

# Mythos im Modell – wie uns Metaphern und Erzählungen Natur und Naturwissenschaft näher bringen

Hans Fuchs, IAMP, School of Engineering, ZHAW

Abschiedsvorlesung, 3. Mai, 2017

Vor fast genau 34 Jahren stand ich in diesem selben Raum und habe eine Probelektion abgehalten. Wie damals gibt es auch heute kein Powerpoint und auch keine Experimente – nur den Blick ins Innere des Menschen.

Damals habe ich die Geschichte von Sadi Carnot mitgebracht, und Carnot wird auch heute eine Hauptrolle spielen, wenn auch vielleicht nur aus dem Hintergrund heraus. Damals haben mir Carnot und die Entropie lebenslänglich eingebracht – heute feiern wir nun meine Entlassung aus der Anstalt....

---

Ich werde diesen Vortrag lesen, damit ich beim Thema bleibe und nicht ständig abschweife – Grund dazu gibt es immer mehr als genug. Ich möchte innerhalb der mir zustehenden Zeit fertig werden. Ich habe mir sagen lassen, dass es nichts schlimmeres gibt, als die Geduld von Pensionierten auf die Probe zu stellen.

---

Im Vortrag werde ich von der Arbeit erzählen, die ich in den letzten Jahren gemacht habe – mit Elisabeth Dumont hier in Winterthur und mit dem Physiker Federico Corni und der Philosophin Annamaria Contini an der Uni in Modena und Reggio Emilia. Zusammen haben wir Vier vor ein paar Monaten das *Center for Metaphor and Narrative in Science* in Reggio Emilia gegründet.

Einen noch viel grösseren Anteil am heutigen Thema haben aber zwei andere Leute – Karl Weber und meine Frau. Ihre Studien zur alten ägyptischen Sprache und Kultur habe viel zur Erhellung mythischer Kulturen beigetragen. Ihnen verdanke ich Ideen und Anregungen, die zu dem geführt haben, was ich heute erzählen kann.

---

Damit von Anfang an klar ist, wohin die Geschichte gehen soll, und falls ich im Gegensatz zu vor 34 Jahren den Faden verliere, hier eine Zusammenfassung in der Form einer Behauptung: ***Die Physik ist das Ergebnis des narrativen Verstehens und Handelns, das Menschen eigen ist; sie hat eine narrative Struktur. Physik ist eine Darstellung innerer Bilder.***

Die Begründung dafür ist kurz gesagt folgende. Wir sind zwar moderne Menschen, aber in uns arbeitet auch ein *mythisches Bewusstsein*. Dieses Bewusstsein lässt uns eine Gestalt wahrnehmen und konzeptualisieren, die man *Kraft* (der Natur) nennen kann. Kräfte werden als Agenten, Charaktere, Geister wahrgenommen – damit sind sie Elemente, aus denen Geschichten gemacht werden. Narration und Mythos treffen sich so in der Physik.

Ich möchte meinen Vortrag mit einer Passage aus einem Aufsatz des Kinderpsychologen Colwyn Trevarthen von der Universität in Edinburgh beginnen – als eine Art Einleitung:

*[...] story-making [is] the experience of reality that human beings create together because they are motivated from birth to experiment with the exchange of fantasies and to find meaning in them. Human consciousness has the special gift of imaginative travel through times and places [...]*

*Geschichten* machen entspricht also *partizipatorischer Wahrnehmung der Realität*. Und wir machen das, weil wir von Geburt an dazu motiviert sind, mit dem Austausch von Fantasien zu experimentieren und in ihnen Bedeutung zu finden.

Auf die Physik übertragen hiesse das ja, *dass wir uns eine gemeinsame Erfahrung der physischen Realität durch Erzählungen erschaffen. Sinn entsteht durch den Austausch von Fantasien, die sich mit dieser Realität beschäftigen*. Könnte es sein, dass Physik so entsteht und dass man sie so versteht? Dieser Frage möchte ich nachgehen.

---

Das Thema soll folgendermassen strukturiert werden. In einem *ersten Teil* werde ich, von hinten, die Begriffe, die im Titel des Vortrags stehen, einzeln beschreiben. Das schafft aber noch keinen Zusammenhang. Darum werde ich in einem *zweiten Teil* zeigen, wie die Elemente zusammen passen, um meine Behauptung abzustützen.

## **TEIL EINS**

### **NATUR UND NATURWISSENSCHAFT**

Also fangen wir mit den Teilen des Titels an. Die zwei letzten Begriffe, Natur und Naturwissenschaft, diskutiere ich zusammen, nicht um sie gleich zu setzten, sondern um sie zu unterscheiden. Das ist ja an und für sich klar – Natur ist nicht Physik und Physik ist nicht die Natur. Physik ist ein kulturelles Produkt.

