

MNU-Symposium Karlsruher Physikkurs

Pro und Contra

Datum: 12. Oktober 1998

Zeit: 10.00 - 16.30 Uhr

Ort: Karlsruhe

Teilnehmer:

- Prof. Dr. F. Bader, Ludwigsburg
- Prof. Dr. R. von Baltz, Karlsruhe
- Prof. Dr. F. Beck, Darmstadt
- Prof. Dr. H. Fuchs, Winterthur Schweiz
- Prof. Dr. P. Häussler, Chemnitz
- StDn Dr. I. Heber, Darmstadt
- Prof. Dr. F. Herrmann, Karlsruhe
- LSAD H. Lochhaas, Darmstadt
- StD G. Offermann, Marbach
- StD Dr. H. Schwarze, Neumünster

Vorsitz: StDn Dr. I. Heber

Protokoll:

- StR K. Hartwich, Frankfurt
 - E. Staruschek, Karlsruhe
-

1. Einführung

Fr. Heber begrüßt die Anwesenden und formuliert zunächst die Ziele der heutigen Veranstaltung: Da in der Vergangenheit die Kritik des Fördervereins MNU nur auf Umwegen nach Karlsruhe gelangte, soll die heutige Diskussion eventuelle Missverständnisse beseitigen. Fr. Heber entschuldigt sich bei Prof. Herrmann offiziell für das Procedere in der Vergangenheit.

Folgende Fragen sollten in der heutigen Diskussion geklärt werden:

- Inwieweit sind die physikalischen Grundlagen mit dem Konzept des KPK vereinbar?
- Überwiegen die Vorteile des Unterrichtens nach dem KPK gegenüber dem Standard-Physikunterricht (SPU)?
- Haben Schüler, die nach dem KPK unterrichtet werden, Schwierigkeiten beim Umstieg in den SPU (Lehrerwechsel, Kurswechsel, Schulwechsel etc.)? Gelingt der Eintritt in den Lehrberuf oder der Eintritt in ein technisches Studium?
- Was passiert, wenn Lehrer sich nicht voll mit dem KPK identifizieren und zwischen dem KPK und SPU hin- und herspringen?

Fr. Heber schlägt vor, dass jeder Teilnehmer zunächst ein Kurzstatement von ca. 5 minütiger Dauer über den KPK aus seiner Sicht abgibt. Für den Vormittag ist anschließend die Diskussion über die physikalischen Grundlagen vorgesehen. Am Nachmittag steht schließlich die Unterrichtspraxis im Mittelpunkt.

2. Kurzstatements der Teilnehmer

a) Professor Dr. Herrmann

Prof. Herrmann hält die heutige Aussprache für wichtig im Zusammenhang mit dem Förderverein MNU. Der Förderverein ist ein wichtiges Forum, in dem seine Arbeit diskutiert werden kann: Der KPK wurde bereits in 16 Hauptvorträgen vorgestellt. Einige Kritik hat ihn jedoch "wie aus heiterem Himmel" getroffen. Der KPK unterscheidet sich zwar in vielen Punkten vom SPU, es gibt aber nichts in diesem Kurs, das nicht in der Standardliteratur zu finden wäre.

Die allgemeine Struktur des KPK beruht im wesentlichen auf der GIBBSschen Thermodynamik. Die Interpretation der physikalischen Größe Kraft als Impulsstromstärke wirft in der Regel die meisten Fragen auf.

Es geht fachlich um die Lokalisierung von Energie- und Impulsströmen. Diese Frage wurde 1898 von Mie für die Energieströme und 1908 von Planck für die Impulsströme mit "ja" beantwortet.

Die Idee des KPK besteht darin, die Impulsstrominterpretation auch da anzuwenden, wo sie bisher keine Rolle spielte: in der Mechanik

- zuerst 1978. Im gleichen Jahr wurde die Idee noch einmal von Andrea de Sessa (MIT) im American Journal of Physics veröffentlicht.

In den letzten 20 Jahren wurden alle wichtigen Themen bearbeitet, dabei wurde von der Karlsruher Gruppe immer dieselbe Arbeitsmethode angewandt: Nach einer Bearbeitung eines Themas - d.h. die traditionelle Darstellung eines Themas wurde kritisch betrachtet und neu durchdacht - folgte zunächst keine Umsetzung in der Schule, sondern es wurde eine Version für die Universität erarbeitet,

die auch in Vorlesungen Anwendung fand. Die anschließende Veröffentlichung erfolgte in physikalischen Fachzeitschriften (American Journal of Physics, European Journal of Physics), jedoch nicht in Schulzeitschriften.

Folgende Missverständnisse sollten heute ausgeräumt werden:

- Es soll Stellung zu einer Bemerkung in einer Fachzeitschrift genommen werden, in welcher eine unwahre Aussage zu finden ist:
Diese soll korrigiert werden.
- Es existiert ein Gutachten von Prof. Bader für das Ministerium für Bildung, in welchem vor dem KPK gewarnt wird.
- Die Veröffentlichung in Zeitschriften über anonyme Gutachter ist eine Zensur, die die Physik vor "Scharlatanen" bewahren soll. Dieses Verfahren ist allgemein akzeptiert. Sollten dennoch fachlich unrichtige Dinge erscheinen, so erfolgt eine Gegenveröffentlichung in derselben Zeitschrift.
Alle Publikationen des KPK haben diese "Probe" bisher bestanden; es ist keine Gegenveröffentlichung erschienen.

Fr. Heber stellt fest, dass sie in der Vergangenheit dieselben Beobachtungen machen konnte: Es wurde Kritik am KPK geäußert, aber niemand war bereit, diese zusammenzufassen oder zu veröffentlichen.

Prof. Bader stellt klar, dass er damals vom Ministerium aufgefordert wurde, seine Bedenken gegenüber dem KPK zu formulieren.

b) Hr. Lochhaas

Hr. Lochhaas hat lange Jahre als Fachleiter in Darmstadt gearbeitet. Anschließend hat er als Fachbeisitzer im Vorstand der MNU mitgewirkt und war dort 6 Jahre lang 1. Vorsitzender. Jetzt ist er Schulaufsichtsbeamter in Darmstadt.

