

METAPHERN MACHEN PHYSIK

Welche Beziehung haben Wörter zur Welt?

Hans U. Fuchs

Vortrag im Kolloquium des Departements T, ZHW

April 2005

Mein Dank geht an

die Studierenden und die Kolleginnen und Kollegen der Studiengänge JO und UE

Martin Huber und Christoph Zaugg

Werner Maurer und Friedrich Herrmann

Robin Fuchs und Karl Weber

We got results—but no answers

R. Fuchs on her physics course in high school

Metaphor is not [...] a form of speech—[it is] a form of thought.

R. W. Gibbs: *The Poetics of Mind*, 1994, p.122

Two roads diverged in a wood, and I,
I took the one less travelled by, ...

Robert Frost: *The Road Not Taken*, 1915

Thesen

1. Physik ist metaphorisch. Wenn wir die Physik verstehen wollen, sollten wir unsere Metaphern kennen.
2. Die metaphorische Struktur unseres Verstehens von Fluiden, Elektrizität, Wärme und Bewegung ist relativ einfach, einleuchtend, sehr handgreiflich und sehr menschlich.

D.h., unsere Metaphern erlauben es allen Menschen, Fluide, Wärme, Elektrizität und Bewegung auf hohem qualitativem Niveau zu verstehen.

3. Da die Physik traditionell nicht auf metaphorische Strukturen rücksicht nimmt, steckt in den ersten zwei Thesen der Vorwurf, dass sie ihren Job nur sehr partiell gut macht.

Die Physik macht ihren Job – nach allgemeiner Vorstellung – inhaltlich gut. Aber sogar da führt die Unkenntnis der metaphorischen Struktur unseres Denkens zu bruchstückhaften Ergebnissen (Beispiel: Thermodynamik).

4. Würde die Physik auf ihre und unsere metaphorische Struktur Rücksicht nehmen, ginge es ihr und den meisten Menschen in ihrer Beziehung zur Physik besser.

Wir hätten ein entspannteres Verhältnis zu unserer Fähigkeit, die Naturbeschreibung – eine kulturelle Errungenschaft – verstehen zu können. Naturwissenschaften zu lernen und über sie zu berichten könnte mehr Spass machen. Vielleicht würden wir sogar den Zweiten Hauptsatz routinemässig verstehen und uns nicht von den Kreationisten sagen lassen, er widerspreche der Entwicklung von Leben.

Diese Thesen sind physiklastig. Der Vortrag betont dann Metaphern: Ich möchte herausfinden, wie mir die Metaphertheorie zu verstehen hilft, wie wir die Natur verstehen. Eine Umkehrung müsste auch möglich sein: was sagt uns Physik über Verstehen, Sprache, Kommunikation?

Inhalt

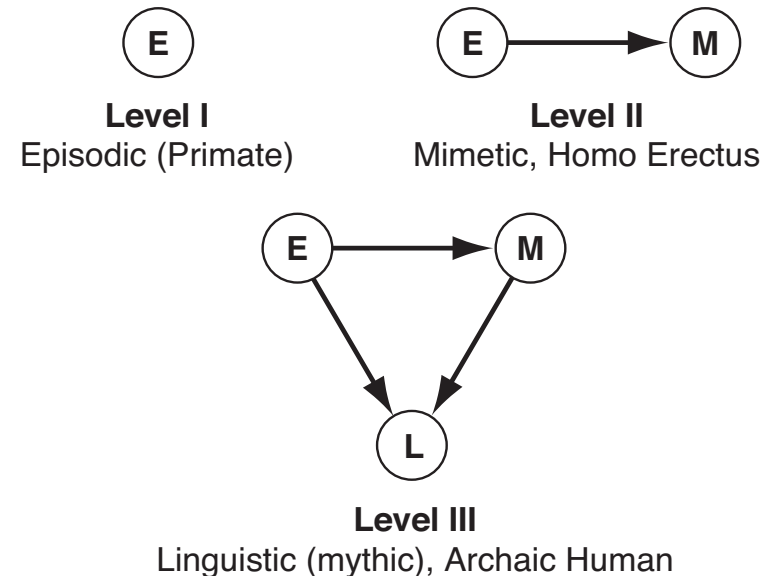
- 1. Entwicklung des Bewusstseins**
- 2. Metaphern: Tradition und Moderne**
- 3. Konzeptuelle Metaphern**
- 4. Metaphorische Struktur physikalischer Prozesse**
- 5. Metaphern für Zeit, Ereignisse, Geist und das Selbst**
- 6. Duale Metaphern in der Physik**
- 7. Schlussfolgerungen**

1 ENTWICKLUNG DES BEWUSSTSEINS

Development of the human mind: Donald, Egan, Mithen, Gebser, and others

Donald ^a	Language	Age
Episodic	Reaction to events	6 Ma
Mimetic	Body language	2 Ma
Mythic	Spoken language	100 ka
Theoretic	Written language	10 ka
	Printed language, Formal languages	1 ka 100 a

a. Merlin Donald (1991): *Origins of the Modern Mind. Three Stages in the Development of Culture and Cognition*. Harvard University Press, Cambridge.



