

Herbert Hörz

Unbestimmtheit und Exaktheit in der Wissenschaft Anmerkungen zu wissenschaftsmethodologischen Überlegungen von Helmut Moritz

1. Einführung

Was berechtigt den Wissenschaftsphilosophen auf einem Kolloquium zu wissenschaftlicher Geodäsie über Unbestimmtheit und Exaktheit in der Wissenschaft zu sprechen? Dafür kann ich drei Gründe anführen:

Erstens ist es unser Jubilar Helmut Moritz selbst, der mit seinen prinzipiellen philosophischen Überlegungen (Moritz 1995) den Philosophen zur Meinungsäußerung herausfordert. Das geschah schon in meinem Vortrag „Heisenberg – Determinismus und die Folgen“ von 2001, als ich den Geophysiker noch nicht persönlich kannte, mich jedoch seine Bemerkungen zur Unbestimmtheit in den Wissenschaften interessierten, die mit meinen Überlegungen zur stochastischen Denkweise korrespondierten. (Hörz 2002) Wissenschaftliche Erkenntnis ist stets mit einer Hintergrundtheorie verbunden, die das Wissenschaftsverständnis, Kriterien der Rationalität und die leitenden Ideen der eigenen Wissenschaftsmethodologie enthält. Moritz gehört zu denen, die sich darüber Gedanken machen. Er holt die von vielen nicht reflektierte Hintergrundtheorie in den Vordergrund wissenschaftlichen Interesses und analysiert so die philosophischen Grundlagen der wissenschaftlichen Geodäsie. Solche Hintergrundtheorien nutzen wir auf allen Ebenen unseres wissenschaftlichen Wirkens. Im Beitrag „Uncertainty“ betont Moritz: „Uncertainty is pervading our daily life, our thinking and our decisions based on incomplete information.“ (Moritz o.J.)

Zweitens habe ich mich mit philosophischen Aspekten der Geowissenschaften befasst, von der Geozeit bis zu Überlegungen bei Helmholtz und Kelvin im Zusammenhang mit der Edition ihres Briefwechsels. (Hörz 2000) Anregungen dazu kamen z.B. von Martin Guntau, Peter Bankwitz, Wilfried Schröder, Heinz Kautzleben. Die Geodäsie spielte in den Debatten mit Ernst

Buschmann eine Rolle, der sich vor allem mit meiner „Philosophie der Zeit“ und den Beziehungen von Rahmen- und Eigenzeit beschäftigte. (Hörz 1992)

Drittens sind die von Moritz und anderen aufgeworfenen Probleme eines „deterministischen Chaos“ oder der Beziehungen von „Gesetz und Zufall“ Grundprobleme der Philosophie, die im Zusammenhang mit der Entwicklung unserer Auffassungen zum Determinismus und zum Zufall stehen, womit ich mich intensiv beschäftigt habe. (Hörz 2008)

Geodäsie ist also Ausgangspunkt für philosophische Überlegungen zu der Denkweise, die unseren bisherigen Erkenntnissen adäquat sein soll. Dabei geht es um unser Verständnis von Unsicherheit und Exaktheit nicht nur in der Geodäsie. Die dafür wesentlichen Beziehungen von Kausalität, Gesetz und Zufall sind in allen Forschungsfeldern vorhanden. Sie bestimmen unser Denken und Handeln. Von der generellen Erörterung ist jedoch wieder zur Geodäsie zurückzukehren.

Ich beginne mit einem historischen Exkurs zur Problemsicht der führenden Geodäten (Kautzleben 2008) Johann Jacob Baeyer (1794 – 1885) und Friedrich Robert Helmert (1843 – 1917), um zu zeigen, welche Rolle die von Moritz angesprochene Fehlerproblematik in der Geschichte der Geodäsie spielte. Dann werden wissenschaftsmethodologische Überlegungen von Helmut Moritz in ihrer Relevanz für Philosophie und Geodäsie vorgestellt. In einem weiteren Punkt geht es um die stochastische Denkweise mit der philosophischen Theorie des dialektischen Determinismus, der statistischen Gesetzeskonzeption und den Kriterien der Exaktheit. Dann werden einige methodologische Folgerungen aus der statistischen Denkweise für die Geodäsie aus philosophischer Sicht zusammengestellt. Eine kurze Schlussbemerkung schließt die Anmerkungen zu den wissenschaftsmethodologischen Ansichten von Helmut Moritz ab.

2. Historischer Exkurs: Problemsicht bei Baeyer und Helmert

Baeyer und Helmert waren als herausragende Geodäten Mitglieder unserer Akademie. Baeyer initiierte die Mitteleuropäische Gradmessung. Seine Erfahrungen sammelte er vor allem in der geodätischen Feldarbeit. Baeyer habe so der geodätischen Forschung den „stärksten Impuls“ gegeben, betonte Helmert in seiner Antrittsrede als Akademiemitglied am 28.6.1900. Dabei unterschied er zwischen „Forderungen des staatlichen Lebens nach Karten und Lageplänen“ und „dem Bedürfniss nach zweckmäßiger Ausführung der Vermessungsarbeiten bei der Anlage des Eisenbahnnetzes“ auf der einen Seite und der höheren Geodäsie auf der anderen, die „ihr Wachstum dem allge-

mein zunehmenden Interesse an naturwissenschaftlichen Fragen und der dadurch herbeigeführten Ausbreitung der Erdmessungsarbeiten“ verdanke. (Helmert 1993, S. 22) Die von Baeyer und anderen aufgeworfenen praktischen Probleme wurden bei Helmert Gegenstand seiner Arbeit über die mathematischen und physikalischen Grundlagen der höheren Geodäsie.

Beide beschäftigte das Verhältnis von Unbestimmtheit und Exaktheit in der Geodäsie. Baeyer befasste sich mit den von ihm benannten Fehlergruppen mehr von der praktischen Seite. Helmert suchte auf theoretischem Weg, ausgehend von der Fehlerrechnung bei Gauss, Kriterien der Genauigkeit besser zu erfassen.

2.1. Fehlergruppen bei Baeyer

Baeyer war ein hervorragender Organisator. Er leitete die trigonometrische Abteilung des Preußischen Generalstabs, deren Arbeit er nach 1857 scharf kritisierte. Ernst Buschmann verweist in seiner Einführung zur Würdigung der Arbeiten von Baeyer darauf, dass er Messungen des Generalstabs wiederholte, um „bessere, wissenschaftliche nutzbare“ Ergebnisse zu erzielen.“ „Im Hintergrund des Zwistes stehen starre Auffassungen und Verhaltensweisen Baeyers ... über die Qualität der preußischen Triangulationen sowie über die Vorzüge der Triangulation als Grundlage für topographische Aufnahmen im Vergleich zur reinen Meßtischaufnahme.“ (Buschmann 1994, S. 12) Uns interessieren Baeyers Gedanken zum Verhältnis von Unbestimmtheit und Exaktheit bei geodätischen Messungen. So ging er in Briefen an den Königsberger Astronomen, Geodäten und Mathematiker Friedrich Wilhelm Bessel (1784 – 1846), mit dem er von 1831 bis 1834 gemeinsame geodätische Feldarbeiten in Ostpreußen durchgeführt hatte, auf die Problematik der Fehler bei geodätischen Messungen ein.

Am 30.11.1835 berichtete er von seinem Zweifel über den Zenitpunkt bei Beobachtungen. Er habe dazu alle Resultate zusammengestellt, um „eine Totalübersicht“ zu bekommen, während er bisher nur einzelne Beobachtungen herausgegriffen habe. Das Resultat sei: „Wenn man von den Fehlern der Einstellungen des Objekts und den Ablesungsfehlern am Höhenkreis und dem dazugehörigen Niveau abstrahiert, so ist die Lage des Zenitpunktes abhängig von der Stellung der Achse des horizontalen Kreises.“ Das führe zu Variationen der Zenitpunkte, was zu beachten sei. Daraus folgerte er: „Auf diese Weise muß ich die Erwartungen, die ich von meinen Beobachtungen hatte, gewaltig herabstimmen ...“ (Buschmann 1994, S. 52f.)

