

Vom Diagramm zur Formel

Auswertung von Diagrammen im Physikunterricht - ein Lernarrangement für die Oberstufe

Maren Kempin, Katharina Meyer & Horst Schecker

Es wird ein vier- bis sechsstündiges, erprobtes Lernarrangement beschrieben, das in die Auswertung von nicht-linearen Zusammenhängen zwischen physikalischen Größen auf Grundlage von Diagrammen einführt. Ziel ist über die Vermittlung fachmethodischer Kompetenzen hinaus auch die Förderung des eigenständigen Auswertens von Daten. Dafür wurde differenziertes Schülermaterial entwickelt und erprobt.

1 Motivation zur Entwicklung

Das Auswerten von experimentell gewonnenen Daten ist ein Bestandteil der experimentellen Kompetenz, die den prozessbezogenen Kompetenzen zugeordnet wird (Kompetenzbereich Fachmethoden [KMK, 2004, S. 3]). Schülern fällt es allerdings immer wieder schwer, experimentell gewonnene Daten im Physikunterricht auszuwerten. Besondere Anforderungen in der gymnasialen Oberstufe stellen nicht-lineare Zusammenhänge, wenn aus entsprechenden Messwerten eine Größengleichung (Formel) gewonnen werden soll, die den untersuchten Zusammenhang beschreibt (z. B. bei Wurfbewegungen oder beim radioaktiven Zerfall). Man kann zwar annehmen, dass die SchülerInnen im Mathematikunterricht lernen, zu einem gegebenen grafischen Verlauf eine Gleichung aufzustellen, jedoch werden die Kenntnisse aus dem Mathematikunterricht nicht ohne Weiteres auf den Physikunterricht übertragen (KARAM, UH-DEN & HÖTTECKE, 2016). Die Auswertung von Diagrammen mit Messdaten bedarf somit einer zusätzlichen Förderung im Physikunterricht. Im Mittelpunkt des hier vorgestellten Lernarrangements steht die Auswertung nicht-linearer Zusammenhänge. Das Materialpaket enthält für die SchülerInnen Informations- und Aufgabenblätter, teilweise mit Lösungsbei-

spielen. Für Lehrkräfte stehen Handreichungen und Musterlösungen zur Verfügung. Das Paket kann hier heruntergeladen werden: xxx.

2 Das Lernarrangement

Das Lernarrangement ist im Basisteil für zwei Doppelstunden konzipiert und kann im Zusammenhang mit unterschiedlichen physikalischen Themenstellungen eingesetzt werden, z. B. der Kinematik. In der ersten Doppelstunde werden grundlegende Begriffe und mathematische Inhalte wiederholt und geübt. Die zweite Doppelstunde dient der eigenständigen Auswertung experimentell gewonnener Daten, die einen parabolischen oder hyperbolischen Zusammenhang beschreiben. Zusätzlich wurde nach dem gleichen Konzept ein Erweiterungsbaustein zur Auswertung von exponentiellen Funktionen entwickelt.

Bei der Planung des Lernarrangements wurden die mathematischen Inhalte für den Physikunterricht aufbereitet. Dabei wurde zum einen eine Elementarisierung des mathematischen Inhalts und zum anderen eine Verknüpfung dieser Inhalte mit physikalischen Themen und Kontexten aus dem Alltag vorgenommen.

2.1 Erste Doppelstunde

Zunächst werden die Begriffe der abhängigen und unabhängigen Größe, die bereits in der Sekundarstufe I eingeführt werden, wiederholt. Es folgt die Unterscheidung zwischen linearen, proportionalen und nicht-linearen Zusammenhängen. Außerdem wird das Erstellen eines Diagramms als grundlegende mathematische Fähigkeit für die Auswertung von experimentellen Daten thematisiert. Zur Festigung dieser Begriffe und Fähigkeiten wurden Arbeitsblätter erstellt, die einen Überblick über das entsprechende Thema geben und Anwendungsaufgaben stellen. Für das Erstellen eines Diagramms wurde eine Checkliste erstellt, die die Schüler durch die einzelnen Schritte beim Erstellen eines Diagramms führt. Darauf aufbauend wurde leistungsdifferenziertes Übungsmaterial entwickelt, das ebenfalls in der ersten Doppelstunde eingesetzt wird.

