

# Sprache im Physikunterricht

Martin Apolin

*Wie sollte die Sprache im Physikunterricht sein?*

Ich möchte diese Frage gleich vorweg beantworten: So einfach wie möglich! Warum, soll im Folgenden anhand von Überlegungen und Untersuchungen erklärt werden.

## Unterrichtssprache aus Sicht der Kommunikation

Jeder Kommunikationsvorgang hat vier Komponenten: einen Sender (in diesem Fall LehrerIn), einen Empfänger (SchülerIn), einen Code (Sprache) sowie ein Medium, das die Übertragung ermöglicht (gesprochene oder geschriebene Worte) (vgl. Nowotny 1982<sup>2</sup>, S. 105).

Der Lehrer codiert seine Nachricht, der Schüler muss sie wieder entschlüsseln. Gute Verständigung ist nur dann möglich, wenn Sender und Empfänger über den gleichen Code verfügen (und nicht so wie in Abb. 1).

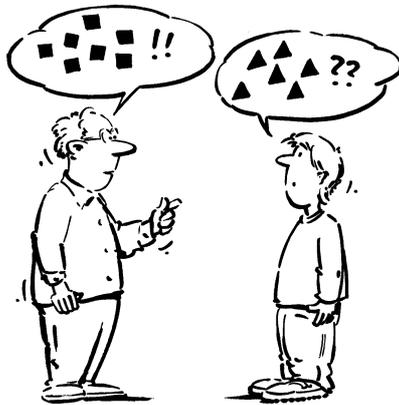


Abb. 1

Verfügen SchülerInnen und LehrerInnen über den gleichen Code? Es gibt zwei stichhaltige Argumente dagegen! Der erste Grund ist, dass sich mit zunehmendem Alter und steigender Bildung aus dem eingeschränkten Code der elaborierte Code entwickelt. Der zweite Grund ist, dass sich die Sprache aller Wissenschaften durch das Fachvokabular deutlich von der Alltagssprache unterscheidet.

Wagenschein - der "hartnäckigste sprachliche Warner in der deutschen Physikdidaktik" (Merzyn 1994, S. 155) - teilt den Weg von der Alltags- zur Fachsprache in drei Phasen ein (Wagenschein 1976, S. 132ff).

In Phase 1 "schleudert das Denken die echten Worte hervor. Will man aber die Sprache polieren, solange sie noch fließt, so spaltet man die Aufmerksamkeit von der Sache ab und züchtet leere Worte".

Phase 2: Man hat verstanden. Erst jetzt sollte versucht werden, exakt und sachlich zu formulieren, aber immer noch in der Alltagssprache.

Erst dann ist nach Wagenschein Zeit für Phase 3, für die Fachsprache. Er spricht aber davon, diese Sprache nicht ausdrücklich zu lehren, sondern sie "einreißen" zu lassen. Wichtig ist, dass der Weg zu Phase 3 immer über 1 und 2 führt, sonst "apportieren SchülerInnen die Merksätze". Das eigentliche Ziel in allgemeinbildenden Schulen ist nach Wagenschein Phase 2.

Soll man aber wirklich so stark wie möglich vereinfachen? Spielt es eine Rolle, ob der Text aufgelockert geschrieben und wie er gegliedert ist? Kurz, wie soll man vereinfachen? Diese Frage wird von SprachwissenschaftlerInnen seit Jahrzehnten untersucht, und es gibt ganz klare Antworten darauf, die im nächsten Abschnitt überblicksmäßig angeführt sind.

## Das Hamburger Verständlichkeitsmodell

Das hier vorgestellte Modell ist zwar ein alter, aber ein sehr guter Hut, der leider scheinbar zu sehr in Vergessenheit geraten ist - ebenso wie die mahnenden Worte Wagenscheins. Es geht im Folgenden zunächst nur um geschriebene Texte.