Es geht uns bei den Überlegungen zur Wissenschaftsmethodologie nicht um die konkrete Methode, die Baeyer anspricht, sondern um den wichtigen

Aspekt der möglichen Fehler, die zu differenzieren sind. So wird erstens auf Beobachtungsfehler verwiesen, also auf die Fähigkeit der Beobachter zur exakten Datenbestimmung, einschließlich der genauen Instrumenteneinstellung. Zweitens könnten die Instrumente ungenaue Angaben liefern, wenn sie für die geforderte Genauigkeit ungeeignet oder eventuell reparaturbedürftig sind. Diese Fehler wollte Baeyer unberücksichtigt lassen. Ihm ging es drittens um die Messmethode selbst, die eventuell nicht voll ausgereift sei und deshalb zu Fehlern führen könne. Über sie dachte er weiter nach, um eventuelle Fehler zu vermeiden. So schrieb er am 4.7.1837 über Beobachtungen in Trunz, das Instrument sei „vollkommen in Ordnung“, doch „am frühen Morgen und am späten Abend differieren die ersten und die letzten Einstellungen um einige Sekunden, doch können dies ebenso gut Beobachtungsfehler sein.“ (Buschmann 1964, S. 88)

Am 11.5.1836 stellt Baeyer weitere Überlegungen an: „Die große Übereinstimmung, welche die Kontrolle am Engen-Oderkrüge gibt, hat mir wieder mehr Vertrauen eingeflößt, doch begreife ich nicht, woher es kommt, daß der wahrscheinliche Fehler so bedeutend von dem wirklichen abweicht. Folgt nicht daraus, daß die wirklichen Beobachtungsfehler kleiner sind als die Fehler, welche die Beobachtungen zeigen? und hieraus wiederum, daß die Beobachtungen einem physischen Einfluß unterworfen sein müßten, der kompensiert worden ist?“ Ein solcher Einfluss könnte nach seiner Meinung „eine ungleiche Krümmung des Lichtstrahls an beiden Endpunkten sein, welche an der unteren Station stärker variiert als an der oberen.“ (Buschmann 1994, S. 66) Es ist wissenschaftshistorisch interessant, wenn jemand eine Lichtkrümmung annimmt, wie sie später in der Relativitätstheorie begründet wurde. Wichtig ist jedoch der Hinweis auf mögliche Einflüsse, die über die bisherigen drei Gruppen hinausgehen und eine vierte Gruppe konstituieren, die wir als äußere Bedingungen des Messgeschehens bezeichnen können, die ebenfalls dann weiter zu differenzieren wäre. Am 28.12.1836 meinte Baeyer, es sei doch sonderbar, „daß die angenommene große Achse zwischen Königsberg und Trunz in bezug auf die Breite mit der Beobachtung ein gut übereinstimmendes Resultat gibt, dagegen zwischen Memel und Königsberg gar nicht. Die Unterschiede zwischen den berechneten und den beobachteten Azimuten deuten, wenn ich nicht irre, an beiden Punkten auf eine größere Abplattung.“ (Buschmann 1994, S. 72) Hier geht es um die Vorstellungen von den Beobachtungsobjekten und ihren Beziehungen, die wir in unseren Theorien, etwa über die Gestalt der Erdoberfläche, erfassen. Sie stellen eine fünfte Gruppe dar und betreffen die Rahmentheorie, von der wir bei der Interpreta-

tion unserer Beobachtungen ausgehen. Korrekturen an diesen theoretischen Vorstellungen werden durch Beobachtungen erzwungen, wenn Messwerte auftauchen, die von den berechneten abweichen, vorausgesetzt, die anderen Gruppen möglicher Abweichungen sind überprüft und Fehler aus dieser Sicht ausgeschlossen. Das führt uns zur sechsten Fehlergruppe, den Interpretationen von Messergebnissen. Es geht dabei um den Vergleich zwischen beobachteten Resultaten und theoretischen Erkenntnissen. Bei wesentlichen Unterschieden ist entweder das Resultat fehlerhaft oder die Theorie zu korrigieren. Das ist, wie die Wissenschaftsgeschichte zeigt, ein weites Feld für harte Auseinandersetzungen zwischen Anhängern der Theorie, die geändert werden sollte, und den Reformern, die nicht unbedingt Recht haben müssen. Denken wir nur an die Debatten um den Energieerhaltungssatz, der schon aufgegeben werden sollte, ehe man eine andere theoretische Erklärung fand.

Anfangsbedingungen und Anfangswerte sind entscheidend für die Ergebnisse, die sich bei Rechnungen dann ergeben. Falsche Vorgaben können sich aus den verschiedenen Gruppen von Fehlern ableiten lassen, nicht nur aus Beobachtungsfehlern, sondern auch aus bisherigen einseitigen Vorstellungen. Am 12.2.1837 berichtete Baeyer, „daß meine Annahme der Werte der Niveau-Skala ganz falsch ist, wodurch in der Rechnung viel zu ändern bleibt.“ (Buschmann 1994, S. 74) Das gilt generell. Richtige Rechnungen können falsche Eingaben nicht korrigieren. Doch es geht zugleich um tiefere Probleme. Gerade in den philosophischen Interpretationen der Heisenbergschen Unbestimmtheitsrelationen zeigte sich die Annahme, man könne eindeutige Ausgangsbedingungen für das Verhalten physikalischer Objekte im Quantenbereich bestimmen, als falsch.

In den Streit, den Baeyer dann später mit der trigonometrischen Abteilung des Generalstabs hatte, wurde der Gothaer Astronom Peter Andreas Hansen (1795–1874) einbezogen. In einem Gutachten vom 31.12.1867 äußerte er sich zu den Vorwürfen von Baeyer über die ungenügende Qualität der von der Abteilung durchgeführten Messungen. Dort heißt es: „Jede haltbare Beurteilung einer Sache muß sich auf klare und einfache, mit der Sache eng und grundsätzlich verbundene Grundsätze stützen, und Urteile, die solcher Grundlage entbehren, können auf keine Haltbarkeit Anspruch machen.“ (Buschmann 1994, S. 162) Dann werden drei Grundsätze formuliert, die erstens die Messungen und Beobachtungen der Grundlinien, der Winkel und Richtungen betreffen. Mangelhafte Ausmessung der Grundlinien könne mit Kostenaufwand wiederholt werden, doch geringe Genauigkeit bei Winkel- oder Richtungsmessungen verlangten, die Arbeit zu verwerfen. Zweitens

gehe es um die Anlage der Dreiecke und ihre Verbindungen. Korrekturen durch nachträgliche Messungen seien dabei möglich. Drittens ist die Berechnung der Messungen zu beachten. Rechenfehler wären jedoch zu beheben. Seine Überlegungen führten Hansen zu der von Baeyer nicht geteilten und dann heftig attackierten Bewertung: „Aus diesem allen stellt sich das Urteil heraus, daß die bei der Preußischen Triangulation angestellten Beobachtungen zu den besten der vorhandenen gehören.“ (Buschmann 1994, S. 163) Das Gutachten von Hansen verdeutlicht, wie wichtig es ist, die Kriterien für die Beurteilung einer Arbeit genau anzugeben.

2.2. Helmert und die Kriterien der Genauigkeit

In der erwähnten Antrittsrede vor der Akademie betonte Helmert: „Jedem, der nur ein wenig den Inhalt der Geodäsie kennt, wird die vielfältige Anwendung der Ausgleichsrechnung und der Theorie der Beobachtungsfehler gerade in diesem Gebiete des Wissens und Könnens auffallen.“ Zuerst sei es nur die höhere Geodäsie gewesen, die sich damit befasst habe, doch nun seien sie auch in der Kleinvermessung unentbehrlich geworden. „Dabei zeigte sich, dass selbst mathematisch recht einfache Aufgaben der Geodäsie durch die Genauigkeitsfragen, die bei der Anwendung auf Messergebnisse hinzutreten, an theoretischem Interesse gewinnen. Als letztes Ziel muss bei allen diesen Dingen die rationelle Vermessung angesehen werden, d. h. diejenige Art der Vermessung, welche bei gegebenen Umständen mit einer vorgeschriebenen Summe von Arbeit oder Kosten die genauesten Ergebnisse, oder umgekehrt: eine vorgegebene Genauigkeit mit dem geringsten Aufwand ermittelt.“ Diese Frage der rationellen Lösung trete sicher bei jeder Messung auf, spitze sich jedoch in der Geodäsie zu. Methodologisch interessant ist es, dass Helmert bei der Genauigkeit sowohl auf die Zielstellung, als auch auf den dazu notwendigen Aufwand verwies. Er forderte ein „angemessenes gegenseitiges Verhältnis von Beobachtungsarbeit und Rechenarbeit“. Im Zusammenhang mit der rechnerischen Behandlung des europäischen Dreiecksnetzes stellte er fest: „Hier ist mit einem ganz strengen Verfahren, das jede einzelne Messung voll ausnutzen will, nicht durchzukommen, ebenso müssen kleine theoretische Ungenauigkeiten zugelassen werden, falls nachgewiesen wird, dass sie das Endergebnis nicht entstellen. Eine strenge Behandlung der Aufgabe, so interessant sie theoretisch auch ist, verbietet sich praktisch schon durch den Mangel ausreichenden Beobachtungsmaterials ... Wenn nun die rechnerischen Vereinfachungen vielleicht den Nutzeffekt der Beobachtungen nicht unerheblich herabdrücken, so steht diesem Nachtheil der Vortheil gegenüber, in absehbarer Zeit umfassendere Ergebnisse für die Figur der Erde erzielen zu

können. Man kann den Genauigkeitsverlust umso eher hinnehmen, als ein Verlust gleicher Art durch die Unmöglichkeit richtiger Abschätzung der Beobachtungsgewichte unvermeidlich ist.“(Helmert 1993, S. 22f.)