Mimesis und gesprochene Sprache als kognitive Werkzeuge (“Modellierungssprachen”)

Das mimetische System kann Ergebnisse des episodischen Gedächtnisses darstellen. Sprache kann Ergebnisse des episodischen und des mimetischen Systems darstellen. (Donald, 1991, p.270)

2 METAPHERN: TRADITION UND MODERNE

Beispiele von Metaphern

Achilles ist ein Löwe

He was caught with his pants down

The surgeon is a butcher

Kolonialismus ist eine Form der Vergewaltigung

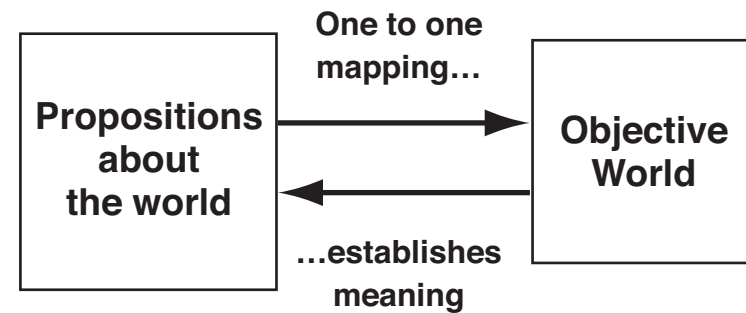
Sprachunterricht ist unser Geschäftsfeld

Der Kreuzzug gegen Analphabetismus

Traditionelle Einstellung zu Metaphern

(R. W. Gibbs: *The Poetics of Mind*. See Chapter 2: Thinking and speaking literally)

“Richtige” oder “wahre” Sprache ist wörtlich zu nehmende Sprache



Die Beziehung der Wörter zur Welt
“The truth is out there” (The X-Files)

METAPHERN: TRADITION UND MODERNE

Kritik der traditionellen Darstellung

Z. Kövecses: *Metaphor* (2002, p. vii and viii)

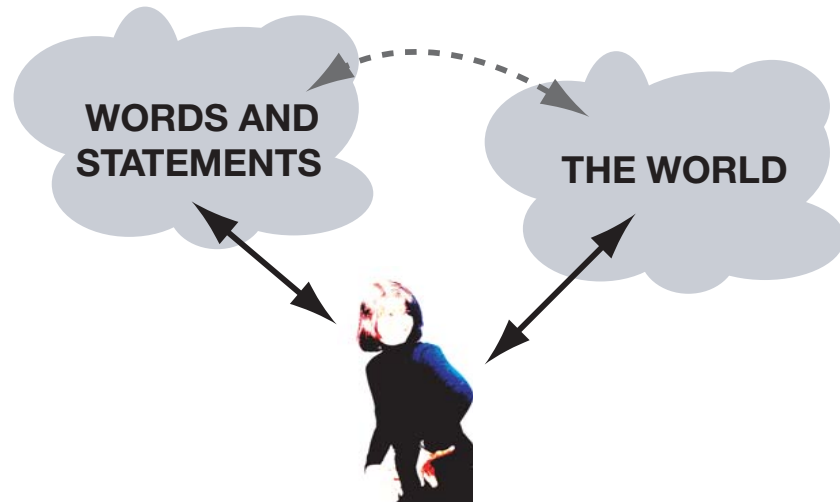
Traditionelle Betrachtung	Konzeptuelle Metaphertheorie
Metaphor is a property of words, a linguistic phenomenon	Metaphor is a property of concepts
Metaphor is used for artistic or rhetorical purpose	The function of metaphor is to better understand certain concepts
Metaphor is based on a similarity between two entities that are compared	Metaphor is often NOT based on similarity ; it creates similarity
Metaphor is a conscious and deliberate use of words; you need a special talent for metaphor	Metaphor is largely unconscious ; it is used effortlessly in everyday life by ordinary people
Metaphor is a figure of speech that we can do without; we use it for special effects; it is not a part of human thought and reasoning	Metaphor is an inevitable process of human thought and reasoning

METAPHERN: TRADITION UND MODERNE

Die Beziehung der Wörter zur Welt

Wörter und Ausdrücke haben keine direkte und objektive, d.h. vom menschlichen Bewusstsein unabhängige Beziehung zur Welt. Die Bedeutung von Wörtern oder Ausdrücken ergibt sich durch unser Verstehen von Situationen, das stark durch unsere direkte physische und soziale Erfahrung geprägt ist.

Verstehen ist verkörperlicht. Vorstellungskraft und figuratives Denken prägen das Verstehen.



Die Erfahrung der Welt und die Wahrnehmung von Sprache passieren zuerst separat. So wie wir mit Händen Objekte manipulieren, so lernen wir, mit Wörtern die soziale Umgebung zu "manipulieren". Dabei lernen wir, was "funktioniert". Unser Gehirn erlaubt uns dann, die beiden Erfahrungen zu verbinden (blending).

