

Darf man außerhalb der Physik von Komplementarität und Verschränkung sprechen?

Wenn Frau Schuchardt vom „Komplementaritätsmodell Krisenmanagement“ und von der „weltordnenden Figur der Komplementarität“ spricht, dann bedient sie sich einer Begrifflichkeit, die der Quantenphysik entstammt. Als Physiker fragt man sich nach der Berechtigung eines solchen Vorgehens. Wenn jede größere Veränderung als Quantensprung und jede irgendwie geartete Verbundenheit als Verschränkung bezeichnet wird, dann liegt ein ärgerlicher Missbrauch quantentheoretischer Begriffe vor, der spekulativ das durch kontrollierte Schärfe und Genauigkeit erworbene Ansehen der Physik für eher obskure Zwecke in Anspruch nehmen will. Wenn man Frau Schuchardts nach meiner Überzeugung durchaus legitime Verwendung quantentheoretischer Begriffe von missbräuchlicher Usurpation unterscheiden will, ist zweierlei geboten:

Eine genaue Beschreibung des Bedeutungskerns quantentheoretischer Begriffe wie Komplementarität und Verschränkung.

1. Eine Untersuchung, ob und wo dieser Bedeutungskern auch jenseits der Physik bedeutsam und sinnvoll anwendbar ist.

Beides soll im Folgenden in aller gebotenen Kürze geschehen.

Komplementarität außerhalb der Physik

Beginnen wir mit einer genaueren Beschreibung des quantentheoretischen Komplementaritätsbegriffes. Im weitesten Sinne heißt „Komplementarität“ einfach „Ergänzung“ und wird umgangssprachlich auch in diesem Sinne gebraucht. Ergänzung begegnet uns in verschiedenen Formen:

- Materielle, mengenartige Ergänzung: So ergänzen sich die Ober- und Unterseite eines Brötchens oder Ost- und Westberlin jeweils als Teile zu einem Ganzen.
- Ergänzung durch Hinzunahme des Gegenteils, wie sie im Zusammenwirken unterschiedlicher Charaktere in einer gelungenen Partnerschaft segensreich wirkt.
- Aspektuelle Ergänzung: Ein Gebäude sieht von vorn und hinten verschieden aus. Beide Ansichten zusammen geben ein vollständigeres Bild des Ganzen.

Der quantentheoretische Komplementaritätsbegriff unterscheidet sich in höchst charakteristischer und subtiler Weise von derartigen einfachen Ergänzungsbeziehungen. Das Standardbeispiel ist die Komplementarität von Ort und Geschwindigkeit eines bewegten materiellen Körpers, die allerdings nur an sehr kleinen Körpern von atomaren Dimensionen deutlich sichtbar wird. Es ist prinzipiell nicht möglich, einem Körper zugleich einen Ort und eine Geschwindigkeit mit beliebiger Genauigkeit zuzuschreiben. Je genauer der Ort gemessen und damit bekannt ist, desto ungewisser ist der Ausgang einer Geschwindigkeitsmessung. Und umgekehrt wird mit zunehmender Kenntnis der Geschwindigkeit der Ort immer ungewisser. Für große und schwere Körper wie Tische und Steine fallen diese Unbestimmtheiten allerdings nicht ins Gewicht, da sie weit unterhalb der erreichbaren Messgenauigkeiten liegen. Im atomaren Bereich sind diese Unbestimmtheiten dominant und bestimmen das befremdliche Verhalten mikroskopischer Systeme. Bei aller Befremdlichkeit ist die Quantenmechanik eine millionenfach bestätigte und niemals durch abweichende experimentelle Befunde in Frage gestellte Theorie, ohne die zum Beispiel das Funktionieren elektronischer Geräte nicht zu verstehen wäre.

