Zusätze zur PhyDid B Veröffentlichung:

Wie Studierende Formeln gliedern?

Alexander Strahl*, Dirk Hemme+, Markus Herbst*, Rainer Müller+

*Universität Salzburg, School of Education, AG Didaktik der Physik
+Technische Universität Braunschweig, IFdN, Abt. Physik & Physikdidaktik

alexander.strahl@sbg.ac.at, dirk.hemme@gmx.de, markus.herbst@sbg.ac.at, rainer.mueller@tu-bs.de

Phydid B 2015

1 Charakterisierung der Probanden

An der Untersuchung nahmen 16 Probanden auf freiwilliger Basis teil. Einziges Auswahlkriterium war das Studieren des Fachs Physik bzw. „Physik und ihre Vermittlung" im Haupt- oder Nebenfach. Die Gruppe setzte sich aus zwölf weiblichen und vier männlichen Studierenden zusammen. Alle Probanden haben während ihrer eigenen Schulzeit das Fach Physik mindestens bis zur 10. Klasse belegt. Außerdem haben alle mindestens eine Grundveranstaltung zur Physik besucht. Um die einzelnen Probanden besser kennen zu lernen, wurden sie zu einzelnen persönlichen Punkten befragt. Dabei waren folgende Fragen zu beantworten:

Auf einer Skala von 1 bis 5, wie groß ist dein Interesse an …

(1 – sehr gering | 2 – gering | 3 – mäßig | 4 – groß | 5 – sehr groß)

- der Physik:
- der Chemie:
- der Biologie:
- der Mathematik:

Wie schätzt du dein persönliches physikalisches Können ein? (max. 2 Sätze)

Welches war deine letzte Schulnote in der Physik und in welcher Klassenstufe?

(z.B. 10 Punkte, Kl. 13 / Abi oder 10 Punkte, Kl.11 / abgewählt)

Welchem Studiengang gehörst du an?

(BA / MA, GS / HS / RS / GYM)

Daraus ergeben sich für die einzelnen Probanden folgende Einschätzungen:

Silke studiert im Master auf Lehramt Realschule. Ihre letzte Schulnote im Fach Physik waren 10 Punkte im Leistungskurs der 13. Klasse. Ihr Interesse an der Physik beschreibt sie als groß, der Chemie als mäßig, der Biologie als sehr gering und der Mathematik als sehr groß. Ihr persönliches physikalisches Können beschreibt sie dabei wie folgt:

> *„Die Inhalte der Sekundarstufe I beherrsche ich und kann sie an Schülerinnen und Schüler mit Vorbereitung vermitteln. Weiterführende Inhalte sind nicht sicher vorhanden, diese benötigen eine intensivere Vorbereitung."*

Tanja hat in Klasse 12 mit 8 Punkten ihre letzte Schulnote in der Physik bekommen. Sie studiert Lehramt für Realschule im Bachelor. Ihr Interesse an der Physik ist sehr groß, der Chemie gering, der Biologie und der Mathematik hoch. Ihr eigenes Können im Bereich der Physik schätzt sie dabei wie folgt ein:

> *„Ich habe ein solides bis gutes Grundwissen. Ich kann die meisten physikalischen Phänomene erklären, jedoch fehlt es mir an Detailwissen (z.B. Formeln kann ich nicht auswendig)."*

Robert studiert Realschullehramt im Bachelorstudiengang. Seine letzte Note waren 12 Punkte in Klasse 13. Großes Interesse zeigt er in Physik, sehr großes in der Mathematik und mäßiges Interesse an der Chemie und Biologie. Seine eigenen physikalischen Fähigkeiten beschreibt er mit folgenden Worten:

> *„teilweise recht gut ausgeprägt, teilweise verbesserungswürdig"*

Marie strebt das Lehramt für Realschule an und befindet sich im Bachelorstudiengang. In Klasse 11 war die Note 1 ihre letzte Note. Ihr Interesse an der Physik beschreibt sie als sehr groß und für die Biologie als groß. Mäßig hingegen ist ihr Interesse an der Chemie und Mathematik. Zu ihrem physikalischen Können schreibt sie folgendes:

> *„Mein physikalisches Können schätze ich so ein, dass ich mich in die Themen, die mir noch nicht bekannt sind, ohne große Probleme einarbeiten kann. Wenn ich mir allerdings eine schulische Note geben müsste, würde ich mein physikalisches Können mit 2 - 2,3 bewerten."*

Sven ist Masterstudent und hat sich das Lehramt an der Realschule als Ziel gesetzt. Sein Interesse an der Physik und Biologie ist sehr groß, an der Chemie mäßig und an der Mathematik gering. Seine letzte Note in Physik war gut/sehr gut (A) in der 10. Klasse. Sein physikalisches Können schätzt er wie folgt ein:

> *„Ich habe einen Überblick über die Teilbereiche der Wissenschaft mit punktuellem Detailwissen.“*

Diana studiert Grundschullehramt im Bachelorstudiengang. Am Ende der 13. Klasse bekam sie als Endnote 10 Punkte in der Physik. Sie hat ein großes Interesse an der Physik und Mathematik. Das Interesse an der Chemie ist mäßig und an der Biologie gering. Ihr eigenes physikalisches Können schätzt sie dabei wie folgt ein:

> *„Diese Frage ist sehr schwierig. Die einfachen physikalischen Sachen beherrsche ich gut. Geht es tiefer in die Materie (wie z.B. die Quantenphysik) fehlt mir oft die Vorstellungskraft.“*

Nina belegt das Bachelorstudium für Lehramt Grundschule. Ihr Interesse an der Physik schätzt sie als groß, der Chemie, sowie der Biologie als mäßig und der Mathematik als groß ein. Ihre letzte Schulnote mit 8 Punkten bekam sie in der 13. Klasse. Ihr Können beschreibt sie dabei kurz und prägnant:

> *„Ein physikalisches (Grund-)Verständnis ist vorhanden.“*

Mark studiert Realschullehramt im Bachelor. Seine letzte Note in Physik sind 7 Punkte in Klasse 13. Sein Interesse an der Physik beschreibt er als groß, an der Mathematik als sehr groß, an der Chemie als gering und an der Biologie als mäßig. Seine eigenen physikalischen Fähigkeiten beschreibt er wie folgt:

> *„Gutes Grundlagenwissen auf dem man aufbauen kann.“*

Erik hat leider keine Angaben zu seiner Person gemacht.

Nicole studiert im Master auf Lehramt Realschule. Ihre letzte Schulnote im Fach Physik hat sie in der 10. Klasse erhalten: eine 3. In der Oberstufe wurde das Fach nicht belegt. Ihr eigenes Interesse an der Physik sieht sie als sehr groß, der Chemie als gering, der Biologie und Mathematik als groß an. Mit folgenden Worten beschreibt sie ihr eigenes physikalisches Können:

> „Wenn ich mich mit einem bestimmten Themengebiet beschäftige, bin ich sehr sicher in der Thematik. Liegt jedoch ein Gebiet längere Zeit zurück, muss ich noch einmal nachlesen, um „mein Können“ aufzufrischen damit ich mir in meinen Aussagen sicher sein kann.“

Lena ist Lehramtsstudentin im Bachelor. Sie hat in Klasse 12 in der Physik 9 Punkte erreicht. Ihr Interesse an der Physik ist sehr groß. Mäßiges Interesse hat sie hingegen an der Chemie und Mathematik. Ein geringes Interesse verspürt sie an der Biologie. Ihr eigenes Können in der Physik sieht sie wie folgt:

> *„Gut. Es kommt allerdings auch auf die Bereiche an: Mechanik, Optik, Thermodynamik - sehr gut; E-lehre, Radioaktivität - naja bis gut.“*

Katrin strebt das Lehramt Realschule an und studiert derzeit im Bachelor. Ihre letzte Note in Physik sind 10 Punkte in Klasse 13. Sie hat ein sehr großes Interesse an der Physik und Mathematik. Das Interesse an der Biologie ist groß und mäßig an der Chemie. Ihr eigenes physikalisches Können schätzt sie folgendermaßen ein:

> *„Ich denke mein physikalisches können ist ganz gut, könnte in manchen Bereichen besser sein. Formeln lernen ist nicht meine Stärke.“*

Janine ist Studentin im Bachelor für Grundschullehramt. Ihre letzte Schulnote im Fach Physik war eine 3 in der 10. Klasse. Ihr Interesse an der Physik und Chemie ist mäßig und an der Biologie und Mathematik jeweils groß. Ihr

physikalisches Können schätzt sie mit einem Wort wie folgt ein:

> *„Mittelmäßig.“*

Lisa studiert Grundschullehramt im Bachelor. Sie besitzt ein großes Interesse an der Physik und Mathematik, ein geringes Interesse an der Chemie und ein sehr großes Interesse an der Biologie. Ihre letzte Note waren 14 Punkte in der 11. Klasse. Ihre eigenen physikalischen Fähigkeiten beschreibt sie mit folgenden Worten:

> *„gutes Verständnis für prinzipielle Zusammenhänge, vergesse aber Detailwissen schnell wieder“*

Anja ist Bachelorstudentin für Grundschullehramt. Sie besitzt ein großes Interesse an der Physik, ein mäßiges an der Chemie und ein ebenfalls großes Interesse an der Biologie und Mathematik. Ihre letzte Schulnote waren 9 Punkte in Klasse 13. Ihr eigenes physikalisches Können beschreibt sie wie folgt:

> *„Ich kann physikalische Zusammenhänge (beim Lesen oder in einer Vorlesung) recht gut erfassen und verstehen. Manchmal hapert es jedoch daran z.B. Formeln oder komplexere Zusammenhänge mir wirklich dauerhaft merken zu können, so dass ich öfter in Fachliteratur nachschlagen muss.“*

Moritz hat das Fach Physik bis zur 13. Klasse belegt und 12 Punkte als letzte Physiknote erhalten. Er studiert gymnasiales Lehramt im Masterstudium. Sein Interesse an der Physik ist sehr groß, an der Biologie groß und an der Chemie und Mathematik jeweils mäßig. Seine eigenen physikalischen Fähigkeiten schätzt er folgendermaßen ein:

> *„Ich schätze mich selber gut bis sehr gut in meinen physikalischen Fähigkeiten ein. Wissenschaftliches Arbeiten in Sachen Forschung würde ich mir zutrauen, wenn auch nur mit genügender Einarbeitungszeit.“*

2 Ergebnisse – Gruppierung der Formeln

Silke begann sehr schnell die Formeln komplett in ihre Bestandteile zu zerschneiden, wobei sie das $\boxed{=}$ immer an dem *„Gesuchten"* belässt. Somit sprach sie bei $\boxed{W=, B=, F_G, F, A(t)}$ immer von den *„Gesuchten"*. Darauf folgte bei Silke die Gruppierungen von $\boxed{\frac{1}{2}, 2, 4, \pi, \mu, \varepsilon, G_N}$ zu den Konstanten, wobei sie in Formel vier und fünf auch $\boxed{m_E, M_S, \frac{1}{r_{E-S}^2}, \varphi, \omega, A_0}$ zu den Konstanten. Somit ist in Formel vier der bereits unter 2.1.3 beschriebene Fall eingetreten, dass es sich bei dieser Formel um eine komplett konstante Formel handelt. Hatte sie die ersten beiden Gruppen benannt, kam sie du den Bestandteilen, welche *„ich einsetze"*.