In der umfassenden Einschätzung der Arbeiten Helmersts zur physikalischen Geodäsie machen Martina und Günter Harnisch an mehreren Stellen auf diese Problematik aufmerksam. So stellen sie u.a. fest: „Zahlenwerte von den verschiedensten Parametern des Erdkörpers sind für Helmersts Arbeiten von größter Bedeutung. Stets versucht er, seine theoretischen Untersuchungen in der Praxis zu überprüfen, indem er gemessene und berechnete Werte miteinander vergleicht oder selbst neue Parameter ableitet und diese wieder analysiert. ... Schließlich sei noch auf Helmersts praktisches Interesse an der Durchsetzung eines einheitlichen internationalen Einheitensystems als Voraussetzung für genaues und vergleichbares Zahlenmaterial von den verschiedensten Parametern der Erde hingewiesen.“ Es werden Beispiele für die kritische Analyse von Messungen in anderen Arbeiten angeführt, wobei es für Helmert immer wichtig war, den Grad der Genauigkeit im Zusammenhang mit der Zielsetzung zu sehen. So betonte er zu einer Untersuchung, die er weniger genau fand, sie sei „doch jedenfalls noch so genau, daß ihre große Bedeutung für die Erkenntnis der Größe und der Gestalt der Erde dadurch nicht beeinträchtigt wird.“ (Harnisch 1993, S. 61f.)

Helmert befasste sich mit der mathematischen Behandlung der Genauigkeitsprobleme in der Geodäsie. Im Akademievortrag vom 9.6.1904 „Zur Ableitung der Formel von C.F.Gauss für den mittleren Beobachtungsfehler und ihrer Genauigkeit“ ging es ihm darum, die Formeln von Gauss über das Quadrat des mittleren Fehlers „im Anschluß an meine Theorie der äquivalenten Beobachtungen herzuleiten, wodurch eine Vereinfachung erzielt wird.“ (Helmert 1993, S. 174) Am 25.5.1905 sprach er „Über die Genauigkeit der Kriterien des Zufalls bei Beobachtungsreihen“. Bei der Ausgleichung von Beobachtungsreihen prüfe man „gern die übrigbleibenden Fehler darauf hin, ob sie sich hinlänglich als zufälligen Ursprungs betrachten lassen – namentlich dann, wenn es sich um Interpolationsformeln handelt und also Einflüsse vernachlässigbarer Glieder, überhaupt der Theorie, sich geltend machen können. Meines Wissens ist aber über die Genauigkeit der Kriterien des Zufalls wenig bekannt ...“ (Helmert 1993, S. 190) Aus wissenschaftlichem Interesse ging er auf Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen ein, obwohl es sich um diskrete Werte bei den Beobachtungsreihen handle. Er behandelte im Zusammenhang mit positiven und negativen Fehlern vor allem die Vorzeichenproblematik, war sich jedoch darüber klar, dass „systematische Fehler-

ursachen häufig die positiven und negativen Fehler gleichmäßig beeinflussen.“ (Helmert 1993, S. 202) Ihm ging es um die mathematische Erkennung systematischer Beobachtungsfehler.

Unabhängig von der Relevanz dieser Rechnungen für die Geodäsie sind philosophisch zwei Aspekte interessant, die mit der statistischen Gesetzeskonzeption wieder aufzugreifen sind:

Erstens wird der Zufall meist noch, wie in dieser Zeit üblich, denn die Debatten um die Rolle des Zufalls in der Quantenmechanik erfolgten erst später, als unwesentlicher Faktor, als vernachlässigbar angesehen. Es gibt noch eine klare Trennung zwischen Gesetz und Zufall, zwischen wesentlichen Daten und zufälligen Ungenauigkeiten, die das Resultat nicht wesentlich beeinflussen. Dem war später eine differenzierte Sicht auf die Zufälle entgegensetzen.

Zweitens ist der Hinweis auf Wahrscheinlichkeiten wichtig. Zufälle sind mögliche Ereignisse, die unter bestimmten Bedingungen mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit eintreten können. Sie sind Bestandteil der Gesetzesstruktur. Die These vom Zufall als Erscheinungsform der Notwendigkeit war mit der statistischen Gesetzeskonzeption zu präzisieren.

Die Problemsicht, die wir bei Baeyer und Helmert finden, macht uns so auf aktuelle Probleme aufmerksam. Die stochastische Denkweise war mit neuen Einsichten weiter zu entwickeln. Dazu hat Helmut Moritz wesentliche Beiträge geleistet. Über Kollokation und spezifische Probleme der Geodäsie, zu denen er Lösungen erarbeitete, werden Fachkollegen sich äußern. Ich befasse mich mit den philosophischen Überlegungen, die über die Geodäsie hinausgehen und doch als Wissenschaftsmethodologie auf die geodätische Arbeit zurück wirken.

3. Wissenschaftsmethodologische Überlegungen von Helmut Moritz

Helmut Moritz ist ein philosophischer Denker, da er seine Welterklärung explizit begründet und philosophische Ideen als heuristisches Mittel nutzt. Als Geophysiker und herausragender Geodät bewegt er sich mit philosophischen Ideen zwischen Wissenschaft und Weltanschauung. Das zeigt der Beitrag „Science, Religion and Tolerance“, der seine weltanschauliche Haltung begründet, die ich mit Respekt zur Kenntnis nehme. Sie unterscheidet sich in Glaubensfragen von meiner, doch in der philosophischen Analyse der wissenschaftsmethodologischen Probleme sehe ich Gemeinsamkeiten. Für mich ist Philosophie ebenfalls Brücke zwischen Wissenschaft und Weltanschauung, was einen fruchtbaren Dialog ermöglicht. Moritz lehnt berechtigt einen

einseitigen Materialismus ab, der die Existenz menschlicher Beobachter und damit die für die Erkenntnis wesentliche Subjekt-Objekt-Dialektik negiert. (Moritz 2006, S. 26) Doch scheint mir ein dialektisch verfasster Materialismus, den ich vertrete, in vielen Punkten mit seinen Auffassungen vereinbar. (Hörz 2007)

Wichtige Überlegungen von Moritz gehen in die Richtung meiner Arbeiten zum dialektischen Determinismus und zur statistischen Gesetzeskonzeption. Dazu stellte ich 2001 im Abschnitt „Aktuelle Debatten“ meines schon erwähnten Vortrags fest: „Der Vertreter der physikalischen Geodäsie Helmut Moritz behandelt die drei wichtigsten Ausdrücke der Unbestimmtheit, nämlich erstens die klassische Theorie der Messfehler von C.F. Gauss, zweitens die Unbestimmtheitsrelationen von Heisenberg und drittens das Unvollständigkeitstheorem von Gödel.“ (Hörz 2002, S. 42) Ich verwies darauf, dass er zwischen verschiedenen Arten der Unbestimmtheit unterschied. Die ersten beiden Arten der Unsicherheit, die gewöhnlich sehr subtil und klein sind, sah er als Effekte zweiter Ordnung, jedoch die Gausschen Fehler als Effekt erster Ordnung. Er stellte fest: „In the working practice of mathematicians, however, Gödel's incompleteness is largely ignored in the same way as in the working practice of physicists (except quantum physicists), Heisenberg's uncertainty plays a negligible role. Nevertheless, both facts are with us and make us aware of a theoretical 'skeleton in the cupboard' which lurks at the back of all our scientific work, of a basic element of insecurity.“ (Moritz 2001, S. 40) Wahrscheinlichkeit entstehe aus der deterministischen jedoch chaotischen Bewegung. Das führe zur Konsequenz: „Chaotic effects in nature thus are frequently responsible for probabilistic laws, and also random errors are of this kind.“ (Moritz 2001, S. 42) Das moderne Chaos werfe so ein scharfes Licht auf die Beziehungen zwischen „determinism and randomness“, einschließlich der Gausschen Fehler. Ich stellte fest: „Die aktuellen Debatten zeigen, dass die Diskussion um das Verständnis der Bedingtheit und Bestimmtheit des wirklichen Geschehens, also um seine Determiniertheit, weiter geführt wird. Dabei tauchen neue Aspekte auf, die mit dem Schlagwort ‚deterministisches Chaos‘ und mit dem Hinweis auf Fluktuationen als Zufallsprozesse erfasst werden können.“ (Hörz 2002, S. 27) Das gilt auch heute noch und H. Moritz fordert uns wieder heraus, da ihn die Problematik weiter beschäftigt. Das Problem lässt ihn offensichtlich nicht los, berichtet er doch, dass er sich in seiner Doktorarbeit, als sein Professor meinte, in der Geodäsie seien schon alle Probleme gelöst, mit der „Fehlertheorie im Hilbert-Raum“ beschäftigte. An der Ohio State University (USA) konnte er sich dann mit

Problemen der Fehlertheorie in der Gravimetrie befassen. (Moritz 2008, S. 202) Nun betont er: Zufälligkeit und Regelmäßigkeit zeichnen das Chaos aus.

Wie steht H. Moritz zur stochastischen Denkweise? Er fragt: „Was kommt zuerst, Ordnung oder Chaos, klassische Physik oder Wahrscheinlichkeitstheorie? Die Chaostheorie gibt keine Pauschalantwort, aber sie ermöglicht eine Diskussion auf höherer Ebene.“ Mit Hinweis auf Astronomie und Meteorologie heißt es bei ihm, „die Voraussagen beider Disziplinen sind nur beschränkt gültig“, wobei die Größenordnungen verschieden seien, denn bei der Wettervorhersage ginge es um Tage, bei der Astronomie um Hunderte oder Tausende von Jahren. „Im Übrigen“, so betont er, „nehmen gerade Astronomen und Geodäten ihre Meßfehler mit besonderer Sorgfalt und Redlichkeit ernst“. Sein Fazit ist: „Beides, Ordnung und Zufall, Naturgesetz und Wahrscheinlichkeit, scheinen als These und Antithese zu unserer Welt zu gehören, und jeder denkende Mensch hat letztlich seine eigene Synthese zu finden.“ (Moritz 2004, S. 44f.) Diese ist auf der höheren philosophischen Ebene mit der statistischen Gesetzeskonzeption möglich. Sie verbindet in der Struktur objektiver Gesetze Notwendigkeit und Zufall, indem sie die bedingt notwendige Verwirklichung einer Möglichkeit des Systemverhaltens mit dem zufälligen Verhalten der Systemelemente zusammenführt.