In Deutschland wurde ab etwa 1970 versucht, die Fülle von verständnisfördernden Eigenschaften eines Textes zu wenigen, prägnanten Merkmalen zusammenzufassen (z. B. Steinbach, et al. 1972; Langer, et al. 1973; Schulz von Thun, et al. 1974a; Schulz von Thun, et al. 1974b).

In zahlreichen Untersuchungen konnten unter anderem folgende, für das Erstellen und Ändern von Texten wesentliche Kriterien signifikant belegt werden. (Hier werden nur die allerwichtigsten Ergebnisse präsentiert. Für Details muss auf die Originalarbeiten verwiesen werden):

Die Vielzahl der Merkmale lässt sich im Wesentlichen durch nur vier Haupt-Verständlichkeitsmerkmale beschreiben. Sie erklären mindestens  $\frac{3}{4}$  der Gesamtvarianz der Merkmale eines Textes. Diese vier Hauptmerkmale sind

1. Einfachheit
2. Gliederung - Ordnung
3. Kürze - Prägnanz
4. anregende Zusätze

Die mit Abstand wichtigste verständnisfördernde Eigenschaft eines Textes ist die Einfachheit. Einfachheit umfasst die Merkmale "leicht verständlich", "anschaulich", "kindgemäß", "für SchülerInnen wenig ungeläufige Wörter" und "konkret".

Die zweitwichtigste Eigenschaft ist Kürze - Prägnanz. Sie sollte in einem Mittelbereich liegen. Ist der Text zu lang, verliert man den roten Faden. Ist er zu prägnant, fehlen verständnisfördernde Redundanzen und Erklärungen.

Das Konzept der vier Hauptmerkmale hat allgemeine Gültigkeit. Es ist im Wesentlichen unabhängig von Alter, Geschlecht, Bildungsstand, Intelligenz sowie der Art des Textes. Mit anderen Worten: Von einfachen Texten profitiert jede Person. Abb. 2 zeigt das Ergebnis einer Untersuchung der Hamburger Wissenschaftler, bei der einer Gruppe Originaltexte (org), einer anderen optimierte Texte (opt) gleichen Inhalts

Kurzfassung der Dissertation von Dr. Martin Apolin, BRG 17 Wien, email: martin.apolin@chello.at

vorgelegt wurden. Die Probanden waren Erwachsene unterschiedlicher Schulbildung. Mit einer Ausnahme lieferten die Testgruppen mit den optimierten Texten beim anschließenden Test bessere Ergebnisse als die Kontrollgruppe mit den Originaltexten. Beeindruckend: In einem Fall erreichte die Testgruppe mit Volksschulabschluss sogar bessere Ergebnisse als die Kontrollgruppe mit Abitur.

In den folgenden Jahren entwickelten die WissenschaftlerInnen eine Trainingsmethode, die es auch sprachwissenschaftlichen Laien erlaubt, nach den beschriebenen Kriterien verständliche Texte zu schreiben. Diese Trainings-Methode ist in dem Buch *Sich verständlich ausdrücken* (Langer, Schulz von Thun & Tausch, 1993<sup>5</sup>) zusammengefasst und ist jedem Lehrer wärmstens zu empfehlen.

### Anwendung auf physikalische Texte

Die Methode der Hamburger Gruppe zur Optimierung von Texten wurde nun (übrigens zum ersten Mal im deutschsprachigen Raum) bei einer Untersuchung auf Physikschulbuchtexte angewandt (Apolin 2002). Zentrale Fragestellungen dieser Untersuchung waren unter anderem:

1. Ist es möglich, bereits bestehende Physikschulbuchtexte so umzuformulieren, dass das Ausmaß des Verstehens und Behaltens größer wird?
2. Um wie viel Prozent verschlechtert sich die Leistung zwischen dem ersten Test und einem Kontroll-Test eine Woche später? Mit anderen Worten: Wie groß ist der "Gedächtnisverlust"?

