

---

# Wissenschaftliches Arbeiten

Methodische Grundlagen und  
Aufbau von Veröffentlichungen

---



Dr. Frank Trixler  
LMU München

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Wissenschaftliches Arbeiten</b>	<b>2</b>
1.1	Hintergrund . . . . .	2
1.2	Beobachten . . . . .	3
1.2.1	Trennung von Beobachtung und Interpretation . . . . .	3
1.2.2	Trennung von Korrelation und Kausalität . . . . .	3
1.2.3	<i>Ceteris paribus</i> Methode . . . . .	4
1.2.4	Objektivieren – Quantifizieren . . . . .	4
1.3	Interpretieren . . . . .	5
1.3.1	Dialektik . . . . .	5
1.3.2	Relativieren . . . . .	5
1.4	Theorien entwickeln . . . . .	6
1.4.1	Das Ockhamsche Prinzip . . . . .	6
1.4.2	Vorhersagen machen . . . . .	7
1.5	Verfassen . . . . .	7
1.5.1	Klar Definieren . . . . .	7
1.5.2	Unmittelbar Zitieren . . . . .	8
1.6	Zusammenfassung . . . . .	8
<b>2</b>	<b>Aufbau von Veröffentlichungen</b>	<b>9</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>10</b>

# Kapitel 1

## Wissenschaftliches Arbeiten

Mit diesem Skriptum soll ein kurzer Überblick über einige Regeln und Richtlinien gegeben werden, die für das wissenschaftliche Arbeiten wesentlich sind. Vorab möchte ich jedoch deutlich machen, in welchem Arbeitsstadium diese Regeln ihre Bedeutung erlangen und worin diese Bedeutung besteht.

### 1.1 Hintergrund

Für das kreative wissenschaftliche Denken ist zunächst der ungebremste freie Lauf der Gedanken und Ideen sehr wichtig. Schade ist es, wenn die Gedanken durch Regeln und Denkkonventionen gebremst werden oder auch durch die Angst, Unsinn oder Fehler zu produzieren – oft entsteht Fortschritt gerade durch Gedanken, die nach den vorherrschenden Konventionen und etablierten Paradigmen zunächst negativ bewertet werden.

Die hier erwähnten Regeln sind jedoch nach dem Stadium der kreativen Ideenfindung sehr wichtig für das wissenschaftliche „Handwerk“ beim Weiterentwickeln von Theorien und Schlußfolgerungen sowie für das Veröffentlichen der Ergebnisse. Die Regeln sollen sicherstellen, daß das Ergebnis der Forschung den Anspruch der Wissenschaftlichkeit erfüllt. Die Erfüllung dieses Anspruchs ist deshalb so wichtig, weil damit der Gefahr, bei der Forschung von etwas nur Scheinbarem getäuscht worden zu sein, so weit wie möglich methodisch begegnet werden kann.

Ausgehend von einigen philosophischen Grundlagen der Naturwissenschaft (Interessierte möchte ich auf das Literaturverzeichnis aufmerksam machen) soll hier auf einige daraus abgeleitete **praktische** Aspekte beim Forschen eingegangen werden.

Folgende Aspekte erscheinen mir als handwerkliches Qualitätssiegel für eine wissenschaftliche Arbeit besonders wichtig:

## 1.2 Beobachten

### 1.2.1 Trennung von Beobachtung und Interpretation

Da Naturwissenschaft durch Anwendung von dialektischem Denken und Experiment zwischen „Sein“ und „Schein“ zu unterscheiden versucht, ist folgendes von großer Wichtigkeit:

Die **Beschreibung der Ergebnisse** muß völlig von jeglicher Interpretation (die oft schon unbewußt erfolgt) getrennt werden. Erst in einem auf die Beschreibung **folgenden Schritt** wird dann eine **Interpretation** vorgeschlagen und die Gründe für diese Interpretation dargelegt.

Beispiel:

- nicht gut: Das Haus ist gelb.
- besser: Die für mich **sichtbare** Seite des Hauses reflektiert im gelben Spektralbereich. Die anderen Hausseiten sind von meinem Standort aus nicht zu sehen, so daß darüber keine direkte Aussage gemacht werden kann. Aufgrund von Stellen anderer Farbe, die sich mit Stellen abgeplatzttem Putzes decken, kann darauf geschlossen werden, daß die Reflexion durch einen Fassadenanstrich hervorgerufen wird und nicht z.B. durch gelbe Scheinwerferbestrahlung (wie z.B. abends bei Kirchtürmen). Durch die lokale Tradition im Hausbau kann angenommen werden, daß die anderen Hausseiten mit der gleichen Farbe gestrichen wurden.

