

Berger, Roland; Hänze, Martin

## **Das Gruppenpuzzle im Physikunterricht der Sekundarstufe II - Einfluss auf Motivation, Lernen und Leistung**

*Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften : ZfDN 10 (2004), S. 205-219*



Quellenangabe/ Reference:

Berger, Roland; Hänze, Martin: Das Gruppenpuzzle im Physikunterricht der Sekundarstufe II - Einfluss auf Motivation, Lernen und Leistung - In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften : ZfDN 10 (2004), S. 205-219 - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-315957 - DOI: 10.25656/01:31595

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-315957>

<https://doi.org/10.25656/01:31595>

in Kooperation mit / in cooperation with:



**IPN**

Leibniz-Institut für die Pädagogik der  
Naturwissenschaften und Mathematik

<https://www.leibniz-ipn.de>

### **Nutzungsbedingungen**

Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Die Nutzung stellt keine Übertragung des Eigentumsrechts an diesem Dokument dar und gilt vorbehaltlich der folgenden Einschränkungen: Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

### **Terms of use**

We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document.

This document is solely intended for your personal, non-commercial use. Use of this document does not include any transfer of property rights and it is conditional to the following limitations: All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

### **Kontakt / Contact:**

peDOCS

DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation

Informationszentrum (IZ) Bildung

E-Mail: [pedocs@dipf.de](mailto:pedocs@dipf.de)

Internet: [www.pedocs.de](http://www.pedocs.de)

Mitglied der

  
Leibniz-Gemeinschaft

ROLAND BERGER UND MARTIN HÄNZE

## Das Gruppenpuzzle im Physikunterricht der Sekundarstufe II – Einfluss auf Motivation, Lernen und Leistung

### Zusammenfassung

Entsprechend der Selbstbestimmungstheorie der Motivation von Deci & Ryan ist ein günstiger Einfluss des so genannten Gruppenpuzzles auf die Befriedigung der grundlegenden psychologischen Bedürfnisse nach sozialer Eingebundenheit, Autonomie- und Kompetenzerleben zu erwarten.

Um diese Vermutung in Bezug auf Physikunterricht zu prüfen, wurden zwei an den Interessen von Schülerinnen und Schülern orientierte Unterrichtseinheiten zum Rasterelektronenmikroskop und Mikrowellenofen entwickelt und im Rahmen des Gruppenpuzzle bzw. in durchgehend frontaler Form in Grundkursen der 12. Jahrgangsstufe unterrichtet.

Es hat sich gezeigt, dass sich das Gruppenpuzzle entsprechend der Erwartungen günstig auf die grundlegenden Bedürfnisse, die intrinsische Motivation und kognitive Variablen auswirkt. Ob dies besser gelingt als im Frontalunterricht, hängt allerdings vom Thema des Unterrichts ab. Die Leistungen in den Wissenstests unterscheiden sich zwischen den beiden Methoden nicht. Betrachtet man jedoch nur die „Expertenaufgaben“, so ergeben sich Vorteile des Gruppenpuzzles gegenüber dem Frontalunterricht.

### Abstract

According to the Self-Determination Theory by Deci and Ryan the jigsaw method should promote the basic psychological needs for social relatedness, competence, and autonomy in a favourable way.

To investigate this assumption in the domain of physics education the contents „scanning electron microscopy“ and „microwave oven“ were instructed within the jigsaw method as well as in a direct instruction approach.

In conclusion the study shows that the jigsaw method promotes the basic needs, the intrinsic motivation and cognitive variables. But it depends on the learning object if the results are better than in the direct instruction approach. No significant differences were observed in achievement. But focusing on the „expert“ parts of the knowledge test the jigsaw groups scored higher than the direct instructed groups.

### 1 Einleitung

Ein drängendes Problem des Physikunterrichts ist die geringe Motivation der Schülerinnen und Schüler. Dies geht häufig so weit, dass es einer grundsätzlichen Ablehnung des Fachs gleichkommt. Ein erfolgreicher Ansatzpunkt, um hier Verbesserungen zu erzielen ist die Einbettung der physikalischen Inhalte in interessante Kontexte (Hoffmann et al., 1997; Berger, 2000). Eine weitere Möglichkeit wird durch die Selbstbestimmungstheorie der Motivation (Ryan & Deci, 2000) nahegelegt. Demnach führt eine erfolgreiche Förderung der „grundlegenden Bedürfnisse“ nach Kompetenz- und Autonomieerleben sowie sozialer Eingebundenheit zu einem höheren Maß an intrinsischer Motivation. Es ist zu erwarten, dass sich

der Einsatz kooperativer Lernformen positiv auf die soziale Einbindung und das Erleben von Autonomie auswirken sollte. Aufgrund seiner Struktur ist das Gruppenpuzzle auch im Hinblick auf eine Verbesserung des Kompetenzerlebens eine Erfolg versprechende Methode. Dabei wird das zu behandelnde Thema in verschiedene Teilthemen aufgeteilt. In den so genannten „Expertengruppen“ arbeiten sich die Schülerinnen und Schüler in jeweils ein Thema ein und werden auf diesem Gebiet gewissermaßen zu Expertinnen und Experten. Anschließend werden „Unterrichtsrgruppen“ so gebildet, dass zu jedem Teilthema mindestens eine Expertin bzw. ein Experte vertreten ist. Sie erläutern den übrigen Gruppenmitgliedern reihum ihr jeweiliges „Expertenthema“, sodass

sich das gesamte Thema gewissermaßen wie bei einem Puzzle für alle erschließt (Aronson, 1978).

Im Mittelpunkt der vorliegenden Untersuchung steht ein Vergleich des Gruppenpuzzle mit Frontalunterricht, in welchem dieselben fachlichen Inhalte behandelt wurden. Grundlage sind zwei Unterrichtseinheiten zum Rasterelektronenmikroskop und Mikrowellenofen, die auf Grundkurse der 12. Jahrgangsstufe zugeschnitten sind. Im Rahmen der Studie wird insbesondere geprüft, in welchem Umfang die grundlegenden Bedürfnisse von den beiden Unterrichtsmethoden jeweils unterstützt werden. Dazu wird ein neu entwickelter Fragebogen zum Unterrichtserleben vorgestellt, mit dem eine Reihe von motivationalen und kognitiven Variablen rasch erfasst werden können. Dies ermöglicht wiederholte Messungen innerhalb einer relativ kleinen Zeitspanne und somit ein differenziertes Bild über zeitliche Entwicklungen der entsprechenden Variablen.

## 2 Grundlagen

### 2.1 Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation

Das Ausmaß an intrinsischer Motivation hängt von der Person des Lerners und den Bedingungen der Lernumgebung ab. Im schulischen Kontext ist nicht davon auszugehen, dass Lernen ausschließlich intrinsisch motiviert stattfindet. Entgegen weit verbreiteter Ansicht steht diese wünschenswerte motivationale Orientierung jedoch nicht in einem unüberbrückbaren Gegensatz zu Handlungsveranlassungen, die von außen kommen. Nach der Selbstbestimmungstheorie der Motivation von Deci & Ryan ist das Ausmaß an subjektiv erlebter Selbstbestimmung der entscheidende Motivationsfaktor (Deci & Ryan, 1993). Die Autoren postulieren zwischen eindeutig fremdbestimmter (extrinsischer) Motivation und eindeutig selbstbestimmter (intrinsischer) Motivation verschiedene Stufen zunehmend selbstbestimmter Handlungsregulation. Zwingt sich ein Schüler beispielsweise Physik zu lernen, weil er sonst ein schlechtes Gewissen hat, so kommt der Anstoß, tätig zu werden bereits von innen und geht über eine rein extrinsische

Handlungsveranlassung hinaus (Introjektion). Erachtet er das für ihn langweilige Fach Physik als notwendig, um das von ihm angestrebte Abitur zu machen, so wird der Lerngegenstand Physik bereits als persönlich wichtig erachtet (Identifikation). Interessiert er sich im Medizinstudium für Physikvorlesungen, um sein medizinisches Verständnis zu vertiefen, so stellt die Physik für ihn einen eigenen Wert dar (Stufe der Integration). Über die angegebenen Zwischenstufen können also auch extrinsische Anreize in das persönliche Wertesystem eingegliedert werden. Der Antrieb dafür ist nach Deci & Ryan der Wunsch jedes Menschen, drei grundlegende psychologische Bedürfnisse zu befriedigen:

1. Jede Person hat ein angeborenes Bedürfnis, in die soziale Umwelt eingebunden zu sein. Beispielsweise ist ein gutes Verhältnis zur Lehrkraft häufig damit verbunden, dass ein Schüler sich schulische Anforderungen zu eigen macht.
2. Schülerinnen und Schüler machen sich eine Sache dann eher zu eigen, wenn sie sie verstehen und über die notwendigen Mittel verfügen, um die damit verbundenen Probleme zu lösen (Kompetenzerleben).
3. Der entscheidende Faktor, um von der Stufe der Introjektion zur Integration zu gelangen ist das Ausmaß an Selbstbestimmung (Autonomieerleben). Dieser Autonomiebegriff darf nicht mit dem Streben nach totaler Freiheit verwechselt werden. Ein Lerner wünscht sich nur dort Handlungsfreiheit, wo er davon überzeugt ist, die Aufgabe mit hinreichender Wahrscheinlichkeit bewältigen zu können. Das Streben nach situationsangemessener Autonomie ist zugleich eine wichtige Voraussetzung für Kompetenzerleben, denn eine Bestätigung des eigenen Könnens wird nur dann erlebt, wenn die Aufgabe weitgehend selbstständig gelöst wurde.

Deci & Ryan weisen in diesem Zusammenhang darauf hin, dass Kompetenz- und Autonomieerleben gleichzeitig unterstützt werden müssen, um ein höheres Maß an intrinsischer Motivation zu erreichen.

Eine Reihe von Studien ihrer Arbeitsgruppe haben darüber hinaus gezeigt, dass die subjektive Wahrnehmung der Person entscheidend ist und über objektive Maße (z.B. die Häufigkeit der Anweisungen durch die Lehrkraft) kaum zu erfassen ist.

Emotionale Erfahrungen und Rückmeldungen in Bezug auf die drei grundlegenden Bedürfnisse haben nach Krapp (1998) auch entscheidenden Einfluss auf die Entwicklung von stabilen Interessen an Lerngegenständen. Denn nur bei einer insgesamt positiven Bilanz der Erlebensqualitäten während des Lernens kann demnach künftig mit einer dauerhaften Auseinandersetzungsbereitschaft in einem neuen Gegenstandsbereich gerechnet werden.

## 2.2 Lernstrategien im Unterricht

Im Hinblick auf Leistung ist zu erwarten, dass neben den beschriebenen motivationalen Aspekten auch Strategien eine Rolle spielen, mit denen Lerner das eigene Lernverhalten steuern. Es hat sich allerdings gezeigt, dass die Verfügbarkeit von Lernstrategien nicht ihre Anwendung garantiert. Deren Einsatz hängt also nicht nur von der Person des Lerners, sondern auch von den speziellen Bedingungen der Lernumgebung ab (Wild, 1996). Das Gruppenpuzzle gilt nicht nur aus motivationaler, sondern auch aus kognitiver Perspektive als günstig für den Lernprozess: nach Slavin et al. (2003) ist das Vermitteln von Inhalten durch Erklären eine effektive Möglichkeit, die Wissensbasis umzustrukturieren. Wichtige Moderatorvariablen, die den Einsatz der Lernstrategien steuern, sind aber motivationale Faktoren (Krapp, 1993).

Der Begriff der Lernstrategie wird in der Literatur nicht einheitlich verwendet. Üblicherweise werden jedoch zwei verschiedene Dimensionen unterschieden. Die erste ist durch Tiefenverarbeitungsstrategien und eine an der Sache orientierte, intrinsische Motivation gekennzeichnet. Die zweite Dimension verbindet Oberflächenstrategien mit einer extrinsischen motivationalen Orientierung. Bei den kognitiven Strategien, die der unmittelbaren Informationsaufnahme, -verarbeitung und -speicherung dienen, werden vier verschiedene

Lernaktivitäten unterschieden (vgl. Weinstein & Meyer, 1986; Wild, 2001):

1. Organisationsstrategien dienen der Reduktion komplexer Zusammenhänge auf das Wesentliche. Zu solchen Lernaktivitäten gehört z.B. die Unterscheidung zwischen wichtigen und weniger wichtigen Informationen.
2. Elaborationsstrategien sind Lerntätigkeiten zur Integration neuer Informationen in die vorhandene Wissensstruktur. Dazu zählt insbesondere die Verknüpfung neuer Inhalte mit dem Vorwissen z.B. durch Formulierung des Sachverhalts in eigenen Worten, durch Auffinden eigener Beispiele und das Bilden von Analogien.
3. Durch kritisches Prüfen des Stoffs werden Querverbindungen zu anderen Wissensbeständen hergestellt und so ein vertieftes Verständnis unterstützt. Hierzu zählt z.B. die Prüfung der Frage, ob neue Inhalte mit dem Vorwissen kompatibel sind.
4. Wiederholungsstrategien zielen auf ein einfaches Repetieren von Fakten und können die Verankerung im Langzeitgedächtnis unterstützen. Diese Lerntätigkeiten beinhalten keine Reorganisation oder Transformation der angebotenen Informationen.

Wiederholungsstrategien werden dabei zu den oberflächenorientierten, die anderen drei zu den tiefenorientierten Lernstrategien gezählt. Auch wenn das Auswendiglernen von Fakten ein sinnvoller Bestandteil von Lernen sein kann, so ist für ein verständnisvolles Lernen in der Regel eine aktive Verarbeitung unter Verwendung tiefenorientierter Lernstrategien notwendig. Es gibt jedoch nur wenige eindeutige Befunde die klären, welche Art von Strategien erforderlich sind, um eine bestimmte Lernleistung zu erzielen.

## 2.3 Perspektiven auf kooperativen Unterricht

In Bezug auf die Wirkungsweise kooperativer Unterrichtsformen, zu denen auch die Puzzle-methode gezählt wird, gibt es eine Reihe von unterschiedlichen theoretischen Perspektiven. Ein Überblick findet sich in den Übersichtsar-

tikeln von Slavin et al. (2003) sowie Gräsel & Gruber (2000). Allen Perspektiven ist gemeinsam, dass sie einen positiven Effekt von kooperativem Unterricht auf Leistung erwarten. Dies wurde im Zusammenhang mit Mathematik und Naturwissenschaften experimentell überwiegend bestätigt (vgl. die Metaanalyse von Springer et al., 1999). Im Rahmen der (extrinsisch) „motivationalen Perspektive“ ist dies der Fall, da die Gruppenmitglieder ihre eigenen Ziele nur dann erreichen können, wenn sie sich gegenseitig unterstützen. Als wesentliche Randbedingung wird allerdings vorausgesetzt, dass die Gruppe insgesamt belohnt wird und gleichzeitig die Leistung des Einzelnen identifizierbar bleibt. Diese Erklärung von leistungsrelevanten Effekten über extrinsische Anreize wird von einer Reihe von Forscherinnen und Forschern infrage gestellt. Cohen (1994) weist darauf hin, dass der Erfolg von kooperativem Unterricht wesentlich von der Qualität der Interaktion innerhalb der Gruppen abhängt und das Augenmerk auch auf andere Faktoren als die Belohnungsstruktur gerichtet werden sollte. Die Perspektive der „sozialen Kohäsion“ geht davon aus, dass die Gruppenmitglieder (auch) deshalb lernen, weil sie sich mit der Gruppe identifizieren und deren Erfolg wünschen. Dies wird durch anspruchsvolle und interessante Gruppenaufgaben unterstützt.

Verschiedene weitere Ansätze erwarten gute Leistungen, da der Diskurs im kooperativen Unterricht die kognitive Entwicklung fördert bzw. eine Restrukturierung der Wissensbestände initiiert. Beispielsweise wird in der Tradition Piagets die Wirksamkeit auf kognitive Konflikte und deren (erfolgreiche) Lösung zurückgeführt.

