

Verallgemeinerte Quantentheorie

Hartmann Römer

Physikalisches Institut der Universität Freiburg

<http://omnibus.uni-freiburg.de/~hr357>

Bonn, 15. 4. 2019

Verallgemeinerte Quantentheorie (VQT)

- Formal-begrifflicher Rahmen, in dem quantentheoretische Figuren wie Komplementarität und Verschränkung wohl definiert und weit über den Bereich der Physik hinaus anwendbar sind. **In uns und um uns herum geht es weithin quantenartig zu.**
- Kein Physikalismus, Reduktionismus, Materialismus, Naturalismus.
- Viele Anwendungen. Hier Konzentration auf ontologische und erkenntnistheoretische Konsequenzen und auf Verwandtschaft mit NR.

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

Th. Filk, H. R.: *Generalized quantum theory: Overview and latest developments*. Axiomathes, 21,2: 211--220; DOI 10.1007/s10516--010--9136--6, 2011

(Verallgemeinerte) Quantentheorie

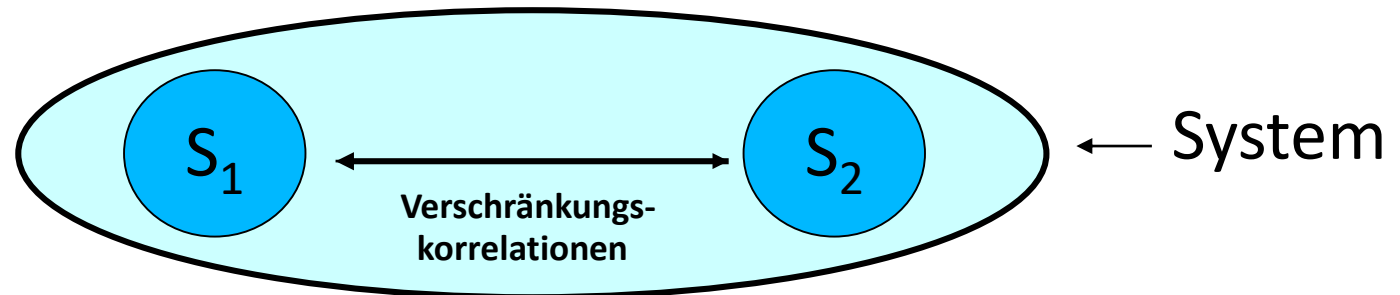
- *System* (Identifikation, Isolation, Teilsysteme)
- *Zustand* (veränderlich bei festem System)
- *Observable* (am System untersuchbare Züge), globale und lokale Observable
- *Messung* (Durchführung der Untersuchung zur Observablen A mit Ergebnis a, das *faktische Geltung* hat, beendet *Unbestimmtheit*)
- Nach Messung von A mit Ergebnis a liegt *Eigenzustand* z_a vor, in dem eine Messung von A mit Sicherheit das Ergebnis a hat. Für *komplementäre* Observable A und B sind Messungen nicht vertauschbar, und zu Messwerten a von A gibt es i.a. keine gemeinsamen Eigenzustände z_{ab} von A und B. (Messung als “*Fest-Stellung*”). Nicht komplementäre Observable heißen *kompatibel*.
- Im Inneren des Menschen geht es quantenartig zu.

Einige komplementäre Paare

Standardbeispiel der Quantenphysik: Ort und Impuls eines Punktteilchens. Beide sind zur Beschreibung seiner Bewegung unverzichtbar. Beide stehen nicht in einem Gegensatzverhältnis zueinander. Aber bei genauerer Kenntnis des einen geht Kontrolle über das andere verloren. Solche Verhältnisse treten auch außerhalb der Physik auf:

Güte–Gerechtigkeit, Rationalität–Kreativität,
Normgerechtigkeit–Einzelfallgerechtigkeit,
Autonomie–Fürsorge, Individualismus–Solidarität (Soziabilität),
Schärfe–Anwendbarkeit von Begriffen, Inklusion–Rücksichtnahme,
Denken–Fühlen, Substanz–Prozess (Nichtexistenz der Bahn),
Aktivität–Kontrolle, Kausalität–Sinn, Physiologie–Psychologie,
Gerechtigkeit–Gleichheit, Messen–Verstehen,
Form–Inhalt, Funktion–Struktur, Klarheit–Tiefe,
Empathie– Selbstbehauptung,...

