

## Dynamischer Mechanikunterricht - Die Umsetzung des Konzeptes durch die Lehrkräfte

Johanna Bauernschuster\*, Verena Tobias\*, Christine Waltner\*, Hartmut Wiesner\*

\*LMU München, Lehrstuhl für Didaktik der Physik, Theresienstraße 37, 80333 München  
Johanna Bauernschuster, johanna.bauernschuster@physik.uni-muenchen.de, Verena Tobias, verena.tobias@physik.uni-muenchen.de, Christine Waltner, christine.waltner@physik.uni-muenchen.de, Hartmut Wiesner, hartmut.wiesner@physik.uni-muenchen.de

### Kurzfassung

Im Rahmen der Studie über den Mechanikunterricht nach dem zweidimensional-dynamischen Konzept wurde folgende Fragestellung untersucht: Wie setzen die Lehrpersonen die vorgeschlagene Sachstruktur im Unterricht um? Außerdem wurde exemplarisch jeweils eine Unterrichtsstunde zur Newtonschen Bewegungsgleichung von allen 10 beteiligten Lehrpersonen videographiert. Damit wurden Strukturdiagramme zur jeweiligen Unterrichtsstunde erstellt, die einen sachlogischen Zusammenhang der behandelten Inhalte darstellen. Gleichzeitig wurde mit diesen Diagrammen durch eine Kodierung die Vernetztheit und die Komplexität des Unterrichts ermittelt.

### 1. Hintergrund

Viele Vergleichsstudien belegen, dass der Physikunterricht in Deutschland nur wenig auf das Physikwissen der Schüler zurückwirkt. Dabei zählt die Newtonsche Mechanik zu den schwierigsten Inhaltsgebieten. Besonders deutlich wird das daran, dass Schülerinnen und Schüler selbst an einfachen Aufgaben zu der Newtonschen Mechanik nach dem Unterricht scheitern. Fast alle Schüler zeichnen z.B. die Kraft auf einen bewegten Körper in Bewegungsrichtung. Dies liegt größtenteils an den Schülervorstellung zur Mechanik [1]. Die Lernschwierigkeiten können aber auch an der Sachstruktur des Unterrichts liegen [2]. Die bisherige Sachstruktur in der 7. Klasse des Physikunterrichts verfolgt einen eindimensionalen Mechanikunterricht mit starker Betonung statischer und kinematischer Aspekte. Innerhalb kürzester Unterrichtszeit werden anhand von eindimensionalen Bewegungen die Geschwindigkeit und die Beschleunigung eingeführt. Anschließend wird zur Newtonschen Bewegungsgleichung in der Form  $F = m \cdot a$  übergeleitet. Aufgrund der eindimensionalen Einführung werden Geschwindigkeit und Beschleunigung oft auf Betragsgrößen reduziert. Eine Richtungsänderung wird von den Schülerinnen und Schülern nicht als Beschleunigung erkannt [2] [3].

Der Lehrplan für das bayerische achtjährige Gymnasium fordert, dass bereits in der 7. Jahrgangsstufe eine erste, dynamische Einführung in die Mechanik stattfindet. Hierfür wurde im Rahmen eines „Design-Based-Research“-Ansatzes eine Sachstruktur entwickelt, die die Mechanik von vornherein im Zweidimensionalen betrachtet. Die Geschwindigkeit wird als vektorielle Größe eingeführt, die Kraft über dynamische Betrachtungen. Wenn ein Körper auf einen anderen Körper eine Kraft ausübt, erhält dieser eine Zusatzgeschwindigkeit, die von der Einwirkstärke

der Einwirkdauer und seiner Masse abhängt. Die Schülerinnen und Schüler lernen mehrere Je-Desto-Beziehungen zwischen der Zusatzgeschwindigkeit und deren Einflussfaktoren kennen. Dies führt unmittelbar zu der Formulierung der Newtonschen Bewegungsgleichung in der Form  $\vec{F} \cdot \Delta t = m \cdot \Delta \vec{v}$ . Mithilfe dieser Bewegungsgleichung ist es möglich komplexe Bewegungen ohne die Einführung der Beschleunigung zu diskutieren [4].