In einer 1973 erschienenen Veröffentlichung von FALK ("Physikunterricht in der Schule und seine Bildungsfunktion") wird die Forderung aufgestellt, dass die Physik in eine für die heutige Zeit adäquate Form aufbereitet werden muss. Das Problem der Elementarisierung der Physik wurde von der MNU in einer Reihe von Vorträgen behandelt (FALK, NIEDERER, JUNG). In der abschließenden Podiumsdiskussion stellte sich schnell heraus, dass es eine große Bandbreite von Konzeptionen gab. Der KPK hat dabei immer große Anerkennung für die Tatsache gefunden, dass man durch ihn zum Nachdenken über Begriffe und Zusammenhänge aufgerufen wird. Es existieren jedoch eine Reihe von Gründen zur Kritik am KPK:

- Die Physik verschiedener Gebiete orientiert sich an einer gleichen Struktur (Elemente der Strömungsmechanik). Der KPK orientiere sich vor allem an der mathematischen Struktur, die die Heranziehung von Analogien erlaubt. Dabei bleiben andere wichtige Aspekte außen vor, etwa die Berücksichtigung des Aufbaus einer Sachstruktur, die die Vorerfahrungen der Schüler mit einbezieht (NIEDERER). Jung spricht von der Bereitschaft, in einen Dialog mit den Schülern einzutreten.
- Bei Umfragen an Schulen zeigt sich: Niemand hat etwas dagegen, etwa Energie und Impuls in den Mittelpunkt des KPK zu stellen. Die Lehrerschaft kritisiert jedoch beispielsweise die Einführung einer neuen Grundgröße (Impuls, Einheit: 1 Huygens) oder die Gleichsetzung von Kraft und Impulsstromstärke.
- Die DPG hat in der Zusammenarbeit mit der MNU 1982 Empfehlungen zur Gestaltung des Physikunterrichts erarbeitet, die immer noch für relevant gehalten werden.
Eine solche Empfehlung ist das Behandeln physikalischer Denkweisen und Methoden in immer neuen Kontexten. Dies wird durch den KPK erschwert, weil er methodisch zu festgelegt ist. Physik wird auch als Teil zeitgemäßer Bildung angesehen. Dazu gehört auch die

Betrachtung von historischen Irrwegen. Der KPK ist in dieser Hinsicht mitteilend gestaltet und betrachtet nicht die historische Entwicklung physikalischer Denkweisen.

- Der Physikunterricht soll sich vor allem an jene Schüler richten, die im späteren Leben nicht mehr mit Physik zu tun haben. Hier scheint der KPK (Sekundarstufe I) unpassend, da er sich offenbar an zukünftigen Physikern ausrichtet bzw. den Unterricht in der Sekundarstufe II vorbereitet.
- Als Schulversuch sollte der KPK genehmigt werden, eine flächendeckende Einführung würde vermutlich jedoch abgelehnt - bei aller Anerkennung des Ideenreichtums: Durch andere Terminologien ist ein Wechsel zwischen Schulen unmöglich.

c) Prof. Beck

Prof. Beck war lange Jahre als theoretischer Kernphysiker an der TH Darmstadt tätig. Seit einigen Jahren ist er im Ruhestand.

Er sieht in seiner Rolle als theoretischer Physiker vor allem die Aufgabe, eventuelle Fehler des KPK zu offenbaren. Im Bereich der Mechanik ist alles in Ordnung: Bereits seit der Relativitätstheorie ist es gängige Methode, Kraft mit Impulsstromstärke gleichzusetzen. Es stellt sich weniger die Frage, ob die Inhalte des KPK richtig oder falsch sind, sondern ob dieser als Einstieg in die Vermittlung der Physik geeignet ist. Nach langjähriger Lehrtätigkeit an der TH Darmstadt hält Prof. Beck es für zentral, deutlich zu machen, dass die Physik keine axiomatische Wissenschaft ist, sondern sich ständig im Wechselspiel zwischen Experiment und Theorie weiterentwickelt. Aus diesem Grunde besteht Skepsis, die Physik auf ein einheitliches Konzept zu stellen, aus welchem sich sämtliche Erkenntnisse zwangsläufig ergeben. Dadurch wird ein falsches Bild von der Physik vermittelt.

Da mengenartige Größen die Kontinuumsstruktur in der Physik betonen - Herr Beck verweist hier auf den in diesem Jahr erschienenen DPG-Artikel zum KPK - , ist ihre Anwendung in der Mechanik bedenklich, weil hier der Ausgangspunkt die NEWTONsche Mechanik des Massenpunktes ist. Diese geht von der Vorstellung des lokalisierten Massenpunktes aus, weniger vom Standpunkt des Kontinuums. Im KPK scheint das 2. NEWTONsche Gesetz eine Trivialität zu sein. Sein Inhalt ist jedoch das, was rechts des Gleichheitszeichens steht: die Kraft. Sie ist die Größe, die einen Körper aus seiner Bahn herauswirft. Dieses ist keineswegs trivial und sollte deswegen an erster Stelle der Vermittlung stehen. Wenn man allgemeine physikalische Grundsätze zu einem "Königsweg" machen will, stimmt die Sache u.U. nicht mehr ganz. Beispielsweise ist die Aussage des KPK, "Die Frage nach Erhaltung oder Nichterhaltung hat nur bei mengenartigen Größen einen Sinn", falsch: Erhaltungsgrößen folgen bekanntlich aus Symmetrien. Die Invarianz eines mechanischen Systems bezüglich GALILEI-Transformation und Translationen im Ortsraum führt zur Erhaltung des Schwerpunkts. Dieser ist jedoch keine mengenartige Größe.

Als positive Kritik am KPK schlägt Prof. Beck vor, die Dinge nicht zu einseitig zu betrachten. Die Kraft sollte in seiner eigenen Bedeutung gleichrangig behandelt werden.

d) Prof. Baltz

Prof. Baltz ist theoretischer Festkörperphysiker an der Universität Karlsruhe. Er hält eine gewisse Anschaulichkeit, wie sie im KPK zum tragen kommt, für hilfreich.

Sachliche Fehler beim KPK sehe er persönlich nicht. Über die Skepsis bei der Umsetzung in die Praxis könne er nicht urteilen. Da sei er zu weit von der Schule entfernt. Für ihn persönlich sei die Qualität des Lehrers entscheidend.

Sein Wunsch sei es, heute sachliche Fehler festzustellen: Er habe den Verdacht, man wolle Schwachstellen finden, die nicht vorhanden sind.

e) Prof. Fuchs

Prof. Fuchs ist seit 1983 an der FH Winterthur in der Ausbildung von Ingenieuren tätig. Er arbeitet zusammen mit seinem Kollegen Werner Maurer seit 1983 ausgehend von der Grundlage des KPK mit dem Ziel, den Physikunterricht neu aufzubauen.

Dabei steht insbesondere die Thermodynamik im Zentrum des Interesses. Hier erweisen sich die Grundlagen des KPK als nicht weitgehend genug: Die Arbeiten aus Karlsruhe sind schöne bildhafte Repräsentationen der GIBBSschen Fundamentalform. Diese reichen als Grundlage einer Thermodynamik jedoch nicht aus. Hier stellt die Kontinuumsphysik das Fundamentum der Dynamik der Wärme. Beim Springer Verlag in New York ist hierüber vor zwei Jahren ein Lehrbuch erschienen. Die Karlsruher Arbeiten waren die Grundlage für die Physik der Dynamik für Ingenieure. Darüber hinaus sehe er noch eine weitere Bedeutung: Die Neudarstellung erlaube den Umgang mit einer Dynamik von allgemeinen Systemen und legt daher die Systemdynamik als Lernwerkzeug nahe. In Winterthur wird dieses Semester ein eigener Studiengang angeboten, der dieses Lernwerkzeug verwendet. Um es noch einmal zu betonen: All dies ist aus dem Karlsruher Aufbau der Physik hervorgegangen.

f) Prof. Häussler

Seit 5 Jahren arbeitet Prof. Häussler im Bereich der Materialforschung - dünne Schichten und Tieftemperaturphysik. Dabei ist er vor allem an Grundlagen interessiert.