Verschränkung



- Voraussetzung: **Identifizierbarkeit von Teilsystemen**, Messungen an verschiedenen Teilsystemen i.A. kommensurabel
- **Komplementarität von globalen und lokalen Observablen**
- **Messwerte an Teilsystemen unbestimmt**, aber *Verschränkungskorrelationen* zwischen Teilsystemen: Nicht lokal, nicht kontrollierbar kausal, nicht zur Übermittlung von Signalen und Einwirkungen (miss)brauchbar: **Axiom NT**, oft sinnhaft

Unterschiede zwischen VQT und Quantenphysik

- VQT anwendbar auf allgemeinere nicht nur rein physikalische Systeme.
- Zustände in der VQT bilden i.a. keinen Hilbertraum.
- Keine quantitativen Zuordnungen von Wahrscheinlichkeiten zu Messergebnissen
- Kein Wirkungsquantum h , keine Einschränkung auf mikroskopische Systeme
- Verletzung Bellscher Ungleichungen nicht herleitbar wie in der Quantenphysik. **Unbestimmtheiten brauchen nicht immer ontisch zu sein**, sondern können epistemisch sein.
- Andere Versuche, Quantentheorie über die Physik hinaus anzuwenden, benutzen gewöhnlich den vollen Formalismus der physikalischen Quantenmechanik.

Lehren aus Quantentheorie 1

- Alles ist uns primär nur so und insoweit gegeben, wie es auf unseren inneren Bühne erscheint. „Welt“ als beobachtete hat „phänomenalen Charakter“. Sie ist kein System im Sinne der VQT.
- „Epistemischer Schnitt“ („Heisenberg-Schnitt“ in der Quantenphysik): Jede Erkenntnis ist Erkenntnis von jemandem über etwas. Der epistemische Schnitt zwischen Erkennendem und Erkanntem ist verschiebbar aber nicht aufhebbar. Die letztlich erkennende Instanz steht diesseits des Schnittes („Transzendentes Subjekt“).
- Messung mit faktischem Resultat nicht nur Registrierung, sondern aktive „Feststellung“, „Zumessung“, ändert Zustand, schafft Faktizität (Beispiel: ästhetisches Urteil). Der epistemische Schnitt ist eine Schnittstelle, bedeutet aber keine Subjekt-Objekt-Spaltung (Introspektion!). Beide bleiben engstens verbunden und aufeinander bezogen. 7

Lehren aus Quantentheorie 2

- Fundamentale Bedeutung von Observablen. Sie haben ihren Platz weder nur „innen“ noch nur „außen“, sondern rittlings auf dem epistemischen Schnitt.
- Intentionale Gerichtetheit von Observablen.
- Freiheit in der Wahl der zu messenden Observablen aber „Widerständigkeit der Welt“ in der Unverfügbarkeit der Messresultate. **Wirklichkeitserfahrung** über die epistemische Schnittstelle: **Realismus der VQT, Antikonstruktivismus.**
- Komplementarität: Zumessungen und Prädikationen nicht unbeschränkt miteinander verträglich
- Quantenartige Komplementarität ist die Regel, nicht die Ausnahme. In und um uns geht es quantenartig zu.
- Bedeutsamkeit nicht kausaler, verschränkungsartiger Ordnungsstrukturen

Messung als „Wahrnehmung“

- In der Faktizität des Messergebnisses liegt eine reale Erkenntnis vor. Faktizität entsteht als Ergebnis der Messung. Beobachtetes und Beobachter sind eng verbunden, aber der Beobachter hat keine Verfügung über das Messergebnis.
- Je nach gemessener Observable kommt das „Messergebnis“ durch einfache Sinneswahrnehmung oder unter stärkerer Beteiligung von Symbolisierung zustande, ohne dass eine Formlücke zwischen beiden bestünde. **Messung als (sinnliche) Wahrnehmung**

Physik des Messprozesses?

