

# Entropie als Elchtest

## Objektivistische Physik in Schleudergefahr

### Inhalt

<b>1. Zum Objektivismus in den Naturwissenschaften .....</b>	<b>2</b>
a) Das nicht-objektivistische Wissenschaftsverständnis .....	2
b) Die Krise des Objektivismus.....	5
<b>2. Entropie in der phänomenologischen Thermodynamik .....</b>	<b>8</b>
a) Entropie und Wärmekraftmaschine.....	8
b) Entropie als Ding.....	12
<b>3. Entropie in der statistischen Physik .....</b>	<b>18</b>
a) Entropie und Wahrscheinlichkeit .....	18
b) Informationstheoretische Entropie und Subjektivismus .....	22
c) Entropie und zweiter Hauptsatz der Thermodynamik.....	26
<b>4. Philosophische Implikationen des Entropiebegriffs.....</b>	<b>32</b>
a) Entropie und Zeit.....	32
b) Entropie und Ordnung.....	39
ZITIERTE QUELLEN.....	45

# 1. Zum Objektivismus in den Naturwissenschaften

Entropie ist ein schicker Begriff, der in vielen Diskussionszusammenhängen ins Spiel gebracht wird und vielen Leuten leicht über die Lippen geht. In Wahrheit verbirgt sich dahinter aber ein extrem sperriges physikalisches Konzept. Um seine eigentliche Bedeutung erfassen und ausloten zu können, muss unser Denken die Strategie, die es im Zuge der Entwicklung der neuzeitlichen Naturwissenschaft ersonnen und perfektioniert hat, bis zum Äußersten ausreizen. Am Beispiel der Bemühungen um eine korrekte Interpretation des Begriffs der Entropie ist daher nicht nur zu beobachten, wie diese Strategie funktioniert, sondern auch zu erkennen, wo ihre Grenzen liegen, und wo ein Denken, das zu wenig über diese Grenzen reflektiert, immer wieder **ins Schleudern** gerät.

Will man die erwähnte Strategie mit einem einzigen Wort charakterisieren, kann man sie als **Objektivismus** bezeichnen. Objektivistisch dachte und denkt das Gros der Naturwissenschaftler insofern, als man lange Zeit alle Aufmerksamkeit auf die jeweils zu analysierenden Objekte konzentrierte, während gleichzeitig deren Bezüge zum Wissenschaft betreibenden **Subjekt** und dessen **Handeln** ausgeblendet wurden. Seit man mit großer Verspätung endlich dieses Subjekt in den Blick fasst, will man in ihm nur eine Sonderform des Objekts sehen. Man verfährt bis heute auf diese Weise, weil sich die Strategie des Objektivismus jahrhundertlang bestens bewährte, indem sie eine klare Stellung und Abgrenzung von Forschungsthemen ermöglichte und dadurch schon im Vorfeld des eigentlichen Forschungsprozesses für eine radikale Vereinfachung höchst komplexer Problemlagen sorgte. Aus mehreren Gründen geriet der Objektivismus jedoch im Verlauf des zwanzigsten Jahrhunderts in eine **tiefe Krise**, die sich aktuell eher zu verschärfen als zu entschärfen scheint.

## a) Das nicht-objektivistische Wissenschaftsverständnis

Bevor ich auf die Krise des Objektivismus etwas näher eingehe, möchte ich ganz kurz die Umrisse eines **nicht-objektivistischen** Wissenschaftsverständnisses skizzieren, das die Rolle des Subjekts im Erkenntnisprozess berücksichtigt. Dieser unter anderem an die Transzendentalphilosophie, den Pragmatismus und die kritische Theorie anknüpfende Zugang zur Naturwissenschaft geht von den drei folgenden Annahmen aus<sup>1</sup>:

- (1) Sinn und Wahrheitsgehalt aller wissenschaftlichen Aussagen über ein bestimmtes Objekt lassen sich nur vor dem Hintergrund ihres Beitrags zur **Orientierung** und **Erfolgssicherung** des mit dem betreffenden Gegenstand befassten Handelns klären.
- (2) Der eigentliche **Sinn** einer wissenschaftlichen Aussage über ein bestimmtes Objekt liegt in den auf den betreffenden Gegenstand bezogenen Aktionsmöglichkeiten, die aus jener Aussage ableitbar sind.