Moritz stellt im Zusammenhang mit der Meteorologie die Frage nach der Exaktheit einer Wissenschaft und verbindet dies mit der mathematischen Differenzierung von richtig und falsch gestellten Problemen. Ein richtig gestelltes Problem erfülle die drei Grundbedingungen: 1. Eine Lösung existiert. 2. Die Lösung ist eindeutig. 3. Die Lösung hängt stabil von den Anfangsbedingungen ab. Da falsch gestellte Probleme oft vorkämen, seien sie besonders interessant. Er stellt fest: „Ja in einem ganz bestimmten mathematischen Sinn können wir sagen, daß ‚fast alle‘ mechanischen Systeme chaotischen Charakter haben“, was zu der Idee des „deterministischen Chaos“, zur Theorie der „nicht-linearen dynamischen Systeme“ führte, da die Nichtlinearität wesentlich sei. (Moritz 2004, S. 38) Viele „zufällige“ Erscheinungen der Wahrscheinlichkeitstheorie kämen aus der „Instabilität der Ausgangssituation.“ (Moritz 2004, S. 44)

Den Gedanken der Instabilität führt Moritz dann philosophisch weiter: „Instability implies a deviation from strict determinism, which may open even a little backdoor for freedom of the will.“ (Moritz 2006, S. 13) Um diesen Zusammenhang zwischen den objektiven Zufällen als Grundlage der Instabilität und dem menschlichen Verhalten herzustellen, bedarf es einiger Zwischenglieder. Zuerst geht es um den philosophischen Diskurs, der sich

mit essentiellen Problemen menschlichen Verhaltens einschließlich ihrer wissenschaftlichen Erkenntnisweise befasst. Philosophisches Denken ist nach Moritz „informell“, da es um nicht präzise formulierte Konzepte gehe und nicht-algorithmisches Denken sei. Das habe zwei Gründe, denn es gelte: (1) „The real world is necessarily fuzzy.“ (2) „Creative thinking is necessarily informal.“ (Moritz 2006, S. 16f.) Moritz verbindet diese Erkenntnisse dann mit der Fehlertheorie in der Geodäsie, da jede empirische Messung physikalischer Größen mit Unbestimmtheiten oder Ungenauigkeiten, wegen der Meßfehler zufälligen Charakters, verbunden sei. Die Länge eines Hauses sei nicht ideal exakt, sondern unscharf. Das gelte auch für die Winkelmessung in einem Dreieck. Hilfe böte dafür die Fehlerbehandlung nach Gauss. Wir haben es stets mit idealen Werten in unserem theoretischen Denken und unscharfen Werten in der Wirklichkeit zu tun, wobei wir versuchen, beide, entsprechend vorgegebenen Zielstellungen, einander anzunähern, ohne jemals vollständige Übereinstimmung zu erreichen.

Menschliches Denken sei dann „nicht-algorithmisch“, wenn es um schöpferische Ideen gehe und intuitiv Problemlösungen gesucht würden, während etwa Computer algorithmisch arbeiteten und deshalb niemals kreativ sein könnten. Ihnen fehle „Intuition“ und „Kreativität“. (Moritz 2006, S. 24) Man kann dieses Argument m.E. weiter präzisieren, wenn man Intelligenzstufen einführt. Sie sind dadurch bestimmt, dass jedes System, das eine Theorie über das Verhalten anderer Systeme, das deren Mechanismen erklärt, eine Stufe höher als das erklärte System ist. Insofern sind Menschen immer eine Intelligenzstufe höher als die von ihnen entwickelten und programmierten Computer als Denkzeuge. (Hörz 1996, S. 254) Dabei ist zu beachten, dass Menschen hier synonym für die Menschheit steht, in der sich Spezialisten mit der Entwicklung neuer Computer befassen, gegenwärtige schöpferische Lösungen zukünftige Routinearbeiten sind und jede Theorie mehr Potenzen enthält als zuerst angenommen wird.

Moritz benennt die Beziehung von mathematischer (exakter) Sprache und Umgangssprache, die unscharf ist. Sie sei extrem unpräzise, jedoch dadurch ein gutes Mittel für philosophisches, d.h. dialektisches, Denken. Menschen seien in der Lage auf niederem Niveau algorithmisch und zugleich auf höherem Niveau nicht-algorithmisch zu denken. Überpräzisierungen führten schnell zu Widersprüchen oder Missverständnissen. (Moritz 2006, S. 31) Moritz zieht dabei weitreichende Konsequenzen aus Einsichten in die Dialektik der Erkenntnis, wenn er schreibt: „Our thinking is affected by many uncertainties as we have seen. A positive outcome of this basic uncertainty of thin-

king should be the acceptance of pluralism in philosophy and of tolerance towards different religious beliefs.“ (Moritz 2006, S. 40) Methodologische Einsichten werden zu weltanschaulicher Lebenshilfe. Ein weites Feld, das hier nicht weiter zu bearbeiten ist.

Wir kommen nun zur Charakteristik der stochastischen Denkweise, die m.E. Überlegungen von Moritz zu Grunde liegt und von mir als philosophische Theorie im dialektischen Determinismus ausgearbeitet wurde.

4. Stochastische Denkweise

Unser Denken über die Wirklichkeit hat sich weiter entwickelt. Diskussionen um Kausalität und Determinismus zeigen, dass jede beschränkende Ansicht, wie etwa die im Laplaceschen Dämon ausgedrückte mechanistische Auffassung einer qualitätslosen Ablaufkausalität, später wieder aufgehoben wurde. Das Prinzip jedoch, dass jede Wirkung verursacht sei, war immer Anlass für neue Erkenntnisse. Es geht um eine Präzisierung unserer Auffassungen zur Kausalität ebenso, wie um die Aufdeckung der inneren Einheit von Gesetz und Zufall. Das geschieht mit der stochastischen Denkweise. Sie ist m.E. Bestandteil des dialektischen Determinismus.

Frühzeitig habe ich in den Debatten darauf aufmerksam gemacht, dass der Terminus „Determinismus“ oft mit der Auffassung eines Gesetzesautomatismus verbunden wird, ausgeprägt im Laplaceschen Dämon, wobei alle Ereignisse als vorausbestimmt und voraussagbar dann angenommen werden können, wenn wir komplexe Systeme aus kleinsten Teilchen aufgebaut denken, die unteilbar, träge und schwer sind, sowie konzentriert den Raum erfüllen. Ihre Bewegungen sind mit der klassischen Mechanik zu erfassen und erlauben exakte Voraussagen. Doch komplexe Systeme sind in ihrem Verhalten nicht einfach auf das Verhalten der Elemente zu reduzieren, da deren Wechselwirkung, d.h. die Systemstruktur, neue gesetzmäßige Beziehungen hervorbringt. Ich habe dem „klassischen Determinismus“ einen „dialektischen Determinismus“ (Hörz 1962) gegenübergestellt, dessen Grundlagen heute in Grundzügen in den Überlegungen zum „deterministischen Chaos“ zu finden sind. Zugleich ging es mir darum, mit der statistischen Gesetzeskonzeption zu zeigen, dass Natur und Gesellschaft sich nicht durch klassisch-deterministisches und stochastisches Verhalten unterscheiden lassen. Das ließen die Heisenbergschen Unbestimmtheitsrelationen für die Naturprozesse nicht zu. Eine generelle Zufallsauffassung, die Natur und Gesellschaft umfasste, war zu erarbeiten. (Hörz 1980, 2008) Forschungen zur Selbstorganisation sind zu berücksichtigen. Sie führen zu einem präziseren Verständnis der

Interaktion von Systemen. Interaktion ist mit der Verursachung von Wirkungen (Kausalität) verbunden.

Die Erkenntnis der Kausalität vollzog sich in verschiedenen Stufen, die sich prinzipiell voneinander unterscheiden. So verwies Aristoteles auf vier Ursachengruppen, die in der Laplaceschen Stufe auf den vorausbestimmten Ablauf des Geschehens eingeschränkt wurden, während die Kopenhagener Deutung der Quantentheorie die Rolle des Zufalls betonte. Die Determination des Geschehens erfasste der klassische Determinismus als eindeutige Vorausbestimmtheit allen Geschehens, was es prinzipiell vollständig voraussagbar machte. Dagegen sprechen praktische Erfahrungen, zu denen auch die der Geodäsie gehören, und theoretische Überlegungen, die die Entstehung von Neuem nur erklären können, wenn die Rolle des Zufalls beachtet wird.