Die Lehren, die sich aus der quantenmechanischen Komplementarität von Ort und Geschwindigkeit ergeben, sollten deutlich betont werden:

- Die Messgrößen oder, wie man in der Sprache der Quantentheorie sagt, *Observablen* „Ort“ und „Geschwindigkeit“ ergänzen einander. Beide sind zur Beschreibung der Bewegung eines Körpers nötig, auf keine von beiden kann

verzichtet werden. Beide sind weder Ergänzungen im materiellen Sinne, noch Gegensätze voneinander. Eher könnte man ihr Verhältnis als aspektuell bezeichnen, allerdings in einer sehr besonderen Weise:

- Nicht nur schließen verschiedene Aspekte einander in dem Sinne aus, dass jeweils nur einer von ihnen angenommen werden kann, sondern die aus dem einen Aspekt A gewonnenen Ergebnisse machen die vorher aus einem anderen dazu komplementären Aspekt B gewonnenen Erkenntnisse unsicher. Eine erneute Betrachtung unter dem Aspekt B wird im Allgemeinen nicht mehr zu demselben Ergebnis führen wie die vorige Anwendung von B. Mit anderen Worten: Es ist nicht möglich, komplementären Observablen (Aspekten) zugleich sichere, faktisch gültige Werte („Messergebnisse“) zuzuschreiben. Komplementarität führt zu einer Einschränkung simultaner Prädizierbarkeit. Insbesondere kommt es auf die Reihenfolge der Prädizierungen an, da jeweils nur die letzte faktisch gewiss ist. Messungen, also Beobachtungen unter einem bestimmten Aspekt, registrieren nicht einfach einen objektiv vorliegenden Sachverhalt, der auch ohne Messung gegeben wäre, sondern sind in gewisser Weise „Zumessungen“, die einen neuen Zustand erzeugen, in dem das Ergebnis der Messung faktisch sicher ist, die Ergebnisse der Messung komplementärer Größen aber unbestimmt sind.

Solche „quantenartigen“ Verhältnisse: Fakten schaffende und den Zustand verändernde statt bloß registrierende Funktion von „Messungen“ und Einschränkung simultaner Zuschreibungen durch Komplementarität sind bei näherer Betrachtung in unserer Lebenswelt außerhalb der Mikrophysik keineswegs unmöglich oder auch nur ungewöhnlich, sondern, wenn auch unausgesprochen oder unter anderen Bezeichnungen, vertraut und geradezu die Regel¹. Sie sind gegeben, wo immer der menschliche Geist und seine Hervorbringungen im Zentrum stehen. Die menschliche Psyche aus der inneren Perspektive der Selbstbeobachtung ist ein erstes klares Beispiel: Durch Selbstbeobachtung des eigenen psychischen Zustandes wird dieser ipso facto verändert. Ähnliche Verhältnisse sind auch in Diskurs- oder Glaubenssystemen zu erwarten.

Kein Kunsthistoriker wird darauf bestehen, dass ein Diktum wie „In der Sixtinischen Madonna liegt mehr Apollinisches als Dionysisches“ einfach nur die Registrierung eines schlicht bestehenden Tatbestandes sei. Er wird mit Selbstbewusstsein um den Fakten schaffenden und Gültigkeit fordernden Charakter seiner Aussage wissen.

Komplementaritäten sind in der Lebenswelt allgegenwärtig. Ein komplementäres Begriffspaar im Sinne einer verallgemeinerten Quantentheorie sind beispielsweise Güte und Gerechtigkeit. Auf keines von beiden kann im menschlichen Umgang verzichtet werden. Beide stehen in einem Spannungsverhältnis zueinander ohne direkte Gegensätze voneinander zu sein. Mehr Güte bedeutet nicht unbedingt weniger Gerechtigkeit. Allerdings wird etwa bei Festlegung auf ein hohes Maß von Güte die Kontrolle über den Grad an Gerechtigkeit durch Unbestimmtheit abgeschwächt. Umgekehrt wird bei Entscheidung für hohe Gerechtigkeit das Ausmaß der Güte ungewiss. Weitere Beispiele für Komplementarität in eben diesem Sinne sind Kreativität und Rationalität, Gleichheit und Gerechtigkeit oder Individualität und Soziabilität.

