DiMawe
Die Materialwerkstatt
Zeitschrift für Konzepte und Arbeitsmaterialien für Lehrer*innenbildung und Unterricht

Zum Nacherfinden.
Materialien für Unterricht und Lehre

Argumentieren lernen mit Rubrics

Raster zur Steuerung und Beurteilung des mathematischen Argumentierens

Kurt Hess[1,*], Verena Blum[1] & Robbert Smit[2]

[1] *Pädagogische Hochschule Zug*
[2] *Pädagogische Hochschule St. Gallen*
[*] *Kontakt: Pädagogische Hochschule Zug,*
Zugerbergstrasse 3, 6300 Zug, Schweiz
kurt.hess@phzg.ch

Zusammenfassung: In der vom Schweizerischen Nationalfonds (SNF) geförderten Interventionsstudie LERU (Lernen mit Rubrics) untersuchten Forschende der Pädagogischen Hochschulen St. Gallen und Zug das Erlernen und Beurteilen des mathematischen Argumentierens in 5. und 6. Klassen. Der eingesetzte Rubric (Beurteilungsraster) entfaltet das Konstrukt „Argumentieren" mit verschiedenen Aspekten und Niveaustufen. Er diente als Instrument zur individuellen Lernsteuerung, formativen Beurteilung und für Feedbacks unter Schüler*innen sowie zwischen Lehrpersonen und Lernenden. Während der zehnwöchigen Intervention wurden Sachaufgaben und arithmetisch reichhaltige Problemstellungen bearbeitet und das mathematische Argumentieren mithilfe des Rubrics verbessert. Die Erfahrungen mit dem Beurteilungsraster und die Forschungsergebnisse verweisen auf ein vielversprechendes Potenzial, unterrichtliche Optimierungsmöglichkeiten und auf eine Folgestudie namens FEMAR, welche die Wirkungen des Rubrics auf das formative Feedback analysieren wird (Laufzeit bis Ende 2021). Im Zentrum des vorliegenden Beitrags steht die Vorstellung des Rubrics und seines didaktischen Einsatzes im Mathematikunterricht.

Schlagwörter: Kompetenzorientierung, Mathematikunterricht, mathematisches Erforschen. mathematisches Argumentieren, kompetenzorientierte Beurteilung, Beurteilungsraster, Rubric, Feedback

1 Einleitung/Hinführung zum Material

Mathematisch kompetente Schüler*innen zeichnen sich nicht „nur“ durch ein geläufiges und korrektes Rechnen aus. Sie sind ebenso in der Lage, abstrakte Daten und Operationen zu visualisieren, Sachsituationen mit mathematischen Modellen zu klären, knifflige Fragestellungen, Rechenwege und Aussagen zu erforschen und Ergebnisse nachvollziehbar zu begründen. Eine Interventionsstudie des Schweizerischen Nationalfonds namens LERU (Lernen mit Rubrics) ging der Frage nach, inwiefern ein Rubric (Beurteilungsraster) den Kompetenzaufbau zum Argumentieren in 5. und 6. Klassen unterstützen kann. Die Studie bezieht sich insofern auf Bildungsstandards der Kultusministerkonferenz (KMK, 2003), als diese neben „Modellieren, Darstellen, Kommunizieren“ und „Mathematische Mittel nutzen“ auch „Mathematische Probleme lösen“ und „Argumentieren“ einfordern. Im Schweizer Lehrplan 21 sind diese allgemeinen Kompetenzen mit den Handlungsaspekten „Operieren und Benennen“, „Erforschen und Argumentieren“ und „Mathematisieren und Darstellen“ ausgewiesen, also leicht abweichend zu den Standards der KMK, aber mit durchaus vergleichbaren Absichten.

Die Matrix des Lehrplans 21 bringt zum Ausdruck, dass die Kompetenzbereiche (Inhalte) von Handlungsaspekten durchdrungen werden. Oder anders ausgedrückt: Schüler*innen zeigen sich als kompetent, wenn sie entsprechend handeln (z.B. in „schönen Päckchen“ die Abfolge von Operationen erforschen und Regelmässigkeiten begründen). Tabelle 1 zeigt das Zusammenspiel zwischen Handlungsaspekten und Kompetenzbereichen (vgl. D-EDK, 2016a) sowie Parallelen zu den Bildungsstandards der KMK (2003).

Tabelle 1: Struktur des Schweizer Fachbereichslehrplans Mathematik (Lehrplan 21) und der mathematischen Bildungsstandards nach KMK

		Kompetenzbereiche im Schweizer Lehrplan 21 *Inhaltsbereiche der Standards nach KMK*		
		Zahl und Variable *Zahlen und Operationen*	Form und Raum *Raum und Form*	Grössen, Funktionen, Daten und Zufall *Größen und Messen*
Handlungsaspekte im Schweizer Lehrplan 21 *Allgemeine math. Kompetenzen nach KMK*	Operieren und Benennen *Mathematische Mittel nutzen*			
	Erforschen und Argumentieren *Probleme lösen Argumentieren Kommunizieren*	Aufgaben in der Unterrichtsreihe von LERU		Aufgaben in der Unterrichtsreihe von LERU
	Mathematisieren und Darstellen *Modellieren Darstellungen verwenden*			

 https://doi.org/10.4119/dimawe-3590

Das Treatment der Interventionsstudie LERU bestand aus einer Unterrichtsreihe mit Aufgaben aus den Kompetenzbereichen „Zahl und Variable“ und „Grössen, Funktionen, Daten und Zufall“ sowie zum Handlungsaspekt „Erforschen und Argumentieren“ (vgl. Tab. 1). Die Schüler*innen der Experimentalklassen richteten ihr Lernen bzw. das Beschreiben, Begründen, Erklären oder Argumentieren an einem Rubric aus, der auch als Beurteilungs- und Feedback-Instrument diente. Die Kontrollklassen arbeiteten an denselben Aufgaben, aber ohne Rubric (vgl. Smit, Bachmann, Blum, Birri & Hess, 2017).