3 KONZEPTUELLE METAPHERN

Gar nicht so offensichtliche Metaphern

Sehr viele (vielleicht die meisten) unserer Ausdrücke sind **metaphorisch**. Die meisten der Metaphern sind **konzeptuell**. Viele sind **konventionell**.

- Their relationship wasn't going anywhere
- Die Ferien kommen näher
- Stock prices are higher
- I'm feeling down today
- The economy is far from being healthy
- Die Temperatur ist tief
- Ich bin immer noch im Rennen
- My headache went away
- Ich möchte noch einen Schritt weiter gehen






KONZEPTUELLE METAPHERN

Beispiele von linguistischen **metaphorischen Ausdrücken** und den dahinter stehenden **Metaphern**.
Eine **Metapher** ist eine **Abbildung** von einem **Quellgebiet** auf ein **Zielgebiet**.

Linguistic metaphoric expression	METAPHORS	TYPE
They greeted me warmly I hate his cold stare	AFFECTION IS WARMTH	primary metaphor
I'd like to take this a step further We should move on with our discussion	PROGRESS IS MOTION FORWARD	orientational metaphor
The number of books printed keeps going up Employment is low	MORE IS UP	orientational metaphor
He has a lofty position She'll rise to the top	HIGH STATUS IS UP	orientational metaphor
I'm still in the race	A RACE IS A CONTAINER	orientational metaphor
Put money in your account! Huge sums of money are flowing	MONEY IS A SUBSTANCE	ontological metaphor
We've covered a lot of ground	ARGUMENT IS A JOURNEY	structural metaphor
I defended my argument He attacked my argument	ARGUMENT IS WAR	structural metaphor

KONZEPTUELLE METAPHERN

Ein Beispiel aus der alten ägyptischen Sprache (R. Fuchs): Das Wort *lang*

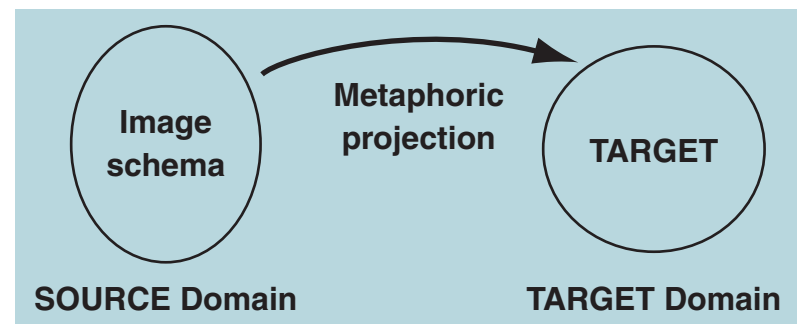
Hieroglyphs	Literal	Meaning
	long	long
		in long (eternal) misery
	long of heart	happy, glad, joyful
	long of face	far sighted
	long of hand	generous

KONZEPTUELLE METAPHERN

Vorstellungsschemata als ursprünglichste Quellgebiete

Grundlegendste verkörperlichte Verstehensformen wie oben/unten, innen/aussen, nah/fern, Gleichgewicht, Behälter, Objekt, Prozess, Pfad (Weg)... werden metaphorisch auf abstraktere Gebiete projiziert.

Image schemata are gestalts (M. Johnson, 1987, Chapter 5). They constitute abstract knowledge (gained in every-day life) that is applied metaphorically.



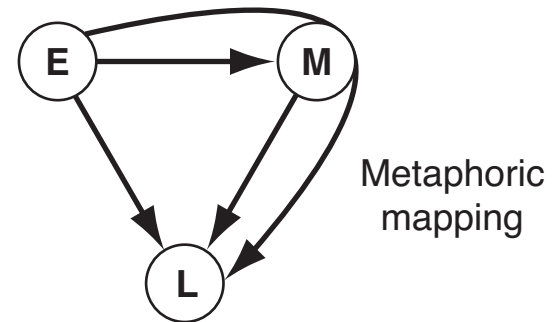
Hier wird deutlich, dass Metaphern einseitige Projektionen sind. Eine Umkehrung—wobei das Zielgebiet als Quellgebiet verwendet wird—führt zu einer anderen Metapher.

KONZEPTUELLE METAPHERN

Mimesis als Wurzel der ursprünglichsten Form von Metaphern

In Donald's (Donald, 1991, p.270) Erklärung der kognitiven Entwicklung lässt sich die Wurzel für Metaphern, die auf Vorstellungsschemata beruhen, erkennen.

Wir verwenden die Ergebnisse des mimetischen Verstehens von Episoden in unseren linguistischen Darstellungen. Die direkte linguistische Darstellung von Episoden könnte dem entsprechen, was wir "wörtliche" Sprache nennen. Der indirekte Weg führt zu "bildlicher" (übertragener) Sprache. Er macht den "poetischen Geist" der Menschen aus (Gibbs, 1994).