Die von Frau Schuchardt eindrucksvoll aufgezeigten Dilemmata im inklusivischen Umgang mit Behinderten lassen sich zwanglos als Auswirkungen von Komplementaritäten deuten²:

Komplementarität zwischen Fürsorge und Gewährung von Autonomie, Komplementarität zwischen Einbeziehung und individueller Rücksichtnahme bei der Einbettung von Menschen mit besonderen Schwierigkeiten in eine Gemeinschaft. Gelingen gibt hier es nur im weisen und einfühlsamen Umgang mit solchen Komplementaritäten, wie ihn Frau Schuchardts Vorfahre Pfarrer Hermann Schuchardt mit überlegener menschlicher Kompetenz vorgelebt hat. Dogmatische Versteifung auf eine Seite trotz bestehender Komplementarität, etwa Überbetonung der Autonomie gegenüber der Fürsorge oder der Einbeziehung gegenüber der

individuellen Rücksichtnahme führt, auch, wenn sie noch so gut gemeint ist, zum Scheitern. Es ist schwierig bis unmöglich, feste Regeln für den erfolgreichen Umgang mit Komplementaritäten anzugeben. Der Grund dafür ist eine weitere Komplementarität: Normentreue gegen Einzelfallgerechtigkeit.

Wie bereits mehrfach erwähnt, wird bei einem quantentheoretischen Messprozess nicht einfach ein bestehendes Faktum registriert. Vielmehr wird aus Potentialität neue Faktizität geboren, allerdings in einer solchen Weise, dass das faktische Messergebnis nicht vollständig der Kontrolle des Messenden unterliegt, sondern in seiner Unverfügbarkeit Zeugnis von der „*Widerständigkeit der Welt*“ ablegt. (Diese Widerständigkeit der Welt unterscheidet übrigens eine quantentheoretisch inspirierte Weltsicht deutlich von einer konstruktivistischen Position.) Einbruch von Faktizität geschieht auch bei jedem schöpferischen Akt und ebenfalls -für uns hier besonders wichtig- bei jedem nach einigem Ringen zum Durchbruch gekommenen Handlungsentschluss. Die Ähnlichkeit zur quantentheoretischen Messung ist so groß, dass man eine innere Verwandtschaft und nicht nur eine äußere Analogie annehmen sollte. Jeder nicht ganz triviale Handlungsentschluss ist im Vorfeld konflikthaft. In ihm wird mit einiger Plötzlichkeit ein Übergang vom Erwägen zum Entscheiden und Handeln von Potentialität in Faktizität vollzogen. Die „*Widerständigkeit der Welt*“ zeigt sich in der Schwierigkeit, den Rubikon zu überschreiten, der das Abwägen vom Entscheiden und Handeln trennt, und die den letztendlichen Entschluss, so sehr er aus dem Innersten des Akteurs kommt, doch in seinen Einzelheiten des Zustandekommens dessen vollständiger Kontrolle entzieht.

In der Quantenphysik hat diese Struktur ihre tiefe Entsprechung in der „*Nichtexistenz der Bahn*“³: Um genau zu beschreiben, wie ein Körper von einem Anfangsort zu einer Zeit t_1 zu einer Endlage zur Zeit t_2 gelangt, müsste man alle seine Orte zu allen Zeiten zwischen t_1 und t_2 kennen. Damit wären aber auch die Geschwindigkeiten zu allen Zwischenzeiten bekannt, was wegen der Komplementarität von Ort und Geschwindigkeit unmöglich ist. Es ist somit nicht möglich, in allen Teilen genau zu sagen, wie der Körper von einem Ort zum anderen gelangt ist.

Unsere Selbstbeobachtung zeigt, dass es ebenso wenig möglich ist, die genaue Abfolge von Motivationen, Gründen und Stimmungen anzugeben, die uns nach schwerer, konfliktreicher Erwägung letztlich zu einer Entscheidung geführt haben.