### 2. Die Mechanikstudie

Um die Wirksamkeit dieser Sachstruktur untersuchen zu können, wurde im Rahmen einer Vergleichsstudie das zweidimensional-dynamische Unterrichtskonzept mit dem traditionellen Unterrichtskonzept verglichen. Hierfür wurde nach der neuen Sachstruktur ein Lehrtext für die Schülerinnen und Schüler erstellt und zudem Videoaufnahmen von Experimenten, Videoanalysen sowie Simulationsprogramme zur Unterstützung des zweidimensionalen dynamischen Unterrichts produziert. Diese Unterrichtsmaterialien wurden den beteiligten Lehrkräften als Klassensatz zur Verfügung gestellt. Hinsichtlich der Umsetzung im Unterricht, etwa bezüglich der Methoden und Medien oder der zeitlichen Einteilung wurden keine Vorgaben gemacht.

Um den Einfluss verschiedener Lehrpersonen möglichst gering zu halten, unterrichtete jeder an der Hauptstudie beteiligte Lehrer sowohl in der Kontroll- als auch in der Treatmentgruppe (in Abb. 1 rot). An dieser Hauptstudie nahmen 10 Lehrkräfte mit ihren Klassen aus dem Raum München teil. Von April-Juli 2008 wurden die Kontrollklassen (nach der traditionellen Sachstruktur) unterrichtet, der Unterricht der Treatmentgruppe (nach der zweidimensional-dynamischen Sachstruktur) erfolgte von April-Juli 2009.

2008:											
1	2	3	4	Kontrollgruppe	8	9	10	11	12		
Fragebögen	Materialienentwicklung	Schulung	Erprobungsgruppe								
2009:											
1	2	3	4	Schulung	Treatmentgruppe						

Abbildung 1 Zeitplan und Design der Studie

Um die Lehrmaterialien des zweidimensionalen-dynamischen Zugangs vor dem Einsatz in der Hauptstudie auf Unterrichtstauglichkeit zu testen, wurden diese im Rahmen einer Vorstudie von September-Dezember 2008 von 14 Lehrkräften in ihren Klassen im Raum Würzburg eingesetzt (in Abb. 1 grün).

Die Erhebung wurde als integrative Studie durchgeführt. Diese besteht aus einer quantitativen Studie, in der statistische Schülertest eingesetzt werden, sowie aus einer qualitativen Studie, in der Leitfadeninterviews und Unterrichtsvideos durchgeführt wurden [5].

### 3. Untersuchung des Unterrichts nach dem zweidimensionalen-dynamischen Unterrichtskonzept

Ein Teil der qualitativen Studie untersuchte die Umsetzung des zweidimensional-dynamischen Unterrichtskonzeptes im Unterricht durch die Lehrkräfte. Hierfür wurden Unterrichtsbeobachtungen in der Treatmentgruppe vorgenommen. Für diese Unterrichtsbeobachtungen wurde die Stunde zur Einführung der Newtonschen Bewegungsgleichung ausgewählt. Diese Unterrichtsstunde wurde bewusst für einen Unterrichtsbesuch ausgesucht, da die Newtonsche Bewegungsgleichung das Kernstück des Konzeptes ist. In dieser Unterrichtseinheit soll der Zusammenhang zwischen Zusatzgeschwindigkeit und den einzelnen Einflussfaktoren in der Newtonschen Bewegungsgleichung zusammengefasst werden. Die Schülerinnen und Schüler sollen in dieser Bewegungsgleichung die Je-Desto Beziehungen erkennen, sowie mit dieser Gleichung verschiedene Situationen analysieren [6].

Durch die Videographierung dieser Unterrichtsstunden bei den einzelnen Lehrkräften wurde ein Querschnitt gewonnen, der einen direkten Vergleich zwischen der Umsetzung durch die einzelnen Lehrkräfte erlaubt.

#### 3.1. Forschungsfragen

Zentrale Fragen der Untersuchung des Unterrichts nach dem zweidimensional-dynamischen Unterrichtskonzept sind:

- Wie setzen die Lehrkräfte das zweidimensionale-dynamische Mechanikkonzept um?
- Wie eng halten sich die Lehrer dabei an den vorgegebenen Lehrtext?

