

Physikunterricht zum Thema Druck

Ingrid Oberhoffner, Gunter Iberer, Leopold Mathelitsch

Ergebnisse und Schlussfolgerungen einer Untersuchung von Vorstellungen, Wissen und Gefahrenbewusstsein von Schülern und Erwachsenen im Umgang mit Druck

1. Einleitung

Eine wichtige Fragestellung physikdidaktischer Forschung betrifft die Erhebung des Vorwissens von Schülerinnen und Schülern, um einen von der Vorstellungswelt der Schüler ausgehenden Unterricht entwickeln zu können. Während es zu bestimmten Teilgebieten der Physik, wie etwa zur Kinematik und Dynamik fester Körper oder zur Elektrizitätslehre, bereits zahlreiche Studien dazu gibt [1], wurde der Druckbegriff eher selten untersucht [2]. Dabei zeigt sich der physikalische Druck im Schulunterricht aus verschiedenen Gründen als interessante Größe: So gibt es z.B. mehrere Ansatzmöglichkeiten - etwa über den Gasdruck oder über den Auflagedruck. Weiters ist mit dem Druckbegriff ein konzeptionell nicht leicht verständlicher Zusammenhang zwischen einer skalaren Größe, dem Druck, und einer vektoriellen Größe, der Kraft, gegeben.

Im Rahmen einer Dissertation [3] wurde 1998 eine Studie zur Erfassung der Konzeptentwicklung zur physikalischen Größe "Druck" im Laufe der Schulausbildung durchgeführt. Mit Hilfe einer schriftlichen Befragung von über 500 Personen zwischen 10 und 40 Jahren, an welcher Schüler von acht Grazer Schulen aus den Bereichen AHS, BHS (HAK und HTBLA) und BORG sowie eine Gruppe von Studenten und Akademikern unterschiedlicher Studienrichtungen teilgenommen haben, sollte die Entwicklung des Druckkonzeptes nachgezeichnet werden, um Schlussfolgerungen und Konsequenzen für den Physikunterricht ableiten zu können.

2. Beschreibung der Durchführung der Studie

Die schriftliche Befragung (insgesamt 503 Teilnehmer, 222 weiblich, 281 männlich) mittels eines Fragebogens wurde in den Monaten Juni/Juli 1998 in Graz durchgeführt. Die Fragestellungen waren bis auf die Art der persönlichen Anrede identisch und enthielten - neben speziellen Fragen zur persönlichen Einstellung der Befragten zum Thema "Druck" - aus der Unterstufe bekannte Themen wie z.B. Auftrieb oder Auswirkung von Druckunterschieden, sowie Fragen bezüglich einer subjektiven Gefahreinschätzung oder über praktische Druckmessungen. Die Untersuchung beschränkte sich auf Schulklassen der 1., 4. und 7. Klasse AHS, den 1. und 3. Jahrgängen BORG, HAK und HTBLA sowie Erwachsene mit Matura. Bei der Oberstufen- und Erwachsenenbefragung wurde zwischen Teilnehmern mit und ohne physikalisch-technischer Ausbildung unterschieden. So konnten die Analysen systema-

tisch nach Geschlecht, Ausbildungsdauer und Ausbildungsschwerpunkt durchgeführt werden. Die statistische Auswertung wurde mit dem Programm SPSS 7.5 [4] vorgenommen.

3. Ergebnisse der Untersuchung

Im Folgenden werden einige Resultate der Studie vorgestellt und diskutiert. Im nächsten Abschnitt werden daraus Unterrichtsvorschläge abgeleitet.