	Eingangstest				Folgetest			
	Mittelwert	%	N	Signifikanz (2-seitig)	Mittelwert	%	N	Signifikanz (2-seitig)
Summe der Punkte auf die Originaltexte	6,56	100	54	,000	3,98	100	51	,000
Summe der Punkte auf die optimierten Texte	10,81	165	54		6,61	166	51	

Tabelle 1: T-Test für gepaarte Stichproben: Vergleich der Mittelwerte der Punktzahlen aufgeteilt auf alte und neue Texte beim 1. und 2. Test (Apolin 2002, S. 110).

Die optimierten Texte wurden aber nicht nur besser verstanden, sondern auch von den SchülerInnen als angenehmer und anregender beurteilt. Verständlichkeit wirkt also auch stimulant. Außerdem bestand eine hohe Korrelation zwischen der persönlichen Einschätzung der Verständlichkeit eines Textes und dem tatsächlichen Punktergebnis. SchülerInnen können also gut einschätzen, ob sie einen Text verstanden haben oder nicht. Alle angeführten Ergebnisse waren hoch signifikant.

Der Überblick zeigt, dass es möglich ist, Texte noch zu optimieren, sowie warum und in welchen Fällen es gelungen ist. Besonders interessant ist daher die aufgeschlüsselte Auswertung der insgesamt 20 Testfragen (je 5 pro Text). Im Folgenden werden exemplarisch 3 Ergebnisse vorgestellt, die nicht nur für geschriebene, sondern auch für gesprochene Sprache relevant sind.

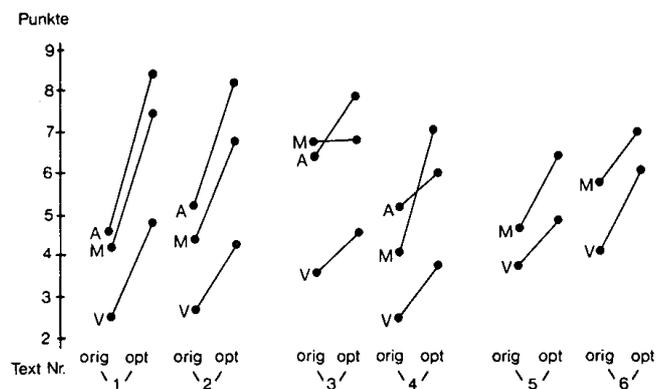


Abb. 2: Mittelwerte aller Schulabschlussgruppen in den Verständnis-Behaltensleistungen für Originaltexte (orig) und optimierte Texte (opt). V = Volksschulabschluss, M = mittlere Reife, A = Abitur (Schulz von Thun, Weitzmann & Langer 1974, S. 176)

Es wurden dazu vier Texte zur speziellen Relativitätstheorie aus bestehenden AHS-Büchern der 8. Klasse verwendet (Schreiner sowie Sexl et al., Stand 2000) und umformuliert. SchülerInnen der 6 bis 8. Klassen (N=54) wurden dabei in eine Test- und eine Kontrollgruppe randomisiert eingeteilt und die Ergebnisse im Blindverfahren ermittelt. Diese sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Die Testgruppe mit den optimierten Texten hatte also sowohl beim Eingangstest als auch eine Woche später über 60% mehr Punkte als die Kontrollgruppe. Was besonders erstaunt: Die Testgruppe wusste nach einer Woche noch genau so viel wie die Kontrollgruppe unmittelbar nach dem Lesen der Originaltexte.

### Beispiel 1

Eine der Testfragen zu Text 1 lautete "Wie kann man überprüfen, ob man sich in einem Inertialsystem befindet?". Tabelle 2 zeigt das deutlich bessere Ergebnis der Testgruppe in beiden Tests. Wie ist das zu erklären?