Spätestens wenn man sich das deutlich vor Augen führt, merkt man, dass die Sache nicht so harmlos ist, wie sie erscheint – nicht für Physiker. Physiker kriegen bei einer solchen Aussage gleich Hautausschlag und sehen geisteswissenschaftlichen Relativismus hinter jedem fallenden Apfel. Auch wenn wir als Physiker unsere Wissenschaft nicht direkt mit der Natur verwechseln, so ist es doch sehr verbreitet, die Naturwissenschaften als ein *direktes Spiegelbild* der Natur zu betrachten. Aber das ist sie nicht! Physik handelt zwar von der Natur, sie ist aber keine Darstellung der Natur. Falls sie überhaupt von etwas ein Spiegelbild ist, dann von unserem Geist – sie stellt die Dinge dar, die in unseren Köpfen rumgeistern. Wir werden nachher sehen, *dass es tatsächlich Geister sind, die in unserem Geist rumgeistern und zu Physik gemacht werden*.

Das hat wichtige Konsequenzen. Zuerst einmal ergeben sich Freiheiten – man kann bestimmte Gebiete grundverschieden darstellen. Alle, die meine Arbeit zur Thermodynamik kennen, wissen, worum es geht. Wir können die Bilder, mit denen wir eine Theorie darstellen, auswechseln. Die Theorie kann dadurch mehr oder weniger verständlich und mehr oder weniger umfassend werden. Traditionelle Thermodynamik, zum Beispiel, hat die Kraft der Bilder verloren; zudem ist sie eine Theorie der Statik der Wärme statt ihrer Dynamik.

Zweitens bedeutet es, dass mikroskopische Physik keine Alternative zur Physik makroskopischer Systeme und Prozesse ist – wir können die Erscheinungen der makroskopischen Welt nicht auf die Bewegung kleiner Teilchen zurück führen. Alles, was wir tun können, ist einen wesentlich anderen Standpunkt einnehmen und unseren Gegenstand – unsere Erfahrungen mit der Natur – von einer anderen Warte aus betrachten. Das heisst, wir können uns anderer Geister in unseren Köpfen bedienen und dadurch vielleicht etwas anderes sehen. Den privilegierten, also den einen und wahren Zugang zur äusseren Realität gibt es aber *nicht*.

Das bringt mich zum letzten Punkt. Damit inhaltliche Klarheit besteht: ich werde mich bei der Beschreibung meines Themas einzig auf Natur und Physik *menschlicher Grössenordnung* beschränken. Die Theorie dazu ist die moderne *Kontinuumsphysik* als Physik der dynamischen Systeme. Über mikroskopische Physik und Quantenphysik kann ich in diesem Zusammenhang nichts erzählen – ich habe noch keine Ahnung, was die menschlichen Wurzeln der Quantenphysik sein könnten.

---

## ERZÄHLUNGEN

Vielleicht sollte ich zuerst sagen, was keine Narrationen sind: Listen und allgemein Aufzählungen; ein Befehl; eine einzelne, kurze Aussage (auch in der Mathematik); eine typische moderne wissenschaftliche Abhandlung; symbolische mathematische Manipulationen, die auch Software durchführen kann.

Auf der anderen Seite gibt es *prototypische Narrationen*: Geschichten aller Art, Märchen, Romane, Mythen (Herman, 2009). Dazwischen gibt es verschiedene Formen von Narrationen, die entweder näher beim Prototyp oder näher bei der Nicht-Narration liegen. In den Naturwissenschaften gehören speziell Darstellungen der Geschichtlichkeit der Natur dazu, wie sie in den Erdwissenschaften oder der Astrophysik und der Kosmologie vorkommen. Aber auch Sadi Carnot's *La puissance du feu* oder mein *The Dynamics of Heat* gehören dazu – wenigstens meint das mein Verleger bei Springer.

Was ist die typische Struktur einer prototypischen Narration, einer Erzählung? Eine guten Geschichte entsteht aus Spannungen, Figuren (Charaktere oder Agenten) gehen durch Ereignisse, die sich in der Zeit entwickeln, sie leiden und machen andere Figuren leiden – das heisst, Agenten wirken auf andere und werden beeinflusst, sie stehen in Wechselwirkung; in der Geschichte entsteht so eine Dynamik.

