

Philipp Niemann (Karlsruhe) / Daniel Pfurtscheller (Innsbruck)

# Von Neutrinos und Röntgenblicken. Multimodale Wissenskommunikation in Virtual-Reality-Umgebungen aus produkt- und rezeptionsanalytischer Perspektive

**Abstract:** This study investigates the communication of complex scientific concepts through virtual reality (VR) environments and interactive 360-degree videos, using the Karlsruhe Tritium Neutrino experiment (KATRIN) as a case study. We focus on the multimodal density of these formats and the challenges they pose for analysis and evaluation in terms of effectiveness and comprehensibility. By combining product and reception analysis, including eye-tracking and qualitative interviews, we explore how interactive 360-degree videos and VR environments are designed and received. The methodology integrates both product-oriented and reception-oriented approaches, offering insights into the multimodal design and user reception of these digital formats. Our findings discuss the potential and limitations of VR for knowledge communication, highlighting the intricate balance between immersive experience and cognitive overload. The study contributes to the understanding of multimodal knowledge communication in VR, providing methodological reflections and initial insights for the development of future immersive and interactive knowledge formats.

**Keywords:** virtual reality, multimodal knowledge communication, interactive 360-degree videos, eye-tracking, Karlsruhe Tritium Neutrino Experiment (KATRIN), product analysis, reception analysis, scientific concept communication

## 1 Einleitung

Virtual-Reality-Umgebungen (VR-Umgebungen) sind digitale computergenerierte Umgebungen, die es Benutzer:innen ermöglichen, sich in einer realitätsnahen Weise zu bewegen und zu interagieren. Eine spezielle Form von VR-Umgebungen sind interaktive 360-Grad-Videos, die es den Nutzer:innen erlauben, eine digitale Umgebung aus jedem Blickwinkel zu betrachten und nicht-linear zu erkunden.

Vor dem Hintergrund des historischen Wandels von Medienkommunikation hin zu „neuartigen Mischformen verschiedenster Kommunikationsmodi und -kanäle“ (Bucher 2012: 53) ist eine der wesentlichen Eigenschaften von VR-Umgebungen ihre Multimodalität. VR-Umgebungen kombinieren visuelle, auditive, haptische und andere Kommunikationsmodi, um ein realitätsnahe

und immersives Erlebnis zu schaffen. Vergleicht man VR-Umgebungen mit anderen multimodalen Medienangeboten, so wird deutlich, dass sie sich durch eine beträchtliche Fülle an gleichzeitig zur Verfügung stehenden digitalen Gestaltungsmitteln und auf Rezipient:innen einwirkende Kommunikationsmodi auszeichnen. Zudem kann es in VR-Umgebungen zu neuartigen modalen Arrangements kommen, die uns aus anderen medialen Settings bisher kaum bekannt sind: haptisches Feedback in Kombination mit einer auditiven Ansprache, die aus unterschiedlichen Richtungen auf Rezipient:innen einwirkt beispielsweise, oder auch die Kombination von Realbild und Animation in einer fotorealistischen Umgebung. Es gibt zwei wesentliche Gestaltungsansätze: Der eine setzt auf Realaufnahmen, die als Live-Action-Video in einem 360-Grad-Kontext präsentiert werden, wobei sich die Interaktion auf Kopfbewegungen und das Blickfeld des Betrachters beschränkt. Ein anderer Ansatz nutzt vollständig computergenerierte 3D-Umgebungen und bietet interaktive Entscheidungspunkte, ähnlich wie in herkömmlichen Videospielen. Es liegt nahe, dass es einen „Sweet Spot“ zwischen diesen Hauptansätzen gibt (Dooley 2017: 163).