Aktueller Bezug von Schülern und Erwachsenen zur physikalischen Größe Druck

Über 10 Prozent aller Teilnehmer assoziierten "Druck" mit sozialen Situationen wie Leistungsdruck, Stress,... . In den Teilnehmergruppen der 1. Klasse AHS und dem 1. Jahrgang BHS und BORG war mit 22 % bzw. 12 % der Anteil an nicht-physikalischen Beispielen überdurchschnittlich hoch. Im allgemeinen kann gesagt werden, dass Schüler und Erwachsene zum physikalischen Druck einen eher geringen Bezug haben. Diese distanzierte Haltung ist bei den Schülerinnen in einem noch wesentlich größeren Ausmaß vorhanden als bei den Schülern ("Druck ist wenig alltäglich bzw. unbekannt": weiblich 64,0 %; männlich 44,5 %). Bemerkenswerterweise empfinden noch über 40 % aller Befragten ab der Oberstufe Druck als zumindest wenig alltäglich.

In diesem Zusammenhang waren die Analysen der Wissensquellen zum physikalischen Druck interessant. Die Dominanz der Schule bezüglich des Wissenserwerbs ist mit etwa 90 % an Nennungen ab der 4. Klasse Unterstufe recht deutlich - zwischen den Unterrichtsjahren der 1. und der 4. Unterstufenklasse verlieren die Informationsträger Familie (von 43 % auf 17 %), Freizeit (von 28 % auf 24 %) und Medien (von 29 % auf 19 %) stark an Bedeutung. Dies deutet darauf hin, dass der Physikunterricht eher selten auf außerschulische Wissensquellen hinweist bzw. dass diese von den Schülern nicht angenommen werden. Vor allem Mädchen nutzen außerschulische Wissensquellen äußerst selten und begnügen sich (zumindest auf das Thema "Druck" bezogen) auf eine passive Informationsaufnahme in der Schule.

Das Wissen von Schülern kann als Mischung aus Schulwissen und persönlichen Erfahrungen angesehen werden. In der Untersuchung wurde auch nach Druckbeispielen bzw. Anwendungen gefragt, wobei sich große geschlechts- und ausbildungsspezifische Unterschiede erkennen ließen. So haben Mädchen durchwegs weniger Beispiele in Bezug auf Anzahl und Vielfalt genannt. Vor allem eine Einteilung der Nennungen in die Themenbereiche Technik, Umwelt/Biologie, Haushalt und Sport/Freizeit zeigte geschlechtsspezifische Tendenzen (vgl. Abb. 1).

Während sich die Ergebnisse bei der Nennung spezieller Beispiele zum Druck noch recht erfreulich gestalteten, zeigte die Bitte nach einer Erklärung des Begriffes Druck große Probleme bei den Befragten auf. Nur 165 von 503 Teilnehmer (~

Prof. Mag. Dr. Ingrid Oberhoffner, BG/BRG Klusemannstraße 25, 8053 Graz
ao.Univ.Prof. Mag. Dr. Gunter Iberer, Lehrinstitut für das Schulpraktikum,
Universitätszentrum "Wall", Merangasse 70/II, 8010 Graz
ao.Univ.Prof. Mag. Dr. Leopold Mathelitsch, Institut für Theoretische
Physik, Universität Graz, Universitätsplatz 5/I, 8010 Graz