Prof. Häussler hält an der Universität Chemnitz z.Zt. die Anfängervorlesung Physik auf der Basis des KPK. Aufgrund der speziellen Rahmenbedingungen müssen die Themenbereiche Mechanik, Elektrodynamik, Wärmelehre und Optik innerhalb von zwei Semestern behandelt werden. Der KPK ermöglicht aufgrund seiner Struktur eine Straffung und kommt Prof. Häussler deshalb sehr entgegen.

Folgende Erfahrungen während der Lehrtätigkeit wurden gemacht: Die größten Probleme gab es mit den Tutoren, allesamt geprüfte Physiker, die nicht umlernen konnten oder wollten. Unter den Studenten traten Probleme hingegen nur bei den besonders guten auf; sie kannten viele Inhalte aus dem SPU der Schule und hatten ebenfalls Probleme umzulernen.

Während für den SPU ein großer Vorrat an Übungsaufgaben existiert, kann man für den KPK auf einen solchen nicht zurückgreifen.

Über den Inhalt des KPK gab es bisher keine Kritik, weder seitens der Studenten noch der Kollegen. Der KPK hilft, das Gemeinsame herauszustellen. Die Studenten nehmen dies in der Regel auf.

In meiner Anfängervorlesung sind auch viele Chemiker. Diesen kommt die Vorstellungswelt des KPK entgegen. Die Studenten bestehen ihre Vordiplomsprüfungen auch bei anderen Professoren.

Als Festkörperphysiker bin ich im Augenblick dabei, die Grundlagen in vereinheitlichter Form darzustellen. Auch hier kommt mir das KPK Konzept zugute. Die Kritik, so wie ich sie erlebt habe, beruht meist auf Missverständnissen. Oft werden nur einzelne Worte gehört und aufgegriffen - eine tiefergehende Kenntnis des KPK fehlt meistens.

g) Prof. Bader

Da sich die Schulphysik momentan in einer "Motivationskrise" befindet, lautet eine der zentralen Fragen: Wie macht man die Physik lebendig? In dieser Hinsicht war Prof. Bader anfänglich vom KPK fasziniert.

Als besonders positiv wird die Bereicherung der früheren "Statik pur" in der Mechanik durch dynamische Aspekte empfunden.

Die Gleichsetzung von Kraft und Impulsstromstärke hält Prof. Bader jedoch in mancherlei Hinsicht für problematisch:

- Mit der Einführung der Impulsstromstärke über die Analogie des fließenden Wassers wird leicht die Fehlvorstellung erzeugt, dieses habe mit Impuls auch Kraft. Aufgrund des Trägheitssatzes kann fließendem Wasser jedoch keine Kraft zugeschrieben werden.
- Im gespannten Expander müsste ein Impulsstrom fließen. Es dürfte sich jedoch als schwierig erweisen, den Schülern deutlich zu machen, dass der Impuls kein Stoff ist, der strömt, sondern dass dies eine abstrakte Vorstellung ist.
- Auch könnten Fragen nach dem Drehimpuls auftreten, wenn Impuls in geschlossenen Impulsstromkreisen fließt. Vielleicht sollte man Lokalisierungsfragen doch besser vermeiden.

Diese Punkte stellen keine grundsätzliche Kritik am KPK dar. Der Kurs sollte vielleicht besser so formuliert werden, dass die angesprochenen Punkte nicht auftreten.

h) Hr. Offermann

Herr Offermann ist Schulleiter am Friedrich-Schiller-Gymnasium in Marbach. Vom KPK hat er als Student an den Universitäten nichts gehört; erst Ende des Studiums ist er zum ersten Mal mit "mengenartigen Größen" in zwei Seminaren bei Herrn Falk in Berührung gekommen. Vom Oberschulamt Karlsruhe wurden seit 1975 zusammen mit dem Institut für Didaktik der Physik der Universität Karlsruhe Fortbildungsveranstaltungen für Lehrer veranstaltet. Das Ziel war es, die Physik voranzubringen und dies am Indikator Beliebtheit abzulesen.

Er ist dann zum Oberschulamt Stuttgart als Referent für das Fach Physik gewechselt. Dort haben ihm die Schulpraktiker eine Frage gestellt: Was ist der KPK in der Schule wert? Und: Können auch Lehrer den Kurs unterrichten, die die Physik auf eine andere Art und Weise gelernt haben? Schließlich hat Herr Offermann einen Schulversuch initiiert, der mittlerweile seit 11 Jahren stattfindet. Die Lehrer, die an dem Schulversuch teilnahmen, wurden in je einem zweijährigen Kurs - ca. 12 Veranstaltungen - von Herrn Herrmann unterrichtet. Es hat sich gezeigt, dass man den KPK auch unterrichten kann, ohne Universitätsprofessor zu sein. Inzwischen haben nach vorsichtigen Schätzungen zwischen 5000 und 10000 Schüler und Schülerinnen den Kurs durchlaufen. In Baden-Württemberg kann offiziell nach dem KPK unterrichtet

werden.

Seit 1989 bin ich wieder Schulleiter und erarbeite mit meinen Kollegen für unsere Schule ein naturwissenschaftliches Konzept. Ich kann hierbei auf den KPK nicht verzichten. Er bietet für mich unverzichtbare Synergieeffekte an. Herr Offermann hat im Vorfeld mit zehn seiner Kollegen gesprochen und zu ihrer Meinung über den KPK befragt. Er hat fast deckungsgleiche Antworten erhalten:

- Der KPK bietet den Vorteil, durch die Strukturgleichheit ökonomisch mit der in Baden-Württemberg sehr begrenzten Zeit für Physikunterricht umzugehen.
- Die Physik mit mengenartigen Größen erweist sich als einfacher für die Schüler - auch in den Klassen 5 und 6.
- Durch die Nutzung der Strukturgleichheit im KPK entstehen weniger "einzelstehende Säulen" als im SPU.
- Die Phänomene werden von den Schülern besser verstanden.
- Die Entropie, die im Schulunterricht unverzichtbar ist, konnte in ihrer statistischen Form bisher kaum eingeführt werden. Mit dem KPK wird ihre Einführung ermöglicht.
- Es soll um Gottes Willen nicht die Struktur unterrichtet werden. Dies wäre eine katastrophale Missinterpretation des KPK.
- Die Gleichsetzung von Kraft und Impulsstromstärke, bedeutet nicht, dass die Kraft nicht als eigenständige Größe eingeführt wird. Wenn notwendig, wird sie benutzt. Die Kraft wird zusätzlich als Impulsstromstärke interpretiert. Diese Interpretation wird der Kraft als zusätzliche Eigenschaft hinzugefügt. Dies ist ein in der Physik gängiges Verfahren. Physikalische Größen haben bestimmte Eigenschaften und diese sind eben nicht alle bekannt.
- Selbst, wenn einige Kollegen nicht nach dem KPK unterrichten, stellt das kein Problem dar: Es existieren einfache Nahtstellen zwischen dem SPU und dem KPK. Hierfür spricht auch eine einfache organisatorische Zwangsbedingung. Baden-Württemberg hat ein Zentralabitur. Dies sei eine seiner größten Sorgen gewesen. Wie führt man Schüler, die nach dem KPK unterrichtet wurden, zum Zentralabitur? Es sind keine Probleme aufgetreten. Die Schüler haben ihr Abitur.

i) Hr. Schwarze

Herr Schwarze ist seit 20 Jahren in der Lehrerbildung in Schleswig-Holstein tätig.