- Wie führen die Lehrer unter dieser Vorgabe die Newtonsche Bewegungsgleichung ein?

#### 3.2. Strukturdiagramme

Zum Rekonstruieren der strukturellen Merkmale der beobachteten Unterrichtsstunde, wurden mittels Videoaufnahmen Strukturdiagramme zu jeder Stunde erstellt. Diese Diagramme wurden in Anlehnung an das Schema von Christoph T. Müller konstruiert [7]. Ein Strukturdiagramm ist ein Flussdiagramm, das die Inhalte und deren Zusammenhänge prägnant wiedergibt. Mit den Strukturdiagrammen ist es auch möglich die unterschiedlichen Wege der einzelnen Lehrkräfte bei der Entwicklung der NBG zu vergleichen.

##### 3.2.1. Erstellen der Strukturdiagramme

Die Strukturdiagramme bestehen aus drei Elementen: Blöcke, Pfeile und Linien. Die Blöcke enthalten die Inhalte des Unterrichts. Die Pfeile stellen die Beziehung zwischen den Blöcken dar, die der Lehrer im Unterricht hergestellt hat. Doppelpfeile stellen die Wechselbeziehung zweier Blöcke dar, einfache Pfeile stellen einen einfachen sachlogischen Bezug dar. Blöcke, die zwar allgemein im sachlogischen Zusammenhang stehen, aber zwischen denen der Lehrer im Unterricht keinen Bezug hergestellt hat, werden nicht mit einem Pfeil verbunden. Die Pfeile stellen keinen zeitlichen Ablauf her, dieser kann durch die Nummerierung in der unteren rechten Ecke der Blöcke rekonstruiert werden. Die beiden durchgezogenen Linien im oberen und unteren Abschnitt teilen das Diagramm in drei Bereiche. Der Obere zeigt den Inhalt der letzten Stunde oder das Vorwissen, mit dem die Schüler in die Unterrichtsstunde kommen. Die Blöcke im mittleren Bereich geben die beobachtete Unterrichtsstunde wieder. Im untersten Bereich findet sich der Inhalt, der in der kommenden Stunde behandelt wird oder gegebenenfalls Hausaufgaben, die für die nächste Stunde aufgegeben werden.

Zur Erstellung der Strukturdiagramme wird folgendermaßen vorgegangen: Die Unterrichtsstunden werden mit Hilfe der Videoaufnahmen in einer zeitlichen Abfolge zu Papier gebracht. Danach werden die einzelnen zusammengehörigen Inhalte zu Blöcken zusammengefasst. Diese Blöcke werden dann durch Pfeile in Verbindung gesetzt. Diese Verbindungen stellen nur die Zusammenhänge dar, die vom Lehrer explizit im Unterricht hergestellt wurden. Zum Abschluss werden die inhaltlichen Blöcke und die Pfeilsetzungen durch erneutes Ansehen des Videos überprüft und danach graphisch geeignet aufgearbeitet. Abbildung 2 zeigt ein Beispiel eines Strukturdiagramms einer video-graphierten Unterrichtsstunde.