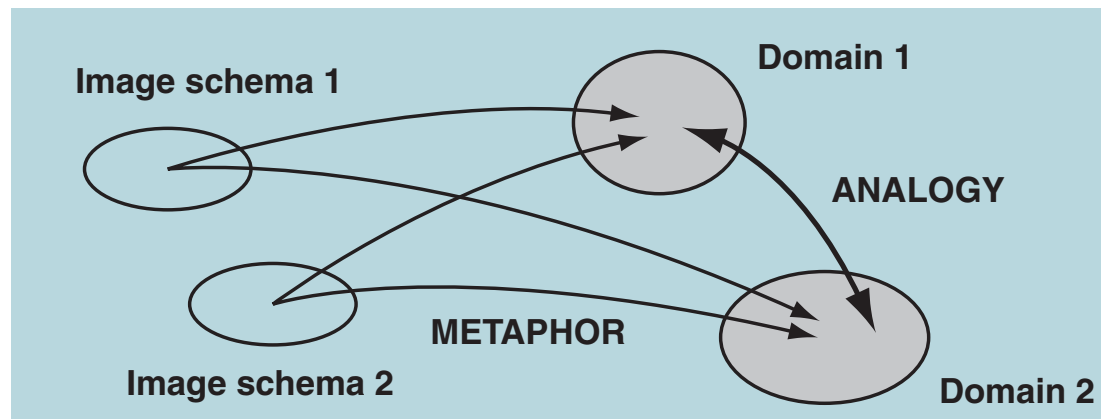


Level III

Linguistic (mythic), Archaic Human
E: Episodic, M: Mimetic, L: Linguistic

KONZEPTUELLE METAPHERN

Ursprung und Bedeutung von Analogien



Wenn verschiedene Gebiete durch die selben Quellgebiete (z.B. durch die selben Vorstellungsschemata) metaphorisch strukturiert werden, so werden diese Gebiete untereinander vergleichbar. Der Vergleich kann für die Konstruktion von Analogien verwendet werden. Eine Analogie ist eine zweiseitige (mehr oder weniger symmetrische) Abbildung.

KONZEPTUELLE METAPHERN

Konzeptuelle Metaphern: Zusammenfassung

- sind meistens **alltäglich** (konventionell)
- **sind unbewusst**
- **sind mentale Strukturen** (“Denk-Werkzeuge”), die vorsprachliche Denkmuster verwenden
- können durch “**A ist B**” dargestellt werden, wobei B normalerweise konkret ist (im einfachsten Fall stammt B aus der Welt der Objekte oder des Raumes); B heisst Quellbereich (Source Domain) und A heisst Zielbereich (Target Domain)
- werden durch mehrere oder sogar viele Ausdrücke konkretisiert
- bilden ganze Systeme von Metaphern
- eine einzelne Metapher hebt Aspekte des Konzepts hervor und versteckt andere
- sind **einseitig** (können nicht umgekehrt werden)
- **können auch nicht-linguistisch ausgedrückt werden**
- können durch neue Ausdrücke ergänzt werden
- **sind Ausdruck unseres verkörperlichten Verstehens der Welt**

4 METAPHORISCHE STRUKTUR PHYSIKALISCHER PROZESSE

Konzeptuelle Metaphern für physikalische Prozesse

- Ein Phänomen tritt uns als **Gestalt** mit **Aspekten** gegenüber
- **Ein Aspekt der Gestalt ist eine polare Grösse (hell-dunkel, warm-kalt, hoch-tief, schnell-langsam, stark-schwach), die mit Hilfe des Schemas hoch-tief metaphorisch strukturiert wird (Intensität als Niveau).**
- **Ein zweiter Aspekt der Gestalt ergibt sich durch die Metaphorisierung als fluide Substanz (Mengencharakter).**
- **Dritter Aspekt.** Möglicherweise können wir das Konzept der **Energie** als Metaphorisierung des **Vorstellungsschemas der direkten Verursachung** verstehen (Kopplung von Prozessen: ein Prozess als Agent, einer als Erleidender, der Agent übergibt dem Erleidenden Energie).
- Auf diesem Verstehen bauen wir ohne Umschweife die moderne **Physik irreversibler Prozesse** auf (was in der traditionellen formalen Darstellung als sehr schwierig gilt).

METAPHORISCHE STRUKTUR PHYSIKALISCHER PROZESSE

Aussagen über Wärme und Temperatur

In diesen Aussagen werden Wärme und Temperatur wahlweise als **Niveau**, als **Menge** oder als **Verursacherin** metaphorisiert.

Tabelle 1: Zustimmung zu bestimmten Aussagen^a

	als Menge	als Verursacherin	als Niveau
Wärme	0.67 (1)	0.77 (1)	0.14 (0)
Temperatur	0.09 (0)	0.09 (0)	0.83 (1)

a. Zustimmung zu (1) oder Ablehnung von (0) Aussagen über Wärme und Temperatur. Hypothetisch zu erwartende Werte in Klammern. Ergebnisse der Befragung in der Klasse JO2 im Sommer 2004.