2 Didaktischer Kommentar

2.1 Unterrichtsreihe zum „Argumentieren und Begründen“

Die Klassen setzten während zehn Schulwochen eine Lektion pro Woche für das Thema „Argumentieren und Begründen“ ein. Die übrigen Lektionen verliefen „regulär“ bzw. entlang individueller Planungen mit üblichen Lern- und Lehrmitteln. Die Makrostruktur der zehn Lektionen folgte den Lernprozessphasen „PADUA“ (vgl. Reusser, 2014; Tab. 2).

Tabelle 2: Makrostruktur der zehn Lektionen in Lernprozessphasen

Lektion	Lernprozessphasen PADUA	Differenzierung der Phasen
1	*Problemorientierte Annäherung* Vorwissen aktivieren: Lösungen und Argumente dialogisch vergleichen.	Argumentationsaufgabe lösen. Lösungen und Argumente vergleichen: „Wer argumentiert überzeugender? – Warum?“
2/3	*Aufbau* Das zur Zielerreichung notwendige Wissen aneignen.	Rubric als Lernsteuerungs- und Evaluationsinstrument einführen: „Was ist gutes Argumentieren?“
4/5	*Durcharbeiten* Verständnis vertiefen, differenzieren, sichern.	Lösungen aus „problemorientierter Annäherungsphase“ beurteilen (vgl. erste Lektion). Einschätzungen diskutieren, Lösungen optimieren.
6/7	*Üben* Prozedurales Wissen (wie vorgehen?) aneignen und geläufig machen.	Ähnliche Argumentationsaufgaben lösen. Lösungen und Argumente entlang des Rubrics einschätzen, diskutieren, optimieren.
8/9	*Anwenden* Prozedurales Wissen anwenden.	Transfer auf andere Argumentationsaufgaben entlang des Rubrics einschätzen, diskutieren, optimieren.
10	*Überprüfen* Zielerreichung abschliessend überprüfen.	Testaufgaben entlang des Rubrics beurteilen. Summative Einschätzung der Argumentationskompetenz.

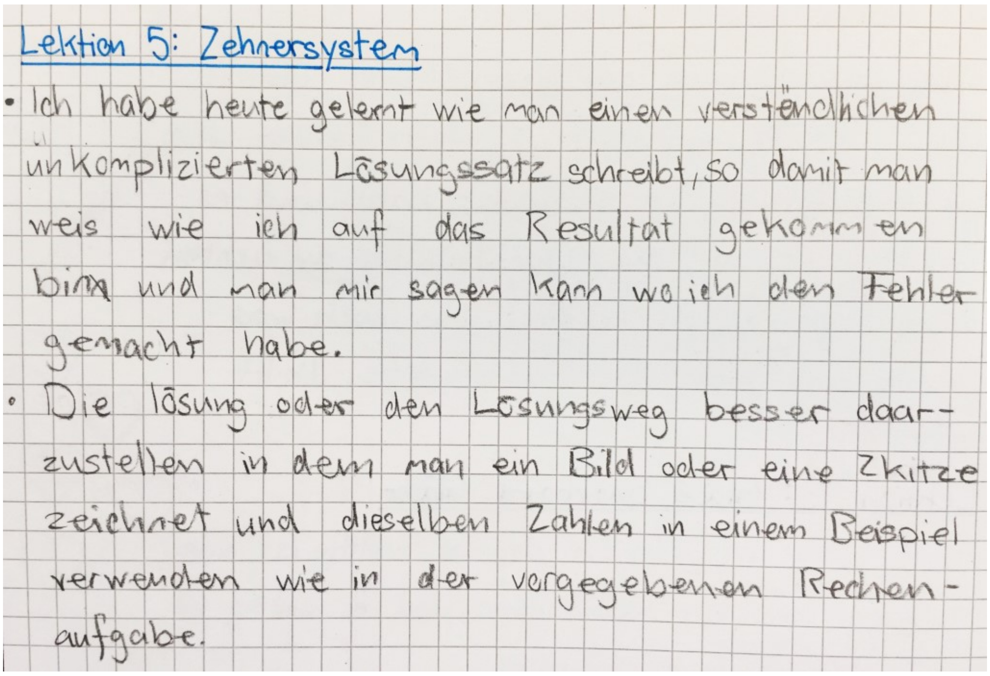
2.2 Kooperatives Lernen und Lernbegleitung

Die Umsetzung erfolgte über kooperative Lernformen (z.B. Placemat, Lerntempo-Duett) und die dialogischen Lernphasen *singuläres Denken* (in Einzelarbeiten; „Ich mache es so.“), *dialogisches Austauschen* (in Partner- oder Gruppenarbeiten; „Wie machst du es?“) und *reguläres Klären* (im Plenum; „Das machen wir ab.“). Jede Aufgabe oder jeder Auftrag wurde also vorerst alleine gelöst, es folgte der Austausch in Partner- oder Gruppenarbeiten, und schliesslich wurden Prozeduren und Lösungen im Plenum verglichen, reflektiert, optimiert und festgehalten. Das ICH-DU-WIR-Prinzip passt bestens zum mathematischen Begründen, Argumentieren oder Reflektieren, weil es die Einzelarbeit in den dialogischen Austausch bringt (vgl. Ruf & Gallin, 1999a, 1999b; Hess, 2016, S. 208–214; Krieg & Hess, 2017; Schindler, 2016, S. 23f.).

Während der ICH-Phasen ist es notwendig, dass sich die Lehrperson in verschiedene Lösungswege und Argumente hineindenkt, individuelle Impulse gibt und passende Fragen stellt. Rubrics können insofern der Lernsteuerung dienen, als sie den Interaktionen zwischen Lehrenden und Lernenden eine gemeinsame, transparente Grundlage vorgeben. In der DU-Phase achtet die Lehrperson darauf, dass erste Lösungsvorschläge oder vage Ideen bewusst gemacht, konkretisiert, weiterentwickelt oder modifiziert werden, so dass Erfolgserlebnisse in Reichweite gelangen. Die Effizienz der ICH- und DU-Phasen hängt wesentlich von einer präsenten Lernbegleitung ab (vgl. Lipowsky, 2002). Während der plenaren Klärung und Verifizierung von Erkenntnissen sollten nicht nur die am häufigsten gefundenen Lösungsansätze, sondern auch vereinzelte, kreative, vielleicht auch „schräge“ Ideen diskutiert werden (vgl. Schindler, 2016; D-EDK, 2016d). Das erfrischt, vermittelt neue Perspektiven und gibt Mut für eigene Wege in neuen Aufgaben.