Der Einsatz von VR-Umgebungen und interaktiven 360-Grad-Videos zur Wissensvermittlung bietet eine Reihe von Vorteilen, wie z.B. die Möglichkeit, komplexe Sachverhalte realitätsnah darzustellen und den Betrachtenden die Möglichkeit zu geben, die präsentierten Sachverhalte aus verschiedenen Perspektiven zu erfahren. Es gibt jedoch auch Herausforderungen, die berücksichtigt werden müssen, insbesondere in Bezug auf die multimodale Gestaltung. Während VR ein intensives Gefühl des „Mittendrin-Seins“ durch ein erweitertes Sichtfeld und den Anreiz zur Erkundung bietet, kann dies auch die Neugierde wecken, mit den technischen Möglichkeiten der Umgebung selbst zu experimentieren und die Aufmerksamkeit von den zentralen Inhalten abzulenken (Barreda-Ángeles/Aleix-Guillaume/Pereda-Baños 2021). Die Immersivität von VR kann somit sowohl eine Bereicherung als auch eine potenzielle Hürde für die effektive Wissensvermittlung darstellen.

Die Literatur zur Wissenskommunikation in VR/360-Grad-Umgebungen bestätigt dieses heterogene Bild: Verschiedene Pilotstudien beschäftigen sich mit dem Einsatz von VR-Anwendungen in Bildungskontexten (z.B. Loreto-Gómez/Rodríguez-Arce/González-García/Montaño-Serrano 2019; Moysey/Lazar 2019; Nowak/Evans/Wojdynski/Ahn/Len-Ríos/Carera/Hale/McFalls 2020). Diese Studien zeigen, dass VR-Umgebungen grundsätzlich ein großes Potenzial haben, komplexe Sachverhalte anschaulich zu machen. Zudem zeigt sich, dass Rezipient:innen auch ohne die entsprechende Infrastruktur vor Ort in die Lage versetzt werden, Prozesse und Abläufe z.B. in Laboren kennenzulernen.

Für den Bildungsbereich stellt Blaser in einem Literaturreview 2019 fest, dass VR- und 360-Grad-Umgebungen zwar „einige Potenziale (...) bereithalten“ (Blaser 2019: 11). Sie konstatiert jedoch auch, „dass ein Mehrwert auf den tatsächlichen Lernerfolg bislang nicht nachgewiesen werden konnte“ (Blaser 2019: 11). Für die visuelle Kommunikationsforschung haben Lobinger, Reißmann, Pfurtscheller, Brantner, Venema und Marchiori (2019) zentrale Herausforderungen und Forschungslücken aufgezeigt, die von produktbezogenen Fragen nach Art und Weise der multimodalen und strukturellen Gestaltung bis hin zu rezeptionsorientierten Fragen der Nutzung und Wirkung von „sphärische[m] Storytelling“ (Lobinger et al. 2019: 733) reichen.

In diesem Artikel untersuchen wir Aspekte der Wissensvermittlung in VR-Umgebungen aus produktanalytischer und rezeptionsanalytischer Perspektive. Produktanalytisch untersuchen wir die multimodale Gestaltung von interaktiven 360-Grad-Videos, indem wir die Medialität des Wissensformats und die Besonderheiten der multimodalen Gestaltung skizzieren. Rezeptionsanalytisch untersuchen wir die Rezeption von interaktiven 360-Grad-Videos mittels Eye-Tracking und Befragungen.

Ziel dieser Arbeit ist es, die Möglichkeiten und Herausforderungen der Verschränkung eines produkt- und rezeptionsanalytischen Zugangs zu untersuchen. Als Fallbeispiel dient KATRIN-VR, eine VR-Umgebung mit interaktiven 360-Grad-Videos, die zur Vermittlung wissenschaftlicher Konzepte an Laien im Kontext eines physikalischen Großexperiments (Karlsruhe Tritium Neutrino Experiment, kurz: KATRIN) entwickelt wurde. Damit ist diese VR-Umgebung auf der Inhaltsebene prototypisch für die klassische wissenschaftskommunikative Situation in den Naturwissenschaften, in der komplexes und abstraktes Wissen an Menschen außerhalb der eigenen wissenschaftlichen Peergroup vermittelt werden soll. Indem wir Produkt- und Rezeptionsanalyse verschränken, versuchen wir, ein umfassenderes Verständnis der Wissensvermittlung in KATRIN-VR zu erlangen. Dabei beleuchten wir sowohl die medialen Merkmale und Besonderheiten dieses digitalen und interaktiven Medienangebots, als auch die Art und Weise, wie diese von den Nutzer:innen wahrgenommen und interpretiert wird.