Dazu zählten $\boxed{s^2, I, r, n^2, l, Q, r^2, t}$. Zudem bildete sie bei der dritten Formel eine weitere Gruppe mit den Bestandteilen $\boxed{\Delta I, \Delta t}$ und benannte diese als *„Differenzen"*. Als letztes schob sie sämtliche Operatoren $\boxed{\bullet, \div, +}$ in der Gruppe *„Rechenzeichen"*, zu der sie in der sechsten Formel auch $\boxed{\sin(\,)}$ hinzu zählte.

Tanja zerschnitt die Formeln ebenfalls recht schnell und legte auch sehr schnell kleine Häufchen und gab diesen Gruppen auch auf Nachfrage Namen. Sie benannte $\boxed{W=, s^2, D, B=, I, r, n^2, l, F_G=, G_N, F=, Q, r^2, A(t)=, A_0, t}$ als *„physikalische Formelzeichen".* Ebenfalls *„physikalische Formelzeichen"* nannte sie $\boxed{m_E, M_S, r_{E-S}^2}$, jedoch mit dem Hinweis, dass diese abhängig sind. Als zweite Gruppe nannte sie die Gruppe der Konstanten mit $\boxed{\mu, \pi, \varepsilon_r}$, wobei sie $\boxed{\varepsilon_0}$ der Gruppe der *„physikalischen Formelzeichen"* zuordnete. Sofern Zahlen in der Formel auftraten, wurden diese separat in der Gruppe *„mathematische Zahl"* sortiert. $\boxed{\Delta I, \Delta t}$ beschrieb sie in einer Extragruppe als *„Zeitabhängige"* und $\boxed{\varphi, \omega, \sin(\,)}$ als

Dinge, welche zu einem Winkel gehören. Wie bereits Silke, sortierte auch Tanja $\boxed{\bullet, \div, +}$ in eine Gruppe und nannte diese *„Ergänzungen, damit die Gleichung funktioniert".*

Robert zögerte beim Benennen der ersten sortierten Gruppe noch. Nach kurzem Überlegen nannte er $\boxed{\frac{1}{2}}$ einen „Faktor" bzw. im weiteren Verlauf des Gesprächs eine *„Zahl"* und $\boxed{W =, D, s^2}$ als *„Platzhalter"* und später *„Variablen".* In der zweiten bis sechsten Formel identifiziert Robert $\boxed{1, 2, 4, \pi, \mu, \varepsilon, G_N, \varphi, \omega, A_0}$ jeweils als *„Konstanten".* In Formel 3 blieb ihm $\boxed{n^2}$ völlig unbekannt, aber auf Nachfrage ordnete er es ebenfalls den Konstanten zu. Alle übrigen Bestandteile der Formeln wurden von ihm zu den *„Variablen"* zugeordnet. Wobei Robert in Formel vier, wie bereits Silke, überlegte alle Bestandteile den Konstanten zu zuschreiben. Begründet wurde dies durch die Anwesenheit der Indices, welche auf die Erde und Sonne schließen ließen und somit konstante Werte darstellen.

Marie schaute sich die Formeln immer erst einen Augenblick an, bevor sie begann die Formeln in ihre Bestandteile zu zerschneiden. Insgesamt bildete sie jeweils nur drei Gruppen, zum einen die Gruppe der Zahlen mit den Elementen $\boxed{\frac{1}{2}, 2, 1, 4}$, die Gruppe der Dinge *„die für eine Gleichung wichtig sind"* $\boxed{=, \bullet, \div, +, (,)}$ und alle anderen Bestandteile, bis auf $\boxed{\sin}$, benannte sie als *„Bezeichnungen".* $\boxed{\Delta I, \Delta t}$ nannte Marie noch zusätzlich die Gruppe der *„Zeitabhängigen"* und $\boxed{\sin}$ bekam die eigene Gruppe *„Sinus".*

Sven schaute sich ebenfalls die Formeln einen kurzen Moment an. Die erste Formel unterteilte er in drei Gruppen. Dabei nannte er $\boxed{\frac{1}{2}}$ *„Zahlfaktor"*, $\boxed{W =}$ *„was ich raus haben will"* und $\boxed{D, s^2}$ *„Ergebnis"*. Die Formeln zwei, drei und fünf unterteilt er in die Gruppe der *„Ergebnisse"* und in *„Zähler"* und *„Nenner"*. Dabei nahm er keine weiteren Unterteilungen in Formel zwei drei für die Zähler bzw. Nenner vor. In Formel fünf erläuterte er einzelne Bestandteile noch etwas genauer. So wurden $\boxed{Q_1, Q_2}$ als *„Ladungen"*, $\boxed{4, \pi}$ als *„Zahlen"*, $\boxed{r^2}$ als *„Variable"* und $\boxed{\varepsilon_0, \varepsilon_r}$ als *„Koeffizienten" beschrieben*. In Formel vier benannte Sven

$\boxed{F_G =}$ wieder als *„Ergebnis“*, $\boxed{M_S, m_E, G_N}$ als *„Größen“* und $\boxed{\frac{1}{r_{E-S}^2}}$ als *„Variable“.* Formel sechs wurde in vier Gruppen unterteilt. Die erste Gruppe war mit $\boxed{A(t) =}$ das *„Ergebnis“*, $\boxed{\sin(\,)}$ eine *„mathematische Funktion“*, $\boxed{\varphi + t \cdot \omega}$ eine *„Anwendung“* und $\boxed{A_0}$ ein *„Faktor“*.

Diana unterteilte die erste Formel in drei Gruppen. Dabei war $\boxed{\frac{1}{2}}$ eine *„Zahl“*, $\boxed{W =, D, s^2}$ *„Formelzeichen“* und $\boxed{\cdot}$ als *„Malzeichen“.* Sie unterteilt die *„Formelzeichen“* nochmal in *„Formelzeichen mit Quadrat“*, dazu zählen in Formel eins $\boxed{s^2}$ und in Formel drei $\boxed{n^2}$. In Formel zwei benannte sie $\boxed{\mu_0, \mu_r, \pi}$ als *„bekannte Größen“.* Außerdem identifizierte Diana $\boxed{\Delta I, \Delta t}$ als *„Differenzen“* und $\boxed{\sin(\varphi + t \cdot \omega)}$ als *„Winkel“*. In Formel vier blieb $\boxed{\frac{1}{r_{E-S}^2}}$ unbenannt.

Nina unterteile die Formeln im Wesentlichen in die Gruppen *„Zahl“*, *„Konstanten“*, *„Variablen“* und *„was ich raus haben will“*. In Formel zwei beschrieb sie $\boxed{I}$ als *„konstant für ein Feld“* und $\boxed{B}$ als abhängig von $\boxed{r}$. In Formel drei sah sie $\boxed{\Delta I, \Delta t}$ als *„abhängig voneinander“*. Ab Formel vier beschrieb sie die Bestandteile in ihren Funktionen. So waren $\boxed{M_S, m_E}$ *„Massen“*, $\boxed{Q_1, Q_2, r^2}$ *„Ladungen mit einem Abstand“*, $\boxed{\frac{1}{r_{E-S}^2}}$ ein *„Abstand“* und $\boxed{\sin(\varphi + t \cdot \omega)}$ der *„Sinus“.*

Mark bildete seine ersten Gruppen erst auf direktes Nachfragen und nach rein optischen Merkmalen. So bildete er bei Formel eins die Gruppe *„Großbuchstaben“*, *„Kleinbuchstaben“* und *„Zahl“*. Ab Formel zwei sprach er bei $\boxed{B =, F_G, F}$ von *„Gesuchten“* und bei $\boxed{\mu_0, \mu_r, G_N, \varepsilon_0, \varepsilon_r}$ von *„Konstanten“*. In Formel zwei und fünf benannte Mark $\boxed{2\pi r}$ und $\boxed{4\pi r^2}$ als die Gruppe *„Kreis“*. $\boxed{I}$ ordnete er in die Gruppe *„trägt zum Ergebnis bei“* ein. Von nun an benannte er die Gruppen nach ihrer Bedeutung bzw. Funktion. So bildete er die

Gruppen *„Differenzen“* $\boxed{\Delta I, \Delta t}$, *„Quadrat“* $\boxed{n^2}$, *„Distanz“* $\boxed{l}$, *„Massen“* $\boxed{m_E, M_S}$, *„Ladungen“* $\boxed{Q_1, Q_2}$, *„Faktor“* $\boxed{\frac{1}{r_{E-S}^2}}$, *„Sinus“* $\boxed{\sin(\varphi + t \cdot \omega)}$ und *„Amplituden“* $\boxed{A(t) =, A_0}$.