2.3 Lernheft

Die Schüler*innen dokumentierten und reflektierten ihre Lernprozesse in einem Lernheft, Lerntagebuch oder Portfolio. Sie stellten Lösungswege dar, kommentierten diese oder stellten Fragen, sicherten Erkenntnisse und notierten nächste Ziele oder Absichten nach Vorlage des Rubrics. Miranda bezieht sich z.B. auf die Nachvollziehbarkeit ihres Lösungsweges sowie auf die Funktion von Bildern und Beispielen (vgl. Abb. 1).


Lektion 5: Zehnersystem

- Ich habe heute gelernt wie man einen verständlichen unkomplizierten Lösungssatz schreibt, so damit man weis wie ich auf das Resultat gekommen bin und man mir sagen kann wo ich den Fehler gemacht habe.
- Die lösung oder den Lösungsweg besser daarzustellen in dem man ein Bild oder eine Zkitze zeichnet und dieselben Zahlen in einem Beispiel verwenden wie in der vorgegebenen Rechenaufgabe.

Abbildung 1: Lernhefteintrag von Miranda

Es entsteht ein schriftlicher Dialog über das Lernen, wenn die Lehrperson und/oder die Mitschüler*innen die Einträge kommentieren (vgl. Hess, 2016; Smit, 2009, S. 108f.; Ruf & Gallin, 1999a, 1999b). Die Kommentare der Lehrperson sollten sich direkt an den bzw. die Autor*in richten und seine bzw. ihre Fähigkeiten betonen. Beispiel: „Du hast (…) dargestellt, treffend erläutert oder kommentiert“ (vgl. Bostelmann, 2006, S. 61). Aber auch nächste *erreichbare* Ziele sollten als solche deklariert werden.

Die Reflexion von Miranda erfolgt auf einer Metaebene. Sie benennt, worauf es beim Argumentieren bzw. beim dialogischen Lernen ankommt: auf die intersubjektive Nachvollziehbarkeit von Lösungswegen und Interpretationen. Als Mittel nennt sie Bilder, Skizzen und Beispiele. Die Lehrperson könnte kommentieren: „Du nennst wichtige Dinge. Achte bei der nächsten Aufgabe darauf, dass du den Lösungsweg und die Antwort verständlich notierst. Nutze Bilder, Skizzen und Beispiele, so dass andere Personen deine Überlegungen verstehen“. Die Schüler*innen erhielten Argumentationsaufgaben analog folgender Beispiele.

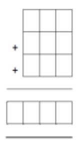
2.2 Beispiele: Stellenwerte- und Skilift-Aufgabe

Die Aufgabe zu den Stellenwerten fordert Schüler*innen heraus (vgl. Abb. 2), „Zahl- und Operationsbeziehungen sowie arithmetische Muster zu erforschen und Erkenntnisse auszutauschen“ (D-EDK, 2016b). Das „Erforschen“ ist in dieser Vorgabe eindeutiger deklariert als der Austausch, welcher sich auf das Kommunizieren, Beschreiben, Erklären, Begründen, Darstellen oder Argumentieren beziehen kann.

Stellenwerte-Aufgabe

Setze in den oberen 3 • 3 Leerstellen die Ziffern 1 bis 9 so ein, dass die Summe möglichst gross wird.

Begründe dein Vorgehen.



Lösung und Argumente

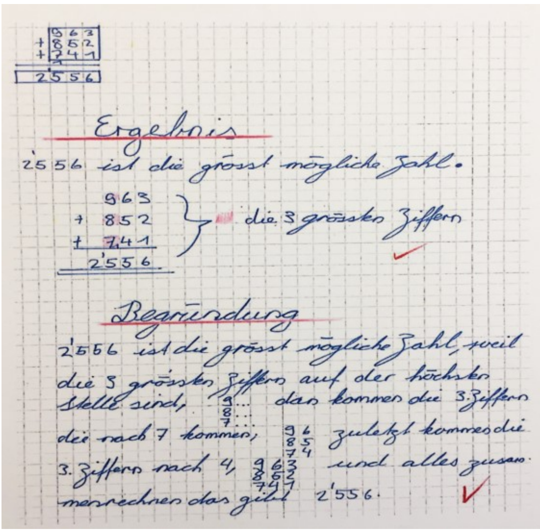


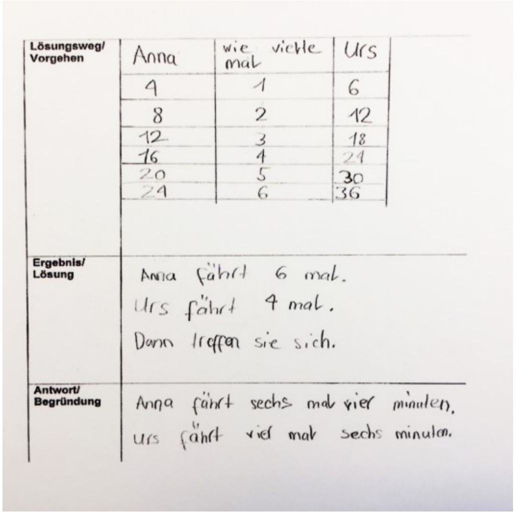
Abbildung 2: Stellenwerte erforschen und begründen

In der Skilift-Aufgabe (vgl. Abb. 3 auf der folgenden Seite) sollen die Schüler*innen „Grössen und funktionale Beziehungen erforschen sowie Ergebnisse überprüfen und begründen“ (D-EDK, 2016c).