Renkl & Mandl (1995) fassen die empirisch ermittelten Faktoren zusammen, die das Gelingen von kooperativem Unterricht unterstützen. Sie weisen aber darauf hin, dass nicht alle dieser Bedingungen erfüllt sein müssen, sondern dass sie z.T. ersetzbar sind. Drei dieser Faktoren sind nach Huber (2000) für das Gelingen von kooperativem Unterricht essentiell. Sie werden im Folgenden kurz vorgestellt und es wird gezeigt, dass das Gruppenpuzzle auf-

grund der Struktur dieser Methode die Voraussetzungen ohne weitere Maßnahmen erfüllt:

### 1. *Spielraum für Entscheidungen.*

Im Gegensatz zu Frontalunterricht gibt es einen deutlich größeren Spielraum für eigene Entscheidungen. Z.B. kann das Arbeitstempo und die Lerntiefe von den Gruppenmitgliedern den eigenen Bedürfnissen angepasst werden. Darüber hinaus können die Expertinnen und Experten selbstständig planen, wie sie die Inhalte in ihrer Unterrichtsgruppe vermitteln. Insgesamt sollten diese Spielräume auch das Ausmaß an wahrgenommener Autonomie unterstützen.

### 2. *Wechselseitige Verantwortung für das Lernen der Gruppenmitglieder (Interdependenz).*

Wesentlich für den erfolgreichen Einsatz kooperativer Unterrichtsformen ist, dass die Lernaufgabe eine echte Gruppenaufgabe darstellt. Kontraproduktiv wäre in diesem Sinne, wenn sich nicht alle Gruppenmitglieder aktiv beteiligen würden. Beim Gruppenpuzzle ist dies nur schwer möglich, da aufgrund der unterschiedlichen Arbeitsaufträge für die Experten („task specialisation“) Ressourceninterdependenz besteht: die Mitglieder sind auf das Wissen der jeweiligen Experten angewiesen, um erfolgreich zu sein.

### 3. *Individuelle Verantwortlichkeit für die Gruppenleistung.*

Im Gruppenpuzzle ist von Anfang an klar, dass die Schülerinnen und Schüler ihr Expertenwissen in den Unterrichtsgruppen vermitteln müssen, und der Lernerfolg der jeweils anderen Mitglieder der Unterrichtsgruppen unmittelbar von ihnen abhängt. Diese „Lehr-Erwartung“ (Renkl, 1997) liefert eine Anwendungsperspektive für das zu Lernende und es macht daher Sinn, sich den Stoff anzueignen. Dieses Anliegen wird durch die Ankündigung eines Leistungstests über Inhalte der Gruppenarbeit zusätzlich unterstützt.

### 3 Entwicklung der Unterrichtsmaterialien

Um Fragestellungen im Zusammenhang mit dem Gruppenpuzzle in der 12. Jahrgangsstufe untersuchen zu können, ist die Entwicklung bzw. Auswahl geeigneter Unterrichtsinhalte eine wichtige Voraussetzung. Dabei waren folgende Kriterien leitend: Die Inhalte sollten

- möglichst interessant sein;
- für den Unterricht in der 12. Jahrgangsstufe bedeutsam sein, d.h. wichtige Inhalte dieser Jahrgangsstufe umfassen;
- in unabhängige Teilthemen gegliedert werden können, die sich für die Behandlung im Rahmen des Gruppenpuzzle eignen;
- im Schwierigkeitsgrad angemessen sein.

Alltagsgegenstände stoßen bei vielen Schülerinnen und Schülern auf erhöhtes Interesse (vgl. z.B. Häußler & Hoffmann, 1995). Dies gilt auch für naturwissenschaftliche Fragestellungen im Zusammenhang mit dem Mikrowellenofen (Berger, 2002). Nach Häußler & Hoffmann (1990) fällt auch das große Interesse von Schülerinnen und Schülern für Dinge auf, die bei starker Vergrößerung betrachtet werden. Es war daher naheliegend, neben dem Mikrowellenofen auch das Rasterelektronenmikroskop als Unterrichtskontext zu verwenden. Denn diese beiden Geräte basieren auf wesentlichen Inhalten, die in der 12. Jahrgangsstufe üblicherweise behandelt werden. Dazu gehören insbesondere die Themenbereiche elektromagnetische Schwingungen und Wellen sowie die Bewegung von Ladungsträgern in elektrischen und magnetischen Feldern. Im Folgenden werden die beiden Unterrichtseinheiten in aller Kürze vorgestellt. Ausführliche Erläuterungen und Hintergrundinformationen finden sich bei Berger (2002 und 2003). Die Beschreibung der Unterrichtseinheiten sowie das zugehörige Unterrichtsmaterial können im Internet unter <http://www.physik.uni-kassel.de/didaktik/grips.htm> herunter geladen werden.

#### 3.1 Prinzip des Rasterelektronenmikroskops

In der Elektronenkanone werden ähnlich wie in einem Fernseher freie Elektronen durch

glühelektrischen Effekt erzeugt und beschleunigt. Der Elektronenstrahl trifft fokussiert auf eine Probe. Dort werden Elektronen freigesetzt und können die Probe zum Teil verlassen. Mit Hilfe eines Detektors wird gezählt, wie viele Elektronen pro Zeiteinheit dorthin gelangen. Je größer diese Zahl ist, desto heller wird der entsprechende Bildpunkt auf einem Monitor dargestellt. Um die gesamte Probe zu erfassen wird der Elektronenstrahl mit Hilfe der Magnetfelder zweier senkrecht zueinander angeordneter Ablenkspulen über die Probe geführt und das Bild auf dem Monitor auf diese Weise Zeile für Zeile aufgebaut (Rasterprinzip).

Im Rahmen des Gruppenpuzzle werden folgende vier Fragestellungen behandelt:

- Wie werden die Elektronen in der Elektronenkanone freigesetzt und beschleunigt?
- Wie kann der Elektronenstrahl abgelenkt und damit über die Probe geführt werden?
- Wovon hängt die Eindringtiefe der Elektronen in die Probe ab?
- Wie funktioniert der Elektronendetektor?

#### 3.2 Funktionsweise des Mikrowellenofens

Im Mikrowellenofen können wasserhaltige Speisen erwärmt werden. Wassermoleküle verfügen über ein permanentes elektrisches Dipolmoment. Im elektrische Wechselfeld der hochfrequenten elektromagnetischen Welle im Gigahertzbereich (Mikrowellen) werden die elektrischen Dipole daher in Rotation versetzt und geben die aufgenommene Energie an umgebende Moleküle (z.B. von Fleisch) weiter. Makroskopisch äußert sich dies als Temperaturerhöhung.

Im Gruppenpuzzle werden vier Teilthemen besprochen:

- Die Abschirmung der Mikrowellen mithilfe des Metallgitters in der Ofentür.
- Der Einsatz eines Drehtellers, um die Speise durch die stehende elektromagnetische Welle hindurchzuführen. Dies kann die inhomogene Erwärmung reduzieren.
- Die Bestimmung des Wirkungsgrads eines Mikrowellenofens.
- Die Erzeugung der Mikrowellen mit Hilfe von Schwingkreisen.

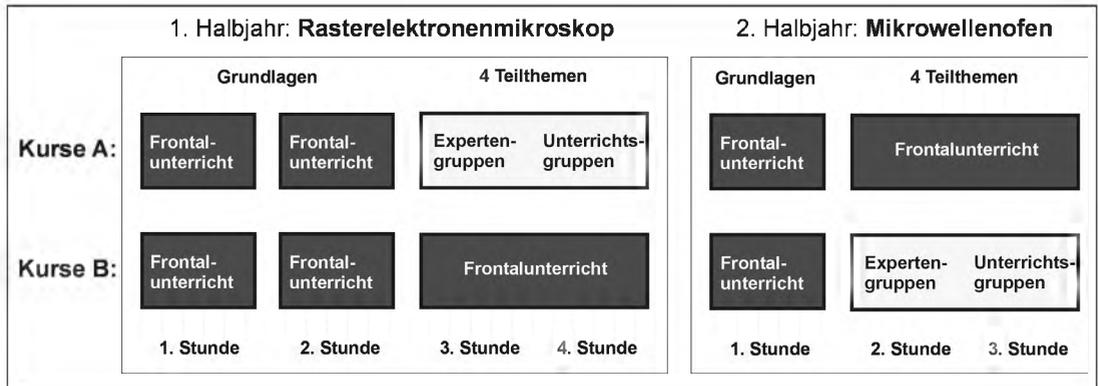


Abb. 1: Untersuchungsplan der Studie.

