Thomas Mormann

Auszug aus:
Zur Frühgeschichte des funktionalen Denkens – Oresmes Konfigurationslehre und Galileis geometrische Naturwissenschaft

In: von Harten, Jahnke u.a.: Funktionsbegriff und funktionales Denken. – Köln: Aulis-Verlag Deubner, 1986 (IDM-Reihe; Bd. 11)

[...]

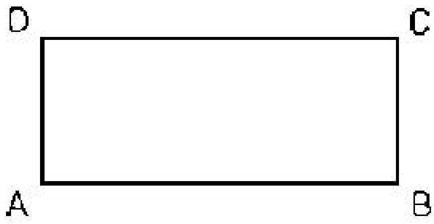
2. *Oresmes (1320 – 1382) Konfigurationslehre*

Bis hin zu Galilei ist die aristotelische Naturphilosophie das Paradigma, das die abendländische Naturerkenntnis in ihren wesentlichen Zügen bestimmt. Für Aristoteles und die modernen Naturwissenschaften in ihrer Frühphase steht dasselbe Problem im Mittelpunkt des Interesses: *was ist Bewegung*? Der aristotelische Begriff der Bewegung ist jedoch umfassender als der der Naturwissenschaften: er enthält nicht nur den Begriff der Ortsbewegung, sondern schließt Veränderungen wie Entstehung, Wachstum und allgemeine Qualitäts- und Größenveränderungen ein. Gerade diese Breite des aristotelischen Bewegungsbegriffs steht einer mathematischen, d.h. quantitativen Behandlung dieses Konzeptes im Wege - der auf die kontrollierte Ortsbewegung eingeschränkte Bewegungsbegriff der Naturwissenschaften dagegen konnte als Motor einer umfassenden Mathematisierung der Naturerkenntnis fungieren.

Oresme nimmt in der Geschichte der Mathematisierung des Bewegungsbegriffs eine vermittelnde Stellung ein: Die Konfigurationslehre ist der Versuch, die Geometrie als ein universelles Modell für Bewegungsvorgänge (im umfassenden aristotelischen Sinne) einzusetzen und das Symbolsystem der Geometrie für die scholastische Naturphilosophie nutzbar zu machen, ohne die ontologischen Grundlagen des Aristotelismus anzutasten.

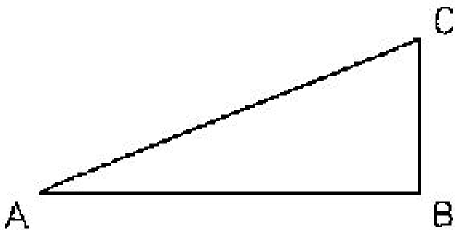
Das Programm seiner Konfigurationslehre formuliert Oresme zu Beginn des Traktates „De configurationibus qualitatum et motuum“ folgendermaßen (vgl. Clagett 1978, S. 165/66): „Abgesehen von den Zahlen läßt sich jede meßbare Größe als stetig veränderliche Größe denken. Für die Messung einer solchen Größe ist es daher notwendig, daß man sich Punkte, Linien und Flächen vorstellt, denn in diesen findet man, wie schon der Philosoph (Aristoteles) sagt, in exemplarischer Weise Maß und Verhältnis, während in anderen Bereichen diese Begriffe durch Übertragung zu finden sind, wenn sie mit der Geometrie in Beziehung gesetzt werden. Auch wenn Punkte, Linien und Flächen nicht in Wirklichkeit existieren, ist es doch notwendig, sie mathematisch für die Messung von Größen und das Verständnis ihrer Verhältnisse vorauszusetzen. Aus diesem Grunde sollte die Größe einer stetig veränderlichen Qualität durch eine gerade Linie dargestellt werden, die senkrecht auf einem Punkt des Gegenstandsraumes des Objektes steht, das diese Qualität besitzt. Denn zu jedem Verhältnis zwischen zwei gleichartigen Größen gibt es ein entsprechendes zwischen zwei Linien und umgekehrt.“