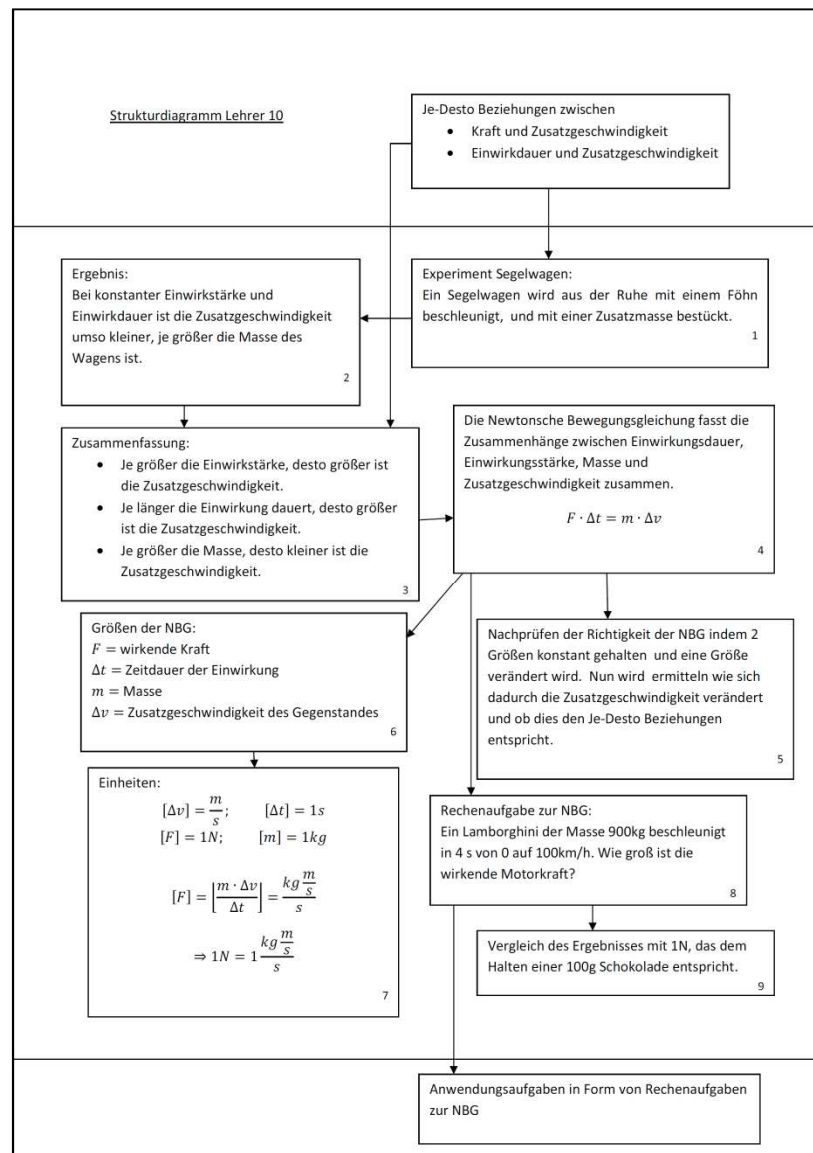


Abbildung 2 Strukturdiagramm

### 3.2.2. Auswertung der Strukturdiagramme

Mit Hilfe der Kodierung zu strukturellen Unterrichtsmerkmalen von Christoph T. Müller wurden die Strukturdiagramme nach ihrer Komplexität und Vernetztheit untersucht [7].

Die Komplexität, auch der Input des Unterrichts genannt, wird durch Zählen der Inhaltsblöcke im mittleren Bereich des Strukturdiagramms erhalten. Die Komplexität könnte Aufschluss darüber geben, wie viel Lerngelegenheit im Unterricht gegeben wird und wie die inhaltlichen Anforderungen an die Schüler sind. Sie könnte als ein Maß angesehen werden für die Schwierigkeit und Überschaubarkeit des Unterrichts. Je nach Grad der Komplexität kann ein höherer oder niedriger Lernerfolg erwartet werden. Eine mittlere Komplexität sollte einen höheren Lernerfolg bewirken als eine sehr hohe oder sehr niedrige Komplexität, da eine niedrige Komplexität die Schüler unterfordert und eine hohe Komplexität

die Schüler überfordert [7].

Desweiteren wurden die Strukturdiagramme nach ihrer Vernetztheit untersucht. Mit Vernetztheit sind die multiplen Bezüge der Inhalte gemeint. Diese Bezüge repräsentieren, wie häufig der Lehrer Verbindungen zwischen den Inhalten hergestellt hat. Die Vernetztheit der Strukturdiagramme ist die Anzahl der Verbindungslinien zwischen den Blöcken und wird erhoben als Mittelwert der Pfeile pro Block. Sie ist ein Indiz dafür, ob der Lehrer den vorangegangenen Unterricht oder das Vorwissen der Schüler mit einbezieht und ob er Anwendungsbezüge im Unterricht herstellt. Mit der Erhebung der Vernetztheit kann zudem beobachtet werden, ob sich im Strukturdiagramm Sackgassen oder inselartige Blöcke befinden. Die wechselseitige Verknüpfung der Inhalt im Unterricht sollte einen hohen Lernerfolg zur Folge haben [7].