Wie kommt man da nun mit dem KPK in Verbindung? Er habe bei seiner Ausbildungsarbeit immer wieder Situationen erlebt, in denen bei jungen Lehrerinnen und Lehrern der Unterricht "nicht so lief". Er musste als Fachmann dann immer sagen, woran das denn lag und wie man es besser machen kann. In manchen Gebieten war das einfach. In anderen Gebieten war das nicht so einfach. Er wollte sich nicht auf den Standpunkt stellen, das müsse man so hinnehmen, die Physik ist zu schwierig, die Kinder sind zu dumm. Und so sind ein Kollege und er nach Karlsruhe gefahren: Es ging da um die Entropie. Sie suchten Möglichkeiten, um für die Schüler Unterrichtsthemen adäquater zu gestalten. Und sie haben die Erfahrung gemacht, dass das mit dem KPK ganz gut geht. Dazu ist noch zu sagen: Mit dem KPK meint Herr Schwarze nicht das Buch und einen Unterricht, der sich nicht streng nach dem Buch richtet. Sie arbeiten den Stoff landesspezifisch - und methodisch - auf und setzen ihn so um. Es hat sich gezeigt, dass es mit dem KPK einfach methodisch günstigere Wege gibt. Die subjektive Wahrnehmung des Lehrers ist hierbei der Maßstab des Erfolges. So haben sie einige Teile in den Lehrplan übernommen. Die älteren Kollegen hatten zum Teil große Schwierigkeiten damit. Aber es muss schließlich darum gehen, den jüngeren Kollegen eine Perspektive zu eröffnen, wie sie heutzutage erfolgreich unterrichten können. Herr Schwarze hat einige Anregungen übernommen, fühlt sich aber nicht als Vertreter der reinen Lehre. Einiges wurde auch noch nicht verstanden, man ist aber mit dem, was bisher erreicht wurde, sehr zufrieden.

3. Diskussion über physikalische Grundlagen des KPK

Einleitend stellt Fr. Heber die Frage, ob die Generalisierung des KPK für den Unterricht in der Schule vernünftig ist. Sie ist sicherlich vernünftig für den Fachhochschulunterricht, sie ist sicherlich vernünftig für den Hochschulunterricht. Aber wird dabei nicht vielmehr die Vielfalt in der Natur verschenkt?

Prof. Häussler ist der Ansicht, dass alle Physiker zu dieser Aufgabe gefordert sind. Vor 100 Jahren gab es einen ähnlichen Fall: Die Physik war "überladen" und es wurde viel herausgenommen. In der Mechanik sollten nicht mehr die Einzelphänomene isoliert behandelt werden - sie stehen nicht mehr im Mittelpunkt! - sondern die Grundprinzipien bilden das Zentrum.

Prof. Beck weist darauf hin, dass es diese Vereinheitlichung in der Physik überhaupt nicht gibt. Es ist vielmehr wichtig, den Inhalt qualitativ zu vermitteln. Metaphorisch gesprochen - und Herr Beck zitiert seinen Lehrer Becker: Solange man die Kraft nicht in den eigenen Muskeln spürt, hat man die Kraft nicht verstanden. Der im KPK benutzte Begriff der Entropie bildet für die Schule einen möglichen Zugang, für die Hochschule ist er aber

ungeeignet. Entropie ist in seiner ganzen Bedeutung ein schwierig zu vermittelnder Begriff. Als Beispiel wird der Überströmversuch von GAY-LUSSAC genannt: Hier ist die Erhöhung der Entropie nicht mit dem stofflichen Entropiebegriff des KPK, sondern nur durch Betrachtung seiner reversiblen Prozessführung (2. Hauptsatz der Thermodynamik) verständlich. Karlsruhe vereinfacht seiner Meinung nach zu sehr. Hier werden Komplikationen unter den Teppich gekehrt.

Hier sieht Prof. Häussler ein Missverständnis: Die "Mengenartigkeit" von Größen, wie sie im KPK benutzt werden, darf keinesfalls mit der Größe "Stoffmenge" verwechselt werden. Wenn Impuls, Entropie, etc. strömt, dann strömt kein Stoff. So ist der Versuch von GAY-LUSSAC gerade im Kalkül des KPK besonders einfach zu erklären, da er die verschiedenen Ströme auseinanderhält.

Diese Missverständnisse sind aber nach Ansicht von Herrn Lochhaas im KPK vorprogrammiert, da die hier verwendeten Bilder die Verwechslung von "Mengenartigkeit" und "Stoffmenge" geradezu suggerieren. Es ist zu befürchten, dass die Schüler dieser Vorstellung verhaftet bleiben und es stellt sich die Frage, inwieweit dies dann noch korrigierbar ist. Herr Lochhaas meldet hier Zweifel an.

Nach Meinung von Herrn Offermann ist der KPK keine Wunderwaffe. Es gibt weniger verschiedene Bilder, die aber öfter verwendet werden. Es gibt eine Chance, die Bilder in den Chemieunterricht zu übernehmen.

Herr Beck weist darauf hin, dass dies hilfreich sein kann. Entscheidend ist für Prof. Beck jedoch, ob auch andere der bereits genannten Gesichtspunkte ergänzend in den KPK einbezogen werden, die zu der unmittelbaren Erfahrung passen. Der Begriff des geschlossenen Impulskreislaufs ist beispielsweise so abstrakt, dass es für die Schüler schwierig wird, ihn aufzunehmen. Der alleinige Begriff des Impulsstroms bedeutet hier eine Erschwerung, der Begriff der Kraft ist an dieser Stelle unbedingt erforderlich. Auch HERTZ hat im letzten Jahrhundert versucht, den Begriff der Kraft zu eliminieren. Es ist allgemein bekannt, dass dies zu nichts führte. Es besteht die Gefahr, dass die Dinge derart einfach erscheinen, dass man sie als eine Trivialität ansieht.