Schon bei dem griechischen Atomisten Epikur wird das Fatum des Atomverhaltens durch Abweichungen von der Bahn unterbrochen, wodurch Neues in der Wechselwirkung entstehen kann. (Hörz, 1980, S, 22f.) Es ist der schöpferische Zufall, der Innovationen in Natur und Gesellschaft garantiert. Doch seine Schöpfungen verlaufen nicht regellos. Obwohl selbst wieder zufälligen Schwankungen unterworfen, sind sie durch Gesetzmäßigkeiten in ihrem Verhalten bestimmt. Dabei sind objektive Gesetze in allen von uns untersuchten Bereichen keine Automatismen, sondern Trendbestimmungen, die sich zufällig durchsetzen. Diesen Zusammenhang von Kausalität, Gesetz und Zufall erfassen wir in der stochastischen Denkweise, die der Wirklichkeit und unseren wissenschaftlichen Einsichten in sie angemessen ist.

4.1. Philosophische Grundsätze der stochastischen Denkweise

Worin bestehen die philosophischen Grundsätze der stochastischen Denkweise?

1. Grundlage der stochastischen Denkweise ist die Anerkennung des Kausalgesetzes, nach dem alle Wirkungen verursacht sind. Es ist prinzipielle Voraussetzung jeder Erkenntnis und des darauf basierenden Handelns. Auffassungen zur Kausalität haben sich jedoch im Lauf der Geschichte, in Abhängigkeit von neuen Erkenntnissen und Erfahrungen, geändert. Kausalität kann, befreit von der mechanistischen Beschränktheit, als direkte und konkrete inhaltlich und zeitlich gerichtete Vermittlung des Zusammenhangs gefasst werden, wobei Wechselwirkung zu Veränderungen (Wirkungen) führt, die durch innere und äußere Einwirkungen (Ursachen) auf Systeme ausgelöst werden. Sie ist Grundlage aller Formen des Zusammenhangs, so der Selbstorganisation mit Strukturbildung, der zufälligen Verwirklichung von Möglichkeiten, der Formierung des Inhalts, der In-

formation als widerspiegelnder und steuernder Struktur. Dabei ist Kausalität in Struktur- und Entwicklungsniveaus hierarchisch aufgebaut. Zufälle im Mikrokosmos führen zu Regularitäten im Meso- und Makrokosmos. Jede Theorie eines niedrigeren Entwicklungsniveaus ist Rahmentheorie für das Verhalten der Elemente eines Systems im höheren Entwicklungsniveau, ohne dieses Verhalten eindeutig bestimmen zu können. Jedes System hat seine eigenen Systemgesetze, die statistischen Charakter haben.

2. Das von uns untersuchte und gestaltete Geschehen ist gesetzmäßig. Es ist durch objektive Gesetze, eben durch allgemein-notwendige, d.h. reproduzierbare, und wesentliche, d.h. den Charakter der Erscheinung bestimmende, Beziehungen zwischen den Elementen eines Systems reguliert, die wir erkennen und in unseren Theorien als Gesetze mehr oder weniger exakt formulieren. Gesetzmäßigkeiten sind ein angenommenes oder erkanntes System von Gesetzen, die ein Ereignis in seinen wesentlichen Aspekten bestimmen. Auf die Struktur der Gesetze in ihrer inneren Einheit von Notwendigkeit und Zufall ist bei der Darstellung der statistischen Gesetzeskonzeption einzugehen.
3. Die stochastische Denkweise ist vor allem durch die Anerkennung objektiver Zufälle bestimmt. Zufälle sind mögliche Ereignisse, die sich mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit realisieren können, wenn die entsprechenden Bedingungen existieren, sich entwickeln oder durch Menschen geschaffen werden. Zufälle sind die Grundlage für Risiken, d.h. von Ereignissen, die mit einer Wahrscheinlichkeit eintreten können. Das Risiko (R) ist die Differenz zwischen dem sicheren Eintreten des gewünschten Ereignisses (1) und der Wahrscheinlichkeit. ($R = 1 - p$) Auch Risiken sind zu differenzieren. Das gesetzmäßige Risiko umfasst die aus den Bedingungsanalysen, der Erkenntnis von objektiven Gesetzen und vorgegebenen Handlungszielen ausgewählte Möglichkeit aus einem Möglichkeitsfeld, die mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit (p) realisiert werden kann. Das Verhaltensrisiko drückt aus, wie Menschen unter konkret-historischen Bedingungen, entsprechend ihren sozialen Erfahrungen und ihrem Charakter, mit dem objektiven Risiko umgehen. Das Begleitrisiko ist durch Zufälle bestimmt, die vernachlässigbar oder nicht voraussagbar sind.
4. Die stochastische Denkweise ermöglicht eine philosophische Begründung menschlicher Freiheit. Sie ist auf sachkundigen Entscheidungen beruhendes verantwortliches Handeln der Menschen unter konkret-

historischen Bedingungen. Objektive Gesetze, Regularitäten und wesentliche Kausalbeziehungen geben uns mit Möglichkeitsfeldern und der bedingt zufälligen wahrscheinlichen Verwirklichung von bestimmten Möglichkeiten einen Handlungsspielraum. So hebt die stochastische Denkweise die Dichotomie zwischen kausalen Naturprozessen und stochastischer Gesellschaftsentwicklung auf, da sie die Existenz objektiver Zufälle in beiden Wirklichkeitsbereichen anerkennt. Sie wendet sich gegen die eindeutige Determiniertheit des Naturgeschehens ebenso, wie gegen die Annahme der Regellosigkeit der durch menschliches Handeln bestimmten Gesellschaftsveränderung. Objektiv mögliche Ereignisse vollziehen sich unter bestimmten Bedingungen. Menschen sind selbst Determinationsfaktoren für vorhandene und zu schaffende Bedingungen, weshalb sie objektive Gesetze in ihrem Sinne nutzen, wenn sie etwa Nutzpflanzen züchten, die möglich sind, doch in der Natur, ohne Pflege, eingehen würden. Menschen modifizieren mit ihren Handlungen die Gesetze in ihren statistischen Verteilungen und Möglichkeitsfeldern.

5. Die stochastische Denkweise findet eine ihrer Grundlagen in den Theorien der Selbstorganisation als Ausprägung philosophischer Gedanken zur Selbstbewegung der Materie. Selbstorganisation dient der Erhaltung, Veränderung und Auflösung von Systemen. Sie charakterisiert den Mechanismus des Geschehens. Die Forschungen zeigen, dass es keine eindeutige Zuordnung von bestimmten Ursachen zu bestimmten Wirkungen gibt. Mit Bifurkationen macht sie auf die Vielfalt von Formen des Zusammenhangs auf der Grundlage von Ursache-Wirkungs-Relationen in einem Ereignis und einem Prozess aufmerksam. In der Wirklichkeit existieren nur Nicht-Linearitäten, deren Grenzfall Linearitäten sind, nach denen wir zur Vereinfachung unserer Erkenntnis suchen. Wir müssen uns deshalb stets dieser Vereinfachungen bewusst sein. Insofern gehören zu einer nicht-linearen Denkweise auch linear formulierte Erkenntnisse, während eine lineare Denkweise philosophisch reduktionistisch Systeme auf Elemente, Besonderes auf Allgemeines, Kausalität auf mechanistische Kausalität reduziert und damit Problemreduktionen und Denkhemmnisse aufbaut.
6. Es gibt keine eindeutigen Voraussagen. Die klassischen Gesetze der Mechanik führen zu idealen eindeutigen Voraussagen, die ebenfalls mit realen Unbestimmtheiten behaftet sind, da vernachlässigbare Abweichungen existieren, die jedoch ignoriert werden können. In unserem Bestreben, mit unseren Idealisierungen die Welt zu symmetrisieren und die

Nicht-Linearität des wirklichen Geschehens zu linearisieren, sind wir an Grenzen gestoßen. Heisenbergsche Unbestimmtheitsrelationen und das Gödelsche Theorem, Symmetriebrechungen in der Physik, die Mehrdimensionalität des Raumes, der Entropiesatz u.a. machen uns auf das von Moritz angesprochene fundamentale Problem der Unbestimmtheit aufmerksam. Wir können generell jedoch Trendaussagen über wirkliches Verhalten treffen, Risikoabschätzungen vornehmen und, basierend auf der Einsicht in relative Ziele des Geschehens, d.h. Möglichkeiten zukünftiger Entwicklung, Zielvorstellungen entwickeln und Bedingungen zu ihrer Verwirklichung gestalten. Ohne bewusste Gestaltung der natürlichen und gesellschaftlichen Umwelt und des eigenen Verhaltens treiben wir in die Katastrophe, da Menschen als Naturprodukte von der Erde verschwinden können oder sich selbst dem Untergang durch ihr Verhalten aussetzen.

4.2. Statistische Gesetzeskonzeption

Der dialektische Determinismus ist die philosophische Theorie der kausalen Bedingtheit und gesetzmäßigen Bestimmtheit der Objekte und Prozesse in Wechselwirkung mit anderen Objekten und Prozessen. Er ist, verbunden mit der philosophischen Entwicklungstheorie, die sich mit der Zyklizität des Geschehens befasst, philosophischer Ausdruck der stochastischen Denkweise. Theoretischer Kern ist die statistische Gesetzeskonzeption. Sie hebt theoretisch folgende Alternative auf, die oft als unausweichlich angesehen wird: Entweder nimmt man einen vorherbestimmten Ablauf des Geschehens an oder lässt nur das freie Spiel von zufälligen Wirkfaktoren gelten. Bleibt man dabei stehen, baut man sich Denkbarrieren auf. Um das zu vermeiden, haben wir uns von einer einseitigen Auffassung objektiver Gesetze zu befreien und deren statistischen Charakter zu analysieren. Es geht dabei nicht um zwei Gesetzestypen, sondern um die Bestimmung eines allen objektiven und von uns formulierten objektiven Gesetzen zu Grunde liegenden Verständnisses von den Gesetzen.