Was Oresme meint, wird die folgende Illustration sofort klarmachen: der Gegenstand, der eine stetig veränderliche Qualität besitzt, z.B. Wärme, Kälte, Farbigkeit usw., wird dargestellt durch die sogenannte Basislinie AB. Die Intensität der Qualität in einem Punkt des Gegenstandes wird repräsentiert durch eine zur Basislinie senkrechte Strecke in diesem Punkt:

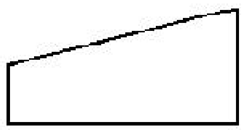


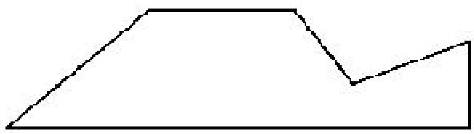
Die globale Verteilung der Qualität wird dargestellt durch die Figur („Konfiguration“) ABCD. Das obige Rechteck repräsentiert also einen Gegenstand, der überall eine Qualität derselben Intensität besitzt, etwa einen überall gleichmäßig weiß gefärbten Körper oder eine überall gleich warme Menge Wasser. Eine solche Qualitätsverteilung nennt Oresme uniform.

Etwas weniger trivial ist die folgende Konfiguration, die eine sich gleichmäßig ändernde Qualitätsverteilung darstellt, etwa einen Eisenstab, dessen Temperatur von links nach rechts gleichmäßig zunimmt:



In Oresmes Terminologie wird diese Konfiguration als uniform difform bezeichnet. Aus diesen beiden Grundtypen ergeben sich kombinatorisch kompliziertere Konfigurationen der folgenden Art, die jedoch nichts grundsätzlich Neues bringen:





So simpel Oresmes Konfigurationslehre erscheinen mag, sie stellt dennoch einen wissenschaftshistorisch sehr wichtigen Schritt in der Entwicklung des funktionalen Denkens in der Mathematik und den Naturwissenschaften dar. Dafür sind vor allem zwei Komponenten der Oresmischen Theorie verantwortlich:

(a) Die Konfigurationslehre ermöglicht es, nach aristotelischem Verständnis nicht quantifizierbare, sogenannte intensive Größen durch quantitative Größen (Längen, Flächen) darzustellen und so symbolisch zu quantifizieren (vgl. Maier, Zum Problem der intensiven Größen, in: Maier 1966);

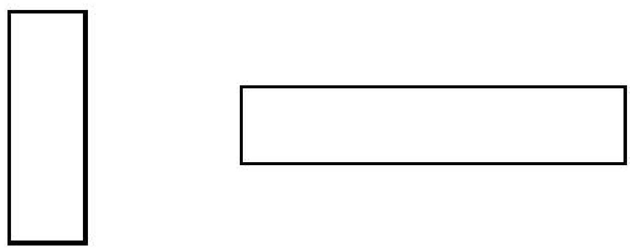
(b) Die Flächen der Konfigurationen lassen sich als „Totalqualitäten“ interpretieren, die als symbolisches Produkt anderer Qualitäten definiert sind. Dadurch erweitert sich der Bereich möglicher Größen über den Bezirk „natürlicher“ Größen wie „Länge“, „Masse“, usw.

Beide Komponenten der Konfigurationslehre, die symbolische Quantifikation intensiver Größen und die Bildung neuer komplexer Größen nach dem geometrischen Vorbild des Flächeninhaltes, haben sich als mit den Kategorien der aristotelischen Naturphilosophie letztlich nicht vereinbar erwiesen und haben zur Ersetzung des aristotelischen Weltbildes durch das der modernen Naturwissenschaften nicht unwesentlich beigetragen (vgl. Crombie 1977, S. 320 ff.).

2.1 Quantifikation und Messung intensiver Größen

Aristoteles teilt in seiner Größenlehre Größen in extensive und intensive Größen ein. Extensive Größen sind dadurch gekennzeichnet, daß man ihre Vergrößerung bzw. Verkleinerung durch Hinzufügung bzw. Wegnahme von Teilen bewerkstelligen kann. Die extensive Größe par exellence ist die Länge: aus einer gegebenen Strecke erhält man eine längere oder kürzere, indem man Teile hinzufügt oder wegnimmt; extensive Größen sind so einem effektiven Meßverfahren zugänglich, indem man irgendeine - im Prinzip willkürliche - Größe als Maßstab nimmt.

