Schrittweises Vorgehen zur Einführung der ersten Formel in Klasse 5 am Beispiel der Schnelligkeit

I. Früher Start ≠ Frühstart

Da der Umgang mit Formeln durch den hohen Abstraktionsgrad als schwierig angesehen werden muss, sollte mit der Einführung nicht bis zur siebten oder achten Klasse gewartet werden, da dann schnell dazu übergegangen wird, mit immer mehr und schwierigeren Formeln zu arbeiten [1]. Wie in den Ausführungen zu den psychologischen Ansatzpunkten bereits ersichtlich wurde, ist jahrelanges zielgerichtetes Üben eine grundlegende Voraussetzung, um in einem Gebiet so gut zu werden, dass man in die Lage versetzt wird, eigene Bearbeitungsstrategien zu entwickeln, effektiver zu werden und schneller Probleme zu lösen. So muss es also auch das Ziel im Umgang mit Formeln sein, einen selbstverständlichen Umgang zu „erüben“.

Das ist jedoch nur möglich, wenn mit den Schülerinnen und Schülern bereits in der fünften Klasse schrittweise ein Einstieg im Umgang mit Formeln erarbeitet wird. Häufiges üben, wiederholen und vor allem auch reflektieren von mathematischen Zusammenhängen als Teil der „Sprache der Physik“ (*Galilei* ersinnt diese Idee 1623 in [2]), sollten früh ihren Einzug im Physikunterricht finden. Gerade wenn es um die Vermittlung der Natur der Naturwissenschaften geht, da die Mathematisierbarkeit der Welt neben dem Experiment die beiden Standbeine der Naturwissenschaft sind. Dabei muss immer darauf geachtet werden, dass die neu dargebotenen Informationen nicht die Aufnahmekapazität übersteigen – Neues also nur sehr kleinschrittig präsentiert wird.

Bevor Schülerinnen und Schüler in der fünften Klasse einen konkreten Einstieg in die Welt der Formeln erhalten, müssen sie bereits in vorangegangenen Stunden besprochen haben, womit sich die Physik als Fach beschäftigt. Darüber hinaus muss den Schülerinnen und Schüler bewusst sein, dass es in der Physik, wie bereits aus anderen Unterrichtsfächern bekannt ist, eine Fachsprache mit speziellen Fachbegriffen gibt, die man Stück für Stück erlernen muss (z. B. Deutsch „Nomen“; Mathematik: „Multiplikation“; Fußball „Abseits“). Des Weiteren sollten Schülerinnen und Schüler frühzeitig anfangen, mit Symbolen bzw. Formelzeichen umzugehen. Dies muss nicht immer im Zusammenhang mit Formeln geschehen, sondern sollte auch im Rahmen eines qualitativen Unterrichts eine Rolle spielen. Denn gerade das abstrahierte Denken ist die höchste Stufe des Denken und schult die Denkfähigkeit am meisten, so wie es schon Humboldt in seinem formalen Bildungsansatz fordert. Wenn wir beispielsweise über Schnelligkeit reden (anstelle vom Begriff Geschwindigkeit, sollte bei nicht vektorieller Betrachtung der Begriff Schnelligkeit verwendet werden, um Fehlvorstellungen zu vermeiden bzw. nicht zu verstärken) ist es sinnvoll bereits das Symbol „ganz nebenbei“ schon zu präsentieren, z. B. visuell: Fachbegriff und Symbol an die Tafel schreiben; auditiv: im Sprachgebrauch „Schnelligkeit v“ sagen. Die Schülerinnen und Schüler müssen darauf vorbereitet sein, dass die Physik eine eigene Sprache hat, die aufbauend auf den Symbolen dann sogar mit Hilfe von Mathematik ganz einfach Zusammenhänge darstellen kann.

Auf diesen Grundlagen sollten die Schüler die Chance bekommen, bereits in der fünften Klasse eine Formel (am besten mehrere im Laufe des Schuljahres) zu erarbeiten. So kann ihnen gezeigt werden, dass es sich bei Formeln nicht nur um schwierigen Hokuspokus handelt, sondern sie können sich selbst schon frühzeitig als kompetent im Erarbeiten und Interpretieren von Formeln erleben. Wichtig ist dabei vor allem das kleinschrittige Vorgehen, wie anhand des folgenden möglichen Unterrichtsverlaufs erkennbar ist.