Erik ging bei der Bearbeitung der gestellten Aufgaben sehr gewissenhaft und detailliert vor. So unterschied er in seinen Gruppen der *„Variablen“* zwischen abhängiger und unabhängiger Variable. Abhängig waren dabei $\boxed{W, B, F_G, F, A}$. $\boxed{D, \mu_0, \mu_r, n^2, l, m_E, M_S, G_N, \varphi, \omega}$ benannte Erik als Konstanten und fügte hinzu, dass es sich bei $\boxed{\mu_0, \mu_r}$ um die *„Permeabilität“* und bei $\boxed{G_N}$ um eine *„Naturkonstante“* handelt. $\boxed{A_0}$ stellte bei Erik einen speziellen Fall dar, so war sie Variable für verschiedene Auslenkungen, jedoch Konstant für eine Auslenkung. Als *„mathematische Funktion“* wurde $\boxed{\sin}$ genannt und $\boxed{2\pi r}$ als Kreis gruppiert.

Nicole nutzte für die Beschreibung ihre Gruppen vor allem die Begriffe *„Zahlen“* und *„physikalische Größen“*. Bestandteile, welche ihrer Ansicht nach nicht in diese beiden Gruppen passten, wurden in ihrer Funktion und ihrem Aussehen sortiert. So waren $\boxed{n^2, l}$ *„Zusatzgrößen“*, $\boxed{\mu_0, \varepsilon_0}$ *„Anfangswerte“*, $\boxed{\mu_r, \varepsilon_r}$ *„Istwerte“*, $\boxed{\varphi + t \cdot \omega}$ *„griechische Buchstaben“* und $\boxed{\Delta I, \Delta t}$ *„Deltas“*. In Formel zwei beschrieb sie $\boxed{r}$ als *„messbar“* und in Formel fünf $\boxed{r^2}$ als *„Radius“*. Insgesamt wirkte Nicole recht unsicher im Umgang mit den Formeln.

Lena ging in ihrem Handeln sehr zielstrebig vor und beschrieb bzw. erklärte Sachverhalte ohne Nachfragen. Sie nannte $\boxed{\frac{1}{2}, 2, 4, \mu, \varepsilon, \pi, A_0}$ *„Konstanten“* und unterschied $\boxed{\mu_r, \varepsilon_r}$ in *„materialabhängig“*. $\boxed{I, r, Q_1, Q_2, \varphi, \omega, t}$ beschrieb Lena als *„Variablen“* und $\boxed{D, s^2, n^2, l}$ als *„abhängige Variablen“*. Als *„Rechenvorschrift“* wurde von ihr $\boxed{\frac{1}{r_{E-S}^2}}$ gedeutet. Die Gruppe der *„Ergebnisse“* setzte sich aus $\boxed{W =, B =, F_G, F, A(t)}$ zusammen.

Katrin tat sich beim benennen der gebildeten Gruppen sehr schwer. Lediglich $\boxed{\mu_0, \mu_r, \varepsilon_0, \varepsilon_r}$ als *„Konstanten“* könnten als fester Muster interpretiert werden. Alle anderen

Bestandteile wurden sehr unterschiedlich benannt. So war $\boxed{B=}$ ein *„Vektor“*, welcher *„berechnet wird“*, $\boxed{G_N, M_S}$ *„Großbuchstaben“*, $\boxed{4, \pi, r^2}$ *„kennt man“*, $\boxed{\varphi, \omega}$ *„Variablen“* und $\boxed{A(t) =, A_0}$ ein *„Strom mit Anfangswert“.* Blieb $\boxed{F_G =}$ in Formel vier noch unbenannt stehen, so wurde $\boxed{F =}$ in Formel fünf sehr schnell als *„Kraft“* identifiziert.

Janine wirkte während des gesamten Interviews etwas desinteressiert, sie schnitt sehr wenig und bildete nur wenige Gruppen, sondern benannte die Gruppen eher mit Zeigen. So nannte sie in Formel eins $\boxed{W =, D, s^2}$ zunächst *„Buchstaben“* und kurze Zeit später *„Variablen“* und $\boxed{\frac{1}{2}}$ eine Zahl. In Formel zwei und drei benannte sie lediglich $\boxed{\pi}$ als *„Konstante“*, $\boxed{r}$ als *„Radius“* und $\boxed{\Delta t}$ als *„Variabler der Zeit“*. Die restlichen Bestandteile dieser beiden Formeln blieben unbenannt. Die Bestandteile von Formel 4 wurden komplett als *„Variablen“* betrachtet und $\boxed{\frac{1}{r_{E-S}^2}}$ bekam den Zusatz, dass es sich hier um einen *„Bruch“* handle.

Anja nutzte bei den Gruppierungen durchweg die *„Variablen“*, *„Konstanten“*, *„Rechenzeichen“* und ergänzte teilweise nicht passende Bestandteile. Bei $\boxed{\frac{1}{2}, 2, 1, 4}$ war sich Lisa nicht einig, so betrachte sie $\boxed{\frac{1}{2}}$ als *„Faktor“*, $\boxed{2,1}$ als *„Zahl“* und $\boxed{4}$ als *„Konstante“*. Ebenfalls zu den Konstanten gehörten für sie $\boxed{\mu_0, \mu_r, \varepsilon_0, \varepsilon_r, \pi}$. Durchgängig bildete sie auch die Gruppe der *„Rechenzeichen“*, wobei sie $\boxed{\sin}$ als *„Anweisung“* betrachtete. In Formel eins unterschied sie die Variablen zusätzlich noch in *„Großbuchstaben“* und *„Kleinbuchstaben“*. In Formel 4 ordnete sie $\boxed{M_S, m_E, F_G, G_N}$ zu Bestandteilen *„mit Index“* und $\boxed{r_{E-S}^2}$ zu der Gruppe *„Differenz im Index“*.

Lisa ordnete in der ersten Formel $\boxed{W =}$ der *„linken Seite“*, $\boxed{\frac{1}{2}}$ der *„Zahl“* und $\boxed{D, s^2}$ den *„Größen“* zu. Bei Formel zwei und drei sprach sie anstatt von der „linken Seite“ von dem *„was man ausrechnen möchte“*. $\boxed{2, 1, 4, \pi}$ ordnete sie der Gruppe *„Zahl“* und $\boxed{\mu_0, \mu_r, \varepsilon_0, \varepsilon_r, G_N, 4, \pi}$ der Gruppe *„Konstanten“* zu. Lisa bezeichnete $\boxed{\Delta I, \Delta t}$ als *„Differen-*

zen", $\boxed{n^2, l}$ als *„Eigenschaften einer Spule"* und $\boxed{r_{E-S}^2}$ als *„Abstand"*. Als *„Variablen"* gruppierte sie $\boxed{I, r, Q_1, Q_2, r^2, \varphi, \omega}$ und ergänzte $\boxed{\varphi, \omega}$ als *„abhängig von t"*. $\boxed{F_G =, F, M_S, m_E}$ sortierte Lisa anhand ihrer physikalischen Bedeutung. Durchgängig bildete sie die Gruppe der *„Rechenzeichen"*.

Moritz bildete aus den Bestandteilen der ersten Formel 3 Gruppen, *„Konstante"* $\boxed{\frac{1}{2}}$, *„Variable"* $\boxed{W, D, s^2}$ und *„Rechenzeichen"* $\boxed{=, \bullet}$. In Formel zwei erweiterte er die Gruppe der Variablen und nannte ihre Bestandteile zusätzlich *„physikalische Größen"*. Zudem unterteilte er die Konstanten in *„mathematisch"* $\boxed{2, \pi}$ und *„physikalisch"* $\boxed{\mu_0, \mu_r}$. Formel 3 veranlasste ihn dazu zwei weitere Gruppen zu bilden. Hierbei handelte es sich um die *„Differenzen"* $\boxed{\Delta I, \Delta t}$ und *„Kenngrößen einer Spule"* $\boxed{n^2, l}$. Bei $\boxed{F_G, F}$ der vierten und fünften Formel sprach Robert von *„Resultierenden"*. In der letzten Formel ordnete Moritz nach mathematischen Gesichtspunkten. So gehörten zu der Gruppe *„Winkel"* $\boxed{\varphi, \omega, A_0, t}$ und zur Gruppe *„mathematische Funktion"* $\boxed{\sin(\,)}$.

		Oberflächenmerkmale				Funktion				Bedeutung	Sonstige
Proband		1. Zahlen	2. Konstante	3. Variablen	4. phys. Größen	5. abhängig	6. mathematisch	7. Ergebnis	8. Rechenzeichen	9. physikalisch	10. unklar
Nina	F 1	$\frac{1}{2}$		D, s^2				*„Was ich raus haben will“* $W =$			
	F 2		$\mu_0, \mu_r, \pi, 2$ *„Konstant für ein Feld“* I					$B =$		*„Konstant für ein Feld“* I *„B von r abhängig“*	
	F 3		μ_0, μ_r	$l, n^2, \Delta I, \Delta t$		*„abhängig voneinander“* $\Delta I, \Delta t$		$B =$			
	F 4		G_N				*„Abstand“* $\frac{1}{r_{E-S}^2}$	$F_G =$		*„Massen“* m_E, M_S	
	F 5		$\varepsilon_0, \varepsilon_r, \pi, 4$					$F =$		*„Ladungen mit Abestand“* Q_1, Q_2, r^2	
	F 6		A_0				*„Sinus“* $\sin(\varphi + t \cdot \omega)$	$A(t) =$			
Mark	F 1	$\frac{1}{2}$									*„Großbuch-staben“* $W =, D$ *„Kleinbuch-staben“* s^2
	F 2		μ_0, μ_r	I			*„Kreis“* $2\pi r$	$B =$			
	F 3		μ_0, μ_r				*„Differenzen“* $\Delta I, \Delta t$ *„Quadrat“* n^2 „Distanz“ l	$B =$			
	F 4		G_N				*„Faktor“* $\frac{1}{r_{E-S}^2}$	$F_G =$		*„Massen“* m_E, M_S	
	F 5		$\varepsilon_r, \varepsilon_0$				„Kreis“ $4\pi r^2$	$F =$		*„Ladungen“* Q_1, Q_2	
	F 6						*„Sinus“* $\sin(\varphi + t \cdot \omega)$			*„Amplituden“* $A(t) =, A_0$	