- Wärme ist zuerst einmal eine (schwach differenzierte) **Gestalt**.
- Sie hat drei Aspekte: Intensität, Substanz und Verursacherin.
- Die Untersuchung der Metaphern zeigt, dass eine gewisse Differenzierung der Aspekte existiert.
- Die Konzeptualisierung und Differenzierung ist **unbewusst**. Eine Studentin: "Ich habe alle meine Bekannten befragt, und weder die noch ich denken so über Wärme!"

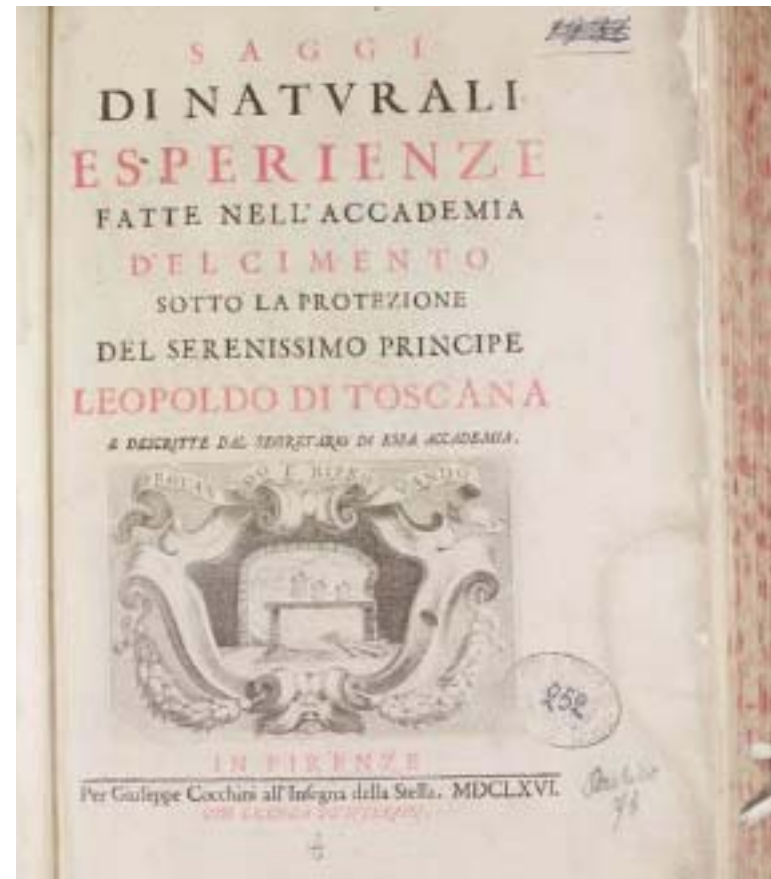
METAPHORISCHE STRUKTUR PHYSIKALISCHER PROZESSE

Das Konzept der Wärme bei den Mitgliedern der Accademia del Cimento: Saggi di naturali esperienze... (1667)

M. Wisser and S. Carey (1983): When Heat and Temperature were one

“The Experimenters’ concept of heat had three aspects: **substance** (particles), **quality** (hotness), and **force**.”

Es scheint, als ob die Experimentatoren nicht wirklich zwischen diesen Aspekten unterschieden haben.



METAPHORISCHE STRUKTUR PHYSIKALISCHER PROZESSE

Verursachung, Kraft, Energie...

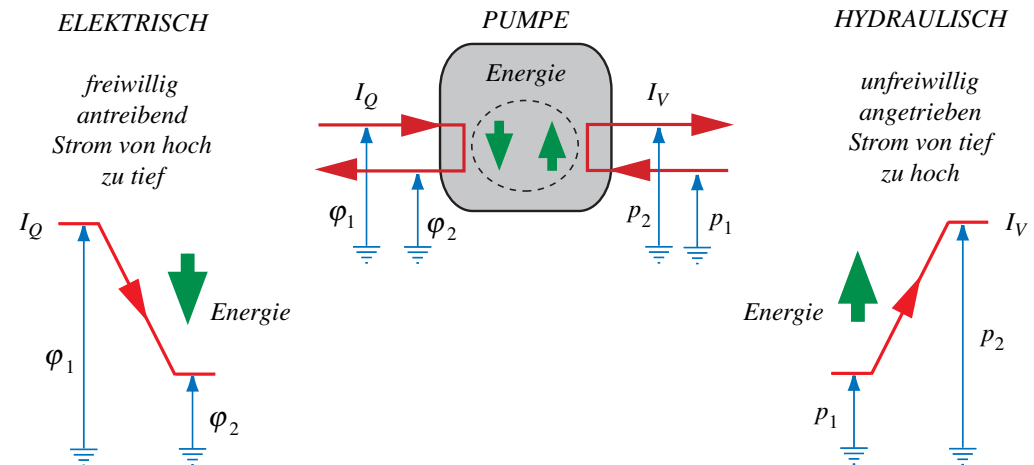
Prototypische Verursachung (direkte Manipulation)

Lakoff (1987, p. 54), Lakoff and Johnson (1980, p. 70): The **gestalt of direct manipulation**

1. There is an **agent** that does something.
2. There is a **patient** that undergoes a change to a new state.
3. Properties 1 and 2 constitute a single event; they overlap in time and space; the agent comes in contact with the patient.
4. Part of what the agent does (either the motion or the exercise of will) precedes the change in the patient.
5. The agent is the **energy source**; the patient is the **energy goal**; there is a **transfer of energy from the agent to patient**.
6. ...