In der modernen Narratologie werden *Stories and Story Worlds* unterschieden (Herman, 2002). Story Worlds sind die Welten, in denen die Charaktere agieren. Sie sind die Welten, die eine Schriftstellerin im Kopf hat und die in unseren Köpfen entstehen, wenn wir eine Geschichte hören – sie sind also *mentale Modelle*. Sie bestehen aus einer Szenerie, aus Landschaften, Gebäuden, Strassen, Objekten; und aus den Figuren und ihren Beziehungen. Eine *Story* ist eine *konkrete Handlung*, die vor dem Hintergrund der Story World abläuft. Mindestens in der westlichen Kultur hat eine traditionelle Geschichte einen Anfang, eine Mitte und ein Ende. Sie bewegt uns emotional, sie zeigt uns, welche Gefühle wir gegenüber den Figuren und den Handlungen entwickeln sollen.

## METAPHERN

In der Tradition werden Metaphern bestenfalls als “rhetorische Verzierungen”, als Elemente der Poesie und schlimmstenfalls als eine Aussageform, die ja nicht wahr sein kann, abgetan. Wir sollen uns bemühen, die Wahrheit und nichts als die Wahrheit zu sagen, und das kann nur durch buchstäbliche Rede erreicht werden. Buchstäbliche Rede ist das gewünschte Ziel oder die Norm. Normalerweise sagen und schreiben wir Dinge, von denen wir erwarten, dass sie *buchstäblich oder wörtlich zu nehmen* sind.

So wenigsten geht die traditionelle Geschichte. Dabei ist es exakt umgekehrt: die Norm ist die *figurative Sprache*, gerade auch im Alltag, nicht die buchstäbliche. Das zeigt uns die moderne Metaphertheorie seit etwa 1950 und speziell in der Form der konzeptuellen Metaphertheorie seit 1980. In figurativer Sprache wird ein figurativ arbeitender Geist reflektiert.

Hier ist ein Beispiel, das zeigt, worum es geht:

“*Seine Bemerkung hat mich fast umgehauen, aber dann habe ich mich wieder gefangen.*”

Das ist Alltagssprache, wir halten nicht an, um uns zu vergewissern, was denn da wohl gesagt und gemeint wurde, wir Alle verstehen das. Der Ausdruck ist aber klar metaphorisch. Interessant ist, dass es unmöglich sein dürfte, eine äquivalente aber wörtlich zu nehmende Form dieses Ausdrucks zu finden.

Wie ist dieses Beispiel denn metaphorisch? *Konzeptuelle Metaphern* sind Projektionen von Wissen, Strukturen, und Logik aus einem *Quellgebiet* in ein *Zielgebiet*. Hinter dem Ausdruck steht zum Beispiel die Metapher WORTE HABEN BEWEGENDE KRAFT, aber genauso auch SELBSTBEHERRSCHUNG/GELASSENHEIT IST GLEICHGEWICHT. Diese Metaphern sind *unbewusste* Strukturen des Geistes, können aber bewusst gemacht werden. Der Ausdruck selber ist keine Metapher, sondern ein *konkretes linguistisches Beispiel zu den Metaphern*.

Offensichtlich stammen die Quellgebiete dieser beiden Metaphern aus der Welt der physischen, körperlichen Wahrnehmung von uns Menschen – es sind hier die Wahrnehmungen von physischer Kraft und Gleichgewicht. Im Beispiel werden also diese Erfahrungen auf den sozialen und emotionalen Erfahrungsbereich des Austausches zwischen zwei Menschen projiziert.

Es zeigt sich, dass in unserer Sprache sehr viele Beispiele von metaphorischen Projektionen vorkommen, wo die Quellen aus dem Bereich von (physischer) Wahrnehmung und Motorik stammen. Die minimalsten Quellgebiete haben dabei die Struktur minimaler *sensori-motorischer Gestalten* (*schematisierte Wahrnehmungseinheiten*). Mark Johnson, der zusammen mit George Lakoff in *Metaphors We Live By* die kognitive Linguistik richtig losgetreten hat, nennt diese Strukturen *image schemas* (1987) – auf Deutsch *Vorstellungsschemas*.

Zur Liste von Vorstellungsschemas gehören Pfad, Vertikalität, Gleichgewicht, Behälter, Prozess, Zyklus, Kausalität, Spannung, Substanz, und viele mehr. Wenn wir nun genau hinhören, sehen wir, dass Projektionen solcher Schemas auf andere physikalische Erfahrungsbereiche normal sind: Temperatur oder Geschwindigkeit sind hoch oder tief; Wärme fließt oder kann transportiert werden; Elektrizität und Wasser kann man ansammeln; Impuls fließt stärker, wenn das Geschwindigkeitsgefälle steiler ist; Wärme hat Kraft (Sadi Carnot’s *La puissance du feu*), etc.