Im Folgenden befassen wir uns zunächst mit Wissenskommunikation aus einer multimodalen, digitalen und interaktiven Perspektive (Kap. 2). Dabei erläutern wir die Begriffe Produktanalyse und Rezeptionsanalyse und stellen allgemeine Fragestellungen vor. Dann erläutern wir unser Fallbeispiel, das KATRIN-Experiment und die dazugehörige 360-Grad-Tour und skizzieren einige Besonderheiten (Kap. 3). In der Analyse nehmen wir zunächst eine produktanalytische Perspektive ein und analysieren die multimodale Gestaltung

des interaktiven 360-Grad-Videos im Detail (Kap. 4). Dabei werden die Mediälität und die Besonderheiten des multimodalen Designs untersucht und eine exemplarische Mikroanalyse durchgeführt. Anschließend wechseln wir zur rezeptionsanalytischen Perspektive und analysieren die Rezeption des gleichen Ausschnitts von KATRIN-VR, den wir in der Produktanalyse untersucht haben (Kap. 5). Dabei nutzen wir Daten aus Blickaufzeichnungen und Befragungen. Abschließend diskutieren wir unsere Ergebnisse und ziehen ein Fazit (Kap. 6). Wir reflektieren dabei die Möglichkeiten und Herausforderungen der Verschränkung beider Analyseansätze und diskutieren Implikationen für die Entwicklung von VR-Umgebungen zur Wissensvermittlung. Zudem weisen wir auf offene Fragen hin und skizzieren mögliche Anknüpfungspunkte für weitere Forschung in diesem Bereich.

## 2 Wissenskommunikation: multimodal, digital, interaktiv

Die Möglichkeiten der Wissenskommunikation haben sich in den letzten Jahrzehnten durch die rasante Entwicklung digitaler Technologien stark verändert. Die heutigen Möglichkeiten der Wissensvermittlung gehen weit über die klassischen Text- und Bildformen hinaus und umfassen eine Vielzahl neuartiger und oft interaktiver Formen. Erhalten geblieben sind die Kernaufgaben der Wissenskommunikation wie die Vermittlung komplexer Sachverhalte, das Erklären von Zusammenhängen und die Anregung zu kritischem Denken (vgl. Burns/O'Connor/Stocklmayer 2003).

Die Bewältigung dieser grundlegenden Aufgaben erfordert den Einsatz verschiedener semiotischer Ressourcen, die auch als Zeichenmodalitäten oder ‚Modi‘ bezeichnet werden. Diese umfassen Elemente wie Sprache, Bilder, Töne und Geräusche. Wie diese Modalitäten bestimmt und voneinander abgegrenzt werden, wird in der Multimodalitätstheorie intensiv diskutiert.

Kress (2010: Kap. 5) bestimmt ‚modi‘ als eine sozial geprägte und kulturrell festgelegte semiotische Ressource zur Herstellung von Bedeutung. Stöckl (2016) betont, dass der Begriff der Zeichenmodalität mehrdimensional ist und drei wesentliche Aspekte umfasst: die medial-materielle Realisierung, die semiotische Struktur und die Wahrnehmungsbezogenheit. Jede Zeichenmodalität muss demnach in einer bestimmten materiellen Form realisiert werden, die durch eine bestimmte mediale Umgebung vermittelt wird. Die Mediälität wird dabei nicht nur durch technische Aspekte der Vermittlung bestimmt, sondern auch durch soziokulturelle Aspekte der Nutzung (vgl. Schneider 2018).