		Oberflächenmerkmale				Funktion				Bedeutung	Sonstige
Proband		1. Zahlen	2. Konstante	3. Variablen	4. phys. Größen	5. abhängig	6. mathematisch	7. Ergebnis	8. Rechenzeichen	9. physikalisch	10. unklar
Mark	F 1	$\frac{1}{2}$									*„Großbuchstaben“* $W =, D$ *„Kleinbuchstaben“* s^2
	F 2		μ_0, μ_r	I			*„Kreis“* $2\pi r$	$B =$			
	F 3		μ_0, μ_r				*„Differenzen“* $\Delta I, \Delta t$ *„Quadrat“* n^2 „Distanz“ l	$B =$			
	F 4		G_N				*„Faktor“* $\frac{1}{r_{E-S}^2}$	$F_G =$		*„Massen“* m_E, M_S	
	F 5		$\varepsilon_r, \varepsilon_0$				„Kreis“ $4\pi r^2$	$F =$		*„Ladungen“* Q_1, Q_2	
	F 6						*„Sinus“* $\sin(\varphi + t \cdot \omega)$			*„Amplituden“* $A(t) =, A_0$	
Erik	F 1	$\frac{1}{2}$	D	$W =, s^2$		$W =$					
	F 2		μ_0, μ_r	B, I		B	*„Kreisumfang“* $2\pi r$			*„Permeabilität“* μ_0, μ_r	
	F 3		μ_0, μ_r, n^2, l	$B, n^2, l, \Delta I, \Delta t$		B				*„Permeabilität“* μ_0, μ_r	*„unabhängig“* $\Delta I, \Delta t$
	F 4		m_E, M_S, G_N	$F_G, G_N, m_E, M_S, \frac{1}{r_{E-S}^2}$		F				*„Naturkonstante“* G_N	*„unabhängig“* $\frac{1}{r_{E-S}^2}$
	F 5	$4, \pi$		F, Q_1, Q_2, r^2		F					*„semantische Gruppe“* $\varepsilon_0, \varepsilon_r$
	F 6		φ, ω, A_0	A, A_0, t		A	*„math. Funktion“* $\sin$		$=, \bullet, +, (,)$		

Nicole	F 1	$\frac{1}{2}$			$W =, D$		„quadriert“ s^2				
	F 2	$2, \pi$			$B =, I$					„messbar“ r	„sehen ähnlich aus“ μ_0, μ_r
	F 3				$B =$		„Delta“ $\Delta I, \Delta t$		$\bullet, \div$	„Anfangs- Ist-wert“ μ_0, μ_r	„Zusatzgröße“ n^2, l
	F 4	1			$F_G =, G_N, M_S$	„von E“ m_E, r_{E-S}^2		$F_G =$			
	F 5	$4, \pi$			F, Q_1, Q_2		„Radius“ r^2	$F =$		„Anfangs- Ist-wert“ $\varepsilon_0, \varepsilon_r$	
	F 6				$A(t) =, A_0$		„mathematisches Zeichen“ $\sin$	$A(t) =$	„Klammern“ $(,)$	„Anfangswert“ A_0	„griechische Buchstaben“ $\varphi + t \cdot \omega$
Lena	F 1		$\frac{1}{2}$	D, s^2		D, s^2		W			
	F 2		$\mu_0, \mu_r, \pi, 2$	I, r				$B =$	$\bullet, \div$	„material-abhängig“ μ_r	
	F 3		μ_0, μ_r	n^2, l		n^2, l		$B =$	$\bullet, \div$	„Zeitabhängige“ $\Delta I, \Delta t$ „material-abhängig“ μ_r	
	F 4						„Rechen-vorschrift“ $\frac{1}{r_{E-S}^2}$	$F_G =$	$\bullet, \div$	„Massen“ m_E, M_S „Normalkraft“ G_N	
	F 5		$\varepsilon_0, \varepsilon_r, \pi, 4$	Q_1, Q_2, r^2				$F =$	$\bullet, \div$	„material-abhängig“ ε_r	
	F 6		A_0	φ, ω, t				$A(t) =$	$\sin, \bullet, +, (,)$		
Katrin	F 1										„spezifisch für

											diese Formel“ $W =, D$ „kommt öfters vor“ $\frac{1}{2}, s^2$
	F 2		μ_0, μ_r				„Kreis“ $2 \cdot \pi \cdot r$ „Vektor“ $B =$			„Stromstärke“ I	
	F 3		μ_0, μ_r		n^2, l		„Vektor“ $B =$	„wird berechnet“ $B =$		„messbar“ $\Delta I, \Delta t$	
	F 4										„Großbuchstaben“ G_N, M_S „unbenannt“ $F_G =, m_E, r_{E-S}^2$
	F 5		$\varepsilon_0, \varepsilon_r$							„Kraft“ $F =$ „Ladungen“ Q_1, Q_2	„kennt man“ $4, \pi, r^2$
	F 6			φ, ω		t	„x-Wert“ t „Kurve“ $\sin(\ )$			„Strom mit Anfangswert“ $A(t) =, A_0$	
Janine	F 1	$\frac{1}{2}$		$W =, D, s^2$					•		„Buchstaben“ $W =, D, s^2$
	F 2		π				„Radius“ r				„unbenannt“ $B =, I, 2, \mu_0, \mu_r$
	F 3			„Variable der Zeit“ Δt							„unbenannt“ $B =, n^2, l, \mu_0, \mu_r, \Delta I$

Janine	F 4			$F_G =, G_N, m_E,$ $M_S, \frac{1}{r_{E-S}^2}$			*„Bruch“* $\frac{1}{r_{E-S}^2}$				
	F 5		π		$Q_1, Q_2, r^2,$ $\varepsilon_0, \varepsilon_r, 4$	$Q_1, Q_2, r^2,$ $\varepsilon_0, \varepsilon_r, 4$				*„Kraft“* $F =$	
	F 6			$A(t) =, A_0, t,$ $\sin(\varphi + t \cdot \omega)$		*„Abhängig von der Zeit“* $A(t)$				*„Startwert“* A_0	
Anja	F 1			$W =, D, s^2$			*„Faktor“* $\frac{1}{2}$		$\bullet$		*„Großbuch-staben“* $W =, D$ *„Kleinbuch-staben“* s^2
	F 2	2	μ_0, μ_r, π	B, I, r					$\bullet, \div, =$		
	F 3		μ_0, μ_r	B, n^2, l			*„Differenzen“* $\Delta I, \Delta t$		$\bullet, \div, =$		
	F 4	1							$\bullet, \div, =$		*„ein Index“* $F_G, G_N,$ M_S, m_E *„Differenz als Index“* r_{E-S}^2
	F 5		$\varepsilon_0, \varepsilon_r, \pi, 4$	F, Q_1, Q_2, r^2					$\bullet, \div, =$		
	F 6			$A(t), A_0, t, \varphi, \omega$			*„Anweisung“* sin		$=, \bullet, +, (,)$		
Lisa	F 1	$\frac{1}{2}$			D, s^2		*„linke Seite“* $W =$		$\bullet$		
	F 2	2	μ_0, μ_r, π	I, r				$B =$	$\bullet, \div$		
	F 3		μ_0, μ_r				*„Differenzen“* $\Delta I, \Delta t$	$B =$	$\bullet, \div$	*„Eigenschaften der Spule“* n^2, l	
Lisa	F 4	1	G_N				*„Abstand“*		$\bullet, \div$	*„Gravitations-kraft“*	

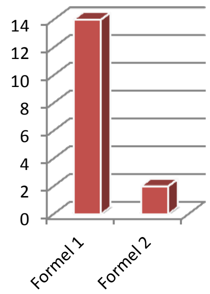
							r^2_{E-S}			$F_G =$ *„Massen“* m_E, M_S	
	F 5	$\pi, 4$	$\varepsilon_0, \varepsilon_r, \pi, 4$	Q_1, Q_2, r^2					$\bullet, \div$	*„Kraft“* $F =$	
	F 6			φ, ω		*„abhängig v. t“* φ, ω	*„linke Seite“* $A(t) =$		$\sin, \bullet, +, (,)$	*„Ausgangswert“* A_0	
Moritz	F 1		$\frac{1}{2}$	W, D, s^2					$=, \bullet$		
	F 2		*„physikalisch“* μ_0, μ_r *„mathematisch“* $\pi, 2$	B, I, r	B, I, r				$=, \bullet, \div$		
	F 3		μ_0, μ_r	B			*„Differenzen“* $\Delta I, \Delta t$		$=, \bullet, \div$	*„Kenngrößen“* n^2, l	
	F 4	1	G_N		$F_G, m_E, M_S,$ r^2_{E-S}			*„Resultierend“* F_G	$=, \bullet, \div$		
	F 5	$\pi, 4$	$\varepsilon_0, \varepsilon_r$		F, Q_1, Q_2, r^2			F	$=, \bullet, \div$		
	F 6				$A(t)$		*„Winkel“* φ, ω, A_0, t *„mathe. Funktion“* $\sin(\ \ )$		$=, \bullet, +$		