Folgende Tabelle stellt die Komplexität und Vernetztheit der Unterrichtsstunden der jeweiligen Lehrer dar.

Lehrer	Komplexität	Vernetztheit
1	6	2,00
2	11	1,81
3	9	2,00
4	6	2,50
5	9	2,22
6	9	2,00
7	9	2,11
8	10	2,00
9	9	1,88
10	9	2,10

**Tabelle 1** Tabelle zur Auswertung der Strukturdiagramme

Die Werte der Komplexität aus der Dissertation von Ch. Müller lagen zwischen 4,7-13,3. Eine mittlere Komplexität beträgt nach Müller zwischen 4,17-8,17. Folglich weisen die videographierten Unterrichtsstunden bei den einzelnen Lehrkräften mit Werten von 6-9 eine mittlere Komplexität auf. Die Werte der Vernetztheit lagen bei Müller zwischen 1,7-3,4. Eine hohe Vernetztheit wird nach Müller zwischen den Werten 2,53-2,71 angesiedelt. Der Unterricht aller Lehrer in dieser Studie hat eine geringere Vernetztheit. Daher wird der Wert 2,50 des Lehrers 4 als verhältnismäßig hoch gewertet, die Werte von 2,22-2,00 stehen für eine mittlere Vernetztheit und alle Werte unter 2,00 stehen für eine geringe Vernetztheit. Der Unterricht des Lehrers 4 hat im Vergleich zu den anderen Lehrern die geringste Komplexität und weist eine hohe Vernetztheit

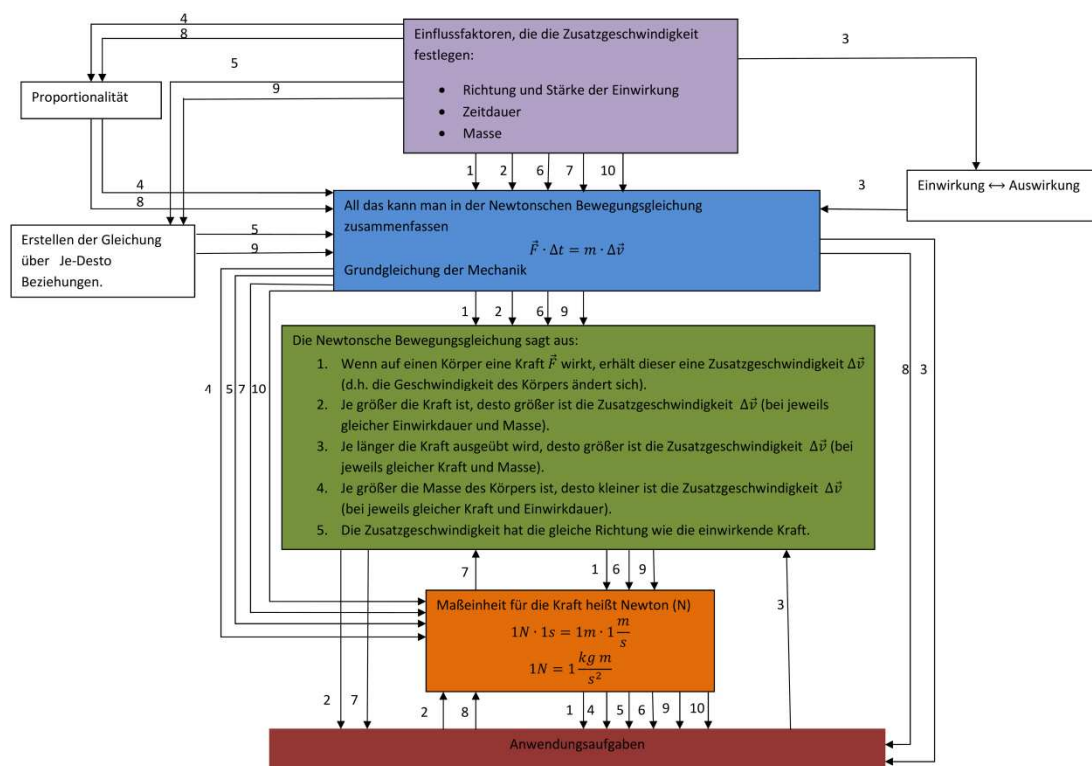
auf. Lehrer 2 hingegen mit der höchsten Komplexität weist nur eine geringe Vernetztheit auf. Die Lehrer 3,5,6,7,9 und 10 haben alle eine mittlere Komplexität von 9 und weisen eine mittlere Vernetztheit auf. Lehrer 9 weist mit seiner mittleren Komplexität eine geringe Vernetztheit auf und Lehrer 5 hingegen eine hohe Vernetztheit. Das Strukturdiagramm des Lehrers 8 zeigt eine hohe Komplexität und eine mittlere Vernetztheit.