2.2 Zweite Doppelstunde

In der zweiten Doppelstunde steht die Auswertung von experimentellen Daten, die einen nicht-linearen Zusammenhang zeigen, im Mittelpunkt. Ein zentraler Aspekt ist die Linearisierung. Den SchülerInnen werden Checklisten bereitgestellt, die die Erstellung eines Diagramms und die Auswertung eines Diagramms auf einen funktionalen Zusammenhang anleiten (s. Abb. 1). Zusätzlich stehen den Lernenden Beispiele zur Verfügung, die jeweils eine exemplarische Auswertung eines parabolischen bzw. hyperbolischen Zusammenhangs mit explizitem Bezug zu den Checklisten zeigen.

2.3. Zusatzbaustein

Ein Zusatzbaustein, der analog zum Basismaterial gestaltet wurde, liefert Materialien für die Auswertung eines exponentiellen Zusammenhangs und ist im Anschluss an die Arbeit mit dem Grundmaterial zu verwenden. Dafür ist eine weitere Doppelstunde erforderlich.

Da im Mathematikunterricht die Exponentialfunktion ggf. noch nicht eingeführt wurde, gibt es ein ausführliches Arbeitsblatt, das auch als Einführung in diese Thematik dienen kann. Die allgemeine Form der Exponentialfunktion wird hier gezeigt. Da in der Physik i.d.R. die Eulersche Zahl als Basis dient, wird diese als Spezialfall identifiziert. Außerdem wird der natürliche Logarithmus als Umkehrfunktion der e-Funktion eingeführt und erklärt, so dass die Schüler alle notwendigen Berechnungen für die Auswertung eines exponentiellen Zusammenhangs vornehmen können. Um die kognitive Verarbeitung dieser vielen neuen Informationen zu erleichtern, werden sie durch ein Beispiel veranschaulicht. Weiterhin steht den Schülern eine weitere Checkliste zur Verfügung, die speziell zur Auswertung eines exponentiellen Zusammenhangs entworfen wurde, und ein dazu passendes Beispiel, auf dem die Auswertung eines exponentiellen Zusammenhangs anhand der Checkliste vorgenommen wird.

3 Materialpaket

Den Lehrkräften wird für die Durchführung des Lernarrangements ein Materialpaket zur Verfügung gestellt. Die *Lehrermaterialien* umfassen eine Handreichung für jede Doppelstunde und Musterlösungen zu den Schüleraufgaben. Die Handreichungen enthalten dabei Hinweise für die Vorbereitung und die Durchführung der Stunden, sowie Vorschläge für mögliche Versuche, bei denen dieses Material eingesetzt werden kann.

Das *Schülermaterial* beinhaltet Informationsblätter und für die erste Doppelstunde die dazugehörigen differenzierenden Übungsaufgaben. Eine wichtige Rolle spielen die verschiedenen Checklisten und die dazugehörigen Anwendungsbeispiele, ebenso wie Arbeitsaufträge zur Auswertung eines durchgeführten Versuchs.

3.1 Informationsblätter

Am Beginn der Informationsblätter steht ein Merkkasten mit einer schülergemäßen Erläuterung der jeweiligen Inhalte, die neben der verbalen Darstellung der Themen auch eine symbolisch-algebraische und eine grafische umfasst. Bei der Auswertung experimentell gewonnener Daten, die das Ziel dieses Lernarrangements darstellt, spielt der Wechsel der Darstellungsform eine wesentliche Rolle: I.d.R. werden Messdaten in einer Tabelle festgehalten, dann in ein Diagramm überführt, aus dem anschließend eine Formel generiert wird (PO-SPIECH, 2016). Den SchülerInnen soll anhand der Merkkästen eine Verknüpfung der verschiedenen notwendigen Darstellungsregister und somit die Auswertung experimentell gewonnener Daten erleichtert werden.