Die Beurteilung der in solchen Argumentationsaufgaben gezeigten Kompetenzen ist ein ebenso komplexes Unterfangen wie diejenige beim „Texte schaffen“ im Deutschunterricht. Hier wie dort gelten Rubrics als wirkungsvolle Beurteilungsinstrumente, weil sie komplexe Herausforderungen in Teilaspekte gliedern und in eine Progression mit Qualitätsstufen stellen. Die Lernenden können ihr Vorgehen darauf ausrichten, es daran messen oder rückblickend evaluieren.

Skilift-Aufgabe
Urs und Anna lernen Snowboard fahren. Anna braucht 4 Minuten, um einmal mit dem Skilift hinauf und auf dem Snowboard hinunter zu fahren. Urs benötigt 6 Minuten. Wie lange dauert es, bis sich die Beiden wieder unten treffen? Begründe.

Lösung und Argumente



Lösungsweg/ Vorgehen	Anna	wie vielle mal	Urs
	4	1	6
	8	2	12
	12	3	18
	16	4	24
	20	5	30
	24	6	36

Ergebnis/ Lösung: Anna fährt 6 mal. Urs fährt 4 mal. Dann treffen sie sich.

Antwort/ Begründung: Anna fährt sechs mal vier minuten. urs fährt vier mal sechs minuten.

Abbildung 3: Grössen und funktionale Zusammenhänge erforschen und begründen

3 Das Material

3.1 Rubric

Im Projekt LERU wurde der Rubric für die individuelle Lernsteuerung, für Selbstbeurteilungen und gegenseitige (Peer-)Feedbacks genutzt. Die Reflexionen und Rückmeldungen bezogen sich auf jeweils einen *Aspekt* und die entsprechenden Fragen (vgl. Tab. 3). Der Rubric gab den Schüler*innen konkrete Hinweise, welche Lernschritte und Zielsetzungen als Nächstes bzw. auf dem nächsten Niveau anzugehen sind.

Tabelle 3: Rubric zum „Argumentieren und Begründen“

Aspekte	*Fragen*	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3	Niveau 4
Passende und nachvollziehbare Mathematisierung/Vorgehensweise	*Was berechnest du? – Wie gehst du vor? – Findest du noch andere Wege?*	Mathematisierung/Vorgehensweise ist nicht nachvollziehbar oder nicht richtig.	Mathematisierung/Vorgehensweise zeigt Ansätze in Richtung korrekter Lösung. Ansatzweise nachvollziehbare Darstellung.	Mathematisierung/Vorgehensweise kann zu korrekter Lösung führen. Mathematisierung/Vorgehensweise ist nachvollziehbar. Weitere, aber weniger sinnvolle Ansätze sind erkennbar.	Mathematisierung/Vorgehensweise ist korrekt und nachvollziehbar. Ergänzung mit eigenen sinnvollen Überlegungen/Fragen. Weitere sinnvolle Ansätze sind erkennbar.

Korrektes Rechnen: Operieren	*Wie rechnest du? – Kann dein Ergebnis stimmen? – Wie kontrollierst du?*	Mehrere, bedeutende Rechenfehler und falsches Ergebnis. Keine Kontrolle der Rechnungen und Ergebnisse erkennbar.	Wenige, bedeutende Rechenfehler und falsches Ergebnis. Keine Kontrolle der Rechnungen und Ergebnisse erkennbar.	Wenige, beiläufige Rechenfehler und falsches Ergebnis. Rechenfehler werden nicht erkannt.	Korrekte Berechnungen und richtiges Ergebnis. Die Kontrolle von Rechnungen und Lösungen ist erkennbar.
Nachvollziehbare Begründung, Argumentation, Interpretation	*Was fällt dir auf? – Was bedeutet deine Lösung? – Warum ist das so?*	Begründung fehlt, ist nicht verständlich oder bezieht sich nicht auf die Sachaufgabe/Problemstellung.	Ansatzweise sinnvolle, verständliche Begründung. Begründung passt ansatzweise zur Sachaufgabe/Problemstellung und zum Vorgehen.	Sinnvolle, verständliche Begründung, fast vollständig. Begründung bezieht sich auf die Sachaufgabe/Problemstellung und das Vorgehen.	Mathematisch fundierte Begründung. Begründung passt gut zur Sachaufgabe/Problemstellung und zum Vorgehen.
Bilder, Beispiele zur Aufgabe, zur Argumentation	*Welche Bilder/Beispiele helfen, die Aufgabe/Lösung/Begründung zu verstehen?*	Keine passenden Visualisierungen oder Beispiele zur Problemstellung und zur Begründung.	Bilder oder Beispiele sind vorhanden, aber nicht verständlich oder passend.	Bilder oder Beispiele passen zur Problemstellung und/oder zur Begründung.	Bilder oder Beispiele helfen, die Problemstellung/Begründung zu verstehen.

Kommentar: Die Doppelbezeichnung „Mathematisierung/Vorgehensweise“ spiegelt wider, dass der Rubric sowohl bei Sachaufgaben als auch bei arithmetischen Aufgaben eingesetzt wurde. Bei Sachaufgaben geht es vorerst darum, passende mathematische Modelle zu finden (bzw. zu mathematisieren), um die Sachsituation oder das Sachproblem zu klären, wie z.B. in der Skilift-Aufgabe. Die Bezeichnung „Vorgehensweise“ bezieht sich auf das mathematische Problembewusstsein und entsprechende – vielleicht heuristische – Strategien, wie z.B. in der Stellenwerte-Aufgabe. Der Rubric lässt sich in Richtung Verständlichkeit und Verbindlichkeit optimieren, wenn er entweder spezifisch auf Sachaufgaben (bzw. den Modellierungsprozess) oder auf arithmetisch reichhaltige Aufgaben ausgerichtet wird. Im Online-Supplement sind beide Versionen verfügbar, obschon in LERU ausschliesslich die leser*innenfreundliche Bezeichnung „Vorgehensweise“ für beide Ausrichtungen verwendet wurde. Eine weitere Vereinfachung kann durch Verminderung der Niveaustufen – von vier auf drei – erfolgen (vgl. Online-Supplement).