Formel / Proband	$W = D \cdot \frac{1}{2} \cdot s^2$	$B = \frac{\mu_r \cdot I \cdot \mu_0}{\pi \cdot r \cdot 2}$	$B = \frac{n^2 \cdot \mu_0 \cdot \Delta I \cdot \mu_r}{\Delta t \cdot l}$	$F_G = M_S \cdot G_N \cdot \frac{1}{r_{E-S}^2} \cdot m_E$	$F = \frac{Q_2 \cdot Q_1}{\varepsilon_0 \cdot \pi \cdot r^2 \cdot \varepsilon_r \cdot 4}$	$A(t) = \sin(\varphi + t \cdot \omega) \cdot A_0$
Silke	$W = \frac{1}{2} \cdot D \cdot s^2$	$B = \frac{\mu_0 \cdot \mu_r}{2\pi} \cdot \frac{I}{r}$	$B = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{n^2 \cdot \Delta I}{l \cdot \Delta t}$	$F_G = \frac{1}{r_{E-S}^2} \cdot m_E \cdot M_S \cdot G_N$	$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r} \cdot \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$	$A(t) = A_0 \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi)$
Tanja	$W = \frac{1}{2} \cdot D \cdot s^2$	$B = \frac{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot I}{2\pi \cdot r}$	$B = \frac{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot n^2 \cdot \Delta I}{l \cdot \Delta t}$	$F_G = m_E \cdot M_S \cdot \frac{G_N}{r_{E-S}^2}$	$F = \frac{Q_1 \cdot Q_2}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot r^2}$	$A(t) = \sin(t \cdot \omega + \varphi) \cdot A_0$
Robert	$W = \frac{1}{2} \cdot D \cdot s^2$	$B = \frac{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot I}{2\pi r}$	$B = \frac{n^2 \cdot \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \Delta I}{l \cdot \Delta t}$	$F_G = G_N \cdot \frac{M_S \cdot m_E}{r_{E-S}^2}$	$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$	$A(t) = A_0 \cdot \sin(\varphi + \omega \cdot t)$
Marie	$W = \frac{1}{2} D s^2$	$B = \frac{\mu_0 \mu_r I}{2\pi r}$	$B = \frac{\mu_0 \mu_r n^2 \Delta I}{l \Delta t}$	$F_G = G_N \frac{M_S m_E}{r_{E-S}^2}$	$F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi r^2 \varepsilon_0 \varepsilon_r}$	$A(t) = A_0 \sin(\omega \cdot t + \varphi)$
Sven	$W = \frac{1}{2} \cdot D \cdot s^2$	$B = \frac{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot r}$	$B = \frac{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot n^2 \cdot \Delta I}{l \cdot \Delta t}$	$F_G = G \frac{M_S \cdot m_E}{r_{E-S}^2}$	$F = \frac{Q_1 \cdot Q_2}{4\pi r^2 \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r}$	$A(t) = \sin(t \cdot \omega + \varphi) \cdot A_0$
Diana	$W = \frac{1}{2} D s^2$	$B = \frac{1}{2} \cdot \frac{\mu_0 \mu_r I}{\pi r}$	$B = \frac{n^2 \cdot \Delta I \cdot \mu_0 \mu_r}{l \cdot \Delta t}$	$F_G = \frac{1}{r_{E-S}^2} G_N M_S m_E$	$F = \frac{1}{4} \cdot \frac{Q_1 Q_2}{r^2 \pi \varepsilon_0 \varepsilon_r}$	$A(t) = A_0 \cdot \sin(\varphi + t \cdot \omega)$
Nina	$W = \frac{1}{2} D s^2$	$B = \frac{\mu_r \mu_0}{2\pi} \frac{I}{r}$	$B = \mu_0 \mu_r \frac{\Delta I \, n^2}{\Delta t \, l}$	$F_G = m_E M_S G_N \frac{1}{r_{E-S}^2}$	$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_r\varepsilon_0} \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$	$A(t) = A_0 \sin(\varphi + t \cdot \omega)$
Mark	$W = \frac{1}{2} D s^2$	$B = \frac{\mu_0 \mu_r I}{2\pi r}$	$B = \frac{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot n^2}{l} \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}$	$F_G = G_N \frac{M_S m_E}{r_{E-S}^2}$	$F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi r^2 \varepsilon_0 \varepsilon_r}$	$A(t) = A_0 \sin(\omega \cdot t + \varphi)$

Formel / **Proband**	$W = D \cdot \frac{1}{2} \cdot s^2$	$B = \frac{\mu_r \cdot I \cdot \mu_0}{\pi \cdot r \cdot 2}$	$B = \frac{n^2 \cdot \mu_0 \cdot \Delta I \cdot \mu_r}{\Delta t \cdot l}$	$F_G = M_S \cdot G_N \cdot \frac{1}{r_{E-S}^2} \cdot m_E$	$F = \frac{Q_2 \cdot Q_1}{\varepsilon_0 \cdot \pi \cdot r^2 \cdot \varepsilon_r \cdot 4}$	$A(t) = \sin(\varphi + t \cdot \omega) \cdot A_0$
Erik	$E_{Spann} = \frac{1}{2} Ds^2$	$B = \frac{1}{2\pi r} \mu_0 \mu_r I$	$B = \frac{n^2 \mu_0 \mu_r}{l} \cdot \frac{dI}{dt}$	$F_G = G \frac{M_S m_E}{r^2}$	$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r} \cdot \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$	$A(t) = A_0 \sin(\omega \cdot t + \varphi)$
Nicole	$W = \frac{D \cdot s^2}{2}$	$B = \frac{I \cdot \mu_0 \cdot \mu_r}{2 \cdot \pi \cdot r}$	$B = \frac{\Delta I \cdot \mu_0 \cdot \mu_r \cdot n^2}{\Delta t \cdot l}$	$F_G = M_S \cdot G_N \cdot \frac{1}{r_{E-S}^2} \cdot m_E$	$F = \frac{Q_1 \cdot Q_2}{4 \cdot \pi \cdot r^2 \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r}$	$A(t) = A_0 \cdot \sin(\varphi + t \cdot \omega)$
Lena	$W = \frac{1}{2} Ds^2$	$B = \frac{\mu_0 \mu_r I}{2\pi r}$	$B = \frac{\mu_0 \mu_r n^2 \Delta I}{l \Delta t}$	$F_G = M_S m_E \frac{1}{r_{E-S}^2} G_N$	$F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r r^2}$	$A(t) = A_0 \cdot \sin(\varphi + t \cdot \omega)$
Katrin	$W = \frac{D \cdot s^2}{2}$	$B = \frac{\mu_r \cdot I \cdot \mu_0}{2\pi \cdot r}$	$B = \frac{n^2 \cdot \mu_r \cdot \Delta I \cdot \mu_0}{\Delta t \cdot l}$	$F_G = \frac{M_S \cdot G_N \cdot m_E}{r_{E-S}^2}$	$F = \frac{Q_1 \cdot Q_2}{4 \cdot \pi \cdot r^2 \cdot \varepsilon_r \cdot \varepsilon_0}$	$A(t) = A_0 \cdot \sin(\varphi + t \cdot \omega)$
Janine	$W = \frac{1}{2} \cdot D \cdot s^2$	unverändert	$B = \frac{n^2 \cdot \mu_r \cdot \Delta I \cdot \mu_0}{\Delta t \cdot l}$	$F_G = \frac{1}{r_{E-S}^2} \cdot M_S \cdot G_N \cdot m_E$	$F = \frac{Q_1 \cdot Q_2}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot r^2}$	$A(t) = A_0 \cdot \sin(\varphi + t \cdot \omega)$
Anja	$W = \frac{1}{2} \cdot D \cdot s^2$	$B = \frac{I \mu_0 \mu_r}{2\pi r}$	$B = \frac{\Delta I}{\Delta t} \cdot \frac{n^2}{l} \cdot \mu_0 \mu_r$	$F_G = G_N \cdot \frac{m_E \cdot M_S}{r_{E-S}^2}$	$F = \frac{1}{\varepsilon_0 \varepsilon_r} \cdot \frac{Q_1 Q_2}{4\pi r^2}$	$A(t) = A_0 \cdot \sin(\varphi + \omega \cdot t)$
Lisa	$W = \frac{1}{2} \cdot D \cdot s^2$	$B = \frac{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot I}{2\pi \cdot r}$	$B = \frac{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot n^2 \cdot \Delta I}{l \cdot \Delta t}$	$F_G = \frac{G_N \cdot M_S \cdot m_E}{r_{E-S}^2}$	$F = \frac{Q_1 \cdot Q_2}{4\pi \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot r^2}$	$A(t) = A_0 \cdot \sin(t \cdot \omega + \varphi)$
Moritz	$W = \frac{1}{2} Ds^2$	$B = \frac{\mu_0 \mu_r}{2\pi} \cdot \frac{I}{r}$	$B = \mu_0 \mu_r \cdot \frac{n^2}{l} \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}$	$F_G = G_N \cdot \frac{M_S m_E}{r_{ES}^2}$	$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r} \cdot \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$	$A(t) = A_0 \sin(\omega \cdot t + \varphi_0)$

3 Ergebnis – Neue Zusammenstellung der Formeln

Formel {1} - $W = D \cdot \frac{1}{2} \cdot s^2$

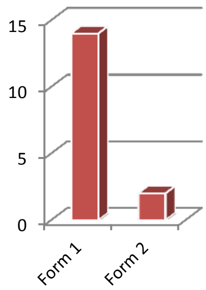


Formel 1: $W = \frac{1}{2} \cdot D \cdot s^2$

Formel 2: $W = \frac{D \cdot s^2}{2}$

Bei der Formel {1} gab es ein sehr klares Ergebnis. So entschieden sich 14 Probanden für die Form $W = D \cdot \frac{1}{2} \cdot s^2$. Lediglich Nicole und Katrin entschieden sich, die vorgegebene Struktur aufzulösen und neben der Reihenfolge der Bestandteile auch das Gesamtbild der Formel zu verändern. Sie entschieden sich für die Form $W = \frac{Ds^2}{2}$. Nicole begründete dies mit einer *„kompakteren“* Form der Formel. In der Literatur ist es auch die Formel eins, welche am häufigsten zu finden ist.

Formel {1} - $W = D \cdot \frac{1}{2} \cdot s^2$



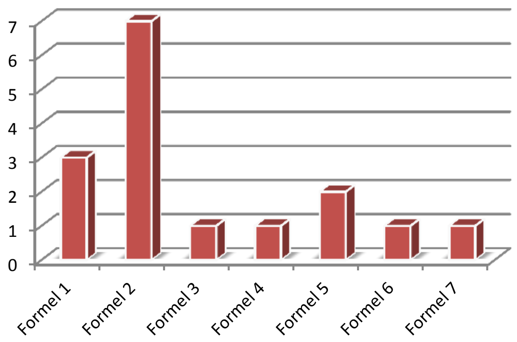
Form 1: $W = Zahl \cdot Bruch$

Form 2: $W = Bruch$

Bei dieser Auswertung der Daten besteht die Möglichkeit ein Muster in den Formen der gelegten Formeln zu erkennen. Dabei wurden die einzelnen Bestandteile nicht mehr nach ihrer Reihenfolge, sondern als kompakte Bausteine der Formel betrachtet. Daraus ergaben sich weniger breitgefächerte und aussagekräftigere Ergebnisse, bezüglich der Präferenzen der Studenten zur Darstellung von Formeln.