METAPHORISCHE STRUKTUR PHYSIKALISCHER PROZESSE

Kombination der drei Aspekte: Wasserfälle und die “Kraft des Wassers”



Wasserfälle sind in einem gewissen Sinne ein **Archetyp** eines physikalischen Vorgangs. Sie kombinieren die Aspekte der Räumlichkeit und der Substanzhaftigkeit mit der Kausalität.

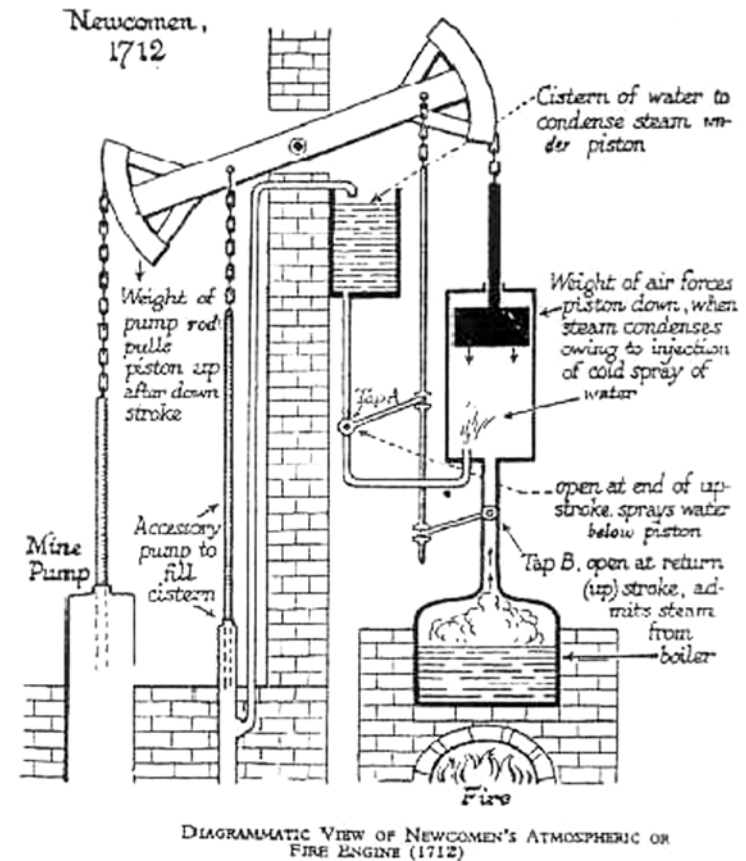
METAPHORISCHE STRUKTUR PHYSIKALISCHER PROZESSE



Sadi Carnot (1796-1832)

Réflexions sur la puissance motrice du feu

D'après les notions établies jusqu'à présent, on peut comparer avec assez de justesse la *puissance motrice de la chaleur* à celle d'une *chute d'eau* [...]. La puissance motrice d'une chute d'eau dépend de sa hauteur et de la quantité du liquide; la puissance motrice de la chaleur dépend aussi de *la quantité de calorique* employé, et de ce qu'on pourrait nommer, de ce que nous appellerons en effet *la hauteur de sa chute*, c'est-à-dire de *la différence de température* des corps entre lesquels se fait l'échange du calorique.



METAPHORISCHE STRUKTUR PHYSIKALISCHER PROZESSE

Spannungen aufbauen und aufrecht halten

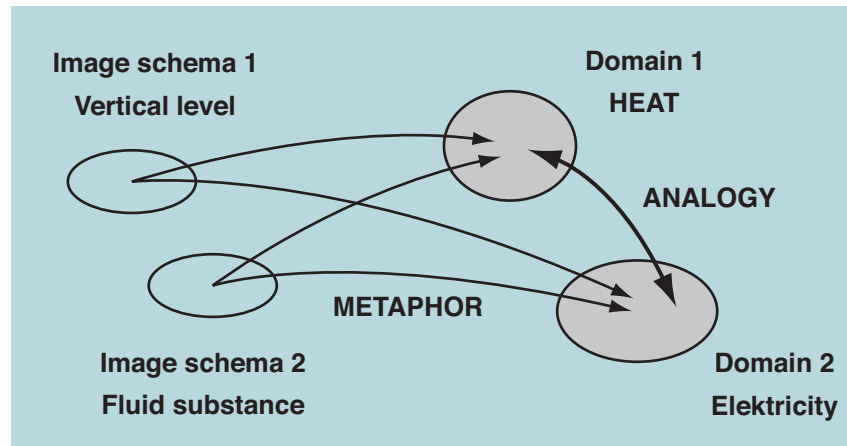


In der ägyptischen Mythologie trennt Shu (Luft) Nut (Himmel) und Geb (Erde). Der Himmel muss unterstützt werden, damit er nicht einstürzt. <http://www.civilization.ca/civil/egypt/images/reli28b.jpg>

Diese mythische Naturvorstellung tönt sehr modern — oder die Darstellung der modernen Physik tönt sehr mythisch.