---

<sup>1</sup> Ausführliche Erläuterungen zum genannten Wissenschaftsverständnis samt Begründung der ihm zugrunde liegenden Ausgangsannahmen gibt meine dreibändige Studienreihe über *"Erkenntnistheoretische Grundlagen der Physik"* - vgl. (3), (4) und (5) im Verzeichnis der zitierten Quellen. Eine Kurzfassung der in diesen Erläuterungen zum Ausdruck kommenden philosophischen Position eines **transzendentalen Pragmatismus** findet sich am Beginn des dritten Band der Studienreihe. Sie kann auf meiner Webseite in der Leseprobe zu diesem dritten Band nachgelesen werden. Vgl. <http://www.erkennnistheorie.at/physik-2/leseproben/>

(3) Ihr **Wahrheitsgehalt** bemisst sich dagegen an den Erfolgchancen des Handelns, das sich an den aus ihr ableitbaren Aktionsmöglichkeiten orientiert. Wahr sind also nur jene Aussagen, die sich in diesem Handeln bewähren, während alle Urteile als widerlegt zu gelten haben, die zum Scheitern der an ihnen ausgerichteten Praxis führen.

Im Gegensatz zum Mainstream des Forschungsbetriebs, in dem man sich zu wenig mit der aller Empirie vorgeordnete Frage beschäftigt, was denn eigentlich unter einem Objekt zu verstehen ist, stellt die von den eben skizzierten Annahmen ausgehende nicht-objektivistische Erkenntniskritik besagte Frage ins Zentrum ihrer Reflexionen. Letztere führen zu einem Blick **hinter** die Objektfassade der Forschungsgegenstände, der Erstaunliches offenbart. Die diesbezüglichen Analysen der Methodik naturwissenschaftlicher Begriffs- und Theoriebildung zeigen nämlich, dass naturwissenschaftliche Aussagen das Geschehen im jeweils zu beschreibenden Gegenstandsbereich stets **nach dem Vorbild menschlicher Interaktionen** modellieren. In diesem Sinne wird jedes Objekt von vornherein als ein **virtueller Akteur** betrachtet. Und in weiterer Folge sind dann sämtliche das Verhalten dieses virtuellen Akteurs bestimmenden Kräfte und Gesetze als **Analogien** zu menschlichen Handlungsmotiven und den sie steuernden gesellschaftlichen Gesetzen begreifbar.

Ferner machen jene Untersuchungen deutlich, dass die Physik bei ihrer analogisierenden Begriffsbildung auch wichtige Wandlungen der als Vorbild dienenden Gesellschaftsstruktur nachvollzieht.<sup>2</sup> Man darf sich das natürlich nicht so vorstellen, dass entsprechende Veränderungen im begrifflichen Rahmen der Forschungstätigkeit in voller Absicht und ganz gezielt vorgenommen werden. Der Übergang zu neuen Begriffen und Paradigmen ist in der Physik wie in jeder anderen Naturwissenschaft durch interne sachlogische Problemstellungen motiviert und muss sich auch in diesem Kontext bewähren. Andererseits ist es alles andere als zufällig, wenn man bei der Bewältigung bestimmter empirischer und theoretischer Probleme aus einer ganzen Vielzahl denkbarer Konzepte gerade solche auswählt, welche mit dem jeweiligen gesellschaftlichen Umfeld kompatibel sind.

In diesem Sinn war das Objekt der klassischen Mechanik noch ein als 'Körper' bezeichnetes isoliertes **Ding**, das als solches dem ebenso isolierten Warenproduzenten nachgebildet war, der in den Anfangsphasen des Kapitalismus das Geschehen auf den Märkten bestimmte. Als der Kapitalismus dann mit der Bildung von gelenkten und machtstrukturierten Märkten sowie dem Aufbau staatlicher Interventions- und Absicherungssysteme immer komplexer vernetzte Gesellschaftsstrukturen hervorbringt, zieht die Physik mit einem entsprechenden Begriffswandel nach. Ihr auf die Natur projiziertes virtuelles Subjekt ist nun nicht mehr der isolierte Körper, sondern das '**System**', das mit anderen Systemen vernetzt ist, und innerhalb dessen der einzelne Körper nur noch als eines von vielen Elementen fungiert. Trotz dieser schon im neunzehnten Jahrhundert einsetzenden begrifflichen Weiterentwicklung bestimmt jedoch die Tendenz, alle Untersuchungsobjekte nach dem Muster dinglicher Gegenstände zu verstehen, das Denken der Physiker bis weit ins zwanzigste Jahrhundert hinein. Dieser Hang zur **Verdinglichung**, als die gleichsam 'roheste' Form des Objektivismus, lässt die Physiker oft auch dort Dinge sehen, wo man mit anderen Modellbildungen besser fahren würde.