- Natürlich ist der Messprozess von physikalischen Prozessen begleitet, aber er geht als Erkenntnisprozess nicht in einer physikalischen Beschreibung auf. Kein innerphysikalisches Kriterium qualifiziert einen physikalischen Prozess als Messprozess.
- Die Möglichkeit von Erkenntnis geht jeder Möglichkeit von Physik voran. Zu fordern und gegeben ist nur Konsistenz von Quantentheorie und Erkenntnismöglichkeit.
- Eine genauere Analyse zeigt: Zuerst wird auf kausale Weise ein verschränkter Zustand von Gemessenem und Messinstrument erzeugt, die Korrespondenz von Erkennendem und Erkanntem ist aber eine symbolartige, nicht-kausale Verschränkungskorrelation.
- Die Kopenhagener Deutung der QTH betont zu Recht die enge Verbundenheit von Gemessenem und Messinstrument und den makroskopischen Charakter des Messinstrumentes, bleibt aber physikalistisch und verfehlt deshalb m.E. die richtige Deutung des Messprozesses als Erkenntnisprozess.

Zwei wichtige Quantenphänomene

- **Nicht-Existenz der Bahn:** Wenn man zu jeder Zeit den Ort eines bewegten Punktteilchen kennt, dann wäre auch seine Geschwindigkeit jederzeit bestimmt, was wegen der Komplementarität von Ort und Impuls unmöglich ist. Allgemein ist es in der VQT nicht möglich, bei einem Veränderungsprozess alle Zwischenstufen zu verfolgen. (Beispiel: schöpferischer Akt)
- **Quanten-Zeno-Effekt.** Durch rasch wiederholtes Nachmessen kann die zeitliche Entwicklung eines Eigenzustandes „eingefroren“ werden.