METAPHORISCHE STRUKTUR PHYSIKALISCHER PROZESSE

Analogien zwischen Fluiden, Elektrizität, Wärme, Stoffen, Bewegung



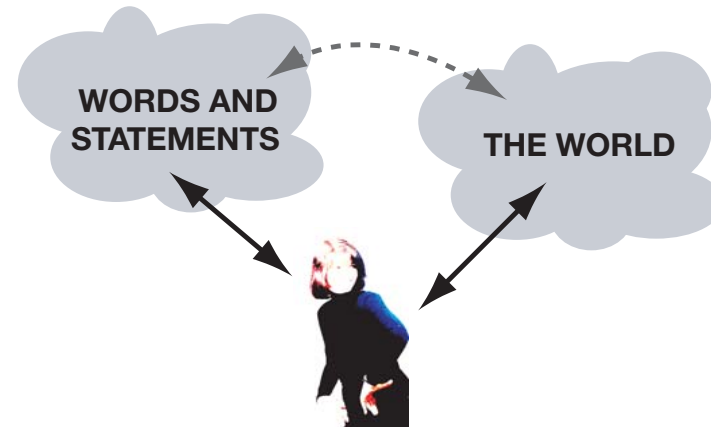
Prozess	Vertikales Niveau	Fluide Substanz
Hydraulisch	Druck	Volumen einer Flüssigkeit
Elektrisch	Elektrisches Potential	Elektrische Ladung
Thermisch	Temperatur	Wärmestoff
Chemisch	Chemisches Potential	Stoffmenge
Rotationsmechanisch	Winkelgeschwindigkeit	Drall (Drehimpuls), Spin
Translationsmechanisch	Geschwindigkeit	Bewegungsmenge (Impuls)

METAPHORISCHE STRUKTUR PHYSIKALISCHER PROZESSE

**Es ist unser metaphorischer Geist,
der unsere Wörter mit der Welt
verbindet**

“Metaphor is what allows mathematical models to be linked to phenomena in the world and to be regarded as scientific theories”.

Lakoff and Johnson (1999, p.160)



5 METAPHERN FÜR ZEIT, EREIGNISSE, GEIST UND DAS SELBST

Konzeptuelle Metaphern für einige fundamentale Konzepte: **Duale Struktur** von **räumlichen** und **substantiellen** Metaphern

- Unser Verständnis von Zeit, Ereignissen, Geist (Bewusstsein) und dem Selbst wird je durch eine (kleinere oder grössere) Anzahl von Metaphern strukturiert.
- **Unter den Metaphern treten bei jedem Konzept eine räumliche und eine substantielle auf.**
- **Die Beziehung zwischen räumlicher und substantieller Metapher ist die selbe wie bei zwei Bildern, die durch Figur-Grund Umkehr auseinander hervorgehen; die beiden Metaphern sind in diesem Sinne dual zueinander.**

ZEIT, EREIGNISSE, GEIST UND DAS SELBST

Beispiel: Ereignisse, Vorgänge, Zustände und Verursachung

(G. Lakoff and M. Johnson, 1999, Chapter 11)

Metaphor	Linguistic metaphoric expression
<p>LOCATION EVENT-STRUCTURE METAPHOR</p> <p>STATES ARE LOCATIONS</p> <p>CHANGES ARE MOVEMENTS</p> <p>CAUSATION IS FORCED MOVEMENT</p> <p>PURPOSES ARE DESIRED LOCATIONS</p>	<p>I'm in love</p> <p>He's on the edge of madness</p> <p>He went over the edge</p> <p>The clothes are somewhere between wet and dry</p> <p>Their negotiations pulled both sides from the brink of war</p> <p>The news propelled the stock market to record heights</p> <p>We've reached the end</p> <p>The goal is a long way off</p>
<p>OBJECT EVENT-STRUCTURE METAPHOR</p> <p>STATES ARE POSSESSIONS</p> <p>CHANGES ARE MOVEMENTS OF POSSESSIONS</p> <p>CAUSATION IS TRANSFER OF POSSESSIONS</p> <p>PURPOSES ARE DESIRED OBJECTS</p>	<p>I have a headache</p> <p>My headache went away</p> <p>This job gave me a headache</p> <p>The aspirin took away my headache</p> <p>They just handed him the job</p> <p>The opportunity made me drool (ACHIEVING A PURPOSE IS GETTING FOOD)</p> <p>I'm afraid I missed my chance (TRYING TO ACHIEVE A PURPOSE IS HUNTING)</p>

ZEIT, EREIGNISSE, GEIST UND DAS SELBST

Duale metaphorische Strukturen

(G. Lakoff and M. Johnson: *Philosophy in the Flesh*, Chapters 10-13)



Figur-Grund Umkehr in dualen Metaphern

Die hier aufgeführten Konzepte haben alle mindestens eine räumliche und eine substantielle metaphorische Strukturierung, die durch Figur-Grund Umkehr miteinander verbunden sind.