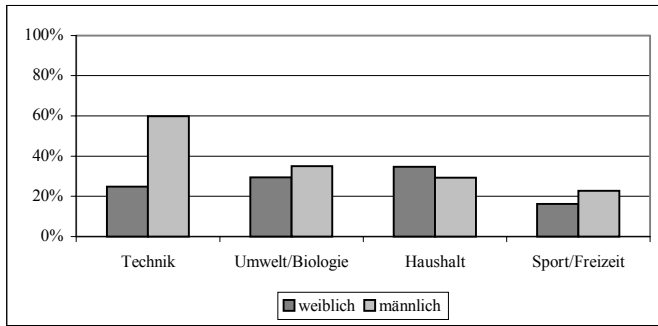


Abb. 1: Anzahl der Nennungen von physikalischen Druckbeispielen

knapp 33 %) gaben eine physikalisch angemessene Antwort. Die Art der physikalischen Erklärungen änderte sich mit dem Alter der Schüler in folgender Weise: Während Schüler(innen) der Unterstufe, speziell jene der 1. Klasse Unterstufe, praktische Erklärungen aus den Themenbereichen Gas- und Wasserdruck lieferten, nahmen mit fortschreitender Ausbildung vor allem bei den männlichen Teilnehmern die Beschreibungen mit Hilfe des Kraftbegriffs (30 % der Nennungen) bzw. einer Veranschaulichung mit Pfeilen (7 % der Nennungen) signifikant zu. Da die Erklärungen über Gas- und Wasserdruck abnahmen, zeigte sich, dass die Schülerinnen und Schüler aus dem Physikunterricht vor allem die Kraftvorstellung zur Definition des Druckbegriffs übernehmen. Auf die damit verbundene Gefahr, dass Druck dann als vektorielle Größe aufgefasst wird, wurde schon von anderer Seite hingewiesen [5]; die Ergebnisse unserer Untersuchung bestätigen dies eindeutig und zeigen, dass Schülerinnen und Schüler verstärkt zu einem undifferenzierten Gebrauch von Kraft und Druck tendieren.

Vorstellungen und Kenntnisse zum Thema "Druck"

Insgesamt sieben Fragen des Fragebogens beschäftigten sich mit praktischen, in einfacher Sprache formulierten Problemstellungen zum Thema "Druck". Von den Themen

1. Unterscheidung Kraft - Auflagedruck
2. Kompressibilität von Luft
3. Zustandekommen des Auftriebs im Wasser
4. Wirkung des Luftdrucks bei Druckunterschieden
5. Prinzip der hydraulischen Presse am Beispiel von Spritzen
6. Höhen- (bzw. Tiefen-)abhängigkeit des Luft- (bzw. Wasser-)drucks
7. Kenntnisse von Messwerten bei praktischen Druckmessungen

sollen nur die Resultate von der unter Punkt 4 angeführten Frage genauer vorgestellt werden.

Frage: *Getränkepackerln werden beim Leertrinken zusammengedrückt! Warum?*

Die bewusst alltagssprachlich und nicht exakt physikalisch formulierte Fragestellung (im Fragebogen mit Graphik) ließ eine Vielzahl an Assoziationen zu. Mehr als 10 % der Teilnehmer waren der Meinung, eine Person sei aktiv, indem diese (um trinken zu können oder aus Gründen der Müllverringering) das Packerl absichtlich zusammendrückt. Weitere 41 % schrieben allgemein dem Entleeren des Inhalts durch eine Person die Verformung zu. Diese praktischen bzw. phänomenologischen Antwortkategorien fanden sich vorwiegend bei den Mädchen der Unterstufenklassen. Die ausbildungsspezifischen

Analysen zeigten große Unterschiede in der Fähigkeit, den Vorgang physikalisch richtig zu Ende zu denken und dem äußeren Luftdruck die Ursache des Zusammendrückens zuzuschreiben (Vergleich von Klassen der 9. Schulstufe: HAK 0 %; BORG 3 %; HTBLA: 19 %). In allen Ausbildungsstufen zeigte sich bemerkenswerterweise das Misskonzept, dass das Zusammengedrücktwerden deshalb stattfindet, weil es nicht möglich ist, dass innen "nichts" ist (Zitate eines 12- und eines 17-jährigen Schülers: "...weil sonst ein Vakuum entstehen würde!" ... "...zieht sich das Packerl zusammen, da der leer gewordene Raum gefüllt werden muss!"). Diese Vorstellung hatte historisch als *horror vacui* bis zu den Entdeckungen von Guericke und Torricelli im 17. Jahrhundert große Bedeutung [6].