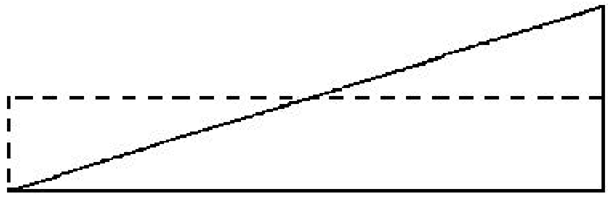
Außer diesen extensiven Größen gibt es jedoch auch solche, wo man zunächst kein Meßverfahren angeben kann, obgleich man auch bei ihnen von einer Zu- oder Abnahme sprechen kann. Bei diesen „intensiven“ Größen ist zunächst nicht ersichtlich, auf welche Einheit man verschiedene Messungen beziehen sollte: wie soll man z.B. 5 l lauwarmes Wasser quantitativ mit l l heißem Wasser vergleichen, oder welche Größenbeziehung besteht zwischen einer sich langsam bewegenden großen Masse und einer kleinen, die sich mit großer Schnelligkeit bewegt? Es gibt zunächst kein Konzept von „Wärme“ oder „Schnelligkeit“, das man ohne weiteres auf die jeweils zu vergleichenden Fälle anwenden könnte. Oresme löst derartige Probleme konfigurationstheoretisch durch die Bildung komplexer Größen folgendermaßen: man nehme an, das heiße Wasser habe einen Intensitätsgrad, der dreimal größer ist als der des lauwarmen Wassers. Die Basislinie der Menge von 5 l Wasser ist naheliegenderweise fünfmal so lang wie die von l l Wasser. Damit ergeben sich für die Totalqualitäten 1 x 5 vs. 3 x 1, die große Menge Wasser hat also weniger als doppelt soviel „Wärme“ wie die kleine. Der Vergleich beider Totalqualitäten gelingt also durch die Bildung der komplexen Größe „Wassermenge x Wärmegrad“, von der man nicht unmittelbar sagen kann, was sie bedeutet, die vielmehr nur symbolisch gegeben ist durch den Flächeninhalt der Konfiguration.



An der faktischen Messung realer Wassermengen ist Oresme kaum interessiert, ihm geht es mit der Konfigurationslehre nur um ein „symbolisches“ nicht-empirisches Messen „secundum imaginationem“. Die Lösung des „Wasservergleichsproblems“ zeigt, dass für die Bildung von Total- oder Produktqualitäten der Flächeninhalt einer Konfiguration die entscheidende Rolle spielt.

Durch eine einfache Kongruenzbetrachtung erhält Oresme so, wie in der folgenden Skizze angedeutet, einen geometrischen Beweis der berühmten Mertonregel (benannt nach dem Merton College in Oxford, wo eine Aussage dieser Art zu Beginn des 14. Jahrhunderts von W. Heytesbury, R. Swineshead und J. Dumbleton aufgestellt worden ist; vgl. Duhem 1913, Maier 1966, Clagett 1979).

Mertonregel: „Jede uniform difforme Qualität ist von derselben Quantität wie eine uniforme Qualität desselben Gegenstandes, deren Grad dem Grad des Mittelpunktes des Gegenstandes entspricht“.



Das konfigurationstheoretische Verfahren, den Flächeninhalt als Symbol für eine komplexe Größe zu nehmen, kann als erster Schritt auf dem Weg zu einer Theorie allgemeiner Größen wie „$E = F \cdot s$“, „$I = m \cdot v$“ usw. verstanden werden, ist jedoch mit einer aristotelischen Metaphysik der Natur, die von der Existenz einer begrenzten Zahl „natürlicher“ Größen ausgeht, nicht vereinbar. In Oresmes Konzept der Quantität der Qualität als einer zusammengesetzten Größe steckt der Keim zu einer allgemeinen physikalischen Größenlehre, die erst in der physikalischen Dimensionstheorie Fouriers im 19. Jahrhundert einen gewissen Abschluß gefunden hat (vgl. Bochner 1966, S. 212).