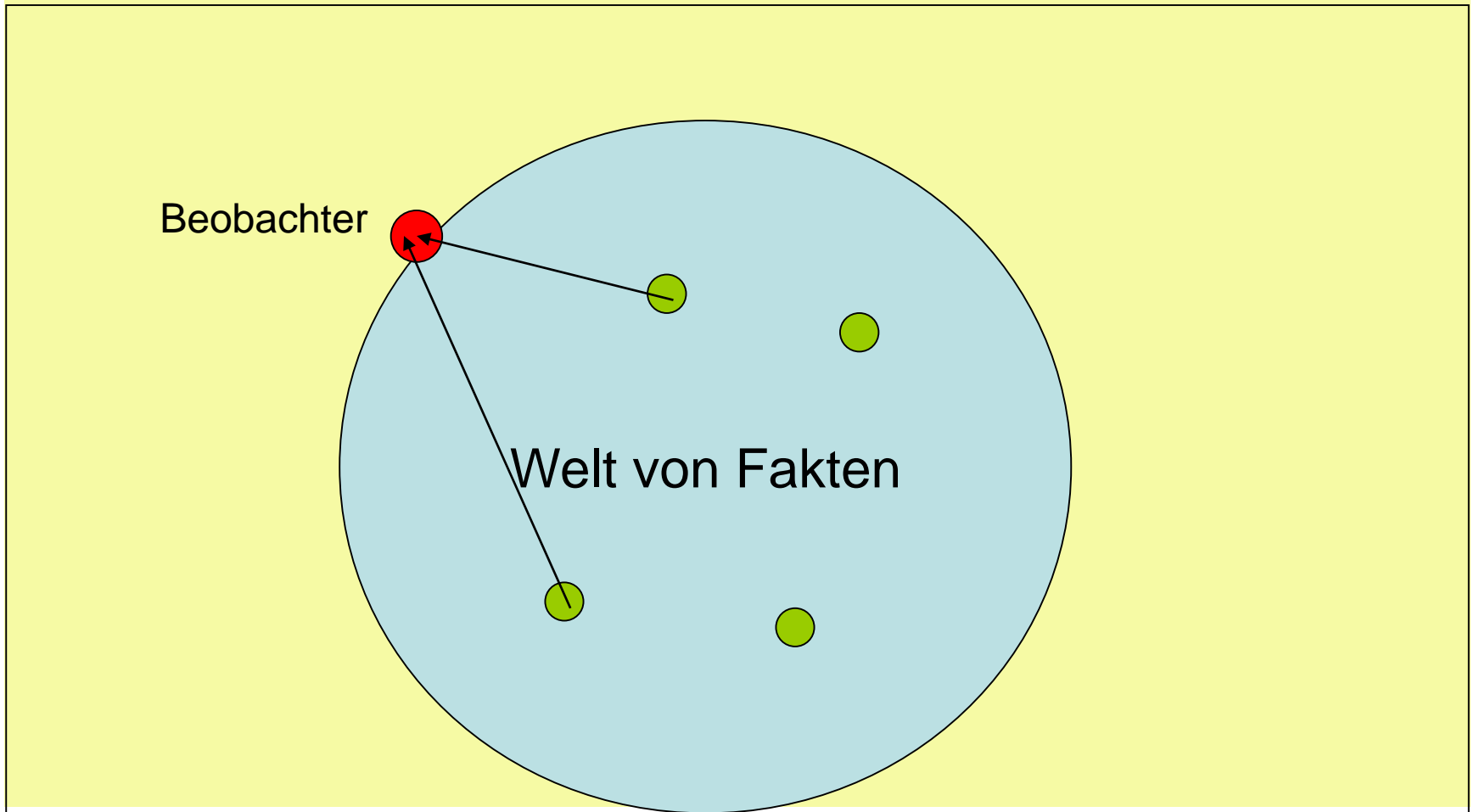
Klassische Ontologie als Sonderfall

- Klassische Ontologie ist der Spezialfall der Quantentheorie, in dem alle Observablen zueinander kompatibel sind, also, im Gegensatz zu komplementären Observablen, die Reihenfolge der Messungen unerheblich ist und allen Observablen jederzeit Werte zugeschrieben werden können.
- Das ist eine starke und höchst fragwürdige Zusatzannahme. (Man denke an Introspektion) Quantentheorien erscheinen als “natürlicher”.
- Aus dieser Perspektive erhebt sich sogar die Frage, wieso uns die „Welt“ als klassisch erscheinen kann.