Was im Beispiel des Hauses im Alltag übertrieben penibel wirkt, ist jedoch in der Naturwissenschaft<sup>1</sup> von außerordentlicher Wichtigkeit, um das nur Scheinbare vom Tatsächlichen zu trennen: Bei fehlender Trennung ist eine Veröffentlichung im Grunde wertlos, denn die Ergebnisse und Schlußfolgerungen können vom Leser nicht eigenständig nachvollzogen werden. Mit der Trennung bleibt auf jeden Fall die Beobachtung von Wert, selbst wenn kontrovers über alternative Interpretationen gestritten wird.

### 1.2.2 Trennung von Korrelation und Kausalität

Wenn zwei beobachtete Ereignisse immer zusammen auftreten, muß das nicht zwingend bedeuten, daß diese in direktem kausalem Zusammenhang stehen.

---

<sup>1</sup>Aber nicht nur dort - man denke an die fatale Wirkung von Zeugenaussagen vor Gericht, wenn nicht zwischen Beobachtung und Interpretation getrennt wird.

Kurz: **Eine Korrelation belegt nicht automatisch einen direkten kausalen Zusammenhang.**

Die Beobachtung, daß immer wenn Ereignis (A) eintritt, auch Ereignis (B) eintritt, verleitet zu dem logischen Schluß, daß (B) eine Folge von (A) ist. Das kann durchaus sein, muß es aber nicht. Es besteht immer prinzipiell noch eine weitere Möglichkeit, die unbedingt geprüft werden sollte: Daß (A) und (B) nur zwei verschiedene Folgen einer **gemeinsamen Ursache** (C) sind.

Beispiel: Eine medizinische Studie, die herausfindet, daß Husten zu einer laufenden Nase führt, wäre dem Fehler aufgesessen, eine Korrelation (Husten und laufende Nase) mit einer direkten Kausalität gleichzusetzen. Damit wäre übersehen worden, daß beide nur verschiedene Folgen einer gemeinsamen Ursache – der Erkältung – sind und damit nur indirekt in Verbindung stehen.

### 1.2.3 *Ceteris paribus* Methode

Will man verstehen, welche Funktion z.B. verschiedene Komponenten in einem System spielen oder welche Rollen verschiedene Einflußfaktoren auf ein System haben, so lassen sich diese Fragen durch das methodische Vorgehen des *ceteris paribus* lösen. Es bedeutet soviel wie „...unter sonst gleichen Bedingungen...“. Anders formuliert: „**Verändere eine Variable und lasse alle anderen konstant**“.

Praktisch geht man so vor, daß eine der Komponenten entfernt und daraufhin die Reaktion des Systems (dessen Verhaltensänderung) beobachtet wird. Die Änderung läßt dann Rückschlüsse auf die Funktion der Komponente zu.

Beispiel: Liegt ein chemisches System aus drei verschiedenen Substanzen vor, die eine Mischung bilden, und ist nicht bekannt welche der Komponenten für die Farbe des Gesamtsystems verantwortlich ist, stellt man eine neue Mischung her, in der – unter sonst gleichen Bedingungen – eine der Komponenten weggelassen wird. Ist die Mischung immer noch farbig, wird das Experiment wiederholt, in dem anstatt der vorher gewählten Komponenten eine andere weggelassen wird.

### 1.2.4 Objektivieren – Quantifizieren

Es ist darauf zu achten, **Beobachtungen** möglichst **in Zahlen** ausdrücken zu können, die nach **objektiven Verfahren** (Meßgeräte, Algorithmen) erzeugt wurden.

Beispiel 1: Wenn berichtet wird, daß sich bei einer chemischen Reaktion die Farbe etwas von Rot nach Gelb verschoben hat, ist das nur von geringem Wert, da z.B. der Nachbar unbedingt auf einer „Idee von Grün“ besteht. Mit einem Spektrometer – das dann im Methodenteil der Veröffentlichung zu beschreiben ist – kann man objektive Zahlen (Wel-

lenlängen) generieren, die als Grundlage für die Beobachtung und Interpretation verwendet und vom Leser klar nachvollzogen werden können.