## 4 Konzept der Untersuchung

### 4.1 Fragestellungen

Aufgrund der theoretischen Überlegungen in Abschnitt 2 ergeben sich die folgenden Annahmen:

Durch die Gruppenarbeit werden gewisse Freiräume geschaffen, die sich günstig auf das Erleben von Autonomie und sozialer Eingebundenheit auswirken sollten. Kompetenzerleben dürfte vor allem durch die intensive Auseinandersetzung mit den Inhalten in den Expertengruppen ermöglicht werden. Wir gehen daher davon aus, dass die Puzzlemethode die drei **grundlegenden Bedürfnisse** besser als Frontalunterricht unterstützt (Haupthypothese).

Falls die Haupthypothese zutreffen sollte, so sind folgende weitere Effekte zu erwarten:

1. Entsprechend der Selbstbestimmungstheorie der Motivation sollte dies mit einer höheren **intrinsischen Motivation** verbunden sein (Hypothese 1).
2. Wir gehen darüber hinaus davon aus, dass sich die Unterstützung der grundlegenden Bedürfnisse in einer intensiveren Auseinandersetzung mit den Inhalten widerspiegelt. Es ist daher zu erwarten, dass der Lernprozess im Gruppenpuzzle mit einem höheren **kognitiven Engagement** sowie dem verstärkten Einsatz höherwertiger **Lernstrategien** einhergeht (Hypothese 2).
3. Durch die vertiefte Auseinandersetzung mit den Inhalten ist auch zu erwarten, dass sich dies in besseren **Leistungen** im Abschlusstest niederschlägt (Hypothese 3).

Dem kommt entgegen, dass alle von Huber (2000) als für das Gelingen von kooperativem Unterricht als wesentlich eingeschätzte Faktoren erfüllt sind.

### 4.2 Ablauf der Untersuchung

Die Unterrichtseinheiten wurden in der Untersuchung jeweils so eingesetzt, dass in diesem Rahmen wichtige Inhalte des ersten (Rasterelektronenmikroskop) bzw. zweiten Halbjahres (Mikrowellenofen) in Grundkursen der 12. Jahrgangsstufe wiederholt werden können. Geeignet erscheint daher folgender Untersuchungsplan (Abb. 1): Am Ende des ersten Halbjahres werden die Grundlagen zum Rasterelektronenmikroskop in zwei Einzelstunden in frontaler Form unterrichtet. In der anschließenden Doppelstunde erarbeiten sich die „Kurse A“ die in Abschnitt 3.1 beschrieben Teilthemen, während der Vergleichsgruppe „Kurse B“ diese Inhalte wiederum in frontaler Form vermittelt werden.

Am Ende des zweiten Halbjahres wird das Thema Mikrowellenofen behandelt. Diejenigen Schülerinnen und Schüler, die zum Rasterelektronenmikroskop durchgehend frontal unterrichtet wurden, arbeiten nun im Gruppenpuzzle und umgekehrt. Im Rahmen der Studie lässt sich so einerseits ein Vergleich der beiden Methoden bei ein und demselben Thema durchführen. Andererseits wird erreicht, dass die Schülerinnen und Schüler beide Methoden erleben und somit die Möglichkeit besteht, einen intraindividuellen Vergleich durchzuführen.

Zusätzlich wurde vor jeder der beiden Unterrichtseinheiten das Vorwissen erfasst und ein angekündigter, unbenoteter Abschlusstest als Rückmeldung über den individuellen Leistungsstand durchgeführt. Die Fragen bezogen sich auf die vier, jeweils in einer Doppelstunde behandelten Themen (vgl. Abschnitte 3.1. und 3.2).

Der insgesamt sieben Schulstunden umfassende Unterricht wurde im Schuljahr 2002/2003 in acht Grundkursen an fünf Kasseler Schulen durchgeführt. Einige Schülerinnen und Schüler verließen ihre Kurse zum Halbjahr und konnten daher nicht mehr am Unterricht zum Mikrowellenofen teilnehmen. Dies galt auch für einen Kurs, der aufgrund fehlender Vorkenntnisse im zweiten Halbjahr nicht teilnehmen konnte. Um diese Ausfälle möglichst zu kompensieren, wurde im zweiten Durchgang ein Kurs neu dazugenommen. In Tabelle 1 sind die Zahlen der Schülerinnen und Schüler mit vollständigem Datensatz dargestellt. Die Schnittmenge derjenigen, die beide Methoden und beide Themen kennen lernten umfasst  $N = 61$ .

	Kurse A	Kurse B
Rasterelektronenmikroskop	24 / 32	23 / 30
Mikrowellenofen	19 / 18	18 / 27

Tab. 1: Anzahl der Schülerinnen / Schüler mit vollständigem Datensatz.

#### 4.3. Messinstrumente

Um die relevanten Variablen zu erfassen, wurde ein Fragebogen entwickelt, der folgenden Bedingungen genügt:

- Er ist so kurz, dass er innerhalb von drei bis vier Minuten zu bearbeiten ist. Um dieses Ziel zu erreichen, wurde die Länge der einzelnen Skalen auf zwei, wenn es aus theoretischen Gründen geboten schien, maximal drei Items begrenzt.
- Die Items sind so formuliert, dass sie unterschiedliche Unterrichtsmethoden und -situationen erfassen können. Beispielsweise wurde ein Item wie „Ich fühlte mich von der Lehrkraft verstanden“ nicht in Erwägung gezogen, da es auf Frontalunterricht,

nicht aber auf Lernformen passt, bei denen sich die Lehrkraft im Hintergrund hält (wie z.B. beim Gruppenpuzzle).

Die Auswahl der Items erfolgte in zwei Stufen. Auf der Grundlage bekannter Skalen wurde zunächst ein Itempool formuliert und im Rahmen einer Vorstudie in acht verschiedenen Grundkursen der 12. Jahrgangsstufe ( $N=163$ ) in Bayern und Hessen am Ende je einer Unterrichtsstunde von den Schülerinnen und Schülern bearbeitet. Mithilfe einer Faktorenanalyse wurden jeweils die Items mit der höchsten Faktorladung ausgewählt. Die so konstruierten Skalen wurden in der Hauptstudie eingesetzt. Die weiter unten berichteten teststatistischen Kennwerte beziehen sich auf die Hauptstudie (Messzeitpunkt nach Expertengruppe bzw. Frontalunterricht; die anderen Messzeitpunkte haben ähnliche Resultate erbracht.) Trotz der Kürze der Skalen sind gängige messtheoretische Standards erfüllt. So liegen die internen Konsistenzen der Skalen mindestens bei Cronbachs  $\alpha = .60$ .

Alle Messungen erfolgten jeweils auf 5-stufigen Ratingskalen von „trifft gar nicht zu“ (1) bis „trifft ganz genau zu“ (5). Als Maß für die jeweilige Variable wurde der Mittelwert aus den zugehörigen Items gebildet.

##### 4.3.1 Skalen „Grundlegende Bedürfnisse“

Zur Erhebung der grundlegenden Bedürfnisse Soziale Eingebundenheit (SE), Kompetenzerleben (KE) und Autonomieerleben (AE) nach der Selbstbestimmungstheorie von Deci & Ryan wurden Skalen von Prenzel et al. (1993 und 2001) sowie Deci & Ryan (2004) entsprechend den oben genannten Bedingungen adaptiert: SE1: „Ich empfand die Stimmung als sehr angenehm.“ SE2: „Ich hatte das Gefühl dazuzugehören.“ KE1: „Ich habe gemerkt, dass ich die Dinge verstanden habe.“ KE2: „Ich fühlte mich den Anforderungen gewachsen.“ AE1: „Ich hatte die Möglichkeit, neue Bereiche eigenständig zu erkunden.“ AE2: „Ich hatte das Gefühl, Entscheidungsspielräume zu haben.“

N=106	Faktor „Soziale Eingebundenheit“ ( $\alpha=.76$ )	Faktor „Kompetenzerleben“ ( $\alpha=.79$ )	Faktor „Autonomieerleben“ ( $\alpha=.62$ )
SE1	.83	.22	.10
SE2	.84	.21	.18
KE1	.36	.83	-.03
KE2	.08	.93	.13
AE1	.59	.03	.59
AE2	.12	.07	.94

Tab. 2: Faktorenladungen und Reliabilität der Skalen „Grundlegende Bedürfnisse“.

