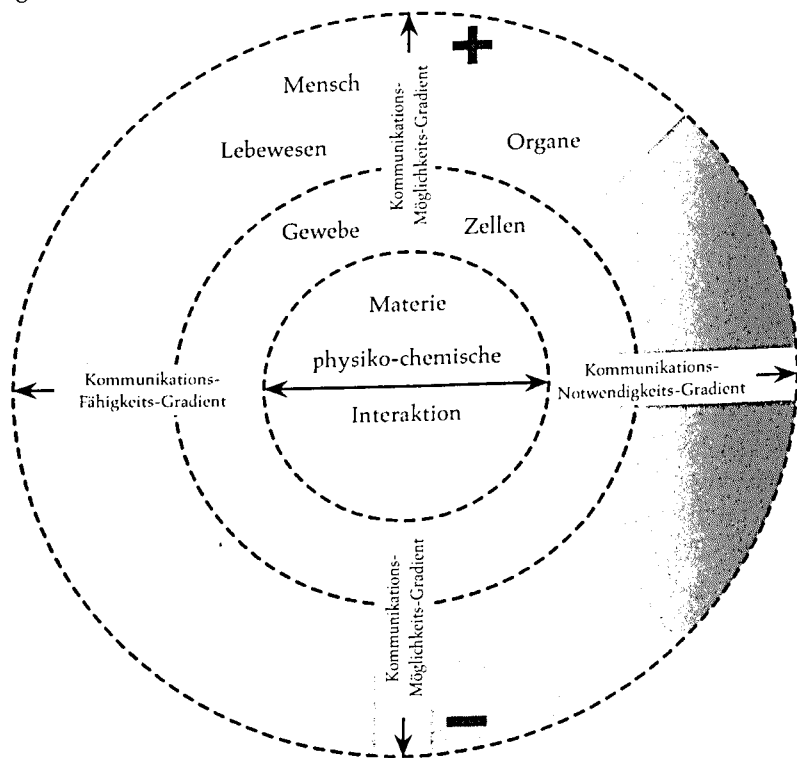


Abb. 55: Kommunikationsgradientenmodell

Vor diesem Hintergrund würde deutlich, dass Leben – je niederkomplexer, desto offenkundiger – gerade durch die Möglichkeit zur »Selbsttranszendenz« gekennzeichnet ist und hypertrophe Selbstbehauptung (auf Kosten von anderen) eine Zerr-Gestalt von Leben darstellt. Zahlreiche biowissenschaftliche und medizinische Arbeiten lassen sich nicht nur in dieser Hinsicht lesen, sondern scheinen kaum eine andere Deutung zuzulassen.

Joachim Bauer gibt dazu ein bemerkenswertes Beispiel von Kooperation im Bereich einzelliger Lebewesen in Gestalt der auf Waldböden lebenden Amöbenart *Dictyostelium discoideum*. Die Vertreter dieser Art können alleine leben und ernähren sich von Bakterien. Was

passiert, wenn diese Nahrungsquelle am Versiegen ist, schildert Bauer wie folgt:

»Wenn Bakterien knapp werden, kann die Amöbe ein Signal aussenden, welches von anderen, in der Nähe lebenden Amöben erkannt wird, worauf sich zahlreiche Amöben langsam, aber sicher aufeinander zubewegen. Tausende, manchmal Hunderttausende der Amöben verkleben und bilden eine Art schleimige Schnecke, die sich ihrerseits einige Zentimeter weit bewegen kann. Die vormalig selbstständigen Amöbenzellen innerhalb der Schnecke bilden in ihrem Inneren einen Fruchtkörper [...], der mit Sporen gefüllt ist, aus denen neue Amöbenzellen hervorgehen können. Das Geniale ist nun aber, dass zunächst etwa 20 Prozent der in der Schnecke lebenden Amöbenzellen »freiwillig«, das heißt selbst gesteuert, absterben, um mit ihren Zellresten einen etwa zwei Millimeter nach oben gehenden Stiel zu bilden (zwei Millimeter sind aus der Perspektive einer Amöbe ein Hochhaus der Superklasse). Die lebenden Amöben innerhalb der Schnecke wandern nun auf diesen Stiel hinauf und haben dort eine optimale Chance, durch vorbeilaufende Käfer, Würmer und ähnliche Waldbewohner gestreift zu werden und so ihre Sporen auf die Reise zu schicken. Die 20 Prozent der Zellen, die zwecks Bildung des Stiels »freiwillig« abgestorben sind, hatten also eine ganz besonders markante Form von Kooperation gezeigt.«¹⁰⁷