Die Formel {1} liefert aufgrund ihrer geringen Komplexität das exakt gleiche Ergebnis wie zuvor. So entschieden sich 14 Probanden für die Form $W = Zahl \cdot Bruch$ und 2 Probanden, Nicole und Katrin für $W = Bruch$.

Formel {2} - $B = \frac{\mu_r \cdot I \cdot \mu_0}{\pi \cdot r \cdot 2}$



Formel 1: $B = \frac{\mu_0 \cdot \mu_r}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{I}{r}$

Formel 2: $B = \frac{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot r}$

Formel 3: $B = \frac{1}{2} \cdot \frac{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot I}{\pi \cdot r}$

Formel 4: $B = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot r} \cdot \mu_0 \cdot \mu_r \cdot I$

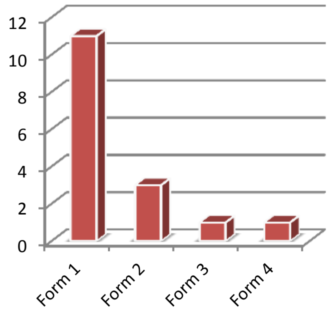
Formel 5: $B = \frac{I \cdot \mu_0 \cdot \mu_r}{2 \cdot \pi \cdot r}$

Formel 6: $B = \frac{\mu_r \cdot I \cdot \mu_0}{2 \cdot \pi \cdot r}$

Formel 7: $B = \frac{\mu_r \cdot I \cdot \mu_0}{\pi \cdot r \cdot 2}$

Nach dem Zusammensetzen der Formel {2} entschieden sich sieben Probanden für die Formel $B = \frac{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot r}$. Drei Probanden entschieden sich für die Struktur eines Bruches zu durchbrechen und zwei Brüche der Form $B = \frac{\mu_0 \cdot \mu_r}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{I}{r}$ zusammen zu legen. Für die Formel $B = \frac{I \cdot \mu_0 \cdot \mu_r}{2 \cdot \pi \cdot r}$ entschieden sich zwei Probanden. Für die Formel drei, vier, sechs und sieben entschieden sich jeweils nur 1 Proband.

Formel {2} - $B = \dfrac{\mu_r \cdot I \cdot \mu_0}{\pi \cdot r \cdot 2}$



Form 1: $B = Bruch$

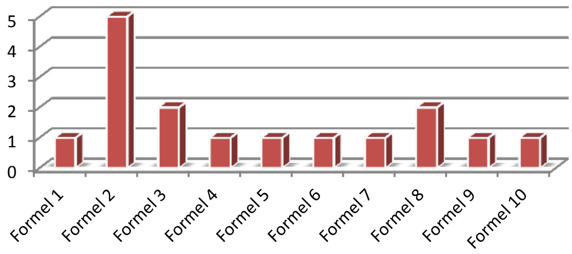
Form 2: $B = konst.\ Bruch \cdot Bruch$

Form 3: $B = Zahl \cdot Bruch$

Form 4: $B = "Kreis" \cdot Variablen$

Lieferte die obere Betrachtung der Formel {2} noch 7 verschiedene Variationen, so ergibt sich für diese Betrachtung 4 verschiedene Möglichkeiten. Wobei eine Möglichkeit, die Formel als Gesamtbruch $B = Bruch$ von elf Probanden bevorzugt wird. Drei Probanden präferieren die Darstellung $B = konst.\ Bruch \cdot Bruch$, dazu zählte zum Beispiel Silke. Diana entschied sich für die Form $B = Zahl \cdot Bruch$ und Erik für eine Darstellung mit dem Kreisumfang im Nenner eines Bruches multipliziert mit den Variablen bzw. Konstanten.

Formel {3} - $B = \frac{n^2 \cdot \mu_0 \cdot \Delta I \cdot \mu_r}{\Delta t \cdot l}$



Formel 1: $B = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{n^2 \cdot \Delta I}{l \cdot \Delta t}$

Formel 2: $B = \frac{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot n^2 \cdot \Delta I}{l \cdot \Delta t}$

Formel 3: $B = \frac{n^2 \cdot \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \Delta I}{l \cdot \Delta t}$

Formel 4: $B = \frac{n^2 \cdot \Delta I \cdot \mu_0 \cdot \mu_r}{l \cdot \Delta t}$

Formel 5: $B = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{\Delta I \cdot n^2}{\Delta t \cdot l}$

Formel 6: $B = \frac{n^2 \cdot \mu_0 \cdot \mu_r}{l} \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}$

Formel 7: $B = \frac{\Delta I \cdot \mu_0 \cdot \mu_r \cdot n^2}{\Delta t \cdot l}$

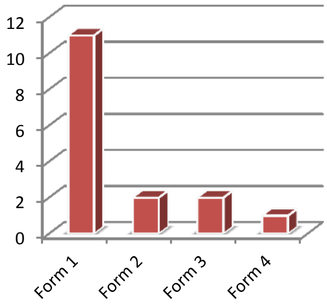
Formel 8: $B = \frac{n^2 \cdot \mu_r \cdot \Delta I \cdot \mu_0}{\Delta t \cdot l}$

Formel 9: $B = \frac{\Delta I}{\Delta t} \cdot \frac{n^2}{l} \cdot \mu_0 \cdot \mu_r$

Formel 10: $B = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{n^2}{l} \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}$

Bei der Formel {3} ergab sich ein sehr breites Spektrum an gelegten Formeln. So haben sich fünf Probanden für die Formel $B = \frac{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot n^2 \cdot \Delta I}{l \cdot \Delta t}$. Jeweils zwei Probanden haben die Formel $B = \frac{n^2 \cdot \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \Delta I}{l \cdot \Delta t}$ bzw. $B = \frac{n^2 \cdot \mu_r \cdot \Delta I \cdot \mu_0}{\Delta t \cdot l}$ entschieden. Die Formeln eins, vier, fünf, sechs, sieben, neun und zehn wurden jeweils von einem Probanden gelegt. Janine war hierbei die einzige, welche die Formel nicht umgestellt hatte, da sie in dieser Form für sie bereits *„kompakt genug“* war.

Formel {3} - $B = \frac{n^2 \cdot \mu_0 \cdot \Delta I \cdot \mu_r}{\Delta t \cdot l}$



Form 1: $B = Bruch$

Form 2: $B = konst.Vorfaktor \cdot Bruch$

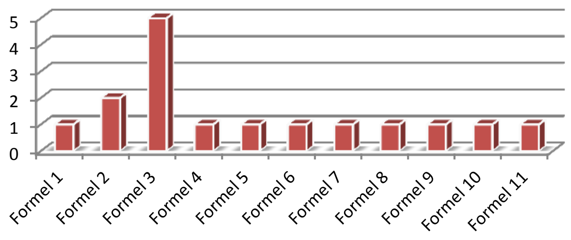
Form 3: $B = konst.Vorfaktor \cdot Bruch \cdot Bruch$

Form 4: $B = Bruch \cdot Bruch$

Die Formel {3} lieferte unter dieser Betrachtung, anstatt zehn, nur noch 4 verschiedene Möglichkeiten. Und auch hier ergab sich mit der Form $B = Bruch$ eine sehr deutliche Präferenz, welche von elf Probanden gelegt wurde.

Die Formen $B = konst.Vorfaktor \cdot Bruch$ (z.B. Nina) und $B = konst.Vorfaktor \cdot Bruch \cdot Bruch$ (z.B. Moritz) wurden von jeweils 2 Probanden gelegt. Für die Form $B = Bruch \cdot Bruch$ entschied sich lediglich Erik.

Formel {4} - $F_G = M_S \cdot G_N \cdot \frac{1}{r_{E-S}^2} \cdot m_E$



Die Formel {4} wurde in 11 verschiedenen Variationen von den Probanden gelegt. Dabei legten fünf Probanden die Formel $F_G = G_N \cdot \frac{M_S \cdot m_E}{r_{E-S}^2}$ und zwei Probanden die Formel $F_G = m_E \cdot M_S \cdot \frac{G_N}{r_{E-S}^2}$. Für die restlichen 9 Formeln entschieden sich jeweils ein Proband. Im späteren Verlauf wird nochmal die reine Form der Formel aufgegriffen.