Zusammenfassend kann man sagen, dass die kognitive Linguistik ein anderes als das gewohnte Bild der *Beziehung zwischen unseren Worten und der Welt* zeichnet. Die Beziehung ist *nicht direkt, nicht buchstäblich*. Sie geht indirekt über den Geist des Menschen – wir

stellen mit unseren Worten *innere schematische Strukturen* dar, die in einfacher Form aus der Wechselwirkung mit der physischen und sozialen Welt stammen und imaginativ zu komplexen Netzen verwoben werden. Unser **Denken ist figurativ**, nicht buchstäblich.

---

## MODELLE

Hier kann ich mich kurz fassen. Da mein Thema mit der Welt der makroskopischen dynamischen Systeme zu tun hat, werde ich mich nur mit Modellen solcher Systeme beschäftigen. Das wären also im Allgemeinen die Modelle der Kontinuumsphysik mit ihren partiellen Differentialgleichungen. Mit *dynamischen Modellen räumlich homogener Systeme* haben wir aber eine einfachere Form, die konzeptuell mindestens so rigoros wie die kontinuierliche ist – das kann man zum Beispiel in *The Dynamics of Heat* nachlesen. Wir haben einzelne Speicherelemente für Fluide, elektrische Ladung, Wärmestoff, chemische Substanzen, und Bewegungsmenge, die mit Transport- und Entstehungsprozessen verbunden zu Rückkopplung und Dynamik führen.

Ein einfaches Beispiel dafür ist das Abkühlen von Kaffee in einem Becher. Der Kaffee enthält Wärmestoff, der den Kaffee warm macht. Weil es ausserhalb des Bechers kälter ist, fliesst der Wärmestoff, von der thermischen Spannung (also der Temperaturdifferenz) angetrieben, durch die Becherwand an die Umgebung, der Wärmestoff im Kaffee wird weniger, dieser wird kühler, die Spannung nimmt ab, der Abfluss von Wärmestoff wird schwächer – all das führt zur bekannten Abkühlkurve.

---

## MYTHOS

Zum Abschluss sollte ich noch sagen, was wir unter Mythos verstehen wollen. Wie bei Metaphern oder Märchen nehmen wir oft an, dass Mythen zwar interessant aber sicher nicht wahr sein können. Wir verwenden den Begriff *Mythen* gerade für *Unwahrheit*.

Aristoteles hat gesagt, dass man einem Mann, der seine Weisheit in Mythen kleidet, nicht trauen kann. Da ich hier zeige, dass Physik mythisch ist, kann man Physikern also nicht trauen – aber das habt Ihr hier, besonders die Ingenieure, schon immer gewusst...

Mythos, oder besser **mythische Kultur**, hat aber in der Anthropologie und anderen Gebieten der Humanwissenschaften eine ganz andere Bedeutung. Wir meinen damit die *Verstehensformen*, die in einer Kultur, die noch *keine geschriebene Sprache* hat, Leben, Überleben und Überlieferung ermöglichen.

Für die Bildung eines Individuums ist es wichtig zu verstehen, dass ein Kind zuerst durch eine Entwicklungsstufe geht, die sehr viel mit der einer *mythischen Gesellschaft* zu tun hat. Kieran Egan (1997), ein Philosoph der Erziehungswissenschaften an der Simon Fraser University in Vancouver, spricht von *kognitiven Werkzeugen*, wenn er die Verstehensformen verschiedener Kulturstufen meint. Mythische kognitive Werkzeuge, die schon dem kleinen Kind zur Verfügung stehen, sind Metaphern, Erzählungen, Rhythmen, Reime, Wortspiele und Musik. Dazu gehört die Verwendung *innerer Bilder* bei der sprachlichen Darstellung und im Denken – ganz allgemein also *Fantasie* und *Vorstellungskraft*.

Eine besonders wichtige mythische Denkstruktur stellen für unseren Zweck sogenannte *Polaritäten* dar. Beispiele von Polaritäten sind hell-dunkel, schnell-langsam, heiss-kalt, aggress-

siv-friedlich, hoch-tief, gut-böse, etc. etc. Offensichtlich handelt es sich genau um die Qualitäten, die, in Form von Unterschieden, von Lebewesen körperlich (d.h., physisch und/oder emotional) wiederholt wahrgenommen und schematisiert werden – damit wird Polarität zu einem Vorstellungsschema.

Im mythischen Denken sind Vorstellungen von Unterschieden dieser Qualitäten *Spannungen*, die für Dynamik verantwortlich sind. Sie sind auch in modernen Erzählungen die Gründe für das, was in ihnen läuft. Sie sind es, die Spannung und Interesse in uns erzeugen. An diesem Punkt sehen wir, dass mindestens bestimmte Vorstellungen über die Mechanismen in der Natur sehr alt sind und mit mythischer Kultur in Verbindung gebracht werden können.

