



## Auditive Medien im sprachsensiblen Unterricht – Potenziale aus sprach- und fachdidaktischer Perspektive\*

### Auditory media in language-sensitive teaching – potentials from both a language and a subject didactic perspective

Franziska Peters

#### Zusammenfassung

Auditive Medien stellen aktuell eine beliebte Bildungsressource dar. Durch die immens wachsende Anzahl digitaler Audio-Produktionen im Internet wird inzwischen ein breites Publikum erreicht. Die Besonderheiten der Sprachlastigkeit auditiver Medien machen jedoch empirische Erkenntnisse zum sprach- und fachdidaktischen Umgang notwendig. Innerhalb einer Kooperation der Justus-Liebig-Universität Giessen mit dem Hessischen Rundfunk wurden deshalb mathematische Radiosendungen für Schüler:innen der Primarstufe entwickelt und in Unterrichtskonzepte eingebettet.

Der vorliegende Artikel stellt die Untersuchung des fachdidaktischen Einsatzes sowie der Potenziale dieser Medien im sprachsensiblen Mathematikunterricht dar. Insbesondere werden hier der Aufbau fachbezogener Bildungssprache sowie die Entwicklung mathematisch-konzeptuellen Wissens durch das Arbeiten mit auditiven Medien in den Blick genommen. Es wurden zum einen aufbauend auf kognitionspsychologischen, sprach- und mediendidaktischen Ansätzen Gelingensbedingungen sowie Handlungsstrategien für den fachdidaktischen Einsatz entwickelt. Zum anderen wurden im Sinne empirischer Unterrichtsforschung systematische Videoanalysen zweier Lernumgebungen vorgenommen. Dabei konnten durch eine qualitative Inhaltsanalyse mit induktiver Kategorienbildung sowie durch detaillierte Interaktionsanalysen die Potenziale auditiver Medien aus sprach- und fachdidaktischer Perspektive rekonstruiert werden.

Die Exploration der Wirksamkeit auditiver Medien im Mathematikunterricht zeigt die Bedeutung auditiver Medien als Herausforderung und Chance für sprachliche Bildung auf und ermöglicht gleichzeitig die Entwicklung konkreter Handlungsstrategien für die Praxis.

#### Schlüsselwörter:

Auditive Medien, Hörverstehen, auditive Informationsverarbeitung, fachbezogene Bildungssprache, sprachsensibler Fachunterricht

#### Abstract

Audio media is currently a popular educational resource. The immensely growing number of digital audio productions on the internet means that a wide audience is now being reached. However, the special linguistic features of auditory media make empirical findings on language and subject didactics necessary. As part of a cooperation between Justus Liebig University Giessen and Hessischer Rundfunk, mathematical radio programs were therefore developed for primary school pupils and embedded in teaching concepts.

This article examines the didactic use and potential of these media in language-sensitive mathematics lessons. It focuses on the development of subject-related educational language and the development of

\* Dieser Beitrag hat das double-blind Peer-Review-Verfahren durchlaufen.

mathematical conceptual knowledge through working with auditory media. On one hand, conditions for success and strategies for didactic use were developed based on cognitive-psychological, language and media didactic approaches. On the other hand, systematic video analyses of two learning environments were carried out in the form of empirical classroom(-based) research. To this, a qualitative content analysis with inductive formulation of categories as well as detailed interaction analyses were used to reconstruct the potential of auditory media from a language and subject didactic perspective.

The exploration of the efficacy in mathematics lessons shows the importance of auditory media as a challenge and opportunity for language education and simultaneously enables the development of concrete teaching strategies.

**Keywords:**

auditory media, listening comprehension, auditory information processing, subject-related educational language, language-sensitive subject teaching

## 1 Einführung

Zuhören gilt als eine Schlüsselkompetenz mit immenser Bedeutung sowohl für die alltägliche Kommunikation als auch für das Lernen und Verstehen. Schill (1998) formuliert Gründe für diese Bedeutung auf zwei Ebenen: das Erschließen und Verstehen der Umwelt durch Teilhabe an Geräuschen, Tönen und Klängen, sowie das Aufnehmen von gesprochener Sprache als wichtigstes Kommunikationsmittel. Die Vermittlung kommunikativer Kompetenz muss also auch das Zuhören als zu erlernende Kompetenz in den Blick nehmen. In der schulischen Praxis wird diese Kompetenz jedoch eher stiefmütterlich behandelt und verzeichnet dementsprechend in nationalen Vergleichsstudien einen erschreckenden Kompetenzrückgang.

Der IQB-Bildungstrend 2021 zeigt am Ende der vierten Jahrgangsstufe in allen untersuchten Fächern und Kompetenzbereichen ungünstige Trends: Im Vergleich zum Jahr 2011 entsprechen die Kompetenzrückgänge beim Lesen etwa einem halben Schuljahr und beim Zuhören sogar bis zu zwei Dritteln eines Schuljahres (Stanat et al., 2022). Es braucht also frühzeitig beginnende und langfristig angelegte Förderstrategien, die systematisch auf die Sicherung von Mindeststandards gerichtet werden, um Schüler:innen die Entwicklung von Kompetenzen zu ermöglichen, die für ihre weitere Bildungslaufbahn grundlegend sind (ebd.). Sprachförderung, die auch das Zuhören in den Blick nimmt, muss also zentrales Element in Bildungsstandards, Lehrplänen und Schulalltag sein. Tatsächlich wurde mit der Verabschiedung der nationalen Bildungsstandards 2022 für das Fach Deutsch das „verstehende Zuhören“ (Kultusministerkonferenz, 2022a, S. 11f.) als eigener Teilbereich zum 2004 eingeführten Kompetenzbereich ‚Zuhören‘ ergänzt und beschrieben. Es muss jedoch bemängelt werden, dass zu diesem Kompetenzbereich „bislang nur wenig ausgearbeitete Modelle und kaum entsprechende empirische Befunde vorliegen“ (Behrens, 2010, S. 31). An diesen Forschungsbedarf knüpft diese Arbeit an.

Neben der Zuhörkompetenz und dem Hörverstehen wird als Ergebnis nationaler und internationaler Schulleistungstudien auch die Kenntnis einer spezifischen Bildungs- und Fachsprache als Prädiktor für fachspezifischen Schulerfolg und allgemeinen Bildungserfolg und daraus folgend auch für Chancengleichheit und Bildungsgerechtigkeit betrachtet (Kultusministerkonferenz, 2019). Deshalb muss der kompetente Umgang mit fachbezogener Bildungssprache in der Schule gezielt gefördert werden (Schindler et al., 2019).

Durch Forschungen in Psychologie, Pädagogik und Mathematikdidaktik wurden die vielfältigen Zusammenhänge zwischen sprachlichen und mathematischen Leistungen untersucht und nachgewiesen (z. B. Nührenböcker & Schwarzkopf, 2010a; Schröder & Ritterfeld, 2014). Verboom (2008) stellt in allen Bereichen des Mathematikunterrichts einen hohen Anteil produktiven Sprachgebrauchs fest und betont, dass sich die sprachlichen Anforderungen im Fach Mathematik in den letzten 20 Jahren beträchtlich erhöht haben und sich durch veränderte Zielvorstellungen, Lernformen und Aufgabenformate auszeichnen. Um die Entwicklung dieser Kompetenzen zu unterstützen, wird deshalb die sprachensible Gestaltung des Mathematikunterrichts gefordert, durch die eine geteilte Sprachbasis und darauf aufbauend gelingendes mathematisches Lernen gesichert werden können (Götze, 2015). Leisen (2013) prägte in dieser Diskussion den Begriff ‚sprachsensibler Fachunterricht‘ und beschreibt damit den bewussten Umgang mit Sprache als Lernmedium beim Lehren und Lernen im Fach. Dazu kann zum einen der sprachliche Input selbst an die Bedürfnisse und den Sprachstand der Lerngruppe angepasst werden. Denn aufgenommen wird nur, was die Aufmerksamkeit erregt, dem Spracherwerbsstand der Lernenden

entspricht und zu ihrem Vorwissen passt. Zum anderen können den Lernenden sprachliche Unterstützungsmassnahmen an die Hand gegeben werden. Berg und Kolleg:innen (2018) formulieren drei Prinzipien für den sprachsensiblen Mathematikunterricht: Fachwortschatz aufbauen, Sprachverständnis sichern und mathematische Kommunikation fördern.

Auf diesen Prinzipien aufbauend kann eine Möglichkeit für sprachensible Gestaltung des Mathematikunterrichts die Arbeit mit auditiven Medien darstellen. Im Rahmen eines Kooperationsprojektes – detailliert beschrieben in Peters (2023) – wurden deshalb die Radiosendungen des Kinderfunkkollegs Mathematik<sup>1</sup>, ein Angebot im Programm des Hessischen Rundfunks, didaktisch aufbereitet und im Unterricht eingesetzt. Ohne sprachliche Kompetenzen können die mathematischen Inhalte der Sendungen nicht verstanden werden. Auf der anderen Seite stellen die Sendungen bildungssprachliche Vorbilder dar, welche die Lernenden in ihrem Fachspracherwerb unterstützen können. Ziele der Gesamtstudie (Peters, 2023) waren deshalb zum einen die Erforschung der Besonderheiten und Potenziale auditiver Medien im Mathematikunterricht und zum anderen die Entwicklung didaktischer Konzepte und konkreter Einsatzszenarien sowie die Formulierung von Kriterien, durch welche Lehrkräfte befähigt werden, aus dem Überangebot an auditiven Medien im Internet eine fach- und mediendidaktisch sinnvolle Auswahl zu treffen.