Als weitere Ergebnisse des Problemfeldes Teilnehmerkenntnisse und -vorstellungen können angeführt werden:

- Das Wissen der Teilnehmer ist sehr lückenhaft und oberflächlich. Eine Bewertung mittels eines Punktesystems brachte einen Gesamtdurchschnittswert von nur 50 % der maximal erreichbaren 24 Punkte (vgl. Abb.2).
- Im allgemeinen ist die physikalische Güte der Antworten bei den Mädchen signifikant geringer. Des weiteren ist bei ihnen äußerst auffällig, dass Fragen wesentlich häufiger nicht beantwortet wurden.
- Der aus Abb. 2 ersichtliche Wissenszuwachs nach der 4. Klasse Unterstufe ist fast ausschließlich auf die Leistungen der Schülerinnen und Schüler mit technischem Ausbildungsschwerpunkt zurückzuführen.
- In allen Teilnehmergruppen finden sich die Fehlkonzepte
Druck und Kraft sind identisch,
Luft ist keine Materie,
Kompressibilität von Luft auf Grund einer Volumsverringering der Teilchen,
Unterdruck saugt; Vakuum kann nicht entstehen.

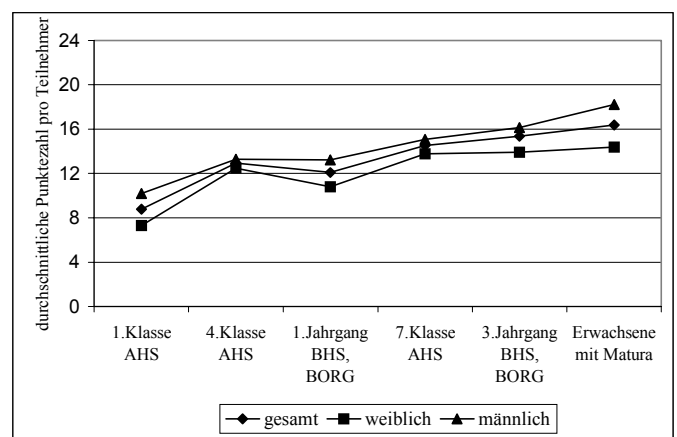


Abb. 2: Gesamtergebnis der Punktebewertung

Analyse der Sprache im Zusammenhang mit Erklärungen zum physikalischen Druck

In den Beschreibungen findet sich sehr häufig die Vorstellung, Druck und Kraft seien äquivalent. Analysen der Teilnehmerantworten in Abhängigkeit von Wortwahl und Formulierung zeigten, dass ein signifikanter Zusammenhang zwischen sprachlicher Inkorrektheit und fachlichen Unkenntnissen besteht (Spearman-Korrelation $korr.=0,6$). Die sprachliche Aus-

drucksweise lässt also Rückschlüsse auf die möglichen Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern zu.

Im folgenden die weiteren Ergebnisse:

- Mit Dauer und Intensität des Physikunterrichts nehmen die Schlagwortantworten auf Kosten verständlicher Erklärungen signifikant zu. Hierin gibt es keine geschlechtsspezifischen Unterschiede.
- Der Druckbegriff wird sprachlich sehr vielseitig eingesetzt (*Druck herrscht, staut sich, entwickelt sich, baut sich auf, ...*), was einen großen Unterschied zu den Texten in den Physikbüchern der 2. Klasse Unterstufe darstellt.
- In den Unterstufenklassen werden verstärkt Formulierungen verwendet, welche auf ein Zustandskonzept schließen lassen (*"Druck ist in ..."; "Druck herrscht..."*), in der Oberstufe wird vorrangig das Kraftkonzept ausgedrückt (*"Druck auf...; "Druck wirkt..."*).