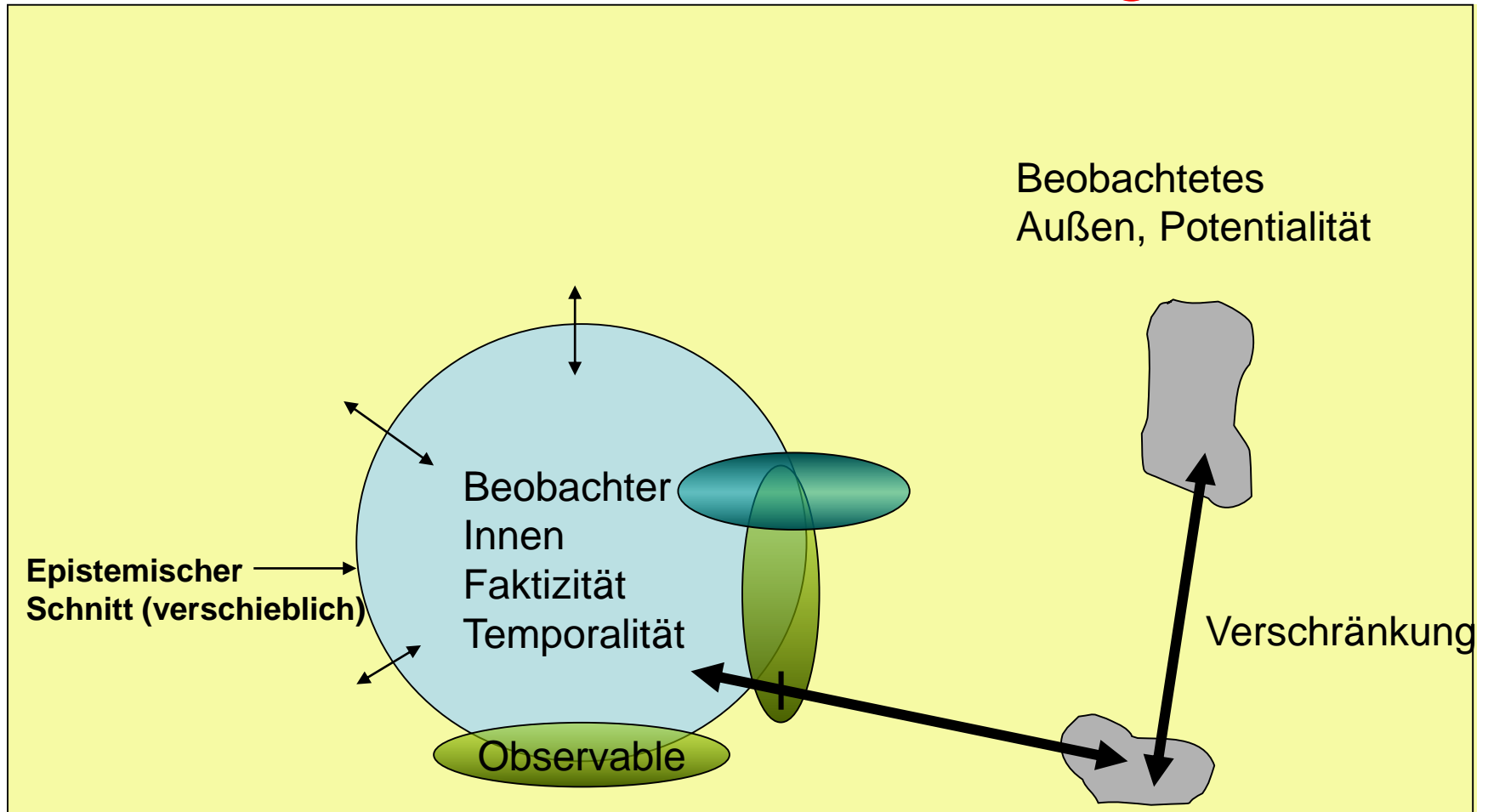
Zum naiven Realismus

- „Welt“ ist uns nur gegeben, indem sie uns erscheint: „Phänomenaler Charakter der Welt“, Modellierung
- Klassisch-realistische Sicht: Die Welt erscheint uns “im Wesentlichen” so wie sie ist.
- Das ist eine sehr starke (naïve?) Annahme. Gefahr: Verwechslung von Modell und Modelliertem (Reduktionismus, „Naturalismus“, „KI“; Physikalismus !)
- Vorsichtiger: Weltsicht, die der Gegebenheit der Phänomenalität Rechnung trägt. Die Quantentheorie ist eine Struktur, die dies berücksichtigt.
- Dennoch kein “Ontologieverbot”, „Weltszenarien“ (z. B. klassisch) zulässig, ja geboten, “quantenartiges” Szenarium: „Welt“ als beobachtete, besser “weltende”. Einbettung des „Transzendentalen Subjektes“ wünschenswert.