Ein statistisches Gesetz (Gesetzessystem) ist ein allgemein-notwendiger, d.h. wiederholbarer, und wesentlicher, d.h. den Charakter der Erscheinung bestimmender, Zusammenhang von Ereignissen, in dem eine Systemmöglichkeit unter den Systembedingungen sich notwendig verwirklicht, jedoch die Elementmöglichkeiten ein Möglichkeitsfeld bilden, von denen sich bestimmte Möglichkeiten mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit realisieren. Es hat mit der notwendigen Verwirklichung der Systemmöglichkeit unter Systembedingungen erstens einen dynamischen Aspekt. Der stochastische

Aspekt umfasst zweitens Möglichkeitsfelder für das Elementverhalten, wobei Möglichkeiten durch bestimmte Realisierungswahrscheinlichkeiten ausgezeichnet sind, die die stochastische Verteilung ergeben. Drittens ist der probabilistische Aspekt zu beachten, da für den Einzelfall Übergangswahrscheinlichkeiten existieren, die für den Übergang von einem Zustand in einen anderen gelten.

Manche Gesetzesformulierung umfasst nur einen Gesetzesaspekt. So werden beim Fallgesetz, außer dem dynamischen Aspekt, die vorhandenen stochastischen und probabilistischen Aspekte, die Schwankungen um den freien Fall im Vakuum durch reale Bedingungen, vernachlässigt. Das Fallgesetz ist damit ein potenzielles statistisches Gesetz, während die Schrödingergleichung ein quantitativ bestimmtes statistisches Gesetz ist, da die stochastischen Verteilungen sich mathematisch aus ihm ableiten lassen. Für Gesetzesformulierungen, deren dynamischer Aspekt bekannt ist, weil die notwendige Verwirklichung einer Möglichkeit für das System erkannt ist, könnte man Möglichkeitsfelder für das Verhalten der Elemente entdecken und dafür Bestimmungen wie mehr, gleich oder weniger wahrscheinliche Realisierungen angeben. Das wären qualitativ bestimmte statistische Gesetze. Sie spielen m.E. in den Sozialwissenschaften eine wichtige Rolle.

Man kann auch die zyklische Struktur von Entwicklungsgesetzen untersuchen. Dabei sind Entwicklungszyklen zu berücksichtigen, die von einer Ausgangsphase über Zwischenstufen bis zur Endphase verlaufen, in der bestimmte Eigenschaften der Ausgangsphase zwar wieder auftreten, doch nur eine scheinbare Rückkehr zum Alten stattfindet, da die Funktionen der Ausgangsqualität nun qualitativ besser und quantitativ umfangreicher erfüllt werden. Die Phasen der Ausgangsqualität mit Möglichkeitsfeldern und der Realisierung einer Möglichkeit führen durch Negation der Grundqualität zu einem neuem Möglichkeitsfeld in einer neuen Phase, die zugleich die Möglichkeit einer dialektischen Negation der Negation enthält, die bei ihrer Realisierung eine dritte Phase einleitet. Solche Entwicklungsgesetze sind jedoch in allen Forschungsfeldern erst zu suchen. Sie können Langzeitzyklen umfassen, wie die Einheit von Theorie und Praxis im Herauslösen der Wissenschaft aus der praktischen Arbeit als Negation und die qualitativ höhere Verbindung von Wissenschaft und Gesellschaft als dialektische Negation der Negation. Die Geschichte liefert viele Hinweise auf solche noch nicht beendeten Zyklen, wie das Verhältnis von Individuum und Gemeinschaft, die Entwicklung soziokultureller Identitäten, die Herausbildung von Kreativitätspotenzialen

mit der Revolution der Denkzeuge. Erd- und Klimaentwicklung unterliegen ebenfalls zyklischen Gesetzen.

Wichtig für die statistische Gesetzeskonzeption ist unser Verständnis von Notwendigkeit, das differenziert zu betrachten ist. Es geht dabei keineswegs nur um eine lineare Auffassung von Unausweichlichkeit. Wir können drei Arten der Notwendigkeit unterscheiden. Erstens ist Notwendigkeit ein Prozess, in dem die betrachtete Endwirkung durch die Gesamtheit der Bedingungen bestimmt ist. Das ist eine Feststellung, die wir *post festum* treffen. Erst, wenn das Ereignis eingetreten ist, können wir sagen, die Gesamtheit der Bedingungen habe es notwendig hervorgebracht. Die Vielfalt der Ursachen lässt sich in den meisten Fällen, wegen der Komplexität des Ursachengefüges und auch wegen theoretischer Schwierigkeiten, nicht vollständig erfassen. Wir versuchen deshalb, eventuelle Hauptursachen herauszufinden. Liegt das Ereignis nicht im Rahmen unserer bisherigen Trendvorstellungen, erklären wir es als zufällig. Schon das macht deutlich, wie relativ die Zuordnungen von Notwendigkeit und Zufall zu bestimmten Ereignissen ist.

Notwendigkeit kann zweitens als direkte Bewirkung eines Ereignisses, wie Schuss und Treffer, gesehen werden, wenn komplexe Mechanismen beachtet werden, die selbst in den einfachsten Ereignissen existieren. Selbst wenn ich mit dem Hammer einen Nagel einschlage oder in der Geodäsie ein Instrument einstelle, ist die einfache direkte Notwendigkeit zwischen Ursache und Wirkung nur dann gegeben, wenn die Umstände kein anderes Ergebnis als das angestrebte hervorbringen. Der Hammer kann die Hand treffen, das Instrument fehlerhaft sein. Das gewollte Ergebnis wird zwar nicht erreicht, doch die Ursachen für nicht erreichte Zielstellungen sind zu finden. Diese Problematik beschäftigte mich bei der Aufdeckung von Kausalitäten in strafrechtlichen und vertragsrechtlichen Verfahren. Kausalität ist Grundlage für die Bestimmung der Schuld, entsprechend den Rechtsnormen. Vor etwa dreißig Jahren wurde in der DDR auch nach meiner Kausalitätsauffassung in manchen Fällen Recht gesprochen, wobei einseitige Auslegungen eine Rolle spielten. Deshalb war das Verhältnis von Ursache und Bedingungen genauer zu bestimmen. (Hörz 1962, 4. Aufl. 1971, S. 139ff.) Nach der statistischen Gesetzeskonzeption ist ein Ereignis durch einen Gesetzeskomplex bestimmt. Es ist also in der Regel nicht möglich, ein bestimmtes objektives Gesetz zu finden, das den zu untersuchenden Fall prägt. Herauszufinden waren wesentliche Kausalbeziehungen im Zusammenhang mit den Bedingungen. Man kann nun mit der stochastischen Denkweise das Problem so angehen: Eine Endwirkung entstand durch die Einwirkung mehrerer Faktoren auf einen Be-

dingungskomplex, der ein Möglichkeitsfeld für Wirkungen hervorbrachte, die sich mit bestimmter Wahrscheinlichkeit verwirklichen konnten. Nur dann, wenn eine der Ausgangsursachen mit Gewissheit oder hoher Wahrscheinlichkeit zur Endwirkung führt, ist Kausalität gegeben. Die Einbeziehung der Wahrscheinlichkeit lehnten einige Kontrahenten ab. In einem Fall ging es um die Pflichtverletzung eines Arbeitsschutzbeauftragten als Ausgangsursache, die zur Endwirkung, der tödlichen Verletzung eines Kranführers geführt haben sollte. Die Analyse ergab, dass keine eindeutige Beziehung zwischen dieser Anfangsursache und der Endwirkung bestand, weshalb keine Kausalität nachgewiesen werden konnte. Der Vorwurf der fahrlässigen Tötung war deshalb fallenzulassen und nur die Pflichtverletzung zu ahnden. Oft macht man sich nicht klar, wie unsere philosophischen Hintergrundtheorien unser Handeln bestimmen, auch in allen Einseitigkeiten und mit allen Fehleinschätzungen.

Drittens haben wir es mit der Notwendigkeit gesetzmäßigen Verhaltens zu tun. So ist für wissenschaftliche Erkenntnis von Gesetzen nicht die postfestum deklarierte und auch nicht die einfache direkte Notwendigkeit entscheidend, sondern die allgemeine Notwendigkeit, die Wiederholbarkeit von Ereignissen unter gleichen wesentlichen Bedingungen. Sie ist die von uns zu suchende Gesetzmäßigkeit des zu gestaltenden Geschehens. Objektive Gesetze als allgemein-notwendige, d. h. reproduzierbare Beziehungen, die der Erkenntnis als Grundlage sachkundiger Entscheidungen dienen, sind keine unausweichlichen Vorgänge. Sie bieten Spielräume. Eben das wird in der statistischen Gesetzeskonzeption erfasst.