Frau Schuchardts Komplementärmodell Krisenmanagement lässt sich m.E. sehr gut in den begrifflichen Rahmen einer verallgemeinerten Quantentheorie einfügen. Sowohl die individuelle Krisenverarbeitung im achtfachen Lebensspiraleweg als auch die kollektive Krisenbewältigung im Drei-Schritte-Umkehrprozess verläuft nicht stetig und gleichmäßig, sondern in Sprüngen und Stufen. Hier zeigt sich die durchbruchartige Plötzlichkeit, mit der bei einer abgeschlossenen Messung oder bei einer Entscheidung Faktizität einbricht und Potentialität beendet wird. Das geschieht im Komplementärmodell Krisenmanagement jeweils beim Erreichen einer neuen Stufe der Krisenbewältigung. Der Weg von einer Stufe zur nächsten ist hingegen nicht in allen Einzelheiten nachvollziehbar. Er ist mit konflikthaften Komplementaritäten gepflastert, von denen wir bereits einige erwähnt haben und deren Aufzählung sich fast beliebig vermehren ließe. Um nur ein weiteres in unserem Zusammenhang bedeutsames Beispiel zu nennen: Bewusstmachen der eigenen psychischen Verfassung und Zulassen ihrer Veränderung stehen sicher in einem komplementären Verhältnis zueinander.

Verschränkung außerhalb der Physik

Die fundamentale Bedeutung der von Erwin Schrödinger so benannten Figur der Verschränkung ist für die Quantenphysik in den letzten Jahrzehnten, nicht zuletzt auch in neuen technischen Anwendungen, immer deutlicher geworden. Verschränkung ist tief in den Grundstrukturen der Quantentheorie verankert, die auch über den Bereich der Quantenphysik

hinaus bedeutsam sind. Verschränkung ist deshalb auch jenseits der Quantenphysik im engeren Sinne zu erwarten⁴.

Verschränkung kann und wird unter folgenden Umständen auftreten:

- Es lassen sich in einem komplexen System Teilsysteme identifizieren. Dann ist eine Unterscheidung zwischen *globalen und lokalen Observablen* bedeutsam, also zwischen Beobachtungsgrößen, die sich auf das System als Ganzes und solchen, die sich auf seine Teile beziehen.
- Es gibt globale Observable, die zu lokalen Observablen der Teilsysteme komplementär sind.
- Das System befindet sich in einem *verschränkten Zustand*. Das ist beispielsweise ein Zustand zu einem faktischen Wert einer globalen Observable, in dem wegen der vorausgesetzten Komplementarität die Messwerte der lokalen Observablen der Teilsysteme notwendig unbestimmt sind.

Dann wird zwar, wie gesagt, das Ergebnis der Messung einer lokalen Observable an einem der Teilsysteme im Allgemeinen unbestimmt sein. Es treten aber eigenartige *Verschränkungskorrelationen* zwischen den Teilsystemen auf: Das Messergebnis an einem Teilsystem lässt Rückschlüsse auf die zu erwartenden Messergebnisse an den anderen Teilsystemen zu.

Zwei Eigenschaften verschränkter Systeme, die auch in unserem Zusammenhang, von entscheidender Bedeutung sind, sollten mit Nachdruck hervorgehoben werden:

1. Verschränkungskorrelationen sind nicht kausaler Natur. Sie beruhen nicht auf kausalen Einwirkungen der Teilsysteme aufeinander und sie sind auch nicht zum Austausch von Einwirkungen oder Signalen zwischen den Teilsystemen verwendbar. Die Bedeutsamkeit nicht kausaler Ordnungsprinzipien für das Verständnis komplexerer Systeme ist eine wichtige Botschaft der Quantentheorie. Gerade unter dem Eindruck der Newtonschen Mechanik und im Geiste eines physikalischen Reduktionismus hat sich eine Haltung herausgebildet, die Verständnis einer Erscheinung mit dem Aufweis eines Kausalzusammenhanges gleichsetzt, der diese Erscheinung hervorruft. Aus der Mitte der Physik kommt nun die Botschaft von der gleichberechtigten Erklärungsleistung gestalthafter, nicht-kausaler Ordnungsstrukturen.
2. Der Gesamtzustand eines Quantensystems bestimmt nicht die Zustände seiner Teilsysteme, sondern lässt ihnen Freiheit durch Unbestimmtheit. Das Ganze residiert in den Verschränkungskorrelationen zwischen den Teilsystemen deren Ursprung darin besteht, dass diese gemeinsam in den Zusammenhang eines verschränkten Zustandes des Gesamtsystems treten. Der *holistische Charakter* eines verschränkten Systems zeigt sich darin, dass der Zustand eines verschränkten Systems nicht durch faktische Aussagen über seine Teilsysteme bestimmt ist.