3.2 Beurteilung der gelösten Stellenwerte- und der Skilift-Aufgabe

Während der Intervention wurde der Rubric insbesondere in den Lernprozessphasen Durcharbeiten, Üben und Anwenden eingesetzt (vgl. Tab. 2). Die Lehrpersonen gaben zu jeder Aufgabe individuelle Rückmeldungen entlang der Niveaus. Die Tabellen 4 und 5 auf den folgenden Seiten zeigen niveaubezogene Einschätzungen und Feedbacks zur Stellenwerte- und Skilift-Aufgabe (vgl. Abb. 2 und 3). Die Rückmeldungen sollen Lernenden helfen, folgende Lernschritte zu planen (vgl. D-EDK, 2016d).

Tabelle 4: Eingeschätzte Niveaus und Feedbacks zur Stellenwerte-Aufgabe (Abb. 2)

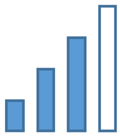
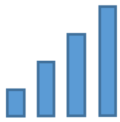
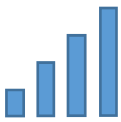
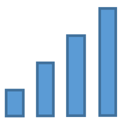
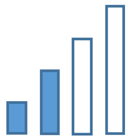
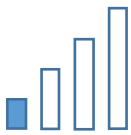
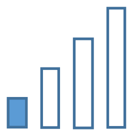
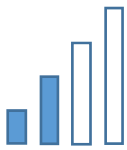
Aspekte	*Fragen*	Niveaus	Feedbacks
Passende und nachvollziehbare Vorgehensweise	*Was berechnest du? – Wie gehst du vor? – Findest du noch andere Wege?*	 Einschätzung: Niveau 3	Du hast dein Vorgehen verständlich dargestellt und beschrieben. Vielleicht weist du noch darauf hin, dass es keine Rolle spielt, welche der je drei Ziffern in welcher Zahl stehen. Hingegen ist es wichtig, an welcher Stelle sie eingetragen sind (H, Z, E). Das Ergebnis bleibt gleich, wenn die drei grössten Ziffern bei den 100ern, die 4, 5 und 6 bei den 10ern und die kleinsten drei bei den 1ern stehen (z.B. 761 + 842 + 953 = 2556). Suche nach weiteren Lösungen.
Korrektes Rechnen: Operieren	*Wie rechnest du? – Kann dein Ergebnis stimmen? – Wie kontrollierst du?*	 Einschätzung: Niveau 4	Du hast richtig gerechnet und könntest das selber überprüfen mit der Umkehraufgabe (2556 – 953 – 842 – 761 = 0).
Verständliche Begründung, Argumentation, Interpretation	*Welche Besonderheiten/welche Lösungen hast du gefunden? – Warum ist das so?*	 Einschätzung: Niveau 4	Du hast deine Begründung sehr verständlich aufgeschrieben und korrekte Begriffe verwendet (Ziffer, Zahl).
Bilder, Beispiele zur Aufgabe, zur Argumentation	*Welche Bilder/Beispiele helfen, die Aufgabe/Lösung/Begründung zu verstehen?*	 Einschätzung: Niveau 4	Du hast deine Lösung sorgfältig und vollständig aufgeschrieben. Der Einbezug von Farben, Umrandungen und der Darstellung schriftlicher Operationen hilft mir, deine Überlegungen zu verstehen.

Tabelle 5: Eingeschätzte Niveaus und Feedbacks zur Skilift-Aufgabe (Abb. 3)

Aspekte	*Fragen*	Niveaus	Feedbacks
Passende und nachvollziehbare Mathematisierung	*Was berechnest du? – Wie gehst du vor? – Findest du noch andere Wege?*	 Einschätzung: Niveau 2	Die Tabelle eignet sich ausgezeichnet für die Ermittlung des Ergebnisses. Darin hast du dein Vorgehen übersichtlich und verständlich dargestellt. Wie du zu deinem Ergebnis gekommen bist, ist aber nicht klar. Deine Antworten passen nicht zur Frage: Es wird nicht nach der Anzahl Fahrten gefragt, sondern, nach wie vielen Minuten sich die Beiden wieder treffen können.
Korrektes Rechnen: Operieren	*Wie rechnest du? – Kann dein Ergebnis stimmen? – Wie kontrollierst du?*	 Einschätzung: Niveau 1	Du hast eine mögliche Lösung gefunden. Die Beiden treffen sich aber schon früher einmal, nämlich nach 12 Minuten. Das bedeutet, dass Urs 2-mal fährt und Anna 3-mal. Dies entspricht dem kleinsten gemeinsamen Vielfachen. Alle gemeinsamen Vielfachen geben an, nach wie vielen Minuten sich die Beiden unten am Skilift treffen. Die Berechnungen und die Überprüfung des Ergebnisses fehlen.
Verständliche Begründung, Argumentation, Interpretation	*Welche Besonderheiten/welche Lösungen hast du gefunden? – Warum ist das so?*	 Einschätzung: Niveau 1	Deine Antwort passt nicht genau zur Frage. Eine gezieltere Antwort und die Markierung der Zahlenmuster in der Tabelle könnten helfen, dass ich und die anderen Kinder deinen Lösungsweg besser verstehen. Vielleicht unterstreichst du in der Spalte von Anna und in derjenigen von Urs 12, 24, 36, 48 etc. farbig. Die gleichen Zahlen in den beiden Spalten geben an, nach wie vielen Minuten sich die Beiden unten beim Skilift treffen.
Bilder, Beispiele zur Aufgabe, zur Argumentation	*Welche Bilder/Beispiele helfen, die Aufgabe/Lösung/Begründung zu verstehen?*	 Einschätzung: Niveau 2	Du hast deinen Lösungsweg mit einer Tabelle dargestellt. Das ist eine gute Idee. Die Beschriftung mit der Masseinheit Minuten fehlt. Markierungen mit Farben und Pfeilen könnten helfen, dass ich und die anderen Kinder deinen Lösungsweg besser verstehen.