Prof. Herrmann weist darauf hin, dass seine Arbeitsgruppe während der Erarbeitung des KPK all die genannten Probleme ebenfalls hatte. Die Studenten aber sagen: "Ihr löst Probleme, die ihr euch selbst erzeugt habt!" Es gab beispielsweise große Skrupel, den geschlossenen Impulsstromkreis überhaupt an die Schule zu bringen, weil er viel zu schwer erschien. Wenn man ihn aber bei Anfängern ausprobiert, stellt man fest: Nur wir, die wir der Denkweise des SPU verhaftet sind, haben Probleme, die Schüler hingegen haben keine. Es stimmt natürlich, dass die Darstellung im KPK einseitig ist. Allerdings ist die Darstellung der Physik in den gängigen Lehrbüchern genauso einseitig. Dies empfindet nur niemand mehr so. Das Gedankengebäude der Physik muss ständig überarbeitet werden, gerade in der Physik wurde dies in der Vergangenheit vernachlässigt. Der KPK ist der Versuch einer Neuordnung - ein Vorschlag für ein vereinheitlichtes Konzept. Das Konzept flächendeckend einzuführen wäre das Schlimmste, was man machen kann.

Außerdem schaffen wir die Kraft nicht ab. Wir benutzen nur eine neue Sprache. Die Physik ist dabei dieselbe. Ein neues Konzept sollte nicht dadurch entwertet werden, dass es parallel zum SPU entwickelt wird.

Prof. Beck bezieht sich noch einmal auf die Gleichsetzung von Kraft und Impulsstromstärke: Die Formulierung des zweiten NEWTONschen Axioms in der Form: "Der Impuls ändert sich, weil Impuls zuströmt", wird zu einer Tautologie. Die Trägheit der Körper ist eine so wichtige Eigenschaft, dass sie auch in der modernen Physik nicht wegdiskutiert werden kann. Durch den Impulsstrom wird dies in keiner Weise erfasst.

Gerade der Aspekt der Trägheit ist aber nach Meinung von Prof. Häussler im KPK besser erfasst worden: Die Masse ist ein Ausdruck für die Fähigkeit eines Körpers, Impuls aufzunehmen.

Hier erinnert Prof. Herrmann noch einmal an seine vorherige Aussage: Ob ein Problem von den Lernenden als solches empfunden wird, hängt davon ab, ob es vom Lehrenden zum Problem gemacht wird. Man könnte die Impulserhaltung - im SPU eine zentrale Aussage - zum Problem machen, wenn man es wollte. Für die Schüler stellt es im KPK jedoch keines dar.

Prof. Beck: Man braucht mehrere Konzepte. Physik ist ein Wechselspiel zwischen Empirie und Theorie. Und daraus folgt, dass der Physikunterricht auch andere Aspekte vermitteln muss. Sonst glauben die Schüler, die Physik sei so ähnlich wie die Mathematik. Wir müssen zeigen, wie die Physik arbeitet und nicht eine abgeschlossene Theorie zeigen.

Prof. Herrmann: Aber schauen Sie doch erst einmal hin, was wir gefunden haben. Nicht auf das, was fehlt. Klar, dass all diese Aspekte fehlen. Wir haben ja keinen neuen Unterricht entwickelt.

Für Herrn Lochhaas besteht der Verdacht, mit dem KPK ein derart fertiges Konzept vorliegen zu haben, dass keine Fragen seitens der Schüler mehr offen bleiben. Es kommt im Physikunterricht aber darauf an, Verfahrens- und Denkweisen zu vermitteln.

Prof. Fuchs: Wollen wir zur Mechanik zurückkehren. Die Kontinuumsphysik wirft neues Licht auf die Mechanik. Aber: Ein Bilanzgesetz ist keine Trivialität. Es ist eine grundlegende Aussage. Man unterscheidet zwischen allgemeinen Gesetzen und konstitutiven Gesetzen. Durch die konstitutiven Gesetze kommt die Vielfalt in die Physik. An dieser Stelle hört die Gleichmacherei auf. Verglichen mit einem Baum stellt die Kontinuitätsgleichung nur den Stamm dar, während die Äste durch die zugehörigen Fragen und die speziellen Situationen repräsentiert werden. Die Kontinuitätsgleichung ist auch mächtig genug, die Frage nach dem GAY-LUSSAC'schen Überströmversuch zu beantworten. Ein statistischer Entropiebegriff ist hier nicht nötig. Wenn Sie den Überströmversuch modellieren, kommt die Entropieproduktion dabei heraus.

Aber lassen Sie uns versuchen, einen Blick auf die Kraft zu werfen, soweit uns das möglich ist. Ich behaupte, Kräfte kann man nicht spüren. Was wir spüren, sind Spannungen. Wie begegnet uns die Mechanik? Als Belastung, also als mechanische Spannung. Bei Körpern, die sich bei Berührung bewegen, und bei Fluiden.

Der Kraftbegriff kommt dabei nicht vor - der Impuls auch nicht. Also steht die Frage im Raum: Wie kommen wir vom Spannungsbegriff zu seiner Beschreibung. Meine Meinung ist die folgende: Es gibt Schwierigkeiten mit dem KPK, weil die klassische Mechanik die Kraft nicht sauber definiert hat. Der Kraftbegriff ist abstrakter, als wir anerkennen. Solange dies nicht gesehen wird, werden die Missverständnisse zwischen SPU und KPK immer bestehen.

Prof. von Baltz stellt fest, dass im KPK offenbar von keinem Teilnehmer physikalische Probleme gesehen werden. Einige Probleme im Umgang mit dem Impulsstrom kommen vom Begriff "Fließen": Die naive Vorstellung "Fluss ist gleich Menge mal Geschwindigkeit" gilt nicht immer. Im statischen elektrischen Feld ist beispielsweise der Impuls null, der Impulsstromtensor aber ungleich null. Auch wenn Probleme mit den naiven Vorstellungen auftreten, stimmen die Bilanzgleichungen dennoch. Bildern dürfen eben keine falschen Eigenschaften zugeschrieben werden.

Um den Schülern im Unterricht den Begriff der Kraft zu vermitteln, fährt man nach Ansicht von Fr. Heber unter stärkerer Betrachtung dynamischer Aspekte mit dem KPK besser. Vermittelt man beim Übergang von der Dynamik zur Statik dann nicht möglicherweise falsche Vorstellungen beim Schüler?

Prof. von Baltz: Da muss man die Schülervorstellungen überprüfen.

Hier sieht Prof. Häussler kein Problem: Fließgleichgewichte lassen sich einfach auf die Mechanik übertragen.

Prof. Fuchs weist noch einmal auf den Kraftbegriff hin. Heber: Meinen Sie, dass es im Grunde gleich ist, ob ich Kraft oder Impulsstrom sage? Prof. Fuchs: Ja! Prof. Beck: Das ist keine Frage von richtig oder falsch, das ist eine Frage der Interpretation und der Vermittelbarkeit. Die Falk'sche Schule macht nichts falsch! Sie benutzt das Schnittprinzip.

Normalerweise wird $\sigma \cdot A$ durch einen Kraftpfeil ersetzt. Die Spannung wird lokal übertragen. Und das habe ich mit dem Muskelzitat auch gemeint. Man muss den Arm - bildlich gesprochen - durchschneiden, dann brauche ich den Pfeil und den Kraftbegriff. Die Bücher Goldstein etc. machen das nicht falsch. Bei den Schulbüchern weiß ich das nicht.