Das umgekehrte Bild zeigt sich, wenn Frederic Vester *Krebs* als »paralleles Leben« beschreibt, das sich privatistisch ausbreitet¹⁰⁸; oder wenn Gebtsattel aus seiner jahrzehntelangen Praxiserfahrung als Psychotherapeut heraus die Aussage tätigt, dass die allermeisten psychischen Erkrankungen des Menschen Ausdruck von *Werdensverweigerung* seien;¹⁰⁹ oder: wenn Gertrud Festetics aufzeigt, wie man die offensichtlich *unnormalen* Erfahrungen des französischen Schriftstellers Gustave Flaubert – ohne Möglichkeit eines positiven Vorbildes – nur mehr in eine Richtung, als *abnormal*, zu charakterisieren vermochte.¹¹⁰

Die theoretische Hilfestellung, die die Kommunikationswissenschaft aktuell für die Biowissenschaften bereitzustellen imstande ist, fußt primär auf deren know-how hinsichtlich *interpersoneller* Kommunikation bzw. der damit verbundenen und oben dargelegten

¹⁰⁷ Bauer, Joachim: *Prinzip Menschlichkeit. Warum wir von Natur aus kooperieren*, aktual. TB-Ausgabe, München 2008, S. 127 f.

¹⁰⁸ Vgl. Fester, Frederic: *Krebs: Fehlgesteuertes Leben*, München 2000.

¹⁰⁹ Gebtsattel: *Prolegomena einer medizinischen Anthropologie*, a.a.O.

¹¹⁰ Festetics, Gertrud: *Der Fall Flaubert. Wissenschaftshistorische Analyse einer Verleumdung*, Univ. Diss., Wien 2003.

prinzipiellen Differenzierung zwischen Kommunikation und Interaktion.

Dieser Zusammenhang soll anhand der Skizzierung einer geistesgeschichtlichen Verlaufsfigur zu immer eingegrenzteren *causae* im Kontext des Gesundheits- bzw. Krankheitsverständnisses in der europäischen Moderne veranschaulicht werden, bezeichnet als »Erkenntnistrichter«.

Bis ins 17. Jahrhundert dominiert auch in Europa die – aus der Vormoderne tradierte – *4-Säfte-Lehre*, die sogenannte *Humoralpathologie*, die in einem ganzkörperlichen Säftegleichgewicht die eigentlichen Krankheitsursachen erblickt. Mit dem 18. Jahrhundert gewinnt – u. a. durch das Aufkommen der naturwissenschaftlichen Erkenntnismethode – die *Organpathologie* an Bedeutung; nicht zuletzt durch ein besseres Verständnis der Funktions- bzw. Fehlfunktionsweisen einzelner Organe. Sehr gut wird dies deutlich bei der von van Swieten (1700–1772), dem Leibarzt Maria Theresias, eingeführten medizinischen Praxis einer Kombination aus *Kranken-Beobachtung* (humoraler Aspekt) einerseits und *Befundverifizierung* durch Obduktion, d. h. anatomisch-experimentelle Ermittlung des Ortes der Krankheit (organpathologischer Aspekt), andererseits.¹¹¹

Mitte des 19. Jahrhunderts beginnt sich mit Virchow die *Zellularpathologie* durchzusetzen, nachdem kurz zuvor (1838) die Existenz von Zellen nachgewiesen werden konnte. Schließlich rückt ab den 1960er Jahren – mit dem Siegeszug der Molekularbiologie – die *Molekularpathologie* ins Zentrum; gegenwärtig ist für viele Krankheiten ein Gen-Lokus (oder mehrere Gen-Loci) ausfindig gemacht.¹¹²

Damit wird die grundlegende Dimension von Krankheitsursachen nicht länger – wie bislang – auf Ebenen der *Kommunikation* (Organismus, Organ, Zelle), sondern erstmals auf Ebene der *Interaktion* (Moleküle) gesehen. Im Schaubild lässt sich der Zusammenhang so darstellen:

¹¹¹ Vgl. Stanger, Olaf: *Die Entwicklung der modernen physikalischen Diagnostik und deren Anwendung in der Herz-Thorax-Chirurgie*, in: *Chirurg* 72 (2001), S. 853–860.

¹¹² Als Gegenentwürfe zu dieser zunehmenden Spezifizierung des Entstehungs-Ortes einer Krankheit tauchen – vermehrt in der 2. Hälfte des 20. Jhs. – von der Schulmedizin meist kritisch gesehene *ganzheitliche Pathologien* auf. Diese Ansätze finden speziell bei chronischen Krankheitsbildern auch in der sog. Schulmedizin vermehrt Toleranz, freilich ohne in deren Schema zu passen.