Es ist möglich, dass eine Begründung auch ohne Bilder oder Beispiele nachvollziehbar ist. Deshalb darf deren Ausbleiben nicht als mangelnde Kompetenz gedeutet werden. Ein*e Schüler*in wäre vielleicht fähig zu veranschaulichen, empfindet es aber – wie in der Skilift-Aufgabe (vgl. Abb. 3; Tab. 5) – nicht als notwendig. Wenn eine Aufgabe nachvollziehbar gelöst wird und mit stimmigen Argumenten überzeugt, so erhalten die Lernenden (sinngemäss) die Rückmeldung, dass Bilder und Beispiele die Nachvollziehbarkeit verbessern können, hier aber nicht notwendig sind.

4 Theoretischer Hintergrund

4.1 Struktur eines Rubrics

Ein Rubric entfaltet Handlungsaspekte bzw. allgemeine Kompetenzen in drei bis vier Aspekten und Progressionsstufen. Tabelle 6 illustriert dies mit dem Aspekt „Untersuchen" aus dem Rubric „Erforschen und Explorieren" (vgl. Birri & Smit, 2013, S. 37), also quasi zur Vorgeschichte des Argumentierens.

Tabelle 6: Aspekt „Untersuchen" im Rubric „Erforschen und Explorieren" (vgl. Birri & Smit, 2013, S. 37)

Aspekte	*Fragen*	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3	Niveau 4
Untersuchen	*Was beobachtest du beim Ausprobieren/in Beispielen?*	Es werden keine Beispiele untersucht/Beobachtungen notiert.	Es wird ein Beispiel gemacht, aber nur oberflächlich beobachtet.	Es werden Beispiele gemacht und untersucht.	Es werden unterschiedliche Beispiele differenziert untersucht.
	Welche Besonderheiten erkennst du? – Welche Regelmässigkeiten oder Muster erkennst du?		Es wird nicht auf relevante Merkmale/Besonderheiten hingewiesen.	Es werden relevante Merkmale/Besonderheiten/Muster beschrieben/sichtbar gemacht.	Es werden entscheidende Merkmale/Besonderheiten/Muster beschrieben/sichtbar gemacht.

4.2 Wirkung von Rubrics

Rubrics sind im englischsprachigen Raum tradierter, verbreiteter und besser erforscht als im deutschsprachigen Raum. Grundsätzlich besteht der Anspruch darin, dass sie Lehrenden und Lernenden hilfreiche Informationen geben, um Lernprozesse zu steuern und formativ zu evaluieren. Folgende Studien weisen auf dessen Wirkung bzw. Nutzen hin:

Rubrics

- verdeutlichen den Schüler*innen, was die Lehrperson von ihnen erwartet (Arter & Chappuis, 2007), und andererseits ermöglichen sie eine zielgerichtete und effiziente Lernbegleitung;
- wirken sich positiv auf den Lernerfolg von Schüler*innen aus, weil die Anforderungen klar und transparent sind (Black & Wiliam, 1998);
- unterstützen die Diagnose und Förderung der Fach- und Lernkompetenz (Arter & McTighe, 2001);
- unterstützen Selbst- und Peer-Einschätzungen bezüglich Qualität von Lernprodukten (Andrade & Cizek, 2007).

Erfahrungen aus dem Projekt LERU zeigen, dass die Nützlichkeit und Effizienz eines Rubrics wesentlich von einer sorgfältigen Einführung in das Instrument und in die Lernkultur abhängen. Es lohnt sich, die Aspekte und die Qualitätsniveaus mit Beispielaufgaben und -lösungen zu erarbeiten.

4.3 Potenzial von Argumentationsaufgaben und der Lernsteuerung mit Rubrics im kompetenzorientierten Unterricht

Die Bearbeitung von Argumentationsaufgaben mithilfe von Rubrics trägt unter folgenden Aspekten zu einem kompetenzorientierten Unterricht bei (vgl. Joller-Graf, 2015, S. 4–13; Krieg & Hess, 2017, S. 14–17):

- *Authentische Anforderungen und Betonung der Anwendung.* Die Sachaufgaben beziehen sich auf die Erfahrungswelten der Schüler*innen, und die arithmetischen Aufgaben auf zentrale mathematische Themen, z.B. auf Stellenwerte (vgl. Abb. 2; Tab. 4). In beiden Aufgabentypen ist die Anwendung zentral. In ersteren wird Mathematik auf Sachsituationen bezogen, und letztere regen die innermathematische Anwendung an. Entsprechend beziehen sich auch die Argumente auf Sachsituationen und/oder mathematische Modelle.
- *Argumentationsaufgaben sind reichhaltig.* Sie tragen ein Potenzial mit unterschiedlichen Zugängen, Lösungswegen, Darstellungsmitteln und Argumentationen. Dies verlangt von den Schüler*innen ein relativ autonomes und selbstbewusstes Lernverhalten sowie eigene kreative Ideen. In solchen offenen Lernsettings sind Orientierungshilfen gefragt, die Sicherheiten und Zuversicht vermitteln.
- *Erfolgserlebnisse ermöglichen.* Der Rubric bietet Orientierungen mit nächsten Lernschritten und Zielen. Die Lernenden orientieren sich an Erreichbarem und erhalten Rückmeldungen zum Erreichten und Anstehenden.
- *Transparente Leistungserwartung.* Der Rubric macht die Leistungserwartungen mit Fragen und gestuften Umsetzungsvorschlägen transparent: Die Lernenden schätzen ihre Leistungen ein und legen Ziele für die Weiterarbeit fest. Insofern steuern Lernende ihre Lernprozesse mitverantwortlich.
- *Binnendifferenzierung und Individualisierung.* Der Rubric unterstützt die individuelle Lernplanung und eine adaptive Lernbegleitung innerhalb natürlich differenzierender Argumentationsaufgaben.
- *Formative Beurteilungen und Feedbacks*[1]. Rubric-gestützte Selbst-, Peer- und Fremdbeurteilungen sollten Aufschluss über Standorte und nächste Lernschritte geben sowie zu inhaltlich differenzierten Feedbacks zwischen Peers und von der Lehrperson an einzelne Lernende führen. Wirkungsvolle Rückmeldungen sind konkret, differenziert, wertschätzend und motivieren zum Weiterlernen (vgl. Tab. 4 und 5). Sie beziehen sich auf die Erwartungen, die Bilanzierung des mehr oder weniger Erreichten und auf nächste Lernschritte (vgl. Krieg & Hess, 2017, S. 16). Die Einlösung dieses Anspruchs ist „wichtig, weil kontinuierliche, individuelle und förderorientierte Rückmeldungen von Lehrpersonen zu den stärksten positiven Einflüssen auf die individuelle Lernleistung […] gehören“ (Bildungsdirektion Kanton Zürich, 2018, S. 5; vgl. Hattie, 2009).
- *Reflexion des Lernens.* Die Bearbeitung reichhaltiger Aufgaben entlang von Rubrics unterstützt auch die individuelle und die dialogische Reflexion bzw. Rückschau auf Erfahrenes, Gezeigtes und Geleistetes sowie die Vorschau auf Anstehendes. Das Beispiel in Abbildung 1 illustriert, wie Miranda die Differenzierungen des Rubrics nutzt und sich dabei bewusst wird, was schon da ist und was noch fehlt.