### 1.1 Kognitionspsychologische Perspektive

In der Kognitionspsychologie werden auditive Medien definiert als ‚single-modality instruction‘ im ‚audio only mode‘ (Schnotz & Bannert, 2003; Sweller, 2005; Imhof, 2013). Der ‚audio only mode‘ ist eine Form, die in der Medienwelt, seltener genutzt wird als ‚visual plus audio‘ und deshalb auch weniger beforscht ist. Nach der ‚dual-channel assumption‘ werden auditive und visuelle Reize bzw. Informationen auf zwei verschiedenen Kanälen getrennt voneinander verarbeitet (Mayer, 2005, S.33). Jedoch kann beispielweise bei der Verarbeitung auditiver Informationen im Arbeitsgedächtnis auch die Umwandlung in oder Verknüpfung mit visuellen Repräsentationen stattfinden (Paivio, 1986). Für diese Umwandlung werden kognitive Ressourcen benötigt (Mayer, 2005), die es beim Lernen mit auditiven Medien zu berücksichtigen gilt. Im Hinblick auf die Beanspruchung der kognitiven Kapazitäten lassen sich für auditive Medien drei Perspektiven darstellen:

1. Der ‚limited capacity assumption‘ zufolge kann das Überladen der begrenzten Ressourcen des Arbeitsgedächtnis, die dem Lernenden zur Verfügung stehen, das Lernen ausbremsen – ein Faktor, der bei der Gestaltung und Entwicklung von Lernumgebungen und medialer Instruktion beachtet werden muss (Mayer, 2021). Dem kann durch die allein auditive Darstellung von Informationen in auditiven Medien als ‚single-modality instruction‘ entgegengewirkt werden, da hier weniger Elemente gleichzeitig verarbeitet werden müssen und somit der ‚cognitive load‘ auf die begrenzten Kapazitäten des Arbeitsgedächtnisses reduziert werden kann. Klammert man die kognitive Beanspruchung von erforderlichen Leseleistungen aus, kann ‚extraneous cognitive load‘ verringert werden, sodass ‚effective load‘ – also produktive kognitive Belastung, die zu Lernprozessen führt – für andere Prozesse zur Verfügung steht (Sweller et al., 1998; Mayer, 2021). In diesem Sinne kann eine Verlagerung kognitiver Beanspruchung in die gewünschte Richtung stattfinden, wodurch mentale Ressourcen für reichhaltige mathematische Aktivitäten genutzt werden können.
2. Durch die rein verbale Darstellung und das Fehlen visueller Informationen wird die auditive Informationsverarbeitung gefordert (Baddeley, 1992; Mayer, 2005; Sweller et al., 1998) und somit auch hier ‚effective load‘ angeregt. Zur erfolgreichen Speicherung auditiver Information sind dabei Elaborationsstrategien notwendig, mithilfe derer das Gehörte aktiv verarbeitet und sowohl sprachliches als auch mathematisches Lernen angeregt werden kann (Grabowski, 2007; Mayer, 2005).

Durch das Fehlen visueller Informationen wird das Entwickeln von Vorstellungen beim Hören sowie die Verschränkung von Wahrnehmung und Vorstellung angeregt (Spinner, 2006; Wermke, 2010). Für ein integriertes mentales Modell müssen Lernende das visuelle Modell passend zum verbalen Modell selbst konstruieren (Schnotz & Bannert, 2003). Auch dies kann im Sinne von Sweller et al. (1998) als ‚effective cognitive load‘ und damit als eine produktive Herausforderung gewertet werden.

Aufgrund des fehlenden visuellen Inputs als Informationsbaustein steigt weiterhin die Bedeutung eines korrekten und möglichst detailliert aufgebauten verbalen Modells und damit die Herausforderung für die sprachlichen Verarbeitungsprozesse.

<sup>1</sup> [www.kinderfunkkolleg-mathematik.de](http://www.kinderfunkkolleg-mathematik.de)

## 1.2 Medien- und sprachdidaktische Perspektive

Da ihre Rezeption allein auf Sprachverarbeitung beruht, bezeichnen Ritterfeld und Langenhorst (2011) auditive Medien als sprachlastige Medien. Dass Radiosendungen und Hörspiele einen starken sprachlichen Modellcharakter aufweisen (Schwenke, 2018), spiegelt sich auch in Studienergebnissen wider: beim Lernen mit auditiven Medien konnte beispielweise gezeigt werden, dass Sprachstrukturen neu erlernt und sowohl rezeptiv als auch produktiv besser beherrscht werden können (Ritterfeld et al., 2006). Dabei ist jedoch auch der flüchtige Charakter von auditiv vermittelter Information zu beachten (Buck, 2001). Diesem kann durch technische Möglichkeiten entgegengewirkt werden, durch welche akustische Emission kompilierbar und dezentral verfügbar gemacht wird (Jörg, 2000). Sie ist damit beliebig oft wiederholbar und lassen sich in verschiedenen Arbeitsphasen einsetzen.

Eine weitere Perspektive lässt sich durch das *Model of Mathematics Register Acquisition* (Meaney et al., 2012) darstellen, in dem fachspezifischer Spracherwerb auf vier Ebenen beschrieben wird (Abb. 1).

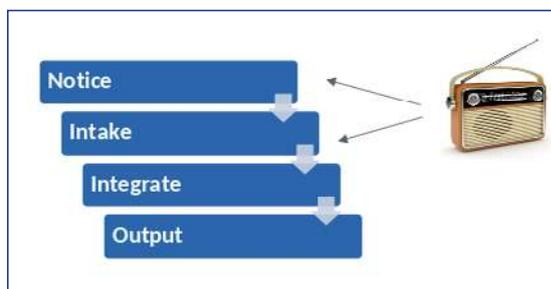


Abb. 1: Model of Mathematics Register Acquisition (Meaney et al., 2012)

In der ersten Stufe ‚Noticing‘ werden neue Begriffe oder Ausdrücke eingeführt oder neue Bedeutungen zu bereits bekannten Termini hinzugefügt. Die zweite Stufe ‚Intake‘ beschreibt den beginnenden Verstehensprozess: Schüler:innen beginnen, die neuen Begriffe zu erkunden und mit ihnen zu arbeiten. In Stufe drei, die mit ‚Integration‘ betitelt ist, finden Tests, Feedback und Änderungen statt. Die Lernenden haben ein vertieftes Verständnis für die neuen Aspekte des

mathematischen Registers und sind dafür verantwortlich, es zu benutzen. In der letzten Phase, dem Output, werden die neuen Begriffe ohne die Unterstützung der Lehrkraft fließend verwendet. Auditive Medien können auf den ersten beiden Stufen des Modells eingesetzt werden. Sie können dazu verwendet werden, neue Begriffe einzuführen und sie in der Phase ‚Noticing‘ häufig zu wiederholen. Weiterhin können auditive Medien in der Phase ‚Intake‘ als sprachliche Vorbilder im Sinne von Scaffolding (Gibbons, 2002) dienen.

Weiterhin sind auditive Medien weder wie die ursprüngliche mündliche Kultur dialogisch, noch erreichen sie durchgehend die Tiefe des Schriftlichen. Es kann damit von einer schriftgeprägten Mündlichkeit gesprochen werden (Koch & Oesterreicher, 1985; Wachtel, 2013). Sowohl bei der Produktion dieser Hörtexte als auch bei der Rezeption im Unterricht muss die Diskrepanz zwischen Schreibdenken und Hörverstehen beachtet werden (Gutenberg, 2000). Wird das Hörverstehen durch gestalterische Elemente des Mediums und hördidaktische Ansätze der Lehrkraft unterstützt, kann die schriftgeprägte Mündlichkeit zu einem Potenzial werden.

## 2 Gelingensbedingungen für den fachdidaktischen Einsatz auditiver Medien

Dazu braucht es allerdings Kompetenzen seitens der Lehrkräfte, aus der Masse der zur Verfügung stehenden auditiven Medien eine medien- und fachdidaktisch begründete Auswahl zu treffen und diese Medien für den Unterricht aufzubereiten (Frederking et al., 2012). Denn die reine Darbietung auditiver Information gewährleistet noch keinen Lernzuwachs. Sowohl bei der Produktion auditiver Medien als auch bei der Rezeption im Unterricht müssen dabei die Besonderheiten des ‚audio only mode‘, die Diskrepanz zwischen Schreibdenken und Hörverstehen sowie Bedingungen der Zuhörkompetenz beachtet werden, um aktives Verarbeiten der auditiven Informationen zu ermöglichen (Reich et al., 2005). Dazu gehört zum einen das Wissen um Kriterien schülergerechter auditiver Medien zur Identifikation dieser und zum anderen Handlungswissen zum fachdidaktischen Einsatz.

### 2.2 Kriterien schülergerechter auditiver Medien

Kriterien schülergerechter auditiver Medien können auf sprachlicher sowie auf medialer Ebene festgemacht werden. Auf sprachlicher Ebene lässt sich zunächst die Angemessenheit und das Zu-

einanderpassen von Sprach- und Denkstil anbringen (Wachtel, 2013). Der Denkstil muss nicht nur von fachlicher Qualität und korrekt, sondern auch klar und stringent sein. Der Sprachstil muss nicht nur (fach-)sprachlich korrekt, sondern auch kurz und prägnant, anschaulich und variant sein sowie eine angemessene Informationsdichte beinhalten. Dazu gehört vor allem auch die Reduktion des Inhaltes mit Blick auf die Zielgruppe, da Verdichtungen und Verkünstlichung von Information sowie reine Faktenvermittlung das Hörverstehen erschweren (Wachtel, 2013, S. 13f.). Es braucht also einen klaren Textverlauf, der nicht zwischen mehreren Aspekten hin und her springt (Wachtel, 2013) sowie passende Beispiele und/oder Aufgaben.

Im Sinne Geißners (1998, S. 174) darf der fachliche Inhalt auf der sprachlichen Ebene nicht schreibdenkend vorbereitet werden, wenn er hörverstehend zu verarbeiten ist. Im Gegenteil muss er in seiner Struktur, fachlichen Aufbereitung und Komplexität auf die Mündlichkeit hin ausgerichtet sein und dem Hörverstehen dienen (Gutenberg, 2000). Beispielsweise braucht es einfache und kurze Sätze, lineare Darbietung der Informationen, Redundanzen, Zusammenfassungen, das Rhema am Satzende etc. (Gutenberg, 2000; Wachtel, 2013)<sup>2</sup>.

Auf medialer Ebene können durch gestalterische Elemente gezielt besondere Eigenschaften forciert werden, welche das Hörverstehen unterstützen. Beispielsweise dienen Strukturelemente wie Soundeffekte als Signale und Markierungen der Steuerung von Aufmerksamkeit und somit der selektiven Informationsverarbeitung: Akustische Veränderungen (also neue oder unerwartete Reize) können zu bewusster Konzentration auf den nachfolgenden Inhalt führen (Hagen, 2006). Im Hinblick auf sprachsensiblen Unterricht können diese Soundeffekte außerdem wichtige oder neu einzuführende Begriffe oder Phrasen markieren (Peters, 2023).