Als ein erstes Beispiel für einen verschränkungsartigen Zusammenhang sei das Miteinander der Teile eines gelungenen Kunstwerkes, etwa eines Gemäldes, genannt. Das Ganze erzwingt nicht die Ausprägung aller Teile, es lässt ihnen Freiheit und äußert sich nur in ihrem Zusammenspiel, das natürlich nicht in Kausalzusammenhängen besteht. Jede Einzelheit hätte anders ausfallen können, aber das Ganze wirkt vollkommen. Schiller spricht in seinen ästhetischen Schriften von „Freiheit in der Erscheinung“⁵.

Verschränkungserscheinungen sollte man in eng verbundenen menschlichen Gemeinschaften immer dann erwarten, wenn die Verbundenheit nicht zwanghaft alle Einstellungen und Handlungen der Beteiligten festlegt, sondern Freiheit lässt. (Vergl. Anm. 4.) Auch unter dem Gesichtspunkt der Verschränkung bieten sich Frau Schuchardts Überlegungen zur Inklusion in einer hoffentlich aufschlussreichen Weise zur Einbettung in

eine quantentheoretisch inspirierte Begrifflichkeit an. Ihre Aufforderung zu ganzheitlicher Umsichtigkeit, Behutsamkeit im Umgang mit Widersprüchlichem und Respektierung von Freiheit lässt sich vielleicht in einem solchen Rahmen ein wenig genauer fassen und theoretisch begründen. Den Aufruf zur Überwindung von „Kopf-Barrieren“ kann man als Appell verstehen, sich wirklich auf die Integration in ein verschränktes System einzulassen.

Verschränkung wird, entsprechend dem holistischen Charakter verschränkter Systeme, nur bei ganzheitlicher Betrachtung sichtbar und spürbar. Hierbei ist oft nicht auf den ersten Blick erkennbar, was alles in den Verschränkungszusammenhang hineingehört.

Betroffen sind hierbei zunächst die Mitglieder einer konkreten zur Inklusion vorgesehenen und eingeladenen Gruppe zusammen mit ihren Betreuern, in weiterem Sinne alle an Inklusion als betreut, betreuend, nachdenkend oder organisierend Beteiligten.

Gelingende Inklusion besteht, wie bereits gesagt, im behutsamen, recht beratenen Umgang mit Komplementaritäten. Hierzu gehört Zurückhaltung von vorschnellen Prädikationen, also kurzschlüssigen Zuschreibungen oder Einordnungen. Dies geschieht am ehesten im weiten und Freiheit aller Teile gewährenden Rahmen eines großen verschränkten Systems. Hier determiniert das Ganze nicht die Teile, zeigt sich aber in Korrelationen zwischen ihnen.

Wir haben sehr nachdrücklich betont, dass Verschränkungskorrelationen weder auf Einwirkungen der Teile aufeinander beruhen, noch zu solchen verwendet werden können. In verschränkten Systemen geschieht genau das, was Frau Schuchardt als Abkehr von der „Einbahnstraße der Maßnahmen“ und als Beschreiten der „Zweibahnstraße der Wechselwirkungen“ fordert. (In unserer Terminologie sollte man vielleicht besser von Wechselbeziehungen statt von Wechselwirkungen sprechen.) In der Tat ist „Erfolg“ in einem Verschränkungszusammenhang nicht das Ergebnis von Effekterzwingung. Er darf vielmehr erhofft werden, wenn ein zwangloser Verschränkungszusammenhang günstige Bedingungen für sein Eintreten schafft.