Abklären des Gefahrenbewusstseins

Als ein wichtiger - und, wie im nächsten Punkt gezeigt wird, für Schüler interessanter - Aspekt des Druckkonzeptes ist die Einschätzung der Gefährlichkeit von Druck zu werten. Auf Grund des Nichtthematisierens dieses Themas im Physikunterricht, wie sich bei einer Durchsicht von Physikbüchern der Unterstufe zeigt, fällt diese Kompetenz dem Erfahrungsbereich des Alltags zu. Die Resultate weisen bei den Mädchen eine wesentlich größere Ängstlichkeit und Unsicherheit auf, wobei als einzige Ausnahme das Kochen mit einem Druckkochtopf zu erwähnen ist. Dem Einfluss einer Temperaturerhöhung durch Sonneneinstrahlung - als Beispiel wäre das Mitführen von Spraydosen im Auto anzuführen - wird im allgemeinen zu wenig Bedeutung beimessen, was in Hinblick auf mögliche Gefahrensituationen bedenklich ist.

Erkunden des Interesses an Problemen bezüglich des physikalischen Drucks

Das Thema "Druck" wurde als eher uninteressant bewertet, vor allem von Schülern mit mehrjährigem Physikunterricht. Jeder Sechster, bei den Schülern des 1. Jahrgangs von BHS und BORG sogar jeder Dritte der Befragten, bekundete völliges Desinteresse. Erfreulicher gestalteten sich dagegen die Äußerungen bezüglich einzelner Punkte der Befragung. So zeigten die Teilnehmer in allen Ausbildungsstufen und Ausbildungsschwerpunkten geschlechtsunabhängig ein einheitlich großes Interesse am Thema Gefährlichkeit und Druck.

Als interessant und diskussionswürdig ist das Ergebnis der Analyse bezüglich eines Zusammenhangs von Wissen und Interesse der Schülerinnen und Schüler anzusehen. Hier zeigte sich nämlich keine wie auch immer geartete Korrelation. Weder bedingt Wissen Interesse bzw. Desinteresse, noch kann ein solcher Zusammenhang umgekehrt formuliert werden.

4. Konsequenzen und Verbesserungsvorschläge für den Unterricht

Die Untersuchungsergebnisse weisen eine Verlagerung des Druckverständnisses vom Zustandskonzept zum Kraftkonzept mit Dauer des Physikunterrichts nach. Da dies, wie bereits oben ausgeführt, zu physikalisch falschen Vorstellungen verleiten kann, wollen wir im Folgenden einen Unterrichtsvor-

schlag zur Diskussion stellen, der versucht, dieser möglichen Fehlentwicklung entgegenzusteuern. Dabei wird in der 2. Klasse Unterstufe vom Gasdruck ausgegangen, um damit das Zustandskonzept einzuführen bzw. zu festigen. Themen zum Wasserdruck, Luftdruck und Hydraulik, welche neben dem Kraftaspekt außerdem noch mit dem Beherrschen vielfältiger Einheiten und Berechnungen verbunden sind, was einem einfachen Druckverständnis hinderlich ist, sollten unter Reduzierung der technischen Anwendungen und Bevorzugung von Beispielen aus den Bereichen Freizeit/Sport oder Umwelt in die 3. Klasse Unterstufe verlegt werden.

Vorschläge zu Lernzielen und Lerninhalten: Thema "Druck" der 2. Klasse Unterstufe

1. Druck als Zustand eines Gases kennenlernen. Festigung des Verständnisses des Teilchenmodells aus dem Kapitel Teilchenbewegung und Temperatur.
2. Vom Normaldruck (~ 1 bar) ausgehend Unter- und Überdruck qualitativ erfassen können und über deren Wirkung Bescheid wissen.
3. Erweiterung des (schon bekannten) Teilchenmodells von Gasen durch die Kenntnisse bezüglich der Zusammenhänge von Temperatur - Druck und Teilchendichte - Druck.
4. Aspekte der Gefährlichkeit des Drucks (bzw. Unterdrucks) in Gasen kennenlernen.
5. Praktisches Messen des Drucks: Luftdruck, Reifendruck, Blutdruck, ... (ausschließlich quantitativ zum Vertrautmachen der Schüler mit der neuen Größe)

Vorschläge zu Lernzielen und Lerninhalten: Thema "Druck" der 3. Klasse Unterstufe