In Tabelle 2 sind die Faktorladungen sowie die Reliabilität der entsprechenden Skalen dargestellt. Die Rechnung basiert auf einer Hauptkomponenten-Faktorenanalyse mit drei vorgegebenen Faktoren und Varimax-Rotation. Die Varianzaufklärung dieser drei Faktoren betrug zusammen 80,5 %.

#### 4.3.2 Skala „Intrinsische Motivation“

Um den Fragebogen möglichst kurz zu halten, beschränkten wir uns auf die Erfassung intrinsischer Motivation. Insbesondere wurden die Stufen der Introjektion, Integration und Identifikation nicht durch eigene Skalen erfasst. Unterstützt wurde diese Entscheidung durch die Beobachtung in der Voruntersuchung, dass diese Stufen mit intrinsischer Motivation entsprechend korrelierten.

In den Kurzfragebogen wurden basierend auf den Items von Prenzel et al. (1993) folgende, modifizierte Items aufgenommen:

- „Das Arbeiten machte mir richtig Spaß.“
- „Ich war wissbegierig.“

Die Reliabilität dieser Skala betrug  $\alpha=.63$ .

#### 4.3.3 Skala Lernstrategien

Entsprechend der im Abschnitt 2.2 vorgestellten Überlegungen wurden nach Prenzel et al. (2001) sowie Wild & Schiefele (1994) folgende vier Items ausgewählt:

- Wiederholung: „Ich habe mir so viele Fakten wie möglich eingepägt.“
- Organisation: „Ich habe versucht, wichtige von unwichtigen Dingen zu unterscheiden.“

- Elaboration: „Ich habe versucht, den Stoff mit dem zu verbinden, was ich schon wusste.“
- Kritisches Prüfen: „Ich habe die neuen Inhalte kritisch geprüft.“

Die letzten drei dieser Items wurden zur Variable „Tiefenstrategien“ zusammengefasst. Die Reliabilität betrug  $\alpha=.60$ .

#### 4.3.4 Skala kognitives Engagement

Eine allgemein akzeptierte Voraussetzung für einen qualitativ hochwertigen Lernprozess ist die aktive Konstruktion von Wissensstrukturen. Allerdings kommt es dabei nicht auf eine äußere, sondern auf die mentale Aktivität an und diese ist nicht direkt beobachtbar. Die mentale Aktivität kann auch bei äußerlich inaktiven Zuhörern (z.B. im Frontalunterricht) sehr hoch sein. Um ein Maß für mentale Aktivierung zu haben, wurde von Wild (2000) die Skala „kognitives Engagement“ direkt übernommen. Diese Variable umfasst die beiden Items

- „Ich fühlte mich konzentriert.“
- „Ich fühlte mich engagiert.“

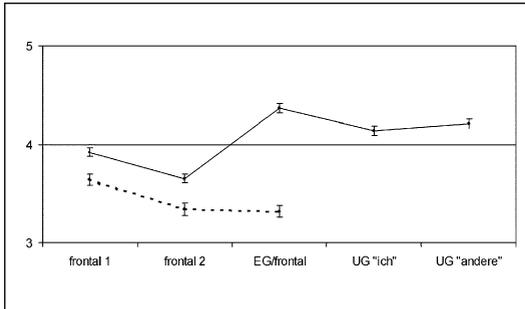
Die Reliabilität der Skala betrug  $\alpha=.73$ .

#### 4.3.5 Leistungstests

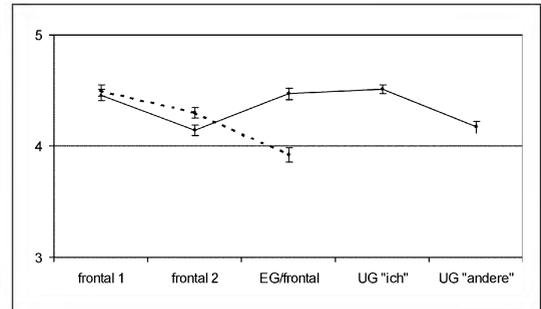
Mithilfe der Abschlusstests sollten die Fachkenntnisse über die vier Teilthemen erhoben werden, die im Rahmen der Doppelstunde im Gruppenpuzzle bzw. im Frontalunterricht erworben wurden. Nach der Klassifizierung der Einheitlichen Prüfungsanforderung Physik (Leisen, 2004), lassen sich etwa 45% jeweils den Anforderungsbereichen I und II (Repro-

duktion und Reorganisation) und 10% dem Anforderungsbereich III (Transfer und problemlösendes Denken) zuordnen. Dies entspricht üblichen Anforderungen im Grundkurs Physik. Die Leistungstests unterschieden sich von den Vorwissenstests, denn es sollten auch neue Inhalte geprüft werden (z.B. die Funktionsweise des Detektors). Die grundlegenden Konzepte, die im Rahmen der beiden Unterrichtseinheiten wiederholt werden sollten und

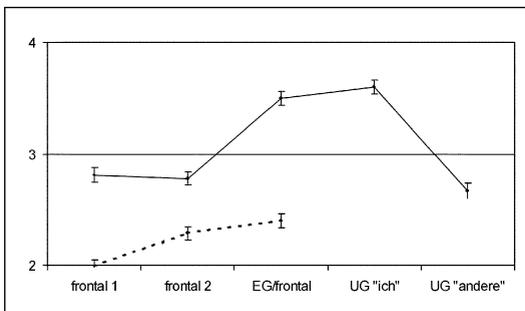
wesentlicher Gegenstand des Unterrichts in der 12. Jahrgangsstufe sind, wurden jedoch sowohl in den Vorwissenstests als auch in den Abschlusstests geprüft. Dazu zählt beim Rasterelektronenmikroskop insbesondere die Bewegung von Elektronen im elektrischen und magnetischen Feld und beim Mikrowellenofen das Konzept elektromagnetischer Schwingungen und Wellen sowie deren Überlagerung (stehende Wellen).



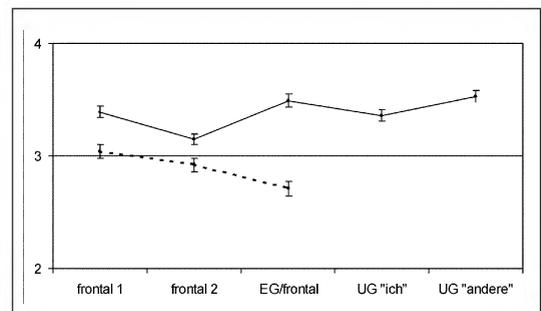
a. Soziale Eingebundenheit



b. Kompetenzerleben



c. Autonomieerleben



d. intrinsische Motivation

Abb. 2: Ergebnisse zu den grundlegenden Bedürfnissen und intrinsischen Motivation. Die durchgezogene Kurve beschreibt jeweils die Kurse A (vgl. Abb. 1), die nach zwei Einzelstunden in frontaler Form (Messzeitpunkte „frontal 1“ bzw. „frontal 2“) eine Doppelstunde im Rahmen der Puzzlemethode arbeiteten. In dieser Doppelstunde wurden drei Messungen erhoben: Eine Messung nach der Arbeit der Expertengruppe („EG/frontal“) und nach dem Unterricht in der Unterrichtsgruppe. Bei der Bewertung der Unterrichtsgruppe wurde wiederum unterschieden: die Phase, als die Experten ihr eigenes Expertenthema erklärten („UG ich“) bzw. sie von den anderen Experten instruiert wurden („UG andere“).

Die gestrichelte Kurve beschreibt die Gruppen, die durchgehend Frontalunterricht hatten („Kurse B“ in Abb. 1). Messungen wurden zu drei Zeitpunkten durchgeführt: Nach der ersten und zweiten Frontalstunde, die mit dem Unterricht der Vergleichsgruppe inhaltlich identisch war („frontal 1“ bzw. „frontal 2“), und nach der Doppelstunde Frontalunterricht (EG/frontal).