Ontologie der Klassischen Physik



Ternäre Quantenontologie



Keine Subjekt-Objekt-Spaltung

Ordnungsstrukturen

| | Materiell | Mental |
|--|---|---|
| Zeitlich gerichtet, bewirkend, signalisierend | Physikalische Kausalität | Information, Signale, Absichten Psychische Kausalität |
| Ungerichtet, Muster, verstehend | Physikalische Verschränkung und Muster, Naturgesetze | Gestalt, sinnhafte Ver- schränkung |

Vergleich von NR und VQT

| NR | VQT |
|----------------------------------|--|
| Gegenstandsbereich | System |
| Sinnfeld | Observable in einem System |
| Sinnfeld wird Gegenstandsbereich | Systemidentifikation durch Observable |
| Sinnfeld von Sinnfeldern | Observable zu Observablen |
| Wahrheiten in einem Sinnfeld | Observable mit sicherem Messwert, faktisches Messergebnis |
| Fugen und Diagonalprädikate | ~ Komplementarität |

Nicht-klassischer Realismus mit erweitertem Realitätsbegriff. Ontologischer Pluralismus. Mehrwert: quantentheoretische Terminologie und Figuren wie Komplementarität und Verschränkung werden verfügbar.

Grundgegebenheiten menschlicher Existenz

1. **Egozentrizität:** Figur des “Gegenüber”, *epistemischer Schnitt*, Erkenntnis immer Erkenntnis von jemandem über etwas.
2. *Zeitlichkeit* der Existenz (Film statt Panorama), Zeitrichtung, ausgezeichnetes Moment des „Jetzt“
3. *Faktizität:* Widerständigkeit, Drang zu „projektiver Ontologisierung“
4. *Kausalität und Freiheit:* entspringen beide derselben Wurzel einer in *Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft* entfalteten Zeitlichkeit.
5. *Agentivität, Machtartigkeit:* Planen und Sorgen, Faktum als “Gemachtes”
6. Emotionalität / Evaluativität
7. Reflexivität / Denken

Existenzial 1: Exzentrizität und Räumlichkeit

- „Welt“ erscheint dem erkennenden Subjekt nur im **Modus des „Gegenüber“**. Der **Epistemische Schnitt** zwischen Erkennendem und Erkanntem ist **verschieblich aber unhintergebar**.
- Die erkennende Instanz beobachtet sich nicht selbst, sondern nur, was jenseits des Epistemischen Schnittes liegt: **„Transzendentes Subjekt“**.
- Der Terminus „Gegenüber“ weist auf ein Element der **Räumlichkeit** hin: Abstand, Nähe, Ferne, Innen, Außen sind direkt oder indirekt in ihm enthalten.
- Das gilt in besonderem Maße für den **Menschen als „Handwesen“** mehr als für vierfüßige „Mundwesen“ (Dominanz des Gesichtssinnes, Lichtmetaphorik der Erkenntnis). Aber großer olfaktorischer Cortex.
- **Observable als Kollektivbesitz**. Kollektiv als erkennendes Subjekt
- VQT: Bedeutung von Messung und Observablen

Existenzial 2: Temporalität

- „Welt“ ist uns nicht in der Form eines Panoramagemäldes, sondern als „Film“ gegeben: Ein Fenster des „Jetzt“ schiebt sich voran in eine Zukunft und hinterlässt Vergangenheit. Mc Taggart: „A-Zeit“ im Gegensatz zu physikalischen Skalenzeit (B-Zeit)..
- Die physikalische Zeit neigt zur Verräumlichung und zum Verblassen bis hin zum Verschwinden.
- VQT: Wahl der Observablen **vor** Messung, (zeitliche) Reihenfolge der Messungen bedeutsam.

Existenzial 3: Faktizität

- „Welt“ erscheint in der Form von Fakten. Tod als grimmiges Faktum. „Widerständigkeit der Welt“, Irrtum.
- Das „Jetzt“ ist das Schlechthin-Faktische.
- Faktizität spürbar und metaphorisiert besonders im **Tast- und Schweresinn**. Ausgangspunkt für Materievorstellung. („Hart im Raume stoßen sich die Dinge.“)
- **Verneinung, Möglichkeitsdenken und Kontrafaktizität** sind dem Menschen gegeben, aber auch sie **erscheinen** ihm auf seiner inneren Bühne immer **nur in faktischer Gestalt**. **Potentialität als Möglichkeit oder sogar Modus von Faktizität**.
- Existenzial der Faktizität **drängt zur Ontologisierung von Phänomenalen**, d.h. zur Aufstellung ontologischer Weltmodelle. Das gilt auch für uns.
- **VQT: Faktizität von Messergebnissen, „Unbestimmtheit“, Zustand als Katalog von Potentialitäten**