6 DUALE METAPHERN IN DER PHYSIK

Duale Struktur der räumlichen und der substantiellen Metaphern für physikalische Prozesse

- Physikalische Phänomene werden durch **räumliche** und **substantielle** Schemata metaphorisch strukturiert
- **Die eine Metapher geht durch Figur-Grund-Umkehr aus der anderen hervor**
- **In der traditionellen Darstellung der (klassischen) Physik wird versucht, mit der räumlichen Metaphorisierung der Phänomene auszukommen; die substantielle Metapher wird als “unwahr” aus der Physik “exorziert”.** Beispiele: R. H. Romer: Heat is not a noun (AJP, February 2001); Michelene Chi: From things to processes (Learning and Instruction, 4, 1994).

DUALE METAPHERN IN DER PHYSIK

Räumliche und substantielle Metaphern

	Räumliche Metapher	Substantielle Metapher
WÄRME	<p>DER STEIN IST WARM</p> <p>Die Temperatur ist heute höher Die Temperatur ist gefallen</p> <p>Der Wärmezustand wird als Ort auf einer vertikalen Skala metaphorisiert</p> <p>WÄRME = GRUND, KÖRPER = FIGUR</p>	<p>DER STEIN HAT WÄRME</p> <p>Wärmestoff ist aus dem Zimmer gewichen Der Raum enthält Wärmestoff</p> <p>Der Wärmezustand wird als Besitz von Wärme, die in das oder aus dem Objekt fließt, metaphorisiert</p> <p>WÄRME = FIGUR, KÖRPER = GRUND</p>
BEWEGUNG	<p>DER STEIN IST IN BEWEGUNG</p> <p>Der Stein ist schnell Die Geschwindigkeit ist viel höher</p> <p>Der Bewegungszustand wird als Ort auf einer vertikalen Skala metaphorisiert</p> <p>BEWEGUNG = GRUND, KÖRPER = FIGUR</p>	<p>DER STEIN HAT BEWEGUNG</p> <p>Der Stein hat viel mehr Schwung Er hat Schwung verloren</p> <p>Der Bewegungszustand wird als Besitz von Schwung, der in das oder aus dem Objekt fließt, metaphorisiert</p> <p>BEWEGUNG = FIGUR, KÖRPER = GRUND</p>

7 SCHLUSSFOLGERUNGEN

- **Metaphern** sind weitgehend **konzeptuell** und **unbewusst**
- Unser **Verstehen** ist **verkörperlicht**
- Unser Verstehen der Natur (grundlegender physikalischer Vorgänge) widerspiegelt die verkörperlichte Form, die wir ganz allgemein in den Metaphern des Alltags finden
- Natur wird oft zur Metaphorisierung psychischer Vorgänge und Zustände verwendet; diese Kenntnis wird dann auf unser Naturverständnis übertragen
- Natürliche **Phänomene** treten uns als ganzheitliche **Gestalten** gegenüber
- Drei wichtige Aspekte dieser Gestalten: **Intensität** (räumliche Metaphorisierung, Niveaugrösse), **Menge** (Substanzgrösse), **Kraft** (Verursachung, Energie)
- Die **Aspekte sind nicht leicht zu differenzieren**: Mengen werden durch Höhen metaphorisiert, Menge und das, was sie verursacht (Metapher der Kraft) werden oft vermischt; Intensitäten und Niveaus auf der einen und Substanzen auf der anderen Seite sind Resultate von Metaphern, die durch Figur-Grund Umkehr auseinander hervorgehen
- Die hier aufgezählten Probleme beleuchten den **Übergang vom mythische Denken zum formal-symbolischen Denken**

ZUSAMMENFASSUNG

Was bringt's?

- **Für die Physik**

Metaphern legen die Wurzeln unseres Denkens über die Natur frei, zeigen uns also unsere Denkwerkzeuge und damit die Struktur und Bedingtheit physikalischer Theorien; geben eine Vorstellung von den Wurzeln der Kreativität. Die Grundmetaphern treten in der Physik dissipativer Prozesse am umfassendsten auf (im Gegensatz zur traditionellen Darstellung).

- **Für die Physikdidaktik, das Physiklernen**

Vielleicht werden wir erkennen, dass die Beziehung aller Lernenden zur Natur über den Menschen (Körper, Geist, Psyche...), die Gefühle und die Motivation geht.

- **Für uns alle und unser Verstehen der Natur**

Es gibt einfache Bilder, mit denen wir die Natur als System qualitativ und auf hohem Niveau verstehen können.

- **Für die Sprachwissenschaften und die Kommunikation**

Ein wichtiges und spannendes Beispiel für die moderne Metapherntheorie; Beiträge zu einer Theorie der Wissenschaftskommunikation.