### 3.3. Untersuchung des Unterrichts nach den unterschiedlichen Wegen zur Newtonschen Bewegungsgleichung

Die Strukturdiagramme wurden zur Analyse herangezogen, wie die Lehrer die Newtonsche Bewegungsgleichung einführen und wie konzepttreu sie dabei in der Unterrichtsstunde vorgehen.

Es wurde aus den Inhaltbereichen, die im zweidimensionalen-dynamischen Lehrgang bei der Einführung der NBG vorgesehen sind, ein „Diagramm zur Konzepttreue“ erstellt.

In diesem „Diagramm zur Konzepttreue“ sind 5 Blöcke enthalten: Der erste inhaltliche farbliche Block behandelt die drei Einflussfaktoren auf die Zusatzgeschwindigkeit. Im Anschluss folgt das einfache Nennen der Newtonschen Bewegungsgleichung, die die Zusatzgeschwindigkeit und ihre Einflussfaktoren in einer Gleichung zusammenfasst. Nach diesem Block folgen die Aussagen der Newtonschen Bewegungsgleichung. Die beiden letzten Blöcke stellen die Einführung der Einheit Newton und die Anwendungsaufgaben zur Newtonschen Bewegungsgleichung dar. Diesem „Diagramm zur Konzepttreue“ wurden die entsprechenden Blöcke



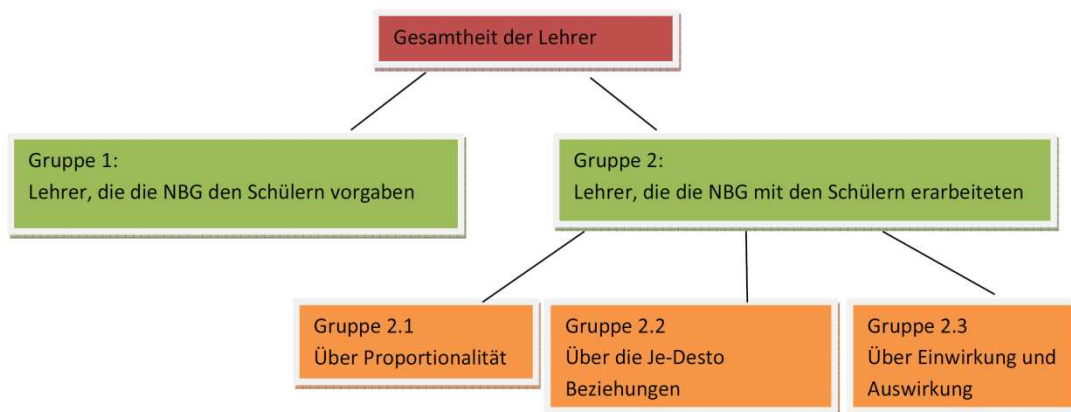
**Abbildung 3** Diagramm zu den unterschiedlichen Wegen der NBG

der Strukturdiagramme der einzelnen Lehrer zugeordnet, und diese in der entsprechenden Farbe unterlegt. Blöcke, der Strukturdiagramme, die sich nicht einem der Blöcke des „Diagramms zur Konzepttreue“ zuordnen ließen wurden nicht farblich unterlegt. Das Übereinanderlegen der Diagramme ergibt einen Überblick über den Verlauf des Unterrichts von jedem Lehrer. Die Pfeile stellen in diesem Diagramm keine inhaltlichen Bezüge mehr dar, sondern den zeitlichen Ablauf. Die Zahlen an den Pfeilen repräsentieren die Lehrer.