---

<sup>2</sup> Vgl. zum Folgenden (5), S. 129 f.

Vor dem Hintergrund des zuvor festgestellten Praxisbezugs sämtlicher wissenschaftlicher Aussagen ist leicht zu verstehen, **warum** die Naturwissenschaft derartige Analogiebildungen betreiben **muss**, und warum sie genötigt ist, tiefgreifenden gesellschaftlichen Wandel auch in der Begriffsbildung nachzuvollziehen: Man stilisiert die Objekte als virtuelle Akteure, **damit** der an den naturwissenschaftlichen Aussagen orientierte Handelnde seine innerhalb der Gesellschaft eingeübten Interaktionsmuster auch bei seinen Kontakten mit der ihn umgebenden Natur praktizieren kann. Wandeln sich daher jene sozialen Interaktionsmuster, dann ist es von großem Vorteil, wenn sich auch die auf die Natur projizierten Muster des Verhaltens der virtuellen Subjekte entsprechend ändern. Ein zweiter Grund für die unleugbaren Übereinstimmungen zwischen Gesellschaftsstrukturen und den in ihrem Kontext entstehenden Naturbildern liegt im Grundmuster alles Erkennens: Erkennen ist nie etwas anderes als die Rückführung des Unbekannten auf das Bekannte. Und das uns am besten Bekannte sind immer unsere eigenen Interaktionen.

Das objektivistische Denken übersieht die eben skizzierten konstitutiven Bezüge aller naturwissenschaftlichen Paradigmen und Axiome auf das soziale Handeln und wiegt sich in der **Illusion**, dass sie **unmittelbare Abbilder** von entsprechenden physikalischen bzw. logisch-mathematischen Strukturen des Objektbereichs sind. Die der transzendentalphilosophischen Tradition verpflichtete nicht-objektivistische Wissenschaftstheorie hat demgegenüber eingesehen, dass sich bei der Konstitution unseres Naturbilds die von uns unabhängigen Gegebenheiten des Objektbereichs mit den unserer erkenntniskritischen Selbstreflexion zugänglichen Mustern sozialen Handelns **unauflösbar verbinden**, weshalb prinzipiell nicht zu erkennen ist, wie sie an sich (also unabhängig von unseren Erkenntnisaktivitäten) gestaltet sein mögen. Im Kern aktualisiert die nicht-objektivistische Position nur die uralte **sokratische Kritik** am Selbst- und Weltverständnis des Alltagsbewusstseins: Dessen Vertreter glauben zu wissen, ihr Kritiker weiß aber, dass sie nur glauben.

Die eben angesprochene Illusion des unmittelbaren Abbildens ist gleichermaßen zentral wie auch schwer zu durchschauen für die in der objektivistischen Weltsicht befangene Wissenschaft. Ich möchte deshalb hier noch einen weiteren Aspekt dieser Selbsttäuschung etwas detaillierter darstellen: Wer besagter Illusion aufsitzt, unterliegt dem Irrtum, dass das Erkennen nur sehr lose mit dem Handeln verknüpft ist. Er denkt nämlich, dass letzteres sich immer erst dann an bestimmten Erkenntnissen orientieren kann, wenn diese bereits fertig vorliegen. Tatsächlich aber ist das Handeln viel enger mit dem Erkennen verquickt. Denn es schiebt sich bereits beim Vollzug jeder Wahrnehmung **zwischen** das Subjekt und sein jeweiliges Objekt - und zwar **nicht nur** in Gestalt der bereits erwähnten Analogien zwischen all unseren Naturmodellen und den Mustern der zwischenmenschlichen Interaktion. Um anhand eines Beispiels verstehbar zu machen, worum es hier geht, lade ich die LeserInnen zur Durchführung des folgenden Gedankenexperiments ein:

Man stelle sich eine Person vor, welche ihre Hände an die Seitenfläche eines Gegenstands gelegt hat und nun an ihren Handflächen einen Druck verspürt. Die betreffende Person wird dieses Druckerlebnis nur dann sinnvoll interpretieren können, wenn sie nicht bloß auf den betreffenden Gegenstand achtet, sondern **zugleich** auch darauf, wie sie selbst sich ihm annähert: Presst sie mit ihrer Hand **aktiv** gegen jenes Objekts, wird sie den an ihrer Handfläche empfundenen Druck als Resultat des Widerstands seiner trägen Masse gegen

die selbst ausgeübte Kraft interpretieren. Berührt dagegen ihre Hand den Gegenstand bloß auf eine **passiv** fühlende Weise, dann wird sie den erlebten Druck als Resultat einer von ihm ausgehenden Kraft interpretieren und demzufolge vermuten, dass er sich langsam auf sie zubewegt. Das vorliegende Beispiel verweist auf eine grundlegende **Komplementarität** des Erfahrungsprozesses.<sup>3</sup> Diese zwingt das Subjekt dazu, bei all seinen Objektwahrnehmungen zugleich auch den Modus seines eigenen, auf den betreffenden Gegenstand bezogenen Handelns im Blick zu behalten, wodurch alle Naturerkenntnis eine **innere 'Brechung'** erfährt. Sie stellt nie bloß die Natur als solche dar, sondern immer auch bestimmte Aspekte unseres auf sie bezogenen Handelns.

## **b) Die Krise des Objektivismus**

Die eingangs erwähnte Krise des Objektivismus hat **zwei Hauptgründe**, bei deren Nennung sogleich deutlich wird, warum es heute so wichtig ist, über alternative Erkenntnisstrategien nachzudenken. Der **erste** dieser beiden Gründe besteht darin, dass die Wissenschaft die in ihrer Auseinandersetzung mit der Natur entwickelte Methodik seit Beginn des zwanzigsten Jahrhunderts auch bei ihrer nun einsetzenden Befassung mit dem zuvor ausgeblendeten Subjekt, sprich: mit dem Menschen und seiner Gesellschaft, anwendet. Es gelingt ihr dadurch zwar, ein immer detailreicheres und präziseres Bild von den biologischen, psychologischen und sozialen Strukturen der *Conditia humana* zu zeichnen. Der Aufbau dieses Bildes ist aber entsprechend der objektivistischen Methodik seiner Erstellung weitestgehend von reinen Sachgesetzmäßigkeiten bestimmt und verfehlt so grundsätzlich, was es heißt, ein individuelles Subjekt zu sein und damit als Glied eines ebenfalls zum Subjektsein befähigten Kollektivs zu fungieren. In gesellschaftspolitischer Hinsicht hat das höchst bedenkliche Folgen. Denn eine Wissenschaft vom Menschen und der Gesellschaft, die alles Geschehen als ein Prozessieren von Sachgesetzmäßigkeiten darstellt, führt letztlich zur **Selbstentmächtigung** des Menschen und zementiert so das Ende der Utopien.

Das Verfehlen des Subjekts schlägt sich aber nicht nur in den noch relativ jungen Wissenschaften vom Menschen und der Gesellschaft nieder<sup>4</sup>, sondern behindert auch die Weiterentwicklung der Naturwissenschaft. Hier zeigt sich dann der **zweite** der beiden zuvor erwähnten Hauptgründe für die Verschärfung der Krise des Objektivismus. Er betrifft vor allem die Physik und besteht darin, dass sich diese Wissenschaft im Gefolge der Entwicklung immer präziserer Beobachtungsinstrumente in jene Mikrobereiche unserer Welt vorstastete, in denen die bei der Beobachtungsaktivität mobilisierten Energien von ähnlicher Größenordnung sind wie die bei den jeweils beobachteten Vorgängen im Spiel befindli-

---

3 Zur detaillierten Analyse der in diesem Beispiel demonstrierten Komplementarität unserer Kraft- und Materieerfahrungen vgl. die Kapitel 4 ("*Kraft und Materie*") und 5 ("*Die Entwicklung des Kraft-Materie-Paradigmas*") in (3)