Beispiel 2: Aussagen wie „bei einer Drehung von  $90^\circ$  ändert sich die Struktur“ beschreiben zwar eine Beobachtung, können aber für einen Leser, der nicht wie der Verfasser monatelang auf die Ergebnisse gestarrt hat, überhaupt nicht so klar sein und sich schließlich als Artefakt des Mustererkennungsprozesses im Gehirn herausstellen. Solche Aussagen sind also wissenschaftlich wertlos. Abhilfe schafft im genannten Beispiel z.B. ein Algorithmus, der automatisch die Pixel- Helligkeiten nach statistischen Zusammenhängen analysiert und Differenzen mit einem quantitativen Wert belegt. Ein Algorithmus ist streng objektiv – der Leser kann anhand der errechneten Ergebnisse numerische Vergleiche eindeutig bewerten (z.B. Ähnlichkeit 30%) und die Aussage klar nachvollziehen, da der verwendete Algorithmus im Methodenteil der Veröffentlichung beschrieben wird.

## 1.3 Interpretieren

### 1.3.1 Dialektik

Alternative Interpretationen sollten stets geprüft und Argumente dafür angeführt werden, warum diese weniger wahrscheinlich sind gegenüber der bevorzugten Interpretation (sozusagen die Gegenargumente der Kritiker vorwegnehmen und prüfen).

Aktuelles Beispiel: Auf dem Saturnmond Titan wurde eine Struktur entdeckt, die in einer Veröffentlichung als offener See interpretiert wird. Drei Evidenzen werden von den Autoren aufgeführt: (1) sehr dunkle Struktur bedeutet sehr glatte Oberfläche, (2) weiche Grenzen, wie sie bei irdischen Seen oft beobachtet werden können, sind zu erkennen, (3) die Lage der Struktur befindet sich genau dort, wo auch viele Wolken sind. Anschließend wird der auf diesen Argumenten beruhenden Interpretation eine alternative Interpretation (Krater eines Vulkans) gegenübergestellt. Schließlich wird eine Vorhersage gemacht, wie zwischen den alternativen Erklärungen mit zukünftigen Experimenten unterschieden werden kann (siehe Abschn. 1.4.2).

### 1.3.2 Relativieren

Aussagen von absolutem, unumstößlichen Charakter sollten vermieden werden.

Besser sind Aussagen wie: „**Aufgrund der Beobachtungen ... schließen wir, daß ...**“.

Der Grund ist, daß wissenschaftliche Erkenntnisse immer vorläufig sind und durch weitere Forschung verbessert, erweitert oder verworfen werden können.

Beispiel: Aussagen wie z.B. „Die Erde ist eine Scheibe“ machen den Autor leicht angreifbar und werden dem offenen, undogmatischen (zumindest theoretisch) und von der Autorität des Verfassers (leider sehr theoretisch) unabhängigen Charakter der Wissenschaft nicht gerecht. Die Aussage „Aufgrund der Beobachtungen ... schließen wir, daß die Erde eine Scheibe ist“ macht den Autor selbst nicht angreifbar, nur seine Interpretation, die aber vom Autor selbst als vorläufig anerkannt wird und weitere Forschungen mit abweichender Schlußfolgerung offen läßt. Auch unter diesem Aspekt zeigt sich wieder der Vorteil der Trennung zwischen Beobachtung und Interpretation (vgl. Abschn. 1.2.1).

## 1.4 Theorien entwickeln

### 1.4.1 Das Ockhamsche Prinzip

Von mehreren alternativen Erklärungsmodellen oder Theorien ist stets diejenige vorzuziehen, die am **einfachsten** den Sachverhalt erklärt. Am einfachsten ist dabei diejenige Theorie, die von den **wenigsten Annahmen** ausgeht. Bei der Entwicklung einer Theorie sollten also nicht mehr Annahmen eingeführt werden, als unbedingt nötig sind. Dieses Prinzip ist in der Methodik unter dem Schlagwort „Ockhams Rasiermesser“ bekannt.

Beispiel: Findet man versteinerte, wurmartige Strukturen in einem Marsmeteoriten, könnte man u.a. zwei Theorien entwickeln: (1) Es handelt sich um fossile Marsbewohner oder (2) es handelt sich um Präparationsartefakte beim Aufschließen des Gesteines. Theorie (1) erfordert gegenüber (2) die zusätzliche Annahme, daß es 1. auf dem Mars Leben gab, 2. daß es versteinierungsfähig war und 3. die extremen Bedingungen standgehalten hat, die zum Transport zur Erde herrschten. Nach dem Ockhamschen Prinzip ist zunächst Theorie (2) vorzuziehen.