Formel 1: $F_G = \frac{1}{r_{E-S}^2} \cdot m_E \cdot M_S \cdot G_N$

Formel 2: $F_G = m_E \cdot M_S \cdot \frac{G_N}{r_{E-S}^2}$

Formel 3: $F_G = G_N \cdot \frac{M_S \cdot m_E}{r_{E-S}^2}$

Formel 4: $F_G = \frac{1}{r_{E-S}^2} \cdot G_N \cdot M_S \cdot m_E$

Formel 5: $F_G = m_E \cdot M_S \cdot G_N \cdot \frac{1}{r_{E-S}^2}$

Formel 6: $F_G = M_S \cdot G_N \cdot \frac{1}{r_{E-S}^2} \cdot m_E$

Formel 7: $F_G = M_S \cdot m_E \cdot \frac{1}{r_{E-S}^2} \cdot G_N$

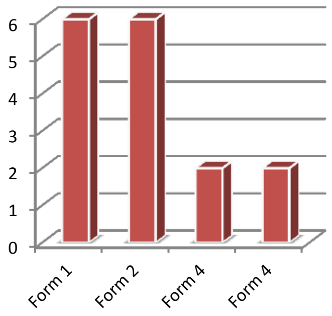
Formel 8: $F_G = \frac{M_S \cdot G_N \cdot m_E}{r_{E-S}^2}$

Formel 9: $F_G = \frac{1}{r_{E-S}^2} \cdot M_S \cdot G_N \cdot m_E$

Formel 10: $F_G = G_N \cdot \frac{m_E \cdot M_S}{r_{E-S}^2}$

Formel 11: $F_G = \frac{G_N \cdot M_S \cdot m_E}{r_{E-S}^2}$

Formel {4} - $F_G = M_S \cdot G_N \cdot \frac{1}{r_{E-S}^2} \cdot m_E$



Form 1: $F_G = Konstante \cdot Bruch$

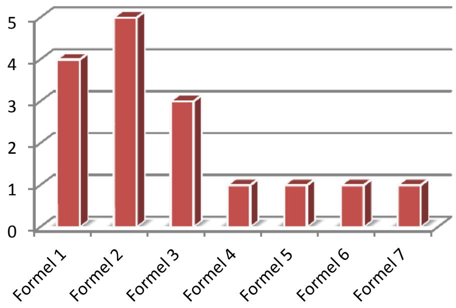
Form 2: $F_G = Größen \cdot "Abstand"$

Form 3: $F_G = Massen \cdot Bruch$

Form 4: $F_G = Bruch$

Formel lieferte die größte Dezimierung der Möglichkeiten unter dieser Betrachtung. Gab es zuvor noch elf verschiedene Varianten der Formel, ergaben sich nun noch 4 verschiedene Möglichkeiten. Zwei Formen stechen dabei besonders hervor. So wählten jeweils 6 Probanden die Form $F_G = Konstante \cdot Bruch$ (z.B. Anja) bzw. $F_G = Größen \cdot "Abstand"$ (z.B. Nina). Jeweils zweimal wurden die restlichen Möglichkeiten gelegt. So legte zum Beispiel Tanja die Form $F_G = Massen \cdot Bruch$ und Katrin die Form $F_G = Bruch$. Letzteres Ergebnis überrascht ein wenig, da in beiden vorangegangen Formeln die Form eines kompakten Bruches klar favorisiert waren.

Formel {5} - $F = \frac{Q_2 \cdot Q_1}{\varepsilon_0 \cdot \pi \cdot r^2 \cdot \varepsilon_r \cdot 4}$



Formel 1: $F = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$

Formel 2: $F = \frac{Q_1 \cdot Q_2}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot r^2}$

Formel 3: $F = \frac{Q_1 \cdot Q_2}{4 \cdot \pi \cdot r^2 \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r}$

Formel 4: $F = \frac{1}{4} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r}$

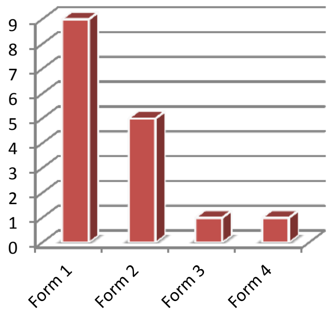
Formel 5: $F = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_r \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$

Formel 6: $F = \frac{Q_1 \cdot Q_2}{4 \cdot \pi \cdot r^2 \cdot \varepsilon_r \cdot \varepsilon_0}$

Formel 7: $F = \frac{1}{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{4 \cdot \pi \cdot r^2}$

Die Formel {5} wurde von den Probanden in sieben verschiedenen Möglichkeiten zusammengelegt. Dabei stachen drei Formeln etwas heraus. So legten fünf Probanden die Formel $F = \frac{Q_1 \cdot Q_2}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot r^2}$, vier Probanden die Formel $F = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$ und drei Probanden die Formel $F = \frac{Q_1 \cdot Q_2}{4 \cdot \pi \cdot r^2 \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r}$. Die anderen vier Formeln wurden wieder lediglich von einem Probanden gelegt.

Formel {5} - $F = \dfrac{Q_2 \cdot Q_1}{\varepsilon_0 \cdot \pi \cdot r^2 \cdot \varepsilon_r \cdot 4}$



Form 1: $F = Bruch$

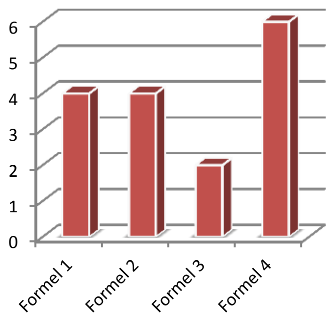
Form 2: $F = konst.Vorfaktor \cdot Bruch$

Form 3: $F = Zahl \cdot Bruch$

Form 4: $F = phys.\,Konstanten \cdot Bruch$

Die Formel {5} lieferte wieder ein bereits bekanntes Ergebnis, so wählten 9 Probanden (z.B. Marie) die Form $F = Bruch$. Mit etwas Abstand und von fünf Probanden (z.B. Robert) gelegt folgt $F = konst.Vorfaktor \cdot Bruch$. Diana legte als Einzige die Form $F = Zahl \cdot Bruch$ und Anja die Form $F = phys.\,Konstanten \cdot Bruch$.

Formel 6 - $A(t) = \sin(\varphi + t \cdot \omega) \cdot A_0$



Formel 1: $A(t) = A_0 \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi)$

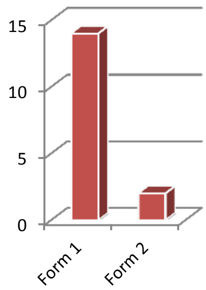
Formel 2: $A(t) = \sin(t \cdot \omega + \varphi) \cdot A_0$

Formel 3: $A(t) = A_0 \cdot \sin(\varphi + \omega \cdot t)$

Formel 4: $A(t) = A_0 \cdot \sin(\varphi + t \cdot \omega)$

Die Formel {6} lieferte ein relativ ausgeglichenes Ergebnis mit einem leichten Hang zur Formel $A(t) = A_0 \cdot \sin(\varphi + t \cdot \omega)$, welche sechs Probanden legten. Jeweils von vier Probanden wurde die Formel $A(t) = A_0 \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi)$ und $A(t) = \sin(t \cdot \omega + \varphi) \cdot A_0$ gelegt. Die Formel $A(t) = A_0 \cdot \sin(\varphi + t \cdot \omega)$ wurde von 2 Probanden konstruiert.

Formel {6} - $A(t) = \sin(\varphi + t \cdot \omega) \cdot A_0$



Form 1: $A(t) = Konstante \cdot Sinus$

Form 2: $A(t) = Sinus \cdot Konstante$

Die Formel {6} wurde nun in zwei verschiedene Darstellungsformen gebracht. Zum Einen die Form $A(t) = Konstante \cdot Sinus$, welche von 14 Probanden (z.B. Lena) gewählt wurde und zum Anderen die Form $A(t) = Sinus \cdot Konstante$. Letztere Form wurde von zwei Probanden (z.B. Sven) gelegt.

Die Betrachtung der Darstellungsform lieferte eindeutigere und weniger gestreute Ergebnisse, da nun die Reihenfolge der einzelnen Bestandteile nicht mehr betrachtet wurden. Vergleicht man die gewonnen Erkenntnisse, so kann man erkennen, dass es sich dabei auch um die Darstellungsformen handelt, wie sie auch in der Literatur verwendet wird. Dies könnte auch eine Erklärung für das abweichende Muster in der Formel {4} sein. Somit kann davon ausgegangen werden, dass der Großteil der Probanden mit dieser Formel bereits in Berührung gekommen ist, wenn auch nicht in exakt dieser Darstellung.

4 Ergebnis – Beschreiben der Formeln

In diesem Teil des Interviews sollten die Probanden die vor ihnen liegende Formel beschreiben. Dabei sollten sie einzelne Bestandteile beschreiben, aber auch die gesamte Formel. Im Folgenden wurde versucht, die Ergebnisse mit möglichst vielen Worten der Probanden selbst zu arbeiten. Somit kann es teilweise zu einer nicht einwandfreien Grammatik kommen.

Silke beantworte die Frage was diese Formel {1} bedeute zunächst mit *„Ich weiß leider nicht mehr genau was sie bedeutet!“.* Einzelne Bestandteile kann sich jedoch erklären: *„s ist glaub ich immer der Weg und W war die Arbeit“*. Da *D* nicht als Federkonstante bekannt ist, fehlt natürlich der wichtigste Bezugspunkt zu dieser Formel. Formel {2} stellt *„eine Formel für die magnetische Feldstärke“* dar. Die einzelnen Bestandteile beschreibt sie mit *„r ist der Radius, I die Stromstärke, das sind die Konstanten* [zeigt auf die Konstanten*], und das ist ja bekannt*[zeigt auf π und die Zahl]*“*. Bei der Formel {3} werden wieder einzelne Bestandteile erläutert, *B* wird auch wieder erkannt. *„Man kann einsetzen, l – den Abstand zwischen zwei Ladungen, glaube ich, n weiß ich gerade gar nicht, Δt ist natürlich die Zeitdifferenz und ΔI würde ich wieder als Stromstärke bezeichnen. Wobei mich das in diesem Zusammenhang komplett durcheinander bringt.“* Formel {4} wird von ihr als Formel für die *„Gravitationskraft von zwei Körpern aufeinander, weil ich einen Radius habe zwischen den zweien.“* Formel {5} beschreibt *„die Kraft, die zwischen zwei geladen Teilchen (Ladungen) wirkt, mit dem Radius r voneinander weg sind“.* Formel {6} *„berechnet zum Zeitpunkt t den Amplitudenwert einer Schwingung“.*

Tanja beschreibt Formel {1} als eine Formel *„für die Arbeit – einhalb mal die weiß ich nicht und s^2 ist der Weg“*. Bei Formel {2} beschreibt sie einzelne Bestandteile: *„ μ Abhängigkeit von dem Material, I für den Strom und $2\pi r$ als Abstand“*. Die Formel als ganzes kann nicht beschrieben werden. Formel {3} *„ist für die magnetische Feldstärke, n^2 ist die Windungszahl der Spule, ΔI die Änderung des Stroms, Δt die Änderung der Zeit und l die Länge der Spule“.* Formel {4} *„sagt, dass die Gravitationskraft zwischen der Erde und der Sonne errechnet werden kann, in dem man die Masse der Erde mal die Masse der Erde rechnet und* *dann die – ich hoffe das es die Normalkraft ist, durch den Abstand der Erde zur Sonne zum Quadrat nimmt“.* Formel {5} sagt aus, *„dass man die Kraft zwischen Ladungen errechnen kann, in dem man die Ladung Q_1 mal Q_2 nimmt und durch $4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r r^2$ teilt.“* Sie berechnet *„die Kraft zwischen zwei Ladungen“*. Formel {6} berechnet *„die Fläche in Abhängigkeit der Zeit an“. „Dabei ist A_0 die Startfläche“.*