Der zentrale Punkt für uns ist der, dass wir zwar nicht mehr in einer mythischen Gesellschaft leben, dass die Denk- und *Verstehensformen der Oralität* aber weiter, wenn wohl auch abgeschwächt, in uns leben. Sie sind *nicht störende Überbleibsel, sonder fundamentale Bausteine* unseres modernen Denkens. Insbesondere ist festzuhalten, dass diese Bausteine grundlegende Abstraktionen darstellen, dass also *ursprüngliches Verstehen abstrakt* ist.

---

## TEIL ZWEI —

### DER ZUSAMMENHANG – ERZÄHLUNGEN ÜBER KRÄFTE DER NATUR

Nun also zum zweiten Teil des Vortrags. Wie hängen die Elemente, die ich bisher beschrieben habe, zusammen? Und warum erkennen wir in diesem Zusammenhang, dass Physik eine narrative Struktur hat?

---

Um mich möglichst kurz zu fassen, hier ist der Grundgedanke: *Menschen nehmen eine Struktur auf mittlerer Grössenskala wahr* – ich nenne sie **Kräfte**, und wenn es um unsere Wechselwirkung mit der Natur geht, **Kräfte der Natur**. [Unter Grössenskala einer Wahrnehmung verstehe ich ihren *zeitlichen, räumlichen und systemischen oder strukturellen Umfang*.]

Kräfte der Natur sind *Wind, Wasser, Feuer, Eis, Nahrung, Erde, Bewegung, Elektrizität, Schwere*, etc. Die entsprechende formale Kategorisierung in der Kontinuumsphysik führt uns auf *Fluide, Elektrizität und Magnetismus, Wärme, Substanzen, Gravitation, Rotations- und Translationsbewegung*,

Diese Kräfte werden als Mächte wahrgenommen, als **machtvolle Agenten**, die die Dynamik in unserer natürlichen Umwelt dadurch gestalten, dass sie sich gegenseitig beeinflussen. Damit sind sie die **Figuren**, oder im wahrsten Sinn des Wortes die **Geister**, die wir für ein narratives Verstehen ihrer Eigenschaften und ihres Wirkens brauchen. **Kräfte der Natur sind die Figuren oder Geister in unserer Geschichten, die wir über die Mechanismen, die in der Natur ablaufen, erzählen.**

---

Auf den ersten Blick ist es nun aber nicht klar, warum es Geschichten braucht, um diese Kräfte zu verstehen. Wir konzeptualisieren sie nämlich *von unten her* durch *Wahrnehmungsgestalten von kleinerer Grössenskala*.

Vorstellungsschemata sind solche kleineren Gestalten, und sie werden metaphorisch auf unsere Erfahrung mit Kräften projiziert. Wir erkennen dadurch drei fundamentale Aspekte der *Gestalt der Kraft*, nämlich **Intensität, Menge, und Macht**. Wir müssen nur mal sehr genau auf

die Sprache achten, mit der wir und unsere Mitmenschen über Kräfte reden. Wer dem Gerede Anderer aber nicht traut, kann ja stattdessen die Gleichungen der Kontinuumsphysik lesen – sie enthalten die genau gleichen figurativen Strukturen – sie zeichnen die selben Bilder.

Im Beispiel der *Wärme als Kraft der Natur* werden diese drei fundamentalen Aspekte durch *Wärmegrad*, *Wärmestoff-Menge* und Sadi Carnot's *La puissance du feu* repräsentiert. Die *Macht der Wärme* ergibt sich dadurch, dass der Wärmestoff von höherem thermischen Niveau auf ein tieferes fließt und so eine Maschine oder generell andere Prozesse antreibt. So hat das Carnot ausgedrückt:

*Nach den bisher festgestellten Begriffen kann man sehr angemessen die bewegende Kraft der Wärme mit der des fallenden Wassers vergleichen... Die bewegende Kraft des fallenden Wassers hängt von seiner Höhe und der Menge der Flüssigkeit ab; die bewegende Kraft der Wärme hängt gleichfalls von der Menge des angewendeten Wärmestoffs ab, und dem, was man seine Fallhöhe nennen könnte, und was wir in der That so nennen wollen, nämlich dem Temperaturunterschied der Körper, zwischen denen der Austausch des Wärmestoffs stattfindet. (S.17-18)*

Dazu kommen ergänzend weitere schematische Strukturen, die durch metaphorische Projektion die Beziehungen zwischen den Grundgrößen Intensität, Menge und Macht erhellen: Wenn sich Wärmestoff im Kaffee sammelt, so wird er wärmer (Speicher–Niveau–Beziehung), wenn das Temperaturgefälle steiler ist, so fließt mehr Wärmestoff (Strom–Spannungs–Beziehung), etc.