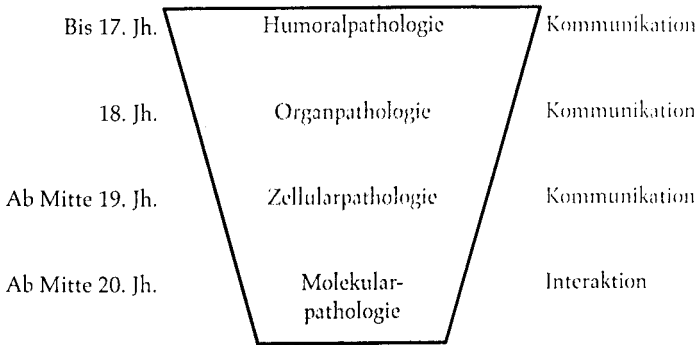


Abb. 56: »Erkenntnistrichter«

Die Graphik veranschaulicht darüber hinaus, dass die aktuellen Lebenswissenschaften von Methoden und Techniken aus Physik und Chemie geprägt sind, die ihrerseits wiederum das biowissenschaftliche Verständnis von »Mitteilung« bzw. »Kommunikation« / Interaktion im Sinne linear-kausaler Schemata prägen. Aktuell scheint sich dieser »Erkenntnistrichter« durch die zunehmende Fokussierung auf biomathematische Methoden noch weiter »interaktional« zu verengen in Richtung einer *Bio-Mathematik-Pathologie*¹¹³ (vgl. Abb. 57).

Die entscheidende Herausforderung für die aktuelle *Biologie* und *Medizin* stellt unseres Erachtens die (erneute) Öffnung der skizzierten »Erkenntnisstenose« dar (vgl. Abb. 58). Eine wesentliche Hilfestellung könnte hierbei der oben dargelegte Biokommunikationsansatz bzw. dessen Etablierung in Biologie und Medizin bilden.¹¹⁴

¹¹³ Vgl. Senn: *Mathematisierung der Biologie*, a. a. O.

¹¹⁴ Vgl. Hamberger, Erich: *Die Relevanz des dialogischen Subjektbegriffs von Ferdinand Ebner für die modernen Biowissenschaften*, in: Bidese, Ermenegildo; Hörmann, Richard; Zucal, Silvano (Hrsg.): *Pneumatologie als Grammatik der Subjektivität: Ferdinand Ebner*, Wien – Berlin 2012, S. 215–246.

VIII. Auf dem Weg zu einer allgemeinen Theorie der Kommunikation

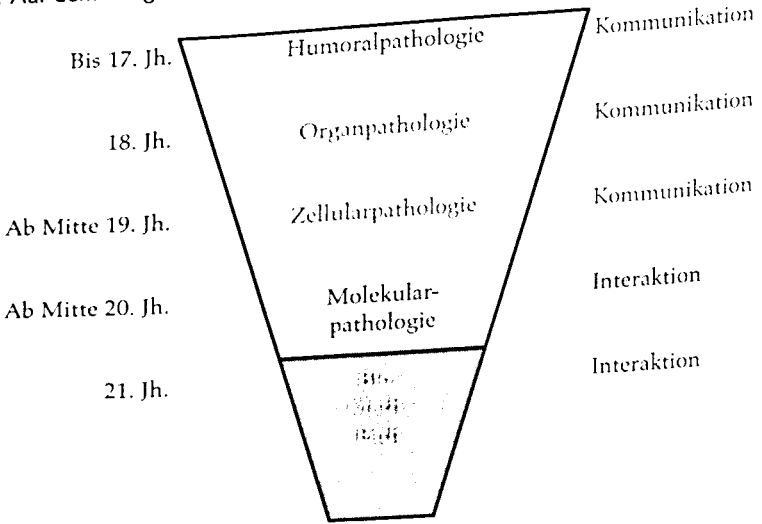


Abb. 57: Erkenntnis->Stenose«

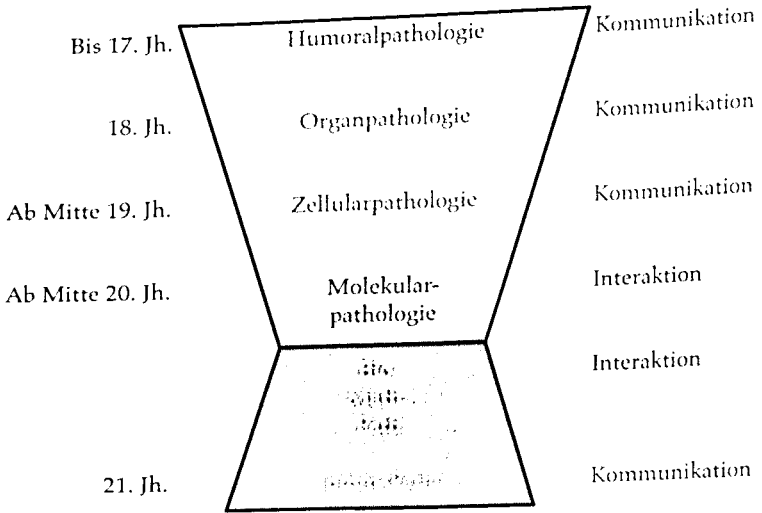


Abb. 58: Erkenntnistrichter-Erweiterung