Als Fehlermaß ist jeweils die Standardabweichung des Mittelwerts („Standardfehler“) angegeben.

## 5 Ergebnisse

In der Untersuchung hat sich gezeigt, dass sich die Ergebnisse je nach Thema zum Teil deutlich unterscheiden. Sie werden der Übersichtlichkeit halber daher zunächst getrennt dargestellt und im 3. Abschnitt einander gegenübergestellt.

### 5.1 Rasterelektronenmikroskop

#### 5.1.1 Grundlegende Bedürfnisse und intrinsische Motivation

Die Ergebnisse zu den grundlegenden Bedürfnissen und der intrinsischen Motivation sind in Abb. 2 dargestellt. Die Bedeutung der einzelnen Messpunkte ist in der Bildunterschrift beschrieben.

In Bezug auf das Unterrichtsthema Rasterelektronenmikroskop lässt sich entsprechend der Hypothesen (vgl. Abschnitt 4.1) festhalten:

Die Förderung der grundlegenden Bedürfnisse gelingt im Rahmen der Puzzlemethode zumindest phasenweise besser als im Frontalunterricht. Die Haupthypothese wird daher bestätigt. Entsprechend der Selbstbestimmungstheorie der Motivation ist die intrinsische Motivation höher als im Frontalunterricht. Hypothese 1 trifft daher ebenfalls zu.

Einen Eindruck über die Ursache des Vorteils des Gruppenpuzzles gegenüber dem Frontalunterricht geben die folgenden Interviewauszüge:

*„Dass wir nicht so wie manchmal im Unterricht sitzen: Du sitzt einfach da, oder versuchst zuzuhören und beteiligst dich nicht, aber in den Gruppen hat man eigentlich schon dazugehört und man hat schon den Leuten auch erklärt oder man war einfach dabei.“* (Soziale Eingebundenheit)

*„In der Expertenrunde konnte ich Fragen stellen und das alles verstehen und war dann richtig gut dafür gewappnet. Und dadurch, dass ich den Anderen dann noch mal erklärt habe, habe ich es auch noch mal besser verstanden.“* (Kompetenzerleben)

*„Dass wir so Gruppenarbeit gemacht haben, wo man halt selbst entscheiden konnte, also wo es etwas freier zugeht als sonst, wo man doch sehr viel Material usw. bekommt, was man durcharbeiten soll und dann hinterher*

*auch das Ziel vorgeschrieben bekommt. Und so kannst du es so langsam selbst erarbeiten.“* (Autonomieerleben)

Ein Vergleich des Kompetenzerlebens von Schülerinnen mit dem der Schüler zeigt, dass die im Frontalunterricht deutlich vorhandenen Unterschiede durch den Einsatz der Puzzlemethode verschwinden (Abb. 3).

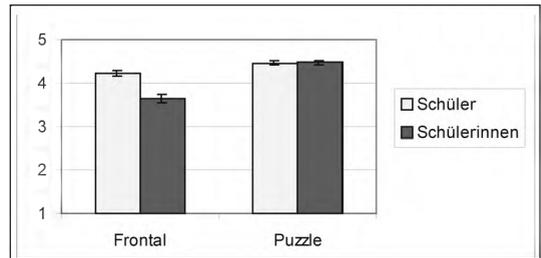


Abb. 3: Kompetenzerleben von Schülerinnen und Schülern im Frontalunterricht bzw. dem Gruppenpuzzle. Als Fehlermaß ist die Standardabweichung des Mittelwerts („Standardfehler“) angegeben.

Dieser Effekt kann inferenzstatistisch mittels Kovarianzanalyse bestätigt werden. Kovariate ist der Frontalunterricht der ersten Stunde („frontal 1“ in Abb. 2). Dadurch lassen sich Unterschiede zwischen Schülerinnen und Schülern berücksichtigen, die bereits im gemeinsamen Frontalunterricht vorhanden sind. Die Analyse ergibt einen signifikanten Interaktionseffekt zwischen dem Geschlecht und der Unterrichtsmethode ( $F(1,99)=4.1$ ;  $p=.045$ ).

#### 5.1.2 Kognitive Variablen

Die Arbeit in den Expertengruppen ist von besonderer Bedeutung im Hinblick auf Leistung (Messpunkt „EG/frontal“ in Abb. 2). Daher werden die Ergebnisse bezüglich der bereits beschriebenen Variablen zusammen mit kognitiven Variablen in Abb. 4 den Ergebnissen der Vergleichsgruppe mit Frontalunterricht gegenübergestellt. Dabei sind mithilfe einer Kovarianzanalyse im gemeinsamen Frontalunterricht möglicherweise bereits präexperimentell bestehende Unterschiede berücksichtigt.

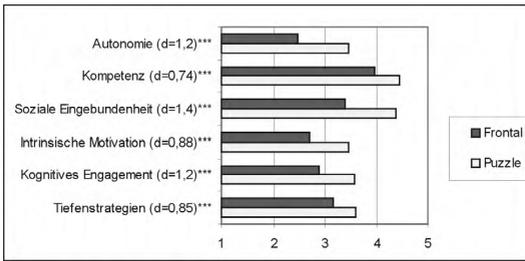


Abb. 4: Adjustierte Mittelwerte der Selbstberichtsskalen zum Messzeitpunkt „EG/frontal“. Die Puzzlemethode ist bezüglich all dieser Variablen dem Frontalunterricht hoch signifikant überlegen ( $p < .001$ ). Angegeben sind außerdem die Effektgrößen  $d$ , also der Mittelwertunterschied in Einheiten der Standardabweichung.

Kovariate ist dabei wiederum die erste Frontalstunde („frontal 1“ in Abb. 2).

Die Effektstärken bezüglich der Variablen kognitives Engagement und Verwendung höherwertiger Lernstrategien liegen in der Größenordnung einer Standardabweichung. Damit trifft die entsprechende Hypothese 2 zu.

### 5.1.3 Leistungstests

In Tab. 3 sind die Leistungen im Vorwissenstest sowie im Abschlusstest dargestellt. Dieser bezog sich auf die Inhalte, die in der Doppelstunde im Rahmen des Gruppenpuzzle bzw. des Frontalunterrichts behandelt wurden. Eingetragen ist jeweils die gesamte erreichte Punktzahl bezogen auf die maximale Punktzahl in Prozent.

	Vorwissenstest	Abschlusstest	Expertenthema	instruierte Themen
Frontalunterricht	50%	53%	(53%)	(53%)
Puzzlemethode	55%	57%	76%	52%

Tab. 3: Ergebnisse der Leistungstests. Dargestellt ist jeweils der Mittelwert der richtig gelösten Aufgaben als Bruchteil der maximal erreichbaren Punktzahl. Vorwissenstest und Abschlusstest waren in der Fragestellung unterschiedlich. In der dritten Spalte „Expertenthema“ wurde allein das Thema berücksichtigt, welches die Schülerinnen und Schüler im Rahmen der Expertengruppen erarbeitet haben. Entsprechend gehen in die letzte Spalte die restlichen drei Themen ein („instruierte Themen“). Der Vergleich erfolgte mit dem gesamten Abschlusstest der Gruppen mit Frontalunterricht.

Im Vorwissenstest ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Bedingungen ( $t(115)=1.31$ ;  $p=.19$ ). Ein Vergleich zwischen Vorwissenstest und Abschlusstest ist nicht sinnvoll, da unterschiedliche Aufgaben gestellt wurden. Im Abschlusstest, in dem die vier Themen aus der Doppelstunde geprüft wurden, ergab sich über alle vier Themen gemittelt wiederum kein signifikanter Unterschied ( $t(108)=.96$ ;  $p=.34$ ). Betrachtet man jedoch diejenigen Themen, in denen sich die Schülerinnen und Schüler spezialisiert hatten („Expertenthema“), so zeigt sich ein deutlicher Vorsprung zum Frontalunterricht ( $t(107)=4.1$ ;  $p < .01$ ). Umgekehrt ist bei den anderen Themen („instruierte Themen“) nur ein geringer Rückstand vorhanden ( $t(107)=-0.19$ ;  $p > .50$ ). Die Hypothese 3, wonach mit einem besseren Abschneiden der Puzzlemethode in den Leistungstests gerechnet wurde, trifft daher nur eingeschränkt zu.