---

Ich habe am Anfang von der Erfahrungsstruktur, die ich Kraft nenne, in ganz allgemeiner Form gesprochen. Ich möchte hier nur noch anfügen, dass das, was wir in der makroskopischen Physik über Kräfte der Natur lernen können, im übertragenen Sinn auch für andere – psychologische und soziale – Kräfte zu gelten scheint. Es gibt ein wunderschönes Beispiel einer Analyse der metaphorischen Struktur unserer Erfahrung und unseres Verstehens von Musik von Mark Johnson (2007). Er zeigt, wie sich unsere Sprache über Musik durch drei Haupt-Metaphern-Gruppen darstellen lässt. Er nennt sie MUSIK ALS LANDSCHAFT, MUSIK ALS BEWEGTES OBJEKT, und MUSIK ALS BEWEGENDE KRAFT. Das tönt ja wie bei Sadi Carnot, und tatsächlich entsprechen die drei Metaphern den drei Hauptaspekten der Gestalt von Kräften der Natur, wie ich sie vorher beschrieben habe.

---

Es sieht also so aus, als ob wir die Elemente einer Theorie durch rein metaphorische Strukturen verstehen könnten. Das ist aber zu kurz gegriffen. Wir brauchen die Erfahrung von Strukturen auf *größerer Grössenskala*, um die **Bedeutung der Kräfte als Agenten** oder *Geister* wirklich zu begreifen. Kräfte werden auch *von oben her* strukturiert.

Diese grösseren Erfahrungsbereiche werden von unserem Geist als *Geschichten* aufgenommen (oder besser gesagt, erzeugt) – ein Waldbrand, der Wirbelsturm Sandy, die Geburt eines Kindes. Erst durch die Einbettung in diese Geschichten, das heisst, in Ketten und Netze von Prozessen, die über längere Zeit in grösserem Raum in komplexeren Strukturen ablaufen, verstehen wir die Agenten. Wir erkennen die eigentliche *Bedeutung der Kräfte* erst durch die

Rolle, die sie als *Agenten in Erzählungen* spielen. Zudem sind schematische Strukturen wie *Zeit und Dynamik* narrative Formen.

Die Arbeit mit dynamischen Modellen, ihrer Simulation, und die Betrachtungen der Narratologen zu Story Worlds und Stories führen mich nun auf folgenden Vergleich: Die **Modelle**, die wir auf der Basis der metaphorischen Struktur der Zusammenhänge zwischen Aspekten der Kräfte der Natur bauen, sind wie **Story Worlds**, und die **Simulationen**, die wir mit ihnen durchführen, sind wie **Erzählungen**, die vor dem Hintergrund der Modellwelten ablaufen (Fuchs, 2015).

---

Was bringt nun dieses Modell der *Narrativität der Physik dynamischer Systeme* für unsre tägliche Arbeit, hier an unserer Schule? Diejenigen von uns, die seit Jahren explizite Modellbildung im Unterricht einsetzen, wissen, dass das kein einfaches Unterfangen ist – wir scheinen es nur ganz mühsam hinzukriegen, dass Studierende die Strukturen verinnerlichen, die sie unserer Meinung nach lernen sollten.

Wenn es nun stimmt, dass Modelle Geschichtenwelten und nicht Geschichten sind, muss man bei einem narrativen Ansatz in der Didaktik vielleicht viel mehr Gewicht auf Erzählungen legen. Das hiesse dann, formal ausgedrückt, dass wir *Simulationen viel stärker in der Vordergrund rücken* müssen, als wie wir das bisher gemacht haben. Die selber erzählten Geschichten, die selber gemachten Simulationen, müssten dann unseren Studierenden darin unterstützen, selber Ideen für Zusammenhänge in physikalischen Systemen zu kreieren. Elisabeth Dumont und ich sind gerade an einem Projekt beteiligt, wo wir dieser Frage nachgehen wollen.

Etwas Hilfe bei unserer Suche erhalten wir von den ökonomischen Wissenschaften und von Computational Physics. Eine Philosophin der Ökonomie, Mary Morgan von der London School of Economics, hat sehr schön gezeigt, wie sich Ökonomen Geschichten zu Ereignissen und Systemen erzählen, aus denen sie dann Modelle generieren – **Modelle entstehen in einem narrativen Akt aus den Geschichten, die wir uns erzählen**. Und Norton Wise, ein Physikhistoriker von der UCLA, hat gezeigt, wie Simulationen komplexer Systeme Narrationen sind.