Erst, wenn diese einfachste angenommene Theorie nicht erfolgreich alle Beobachtungen zu erklären vermag, werden stufenweise zusätzliche Annahmen eingeführt (z.B. daß es anorganische Mineralisationen unter bislang unbekanntem Bedingungen sind). Wenn schließlich all dies nicht ausreicht, führt das (irgendwann) zu Theorie (1), die dann aber durch den argumentativen Ausschlußweg **gut begründet** werden kann.

Damit verwandt ist der Grundsatz: „**Außerordentliche Behauptungen verlangen außerordentliche Beweise**“.

Beispiel: Die außerordentliche Behauptung „es gab/gibt Leben auf dem Mars“ erfordert mehr als das Abbilden wurmartiger Strukturen in einem Marsmeteoriten. Solche Strukturen wären als **Hinweis** zu werten, stellen jedoch noch keinen **Beweis** dar - dazu bedarf es zusätzlich einer außerordentlich starken Beweiskette aus geologischen, meteorologisch/klimatologischen, astrophysikalischen und chemischen Aspekten.

## 1.4.2 Vorhersagen machen

Eine Theorie ist dann von Wert, wenn mit ihr Vorhersagen gemacht werden können, die andere Wissenschaftler (vielleicht auch erst in Zukunft mit verfeinerten Meßmethoden) überprüfen können. Erst durch Vorhersagen wird eine Theorie überprüfbar, kann also widerlegt oder bestätigt werden, und wird deshalb interessant, da sie sich einer Auswahl zwischen alternativen Theorien stellen kann.

Beispiel: Aus der allgemeinen Relativitätstheorie läßt sich die Vorhersage ableiten, daß Sternpositionen in der Nähe der Sichtlinie zur Sonne aufgrund der gravitativen Lichtablenkung scheinbar um einen geringen Betrag vom Rand der Sonne weg verschoben sein sollten und dies bei Sonnenfinsternissen beobachtet werden könnte. So etwas wurde vor Veröffentlichung der Theorie noch nie beobachtet, weil entweder niemand danach gesucht hatte oder die Astrometrie nicht weit genug entwickelt war. Die spätere Bestätigung dieser klaren Vorhersage (und vieler anderer) machte letztlich diese Theorie so erfolgreich.

## 1.5 Verfassen

### 1.5.1 Klar Definieren

Für eine Arbeit wichtige Begriffe sollten eindeutig und klar am Anfang der Arbeit bzw. des Kapitels oder Absatzes definiert werden. Das ist deshalb so wichtig, weil die Verwendung falscher Begriffe neue Entdeckungen verhindern kann, wenn dadurch mit falschen Bildern und Modellen gearbeitet wird.

Oft werden Begriffe von verschiedenen Autoren völlig verschieden verwendet – zumeist ohne Hinweis darauf, was jeweils unter dem Begriff zu verstehen ist. Dies schafft die Gefahr, aneinander vorbeizureden - schlimmstenfalls, ohne das die Beteiligten es merken. Die Probleme in Diskussionen sind oft nur Scheinprobleme, weil begriffliche Unklarheiten herrschen und nicht differenziert wird - die Diskussion wird dadurch wertlos<sup>2</sup>.

In der eigenen Arbeit sollte daher immer klar dargelegt werden, **was - zumindest „im Rahmen dieser Arbeit“ - unter dem Begriff verstanden wird und warum man sich auf diese Definition bezieht.**

---

<sup>2</sup>In diesem Zusammenhang sei auf das wissenschaftstheoretische Konzept der Operationalisierbarkeit von Begriffen verwiesen. Siehe dazu [4].



### 1.5.2 Unmittelbar Zitieren

Der folgende Punkt ist als Regel zwar trivial und selbstverständlich, jedoch wegen leidvollen praktischen Erfahrungen mit Texten an dieser Stelle dennoch betont:

Niemals eine Quelle zitieren, die man selbst nicht **unmittelbar (!)** gelesen hat! Das mittelbare Zitieren wird im wissenschaftlichen Alltag sehr verführerisch, da die oft sehr umfangreiche Literatur und der Mangel an Zeit dazu verleiten, als Quelle entweder Artikel anzugeben, die ihrerseits nur in Übersichtsartikeln zitiert wurden oder – noch bequemer – einfach die Übersichtsartikel stellvertretend zu zitieren – jeweils ohne vorher die zitierten Artikel zu prüfen. Die Regel ist, daß sich so etwas immer rächt, da die Verfasser der Artikel auch nur Menschen sind und sich vom Zeitdruck verführen lassen...