1. Wiederholung und Vertiefung der Kenntnisse der 2. Klasse bezüglich Druck in Gasen:
 - Schweredruck in Gasen: Höhenabhängigkeit des Luftdrucks.
 - Auswirkungen von Druckunterschieden.
 - Funktionsweise verschiedener Druckmessgeräte.
 - Abhängigkeit der Siedetemperatur vom Druck.
2. Druck als Zustand in Flüssigkeiten kennenlernen.
 - Allseitigkeit von Druck in Flüssigkeiten und Druckfortpflanzung.
 - Anwendung des Teilchenmodells auf Flüssigkeiten.
 - Einsatz von Flüssigkeiten zur Kraftverstärkung. Wirkungsweise einer hydraulischen Presse. Definition der Einheit Pascal über die Formel $p = F/A$.
 - Schweredruck in Flüssigkeiten. Anwendungen: Auftrieb (unter Einbeziehung des Auftriebs in Gasen), kommunizierende Gefäße.
3. Druck auf eine feste Unterlage und seine Auswirkungen kennenlernen.
 - Phänomen des Drucks auf eine feste Unterlage. Anwenden der Formel $p = F/A$.
 - Anwendung des Teilchenmodells auf einen Festkörper.
 - Praktische Anwendungen.

5. Zusammenfassung

Interesse und Wissensstand von Schülerinnen und Schülern zeigen, dass es gerechtfertigt ist, sich mit der Behandlung des Druckbegriffs im Schulunterricht auseinanderzusetzen. Ein Ergebnis unsere Untersuchung besteht darin, dass in den Beschreibungen der Schülerinnen und Schüler bei der unterricht-

lichen Erstbegegnung mit dieser Thematik noch in vermehrtem Ausmaße ein Zustandskonzept des Drucks vorherrscht. Dieses wird in weiterer Folge durch Erklärungen über Kräfte ersetzt, wobei sich - im Einklang mit anderen Studien - zeigt, dass der Druck selbst in zunehmenden Maße als vektorielle Größe gesehen wird. Um dieser Fehlentwicklung entgegenzutreten, haben wir ein Konzept entworfen, welches sich - zumindest in der Einführungsphase - auf das Zustandskonzept des Drucks konzentriert und den Zusammenhang zum Kraftbegriff erst relativ spät herstellt. Eine zweite Änderung zu bestehenden Ansätzen beruht im bewussten Ansprechen von Gefahrenmomenten im Zusammenhang mit Druckphänomenen. Dies begründet sich neben dem Sicherheitsaspekt vor allem auf dem großen Interesse, welches Schülerinnen und Schüler diesem Bereich entgegenbringen.