## 5.2 Mikrowellenofen

### 5.2.1 Selbstberichtsskalen

In Abbildung 5 sind die Ergebnisse der Selbstberichtsskalen in Bezug auf das Thema Mikrowellenofen dargestellt.

Ein Vorteil der Puzzlemethode zeigt sich nur bei der sozialen Eingebundenheit und dem Autonomie-, nicht aber beim Kompetenzerleben. Auch für die anderen Variablen ist kein signifikanter Unterschied zwischen Gruppenpuzzle und Frontalunterricht vorhanden. Die Haupthypothese, wonach die grundlegenden Bedürfnisse im Rahmen der Puzzlemethode

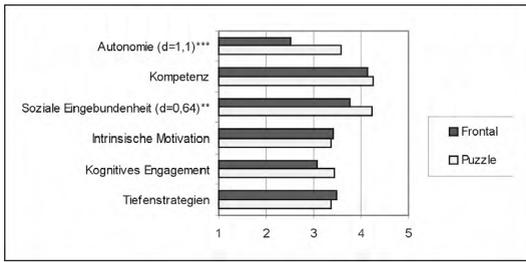


Abb. 5: Selbstberichtskaleten zum Mikrowellenofen. Die Mittelwerte sind wie in Abb. 4 adjustierte Werte mit dem vorhergehenden, gemeinsamen Frontalunterricht als Kovariate. Die Signifikanzniveaus betragen  $p=.001$  (\*\*\*) bzw.  $p=.01$  (\*\*). In diesen Fällen sind auch die Effektgrößen  $d$  angegeben.

besser als im Frontalunterricht gefördert werden, trifft daher nur eingeschränkt zu.

### 5.2.2 Leistungstest

Bezüglich des Leistungstests zum Mikrowellenofen gab es wiederum keine signifikanten

Unterschiede zwischen Frontalunterricht und Gruppenpuzzle (61% zu 60%;  $t(81)=-0.06$ ;  $p>.50$ ). Allerdings war zufallsbedingt das Vorwissen in den Kursen mit Frontalunterricht deutlich geringer (70% zu 48%;  $t(93)=4.89$ ;  $p<.01$ ) sodass eine Kovarianzrechnung (mit dem Vorwissen als Kovariate) adjustierte Mittelwerte von 66% (Frontal) zu 56% (Puzzlemethode) ergab ( $F(1,76)=5.1$ ;  $p=.03$ ). Es zeigten sich bei Berücksichtigung des unterschiedlichen Vorwissens keine signifikanten Unterschiede zwischen dem Expertenthema und dem Frontalunterricht.

### 5.3 Gegenüberstellung der Ergebnisse

Aufgrund der durchaus unterschiedlichen Ergebnisse bei den verschiedenen Themen wurde für die Selbstberichtskaleten sowie den Leistungstest eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit den Faktoren Thema und Unterrichtsform durchgeführt. Die Daten sind in Tabelle 4 dargestellt.

Auffällig sind die signifikanten Interaktionen zwischen Thema und Unterrichtsform bei den

	Rasterelektronenmikroskop		Mikrowellenofen		p-Werte für Effekte		
	Gruppenpuzzle	Frontalunterricht	Gruppenpuzzle	Frontalunterricht	Methode	Thema	Interaktion Methode x Thema
Autonomie	3.5	2.5	3.6	2.5	.000	.508	.828
Kompetenz	4.4	4.0	4.2	4.1	.004	.941	.054
Soziale Eingebundenheit	4.4	3.4	4.2	3.8	.000	.286	.018
Intrinsische Motivation	3.5	2.7	3.4	3.4	.004	.210	.052
kognitives Engagement	3.6	2.9	3.4	3.1	.000	.812	.100
Tiefenstrategien	3.6	3.2	3.4	3.5	.086	.649	.004
Abschlusstest	58%	56%	53%	64%	.139	-	-

Tab. 4: Ergebnisse einer zweifaktoriellen Varianzanalyse zum Messzeitpunkt „EG/frontal“ (Kovariate: inhaltlich identischer Frontalunterricht in der ersten Stunde). Die Abschlusstests sind auf die Vorwissenstests adjustiert. Die Angabe eines p-Werts macht aufgrund verschiedener Tests für unterschiedliche Themen keinen Sinn und wurde daher nicht eingetragen.

Variablen Kompetenzerleben, Soziale Eingebundenheit, intrinsische Motivation und Tiefenstrategien. Bei diesen Variablen zeigt sich, dass beim Thema Mikrowellenofen auch im Frontalunterricht ähnlich gute Werte erreicht werden, wie sie beim Rasterelektronenmikroskop nur in der Bedingung Gruppenpuzzle vorliegen. Die Effekte der Unterrichtsform sind also beim Rasterelektronenmikroskop deutlich stärker als beim Mikrowellenofen.

## 6 Zusammenfassung und Diskussion

Betrachtet man die Ergebnisse zum Thema Rasterelektronenmikroskop, so haben sich die Annahmen im Wesentlichen bestätigt: Die grundlegenden Bedürfnisse nach sozialer Eingebundenheit, Autonomie- und Kompetenzerleben werden durch die Puzzlemethode vor allem in den Expertengruppen wesentlich besser unterstützt als im Frontalunterricht.

In Übereinstimmung mit der Selbstbestimmungstheorie von Deci & Ryan ist mit der gelungenen Unterstützung der grundlegenden Bedürfnisse auch ein höheres Maß an intrinsischer Motivation verbunden.

Insbesondere das Kompetenzerleben der Schülerinnen wird durch die kooperative Lehr-Lernmethode so weit gesteigert, dass der im Frontalunterricht beobachtete Rückstand zu den Schülern verschwindet. Dieser Befund kann im Hinblick auf die Förderung von Schülerinnen im Physikunterricht bedeutsam sein.

Das Gruppenpuzzle unterstützt das kognitive Engagement sowie die Verwendung höherwertiger Lernstrategien. Im Hinblick auf Leistung war die Unterrichtsmethode bei denjenigen Aufgaben überlegen, die im Rahmen der Expertengruppen erarbeitet wurden. Der theoretisch erwartete Leistungsvorsprung im Abschlusstest trat allerdings nicht ein. Immerhin hat die Puzzlemethode aber auch nicht schlechter abgeschnitten. Dies ist vor dem Hintergrund zu bewerten, dass die Lernwirksamkeit der direkten Instruktion vielfach wissenschaftlich nachgewiesen wurde (Weinert, 1996). Die Vermittlung der Teilthemen in den Unterrichtsgruppen war so gut, dass sich kein bedeutsamer Unterschied zum Frontalunterricht gezeigt hat.

Eine offene Frage ist, warum eine höhere intrinsische Motivation verbunden mit höherem kognitiven Engagement und der Verwendung höherwertiger Lernstrategien sich nicht in durchschlagend besseren Leistungen manifestiert. Möglicherweise müssen Lernstrategien aber auch über Selbstberichtskaalen hinaus auf alternativen Wegen erhoben werden (Artelt, 2000). Um dies zu prüfen, wird von uns zurzeit eine Nachfolgeuntersuchung durchgeführt, in der die Gespräche in den Gruppen aufgezeichnet und hinsichtlich der Verwendung von elaborierenden und metakognitiven Lernstrategien analysiert werden.

Die Ergebnisse sind nicht unabhängig vom Thema. Beim Mikrowellenofen konnte im Rahmen des Frontalunterrichts die Lücke zur Puzzlemethode weitgehend geschlossen werden. Insbesondere beim Kompetenzerleben zeigten sich keine Unterschiede mehr. Entsprechend den Annahmen von Deci und Ryan sollten aber zur Förderung der selbstbestimmten Motivation alle drei grundlegenden Bedürfnisse gleichzeitig verbessert werden.

Auch bezüglich der kognitiven Variablen gibt es zwischen den Bedingungen keine Unterschiede mehr, die Leistung ist beim Gruppenpuzzle bei Berücksichtigung des höheren Vorwissens sogar etwas schlechter. Diese Befunde legen nahe, dass das Kompetenzerleben nicht nur für die Motivation, sondern auch für die Leistung ein entscheidender Parameter ist.