4 Die Kritik am Verfehlen des Subjekts begleitet die Sozialwissenschaften seit ihren Anfängen. Ein diesbezüglicher Klassiker ist Marxens Spott über den Warenfetischismus der bürgerlichen Ökonomen: "*Der grobe Materialismus der Ökonomen, die gesellschaftlichen Produktionsverhältnisse der Menschen und die Bestimmungen, die die Sachen erhalten, ... als natürliche Eigenschaften der Dinge zu betrachten, ist ein ebenso großer Idealismus, ja Fetischismus, der den Dingen gesellschaftliche Beziehungen als ihnen immanente Bestimmungen zuschreibt und sie so mystifiziert.*" (10), S. 579

chen Energien. Die prinzipiell bei **jedem** Beobachtungsprozess vorhandene Wechselwirkung zwischen dem Beobachter und seinem Gegenstand erfährt dadurch in diesem Mikrobereich einen so starken Bedeutungszuwachs, dass sie sich auf nicht eliminierbare Weise im Beobachtungsergebnis niederschlägt. In der Quantentheorie verbinden sich die Defizite bei der Reflexion auf diese neue Qualität der Subjekt-Objekt-Beziehung im Erkenntnisprozess mit bis heute fortwirkenden Mängeln im Verständnis des **Komplementaritätsprinzips**. Besagte Probleme mit der quantenphysikalischen Komplementarität wurzeln letztlich darin, dass man auch schon die am Ende von Abschnitt 1.a erwähnte Komplementarität von Wahrnehmen und Handeln, welche unser Erkennen der Makrowelt prägt, übersieht. In weiterer Folge resultieren dann aus all diesen Reflexions- und Verständnisdefiziten philosophische **Paradoxien** wie etwa die Vorstellungen eines "*Dualen Seins*" der Materie (als Welle und Teilchen) und des Vorhandenseins von "*verschmierten*" Seinszuständen.<sup>5</sup>

Beim Zustandekommen dieser Ungereimtheiten spielt neben den eben angeführten Defiziten auch die erwähnte Verdinglichungstendenz eine wichtige Rolle. Sie (ver-)führt die Quantenphysiker nämlich zu der Annahme, bei ihren Objekten handle es sich im Grunde immer schon um **Teilchen**, die sich aber vor ihrem Kontakt mit dem Subjekt in einem verschmierten Seinszustand befinden, aus dem sie erst durch das Subjekt 'erlöst' werden. Denn dieses macht sie dann durch die Wahl einer bestimmten Registrierungsmethode erst zu beobachteten Wellen oder Teilchen und beendet im zweiten Fall ihr verschmiertes Sein, indem es ihnen im Akt der Beobachtung einen bestimmten Ort zuweist. All diese Annahmen lassen die Physiker die viel weiter tragende und Paradoxien vermeidende Hypothese übersehen, dass wir es immer nur mit Energiewellen zu tun haben, die ihrem Beobachter bloß unter ganz bestimmten Beobachtungsbedingungen als Teilchen **erscheinen**.

Die voreilige Verdinglichung der Quantenobjekte hängt ihrerseits eng zusammen mit der Verdinglichung eines Objekts, das schon vor aller Befassung mit der Teilchenwelt ins Zentrum der Aufmerksamkeit der Physiker getreten war. Gemeint ist die von der Physik bereits im Verlauf des neunzehnten Jahrhunderts zum Thema gemachte **Energie**. So wie alle fundamentalen Konzepte der Physik entstand auch der Begriff der Energie durch Bildung einer Analogie zu einem in unserem gesellschaftlichen Erfahrungshorizont angesiedelten sozialen Phänomen.<sup>6</sup> Was man im Fall der Energie auf die Natur projiziert, ist der **Warenwert** der im Kontext marktwirtschaftlicher Produktionsverhältnisse gehandelten Erzeugnisse. Die klassischen Ökonomen bis hin zu Marx verstanden jenen Wert als die in den Waren gespeicherte **abstrakte Arbeit**. In Entsprechung dazu definierten die Physiker Energie als die in einem natürlichen System gespeicherte Arbeit. Und sie setzten diese gespeicherte Arbeit gleich mit der Fähigkeit jenes Systems, nun seinerseits Arbeit zu leisten, was so viel bedeutet wie die Übertragung jener gespeicherten Energie auf ein anderes System. Ein nach außen hin geschlossener Zusammenhang solcher natürlicher Systeme wird damit zum perfekten Abbild einer im Zustand der einfachen Reproduktion verhar-