4.3. Kriterien der Exaktheit

Was meinen wir, wenn wir von der Exaktheit einer wissenschaftlichen Aussage sprechen? Eine Antwort führt uns zu der von Moritz aufgegriffenen Problematik der algorithmischen und informellen Sprache. Die algorithmische Sprache sei exakt, während die informelle unpräzise, ungenau sei. Ich erinnere mich dabei an meine Diskussion mit Werner Heisenberg, der immer die Unschärfe philosophischer Begriffe betonte, die jedoch dadurch langlebig seien. Man kann m. E. von einer Unbestimmtheitsrelation im Verhältnis von Sprache und Wirklichkeit sprechen: Je präziser die Begriffe definiert werden, desto weniger erfassen sie die Wirklichkeit. Je genauer die Wirklichkeit in unserer Sprache erfasst wird, desto unpräziser werden die Begriffsdefinitionen. Das hat Auswirkungen auf die Beziehung zwischen Inhalt und Umfang der Begriffe. Eine exakte Bestimmung des Inhalts schränkt den Umfang ein. Die Feststellung allgemeiner Merkmale in einer Definition, verbunden mit

vielen Variablen, erweitert den Umfang. Solche allgemeinen Begriffe sind, eben, weil sie unscharf sind, oft langlebiger. Das gilt auch für philosophische Begriffe. Sie sind als philosophisch definiert, wenn sie allgemeine notwendige und hinreichende Antworten auf die weltanschaulichen Grundfragen nach der Existenzweise und Entwicklung der Welt, nach der Stellung der Menschen in der Welt, nach den Quellen unseres Wissens, nach dem Sinn des Lebens und nach dem Charakter der gesellschaftlichen Entwicklung geben. Grade der Allgemeinheit sind zu unterscheiden. Auf der allgemeinsten Ebene haben wir es mit Beziehungen von Materie und Bewusstsein, von Leib und Seele, von Struktur und Entwicklung zu tun. Solche Auffassungen werden mit dem Wissen einer Zeit präzisiert und dadurch beleg- und widerlegbar. Daraus ergeben sich philosophische Hypothesen über mögliche zukünftige Erkenntnisbeiträge zur Philosophie durch neue wissenschaftliche Einsichten. Dadurch wird Philosophie als Welterklärung zur Heuristik und durch die Beantwortung von Sinnfragen zu weltanschaulicher Lebenshilfe. Auch solche philosophischen Aussagen sind unterschiedlich präzise.

In einem Brief an Moritz Schlick von 1932 verdeutlichte Heisenberg das Problem. Er betonte die Bedeutung des Logikkalküls für klares und sauberes Denken und hob zugleich hervor, dieses Denkinstrument sei noch keine Philosophie. Er glaube generell nicht an die Möglichkeit einer wirklich klaren Sprache. Er verwies dabei auf die Ergebnisse von Gödel. Doch es sei „ihm lieber, über wichtige Dinge unklar, als über unwichtige klar diskutieren zu hören. ... Ich glaube, das Beste, was sich erreichen lässt, ist: Klarheit zu schaffen an der einen kleinen Stelle, wo ein Widerspruch uns auf die Unklarheit verweist.“ (Kleint u.a. 2005, S. 349)

Die Frage nach der Exaktheit ist so eine Frage nach der Struktur wirklicher Beziehungen und ihrer möglichen Erfassung in der Sprache. Mathematik als Wissenschaft von den formalisierbaren möglichen Strukturen ideeller Systeme erfasst die Wirklichkeit unter bestimmten Aspekten. Sie ist insofern wesentlich Strukturtheorie. Die Beantwortung von Sinnfragen, d.h. Fragen nach den konkret-historischen Werten menschlichen Verhaltens als Bedeutungsrelationen von Sachverhalten für soziokulturelle Identitäten, die Nützlichkeit, Sittlichkeit und Ästhetik umfassen, ist Aufgabe der Philosophie. So erweitert die unpräzise Sprache zwar unsere Problemsicht, doch ist zugleich Präzisierung im Sinne der Idealisierung erforderlich, was durch klare Definitionen und eventuell durch den Einsatz mathematischer Methoden erreicht werden kann, uns jedoch zwingt, die Ergebnisse als Heuristik zur Lösung praktischer Probleme anzusehen.

Man kann m.E. für die wissenschaftliche Erkenntnis zwei wesentliche Kriterien der Exaktheit unterscheiden, ein theorie- und ein praxisorientiertes. In Auseinandersetzung mit der Auffassung von Kant, Chemie könne zwar systematische Kunst oder Experimentallehre, doch niemals Wissenschaft werden, da ihre Prinzipien der Anwendung der Mathematik unfähig seien, betonte ich: „Damit entstehen erkenntnistheoretische Schwierigkeiten für die Chemiker, denen nicht in erster Linie an der mathematischen Formulierung allgemeiner Gleichungen, sondern an der praktischen Verwertung der Erkenntnisse, vor allem im industriellen Bereich, liegt. Philosophisch gesehen geht es um unterschiedliche Bestimmungen der Exaktheit wissenschaftlicher Aussagen. Dabei ist das Ziel von Wissenschaft zu beachten. Sie formuliert einerseits in sich konsistente axiomatisierte Theorien und liefert andererseits Erkenntnisse für praktisches Handeln. Beides kann zwar im Extremfall zusammenfallen, wenn eine Theorie mathematisch vollständig ausgebildet ist und die Transformationen der allgemeinen Zustände in meßbare Größen sowie die Ausgangs- und Randbedingungen bekannt sind. Das ist jedoch selten der Fall. ... Philosophisch interessant wird es, wenn man untersucht, welche Arten der Exaktheit wissenschaftlicher Aussagen existieren. So ist es sinnvoll, zwischen theoretisch und praktisch orientierter Exaktheit zu unterscheiden. Bedeutet exakt die Einordnung in eine mathematisch formulierte Theorie, dann ist die Definition theoriebezogen, strenger mathematikbezogen. Umfang und Inhalt der Begriffe werden an der Theorie und nicht an ihrer Bedeutung für die Erklärung und Gestaltung der Wirklichkeit gemessen. ... Dagegen verlangt eben wirklichkeitsbezogene Exaktheit von Definitionen und theoretischen Aussagen, dass die abgeleiteten Orientierungen für das Handeln den gedachten Zweck erreichen lassen. So werden nicht selten theoriebezogene Aussagen durch Praktiker theoretisch zwar unexakt korrigiert, aber wirklichkeitsbezogen erst mit der Korrektur effektiv umgesetzt. Entscheidend für die Bewertung der Exaktheit ist also der Bezug zur Theorie oder zur Gestaltung der Wirklichkeit und nicht allein die mathematische Formulierung. ... Es kommt immer auf die richtige Mischung von mathematischer Exaktheit und Einsicht in die Ordnung der Wirklichkeit an, um brauchbare Schlüsse zu erhalten.“ (Hörz 1994, S. 12f.)

5. Methodologische Konsequenzen für die Geodäsie

Zuerst ist zu berücksichtigen, dass die Methoden der Geodäsie sich selbst entwickelt haben, was Auswirkungen auf die Methodologie, also das System der Methoden, hat. Generell bewegen sie sich zwischen drei grundlegenden

Sicht- und Gestaltungsweisen der Wirklichkeit durch Menschen: gegenständliche Aneignung (Beobachtung, Experiment), rationale Aneignung (Begriffe, Theorien, Mathematik), historische Sicht, denn jede gegenwärtige Struktur ist geronnene Entwicklung. Die Geodäsie ist auf die praktische Gestaltung, auf die Einheit von induktiv-heuristischer und logisch-deduktiver Methode ebenso angewiesen, wie auf die historische Sicht, wenn sie die Struktur des Geoids als Rahmentheorie in ihre Beobachtungen einbezieht und zur Grundlage für die Deutung der Daten nimmt. Dabei haben sich Wandlungen von der vorwiegenden Feldarbeit zur Interpretation experimenteller Daten mit neuen Mitteln, auch von der praktischen zur theoretischen Arbeit, vollzogen, da das Datensammeln auch durch Geräte erfolgt.

So macht Horst Montag auf den hohen Genauigkeitssprung durch die Satellitengeodäsie aufmerksam. „Erstmals wurde eine globale Vermessung der Erde mit geodätischer Genauigkeit möglich. Damit ist eine Vielzahl neuer Erkenntnisse über die Größe und Figur der Erde, über geometrische und physikalische Parameter der Erde, verbunden. Die hohe Genauigkeit enthüllte auch die zeitliche Variation der meisten dieser Parameter.“ (Montag 2004, S. 14) Höhere Genauigkeit hat seinen erkenntnistheoretischen Preis, denn der Zeitfaktor ist einzubeziehen.