Auf Grundlage der eher mathematischen Beschreibungen im Merkkasten werden nun die Besonderheiten in der Physik hervorgehoben: Die Messpunkte, die in einem Versuch aufgenommen werden, liegen nicht immer exakt auf einer Geraden oder dem Graphen einer nichtlinearen Funktion. Dieser Aspekt von Messunsicherheiten ist den SchülerInnen oft nicht klar und wird hier expliziert.

Als weiteres Element enthalten die Informationsblätter Beispiele. In diesen wird zunächst eine einfache (physikalische) Situation beschrieben, anhand derer man beispielhaft das zu wiederholende Thema betrachten kann. Z.B. wird die Auslenkung einer Spiralfeder in Abhängigkeit der Masse des Pendelkörpers betrachtet. Anhand dieses Beispiels werden zunächst die Begriffe der unabhängigen und abhängigen Größe erklärt. Das Beispiel wird dann noch einmal aufgegriffen, um den linearen Zusammenhang zu veranschaulichen. Außerdem sind Messwerttabellen zu finden, die dann ggf. in Diagramme überführt werden sollen. Die Werte sind so gewählt, dass der empirische Charakter physikalischer Daten deutlich wird –, sodass die Schüler sehen kön-

nen, dass eine mathematische Modellierung immer nur eine Annäherung an den empirischen Sachverhalt darstellt. Des Weiteren wird auch hier, wie in den Merkkästen zu Beginn der Wiederholungen, eine Verknüpfung verschiedener Darstellungsregister vorgenommen: die verbale Darstellung zu Beginn, eine numerische in Form der Messwerttabelle und ggf. die grafische.

3.2 Arbeitsblätter

Passend zu den Informationsblättern wurden Arbeitsblätter konzipiert, durch die das reaktivierte oder neu eingeführte Wissen nicht nur gefestigt, sondern auch vernetzt werden soll. Die Arbeitsblätter liegen für zwei unterschiedlichen Leistungsniveaus vor, die miteinander kombinierbar sind: Zum einen können innerhalb der Lerngruppe die verschiedenen Varianten kombiniert werden und zum anderen auch innerhalb der Themen. So ist die Lösung des vertieften Arbeitsblattes für die zweite Doppelstunde auch möglich, wenn in der ersten Doppelstunde nur das dortige grundlegende Blatt bearbeitet wurde.

3.3 Checklisten mit Beispielen

Das Materialpaket beinhaltet zwei Checklisten mit dazugehörigen Beispielen. Die Checklisten sind als Ablauf- bzw. Flussdiagramm aufgebaut und führen die Lernenden durch die einzelnen Schritte bei der Erstellung bzw. Auswertung eines Messwertediagramms. Sie enthalten konkrete Aufforderungen wie „Schau dir die auftretenden Wert an und wähle eine passende Skalierung.“ Die Checklisten sind themenübergreifend einsetzbar und sollen von den SchülerInnen bei eigenständigen Versuchsauswertungen herangezogen werden.

Neben jedem Schritt bzw. jeder Aufforderung steht ein Hilfekasten mit Tipps oder Erklärungen. Dies ist vor allem bei den ersten Einsätzen der Checkliste oder einem Einsatz der Checkliste nach längerer Zeit notwendig, damit die SchülerInnen wissen, was hier genau gemeint ist. Haben die SchülerInnen jedoch

eine Routine im Umgang mit den Checklisten entwickelt, sollten die Aufforderungen ausreichen, damit sie wissen, was als nächstes zu tun ist.

Die Informationsmaterialien beinhalten beispielhafte Auswertungen für unterschiedliche nicht-lineare Zusammenhänge. Die Auswertungen werden dabei Schritt für Schritt nach Checkliste vorgenommen, sodass den SchülerInnen die konkrete Arbeit damit veranschaulicht wird.