Weiterhin können durch O-Töne von befragten Expert:innen (in den später im Text vorgestellten Sendungen: Mathematiklehrer und Mathematikprofessor) substantielle Statements gegeben und eine wissensvermittelnde Autorität gestellt werden. Neben wissensvermittelnden Expert:innen haben auch kindliche O-Töne eine spezifische Funktion. Sie stellen mit ihren Nachfragen oder vereinfachten Äußerungen „Inseln der Verständlichkeit im Meer der Abstraktion“ (Lampert & Wespe, 2012, S. 27) bei komplizierten Themen dar. Zwischen den komplexen Aussagen der Expert:innen sorgen sie für Pausen und damit für Zeit zum Verstehen.

Auch durch Elemente des Storytelling kann Aufmerksamkeit und Informationsverarbeitung unterstützt werden: Eine Rahmengeschichte liefert sowohl einen roten Faden als auch Protagonist:innen, mit denen sich die Zuhörenden identifizieren können. Sie macht Inhalte verständlicher und greifbarer und kann durch Handlungen Sinn herstellen (Lampert und Wespe, 2012; Ordolff & Wachtel, 2014). Außerdem kann eine Rahmengeschichte eine authentische problemhaltige Situation darstellen, die einen ergiebigen Anlass für eigene Untersuchungen und kognitive Aktionen darstellen (Peters, 2023). Aus diesem Grund kann die Empfehlung ausgesprochen werden, solche auditiven Medien für den unterrichtlichen Einsatz zu wählen (oder zu produzieren), die über eine problemorientierte Rahmengeschichte verfügen und Aspekte des Storytelling beinhalten. Ist dies nicht durch den Beitrag gegeben, bleibt es Aufgabe der Lehrkraft, durch Höraufträge, selbst aufgestellte Probleme und/oder weiterführende Aufgaben die aktive Verarbeitung des Gehörten anzuregen.

### 2.3 Konkrete Handlungsstrategien

Das Ziel didaktisch-methodischer Zugänge sowie konkreter Ansätze einer Zuhördidaktik (Pabst-Weinschenk, 2011; Wermke, 2010) ist das Erleichtern und Erreichen von Hörverständnis. Zuhörförderung ist dabei entlang des eben mehrstufigen Prozessmodells von Zuhören (Imhof, 2010) möglich und umfasst folgende Ansätze (Imhof, 2013, S. 97):

- *Intentionsbildung erleichtern:* Durch konkrete Zuhöraufgaben z. B. Aktivieren oder Zusammentragen von Vorwissen, eigenes Stellen von Fragen und gezieltes Suchen von Antworten.
- *Selektion erleichtern:* Durch Minimieren von ablenkenden und unwichtigen Signalen, durch angemessenes Sprechtempo oder Strukturierungshilfen, die das Gehörte gliedern (z. B. Soundeffekte).
- *Organisationsprozesse fördern:* Durch Anregung der Worterkennung mithilfe von Aktivierung der gemeinsamen Wissensbasis, an die angeknüpft werden kann. Stellt sich diese Wissensbasis als fehlerhaft oder lückenhaft heraus, kann der Sprecher oder Experte seine Begrifflichkeiten an die Expertise des Zuhörers anpassen.

2 Eine auf diesen Konzepten aufbauende ausführliche Herleitung und Darstellung von Merkmalen, die das Hörverstehen erleichtern bzw. erschweren, findet sich in Peters (2023).

- *Integration von Information fördern*: durch Kontrolle und Regulation, indem Informationsmenge, Sprechdauer und Zuhöranforderungen angepasst werden.

Es braucht also grundsätzlich die Regulation von Informationsmenge und Zuhöranforderungen, die Aktivierung von Vorwissen sowie konkreten Zuhöraufgaben. Ein durch die Lehrkraft analysierter und ausgewählter auditiver Beitrag muss für den unterrichtlichen Einsatz je nach Inhalt, Länge und Informationsdichte vorstrukturiert und sinnvoll eingebettet werden. Dabei gehört zur Vorbereitung der Arbeit mit einem auditiven Medium das Beachten des ‚Segmenting Principle‘ (Mayer & Pilegard, 2014), d. h. das Abspielen kürzerer Segmente von 1 bis 2 Minuten. Auf diese Weise können die Rezipient:innen im Sinne der Inputspezifizierung (Niebuhr-Siebert & Ritterfeld, 2012) gezielt mit wiederholten und spezifisch förderlichen Sprachdaten versorgt werden. Weiterhin kann empfohlen werden, wichtige Begriffe aus dem Beitrag herauszufiltern und einen gemeinsamen Wortspeicher zu erarbeiten, der als gemeinsamen Wissensbasis dienen kann (Götze, 2015). Im Anschluss an die Sicherung sprachlichen Verständnisses müssen Aktivitäten geplant werden, die nicht nur das Zuhören und die Aufmerksamkeitssteuerung verbessern (Imhof, 2001), sondern auch der Rekonstruktion des Gehörten dienen (Maier & Schweiger, 1999; Pabst-Weinschenk, 2011) und die Verarbeitung der Informationen anregen (Imhof, 2003).

Aufbauend auf kognitiven Strategien sowie reduktiven und elaborativen Techniken (Padberg-Schmidt, 2020, 2022) und in Anlehnung an Berg et al. (2018) wurden Hörtexterschließungshilfen entwickelt (Peters, 2023) und für den unterrichtlichen Kontext als Höraufträge bezeichnet. Höraufträge (wie die später im Text dargestellte Erarbeitung eines Steckbriefes) dienen durch die Anregung zum Entnehmen spezifischer Informationen aus dem Hörtext neben der Unterstützung selektiven und detaillierten Hörverstehens (Neuf-Münkel, 1988; Nebe-Ribaki, 1994) auch der selbstständigen Dokumentation eigener Ergebnisse, um der Flüchtigkeit auditiver Darstellungen entgegenzuwirken (Leuders, 2012). Außerdem kann durch ‚self-explanation prompts‘ (Wylie & Chi, 2014), und das damit eingeforderte Wiedergeben von Schlüsselwörtern und -phrasen, das auditive Medium zum sprachlichen Vorbild im Sinne des Scaffolding (Gibbons, 2002) werden. Da der Grad der Selbstständigkeit das Hörverständnis beeinflusst (Schnotz, 2005), sollte die Möglichkeit der Eigenkontrolle bei der Rezeption gegeben sein. In Peters (2023) konnte außerdem rekonstruiert werden, wie Schüler:innen beim Abspielen des auditiven Mediums in ihrem individuellen Tempo vorgehen und wichtige Stellen gezielt nachhören. Als Kompetenzen konnten hier die selbstständige Beachtung individueller Auffassungsgrenzen sowie die individuelle Einteilung des Gehörten in Sinneinheiten identifiziert werden.

Die hier aufgeführten Kriterien und Handlungsstrategien dienen dem Erleichtern der auditiven Informationsvermittlung und dem Hörverstehen und stellen Gelingensbedingungen für den Einsatz auditiver Medien im (sprachsensiblen) Mathematikunterricht dar und sollen auch in der hier vorzustellenden Forschung Anwendung finden.

### 3 Fragestellung und Zielsetzung

Auf Grundlage empirischer Daten soll in einem deskriptiven Schritt das noch kaum untersuchte Forschungsgebiet abgesteckt werden. Ziel ist es, durch induktive Kategorienbildung Aspekte mathematischen und sprachlichen Lernens zu beschreiben, die durch die Arbeit mit auditiven Medien angeregt werden (RQ1). Das entwickelte Kategoriensystem kann aus forschungstheoretischer Perspektive zur Formulierung von Aspekten der Fokussierung für die Detailanalyse sowie zur Auswahl von genauer zu untersuchenden Sequenzen für die Interaktionsanalysen dienen. Aufbauend auf den Erkenntnissen zur Evaluationsforschung (Bortz & Döring, 2006) kann auf diese Weise die Exploration der Wirksamkeit auditiver Medien im Mathematikunterricht im Sinne von Wirksamkeitsforschung angestrebt werden. Es soll der Frage nachgegangen werden, inwiefern sich der fachdidaktische Einsatz auditiver Medien als lernwirksam erweist. Ziel der Detailanalysen ist es deshalb, Potenziale auditiver Medien aus mathematikdidaktischer Perspektive begrifflich fassbar zu machen und zu rekonstruieren, wie die Potenziale mathematisches und fachsprachliches Lernen unterstützen (RQ2). Es ergeben sich deshalb die folgenden Forschungsfragen:

RQ1: Welche Aspekte mathematisch-konzeptuellen und fachsprachlichen Lernens können durch die Arbeit mit auditiven Medien angeregt werden?

RQ2: Inwiefern können die Potenziale auditiver Medien im Mathematikunterricht mathematisch-konzeptuelles und fachsprachliches Lernen unterstützen?

## 4 Qualitatives Design der Studie

In der empirischen Studie sollen der Einsatz auditiver Medien sowie mögliche Potenziale qualitativ erforscht werden. Dazu werden zwei Radiosendungen sowie die für sie entwickelten Unterrichtskonzepte als Fallbeispiele betrachtet und komparativ analysiert (Flick, 2016). Die begründete Auswahl der beiden Sendungen erfolgte in einer Form des ‚Purposive Sampling‘, worunter die gezielte Auswahl der zu untersuchenden Fälle verstanden wird (Patton, 2002). In der vorliegenden Studie wurde dazu das Theoretische Sampling mit der Maximalen Variation im Sample verbunden.

Für die Auswahl des ersten Falles wurde im Sinne des theoretischen Samplings nach der Repräsentation wichtiger theoretischer Konstrukte in den Sendungen gesucht (Patton 2002, S. 243). Vor dem Hintergrund mediendidaktischer Theorien sollte eine Sendung gewählt werden, die den Kriterien einer schülergerechten Radiosendung in besonderem Maße entspricht. Durch eine offene Exploration fiel die Entscheidung auf die Sendung *Wann ist ein Spiel fair*<sup>3</sup>, da diese sich durch eine anschauliche Rahmengeschichte auszeichnet, in die das mathematische Problem spielerisch eingebettet wird. Kindliche Protagonist:innen agieren miteinander und untersuchen – ausgehend von einer Konfliktsituation im Klassenzimmer – verschiedene Zufallsexperimente. Dabei führen sie mathematische Begriffe kontextbezogen ein und nehmen die Rezipient:innen mit auf den Weg zu ihren Erkenntnissen.