Prof. Bader: Dem stimme ich zu. In der Schulphysik haben wir kein Schnittprinzip. Und das ist ein Mangel. Die Lehrer scheinen das nicht zu wollen.

Herr Schwarze: Ich habe mit meinen Referendaren folgende Erfahrung gemacht: Sie sollen im Unterricht die Kraft einführen und sie können es nicht. Sie haben es an der Universität gelernt, aber nicht begriffen. Sie haben es oft gehört aber keinen sicheren Umgang damit erworben. Aber drängt sich nicht der Wunsch auf, an dieser Stelle etwas verändern zu wollen? Und da muss man eben ausprobieren, was funktioniert, und nicht von vornherein ungewöhnliche Ideen ablehnen. Ich sage es noch einmal deutlich: Der verstandene Kraftbegriff, der hier immer unterstellt wird, ist Wunschenken.

Heber: Ich habe da ähnliche Erfahrungen und kann Ihnen nur zustimmen.

Um die Frage zu beantworten, ob in statischen Anordnungen das Konzept der Kraft oder das Impulsstromkonzept geeigneter ist, bringt Prof. Herrmann ein Beispiel: Ein zwischen zwei Federn eingespannter Wagen, der ansonsten frei rollen kann, stellt in der Mechanik eines der einfachsten nichttrivialen Probleme dar (vgl. Abbildung). Hier spielen vier verschiedene Kräfte eine Rolle, deren Bedeutung man zunächst verstanden haben muss: FAK, FKA, FBK, und FKB. Als im SPU merkwürdig stellt sich heraus, dass alle vier in der Bedeutung verschiedenen Kräfte vom Betrag gleich groß sind. Sie unterscheiden sich nur in ihren Vorzeichen. Für Schüler stellt dies einen schwierigen Sachverhalt dar. Es ist offenbar eine Redundanz im SPU enthalten, wenn man viermal dieselbe Zahl zur Beschreibung eines Sachverhalts benötigt. Im Kalkül des KPK erweist sich dieses Problem als einfach: Impuls fließt im Kreis herum. Man könnte den Impulsstrom an den vier verschiedenen Stellen messen (die verschiedenen

Vorzeichen erhält man durch die Orientierung der Flächenvektoren), dessen Gleichheit im Impulsstrombild jedoch eine Selbstverständlichkeit darstellt. Im Impulsstrommodell gibt es das Analogon zu den Kräften nicht mehr.

Betrachten Sie einmal die elektrische Stromstärke. Sie müssten vier Stromstärken messen, wenn Sie die Orientierungen der Flächen berücksichtigen wollten. Actio-reactio macht in der Statik eine Aussage über die Gleichheit der Beträge von Stromstärken. Und so weit ist das doch nicht von der Sprache und den Vorstellungen der Ingenieure entfernt.

Prof. Beck: Den Ingenieur würde es interessieren, ob eine Feder bei A oder bei B reißt. Wir benötigen die Kraft!

Prof. Fuchs: Brauchen wir nicht die Spannung? Wann reißt eine Feder: wenn die Spannung so und so groß ist.
Beck: Ja, gut.

Prof. Herrmann: Wir würden das "Kurzschluss" nennen.

Prof. Fuchs: Die Idee lautet einfach: Verwende die mechanische Spannung als fundamentale Größe, und zwar von Beginn an. Ich knüpfe damit an die Alltagserfahrung an. Die Kräfte sind so nicht zugänglich.

Zusammenfassend stellt Fr. Heber für den Vormittag fest, dass die Theorie des KPK bezogen auf die Mechanik offenbar keine Fehler enthält. Es stellt sich nun die Frage, ob die Interpretation des KPK schulrelevanter als der SPU ist. Die Diskussion der Brauchbarkeit des KPK soll am Nachmittag erfolgen.

4. Diskussion der Umsetzung des KPK in der Schule

Als zentral werden von Fr. Heber zunächst folgende Fragen angesehen: "Was passiert mit Schülern, die nach dem KPK gezwungen werden, auf den SPU umzusteigen, etwa bei Lehrerwechsel? Gibt es Erfahrungen mit Schülern, die nach dem KPK mit einem technischen Studium beginnen?"

Herr Offermann konnte bisher weder Probleme bei einem Lehrerwechsel, noch bei einem Schulwechsel in den Klassen 8 bis 11, noch bei der Anknüpfung an ein technisches Studium oder einen technischen Beruf feststellen. Aber 1987 zu Beginn des Schulversuches war das auch seine größte Sorge. Auch der Übergang von der Klasse 11 in Klasse 12 verlief bisher problemlos. Bei den Abituraufgaben sind keine Probleme aufgetreten. Als Voraussetzung sieht er jedoch, dass mindestens zwei Lehrer nach dem KPK unterrichten müssen, um eventuelle Ausfälle, etwa durch Krankheit, kompensieren zu können. Zudem mussten Ministerium, Schulleiter, Fachkonferenz und Eltern einem Versuch zustimmen.

Endergebnis: Als wir 1994 von unseren siebenjährigen Erfahrungen im Ministerium berichtet haben - und viele unabhängige Gutachter waren in den Unterrichtsstunden anwesend - kam der Kasten in den neuen Lehrplan, nach dem ein Lehrer in Baden-Württemberg ohne Sondergenehmigung auf Grundlage der mengenartigen Größen unterrichten kann. Uns sind bis heute keine Fälle bekannt geworden, in denen über Probleme durch Unterricht nach dem KPK berichtet wurde. Im Fall der Verwendung der Impulsstromstärke haben wir die Kollegen gebeten, sie auch als Kraft zu interpretieren. Und von da an kann man weiter unterrichten.

Daraus wird von Fr. Heber die Schlussfolgerung gezogen, dass die Unterrichtseinheiten nicht zu einseitig, also nicht streng nach dem KPK, unterrichtet werden dürfen. Der physikalische Begriff der Kraft muss offenbar auch eine Rolle spielen.

Dieser Ansicht schließt sich Hr. Lochhaas an: Durch das Hineinnehmen anderer Aspekte in den KPK werden Schwierigkeiten vermieden. Durch das Zentralabitur in Baden-Württemberg wirken die Jahrgangsstufen 12 und 13 sozusagen "normierend" auf den Physikunterricht, da zur erfolgreichen Lösung der Aufgaben die Inhalte des SPU vermittelt werden müssen. Es stellt sich aber die Frage nach der Mittelstufe, wo diese "Normierung" nicht gegeben ist.

Das Problem des Lehrerwechsels ist nach Offermann jedoch geringfügig, da ein solcher Wechsel ohnehin kaum stattfindet. Es gab auch bei Schulwechsel bisher keine Probleme.

Herr Offermann: Ich würde so argumentieren: Der Physikkurs ist teilgebietsorientiert aufgebaut, sodass die Wechsler immer neu beginnen können.