[1] Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieses Beitrags läuft ein Folgeprojekt namens FEMAR (Formatives Feedback zum mathematischen Argumentieren), das die Quantität und Qualität der Feedbacks untersucht.

5 Erfahrungen

Die Erfahrungen der Lehrpersonen[2] in der Experimentalgruppe lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- *Rubric als Advanced Organizer und als Instrument zur Reflexion.* Der Rubric zeigte Lehrpersonen und Lernenden vorausschauend und rückblickend auf, welche Inhalte (was?) mit welchen Tätigkeiten (wie?) und in welcher Qualität zu erarbeiten bzw. zu beurteilen sind. Er definierte den Handlungsaspekt „Argumentieren" einfach, verständlich und verbindlich.
- *Rubric macht Ziele transparent.* Die Schüler*innen konnten mündlich und schriftlich mitteilen, welche Ziele sie in welcher Qualität erreichen wollten.
- *Rubric als Instrument für Feedback.* Der Rubric unterstützte die Lehrpersonen und die Lernenden darin, spezifische, fachlich bedeutsame und adaptive Feedbacks zu geben.
- *Zeitbedarf.* Die Einführung in den Rubric und in die Lernkultur bedurfte einiger Zeitressourcen. Unabhängig davon wurde dem Argumentieren mehr Zeit als bisher üblich eingeräumt. Dies kann auch daher rühren, dass der Handlungsaspekt erst mit dem damals neu eingeführten Lehrplan verbindlich wurde. Auch die kooperativen Lernformen beanspruchten zusätzliche Ressourcen.
- *Passung des Schwierigkeitsgrades.* Das selbständige Lösen der Aufgaben und das Festhalten der Lösungswege stellte weniger fortgeschrittene Rechner*innen vor einige hohe – und teilweise auch vor zu hohe – Hürden; nicht selten bestanden diese aus ungünstigen sozial-emotionalen Lernvoraussetzungen (z.B. Motivation). Einige Lehrpersonen berichteten, dass sie die Kinder zu wenig intensiv begleiten konnten. Diesbezüglich bestätigen Meta-Analysen von Lipowsky (2002), dass die Lerneffizienz wesentlich von einer präsenten Lernbegleitung abhängt. Der Anspruch liesse sich mit kooperativen Lernformen – z.B. Lerntandems oder Expertenkindern – einlösen oder durch eine Unterrichtsorganisation, in welcher die Hälfte der Klasse mit Argumentationsaufgaben arbeitet und die andere Hälfte mit Aufgaben, die sie selbständig(er) angehen können.
- *Die Lernmotivation der Schüler*innen* nahm im Verlaufe der zehn Schulwochen ab. Dies mag mit dem (ungewohnten) schriftlichen Begründen, mit der einheitlichen Komplexität der Aufgaben (für die einen durchgehend zu komplexe und für andere zu einfache Aufgaben) oder mit dem uniformen methodischen Vorgehen zusammenhängen. Einige dieser Schwierigkeiten sind eher auf die Forschungsanlage als auf den „Unterricht mit Rubric" zurückzuführen.

Ein Rubric ist also ein probates Werkzeug, um grundlegende Qualitätsmerkmale eines kompetenzorientierten Unterrichts zu inszenieren. Die Erfahrungen zeigen deutlich, dass der Rubric – trotz genannter Schwierigkeiten – wesentlich zu einem aktiven und reflexiven Lernen sowie zu einer formativen Beurteilung und adaptiven Förderung beiträgt. Dessen spezifische Ausrichtung auf das Argumentieren hat sich bei Lehrenden und Lernenden hinsichtlich „Orientierung im Lernprozess" bewährt (vgl. Smit et al., 2017). Ein Rubric lässt sich in verschiedenen Fachbereichen auf beliebige Handlungsaspekte oder Kompetenzbereiche ausrichten. Die wohl grösste Herausforderung in neuen Anwendungsgebieten liegt in der Entwicklung passender Rubrics. In Anbetracht des beschriebenen Gegenwertes lohnt sich dieser Aufwand aber zweifellos!

[2] Die Erfahrungen beruhen auf kommunikativ validierten Erkenntnissen von Lehrpersonen, die mit dem Rubric arbeiteten. Diese wurden in einem Auswertungsworkshop über Gruppeninterviews und Dokumentenanalysen (Auswertung von Darstellungen auf Flip-Chart-Blättern) generiert.

Literatur und Internetquellen

Andrade, H., & Cizek, G.J. (2007). *Handbook of Formative Assessment.* London: Routledge.