---

Woher stammen **Analogien** in der makroskopischen Physik? Sie sind das Resultat der Tatsache, dass wir unterschiedliche Phänomene alle als Kräfte der Natur wahrnehmen und entsprechend schematisieren und konzeptualisieren. Das hinterlässt seine Spuren. Wenn man die Gleichungen der Kontinuumsphysik für verschiedene Typen von Phänomenen anschaut, so sehen die doch sehr ähnlich aus. Die Phänomene werden in unserem Geist einander ähnlich – wir können sie also, immer bis zu einem gewissen Grad – miteinander vergleichen.

Analogien sind also keine Metaphern und umgekehrt. Analogien entstehen, weil wir unsere Erfahrungen durch metaphorische Netzwerke strukturieren, in denen immer wieder die selben Elemente vorkommen. Carnot's Vergleich des Wasserfalls mit einer Wärmekraftmaschine ist also eine Analogie, keine Metapher – sie beruht aber auf Metaphern, mit denen wir Wasserkraft und Wärmekraft figurativ strukturieren.

---

Was erklärt das Vorhergehende über die *konzeptuelle Struktur der traditionellen Thermodynamik*? Was hat Clausius eigentlich gemacht? Er hat ganz einfach die Struktur der Gestalt der Wärme verwurstet. Er war dabei nicht der Erste, und er ist sicher auch nicht der Letzte



geblieben. Spätestens seit 1850 *wird der Mengenaspekt der Wärme mit der Macht der Wärme vermengt* – damit verschwindet einer der Aspekte aus unserem Bewusstsein.

Der Mengenaspekt sollte durch Wärmestoff, die Macht durch ein Energiemass quantifiziert werden. Wenn man die zwei vermengt, kriegt man eben eine unstrukturierte Wurstmasse. Man kann zwar eine kastrierte formale Theorie der Statik der Wärme erschaffen, aber die Wärme als Wahrnehmungsgestalt und als mentale Einheit ist futsch, und *damit gibt es auch keine Bilder mehr!* Traditionelle Thermodynamik ist unverständlich – sie verbindet sich nicht mehr mit den schematischen Figuren unseres Geistes.

Es ist wohl keine Übertreibung zu sagen, dass viele Naturwissenschaftler meinen, dass Bilder sowieso nur falsch sein können. Also handelt man nach dem Motto "*Du sollst Dir kein Bildnis von mir machen!*" *Doch, genau das sollt Ihr tun! Macht Euch Bilder von den Kräften der Natur und wandelt sie in Geschichtenwelten und Geschichten, also in Modelle und Simulationen um!*

---

Damit mein Vortrag nicht bei einer allgemeinen Beschreibung des Themas stehen bleibt, habe ich eine kleine Geschichte für kleine Kinder über eine Kraft der Natur mitgebracht. Diese Geschichte haben meine Frau und ich vor bald sieben Jahren geschrieben, und sie wird seither an Primarschulen in Modena gebraucht. Es ist eine ***Wintergeschichte*** über die ***Kälte als Kraft der Natur***. Ich erzähle einen kleinen Teil davon:

*A small town called Little Hollow lay in a hollow surrounded by a high plain. People had settled in that place because small streams collected on the plain and flowed down into the hollow and through their town as a nice gentle river. This the people of Little Hollow liked a lot. But there was something they liked a lot less: Winters in Little Hollow were harsh.*

...

*The people of Little Hollow cursed winter and its cold. They knew that the cold would find its way into their homes like a hungry animal if they were not careful to close windows and doors. The cold could even sneak in through tiny cracks between walls and windows, so the people of Little Hollow had learned to build their homes well and put in strong wood burning stoves.*

*At times when much cold had collected in the town, when it had become terribly cold and the temperature was very, very low, the fires in the furnaces had to work very hard to fight the cold that had made its way inside. The people in their homes made sure that fires roared in the stoves so that the heat they produced could balance the cold. But it was an almost impossible fight: the cold loved to go to where it was warmer and it would eventually get what it wanted. Once inside a home it made the warmth pale and weak.*

...

*When that happened the cold of winter knew its time had come. The warmth of early Spring would grow stronger and drive the cold out of the hollow. The cold knew it had to accept its defeat but it also knew very well it would be back...*

Das ist die Geschichte, und sie scheint den kleinen Kindern zu gefallen. Beobachter werden trotzdem einige kritische Fragen stellen wollen, zum Beispiel die folgenden. (1) Vermenschlichen wir hier die Kräfte der Natur? (2) Setzt eine gute Geschichte nicht zwingend wahrnehmende und intentionale Figuren (letzten Endes also Menschen) voraus? Und schliesslich, (3) lernen Kinder überhaupt von Geschichten?

Die Antworten sind nein, jein, und ja.