2.2 Zeitkonfigurationen

Die zunächst auf die Darstellung von substantiellen Eigenschaften beschränkte Konfigurationslehre erweitert Oresme, indem er sie auf die Modellierung zeitlicher Prozesse verwendet. Die Basislinie stellt in diesem Fall einen in der Zeit existierenden Gegenstand dar. Eine uniforme Konfiguration ist dann z.B. ein Gegenstand, der sich mit konstanter Geschwindigkeit bewegt, eine Dreieckskonfiguration stellt ein gleichmäßig aus der Ruhe beschleunigtes Objekt dar.

Diese Beispiele deuten auf eine sehr große Ähnlichkeit der Konfigurationen mit cartesischen Funktionsgraphen hin, tatsächlich sind die Unterschiede jedoch größer, als man zunächst annehmen würde. Die Basislinie symbolisiert nämlich kein allgemeines, von einem Gegenstand unabhängiges Zeitintervall, sondern eher einen in der Zeit existierenden Gegenstand. Ein Punkt der Basislinie ist daher kein allgemeiner „Zeitpunkt“, sondern der zu diesem Zeitpunkt existierende Gegenstand. Das zeigt sich daran, daß gewisse, vom funktionalen Standpunkt sehr naheliegende Konfigurationen bei Oresme nicht vorkommen.

Geht es z.B. um irgendeinen Bewegungsvorgang, wäre es für einen heutigen Physiker eine der nächstliegenden Überlegungen, nach der funktionalen Beziehung zwischen Zeit und zurückgelegter Entfernung zu fragen. Aus der Gestalt des Funktionsgraphen dieser Beziehung könnte man sofort ablesen, ob es sich um eine gleichförmige, eine gleichmäßig beschleunigte oder eine Bewegung anderer Art handelt. Oresme hingegen verwendet niemals Konfigurationen, die eine Beziehung zwischen Zeit und Weg repräsentieren, wohl weil dies seiner Ontologie widersprechen würde: Man kann die Wegstrecke, die ein Körper zurückgelegt hat, kaum als Eigenschaft dieses Körpers auffassen. Anders steht es mit der Geschwindigkeit: Oresme (und auch noch Galilei) verwendet gerne Konfigurationen, die die Geschwindigkeit eines Körpers in Abhängigkeit von der Zeit darstellen. Das liegt daran, daß die Geschwindigkeit eines Körpers von der scholastischen Naturphilosophie als eine Eigenschaft aufgefaßt wurde, die der Körper während des Bewegungsvorganges in mehr oder weniger hohem Grad besitzt, und nicht als ein (infinitesimales) Verhältnis. Aus dieser Position heraus ist es für Oresme sehr einfach, aus der Mertonregel ein „Fallgesetz“ abzuleiten, das dem entsprechenden Theorem Galileis verblüffend ähnlich ist. Er braucht nichts weiter zu tun, als auf eine uniform difforme Zeitkonfiguration, deren vertikale Dimension die „Schnelligkeit“ darstellt, die Mertonregel anzuwenden.

Man sieht, daß die aristotelische Substanzontologie sehr stark in die Modellierungsmöglichkeiten der Konfigurationslehre hineinwirkt. Das konfigurationstheoretische Paar „Gegenstandsdimension/Eigenschaftsdimension“ kann nur als partielle Entsprechung des modernen Paars „unabhängige Variable/abhängige Variable“ angesehen werden.

Diese ontologischen Beschränktheiten, insbesondere die Eigenschaftskonzeption des Geschwindigkeitsbegriffs, stehen der wissenschaftshistorisch bedeutsamsten Einzelleistung der Konfigurationslehre, der Vorwegnahme des Galileischen Fallgesetzes jedoch nicht im Wege. Im Gegenteil, sie haben sie vielleicht erst ermöglicht.

[...]