Existenziale 4/5: Agentivität, Kausalität, Freiheit

- Kausalität und Freiheit stehen nicht im Widerspruch, sondern entspringen zusammen mit der Agentivität der gemeinsamen Wurzel einer in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft entfalteten Zeitlichkeit, ohne die sie gegenstandslos wären.
- Ohne Kausalität keine berechenbaren Konsequenzen freier Handlungen, ohne Freiheit in der Steuerung der Aufmerksamkeit und im Setzen von Ursachen kein Auffinden kausaler Regelmäßigkeiten. Freiheit geht jeder Möglichkeit von Erkenntnis und Wissenschaft logisch voran.
- Durchgängiger Determinismus überholte Schimäre, die sich ohnehin nur auf das physikalische Weltganze unter Missachtung des epistemischen Schnittes beziehen könnte. Begrenzung der Freiheit: Totale Unfreiheit unvorstellbar.
- VQT: Freiheit bei Planung und Durchführung von Messungen

Existenzial 6: Emotionalität / Evaluativität

- Jede innere oder äußere Wahrnehmung ist emotional eingefärbt (gut-schlecht, angenehm-unangenehm, schön-hässlich).
- „Emotionsobservable“, die nicht vollständig unterdrückt werden können, sondern immer „mitgemessen“ werden. „Ergriffenheit vor Begreifen“.
- Emotionsobservable global und schwach lokalisiert: Geruchs- statt Gesichtsmetaphorik. „Verschränkungssinn“. Freies Zusammenspiel in einem gelungenen Kunstwerk als Prototyp von Verschränkung.
- „Zwiespalt der Gefühle und Konflikt von Emotionalität und Objektivität als Komplementarität verschiedener Observablen.

Existenzial 7: Reflexivität / Denken

- Symbolisierend und modellierend wird das Denken auf sich selbst „zurückgebogen“ („Reflexion“). Kontrafaktizität wird möglich. Die menschlichen Existenziale werden erkennbar und hinterfragbar. Sie stellen keine unübersteigbare Erkenntnisschranke dar.
- Denken kämpft mit sich selbst und damit aber auch mit der Wirklichkeit. Es gelingt gerade im ständigen Scheitern.
- Widerständigkeit der Welt zeigt sich gerade in Irrtum und Misslingen, in kognitiven Dissonanzen und besonders in der Begrenzung von Prädizierbarkeit durch die Figur der Komplementarität.
- Wir begegnen einer Kombination von Verweigerung und Verlockung, von Widerständigkeit und Fehlertoleranz.
- „So Entzognes ist am meisten dein.“ (Sonette an Orpheus 2, XXIII)

Notwendigkeit ontologischer Szenarien

- Das unabweisbare Bedürfnis nach projektiver Ontologisierung und Aufstellung ontologischer Szenarien entspringt dem Existenzial der Faktizität.
- Ohne Ontologie bleibt das transzendente Subjekt der Erkenntnis frei schwebend und weltlos.
- Abstriche von einer intuitiven klassischen Ontologie der objektiven Fakten sind wegen der Verletzung der Bellschen Ungleichungen unerlässlich.
- Quantentheorie betont Phänomenalität der Welt. Quantenontologie deutet diese Phänomenalität als ontologische Grundtatsache (Tendenz zur Teilung durch epistemischen Schnitt, „Inkarnation“ von Weltzusammenhängen in menschliche Existenziale).

Nicht behandelt

- Emergenz und Evolution: Kontextualität und nicht-hierarchisch/reduktive Alternativen
- Komplementarität von Substanz- und Prozessontologie
- Temporalität als Existenzial
- Heuristik: Schöpfertum und Handlungsentschluss als „Messprozesse“
- Anwendungen auf Ethik und Ästhetik
-