4 Unterrichtserprobungen

Das Lernarrangement wurde in zwei Entwicklungsdurchgängen erprobt, weiterentwickelt und auf Lernwirksamkeit sowie Praxistauglichkeit überprüft. Insgesamt wurde das Materialpaket in sechs Kursen der Einführungsphase der gymnasialen Oberstufe eingesetzt. Durch einen vor-nach-Test wurde der Lernzuwachs der Lerngruppen (69 Schüler) und zweier Kontrollgruppen (35 Schüler) untersucht. Wie auch die Lerngruppe hat die Kontrollgruppe zwei Doppelstunden für die Auswertung eines nicht-linearen Zusammenhangs aus experimentell gewonnenen Daten verwendet, jedoch ohne Zusatzmaterialien, in denen die Vorgehensweise explizit thematisiert wird. Drei Lern- und eine Kontrollgruppe haben dabei ein Experiment zur beschleunigten Bewegung ausgewertet, eine Lern- und eine Kontrollgruppe eines zum Abstandsgesetz (Radioaktivität) und eine weitere Lerngruppe eines zur Zentralkraft.

Im vor-nach-Test wurde das Verständnis zu abhängigen und unabhängigen Größen und deren Rolle beim Experimentieren erfragt, sowie das Erkennen von linearen, proportionalen und nicht-proportionalen Zusammenhängen in grafischer und algebraischer Darstellungsform überprüft. Zudem wurden die Fähigkeiten zum Zeichnen eines Diagramms und das Vorgehen beim Auswerten eines Diagramms getestet. Ein t-Test zeigt, dass die Lerngruppen einen signifikanten und die Kon-

trollgruppen keinen signifikanten Lernzuwachs in diesen Bereichen aufweisen konnten (Näheres s. KEMPIN, 2015, S.56ff. & MEYER, 2016, S. 47ff.).

Die Praxistauglichkeit des Lernarrangements wurde durch teilnehmende Unterrichtsbeobachtungen und Gesprächen mit den unterrichtenden Lehrkräften und den SchülerInnen bestätigt. Die Materialien erwiesen sich als für Schülerinnen und Schüler gut verständlich und übersichtlich (KEMPIN, 2015, S.49ff. & MEYER, 2016, S. 53ff.). Das veranschaulicht die Aussage einer Schülerin bei einer Anwendungsaufgabe, die erfreut war „so etwas Kompliziertes ganz alleine geschafft (zu) haben“.

5 Fazit

Durch das hier vorgestellte Lernarrangement werden Schülerinnen und Schüler erfolgreich an die eigenständige Auswertung experimenteller Daten herangeführt. Dabei wird nicht nur die experimentelle Kompetenz der Lernenden gefördert, sie trauen sich eigenständige Datenauswertungen auch mehr zu.

Das Lernarrangement lässt sich im Zusammenhang mit unterschiedlichen Themen des Physikunterrichts einsetzen. Die Checklisten können im Anschluss von den Lernenden bei Folgethemen immer wieder herangezogen werden, sodass sich feste Auswertungsschemata etablieren können.

Auf das Materialpaket kann über XYZ oder den nebenstehenden QR-Code zugegriffen werden.

Literatur:

KARAM, R., UDEN, O. & HÖTTECKE, D. (2016). Das habt ihr schon in Mathe gelernt! Stimmt das wirklich? *Naturwissenschaften im Unterricht*, 153/154, 22-27.

KEMPIN, M. (2015). Entwicklung und Evaluation eines Lernarrangements zur Förderung der

Auswertungskompetenz bei nicht-linearen Zusammenhängen in Diagrammen. Masterarbeit an der Universität Bremen.

KMK (2004). Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Physik (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 01.12.1989 i.d.F. vom 05.02.2004).

MEYER, K. (2016). Weiterentwicklung und Evaluation des Lernarrangements zur Förderung der Auswertungskompetenz bei nicht-linearen Zusammenhängen in Diagrammen. Masterarbeit an der Universität Bremen.

POSPIECH, G. (2016). Formeln, Tabellen und Diagramme. *Naturwissenschaften im Unterricht*, 153/154, 14-21.