Freiheit und Verzicht auf unnötige Festlegungen auf allen Ebenen ist es in dem weiten, komplexen und zutiefst problematischen Feld der Inklusion, was Gelingen und Wahrung ethischer Anliegen an besten ermöglicht. Strategisch planende Sozialingenieure befinden sich mit ihrer Fixierung auf kausale Einwirkungen auf der „Einbahnstraße der Maßnahmen“ und laufen Gefahr, trotz bester Absichten kontraproduktiv zu wirken. Dasselbe gilt für das Bestreben, durch möglichst genaue rechtliche Normierung und Festschreibung von Anforderungen und Ansprüchen Gleichheit und Eindeutigkeit zu schaffen.

Mit ihrer ganzheitlichen, bis in die Darstellungsform ihres Buches hinein bildhaften, klassifizierende Festlegungen und einseitig gerichtete Einwirkungen vermeidenden und Freiheit überall fördernden Einstellung könnte Frau Schuchardt bei Sozialingenieuren und Verrechtlichern vielleicht auf professionelles Kopfschütteln stoßen, aber gerade dadurch die Möglichkeit gelingender Inklusion offen halten.

¹ Unter der Bezeichnung „Verallgemeinerte Quantentheorie“ wurde ein formaler Rahmen für eine kontrollierbare Anwendung quantentheoretischer Grundstrukturen außerhalb der Physik geschaffen. Wir wollen diesen Beitrag nicht durch allzu viele Literaturhinweise zur Verallgemeinerten Quantentheorie und ihren zahlreichen Anwendungen belasten. Genannt seien hier nur die grundlegenden Arbeiten

H. Atmanspacher, H. Römer, H. Walach: *Weak Quantum Theory: Complementarity and Entanglement in Physics and Beyond*, *Foundations of Physics* **32**, (2002), 379-406;

H. Atmanspacher, T. Filk, and H. Römer. Weak quantum theory: Formal framework and selected applications. In G. Adenier, A. Yu. Khrennikov, and T.M. Nieuwenhuizen, editors, *Quantum Theory: Reconsiderations and Foundations*, pages 34-46, American Institute of Physics, New York, 2006.

Für neuere Entwicklungen siehe Th. Filk, H. Römer: *Generalized quantum theory: Overview and latest developments*. *Axiomathes*, 21,2 (2011), 211--220; DOI 10.1007/s10516--010--9136--6, 2011

Für weitere Literatur verweisen wir auf die Internetseite des Autors: <http://omnibus.uni-freiburg.de/~hr357>

² Bei anderen Beispielen, wie geozentrisches vs. Heliozentrisches Weltbild, Corioliskraft, „Komplementärrotation“ der Erde um sich selbst, altgriechischer Januskopf, altkirchliches Christussymbol... handelt es sich m.E. um Komplementaritäten im einen allgemeineren, umgangssprachlichen, nicht spezifisch quantentheoretischen Sinne.

³ H. Römer: "Konsistente und inkonsistente Geschichten", 13. Januar 2007, Vortrag WGFP-Tagung, Offenburg Nov.2006, *Zeitschrift für Parapsychologie und Grenzgebiete der Psychologie* 47/48/49, (2012), 21-41

⁴ Näheres, insbesondere viel Beispiele bei H. Römer: *Verschränkung*, Jan. 2008, in M. Knaup, T. Müller, P. Spät (Hg): *Post-Physikalismus*, , Verlag Karl Alber, (Freiburg / München) 2011, ISBN 978-495-48464-7.

⁵ F. Schiller: Kalliasbriefe an Körner; H. Römer: *Schöpfermacht und Unverfügbarkeit*, Jan 2013, Beitrag zum 12. Mannheimer Ethik-Symposium, Mannheim 6.10.2012; H. Kick, Th. Sundermeier Hrsg.: *Gewalt und Macht, Psychotherapie, Gesellschaft und Kunst, Reihe Affekt, Emotion, Ethik*, Bd 13, S. 61-80, Litt Verlag, Münster 2014.