---

Zur ersten Frage: In dieser Geschichte wird nicht vermenschlicht – wir haben nicht Väterchen Frost sondern die *Kälte* als offensichtlichen natürlichen *Agenten*. In unserer Wahrnehmung sind Kräfte der Natur schematische Figuren oder Geister, und darum muss man gar nicht vermenschlichen, um etwas Gescheites gut zu sagen.

---

Der zweite Punkt ist heikler. Es sollte klar sein, dass Kräfte keine wahrnehmenden und intentionalen Charaktere sind, und es stimmt, dass uns Erzählungen gerade wegen emotionaler Eigenschaften von Figuren mit eigenem Willen ansprechen. Hier haben wir ein Spannungsfeld, mit dem wir sinnvoll umgehen müssen. Interessanterweise tun wir das auch, alle, ohne Ausnahme – es sei denn, wir bemühen uns bewusst um eine komplett formalisierte Darstellungsweise, die uns eine Art Scheinwahrhaftigkeit und Scheinbuchstäblichkeit vorgaukeln soll (das Spiegelbild der Natur lässt grüssen). Sprache in der Form, wie wir sie in der Wintergeschichte haben, hören wir auch von Naturwissenschaftlerinnen und Ingenieuren – wir reden so, und wir werden verstanden, und Aussagen dieser Art sind gut und nicht falsch. *Wir Menschen sehen eben hinter jedem Rauschen und Blinken und Rucken verursachende Geister*, und wir reden über sie genau so, wie wir über Charaktere und Figuren immer reden. Wir können und sollen uns dem nicht entziehen. Wir sollten vielmehr anerkennen, dass es genau diese *Figuren unserer Fantasie* sind, **mit denen wir die Physik erschaffen haben**.

---

Nun zur dritten Frage und damit zum Abschluss dieses Vortrags. Kinder lernen mindestens bestimmte Dinge von Geschichten. Daniel Hutto und Shaun Gallagher – Philosophen, die sich mit Phänomenologie und Psychologie auseinandersetzen – haben uns gezeigt, dass wir andere Menschen ausser durch direkte Interaktion hauptsächlich durch Geschichten – zum Beispiel durch Märchen – kennen und verstehen lernen. Sie nennen ihre Idee die *Narrative Practice Hypothesis* für *Folk Psychology*.

Ich werde jetzt einfach mal behaupten, dass das im übertragenen Sinn auch für *Kräfte der Natur* und *Folk Physics* gilt: Wir lernen Kräfte der Natur ausser durch direkte Erfahrung gerade auch durch Geschichten kennen und verstehen. Das ist das Thema, an dem meine Kolleginnen und Kollegen von der Uni Modena und Reggio Emilia mit Elisabeth und mir arbeiten.

Weitergehende Forschung müsste dann noch zeigen, **dass in Folk Physics nicht nur Unsinn in den Köpfen kleiner Italienerinnen und Italiener sondern viel Gutes zum Verständnis der physikalischen Wissenschaften entsteht**.

Aber das ist etwas für die Zukunft, für einen anderen Abend. Eine Geschichte, die in dreissig Jahren jemand anderer erzählen kann...

- 
- Carnot S. (1824/1892): *Betrachtungen über die bewegende Kraft des Feuers*. W. Ostwald, Leipzig, Verlag von Wilhelm Engelmann, S. 17-18.
- Egan K. (1997): *The Educated Mind. How Cognitive Tools Shape Our Understanding*. The University of Chicago Press, Chicago, Ill.
- Fuchs H. U. (2010): *The Dynamics of Heat. A Unified Approach to Thermodynamics and Heat Transfer*. Springer, New York, NY.
- Fuchs H. U. (2015): From stories to scientific models and back: Narrative Framing in modern macroscopic physics. *International Journal of Science Education*, **37** (5-6), 934-957.
- Gallagher S. and Hutto D. (2008): Understanding others through primary interaction and narrative practice. In J. Zlatev, T. Racine, C. Sinha & E. Itkonen (eds.): *The Shared Mind: Perspectives on Intersubjectivity*. John Benjamins. pp. 17-38.
- Herman, D. (2002). *Story Logic*. Lincoln, NE: University of Nebraska Press.
- Herman, D. (2009). *Basic Elements of Narrative*. Chichester: Wiley-Blackwell.
- Lakoff G. and Johnson M (1980): *Metaphors We Live By*. University of Chicago Press, Chicago, Ill.
- Johnson M. (1987): *The Body in the Mind*. University of Chicago Press, Chicago, Ill.
- Johnson M. (2007): *The Meaning of the Body*. University of Chicago Press, Chicago, Ill.
- Trevarthen C. (2008): Foreword. In J. Zlatev, T. Racine, C. Sinha & E. Itkonen (eds.): *The Shared Mind: Perspectives on Intersubjectivity*. John Benjamins. p. 1.