Um bereits bei der Fallauswahl Überlegungen bzgl. der Generalisierbarkeit einzubeziehen wurde der zweite Fall mit dem Ziel ausgesucht, durch das Vergleichen beider Fälle neue Eigenschaften und Dimensionen der untersuchten Konzepte herauszuarbeiten (Bohnsack, 2010). Für die komparative Analyse sollte also ein Fall hinzugezogen werden, der sich vom ersten Fall möglichst stark unterscheidet, „um darüber die Variationsbreite und Unterschiedlichkeit, die im Feld enthalten ist, zu erschließen“ (Flick 2016, S. 165). Dazu wurden zunächst Schlüsseldimensionen möglicher Variationen identifiziert (Peters, 2023) und als Entscheidungsgrundlage herangezogen. Beispielweise sollte der zweite Fall einen unterschiedlichen mathematischen Inhaltsbereich bedienen (Raum und Form statt Daten und Zufall), gegenständlicherere Begriffe enthalten (Begriffe der Geometrie sind weniger abstrakt als Begriffe der Wahrscheinlichkeit) und nicht durch eine Rahmengeschichte und Protagonisten aufbereitet sein. Aufgrund der Analyse der Variationsdimensionen aller Sendungen des Kinderfunkkollegs fiel die Entscheidung auf die Sendung *Wer wohnt im Haus der Vierecke*<sup>4</sup>, in dem die verschiedenen Vierecke und ihre Verwandtschaften miteinander von einem Mathematikprofessor kindgerecht erklärt werden.

Die Konzeption der Lernumgebungen zu beiden Sendungen sah im Sinne sprachsensiblen Mathematikunterrichts das Verfolgen eines dualen Lernpfades (Pöhler, 2018) vor, in dem fachliche und sprachliche Lernziele miteinander verknüpft werden. Neben dem mathematisch-konzeptuellen Lernen (z. B. Kennenlernen der verschiedenen Vierecke und ihrer Eigenschaften) wurde also gleichzeitig auch (fach-)sprachliches Lernen angestrebt (z. B. Begriffsverständnis zu Objekten, Eigenschaften und Relationen sowie mathematisches Argumentieren).

### 4.1 Datenerhebung

Zu zwei Radiosendungen des Kinderfunkkollegs wurde je eine Lernumgebung in jeweils zwei Klassenstufen durchgeführt. Sowohl die Radiosendung als auch die Lernumgebung wurden im Rahmen des Kooperationsprojektes mit dem Hessischen Rundfunk entwickelt. Durch die Videographie aller Unterrichtsinteraktionen entstanden für die Auswertung insgesamt über 20 Stunden Videomaterial, die alle transkribiert wurden. Zusätzlich wurden die schriftlichen Produkte der Schüler:innen digital gesichert, um sie bei Bedarf zur genaueren Analyse heranziehen zu können. Bei den Untersuchungsgruppen handelte es sich um jeweils 6 bis 8 Kinder, die außerhalb ihres Regelunterrichtes in einem Laborsetting an der Lernumgebung teilnahmen. Insgesamt wurden 30 Kinder in die Untersuchung mit einbezogen. Die Einheit zum *Haus der Vierecke* wurde in Klassenstufe 4 und 6 durchgeführt; die Einheit zu den *Zufallsexperimenten* in Klassenstufe 2 und 4. Alle Gruppen wurden geschlechtergemischt und ohne spezifische Vorgaben von der Lehrkraft zusammengestellt. Auf diese Weise kamen jeweils heterogene Untersuchungsgruppen zustande, die sich in ihren mathematischen und sprachlichen Fähigkeiten unterschieden. Außerdem gab es in jeder Gruppe Kinder, die nicht mit Deutsch als Muttersprache aufgewachsen sind.

3 <https://www.kinderfunkkolleg-mathematik.de/themen/wann-ist-ein-spiel-fair>

4 <https://www.kinderfunkkolleg-mathematik.de/themen/wer-wohnt-im-haus-der-vierecke>

Weitere Details zur Erhebung sowie zum Design der Lernumgebungen können bei Peters (2023) nachgelesen werden.

#### 4.2 Auswertung durch Methodenkombination

Die Auswertung erfolgte durch eine Methodenkombination im ‚Multi Methods‘ Design (Denzin, 1970). Dafür wurde ein zweischrittiges Analyseverfahren (Abb. 2) genutzt, welches zwei qualitative Auswertungsmethoden miteinander kombiniert. Zuerst wurde die große Datenmenge mithilfe der qualitativen Inhaltsanalyse (Mayring, 2015) strukturiert und kategorisiert. Durch die induktive Entwicklung eines Kategoriensystems – ausgerichtet an der Forschungsfrage RQ1 – können die gesuchten Aspekte des mathematisch-konzeptuellen und fachsprachlichen Lernens in den erhobenen Daten gefunden werden. In Form eines Inventars, welches „die Auflistungen der wichtigen Aspekte oder Elemente des Untersuchungsgegenstandes“ (Bortz & Döring, 2006, S. 381) enthält, kann ein erster Überblick über die empirischen Daten vermittelt werden. In diesem Sinne stellt das Kategoriensystem ein Inventar der wichtigsten Aspekte des Einsatzes auditiver Medien für das Lernen im Mathematikunterricht dar. Die 12 gefundenen Kategorien (nachfolgend noch genauer dargestellt) konnten dabei drei Hauptkategorien (HK) zugeordnet werden (vgl. Abb. 2):

- **HK1 Aspekte mathematisch-konzeptuellen Lernens:** Kategorien, in denen verschiedene Aspekte mathematisch-konzeptuellen Lernens beschrieben werden wie z. B. Vorstellungsbilder und mentale Modelle (K1) oder Transferleistung (K5).
- **HK2 Aspekte fachsprachlichen Lernens:** Kategorien, die dem Bereich fachsprachlichen Lernens zugeordnet werden können wie z. B. Scaffolding (K9) oder Verwendung von Fachsprache (K9).
- **HK3 Mediendidaktische Aspekte:** Kategorien, mit denen mediendidaktische Aspekte beschrieben werden wie die Medienkompetenz (K11) und das Hörverstehen in Bezug auf das auditive Medium (K12) im Sinne der Verarbeitung von durch das auditive Medium vermittelter Information.

Ein weiteres Ziel der qualitativen Inhaltsanalyse ist die Vorbereitung der Detailanalyse für die Forschungsfrage RQ2. Denn da das entstandene Kategoriensystem als deskriptive Bestandsaufnahme für das tiefergehende Forschungsinteresse nicht ausreichend ist, sollten bestimmte Textpassagen in einer Detailanalyse ausführlicher untersucht werden. Deshalb wurden anschließend an die qualitative Inhaltsanalyse eine Auswahl an – für die Beantwortung der zweiten Forschungsfrage relevanten – Interaktionssequenzen getroffen. Diese Stellen wurden anschließend im Sinne der Interpretativen Unterrichtsforschung mithilfe der Interaktionsanalyse (Krummheuer & Naujok, 1999) ausführlich interpretiert und für die Beantwortung der Forschungsfrage RQ2 herangezogen.

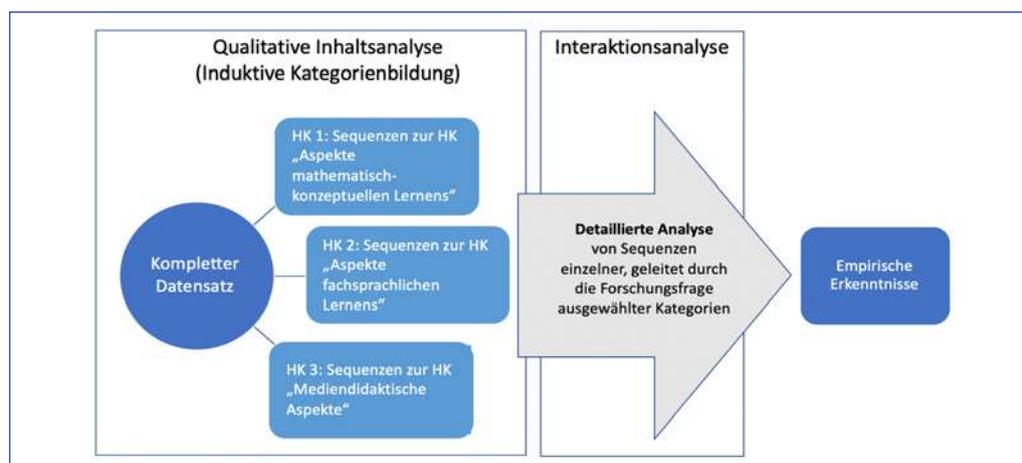


Abb. 2. Methodenkombination im ‚Multi Methods‘ Design (HK = Hauptkategorie) (Peters, 2023)

Die Interaktionsanalyse steht in einer explizit fachdidaktischen Perspektive, nimmt also auch die inhaltliche (mathematische) Ebene in den Blick, was sich in der nachfolgend angesprochenen ‚thematischen Entwicklung‘ zeigt. Sie beruht auf einer interaktionistischen Position und dient der Rekonstruktion von Bedeutungsaushandlungen durch die Analyse der interaktiven Wech-

selbeziehung zwischen den Lernenden selbst sowie zwischen den Lernenden und den Lehrpersonen. Denn auch die Akteure interpretieren mathematische Gegenstände und beeinflussen sich im Miteinander durch sprachliche Äußerungen gegenseitig in ihren Deutungen, sodass der individuelle Entwicklungsprozess auch als Koproduktion der Beteiligten gesehen werden kann (Krummheuer & Fetzner, 2005).

Abschließend können die Ergebnisse aus beiden Auswertungsschritten als empirische Erkenntnisse der Studie zusammengeführt werden.

## 5 Ergebnisse

Nachfolgend sollen zunächst die Ergebnisse der Qualitativen Inhaltsanalyse zur Beantwortung der Forschungsfrage RQ1 und darauf aufbauend die Ergebnisse der Inhaltsanalysen zur Beantwortung der Forschungsfrage RQ2 vorgestellt werden.

### 5.1 Ergebnisse der Qualitativen Inhaltsanalyse

Laut Mayring (2015, S. 88) deutet eine ‚Welche-Fragestellung‘ immer auf induktive Kategorienbildung hin. Um diese vorzunehmen, wurden eine Kategoriendefinition, das Abstraktionsniveau sowie Analyseeinheiten festgelegt. Diese Regeln beachtend wurde dann von zwei Codierenden jeweils das gesamte Material offen codiert. Auf diese Weise konnten 12 Kategorien identifiziert und mit Definitionen sowie Ankerbeispielen beschrieben werden, was hier beispielhaft für Kategorie K1 abgebildet werden soll (Tab. 1).