Eine mögliche Ursache für das gute Abschneiden der frontalen Methode beim Mikrowellenofen ist die besonders hohe Interessantheit des Lerngegenstands. Es handelt sich dabei um ein den meisten Schülerinnen und Schülern vertrautes Gerät aus dem Alltag, das unabhängig von der Methodenwahl motivierend wirken könnte. Auch konnten zu diesem Thema eine größere Zahl von Versuchen durchgeführt werden als beim Rasterelektronenmikroskop, ein Umstand, der einen zusätzlichen Motivations Schub ausgelöst haben könnte.

Vielen der an der Untersuchung beteiligten Schülerinnen und Schüler war die Puzzlemethode nicht bekannt. Es ist daher nicht auszuschließen, dass dies Einfluss auf das Antwortverhalten hatte. Es gibt in den Daten

allerdings auch Hinweise, die gegen einen dominierenden Neuigkeitseffekt sprechen. Beispielsweise nahm das Kompetenzerleben in der Unterrichtsrunde deutlich ab, während das in Bezug auf die soziale Eingebundenheit nicht der Fall war. Für eine weitere Klärung müsste der Einsatz der Puzzlemethode aber über einen längeren Zeitraum beobachtet werden. Der Frontalunterricht wurde von drei ausgewählten Lehrern durchgeführt. Wir gehen daher davon aus, dass er vergleichsweise effektiv war. Die genannten Einschränkungen legen insgesamt nahe, die beschriebenen Befunde nur mit entsprechender Vorsicht zu verallgemeinern.

## Literatur

- Aronson, E., Blaney, N., Stephan, C., Sikes, J. & Snapp, M. (1978). *The jigsaw classroom*. Beverly Hills, CA: Sage.
- Artelt, C. (2000). *Strategisches Lernen*. Münster: Waxmann.
- Berger, R. (2000). *Moderne bildgebende Verfahren der medizinischen Diagnostik – Ein Weg zu interessanterem Physikunterricht*. Berlin: Logos Verlag.
- Berger, R. (2002). *Das Mikrowellengerät – ein interessanter Küchenhelfer*. *Praxis der Naturwissenschaften Physik* 51 (2) 9-17.
- Berger, R. (2003). *Physik und Technik des Rasterelektronenmikroskops*. *Praxis der Naturwissenschaften Physik* 52 (2), 36-45.
- Cohen, E. G. (1994). *Restructuring the Classroom: Conditions für Productive Small Groups*. *Review of Educational Research* 64 (1), 1-35.
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1993). *Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik*. *Zeitschrift für Pädagogik* 39, 223-238.
- Deci, E. L. & Ryan, E. M. (2004) im Internet unter URL <http://www.psych.rochester.edu/SDT/measures/comp.html> [Stand 15.7.2004]
- Gräsel, C. & Gruber, H. (2000). *Kooperatives Lernen in der Schule. Theoretische Ansätze – Empirische Befunde – Desiderate für die Lehramtsausbildung*. In N. Seibert (Hrsg.), *Perspektive Schulpädagogik*. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt, 161-175.
- Häußler, P. & Hoffmann, L. (1990). *Wie Physikunterricht auch für Mädchen interessant werden kann*. *Naturwissenschaften im Unterricht – Physik* 1 (1), 12-18.
- Häußler, P. & Hoffmann, L. (1995). *Physikunterricht an den Interessen von Mädchen und Jungen orientiert*. *Unterrichtswissenschaft* 23 (2), 107-126.
- Hoffmann, L., Häußler, P. & Peters-Haft, S. (1997). *An den Interessen von Mädchen und Jungen orientierter Physikunterricht*. Kiel: IPN 155.
- Huber, G. L. (2000). *Lernen in kooperativen Arrangements*. In R. Duit & C. von Rhöneck (Hrsg.), *Ergebnisse fachdidaktischer und psychologischer Lehr-Lern-Forschung*. IPN Report.-Nr. 169, 55-76.
- Krapp, A. (1993). *Lernstrategien: Konzepte, Metho-*

- den und Befunde. *Unterrichtswissenschaft* 21 (4), 291-311.
- Krapp, A. (1998). Entwicklung und Förderung von Interessen im Unterricht. *Psychologie in Erziehung und Unterricht* 44, 85-201.
- Leisen, J. (2004). Einheitliche Prüfungsanforderungen Physik. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht* 57 (3), 155-159.
- Prenzel, M., Eitel, F.; Holzbach, R.; Schoenheinz, R.-J. & Schweiberer, L. (1993). Lernmotivation im studentischen Unterricht in der Chirurgie. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie* 7 (2/3), 125-137.
- Prenzel, M., Duit, R., Euler, M., Lehrke, M. & Seidel, T. (2001). Erhebungs- und Auswertungsverfahren des DFG-Projekts „Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht - eine Videostudie“. IPN-Materialien Kiel: IPN.
- Renkl, A. & Mandl, H. (1995). Kooperatives Lernen: Die Frage nach dem Notwendigen und dem Ersetzbaren. *Unterrichtswissenschaft* 23, 292-300.
- Renkl, A. (1997). *Lernen durch Lehren*. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag.
- Ryan, R. M. & Deci, E. L. (2000). Intrinsic and Extrinsic Motivations: Classic Definitions and New Directions. *Contemporary Educational Psychology* 25, 54-67.
- Slavin, R. E.; Hurley, E. A. & Chamberlain, A. (2003). Cooperative Learning and Achievement: Theory and Research. In W. M. Reynolds, G. E. Miller & I. B. Weiner (Hrsg.) *Handbook of Psychology*, Volume 7, Educational Psychology. New York: Wiley, Chapter 9, 177-197.
- Springer, L., Stanne, M. E. & Donovan, S. S. (1999). Effects of Small-Group Learning on Undergraduates in Science, Mathematics, Engineering, and Technology: A Meta-Analysis. *Review of Educational Research* 69 (1), 21-51.
- Weinert, F. E. (1996). Lerntheorien und Instruktionsmodelle. In F.E. Weinert (Hrsg.) *Enzyklopädie der Psychologie*, Band 2. Göttingen: Hogrefe, 1-48.
- Weinstein, C.E. & Mayer, R.E. (1986). The teaching of learning strategies. In M. Wittrock (Ed.), *Handbook of research in teaching*. New York: Macmillan, 315-327.
- Wild, K.-P. & Schiefele, U. (1994). Lernstrategien im Studium. Ergebnisse zur Faktorenstruktur und Reliabilität eines neuen Fragebogens. *Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie* 15, 185-200.
- Wild, K.-P. (1996). Die Beziehung zwischen Lernmotivation und Lernstrategien als Funktion personaler und situativer Faktoren. In R. Duit & Ch. von Rhöneck (Hrsg.) *Lernen in den Naturwissenschaften*. Kiel: IPN, 69-87.
- Wild, K.-P. (2000). Der Einfluss von Unterrichtsmethoden und motivationalen Orientierungen auf das kognitive Engagement im Berufsschulunterricht. In R. Duit & C. von Rhöneck (Hrsg.) *Ergebnisse fachdidaktischer und psychologischer Lehr-Lern-Forschung*. Kiel: IPN Report.-Nr. 169, 35-54.
- Wild, K.-P. (2001). Lernstrategien und Lernstile. In D. H. Rost (Hrsg.) *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie* (2. überarb. u. erw. Aufl.). Weinheim: Beltz Psychologie Verlags Union, 424-429.

Roland Berger und Martin Hänze untersuchen die Puzzlemethode im Rahmen des Projekts „Gruppenpuzzle im Physikunterricht der Sekundarstufe II“ (GriPS II). Wir danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft für eine Sachbeihilfe an die Autoren. Die vorliegende Arbeit entstand an der Universität Kassel. Unser Dank gilt den beteiligten Kasseler Schulen für ihre Mitarbeit.

Prof. Dr. Roland Berger, Universität Osnabrück, Fachbereich Physik – Didaktik der Physik, Barbarastr. 7, 49076 Osnabrück, r.berger@physik.uni-osnabrueck.de

Prof. Dr. Martin Hänze, Institut für Erziehungswissenschaft, Fakultät I, Sekr. Fr 4-3, Franklinstr. 28/29, 10587 Berlin, martin.haenze@tu-berlin.de