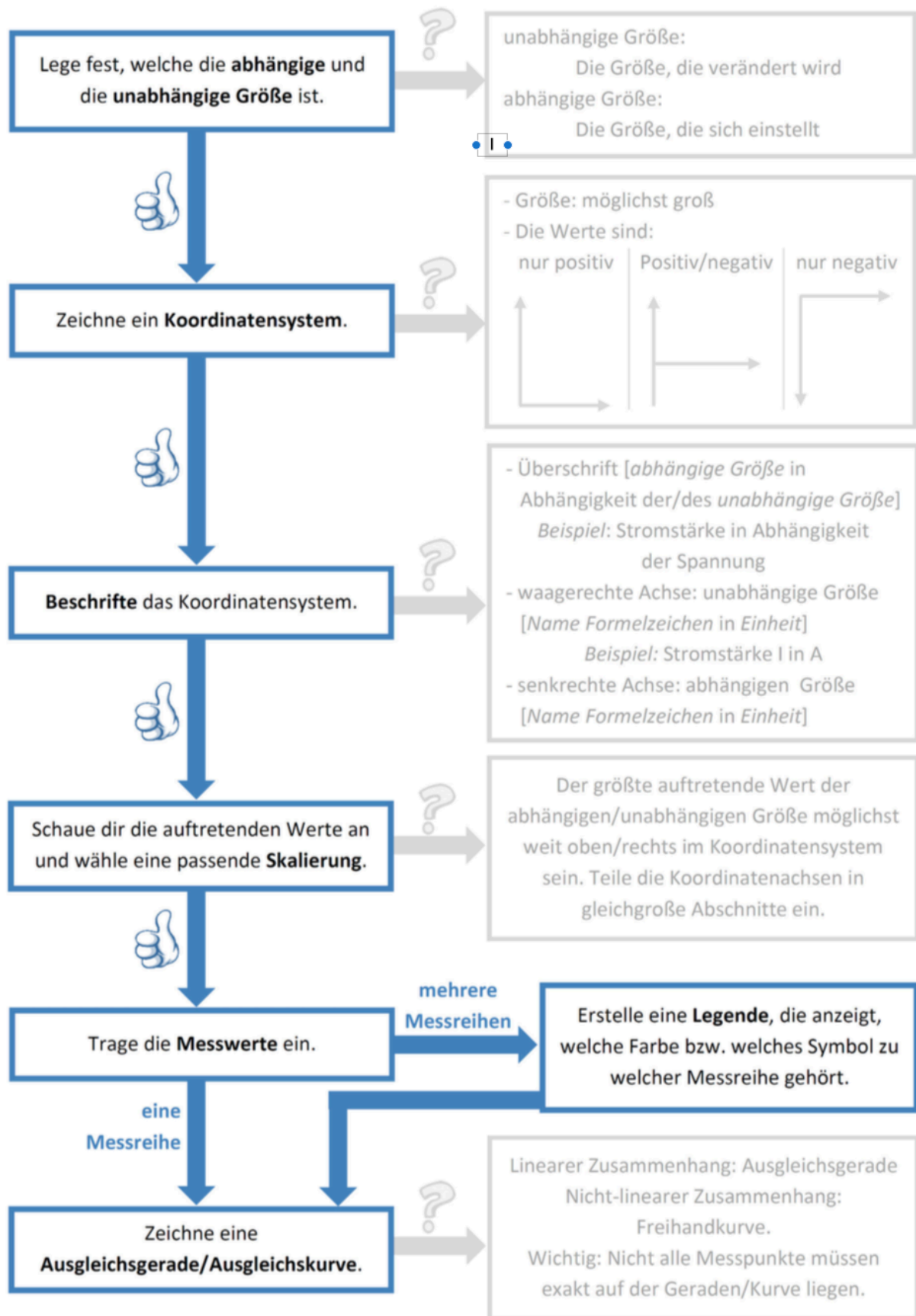


Abb. 1: Checkliste zum Erstellen von Messwertdiagrammen

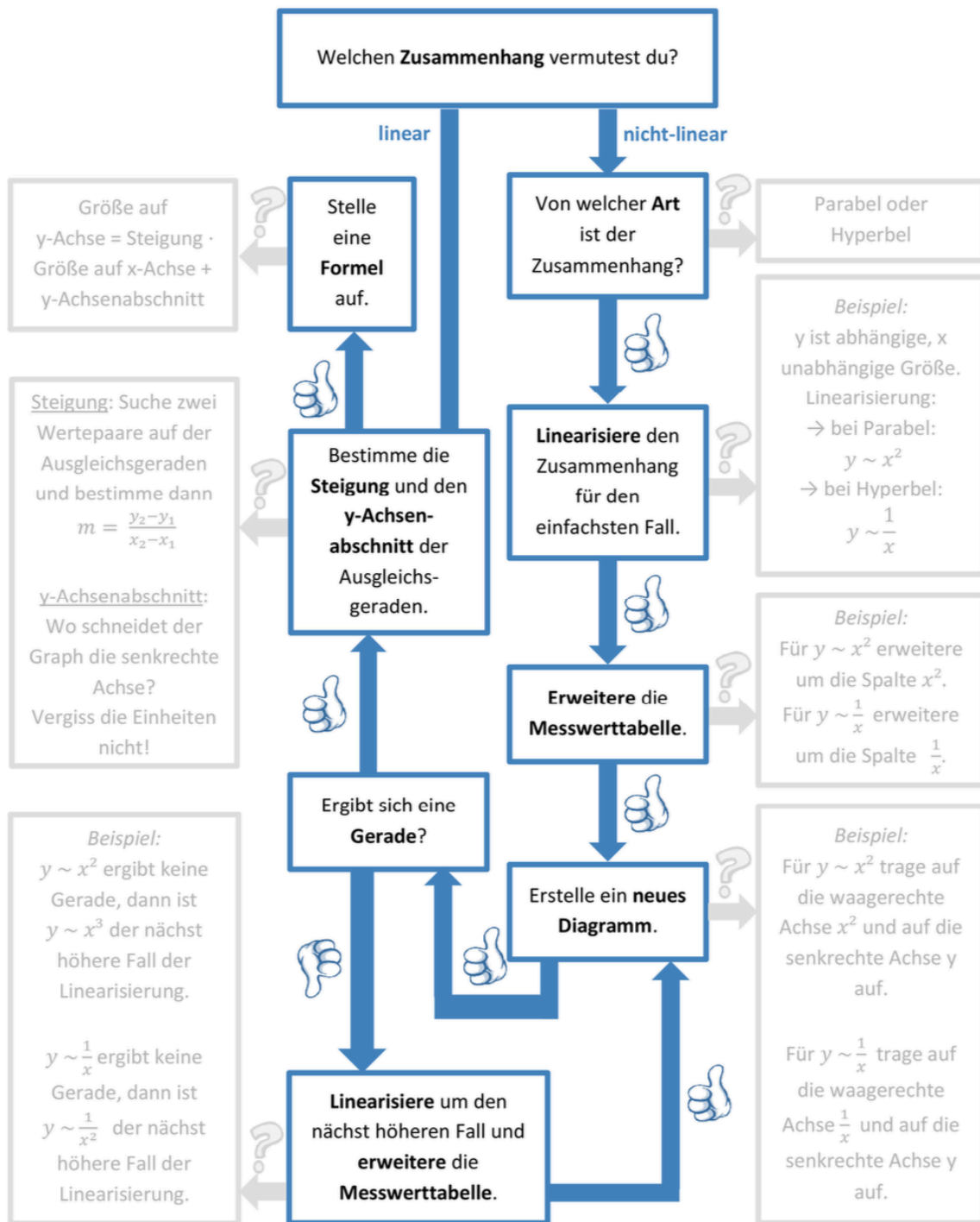


Abb. 2: Checkliste zur Auswertung eines Zusammenhangs zwischen zwei physikalischen Größen in einem Diagramm