Tab. 1: Auszug aus dem Kategoriensystem\* (Peters, 2023)

Code	Kategorie	Beschreibung	Beispiel
K1	Vorstellungsbilder und mentale Modelle	Beschreibung von Vorstellungsbildern und -handlungen sowie kopfgeometrische (Lösungs-)Prozesse (gedankliches Bearbeiten und Bewegen); Konstruktion und Visualisierung mentaler Modelle	„weil wenn mans . wenn ... wenn man das Quadrat langzieht ähm sieht das genauso aus wie das Rechteck“ (TV_2Z_4K_4S, Z. 791-792)

\*K = Kategorie

Im nächsten Auswertungsschritt konnten drei (auf einem höheren Abstraktionsniveau liegende) Hauptkategorien gebildet und die gefundenen Kategorien darunter subsumiert werden (Mayring, 2015). Durch das Bilden von Hauptkategorien und die Zuordnung von Kategorien zu ebendiesen konnte ein umfangreiches Kategoriensystem (vereinfacht dargestellt in Tab. 2) induktiv und ausgerichtet an der Forschungsfrage entwickelt werden (eine tiefergehende Betrachtung aller Kategorien – detailliert und mit konkreten Textpassagen illustriert beschrieben – findet sich in Peters, 2023). Die Entwicklung dieses Kategoriensystems führte dabei zur Herausbildung der in RQ1 gesuchten Aspekte mathematisch-konzeptuellen und fachsprachlichen Lernens sowie den zusätzlich identifizierten mediendidaktische Aspekte, die durch die Arbeit mit den auditiven Medien angeregt werden können (vgl. Tab. 2).

Tab. 2: Vereinfachte Darstellung des induktiv entwickelten Kategoriensystems (Peters, 2023)

Hauptkategorie	Code	Kategorie
HK 1 Aspekte mathematisch-konzeptuellen Lernens	K 1	Vorstellungsbilder und mentale Modelle
	K 2	Wissensbasis (deklaratives und prozedurales mathematisches Wissen)
	K 3	Heurismen
	K 4	Mathematische Handlungen und Realitätserfahrungen
	K 5	Transferleistung
	K 6a	Bezug zu Repräsentanten aus dem Beitrag
	K 6b	Eigene Repräsentanten
HK 2 Aspekte fachsprachlichen Lernens	K 7a	Scaffolding durch den Beitrag
	K 7b	Scaffolding durch die Lehrkraft
	K 8a	Bezug zu Erklärungen aus dem Beitrag
	K 8b	Eigene Erklärungen und Definitionen
	K 9	Verwendung von Fachsprache
	K 10	Begriffsverständnis
HK 3 Mediendidaktische Aspekte	K 11	Medienkompetenz
	K 12	Hörverstehen (in Bezug auf das auditive Medium)

Die quantitative Analyse der Codehäufigkeiten zeigte besonders prominente Kategorien (K) auf, was nach Mayring (2012, S.33) meist als „Zentralität der Bedeutungen“ interpretiert werden kann. Bis auf wenige Abweichungen sehen die Verteilungen der relativen Häufigkeiten für die beiden untersuchten Lernumgebungen sehr ähnlich aus (Peters, 2023). In beiden Themeneinheiten dominieren die Kategorien der Hauptkategorie 2 (HK2) sowie die Kategorie K12, was eine weitere Untersuchung dieser Kategorien nahelegt. Größte Abweichungen lassen sich bezüglich der Kategorie K1 feststellen. Die relative Häufigkeit dieser Kategorie ist in den empirischen Daten zur Radiosendung *Wer wohnt im Haus der Vierecke?* mit 12% signifikant höher. Dieses Ergebnis hat zur Entscheidung über die Schwerpunktsetzung in der Detailanalyse beigetragen, bei der auch K1 genauer in den Blick genommen werden soll.

Neben den im Hinblick auf die Forschungsfrage besonders zentralen Kategorien sollen für die ausführliche Detailanalyse auch die mit ihnen in engem Zusammenhang stehenden Kategorien herangezogen werden. Die Beziehungen zwischen den Kategorien konnten durch „Codelandkarten“ (MAXQDA, 2022) aufgezeigt werden, die das gemeinsame Auftreten mehrerer Codierungen bzw. die Nähe von Codes im gleichen Dokument darstellen (abgebildet in Peters, 2023).

Enge Zusammenhänge zeigten sich besonders zwischen folgenden Kategorien (vgl. Tab. 3):

Tab. 3: Kategorien mit engem Bezug zueinander

dem Hörverstehen in Bezug auf das auditive Medium (K12)	→	und den Kategorien fachsprachlichen Lernens (HK2)
dem Hörverstehen (K12)	→	und der Konstruktion oder Visualisierung von Vorstellungsbildern und mentalen Modellen (K1)
dem Hörverstehen (K12)	→	und den Transferleistungen (K5)

Durch die quantitative Auswertung der qualitativen Inhaltsanalyse konnte für die anschließenden Detailanalysen also eine Schwerpunktsetzung im Kategoriensystem festgelegt werden auf Sequenzen aus den Kategorien HK 2 (außer K7b, da die Lehrkraft nicht im Fokus der Detailanalysen stehen soll), K1, K5 und K12 (dunkler hinterlegte Felder in Tab. 2). Aus diesen Kategorien wurden drei Aspekte der Fokussierung entwickelt, durch die der Einsatz auditiver Medien schwerpunktmäßig aus drei verschiedenen Perspektiven in den Blick genommen werden sollte:

- a. Konstruktion und Visualisierung mentaler Modelle
- b. Fachbezogene Bildungssprache
- c. Hörverstehen

Weiterhin wurde durch Verlaufsdiagramme (abgebildet in Peters, 2023), sogenannter „lesson signatures“ (Dalahefte & Kobarg, 2012, S. 22), das Auftreten von Unterrichtsaktivitäten im Unterrichtsverlauf beschrieben. Auf diese Weise kann die Beantwortung der Forschungsfrage RQ1 um die Beschreibung, wann welche Aspekte des Lernens angeregt werden, präzisiert werden. Erkennbar wird hier beispielsweise, dass zu Beginn der Unterrichtseinheit sehr nah am Radiobeitrag gearbeitet und das auditive Medium als Scaffolding genutzt wird. Es folgen Phasen des Aushandelns und des Generierens von Erklärungen und Beispielen – sowohl von eigenen als auch denen des Beitrages sowie Phasen des Konstruierens mentaler Vorstellungen.

Zum Ende der Einheit – lange nach der Rezeption der auditiven Medien – zeigt sich durch die Äußerungen der Lernenden, in denen Begriffswissen und -verständnis verbalisiert werden, dass Hörverstehen auf verschiedenen Stufen erfolgreich stattgefunden hat. Äußerungen, die sich eng an den sprachlichen Vorbildern der Sendung orientieren (Scaffolding), weichen Äußerungen, in denen eigenständig Begriffswissen versprachlicht wird.

Die Arbeit mit dem auditiven Medium als bildungssprachliches Vorbild hat also zu bildungssprachlicher Kommunikation befähigt und den Aufbau von Begriffswissen unterstützt. Wie tief dieses Begriffsverständnis verankert ist und welche weiteren Aspekte der Arbeit mit dem auditiven Medium sich als besondere Potenziale herausstellen, soll im zweiten Auswertungsschritt durch die Interaktionsanalyse vertiefend untersucht werden.

### 5.2 Ergebnisse der Interaktionsanalyse

Anschließend an die deskriptive Analyse des gesamten Datenmaterials durch die Kategorienbildung sowie die quantitativen Analysen konnte ausgehend von den gefundenen Kategorien und durch das Herausfiltern spezifischer Sequenzen mithilfe des Programms MAXQDA (2022) die Detailanalyse als weiterführende Auswertung und Interpretation der Daten in Richtung der Hauptfragestellung geplant werden. Dabei war die Forschungsfrage RQ2 richtungsweisend. Ziel der Interaktionsanalysen der ausgewählten Szenen ist es, innerhalb der o.g. Aspekte der Fokussierung die Potenziale auditiver Medien begrifflich fassbar zu machen und zu rekonstruieren. Die ausführliche Rekonstruktion aller ausgewählten Interaktionssequenzen beider Lernumgebungen finden sich in Peters (2023).

Nachfolgend soll an einem Beispiel die Rekonstruktion der gemeinsamen Aushandlung von Deutungen sowie die dabei genutzte fachbezogene Bildungssprache aufgezeigt werden. Nachdem durch den Radiobeitrag eine Erklärung (Definition und Beispiele) für die beiden Begriffe ‚konvex‘ und ‚konkav‘ gegeben wurde, fragt die Lehrkraft die mentalen Vorstellungen der Kinder ab, um das Hörverstehen zu überprüfen und um die Schüler:innen zum (fach-) sprachlichen Austausch anzuregen (vgl. Tab. 4).

Tab. 4: Auszug aus dem Transkript

Sprecher:in	Äußerungen
L	jetzt haben wir aber ein Viereck das ist konkav wo wir gesagt haben da sind die Ecken nach innen kann sich denn jemand vorstellen wie das aussieht/
...	...
Julia	also vielleicht e h m w i e s o n Hausdach das so etwas dicker ist/
L	mhm kannst du das vielleicht sogar anzeichnen/#
...	...
Julia	vielleicht so (leise) drin# 
Lena	#e h m also ich glaube man müsste das so machen das es unten nicht mehr so gerade ist sondern einfach dass das dann wieder ehm nach oben geht weil sonst sind es ja mehr Ecken als vier 

Insgesamt zeigt die detaillierte Interaktionsanalyse der gesamten Unterrichtssequenz, wie durch die Arbeit mit einem auditiven Medium die Erarbeitung von Begriffen und ihre Vorstellungen

ganz ohne vorgegebene visuelle Repräsentationen geschehen kann. Durch die rein auditive Vermittlung mussten die mentalen Vorstellungsbilder von den Schüler:innen selbst generiert werden. Die individuellen (teils unterschiedlichen) Vorstellungsbilder wurden im Unterrichtsgespräch miteinander geteilt und verglichen, was zur produktiven Herausforderung einer eloquenten Versprachlichung und dem Nutzen fachsprachlicher Elemente führte. Es findet hier ein doppelter Übersetzungsprozess statt: Zunächst von Sprache zu Bild (Visualisierungen) und dann vom Bild zur Sprache (Verbalisieren der Visualisierungen). Bei der Versprachlichung der Vorstellungsbilder werden eigenen Erklärungen (wie so'n Hausdach) sowie fachbezogene Bildungssprache genutzt (unten nicht mehr.., mehr Ecken als..). So konnten durch den Einsatz von auditivem Material Begriffswissen und Vorstellungsbilder aufgebaut werden sowie die Teilkomponente räumlichen Vorstellungsvermögens ‚Veranschaulichung (visualization)‘ (Franke, 2007) gefördert werden.