Arter, J.A., & Chappuis, J. (2007). *Creating & Recognizing Quality Rubrics*. Upper Saddle River, NJ: Pearson Education.

Arter, J.A., & McTigh, J. (2001). *Scoring Rubrics in the Classroom. Using Performance Criteria for Assessing and Improving Student Performance*. Thousand Oaks, CA: Corwin Press, Inc.

Bildungsdirektion Kanton Zürich (2018). *Beurteilung und Schullaufbahnentscheide. Über das Fördern, Notengeben und Zuteilen.* Zürich: Lehrmittelverlag des Kantons Zürich.

Birri, T., & Smit, R. (2013). Lernen mit Rubrics. Kompetenzen aufbauen und beurteilen. *Pädagogik, 65* (3), 36–39.

Black, P., & Wiliam, D. (1998). Inside the Black Box: Raising Standards through Classroom Assessment. *Phi Delta Kappan, 80* (2), 139–148.

Bostelmann, A. (2006). *Das Portfolio-Konzept in der Grundschule. Individualisiertes Lernen organisieren*. Mülheim a.d.R.: Verlag an der Ruhr.

D-EDK (Deutschschweizer Erziehungsdirektoren-Konferenz) (2016a). *Lehrplan 21. Strukturelle und inhaltliche Hinweise.* Zugriff am 17.06.2020. Verfügbar unter: http://v-ef.lehrplan.ch/index.php?code=e|5|3.

D-EDK (Deutschschweizer Erziehungsdirektoren-Konferenz) (2016b). *Lehrplan 21: Mathematik. 1 Zahl und Variable. B Erforschen und Argumentieren*. Zugriff am 17.06.2020. Verfügbar unter: http://v-ef.lehrplan.ch/index.php?code=a|5|0|1|2|1.

D-EDK (Deutschschweizer Erziehungsdirektoren-Konferenz) (2016c). *Lehrplan 21: Mathematik. 3 Grössen, Daten, Funktionen und Zufall. B Erforschen und Argumentieren*. Zugriff am 17.06.2020. Verfügbar unter: http://v-ef.lehrplan.ch/index.php?code=b|5|0|3|2.

D-EDK (Deutschschweizer Erziehungsdirektoren-Konferenz) (2016d). *Lehrplan 21: Mathematik. Didaktische Hinweise.* Zugriff am 17.06.2020. Verfügbar unter: http://v-ef.lehrplan.ch/index.php?code=e|5|2.

Hattie, J. (2009). *Visible Learning. A Synthesis of over 800 Meta-Analyses Relating to Achievement.* London: Routledge. https://doi.org/10.4324/9780203887332

Hess, K. (2016). *Kinder brauchen Strategien. Eine frühe Sicht auf mathematisches Verstehen* (2. Aufl.). Seelze: Klett Kallmeyer.

Joller-Graf, K. (2015). *Wie Wissen wirksam wird. Merkmale eines kompetenzfördernden Unterrichts.* Luzern: Entwicklungsschwerpunkt Kompetenzorientierter Unterricht, Pädagogische Hochschule Luzern. Zugriff am: 17.07.2020. Verfügbar unter: https://www.phlu.ch/_Resources/Persistent/efc69783c9070529ba1251a4debe7d6ca091940c/RT_K21_MK_Artikel_Joller-Wie-Wissen-wirksam-wird_20150710.pdf.

KMK (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland) (2003). *Bildungsstandards im Fach Mathematik für den Mittleren Schulabschluss*. München: Luchterhand.

Krieg, M., & Hess, K. (2017). *Kompetenzorientierter Unterricht.* Zug: AgS/DBK. Zugriff am 17.06.2020. Verfügbar unter: https://www.zg.ch/behoerden/direktion-fur-bildung-und-kultur/amt-fur-gemeindliche-schulen/inhalte-ags/lehrplan-21/downloads/kompetenzorientierterunterricht-zum-ausdrucken.pdf/view.

Lipowsky, F. (2002). Zur Qualität offener Lernsituationen im Spiegel empirischer Forschung. Auf die Mikroebene kommt es an. In U. Drews & W. Wallrabenstein (Hrsg.), *Freiarbeit in der Grundschule* (S. 126–159). Frankfurt: Grundschulverband.

Reusser, K. (2014). Kompetenzorientierung als Leitbegriff der Didaktik. *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung, 32* (3), 325–339.

Ruf, U., & Gallin, P. (1999a). *Austausch unter Ungleichen. Grundzüge einer interaktiven und fächerübergreifenden Didaktik* (Dialogisches Lernen in Sprache und Mathematik, Bd. 1). Seelze-Velber: Kallmeyer.

Ruf, U., & Gallin, P. (1999b). *Spuren legen – Spuren lesen. Unterricht mit Kernideen und Reisetagebüchern* (Dialogisches Lernen in Sprache und Mathematik, Bd. 2). Seelze-Velber: Kallmeyer.

Schindler, M. (2016). Stärken beim Begründen. Natürlich differenzierend! *Mathematik lehren,* (195), 20–24.

Smit, R. (2009). *Die formative Beurteilung und ihr Nutzen für die Entwicklung von Lernkompetenz. Eine empirische Studie in der Sekundarstufe I*. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.

Smit, R., Bachmann, P., Blum, V., Birri, T., & Hess, K. (2017). Effects of a Rubric for Mathematical Reasoning on Teaching and Learning in Primary School. *Instructional Science, 45* (5), 603–622. https://doi.org/10.1007/s11251-017-9416-2

Beitragsinformationen

Zitationshinweis:
Hess, K., Blum, V., & Smit, R. (2020). Argumentieren lernen mit Rubrics. Raster zur Steuerung und Beurteilung des mathematischen Argumentierens. *DiMawe – Die Materialwerkstatt, 2* (1), 49–62. https://doi.org/10.4119/dimawe-3590

Online-Supplement:
Rubric zur Steuerung und Beurteilung des mathematischen Argumentierens im Kontext von Sachaufgaben und arithmetischen Problemstellungen

Online verfügbar: 04.08.2020

ISSN: 2629–5598