Empfehlenswert ist zunächst ein „sanfter“ Einstieg indem zu Stundenbeginn Aufgaben gestellt werden, welche offensichtlich an die Mathematik der 4. Klasse angelehnt sind. Hier kann einfach und schnell gezeigt werden, wie der Physiker die Mathematik benutzt, um kurz und knapp Ergebnisse zu ermitteln und „in die Zukunft“ zu schauen oder Dinge genau zu vergleichen (nicht nur schneller oder langsamer). Dabei ist es sehr wichtig, dass die Aufgaben so einfach sind, dass sich die Schülerinnen und Schüler möglichst sofort als kompetent im Umgang mit diesen Berechnungen erleben, um dieses positive Gefühl auf den weiteren Umgang mit Formeln zu übertragen (siehe Arbeitsblatt).

Nachdem anhand von Übungsaufgaben bereits die Größe Schnelligkeit erfolgreich berechnet wurde und auch die Formelzeichen ganz nebenbei benutzt wurden, sollte den Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit gegeben werden, kurz mit eigenen Worten zu erklären, wie sie die Schnelligkeit berechnet haben und was man mit diesem Begriff beschreibt. Hier kommt es selbstverständlich auch auf eine geschickte Fragestellung und Gesprächsführung der Lehrkraft an. Den Schülerinnen und Schülern sollte dabei möglichst viel Freiraum auf der Suche nach eigenen Erläuterungen gegeben werden. Eine kurze Diskussion in der Klasse kann dabei nur förderlich sein. Hierbei sollten die Schülerinnen und Schüler bereits darauf kommen, dass die Schnelligkeit „ganz einfach“ aus Weg und Zeit berechnet werden kann. Wenn dies aufgrund von Überlegungen zunächst nicht möglich sein sollte, kann die Lehrkraft auf die allgemein bekannte Einheit der Schnelligkeit $(\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}})$ hinweisen. Die Einführung der Formel mit Bruchstrich in der Form $v = \frac{s}{t}$ geschieht aufgrund des Bezugs zur Einheit, welche den meisten bereits bekannt sein wird. Aus der Einheit kann auf diese Form der Formel geschlossen werden, es wird ersichtlich, wie die Schnelligkeit berechnet wird.

Als Zwischenergebnis sollten nach dieser Diskussion folgende Informationen an der Tafel notiert werden: Formelzeichen und Einheiten von Strecke, Zeit und Schnelligkeit sowie die eben erarbeitete Formel. Dies erscheinen im ersten Moment sehr viele Informationen auf einmal zu sein, jedoch kennen die Schülerinnen und Schüler diese Einheiten und die Größen zum einen aus ihrem Alltag und haben auch im Mathematikunterricht der Grundschule bereits teilweise damit gearbeitet und gerechnet. Der Alltagsbezug ist auch der Grund mit der Einheit $\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$ zu beginnen, und nicht mit der SI-Einheit $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$. Eine Umrechnung von $\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$ in $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ ist in der Einführungstunde nicht vorgesehen. In Folgestunden kann jedoch in tabellarischer Form zunächst schrittweise umgerechnet werden (Grundschulmathematik). Anschließend sollte auch der Umrechnungsfaktor festgestellt und zur Hilfe genommen werden.

Danach folgt ein experimenteller Teil: in Gruppenarbeit soll anhand einer vorgegebenen Strecke (z. B. 20 m auf dem Schulhof) die Zeit gestoppt werden, welche die einzelnen Gruppenmitglieder zum Gehen und Laufen dieser Strecke benötigen. Die Daten werden in einer vorbereiteten Tabellen notiert. Anschließend wird im Klassenraum die Schnelligkeit jedes Gruppenmitgliedes in $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ berechnet. Die Berechnung bzw. Notation in einer anderen Einheit kann sehr schnell mit Bezug auf die Handhabbarkeit begründet werden, auch mit dem Hinweis, dass das Umrechnen der Einheiten in der nächsten Stunde genauer betrachtet wird. Die Schülerinnen und Schüler erhalten nun die Aufgabe, die Zeiten und Schnelligkeiten zu vergleichen. Die Aufgabenstellung könnte wie folgt lauten: Könnt ihr bei der Zeit einen Unterschied zwischen Gehen und Laufen sehen? Und auch bei der Schnelligkeit müsste euch etwas auffallen? Wie verändert sie sich? Diese Fragen zielen darauf ab, die Veränderungen der Größen im Verhältnis zueinander greifbar zu machen.