Auch in der späteren Partnerarbeitsphase konnten Aspekte mathematisch-konzeptuellen und sprachlichen Lernens durch die Analyse von Schülerdokumenten aufgezeigt werden. Hier wurden auf Grundlage der auditiven Vermittlung von jeder Gruppe jeweils ein Viereck mit seinen Eigenschaften selbstständig erarbeitet. Mithilfe von Höraufträgen wurden relevante Informationen im vorstrukturierten Forscherheft festgehalten und die Vierecke auch enaktiv auf ihre Eigenschaften hin untersucht (durch z. B. Abmessen der Seitenlängen). Auf Grundlage der Forscherhefte sollten abschließend Steckbrief-Plakate für die Vierecke erstellt werden. Auf den Plakaten wurden Abbildungen der jeweiligen Figur aufgeklebt, um die Symmetrieachsen und rechten Winkel einzuzeichnen, sowie wichtige Eigenschaften der einzelnen Vierecke festgehalten. Diese Steckbrief-Plakate werden später von den Kindern zur Kommunikation und Argumentation herangezogen.

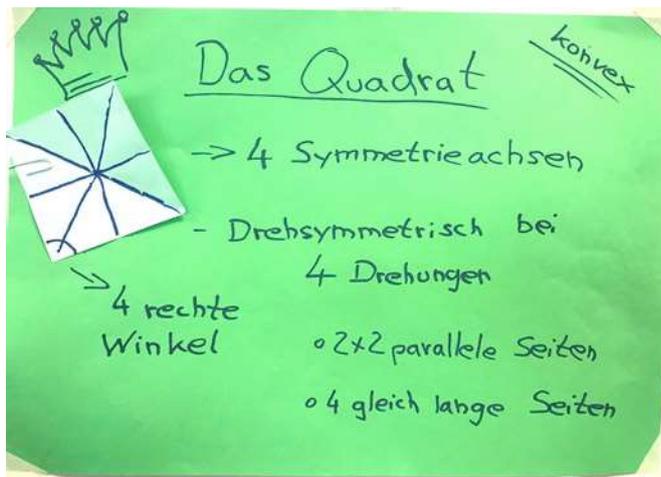


Abb. 3: Steckbrief-Plakat für das Quadrat (Peters, 2023)

Auffällig auf dem in Abbildung 3 exemplarisch angeführten Steckbrief-Plakat ist die bestimmte Ordnung, die hergestellt wurde. Oben mittig ist der Name des Vierecks als Oberbegriff angeführt. Unter diesem Oberbegriff wurden auf der rechten Seite seine Eigenschaften stichpunktartig notiert und auf der linken Seite eine ausgeschnittene Abbildung des Quadrates befestigt. Direkt über dem Quadrat wurde eine Krone gezeichnet. Hiermit wurde der im Radiobeitrag genannte Aspekt des Quadrates als ‚Königin der Vierecke‘ abgebildet und somit eine visuelle Darstellung des auditiv Gehörten entwickelt. Oben links wurde der Oberbegriff ‚konvex‘ notiert, dem das Quadrat zuzuordnen ist. Zwar kann dieser Begriff das Viereck auch als Eigenschaft beschreiben (konvex als die Eigenschaft, dass alle Ecken nach außen zeigen), jedoch scheint der Begriff für die Lernenden durch die Erarbeitung in und durch den Radiobeitrag vor allem als Klassifikation der Vierecke verstanden – als Name einer Gruppe, zu der das Quadrat gehört, und damit als Oberbegriff. Aus diesem Grund wurde dieser Begriff oben links und abseits von den anderen Eigenschaften notiert. Die Notationen der erarbeiteten Eigenschaften setzen sich zusammen aus Objekt-, Maß-, Relations- und Abbildungsbegriffen (Franke, 2007). Sie zeugen von der ersten Stufe geometrischen Denkens, dem analysierend-beschreibendes Denken (van Hiele,

1964). Zwei Eigenschaften (die rechten Winkel und die Symmetrieachsen) wurden auch in der ausgeschnittenen und befestigten Figur eingezeichnet. Dies beschreibt die nullte Stufe geometrischen Denkens, die des räumlich anschauungsgebundenen Denkens (ebd.). In Bezug auf den Gebrauch fachbezogener Bildungssprache zeigt sich, dass das auditive Medium hier als Scaffolding (Gibbons, 2002) beim Wiedergeben von Schlüsselwörtern dienen konnte (Bsp.: das Quadrat als ‚Königin der Vierecke‘ oder ‚konvex‘). Weiterhin lassen die Schülerprodukte hier als Diagnostool Schlussfolgerungen über Begriffsbildungsprozesse im Hinblick auf die unterschiedlichen Stufen geometrischen Denkens zu (van Hiele, 1964).

## 6 Schlussfolgerungen: Die Potentiale auditiver Medien

Wie eingangs beschrieben, zeichnen sich auditive Medien durch einige Besonderheiten aus, die sie von anderen Medien und Darstellungsformen unterscheiden. Wenn die Gelingensbedingungen, die in 2.1 und 2.2 dargestellt wurden, beachtet werden, stellen diese Besonderheiten Potenziale dar, durch die mathematisches und fachsprachliches Lernen unterstützt werden kann. Diese Potenziale wurden durch die deskriptive Beschreibung zweier kompletter Unterrichtseinheiten mithilfe der qualitativen Inhaltsanalyse angereichert mit Erkenntnissen aus den Inhaltsanalysen rekonstruiert und lassen sich durch die drei oben genannten Aspekte der Fokussierung strukturiert darstellen.

### 6.1 Hörverstehen

In Bezug auf das Hörverstehen können auditive Medien zur Förderung des zielgerichteten Zuhörens sowie zur Unterstützung für Kinder mit Leseschwierigkeiten eingesetzt werden. Durch die Kombination von Zuhören und Sprechen über das Gehörte, können sie erfolgreich zur Einführung und Erarbeitung mathematischer Inhalte dienen. Bezugnehmend auf Neuf-Münkel (1988) und Nebe-Ribaki (1994) konnte in vielen Analysen das Erreichen verschiedener Stufen des Hörverstehens rekonstruiert werden: Durch Fragestellung bzw. Aufgaben, die einen bestimmten Fokus setzen, wurde zielgerichtetes und selektives Zuhören angeregt und damit eine produktive Zuhörhaltung, das Generieren von deklarativem Wissen ermöglicht. Nachhaltiges Lernen ist dabei abhängig von der aktiven Informationsverarbeitung durch kognitive Aktivierungen, Intentionbildungen und Elaborationsstrategien wie Wortspeicher, Forscherhefte etc. Es zeigte sich, dass direkte Höraufträge ein intensives und selbstständiges Arbeiten am auditiven Medium ermöglichen und durch die focused self-explanation prompts (Wylie & Chi, 2014) die Rekonstruktion des Gehörten unterstützt werden konnte. Mithilfe der Darstellung im digitalen Speichermedium konnte auch zur selbstständigen Erarbeitung befähigt werden – durch mögliche Dezentralisierung und dem Entgegenwirken der Flüchtigkeit von Sprache. In den Interaktionsanalysen zur Erarbeitung von Steckbriefen konnte gezeigt werden, wie die Schüler:innen eigene Entscheidungen der Selbstregulation vornehmen. Da sie durch den Hörauftrag mit einer Zuhörabsicht und einem Selektionskriterium an die Audiosequenz herangehen, sind sie in der Lage sowohl Ziel als auch Form und Umfang der Notizen, die sie sich machen, festzulegen sowie den Prozess zu überwachen und ggf. die Quellen zu wechseln oder Situationsmodelle zu ergänzen.

### 6.2 Fachbezogene Bildungssprache

Auf sprachlicher Ebene konnten durch die Interaktionsanalysen an vielen Stellen Begriffsbildungsprozesse rekonstruiert werden. Durch die auditiven Medien konnte eine authentische Einführung von Fachbegriffen stattfinden und diese dann für die Wortspeicherarbeit verwendet werden. Dabei konnten die neu zu lernenden Begriffe durch die oben beschriebenen focused prompts von den Schüler:innen selbst aus den Hörtexten herausgefiltert werden. Dies steht im Gegensatz zu dem sonst normalen Vorgehen, bei dem die Fachbegriffe für den Wortspeicher von der Lehrkraft vorgegeben werden (müssen), weil sie „nicht einfach so entdeckt oder erraten werden“ können (Götze, 2015, S. 35). Durch den Einsatz auditiver Medien werden die betreffenden Begriffe in authentischen Situationen oder durch die O-Töne von Expert:innen eingeführt und durch Soundeffekte markiert, sodass die Schüler:innen diese zum einen direkt in einem bedeutungsvollen Kontext kennenlernen und zum anderen selbstständig aus dem Beitrag herausarbeiten.

In vielen Interaktions-Sequenzen konnte der Gebrauch der durch die Radiosendungen präsentierten sprachlichen Vorbilder beobachtet werden. Die Äußerungen orientierten sich teilweise stark am Wortlaut des Radiobeitrages (Konditionalgefüge, Wortwahl etc.), wodurch sich schluss-

folgern ließ, dass das auditive Medium – in Verbindung mit den Äußerungen der Lehrkraft – von den Schüler:innen erfolgreich als Scaffolding (Gibbons, 2002) angenommen und genutzt wurde. Auch auf den Steckbrief-Plakaten lassen sich wie oben dargestellt eindeutige sprachliche Vorbilder des Beitrages wiedererkennen. In beiden Lernumgebungen wurden die Schüler:innen angeregt, die prozessbezogene Kompetenz ‚mathematisch argumentieren‘ (Kultusministerkonferenz, 2022b) anzuwenden und wurden dabei von den Radiosendungen auch durch sprachliche Vorbilder in Form von Argumentationsstrukturen unterstützt. In verschiedenen Interaktionen konnte gezeigt werden, wie sich die Schüler:innen in ihrer Argumentation an den präsentierten argumentativen Satzstrukturen der Protagonist:innen oder Expert:innen orientierten und diese somit als wirkungsvolles verbales Mikro-Scaffolding (Gibbons, 2002; Meyer & Tiedemann, 2017) dienen konnten.