Versuchen wir kurz einige der methodologischen Konsequenzen aus der stochastischen Denkweise für die Geodäsie zu charakterisieren:

1. Entsprechend der stochastischen Denkweise haben wir stets darauf zu achten, die Idealisierungen in das rechte Verhältnis zur Aufgabe zu setzen. Größere Genauigkeit dient bestimmten Zielstellungen, wie erforderliche Messunterlagen zur Planung und Gestaltung, Wahrnehmung von Hoheitsaufgaben, Erweiterung des methodischen Instrumentariums, wissenschaftliche Erkenntnissuche, um nur einige zu nennen. Was kann mit welchen Kosten zu welchem Zweck erreicht werden? Welche Ungenauigkeiten sind dabei zu tolerieren? Welche Fehler können ignoriert werden? Diese Fragen sind konkret zu beantworten.
2. Es gibt keine fehlerfreie Messung. Es kommt immer zu Messfehlern, korrekter zu Messabweichungen. Deshalb unterscheidet man zwischen dem wahren und dem richtigen Messwert, der wahre ist eine Idealgröße, die wir nicht kennen, der richtige Wert der Messgröße ist der „bekannte Wert“ für Vergleichszwecke, dessen Abweichung vom wahren Wert für den Vergleichszweck als vernachlässigbar betrachtet wird. Es gilt also generell: So exakt, wie nötig!
3. Genauigkeit wird auf Kosten der Einfachheit erreicht. Je genauer man

messen will, desto mehr Beziehungen sind zu berücksichtigen. Das drückt die Feststellung im Zusammenhang mit den durch kosmisch-geodätische Verfahren erreichten höheren Genauigkeit von zwei bis drei Zehnerpotenzen im Vergleich mit den astronomischen Verfahren aus: „Wegen dieser hohen Genauigkeit müssen heute viele weitere geodynamische Effekte berücksichtigt und eliminiert werden.“ (Montag 2004, S. 21) Das bedeutet nicht etwa, dass komplexe Systeme nur mit komplizierten Regeln zu erfassen sind. Jedes System hat eigene Systemgesetze, die es zu finden gilt.

4. Die Ursachen für Messabweichungen sind zu analysieren. Dabei spielen Fehlergruppen, wie sie bei Baeyer vorkamen, auch heute eine Rolle, um sie auszuschließen: menschliches Verhalten, funktionierende Instrumente, entsprechende Methoden, Umwelteinflüsse, Rahmentheorie und Interpretation. Bei allem ist das stochastische Verhalten im Sinne der Instabilitäten zu berücksichtigen.
5. Mit den Zielstellungen sind auch die Kriterien der Exaktheit verbunden. Geht es um eine praktikable exakte Lösung oder um eine exakte idealisierte Theorie. Beides wirkt im Sinne der Heuristik aufeinander ein und ist nur in seltenen Fällen deckungsgleich.

6. Schlussbemerkung

Die Beziehung zwischen Unbestimmtheit und Exaktheit ist wesentlich für die Methodologie der Wissenschaften. Es sind für die wissenschaftliche Erkenntnis die Fragen zu beantworten: Entspricht unsere Denkweise schon den neuen Erkenntnissen über die Nicht-Linearität des Geschehens? Welche Kriterien legen wir dem Urteil über die Exaktheit unserer Erkenntnisse zu Grunde? Verbinden wir Modellbildung mit Modellkritik? Wie sehen Risikoabschätzungen aus, da wir keine exakten Aussagen über die Wirklichkeit gewinnen können? Philosophische Antworten liefert die statistische Gesetzeskonzeption im dialektischen Determinismus: Sie stimmen grundsätzlich mit Überlegungen von Moritz zur Methodologie der Wissenschaften überein, da sie allgemeine Aspekte der von ihm angesprochenen Beziehungen von Zufall und Determiniertheit im „deterministischen Chaos“ erfassen.

Die damit verbundenen philosophischen Probleme sind weiter aktuell. So gab es in der „Frankfurter Allgemeinen Zeitung“ 2008 eine Debatte zum Problem der Willensfreiheit, in der Dieter Eichrodt in der Zuschrift zum Thema „Determinismus und Naturgesetze sind unvereinbar“ (Eichrodt 2008) betonte, man habe die klassischen Dualismen „Leib-Seele“ und „Geist-Mate-

rie“ als obsolet zu verabschieden und solle sich auf die experimentell abgesicherten Dualismen „Chaos-Kosmos“, „Entropie-Synergie“, „Zufall-Notwendigkeit“, die auf das Gleiche hinausliefen, beschränken. Naturgesetze beherrschten zwar das natürliche Geschehen, doch sie bestimmten es nicht, da Anfangs- und Randbedingungen zu den Gesetzen hinzukämen, die nicht aus den Gesetzen abzuleiten seien und die doch erst die Prozesse determinierten. Dieses Problem wird eben in der statistischen Gesetzeskonzeption aufgegriffen und als Theorie entwickelt. Darüber ist weiter zu debattieren, um die unserer Zeit und der Entwicklung der Wissenschaften angemessene philosophische Denkweise mit ihren methodologischen Konsequenzen für die Wissenschaft zu finden. Es ist m.E. die stochastische Denkweise, die auch Helmut Moritz favorisiert, wie ich zeigen wollte.

Literatur:

- Buschmann, Ernst (Hrsg.) (1994), *Aus Leben und Werk von Johann Jacob Baeyer*, Frankfurt am Main: Verlag des Instituts für angewandte Geodäsie
- Eichrodt, Dieter (2008), *Determinismus und Naturgesetze sind unvereinbar*, in: Frankfurter Allgemeine Zeitung vom 19.9.2008
- Harnisch, Martina und Günter (1993), *Helmerts Arbeiten zur physikalischen Geodäsie*, in: Friedrich Robert Helmert, *Akademie-Vorträge*, Frankfurt am Main: Verlag des Instituts für angewandte Geodäsie, S. 37–77
- Helmert, Friedrich Robert (1993), *Akademie-Vorträge*, Frankfurt am Main: Verlag des Instituts für angewandte Geodäsie
- Hörz, Herbert (1962), *Der dialektische Determinismus in Natur und Gesellschaft*. Berlin: Deutscher Verlag der Wissenschaften (2. Aufl. 1966, 3. Aufl. 1969, 4. Aufl. 1971, 5. Aufl. 1974)
- Hörz, Herbert (1980), *Zufall. – Eine philosophische Untersuchung*. Berlin: Akademie-Verlag
- Hörz, Herbert (1992), *E. Buschmann: Gedanken über die Geodäsie. Einige naturwissenschaftliche, technische, philosophische und wirtschaftliche Aspekte*, Stuttgart 1992. In: *Deutsche Literatur Zeitung (DLZ)*, 113 (1992) 9–10, Sp. 549–551
- Hörz, Herbert (1994), *Philosophische Aspekte der Chemie*, 7. Stuttgarter Chemietage, Chemisches Institut Dr. Flad Stuttgart
- Hörz, Herbert (1996), *Reflections on a Philosophical Notion of Information*. In: K. Kornwachs, K. Jacoby (eds.): *Information. New Questions to a Multidisciplinary Concept*. Berlin: Akademie-Verlag, S. 245–257.
- Hörz, Herbert (2000), *Naturphilosophie als Heuristik? Korrespondenz zwischen Hermann von Helmholtz und Lord Kelvin (William Thomson)*. Marburg: Basilisken-Presse

- Hörz, Herbert (2002), Heisenberg – Determinismus und die Folgen, in: Gotthard Klose, Kurt Reiprich (Hrsg.), Werner Heisenberg, Vorträge zum 100. Geburtstag, Rohrbacher Kreis, Sonderheft, Leipzig: Rosa-Luxemburg-Stiftung Sachsen e.V., S. 21–48
- Hörz, Herbert (2007), Wahrheit, Glaube und Hoffnung. Philosophie als Brücke zwischen Wissenschaft und Weltanschauung. Berlin: trafo Verlag
- Hörz, Herbert (2008), Statistische Gesetzeskonzeption. Zur Genese einer philosophischen Theorie, in: Gerhard Banse, Herbert Hörz, Heinz Liebscher, Von Aufklärung bis Zweifel. Beiträge zu Philosophie, Geschichte und Philosophiegeschichte. Festschrift zum 75. Geburtstag von Siegfried Wollgast, Abhandlungen der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Band 25, Berlin: trafo Verlag; S. 129–152
- Kautzleben, Heinz (2008), Poster zum Kolloquium am 14.11.2008 über sieben große Geodäten
- Kleint, Christian, Rechenberg, Helmut, Wiemers, Gerald (Hrsg.), Werner Heisenberg. 1901-1976. Beiträge, Berichte, Briefe. Festschrift zum 100. Geburtstag. Abhandlungen der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig, Band 62. Leipzig: Verlag der Sächsischen Akademie der Wissenschaften
- Montag, Horst (2004), Gedanken zur faszinierenden Entwicklung der Geodäsie seit den 1950er Jahren, in: Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät, Bd. 70, Berlin: trafo Verlag, S. 13–24
- Moritz, Helmut (1995): Science, Mind and the Universe: an Introduction to Natural Philosophy, Heidelberg: Wichmann
- Moritz, Helmut (2001), Gauss, Gödel, Heisenberg, in: Historical Case Studies in Physics und Geophysics, collected and edited by Wilfried Schröder, Beiträge zur Geschichte der Geophysik und Kosmischen Physik, Bd. II, Heft 1, Science Edition, AKGGKP, Bremen-Rönnebeck
- Moritz, Helmut (2004), Chaostheorie und Meteorologie, in: Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät, Bd. 71, Berlin: trafo Verlag, S. 37–46
- Moritz, Helmut (2006), Science, Religion and Tolerance, in: Wilfried Schröder (Ed.), Natural Science, Philosophy and Religion, Darmstadt: Science Edition, S. 7–52
- Moritz, Helmut (o.J.), <http://www.helmut-moritz.at/SciencePage/Uncertainty1.pdf>