Zur Verdeutlichung wird ein Beispiel aus diesem Diagramm, das in Abbildung 3 dargestellt ist, herausgegriffen. Lehrer 2 startete mit den Größen, die auf die Zusatzgeschwindigkeit einen Einfluss nehmen können. Anschließend gab er den Schülern die Newtonsche Bewegungsgleichung vor und besprach mit ihnen deren Aussagen. Danach wurden Anwendungsaufgaben zur NBG bearbeitet und die Einheit Newton besprochen.

gungsgleichung über die Proportionalität zwischen der Zusatzgeschwindigkeit und den Einflussfaktoren. Sie haben neben den qualitativen Je-Desto Beziehungen auch die proportionale Beziehung eingeführt. Die zweite Untergruppe 2.2 hat die Schüler über Je-Desto Beziehungen die Newtonsche Bewegungsgleichung erstellen lassen. Die Lehrer haben dazu die benötigten mathematischen Zeichen und die ungefähre Form der Gleichung vorgegeben. Zu dieser Untergruppe zählen Lehrer 5 und 9. Die dritte und letzte Untergruppe besteht nur aus Lehrer 3. Dieser hat die NBG mit den Schülern durch sortieren der Variablen nach Größen der Einwirkung und Größen der Auswirkung erstellt.<sup>1</sup> Einen genauen Überblick über die unterschiedlichen Gruppen erhalten wir über folgende Grafik in Abbildung 4.

In dem Diagramm (Abb.3) zu den unterschiedlichen Wegen zur NBG können genau diese Gruppen herausgelesen werden. Alle Lehrer die sich nur zwischen den farblichen Blöcken bewegen gehören der 1. Gruppe an.



**Abbildung 4** Gruppenbildung über die unterschiedlichen Einführungen zur NBG

Bei Betrachtung dieses Diagramms (Abb. 3) können vier Gruppen unter den Lehrern ausgemacht werden. Die erste Gruppe hat sehr eng nach dem Konzept unterrichtet. Dies ist daran zu erkennen, dass sie sich nur zwischen den farblichen Blöcken während des Unterrichts bewegen. Zu dieser Gruppe zählen die Lehrer 1,2,6,7 und 10. Ein weiterer wichtiger Indikator für die Konzepttreue ist, dass alle dieser fünf Lehrer die Newtonsche Bewegungsgleichung den Schülern vorgegeben haben. Dies unterscheidet sie im hohen Maße von den anderen Gruppen. Die zweite Gruppe bilden die Lehrer, die zwar auch Ähnlichkeiten mit dem Diagramm zur Konzepttreue aufweisen, aber die, im Gegensatz zur ersten Gruppe, die Newtonsche Bewegungsgleichung mit den Schülern erarbeitet haben. Diese Gruppe, unterteilt sich erneut in drei Gruppen. Diese unterscheiden sich im Wesentlichen durch die Erarbeitungsweisen der NBG. Die erste Untergruppe 2.1, vertreten von Lehrer 8 und 4, erarbeitet die Newtonsche Bewe-

Alle Lehrer, die einen Umweg über einen weißen Block gehen, gehören der 2. Gruppe an. Jeder weiße Block repräsentiert eine neue Untergruppe der 2. Gruppe.

<sup>1</sup> Im ersten Kapitel des zweidimensionalen-dynamischen Unterrichtskonzeptes, der Einführung in den Mechanikunterricht, steht, dass sich die Mechanik mit dem Zusammenhang zwischen der Einwirkung auf einen Gegenstand und der Auswirkung auf seine Bewegung befasst. Ohne Einwirkung, keine Auswirkung. Auf diese Aussage griff der Lehrer in der Stunde zur Newtonschen Bewegungsgleichung zurück und verlangt von den Schülern die Größen  $\vec{F}$ ,  $m$ ,  $\Delta\vec{v}$  und  $\Delta t$  entsprechend der Einwirkung und der Auswirkung zuzuordnen. Über diese Zuordnung wird dann die Newtonsche Bewegungsgleichung erstellt.