Begriffe und ihre Definitionen konnten von den Lernenden oft schon nach einmaligem Hören korrekt rekonstruiert werden. Doch auch in Transferaufgaben mit zeitlich größerem Abstand konnte die eigenständige produktive Anwendung der sprachlichen Vorbilder und der flüssige Output (Meaney et al., 2012) beobachtet werden, welches auf das Erreichen eines integrierten Begriffsverständnisses hindeutet (Vollrath, 1984). Insgesamt stellten die auditiven Medien also eine bildungs- und fachsprachliche Ressource dar, durch die Begriffsbildungsprozesse initiiert werden konnten.

### 6.3 Konstruktion und Visualisierung mentaler Modelle

Wie eingangs beschrieben, liefert auditive Informationsvermittlung zwar eine monomodale Darstellung, es können jedoch multimodale Vorstellungsbilder aktiviert und damit mentale Modelle generiert werden. Die bei auditiven Medien fehlende visuelle Repräsentation kann im Sinne des Integrated Model (Schnotz & Bannert, 2003) ebenso durch verbale Beschreibungen oder Sound Images generiert werden. Auf diese Weise kann die Konstruktion von Vorstellungsbildern und mentalen Modellen stattfinden.

Dabei ist die Struktur der generierten mentalen Modelle abhängig von der Struktur des rezipierten (Hör-)Textes (Caillies et al., 1999). Dies steht im Einklang mit den Hinweisen zur konzeptionellen Gestaltung auditiver Medien und den Aspekten des Storytellings. In den Interaktionsanalysen konnte selbstständiges (und von den Lernenden oft selbst eingeforderte) Generieren und Manipulieren mentaler Vorstellungsbilder rekonstruiert werden. Auf diesem Wege kann durch den Einsatz von auditiven Medien das visuelle Gedächtnis sowie Komponenten räumlichen Vorstellungsvermögens trainiert werden. Es ist also gerade die Reduktion auf nur eine – die auditive – Darstellungsebene, durch die auditive Medien ihre Potenziale als produktive mentale Herausforderung, Lernmöglichkeit und kognitive Aktivierung gewinnen. Die Besprechung der Visualisierungen und Vorstellungshandlungen (Weber, 2007) dienen bei dieser Aufgabe zum einen als Unterstützung zur Verständigung und zum anderen zur Verständnisüberprüfung. Sie können also Rückschlüsse auf das (auditiv vermittelte) mentale Modell zulassen. Zum anderen stellten sie eine produktive Herausforderung zur eloquenten Versprachlichung dar, welche die präzise Verwendung von bildungs- und fachsprachlichen Elementen sowie das Finden von Bezeichnungen für die operativen Veränderungsprozesse notwendig machte.

## 7 Zusammenfassung

Mit Blick auf die Ergebnisse der deskriptiven und rekonstruktiven Analysen lassen sich also produktive Lernprozesse im Bereich der Medienkompetenz, der Zuhörkompetenz und des Hörverstehens, der fachbezogenen Bildungssprache und dem Begriffswissen ausmachen sowie in Bezug auf Konstruktion und Verwendung von Vorstellungsbildern und mentalen Modellen. Grund für diese Vielzahl an didaktischen Potenzialen ist die besondere Beschaffenheit auditiver Medien, die das größte bzw. ursprünglichste Potenzial darstellt: Die ‚single modality instruction‘ auditiver Medien bietet besondere Möglichkeiten der produktiven Herausforderung, die bei didaktisch und methodisch gut geplantem Unterricht zu den oben dargestellten Potenzialen führen können. Insbesondere kann hier auch die Bedeutung auditiver Medien als Herausforderung und Chance für sprachliche Bildung betont werden. Um diesen Mehrwert sicherzustellen, ist die bewusste Analyse und Auswahl schülergerechter auditiver Medien sowie ein gewinnbringender Einsatz notwendig, der die Nutzung von Elaborationsstrategien fördert, mithilfe derer das Gehörte aktiv verarbeitet und mathematisches Lernen angeregt werden kann.

Hier liegt es an der Lehrkraft, durch gute Kenntnisse, bewusstes Handeln und methodisch veriertes Lehren die Entfaltung der in dieser Arbeit entwickelten Potenziale zu ermöglichen. Zu diesem Zweck wurden durch Erkenntnisse aus Medienpädagogik und Hördidaktik, ergänzt mit Ergebnissen aus der Gesamtstudie (Peters, 2023), konkrete Handlungsstrategien für die Praxis entwickelt. Mithilfe dieser können auditive Medien der Lehrkraft als Entlastung in der Wissensvermittlung, als Differenzierungsmöglichkeit, zur Dezentralisierung von Inhalten sowie zum sprachsensiblen Unterricht dienlich sein.

## Literatur

- Behrens, U. (2020). Aspekte eines Kompetenzmodells zum Zuhören und Möglichkeiten ihrer Testung. In V. Bernius, M. Imhof (Hrsg.): *Zuhörkompetenz in Unterricht und Schule. Beiträge aus Wissenschaft und Praxis* (S. 31–50). Vandenhoeck & Ruprecht.
- Berg, M., Götzte, D. & Maske-Loock, M. (2018). *Das Zahlenbuch/Förderkommentar Sprache mit Kopiervorlagen und CD-ROM zum 3. Schuljahr: Fördern und Inklusion*. Klett.
- Bohnsack, R. (2010). *Rekonstruktive Sozialforschung. Einführung in qualitative Methoden* (8. Aufl.). Opladen.
- Bortz, J. & Döring, N. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (4. Aufl.). Springer.
- Buck, G. (2001). *Assessing Listening*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511732959.005>
- Caillies, S., Denhière, G., & Jhean-Larose, S. (1999). The intermediate effect: Interaction between prior knowledge and text structure. In H. van Oostendorp & S. R. Goldman (Eds.), *The construction of mental representations during reading* (pp. 151–168). Lawrence Erlbaum Associates Publisher.
- Dalehefte, I. M., & Kobarg, M. (2012). Einführung in die Grundlagen systematischer Videoanalysen in der empirischen Bildungsforschung. In M. Gläser-Zikuda, T. Seidel, C. Rohlf, A. Gröschner & S. Ziegelbauer (Eds.), *Mixed Methods in der empirischen Bildungsforschung* (pp. 15–26). Waxmann.
- Denzin, N. K. (1970). *The Research Act*. Aldine/ Prentice Hall.
- Flick, U. (2016). *Qualitative Sozialforschung. Eine Einführung*. Rowohlt Verlag GmbH.
- Franke, M. (2007). *Didaktik der Geometrie in der Grundschule*. Elsevier GmbH.
- Frederking, V., Krommer, A. & Maiwald, K. (2012). *Mediendidaktik Deutsch*. Eine Einführung. Berlin.
- Götzte, D. (2015). *Sprachförderung im Mathematikunterricht*. Cornelsen.
- Geißner, H. (1988). *Mündlich – Schriftlich. Analysen freigesprochener und vorgelesener Berichte*. Grazer Linguistische Studien.
- Gibbons, P. (2002). *Scaffolding Language, Scaffolding Learning. Teaching Second Language Learners in the Mainstream Classroom*. Heinemann.
- Grabowski, J. (2007). *Atkinsons und Hilgards Einführung in die Psychologie* (14. Aufl.). Spektrum.
- Gutenberg, N. (2000). Mündlich realisierte schriftkonstituierte Textsorten. 1. Halbband Text- und Gesprächslinguistik. In K. Brinker, G. Antos, W. Heinemann & S. F. Sager (Hrsg.), *Text- und Gesprächslinguistik / Linguistics of Text and Conversation - 1. Halbband* (S. 574–587). De Gruyter Mouton. <https://doi.org/10.1515/9783110194067-054>
- Hagen, M. (2006). *Förderung des Hörens und Zuhörens in der Schule*. Vol. 6. Vandenhoeck & Ruprecht.
- Imhof, M. (2001). *How to listen more efficiently: Self-monitoring strategies in listening*. *International Journal of Listening*, 15, 2–19.
- Imhof, M. (2003). *Zuhören. Psychologische Aspekte auditiver Informationsverarbeitung*. Vandenhoeck & Ruprecht.
- Imhof, M. (2010). Zuhören lernen und lehren – Psychologische Grundlagen zur Beschreibung und Förderung von Zuhörkompetenzen in Schule und Unterricht. In V. Bernius & M. Imhof (Hrsg.), *Zuhörkompetenz in Schule und Unterricht* (S. 15–30). Vandenhoeck & Ruprecht.
- Imhof, M. (2013). Zuhören lernen und lehren. *Hörgeschädigtenpädagogik*, 94–99.
- Jörg, S. (2000). Der erste Sinn? Von der Bedeutung des Hörens in der Entwicklung des Kindes. In L. Huber & E. Odersky (Hrsg.), *Zuhören – Lernen – Verstehen* (S. 72–80). Westermann.
- Koch, P. & Oesterreicher, W. (1985). Sprache der Nähe – Sprache der Distanz. Mündlichkeit und Schriftlichkeit im Spannungsfeld von Sprachtheorie und Sprachgeschichte. *Romanistisches Jahrbuch* 36, 15–43.
- Krummheuer, G. & Fetzer, M. (2005). *Der Alltag im Mathematikunterricht: Beobachten – Verstehen – Gestalten*. Spektrum Akademischer Verlag.
- Krummheuer, G. & Naujok, N. (1999). *Grundlagen und Beispiele Interpretativer Unterrichtsforschung*. Leske + Budrich.
- Kultusministerkonferenz (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland) (2019). *Empfehlung. Bildungssprachliche Kompetenzen in der deutschen Sprache stärken*. Abgerufen von [https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2019/2019-12-06\\_Bildungssprache/2019-368-KMK-Bildungssprache-Empfehlung.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2019/2019-12-06_Bildungssprache/2019-368-KMK-Bildungssprache-Empfehlung.pdf) [25.06.2020]
- Kultusministerkonferenz (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland) (2022a). *Bildungsstandards für das Fach Deutsch Primarbereich (Jahrgangsstufe 4)*. Abgerufen von [https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2022/2022\\_06\\_23-Bista-Primarbereich-Deutsch.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2022/2022_06_23-Bista-Primarbereich-Deutsch.pdf) [17.01.2023]
- Kultusministerkonferenz (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland) (2022b). *Bildungsstandards für das Fach Mathematik Primarbereich*. Abgerufen von [https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2022/2022\\_06\\_23-Bista-Primarbereich-Mathe.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2022/2022_06_23-Bista-Primarbereich-Mathe.pdf) [07.01.2023]
- Lampert, M. & Wespe, R. (2012). *Storytelling für Journalisten* (2., überarbeitete Auflage). UVK.
- Leisen, J. (2013). *Handbuch Sprachförderung im Fach – Sprachsensibler Fachunterricht in der Praxis*. Stuttgart: Klett-Sprachen.
- Leuders, J. (2012). *Förderung der Zahlbegriffsentwicklung bei sehenden und blinden Kindern. Empirische Grundlagen und didaktische Konzepte*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-8348-2549-0>
- Maier, H. & Schweiger, F. (1999). *Mathematik und Sprache. Zum Verstehen und Verwenden von Fachsprache im Mathematikunterricht* (1. Aufl.). öbv & hpt.
- MAXQDA (2022). *Software für qualitative Datenanalyse*. Sozialforschung GmbH.