Nachdem nun die Schnelligkeit in ihrem Verhältnis zu Zeit und Strecke auf ein konkretes Beispiel bezogen beschrieben werden kann, sollte am Ende der Stunde zunächst eine Zusammenfassung des Gelernten in Form einer Übersicht aller erarbeiteten Fachbegriffe, Formelzeichen und Einheiten stehen. Hierzu kann das zuvor an der Tafel notierte Zwischenergebnis ergänzt werden. Dies ist wichtig damit die Schülerinnen und Schüler konkretes Fachwissen zum „Vokabellernen“ mit nach Hause nehmen können.

Zur Festigung und des Verständnisses und zur weiteren Übung sollte es Hausaufgaben geben, die so gestellt werden, dass die Schülerinnen und Schüler über die Bedeutung von Schnelligkeit in verschiedenen Zusammenhängen nachdenken müssen. Auch das „reine“ Rechnen ist eine Aufgabe in der vorgeschlagenen Hausaufgabe, denn dies ist nun einmal ein Bestandteil des Umgangs mit Formeln.

Aufgaben könnten dabei folgendermaßen aussehen:

1. Suche drei eigene Beispiele und berechne die Schnelligkeit mit der Formel $v = \frac{s}{t}$ in $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ oder $\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$.
2. Kann das sein? Bewerte die folgenden Behauptungen (mach dir Stichpunkte).
   a. Du kannst pro Sekunde ohne Anstrengung 1 m gehen.
   b. Von Köln nach Bonn sind es ca. 30 km. Mit dem Fahrrad brauchst du eine halbe Stunde.
   c. Wenn du einen Schlagball 30 m weit wirfst, fliegt er ca. 1 h lang durch die Luft.
   d. Wenn ein 400 m langer Güterzug in 40 s an dir vorübergefahren ist, hatte er eine Schnelligkeit von 36 $\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$.
3. Warum ist es gut, dass man die Schnelligkeit berechnen kann?

Ein wesentlicher Punkt bei den gestellten Hausaufgaben ist es, dass es Gespräche und Diskussionen in der nächsten Unterrichtsstunde und vielleicht sogar zwischen Schülerinnen und Schülern über mögliche Lösungswege und Ergebnisse geben wird, die das Verständnis weiter fördern und das Wissen tiefer verankern sollen.

In den folgenden Stunden sollte immer wieder die erarbeitete Formel an der Tafel als Interpretationsvorlage dienen, um für ein paar Minuten darauf zurück zu kommen und kurze Beispiele zu berechnen, um gemeinsam zu überlegen: Wie war das noch mal – was sagt uns die Schnelligkeit genau? Wie schnell jemand ist! Aber was heißt das?

Hier wird der Begriff der Schnelligkeit in stark vereinfachter Form für eine gleichförmige Bewegung eingeführt. Was genau der Unterschied zwischen einer gleichförmigen und einer gleichmäßig beschleunigten Bewegung ist, oder gar wie man eine völlig ungleichförmige Bewegung betrachten kann, kann in der fünften Klasse selbstverständlich noch nicht thematisiert werden. Dennoch kann herausgearbeitet werden, dass es sich bei der jetzt benutzten Formel für die Schnelligkeit, um eine durchschnittliche Größe handelt.

<u>Literatur</u>

[1] *Strahl, A.; Thile, S.; Müller, R., Formeln in Physik(schul)büchern – eine quantitative Untersuchung (2012). GDCP online eingereicht www.gdcp.de*

[2] *Galilei, G. (1623) Il Saggiatore. In: Galilei 1938. Rom : Accademico Linceo*

Arbeitsblatt: Schnelligkeit (Klasse 5)

Die Schnelligkeit setzt sich aus zwei Größen zusammen: aus der Länge einer **Strecke *s*** und aus der **Zeit *t*.**

Sie gibt Auskunft, wie viel Meter oder Kilometer z. B. ein Tier oder ein Fahrzeug in einer Sekunde, Minute oder Stunde schafft. Wenn man verschiedene Schnelligkeiten miteinander vergleichen will, gibt man sie oft in **Kilometer pro Stunde** an; geschrieben wird das $\frac{\text{km}}{\text{h}}$. Das kennst du bestimmt vom Tachometer im Auto.

Aufgabe 1: Mit welcher Schnelligkeit kommt dieser Schüler zu Schule?