Literatur

- [1] Pfundt H. & R. Duit; *Alltagsvorstellungen und naturwissenschaftlicher Unterricht: Bibliographie*. IPN Kiel, 1994.
- [2] Engel Clough E. & R. Driver; *What do children understand about pressure in fluids?* In: *Research in Science & Technological Education*, 3 (p.133-144), 1985.
- Kariotogloy P. & D. Psillos, O. Valassiades; *Understanding pressure: didactical transposition and pupils conceptions*. In: *Physics Education*, 25 (p.92-96), 1990.
- Mayer M.; *Common sense - Wissen gegen wissenschaftliches Wissen: der Fall von Druck, Gewicht und Schwere*. In: *physica didactica* 17/2 (S.43-67), 1990.
- Sèrè M.G.; *A study of some frameworks used by pupils aged 11 to 13 years in the interpretation of pressure*. In: *European Journal of Science Education*, 4 (p.299-309), 1982.
- [3] Oberhoffner I.; *Konzeptentwicklung zum Druck als physikalische Größe*. Dissertation an der Karl-Franzens-Universität Graz, Institut für Erziehungswissenschaften, 1999.
- [4] SPSS 7.5 für Windows 95 (und höher) ist als eingeschränkte Version (Student Version - 50 variables, 1500 cases) im Handel erhältlich. Copyright SPSS Inc., 1996.
- [5] Bienioschek H.; *Die Einführung der physikalischen Größe Druck über den Gasdruck*. In: *Naturwissenschaften im Unterricht - Physik 1/5* (S.185-188), 1990.
- Huster S.; *Fehlvorstellungen 13- bis 14jähriger Schüler zum Begriff Druck*. In: *Physik in der Schule* 34 (S.257-261 und S.319-321), 1996.
- Wendlandt H.; *Zum Druckbegriff in der Sekundarstufe I*. In: *Praxis der Naturwissenschaften - Physik 2/44* (S.2-8), 1995.
- [6] Feldhaus F.M.; *Technik der Antike und des Mittelalters*. Akademische Verlagsgesellschaft Athenaion Potsdam, 1931.
- Jürs F. & D. Ehlers; *Aristoteles. Biographien hervorragender Wissenschaftler, Techniker und Mediziner*. Teubner Verlagsgesellschaft Leipzig, 1982.
- Kauffeldt A.; *Otto von Guericke. Biographien hervorragender Naturwissenschaftler und Techniker*. Teubner Verlagsgesellschaft Leipzig, 1973.

Mädchen und Physik - (K)ein Thema?

Vorstellung der neuen Website LISE

<http://physik.asn-graz.ac.at/netscience>
<http://netscience.univie.ac.at>

Physik ist bei den Mädchen das mit Abstand unbeliebteste Fach. Mädchen und Frauen wählen, wo immer sie können, Physik und Technik ab: bei der Wahl des Schultyps, des Berufs und des Studiums. Statistiken zeigen, dass Österreich zu jenen Ländern zählt, in denen die Distanz der Frauen zu diesen Bereichen besonders groß ist. Die Einrichtung der Website LISE steht im Zusammenhang mit den Ergebnissen der TIMS-Studie, einer internationalen Vergleichsstudie zur mathematisch-naturwissenschaftlichen Bildung von Schülerinnen und Schülern und dem relativ schlechten Abschneiden insbesondere der österreichischen Maturantinnen. Das BMUKA (Abt. für geschlechtsspezifische Bildungsfragen) beauftragte Helga Stadler und Andrea Mayer mit der Einrichtung, Gestaltung und Betreuung der Website. Die Ziele der Website werden auf der Startseite beschrieben:

Sie sind Lehrer oder Lehrerin und glauben, dass Buben begabter, interessierter an Physik und Technik sind und dass das naturgegeben ist? Dann lesen Sie unsere Basisartikel. Vielleicht sehen Sie dann auch Ihre Klasse mit anderen Augen.

Sie sind am Thema Frauen in Physik und Technik interessiert, wollen mehr darüber wissen? In unseren Basisartikeln und auf der Literaturseite finden Sie Hinweise zu mehr Information.

Sie haben das Gefühl, da müßte man im Unterricht etwas machen, aber was? Anregungen dazu finden Sie unter "Unterrichtsmaterialien"!

Das Ziel unserer Website ist es, dazu beizutragen, daß Schülerinnen Gelegenheit haben, ihre Begabungen für Physik und Technik zu erkennen, daß sie ihr Selbstbewußtsein gegenüber diesen Bereichen stärken, daß sie erkennen, daß Physik und Technik Spaß machen können und es in diesen Bereichen Berufe und Ausbildungswege gibt, die auch für sie interessant sein können.

Um dies zu erreichen, brauchen wir mehr Information, wir müssen Handlungsmöglichkeiten entdecken und aufzeigen: Unsere Absicht ist es, möglichst viele Personen, die sich für dieses Thema engagieren zu vernetzen, ihre Erfahrungen sichtbar werden zu lassen und Austausch zu ermöglichen. Unsere Website soll als Ausgangspunkt dafür dienen.

Helga Stadler