#### 4. Fazit

Nach diesen Beobachtungen ist zu schlussfolgern, dass alle Lehrer sich trotz der kurzen Schulung sehr an das Konzept gehalten haben. Bei den genauen Betrachtungen sind besonders die unterschiedlichen Vorgehensweisen bei der Bearbeitung der Newtonschen Bewegungsgleichung hervorgetreten.

Diese unterschiedlichen Möglichkeiten zur Einführung der NBG, wie das Vorgeben der NBG und Erarbeiten der NBG über die Je-Desto Beziehungen oder über Zuordnen der Variablen zu Größen der Einwirkung und der Auswirkung, sind mit der zweidimensionalen-dynamischen Konzept vereinbar. Die Einführung der Proportionalität führte allerdings zu Verständnisschwierigkeiten und verlangte viel Nachbearbeitung, wie aus dem Interview eines Lehrers deutlich wurde.

Dieser Lehrer empfand es als sehr schwierig von den Proportionalitäten zu der Newtonschen Bewegungsgleichung überzuleiten.

Lehrer: „Genau das fand ich ganz ganz schwierig, das haben auch die Guten dann nicht so verstanden worauf ich eigentlich hinaus will. Weil ich natürlich dann versucht habe --- mit diesen Proportionalitätskonstanten zu arbeiten und das war natürlich dann -- wie soll ich sagen ein Schlag ins Wasser. Weil --- das ging dann auch gründlich in die Hosen meiner Meinung nach. Weil die, das ging dann, das war für Sie dann zu, zu mathematisch auf einmal. (...) Also da musste ich dann auch --- im Anschluss an diese eine Stunde musste ich dann auch noch ordentlich nacharbeiten, dass sie das, dass ich das einigermaßen hinkriegt habe.“

In der vorliegenden Studie wurde untersucht wie die Lehrkräfte das zweidimensionale-dynamische Konzept umsetzen. Das besondere Augenmerk lag darauf, wie die Lehrer die Newtonsche Bewegungsgleichung einführen und wie konzepttreu sie dabei vorgehen. Dies war bedingt dadurch, dass die Lehrer jeweils nur in der Unterrichtsstunde zur Newtonschen Bewegungsgleichung besucht wurden. Inte-

ressant wäre für weitere Untersuchungen die Beobachtung des gesamten Mechanikunterrichts, um bei anderen Themen der Mechanik wie der Geschwindigkeit oder der Zusatzgeschwindigkeit Probleme zu erkennen. Dies wäre wichtig für die Weiterentwicklung des Konzeptes.

#### 5. Literatur

- [1] Müller, R., Wodzinski, R., Hopf, M. (Hrsg.) 2004: Schülervorstellungen in der Physik. Köln
- [2] Wodzinski, R. 1996: Untersuchungen von Lernprozessen beim Lernen Newtonscher Mechanik im Anfangsunterricht. Münster
- [3] Hopf, M. et al. 2008: Dynamischer Zugang zur Mechanik. In: Nordmeier, V. (Hrsg.): CD zur Frühjahrstagung des Fachverbands Didaktik der DPG. Berlin
- [4] Wilhelm, T. et al. 2009: Der Einfluss der Sachstruktur im Mechanikunterricht. Quantitative Ergebnisse zur Verständnis- und Interessenentwicklung. In: V. Nordmeier & H. Grötzebauch (Hrsg.): CD zur Frühjahrstagung des Fachverbands Didaktik der Physik. Bochum
- [5] Tobias, V. et al. 2009: Der Einfluss der Sachstruktur im Mechanikunterricht. Qualitatives Forschungsvorhaben im Rahmen einer integrativen Studie. In: V. Nordmeier & H. Grötzebauch (Hrsg.): CD zur Frühjahrstagung des Fachverbands Didaktik der Physik. Bochum
- [6] Wiesner, H., Wodzinski, R. 1994: Einführung in die Mechanik über die Dynamik. Zusatzbewegung und Newtonsche Bewegungsgleichung. In: Physik in der Schule. Bd. 32. S.202-207
- [7] Müller, C. 2004: Subjektive Theorien und handlungsleitende Kognitionen von Lehrern als Determinanten schulischer Lehr-Lern-Prozesse.