Schüler	Strecke ***s*** und Zeit ***t***	Geschaffte Strecke ***s*** in der Zeit ***t*** = 60 min = 1 h	Schnelligkeit ***v***
Maxi	10 km in 10 min	wären 60 km in 1 h	60 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$
Julia	3 km in 12 min	wären ____ km in 1 h	____ $\frac{\text{km}}{\text{h}}$
Peter	12 km in 15 min	wären ____ km in 1 h	____ $\frac{\text{km}}{\text{h}}$
Kira	22 km in 30 min	wären ____ km in 1 h	____ $\frac{\text{km}}{\text{h}}$
Artjom	1,5 km in 15 min	wären ____ km in 1 h	____ $\frac{\text{km}}{\text{h}}$

Experiment

Jetzt seid ihr dran. Bearbeitet diese Aufgaben in 4er Gruppen. Messt auf dem Schulhof eine Strecke von 20 m ab. Start und Stop müssen deutlich markiert sein. Ein Gruppenmitglied stoppt die Zeit mit einer Stoppuhr. (Achtung: kein Frühstart!)

Benötigtes Material: Maßband und Stoppuhr

Wenn ihr wieder im Klassenraum seid:

Berechnet die verschiedenen Schnelligkeiten (in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$).

	Name	Benötigte Zeit *t* in s	Schnelligkeit *v* in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$
Gehen Strecke ***s*** =20 m			

	Name	Benötigte Zeit *t* in s	Schnelligkeit *v* in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$
Laufen Strecke *s* =20 m			

Könnt ihr bei der Zeit einen Unterschied zwischen Gehen und Laufen sehen?

Und auch bei der Schnelligkeit müsste euch etwas auffallen? Wie verändert sie sich?

Fasst eure Erkenntnisse in einem kurzen Satz zusammen.

Zusammenfassung:

Formelzeichen:	*Strecke*	$\boldsymbol{s}$	Einheit:	1 Kilometer	(1km)
				1 Meter	(1m)
Formelzeichen:	*Zeit*	$\boldsymbol{t}$	Einheit:	1 Stunde	(1h)
				1 Sekunde	(1s)
Formelzeichen:	*Schnelligkeit*	$\boldsymbol{v}$	Einheit:	1 Kilometer pro Stunde $(1\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}})$	
				1 Meter pro Sekunde $(1\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}})$	

Was haben wir gerechnet? *Schnelligkeit* = $\frac{Strecke}{Zeit}$ → $v = \frac{s}{t}$

Was sagt die Schnelligkeit $\boldsymbol{v}$ aus?

Gibt an, welche Strecke $\boldsymbol{s}$ in einer bestimmten Zeit $\boldsymbol{t}$ zurückgelegt wird.

Hausaufgabe:

1.Suche drei eigene Beispiele und berechne die Schnelligkeit mit der Formel $v = \frac{s}{t}$ in $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ oder $\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$.

2.Kann das sein? Bewerte die folgenden Behauptungen (mach dir Stichpunkte).

a. Du kannst pro Sekunde ohne Anstrengung 1 m gehen.
b. Von Köln nach Bonn sind es ca. 30 km. Mit dem Fahrrad brauchst du eine halbe Stunde.
c. Wenn du einen Schlagball 30 m weit wirfst, fliegt er ca. 1 h lang durch die Luft.
d. Wenn ein 400 m langer Güterzug in 40 s an dir vorübergefahren ist, hatte er eine Schnelligkeit von 36 $\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$.

3.Warum ist es gut, dass man die Schnelligkeit berechnen kann?

Aufgaben für Folgestunden: Umrechnung der Einheiten der Schnelligkeit

Wandle in $\frac{\mathbf{km}}{\mathbf{h}}$ um.

Marie fährt mit dem Rad	$12\,000\ \mathrm{m}$	in $30\ \mathrm{min}$	_____ $\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$
Björn fährt mit dem Rad	$2000\ \mathrm{m}$	in $5\ \mathrm{min}$	_____ $\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$
Max fährt mit dem Rad	$7000\ \mathrm{m}$	in $20\ \mathrm{min}$	_____ $\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$
Anna fährt mit dem Rad	$36\,000\ \mathrm{m}$	in $120\ \mathrm{min}$	_____ $\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$

Wandle in $\frac{\mathbf{km}}{\mathbf{h}}$ um.

ICE	$4\ \frac{\mathrm{km}}{\mathrm{min}}$	_____ $\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$
Gepard	$2\,000\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{min}}$	_____ $\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$
Wanderfalke	$5\,400\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{min}}$	_____ $\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$
Formel-1-Rennwagen	$6\ \frac{\mathrm{km}}{\mathrm{min}}$	_____ $\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$
Spaziergänger	$83\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{min}}$	_____ $\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$