Robert konnte bei der Formel {1} zunächst nichts benennen oder erläutern. Aber nach kurzer Zeit fällt ihm noch *D* als die Federkonstante ein. Am Ende nimmt er sich dieser Formel nochmal an. Er vermutet einen Zusammenhang zum Hook‘schen Gesetz. Letzten Endes beschreibt er *„W ist die Energie, D ist die Federkonstante und s² ist die Auslenkung vom Ursprungszustand zum Quadrat“*. Formel {2} *„beschreibt das magnetische Feld“*. Bei Formel {3} wurden jeweils die Bestandteile richtig benannt. Formel {4} beschreibt *„die Gravitationskraft auf die Erde von der Sonne“*. Formel {5} bestimmt *„die Kraft zwischen zwei Ladungen“*. Im weiteren Verlauf wurden die Bestandteile benannt. Formel {6} berechnet *„die Querschnittsfläche zum Zeitpunkt t* […] *A_0 als wirksame Querschnittsfläche und dem Anfangswinkel φ und die Winkelgeschwindigkeit ω“. „*

Marie beschreibt Formel {1}: *„W ist die Energie, D ist für mich eine Federkonstante und s ein Weg – dementsprechend ergibt die Formel für so keinen Sinn“.* Formel {2} beschreibt *„die Magnetfeldstärke“.* Formel {3} beschreibt „das Magnetfeld einer Spule“. Die einzelnen Bestandteile werden richtig benannt. Formel {4} beschreibt *„die Gravitationskraft zwischen Sonne und Erde“*. Formel {5} beschreibt *„die Coulombkraft“* und Formel {6} beschreibt *„die Amplitude in der Abhängigkeit von der Zeit – bei der Schwingung“.*

Sven. Die Formel {1} beschreibt *„die Spannenergie einer Feder in Abhängigkeit von der Auslenkung“*. Formel {2} konnte nicht benannt werden. Sven beschrieb einzelne Bestandteile der Formel {3}, ließ allerdings *n²* und *B* aus, tippte jedoch auf das elektrische Feld. Formel {4} *„ist die Gravitationskraft“* Zunächst war er von dem Index an *G* abgelenkt, konnte dann jedoch die Bestandteile richtig benennen. Formel {5} beschreibt *„eine Kraft, das sind Ladungen* [zeigt auf *Q*]“. *„Das ist die elektrische Kraft in einem elektrischen Feld. Die Coulombkraft“*. Formel {6} beschreibt *„die Ausrichtung eines Schwingers nach der Zeit, also die Amplitude…Schwingungsgleichung“*.

Diana konnte die Formel {1} nicht näher erläutern. Formel {2} wurde in einzelnen Bestandteilen benannt – *„B war glaube die Kraft".* Formel {3} wurde wieder in einzelnen Bestandteilen benannt – *„n² ist eine Fläche, B müsste ich im Tafelwerk schauen".* Formel {4} beschreibt *„eine Kraft – steht ein G drunter – ist vielleicht die Gravitationskraft". „r ist der Radius Erde minus Sonne, macht aber keinen Sinn, denn da würde etwas Negatives raus kommen". „Wenn E die Erde und S die Sonne meint, könnte es die Gravitationskraft sein, gibt es sowas?"* Formel {5} berechnet *„eine Kraft zwischen zwei Ladungen".* Die Formel {6} wurde in einzelnen Bestandteilen benannt. *„Was war denn A – weiß ich nicht…das ist wahrscheinlich irgendeine Fläche…ich glaube beim Plattenkondensator ist ein A. Das A kann aber auch für etwas Anderes stehen."*

Nina beschreibt einzelne Bestandteile der Formel {1} wie folgt: *„Federkonstante* [zeigt auf *D*]*, Sekunde zum Quadrat* [zeigt auf s²]*, W ist die Arbeit."* Sie berechnet *„die Schwingung einer Feder"*. Formel {2} beschreibt *„ein magnetisches Feld"*. Formel {3} beschrieb wieder ein „magnetisches Feld" und die einzelnen Bestandteile werden benannt. Formel {4} wurde in einzelnen Bestandteilen benannt und berechnet *„die Gewichtskraft von der Erde zur Sonne, oder so".* Formel {5} beschreibt eine *„Kraft, 2 Ladungen und einen Abstand"*. In Formel {6} werden $A(t), A_0$ als „Schwingungsdauer" benannt.

Mark beschrieb Formel {1} in einzelnen Bestandteilen. *„ s ist ja immer sowas wie eine Strecke, D ist die Federkonstante". W* bleibt unbenannt. Formel {2} wurde zum Teil beschrieben, *„ Kreis* [zeigt auf den Nenner]*, Strom vermutlich* [zeigt auf I]*, B ist irgend ein Feld, Magnetfeld sage ich mal".* Formel {3} wurde wieder in Bestandteilen beschrieben, *„Länge, irgendein Feld".* Formel {4} berechnet die *„Kraft, die das eine auf das andere ausübt".* Formel {5}: *„Kraft, zwei Ladungen, Kreisfläche und etwas metallisches/magnetisches"*. Formel {6} beschreibt die *„Amplitude zu einem bestimmten Zeitpunkt".*

Erik beschreibt alle Formeln sehr detailliert. Formel {1} beschreibt die *„Spannenergie, D ist die Federkonstante und s die Auslenkung um den Ruhepunkt".* Formel {2} wurde in allen Bestandteilen bereits während des Zerschneidens erläutert. Formel {3} beschreibt *„die magnetische Flussdichte in einer langen Spule".* Formel {4} bezeichnete Erik als „Gravitationsgesetz". Formel {5} beschreibt „ das Coulombgesetz". Die Bestandteile der Formel wurden einzeln benannt. Formel {6} nennt man *„Schwingungsgleichung".*

Nicole konnte die Formel {1} nicht benennen. *„s – ich verstehe gerade den Zusammenhang nicht, ob s ein Weg oder Zeit ist – ich bin gerade bei Wärme“*. Formel {2}, {3} blieben unbenannt. Formel {4} *„könnte die Gravitationkraft“* beschreiben. Die ganze Formel {5} *„kann ich natürlich nicht bestimmen“*. *„F ist die Kraft, Q hat mit Wärme zu tun“.* Formel {6}: *„ A_0 ist der Anfangswert.“*

Lena beschrieb Formel {1} als „Auslenkungsarbeit der Feder. Formel {2} berechnet „die Stärke des Magnetfeldes“. Formel {3} beschreibt *„die Änderung des Magnetfeldes über einen Zeitrahmen abhängig vom Strom“*. Formel {4} berechnet die *„Gravitationskraft abhängig vom Abstand der Erde zur Sonne“.* Formel {5} beschreibt *„die Anziehungskraft zwischen Ladungen“*. Formel {6} wurde in Bestandteilen benannt. *„ φ ist die Phasenverschiebung, t ist die Zeit, ω ist die Winkelgeschwindigkeit. Was jetzt A ist, weiß ich leider nicht, vielleicht das elektrische Feld.“*

Katrin beschrieb die Formel {1} mit *„Arbeit, Sekunde zum Quadrat, D ist die Federkonstante, glaub ich.“* Formel {2} berechnet die *„Feldstärke“*. Formel {3} wurde mit einzelnen Bestandteilen und als *„Feldstärke“* beschrieben. Formel {4} hat mit der *„Gravitationskraft“* zu tun. Formel {5} wurde als „Kraft zwischen zwei Probeladungen“ beschrieben. *„r^2 da es ja rund ist, die Probeladung“*. Formel {6} berechnet einen *„Strom“*, wobei *„ A_0 der Startwert und ω die Kreisfrequenz ist“*.

Janine benannte keine der ihr vorgelegten Formeln.

Anja benannte Formel {1} nicht. Formel {2} beschreibt *„die Feldstärke“*. Formel {3} ließ Anja zunächst auf einen Kondensator tippen. Später beschreibt sie einzelne Bestandteile der Formel. *„l ist die Länge, n^2 könnte eine Teilchenanzahl sein, B ist wieder ein Feld“*. Formel {4} beschreibt *„die Gravitationskraft“*. *„Masse Erde, Masse Sonne, vielleicht Radius Erde minus Sonne, Normalkraft oder sowas“*. Formel {5} beschreibt eine *„Kraft, mit zwei Ladungen, der Radius ist wieder im Spiel“*. Formel {6} beschreibt *„eine Amplitude“, „t ist die Zeit, ω ist die Winkelgeschwindigkeit, φ ist ein Winkel“*. Die Gesamte Formel würde sie *„Schwingungsgleichung“* nennen.

Lisa beschrieb die Formel {1} als Formel für *„die Arbeit“*, *D* blieb jedoch unbekannt. Formel {2} beschreibt „*ein magnetisches Feld*“. Formel {3} berechnet *„ein magnetisches Feld einer Spule, Windungszahl, Länge, Stromstärke und Zeit“.* Formel {4} berechnet *„die Gravita-*

tionskraft“. Formel {5} beschreibt eine *„Kraft zwischen zwei Ladungen“*. Formel {6} blieb unbenannt.

Moritz benannte die Formel {1} mit *„Energie, Federkonstante, Auslenkung“. „Man erhält die Gleichung aus der Integration des Hook’schen Gesetzes“*. Formel {2} beschreibt *„das Magnetfeld“.* Formel {3} beschreibt *„das Magnetfeld einer Spule“*. Formel {4} wurde von Robert als *„Gravitationsgesetz“* benannt. Formel {5} wurde nicht näher beschrieben. Formel {6} beschreibt die *„Schwingungsgleichung“*.