Bei einem Wechsel auf eine andere Schulform gibt es keine Erfahrungen, da in Baden-Württemberg nach Klasse 7 diese Wechsel nur sehr selten vorkommen.

Der Übergang von der Klasse 10 nach 11 wurde anfangs auch von Prof. Herrmann und seinen Assistenten als problematisch empfunden. Als "Abfederung" wurden den Schülern gegen Ende der 10. Klasse "Übersetzungen" in den SPU an die Hand gegeben. Auch wurden zukünftige Lehrer auf kommende KPK-Schüler hingewiesen. Sowohl Schüler als auch Lehrer hatten die Möglichkeit, jederzeit mit Fragen und Problemen zu Prof. Herrmann und seinen Assistenten zu kommen. Die Erfahrung zeigte aber, dass weder Lehrer noch Schüler kamen. Dies bedeutet: Der Lernprozess funktioniert nicht so eindimensional, wie man es sich gerne vorstellt, sondern "kreuz und quer". Die Schüler müssen mit vielen Dingen zurecht kommen, die sie mehr belasten als der Übergang vom KPK zum SPU.

Heber: Wenn man zwischen instruktiven und konstruktiven Lernprozessen unterscheidet, sieht es so aus, als ob der KPK eher instruktiv angelegt ist.

Prof. Herrmann wehrt sich gegen diese Vermutung. Das Schulbuch des KPK ist nicht perfekt. Seine Fertigstellung benötigt sicherlich noch weitere 10 Jahre Entwicklungsarbeit. Das Konzept des KPK ist genauso modulationsfähig wie der SPU.

Auch Herr Offermann ist dieser Meinung: Eine Ausgabe der Zeitschrift "Praxis der Naturwissenschaften Physik" weist darauf hin, dass der KPK eher konstruktiv als instruktiv vorgeht. Vor der Bildung der physikalischen Sprache sollen die Schüler grundsätzlich zunächst mit ihren eigenen Worten beschreiben.

Nach Herrn Schwarze ist die von Fr. Heber geäußerte Sorge verständlich. Seine Lehrerkollegen wissen in der Regel zunächst nicht, wie sie nach dem KPK unterrichten sollen. Die Lehrbücher des KPK geben keine Unterrichtsplanung vor; dies ist allerdings auch bei den traditionellen Schulbüchern der Fall.

Für Fr. Heber stellt sich nunmehr die Frage: Schafft es ein Lehrer, durch das Unterrichten nach dem KPK mehr "Ordnung in das Schülergehirn" zu bringen?

Der KPK schafft nach Herrn Schwarze dadurch diese Ordnung, dass die Begrifflichkeit auf wenigen Grundzusammenhängen erzeugt wird. Diese Zusammenhänge werden aber mit größerer Sicherheit beim Schüler verankert, weil der KPK das Aufzeigen der Ähnlichkeiten in den physikalischen Teilgebieten erleichtert.

Prof. Herrmann erinnert noch einmal an sein Beispiel von vorhin: Jemand, der dieses Beispiel unter Betrachtung der Kräfte derart kompliziert betrachtet, muss den Eindruck erwecken, dass es sich bei der Physik um eine "indoktrinierende" Wissenschaft handelt. Vielleicht ist es doch besser, die Physik und nicht den Kopf zu verändern?

Nach Herrn Lochhaas liegt es in der Natur der Sache, dass der Lehrer beim KPK mehr eingreifen muss als im SPU: Ohne theoretische Konzepte kann man auch keine Modelle erarbeiten. Beispielsweise kann man zwar die umgangssprachlichen Begriffe wie "Wucht" oder "Schwung" als Impuls identifizieren, wie im KPK der Fall, man muss es aber nicht. Ebenso gut könnten die Begriffe durch die Energie erfasst werden.

Herr Schwarze: Herr Lochhaas, das ist nicht in Ordnung, was Sie jetzt machen. Sie leiten wieder die Gestaltung des Unterrichts aus dem Buch ab.

Herr Offermann: Das ist ein Buch zur Nachbereitung und als solches wird es verwendet und als solches ist es anerkannt. Unterrichtsmethodik ist ein anderes Kapitel.

Dies erläutert Prof. Herrmann aus seiner Sicht: Ein Körper, der sich bewegt, hat Impuls. Dieser ist groß bei großer Masse oder bei großer Geschwindigkeit. Natürlich kann man diese Eigenschaften immer mit der Energie identifizieren, dies ist aber auch im SPU möglich. Eine Differenzierung zur Energie erfolgt erst später im KPK. Es existiert allgemein die Tendenz, einer Größe weitere Eigenschaften zuzuordnen, die ihr nicht zukommen. Wenn ein Körper heiss ist, zum Beispiel, dann hat er nicht Energie sondern Entropie!

Herr Offermann weist darauf hin, dass es im KPK wie im SPU notwendig ist, hin und wieder gewisse Tatsachen im Unterricht mitzuteilen. Anschließend ist es dann wieder möglich, darauf aufbauende Erkenntnisse den Schüler entdecken zu lassen.

Für Prof. Beck ist es wesentlich, ob der Schüler im Unterricht dazu gebracht wird, konstruktiv weiterzuentwickeln. Die kritischen Punkte im KPK müssten dadurch entschärft werden, dass man den unterrichtenden Lehrern begleitende Hilfe zukommen lässt.

Nach Auskunft von Prof. Herrmann gibt es diese Kurse bereits: Sie dauern zwei Jahre und finden alle 6 Wochen an einem Nachmittag statt. Von diesen Kursen gab es bereits 7 Stück.

Diese Kurse sollten nach Meinung von Prof. Beck von Leuten gehalten werden, die nicht aus der Karlsruher Gruppe kommen, das Gesamtkonzept aber kennen. Ähnlich wie bei den "Berkeley Physikkursen" in den USA sollten Universitätsprofessoren diese Kurse durchführen.

Leider hat dieser Vorschlag, von Prof. Herrmann vor Jahren gemacht, keinerlei Zuspruch an den Universitäten gefunden.

Frau Heber hält es für wesentlich, dass man als Lehrer den Weitblick und den Überblick im Unterricht behält. Genau dieser fehlt ihr aber beim KPK. Deshalb hat sie Probleme, nach dem KPK in der Schule zu unterrichten.

Selbstverständlich ist es nach Herrn Offermann nicht möglich, dass ein oder zwei Lehrer an einer Schule von heute auf morgen den Physikunterricht der Klassen 8 bis 13 auf den KPK umstellen. Es müssen überschaubare Schritte gegangen werden.

Ist es möglich, so die Frage von Herrn Lochhaas, für den Physikunterricht auch Teilaspekte des KPK zu entnehmen, oder gilt: "Ganz oder gar nicht"?

Nach Prof. Herrmann darf es nicht so sein, dass die Lehrpläne so verändert werden, dass ein Stoffgebiet nach dem KPK oder dem SPU gemeinsam unterrichtet wird. Was man braucht, ist eine Straffung. Also: Wenn man ein Teilgebiet nach dem KPK unterrichtet, dann soll man auch im großen und ganzen bei der Begriffsbildung des KPK bleiben. Im nächsten Durchgang kann man wieder traditionell unterrichten.