Die Originalstelle lautete folgendermaßen:

"Alle mechanischen Vorgänge verlaufen aber auch in einem gegen die Erde gleichförmig bewegten Zug in genau der gleichen Weise: Ruhende Körper verharren auch dort auf einer horizontalen Ebene in Ruhe". (Schreiner 1992, S. 1)

In der Neuversion hieß es:

"In einem Inertialsystem [...] funktionieren alle mechanischen Experimente wie in einem ruhenden System. So bleibt eine Kugel auf einem ebenen Tisch in einem gleichförmig fahrenden Zug liegen."

Text 1 "Grundsätze der speziellen Relativitätstheorie"	max. Punkte	Punkteschnitt Eingangstest		Punkteschnitt Folgetest	
		Testgr.	Kontrollgr.	Testgr.	Kontrollgr.
"Wie kann man überprüfen, ob man sich in einem Inertialsystem befindet?"	2	0,92**	0,14**	0,56*	0,12*

Tab. 2: Punkteverteilung der beiden Gruppen in Prozent und Signifikanzen bei Eingangs- und Folgetest für Text 1/ Frage 5. \*\* = hoch signifikant; \* = signifikant

Während die Originalversion allgemein gehalten war und der nichtalltägliche Begriff "verharren" verwendet wurde, wurde in der Neuversion das Beispiel der ruhenden Kugel auf einem ebenen Tisch gebracht. Ein verständlicher Text muss anschaulich und konkret sein, damit die Information dadurch besser im Gedächtnis verankert wird. Durch diese scheinbar kleine Änderung konnte in der Testgruppe der Punkteschnitt beim Eingangstest um fast 560 % (von 0,14 auf 0,92), beim Folgetest eine Woche später um 370 % (von 0,12 auf 0,56) gehoben werden.

### Beispiel 2

Besonders interessant ist das Ergebnis bei der Entscheidungsfrage "Konnte der Äther nachgewiesen werden?" (siehe Tabelle 3). Während alle SchülerInnen der Testgruppe richtig antworteten, waren es in der Kontrollgruppe nur 85 % (bzw. 80 % beim Nachttest). Der Grund ist wohl eine Verletzung der inneren Gliederung. Dort steht das Ergebnis der Experimente am Anfang ("Alle Mühe war vergeblich."), und dann erst folgt die ausführliche Beschreibung. In der Neuversion steht das Ergebnis zum Schluss des Textes ("Es ließ sich kein Ätherwind messen."). Dieses Beispiel verdeutlicht, wie wichtig der rote Faden bei einer Erklärung ist.

Text 2 "Vom Äther zur Relativitätstheorie"	max. Punkte	Punkteschnitt Eingangstest		Punkteschnitt Folgetest	
		Testgr.	Kontrollgr.	Testgr.	Kontrollgr.
"Konnte der Äther nachgewiesen werden?"	1	1,00*	0,85*	1,00*	0,80*

Tab. 3: durchschnittliche Punkteverteilung der beiden Gruppen in Prozent und Signifikanzen bei Eingangs- und Folgetest für Text 2/ Frage 5

### Beispiel 3

Eine Frage beim 4 Test lautete "Welche Frequenz hat die Radiowelle ungefähr?" Im Original kam zweimal die exakte Fre-

quenz von 9 192 631 770 Hz vor, in der Neuversion stand redundant zusätzlich noch "über 9 Milliarden".

Text 4 "Die Atomuhr"	max. Punkte	Punkteschnitt Eingangstest		Punkteschnitt Folgetest	
		Testgr.	Kontrollgr.	Testgr.	Kontrollgr.
"Welche Frequenz hat die Radiowelle ungefähr?"	1	0,86*	0,58*	0,12	0,04

Tab. 4: durchschnittliche Punkteverteilung der beiden Gruppen in Prozent und Signifikanzen bei Eingangs- und Folgetest für Text 4/ Frage 4

Einige SchülerInnen der Kontrollgruppe rundeten, aber keine einzige SchülerIn kam auf die Idee, die Größenordnung zu schreiben (siehe Tabelle 5). Es scheint auf jeden Fall so, dass SchülerInnen, die eine genau angegebene Zahl lesen, diese nicht automatisch in die Größenordnung "übersetzten". Sie versuchen sich die Zahl selbst zu merken. Aus diesem Beispiel lässt sich lernen, dass es günstig ist, wichtige Zahlen redundant anzugeben, also in Ziffern und in Größenordnungen. Auf das Langzeitgedächtnis wirkte sich die redundante Angabe in der Neuversion nicht aus.