---

5 Eine ausführliche Darstellung der hier nur stichwortartig benannten Probleme und meiner Vorschläge zu ihrer Entschärfung bzw. Vermeidung findet sich in (5). Eine kurze Zusammenfassung der diesbezüglichen Überlegungen kann in (6) auf meiner Webseite nachgelesen werden.

6 Vgl. zum Folgenden (8), S. 117

renden Marktwirtschaft. Denn in einem solchen physikalischen Systemzusammenhang kreist Energie, ohne verloren zu gehen oder sich zu vermehren, genauso wie der Arbeitswert in der sich einfach reproduzierenden Marktwirtschaft.

Diese Analogie zwischen der natürlichen Systeme konstituierenden Energie und der Waren schaffenden gesellschaftlichen Arbeit impliziert eine **Verdinglichung der Energie**. Macht man doch dabei aus einem Vermögen zur Interaktion ein speicherbares Ding. Und wenn man dann davon spricht, dass dieses Ding im Kontakt mit anderen Systemen abgegeben bzw. übertragen wird, so wie man ein Paket beim Empfänger abgibt, dann reduziert man komplementär dazu die Vielfalt der konkreten und lebendigen Arbeitsvorgänge auf das bloße Abgeben jenes Energie-Dings. Solche modellhafte Verdinglichung bringt wichtige Vorteile im Umgang mit Energie und Arbeit, denn sie macht beides gut berechenbar und vereinfacht die bildliche Vorstellung einer Vielzahl unterschiedlicher Abläufe. Sie birgt aber tückische Fallen, wenn man vergisst, dass man es nur mit einem Modell zu tun hat und dieses Modellbild mit dem tatsächlichen Geschehen verwechselt.

Auf die Spitze wird die Stilisierung der Energie zu einem Ding dadurch getrieben, dass viele Physiker mit ihrer Vorstellung von Energie nicht an die eben skizzierte Analogie mit der abstrakten Arbeit anknüpfen sondern am **Geld**, d.h. an dem als selbständiges Warending vergegenständlichten Arbeitswert. In diesem Sinne ist etwa für Einstein bei der Berechnung der Bewegungsbahn eines Körpers die aus kinetischer und potentieller Energie bestehende Gesamtenergie mit einem Geldbetrag *"vergleichbar, dessen Wert man stets auf gleicher Höhe hält, ihn dabei aber unter Zugrundelegung eines wohlberechneten Wechselkurses ständig von einer Währung in die andere, sagen wir von Dollars in Pfund Sterling und umgekehrt, umwechselt."*<sup>7</sup>

Und damit komme ich nun zu dem eng mit dem Energiebegriff zusammenhängenden Konzept der Entropie. Wie sich nämlich weisen wird, resultieren problematische Implikationen der verdinglichenden Vorstellung von Energie nicht nur bei der zuvor erwähnten Deutung des Verhältnisses von Welle und Teilchen sondern auch bei der Interpretation des Entropiebegriffs.

Um ein mögliches Missverständnis betreffend das **Grundanliegen** der folgenden Kritik an diesen Implikationen auszuschalten, möchte ich betonen, dass es mir **nicht** um eine prinzipielle Zurückweisung der vom Objektivismus entwickelten Erkenntnisstrategie geht. Meine Reflexionen haben vielmehr die beiden folgenden Ziele: Zum einen möchten sie darauf aufmerksam machen, wie **umfassend** diese Strategie angewendet wird, ist dies doch so manchem Physiker gerade deshalb nicht bewusst, weil er sie mit routinemäßiger Selbstverständlichkeit praktiziert. Zum anderen wollen die nachstehenden Überlegungen darauf hinweisen, wo die objektivistische Erkenntnisstrategie ihre **Grenzen** hat, weil sie zu Ungereimtheiten führt und/oder die gedankliche Freiheit bei der Theorie- und Modellbildung einengt.

ENDE DER LESEPROBE

---

7 (9), S. 64