Bei der Umsetzung des KPK in der Schule sollte man mit der Elektrizitätslehre beginnen; das nächst schwerere Thema ist die Thermodynamik. Die Mechanik ist das schwierigste Thema, womit man sich viel beschäftigt haben muss, um den Überblick zu behalten.

Die Regeln des KPK klingen sehr einfach, die Anwendungsbreite der Regeln ist sehr groß. Deshalb, so Herr Schwarze, sehen die Schüler, dass diese Regeln sehr wichtig sind. Bei den klassischen Regeln herrscht hingegen die Skepsis, ob man hier ebenfalls solche Analogien und Vereinheitlichungen finden kann. Man unterschätze das nicht. Die Regeln des KPK sind keine Floskeln.

Prof. Fuchs: Für meine Studenten sind die Bilanzgesetze auch der rote Faden. Wenn wir solche starken Prinzipien finden, sollten wir sie auch verwenden.

Als erste Zusammenfassung stellt Frau Heber nochmals fest, dass für den Bereich der Mechanik im KPK keine inhaltlichen Fehler gefunden wurden. In Bezug auf die Schulphysik findet sich von beiden Seiten eine gewisse Annäherung: Der KPK gibt viele Denkanstöße, in einigen heute besprochenen Punkten muss er sich jedoch der klassischen Physik annähern. Insbesondere der Kraftbegriff ist unbedingt notwendig: Wie soll beispielsweise der Begriff der elektrischen Feldstärke ohne ihn eingeführt werden?

Für Herrn Häussler stellt dies kein Problem dar: Das elektrische Feld ist ein Impulsüberträger.

Prof. Herrmann verweist diesbezüglich auf seine Veröffentlichungen. Es ist seiner Meinung nach nicht möglich, ohne Vorbereitung und ohne Kenntnis der Literatur über diese Sachverhalte zu diskutieren.

Heber: Könnten Sie noch zu den Fragen von Herrn Bader aus der Sicht des KPK Stellung nehmen?

Prof. Herrmann: Die Frage lautet: Was ist ein Strom? Zu dem Stromkonzept gehört eine physikalische Größe, eine mathematische Struktur - Eine Kontinuitätsgleichung und eine Interpretation. Bei der Interpretation in der Umgangssprache fällt das Wort. Die Sprache wird den Gleichungen gewissermaßen übergestülpt. Hieraus ergibt sich die Frage: Gehört zu einem Strom auch eine Geschwindigkeit? Die Antwort lautet: Ja, bei einem Wasserstrom zum Beispiel. Eine Ladung kann nicht strömen. Das ist erst einmal eine Variable, aber man kann diese Variable so interpretieren. Und hierzu lässt sich eben keine Geschwindigkeit angeben.

Ähnlich ist es mit der Energie. Kann man sie lokalisieren? Gibt es eine Kontinuitätsgleichung? Antwort: Ja. Man hat das vor hundert Jahren geklärt. Aber eine Geschwindigkeit gibt es nicht. Das Strommodell ist ein Modell, die Gültigkeit der Vorstellung hört irgendwann auf.

Prof. Beck: Man könnte sich die Sache erleichtern, wenn man die Fläche mit einführt.

Prof. Herrmann: Das machen wir.

Prof. Beck: Das habe ich noch nicht gesehen.

Prof. Bader: "Fließen" im Sinne der Kontinuitätsgleichung hieße dann Zu- und Abnahme wie bei einem Konto. Mit dieser Möglichkeit würde ich vor meine Schüler treten.

Zum Schluss des heutigen Gesprächs schlägt Fr. Heber vor, wie zu Anfang zu verfahren: Jeder Gesprächsteilnehmer soll in ein paar kurzen Sätzen formulieren, was ihm die Veranstaltung gebracht hat.

Herr Schwarze stellt dazu fest, dass das Gespräch in angenehmer Art und Weise stattfand. Er ist sich allerdings nicht sicher, ob sich dieser positive Verlauf auch in der MNU-Zeitschrift widerspiegeln wird. In dieser offenen Art und Weise sollte weitergearbeitet werden.

Als besonders positiv bewertet Herr Offermann, dass die Mechanik des KPK als sachlich richtig eingestuft wird. Die Probleme lösen sich oft, wenn man vor der Klasse steht. Es handelt sich beim KPK um ein didaktisch-methodisches Modell, das sich in der weit fortgeschrittenen Erprobungsphase befindet. Es ist ein vom Ministerium getragener Schulversuch.

Auch Prof. Fuchs hat das heutige Gespräch erfreut. Es wurde ein Verständnis untereinander geschaffen. Der Physikunterricht steht vor großen Herausforderungen, die gemeistert werden müssen.

Prof. Häussler, ebenfalls über die heutige Diskussion erfreut, hat von Beginn an keine einheitliche Meinung am Ende erwartet. Auch in Zukunft werden wir - selbst mit dem KPK - niemals eine Ausbildung haben, die unabänderlich ist.

Prof. Bader stellt fest, dass er in der heutigen Veranstaltung viel gelernt hat, auch über die konventionelle Physik. Es wäre schön, wenn das heutige Gespräch über die Mechanik auch in anderen Bereichen der Physik, etwa über die Thermodynamik, fortgesetzt werden könnte.

Die Ausführungen von Herrn Schwarze haben Prof. von Baltz aus der Seele gesprochen. Die Widerstände bedeuten, dass die Sache ernst genommen wird.

Sehr angetan von der sachlichen Diskussion formuliert Prof. Beck die Hoffnung, dass die Anregungen in den Köpfen weitergeführt werden. Das wichtigste bei allem ist, der Physik in Schule und Hochschule zu mehr Geltung zu verhelfen.

Herr Lochhaas ist sich sicher, dass das Konzept des KPK vom Förderverein MNU unterstützt werden wird. Die von ihm zunächst befürchtete "Zwangsjacke" des KPK sieht er nun nicht mehr gegeben. Auch die Frage nach "KPK ganz oder gar nicht" steht nicht mehr zur Diskussion. In Bezug auf die diskutierten Fehlvorstellungen bei Schülern besteht allerdings noch Klärungsbedarf.

Die Physikalische Diskussion hat Prof. Herrmann deshalb nicht so viel gebracht, weil er seit 20 Jahren dieselben Fragen gestellt bekommt. Für ihn war aber das Gespräch auf anderer Ebene sehr wertvoll: Die "subversiven Elemente" der MNU haben gefehlt. Es besteht die Hoffnung, dass auch in Zukunft ein Gespräch zwischen MNU und dem KPK gepflegt wird.

Auch Frau Heber möchte in Zukunft an jeden die Empfehlung geben, mit den Autoren und Protagonisten des KPK das Gespräch zu suchen. Es stellte sich heute eine wichtige Gemeinsamkeit heraus: Alle Teilnehmer sind fanatische Physiklehrer.

[..zurück..](#)