Kontrollgruppe	Testgruppe
ca. 9 192 631 770 Hz	~ 9 Milliarden Schwingungen
9 .?. ?.. 720 Hertz	9 Milliarden Hertz
9 ... ..770 Hz	9 Milliarden
9 193 6.. 770 Hz	~ 9 Mrd.
9 163 790 Hz	sie schlägt ca. 9.109 x/sec."

Tab. 5: Typische Antworten der beiden Gruppen.

## Zusammenfassung

Was ist die Hauptaufgabe des Physikunterrichts? Die Hauptaufgabe des Physikunterrichts ist das Vermitteln physikalischer Inhalte!

Wie muss die Unterrichtssprache sein, um möglichst viele Inhalte vermitteln zu können? Um den SchülerInnen möglichst viele Inhalte vermitteln zu können, muss die Unterrichtssprache so verständlich wie möglich sein!

Was ist das wichtigste Merkmal einer verständlichen Sprache? Das wichtigste Merkmal einer verständlichen Sprache ist ihre Einfachheit!

Wie man für SchülerInnen verständliche Texte formuliert, kann man auch als sprachwissenschaftlicher Laie erlernen. Das Vereinfachen eines Textes kann ohne Inhaltsverlust vorgenommen werden. Beides konnte mit den oben zitierten Arbeiten belegt werden.

Man muss den SchülerInnen also "sprachlich entgegenkommen". Oder anders formuliert: Um den SchülerInnen möglichst viel Physik zu vermitteln, müssen LehrerInnen "sprachlich abwärtskompatibel" sein, sie müssen also lernen, die Sprache der SchülerInnen zu sprechen.

## Literatur

Apolin M., *Die Sprache in Physikschulbüchern*, Dissertation, Wien 2002

Labudde P., *Erlebniswelt Physik*, Dümmlers, Bonn 1993

Langer I., Schulz von Thun F., Meffert J., Tausch R., Merkmale der Verständlichkeit schriftlicher Informations- und Lehrtexte; in: *Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie* 1973/2, S. 269-286

Langer I., Schulz von Thun F., Tausch R., *Sich verständlich ausdrücken*, Reinhardt 1993<sup>5</sup>



Abb. 3

Merzyn G., *Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht*, IPN Kiel 1994

Nowotny E., *Psychologie*, Deuticke, Wien 1982

Schulz von Thun F., Weitzmann B., Langer I., Tausch R., Überprüfung einer Theorie der Verständlichkeit anhand von Informationstexten aus dem öffentlichen Leben; in: *Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie*, 1974/1, S. 162-179

Schulz von Thun F., von Berghes M., Langer I., Tausch R., Überprüfung einer Theorie der Textverständlichkeit: Verbesserung der Verständlichkeit von Kurzzusammenfassungen wissenschaftlicher Veröffentlichungen; in: *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 1974/3, S. 192-206

Steinbach I., Langer I., Tausch R., Merkmale von Wissens- und Informationstexten im Zusammenhang mit der Lerneffektivität; in: *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 1972/2, S. 130-139

Wagenschein M., Die Sprache der Physik; in: *Beiheft der Zeitschrift für Pädagogik* 1968

Wagenschein M., *Die pädagogische Dimension der Physik*, Georg Westermann Verlag, Braunschweig 1976.

Wickert J., *Einstein*, Rowohlt 1983