- Mayer, R. (2005). *Cognitive Theory of Multimedia Learning*. In R. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (pp. 31–48). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511816819.004>
- Mayer, R. & Pilegard, C. (2014). Principles for Managing Essential Processing in Multimedia Learning: Segmenting, Pretraining, and Modality Principles. In R. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (2. ed.) (pp. 316–344). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139547369.016>
- Mayer, R. (2021). Science of Learning: Determining How Multimedia Learning Works. In R. Mayer (Ed.) *Multimedia Learning* (pp. 29–62). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781316941355.004>
- Mayring, P. (2012). Qualitative Inhaltsanalyse. Ein Beispiel für Mixed Methods. In M. Gläser-Zikuda, T. Seidel, C. Rohlf, A. Gröschner, S. Ziegelbauer (Hrsg.), *Mixed Methods in der empirischen Bildungsforschung* (S. 27–36). Waxmann.
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (12., überarbeitete Aufl.). Beltz Verlag.
- Meaney, T., Trinick, T. & Fairhall, U. (2012). *Collaborating to meet language challenges in indigenous mathematics classrooms* (Vol. 52). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-1994-1>.
- Meyer, M. & Tiedemann, K. (2017). *Sprache im Fach Mathematik*. Springer.
- Nebe-Ribaki, U. (1994). Hörverstehen in der Fremdsprache. In D. Eggers, (Hrsg.), *Hörverstehen. Erwachsenengemäßes Lehren und Lernen einer Fremdsprache* (S. 55–76). Johannes-Gutenberg-Universität, Zentralstelle für Wissenschaftl. Weiterbildung.
- Neuf-Münkel, G. (1988). Hörverstehen. In D. Eggers (Hrsg.), *WEGE. Lehrerhandbuch. Deutsch als Fremdsprache* (S. 13–25). Hueber.
- Niebuhr-Siebert, S., & Ritterfeld, U. (2012). Hörspielbasierte Sprachlernerfekte bei Vorschulkindern mit spezifischen Sprachentwicklungsstörungen. *Sprache Stimme Gehör*, 36, 11–18. <http://dx.doi.org/10.1055/s-0031-1301335>
- Nührenböcker, M. & Schwarzkopf, R. (2010a). Die Entwicklung mathematischen Wissens in sozial-interaktiven Kontexten. In C. Böttinger, K. Bräuning, M. Nührenböcker, R. Schwarzkopf & E. Söbbeke (Hrsg.), *Mathematik im Denken der Kinder. Anregungen zur mathematikdidaktischen Reflexion* (S. 73–81). Klett.
- Ordolf, M. & Wachtel, S. (2014). *Texten für TV* (4. Aufl.). UVK.
- Padberg-Schmitt, B. (2020). Increasing Reading Fluency in Young Adult Readers Using Audiobooks. *Children's Literature in English. Language Education Journal*, 8 (1), S. 31–51.
- Padberg-Schmitt, B. (2022). Die Verwendung von Hörbüchern zur Verbesserung der Lesekompetenz von Schüler\*innen mit Legasthenie. In M. Jungwirth, N. Harsch, Y. Noltenmeier, M. Stein & N. Willenberg (Hrsg.), *Diversität Digital Denken: The Wider View*, 8, 279–290. <https://doi.org/10.37626/GA9783959871785.0>.
- Pabst-Weinschenk, M. (2011). Hörverstehen und Sprechdenken. In M. Pabst-Weinschenk (Hrsg.), *Grundlagen der Sprechwissenschaft und Sprecherziehung* (2. Aufl.). Ernst Reinhardt.
- Paivio, A. (1986). *Mental representation: A dual coding approach*. Oxford University Press.
- Patton, M. Q. (2002). *Qualitative research and evaluation methods* (3rd ed.). Sage.
- Peters, F. (2023). *Auditive Medien im Mathematikunterricht der Primarstufe – Fachdidaktische Einsatzmöglichkeiten und Potenziale zum Aufbau fachbezogener Bildungssprache sowie zur Entwicklung mathematisch-konzeptuellen Wissens*. JLUpub. <http://dx.doi.org/10.22029/jlupub-18074>
- Pöhler, B. (2018). *Konzeptuelle und lexikalische Lernpfade und Lernwege zu Prozenten*. Springer. 10.1007/978-3-658-21375-6.
- Reich, K., Speck-Hamdan, A. & Götz, M. (2005). Qualitätskriterien für Lernsendungen. *TELEVISION* 18(2), S. 86–91.
- Ritterfeld, U. & Langenhorst, M. (2011). Zeigen sprachauffällige 6- bis 12-jährige spezifische Vorlieben in der Mediennutzung? *L.O.G.O.S. Interdisziplinär*, 19(3), S. 188–194.
- Ritterfeld, U., Niebuhr, S., Klimmt, C. & Vorderer, P. (2006). Unterhaltsamer Mediengebrauch und Spracherwerb: Evidenz für Sprachlernprozesse durch die Rezeption eines Hörspiels bei Vorschulkindern. *Zeitschrift für Medienpsychologie*, 18, 60–69. <https://doi.org/10.1026/1617-6383.18.2.60>
- Schill, W. (1998). Auditive Medien im Unterricht. Ein medienpädagogischer Orientierungsrahmen. *Medien praktisch*, 1, 19–23.
- Schindler, V., Moser Opitz, E., Cadonau-Bieler, M. & Ritterfeld, U. (2019). Überprüfung und Förderung des mathematischen Fachwortschatzes der Grundschulmathematik – eine empirische Studie. *Journal für Mathematik-Didaktik* 40 (1), S. 1–36.
- Schnotz, W. (2005). An Integrated Model of Text and Picture Comprehension. In R. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (pp. 49–70). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511816819.005>
- Schnotz, W. & Bannert, M. (2003). *Construction and interference in learning from multiple representations. Learning and Instruction*, 1(3), S.141–156.
- Schröder, A., & Ritterfeld, U. (2014). Zur Bedeutung sprachlicher Barrieren im Mathematikunterricht der Primarstufe: Wissenschaftlicher Erkenntnisstand und Reflexion in der (Förder-)Schulpraxis. *Forschung Sprache*, 1, 49–69.
- Spinner, K.H. (2006). Literarisches Lernen. *Praxis Deutsch*, 200, 6–16.
- Stanat, P., Schipolowski, S., Schneider, R., Sachse, K. A., Weirich, S. & Henschel, S. (2022). *Kompetenzen in den Fächern Deutsch und Mathematik am Ende der 4. Jahrgangsstufe: Erste Ergebnisse nach über einem Jahr Schulbetrieb unter Pandemiebedingungen*. Institut zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen. Abgerufen von <https://www.iqb.hu-berlin.de/bt/BT2021/Bericht/> [13.04.2023]
- Schwenke, A. (2018). Radionachrichten als Spezialfall mündlichen Sprachgebrauchs: Über Spielräume, Ideale und Angemessenheitsvorstellungen. In S. Diao-Klager & G. Albert (Hrsg.), *Mündlicher Sprachgebrauch zwischen Normorientierung und pragmatischen Spielräumen* (S. 303–316). Stauffenburg.
- Sweller, J., van Merriënboer, J., & Paas, F. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10(3), 251–296.
- Sweller, J. (2005). Implications of Cognitive Load Theory for Multimedia Learning. In R. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (pp. 19–30). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511816819.003>
- Van Hiele, P. M. (1964). Piagets Beitrag zu unserer Einsicht in die kindliche Zahlbegriffsentwicklung. In K. Odenbach et al. (Hrsg.), *Rechenunterricht und Zahlbegriff – Die Entwicklung des kindlichen Zahlbegriffs und ihre Bedeutung für den Rechenunterricht* (S. 105–131). Westermann.
- Verboom, L. (2008). Mit dem Rhombus nach Rom. Aufbau einer fachgebundenen Sprache im Mathematikunterricht der Grundschule. In C. Bainski & M. Krüger-Potratz(Hrsg.), *Handbuch Sprachförderung* (S. 95–112). Neue deutsche Schule.
- Vollrath, H.-J. (1984). *Methodik des Begriffslehrens im Mathematikunterricht*. Klett.
- Wachtel, S. (2013). *Schreiben fürs Hören. Trainingstexte, Regeln und Methoden* (5. Aufl.). UVK.
- Weber, C. (2007). *Mathematische Vorstellungen bilden: Praxis und Theorie von Vorstellungsübungen im Mathematikunterricht der Sekundarstufe II*. h.e.p. Verlag.

Wermke, J. (2010). Hördidaktik und Hörästhetik. Lesen und Verstehen auditiver Texte. In V. Frederking, A. Krommer & Chr. Meier (Hrsg.), *Taschenbuch des Deutschunterrichts Band 2 Literatur und Mediendidaktik* (S. 182–201). Schneider.

Wylie, R., & Chi, M. T. H. (2014). The self-explanation principle in multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 413–432). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139547369.021>

## Über die Autorin

Franziska Peters studierte das Lehramt an Grundschulen und promovierte zum Dr. phil. an der Justus-Liebig-Universität Gießen. Aktuell lehrt und forscht sie an der Universität Hamburg. Ihre Forschungsschwerpunkte sind die Verbindung von Mathematik und Sprache sowie der Einsatz von digitalen Medien in der Grundschule. Außerdem forscht sie zu den Herausforderungen und Chancen von sprachgenerierender KI.

## Korrespondenzadresse

Dr. Franziska Peters  
Universität Hamburg I  
Fakultät für Erziehungswissenschaft I Didaktik der Mathematik – Primarstufe  
[franziska.peters-2@uni-hamburg.de](mailto:franziska.peters-2@uni-hamburg.de)