Die Folge ist eine „Mythenbildung“, die sich von einer Veröffentlichung zur nächsten fortsetzt. Daß dieser eigentlich selbstverständliche Punkt hier aufgenommen wurde, ist darin begründet, daß solche „Mythen“ – sowohl inhaltliche wie begriffliche – leider erstaunlich häufig vorkommen.

## 1.6 Zusammenfassung

- Trennung von Beobachtung und Interpretation.
- Trennung von Korrelation und Kausalität.
- Beobachtungen objektiv und quantifiziert durchführen.
- Die Ergebnisse und Schlußfolgerungen undogmatisch darlegen.
- Interpretationen dialektisch darlegen, Theorien nach dem Ockhamschen Prinzip entwickeln.
- Theorien so entwickeln, daß damit Vorhersagen gemacht werden können.
- Beobachtungsgegenstände und theoretische Konzepte klar definieren.
- Nur unmittelbar zitieren, niemals Zitate mittelbar von anderen Veröffentlichungen ungeprüft übernehmen.

# Kapitel 2

## Aufbau von Veröffentlichungen

Veröffentlichungen (und Vorträge) sollten folgendermaßen aufgebaut sein:

1. **Kurzzusammenfassung:** *Warum* wurde *Was* untersucht und *was ergibt sich im Wesentlichen (!)* daraus?  
Die Kunst dabei ist es, bei Zeitschriftenartikeln alles in max. 3 - 5 Sätze zu fassen, bei Abschlußarbeiten max. eine Seite!
2. **Einführung**
  - a) Hintergrund der Forschung: Warum ist vorliegende Untersuchung wichtig – in welchem größeren Zusammenhang steht sie?
  - b) Welche wichtigen Vorarbeiten gibt es (Referenzen angeben), d.h. was wurde in dem Bereich schon erforscht und was war bisher noch unbekannt, wo lag das Problem?
  - c) Welche neuen Erkenntnisse verschafft die vorliegende Arbeit bzw. was kann gezeigt/demonstriert werden?
3. **Materialien und Methoden**

Welche Materialien und Mittel wurden bei der Untersuchung verwendet, mit welchen experimentellen und/oder mathematischen Methoden wurde die Untersuchung vorgenommen?
4. **Beobachtungen und Interpretationen**

Jeweils zuerst: Was wurde beobachtet? Dann: Wie wird das Beobachtete interpretiert?
5. **Schlußfolgerungen / Ausblick**

Was ergibt sich insgesamt aus den Ergebnissen? Wofür können die erzielten Ergebnisse verwendet werden, wofür sind sie bzw. könnten sie wichtig sein? Welche Fragen werden durch die Ergebnisse neu aufgeworfen?

6. **Danksagung**

7. **Literatur**

8. **Bildbeschreibungen**

Zuerst mit einem Wort oder einem Satz als Bildüberschrift darlegen, was das Bild zeigt. Dann: Technische, topographische, besondere experimentelle u.a. Details beschreiben, die nur für das Bild gelten und nicht im Methodenteil schon allgemein behandelt wurden (z.B. aufgenommen mit Blende 5.6 bei 1/30 s Belichtung, Temperatur 25°C. Bildbreite: 10 mm). Welche grundsätzlichen wissenschaftlichen Aussagen aus dem Bild abgeleitet werden, ist dagegen allein im Haupttext zu beschreiben.

9. **Bilder**

# Literaturverzeichnis

- [1] Barrow, John D.: Theorien für Alles: Die philosophischen Ansätze der modernen Physik. Spektrum, Akademie Verlag, Heidelberg 1992.
- [2] Richard P. Feynman: Was soll das alles? Gedanken eines Physikers. Piper Verlag, München 1999.
- [3] Lauth, Bernhard; Sareiter, Jamel: Wissenschaftliche Erkenntnis. Eine ideengeschichtliche Einführung in die Wissenschaftstheorie. Mentis Verlag, Paderborn 2002.
- [4] Bauberger, Stefan: Was weiß die Wissenschaft? Wissenschaftstheorie. Hochschule für Philosophie, München. Vorlesungsskript WS 2003/2004.
- [5] Thomas Buchheim: Aspekte der Freiheit. LMU, Vorlesungsskript, SS 2000, (<http://www.thomas-buchheim.de/Freiheit.pdf>).
- [6] André Pichot: Die Geburt der Wissenschaft. Von den Babyloniern zu den frühen Griechen. Campus Verlag, Frankfurt / New York 2000.
- [7] Norbert Franck: Fit fürs Studium. Erfolgreich reden, lesen, schreiben. dtv Verlag, München 2002.