Ein 360-Grad-Video wird beispielsweise durch die formatbezogenen Spezifikationen der genutzten VR-Technologie geformt, die die Schaffung immersiver,

dreidimensionaler und interaktiver visueller Umgebungen ermöglicht. Gleichzeitig wird die Nutzung eines solchen Videos durch die Verfügbarkeit von VR-fähigen Geräten und die technischen Fähigkeiten und Vorlieben der Nutzer:innen beeinflusst. Darüber hinaus sind Medienformate in soziokulturelle Praktiken und Konventionen eingebettet, die ihre Bedeutung und Funktion prägen (Bucher/Gloning/Lehnen 2010). Ein Nachrichtenartikel, ein wissenschaftlicher Aufsatz oder ein Social-Media-Post haben jeweils spezifische formale und inhaltliche Erwartungen, die durch die jeweiligen kommunikativen Normen und Praktiken der Gemeinschaften geformt werden, in denen sie zirkulieren.

Die Digitalisierung hat die Möglichkeiten der multimodalen Wissenskommunikation erheblich erweitert. Durch digitale Technologien können Wissensformate erstellt und verbreitet werden, die eine Vielzahl von semiotischen Ressourcen auf innovative und integrierte Weise kombinieren. Mit digitalen Produktionswerkzeugen können Produzent:innen verschiedene Modi manipulieren und kombinieren, um reichhaltige und komplexe multimodale Angebote zu erstellen. Die Flexibilität und Anpassungsfähigkeit dieser Werkzeuge ermöglichen es, Elemente zu bearbeiten und zu transformieren, um das multimodale Arrangement des Textes zu optimieren. Darüber hinaus ermöglichen digitale Technologien die Erstellung interaktiver Wissensformate, bei denen Nutzer:innen aktiv und individuell mit dem Text interagieren können. Dies reicht von einfachen Formen der Interaktion wie dem Klicken auf Hyperlinks oder dem Scrollen durch einen Text bis hin zu komplexeren Formen wie der Navigation durch eine 360-Grad-Umgebung oder der Manipulation von 3D-Objekten in einer VR-Umgebung.

Die Analyse solcher multimodalen, digitalen und interaktiven Wissensformate erfordert spezifische methodologische Ansätze. Zwei solcher Ansätze sind die Produkt- und die Rezeptionsanalyse:

Die Produktanalyse konzentriert sich auf die Gestaltung und Struktur des Wissensformats selbst. Sie untersucht, wie verschiedene semiotische Ressourcen kombiniert und organisiert werden, um Bedeutung zu erzeugen und Wissen zu vermitteln. Produktanalytische Ansätze sind in der Regel medien-spezifisch ausgerichtet und stellen Analyserahmen für die multimodale Untersuchung spezifischer Medien wie Zeitschriften (Pfurtscheller 2017) oder Filme (Bateman/Schmidt 2011) bereit. Bei der Analyse von VR-Umgebungen und 360-Grad-Videos bedeutet Produktanalyse dann zunächst die Untersuchung der multimodalen Gestaltung; etwa die räumliche Anordnung von Objekten in der virtuellen Umgebung, die Verwendung von Ton und Musik, die interaktive Gestaltung und Navigationsmöglichkeiten etc. Darüber hinaus umfasst sie die

Analyse der spezifischen multimodalen Darstellungsformen, die zur Vermittlung wissenschaftlicher Konzepte und Informationen eingesetzt werden.

Eine produktanalytische Perspektive betrachtet die konkreten Produkte der Kommunikation wie Texte, Bilder, Videos, Webseiten und VR-Umgebungen, die zur Vermittlung von Informationen und Bedeutungen genutzt werden. Im Kontext der Wissenskommunikationsforschung steht die Produktanalyse vor der anspruchsvollen Aufgabe, begründete Annahmen darüber zu formulieren, welches Wissen ein Kommunikat tatsächlich zu vermitteln vermag, oder wo Verstehensprobleme angelegt sein können. Medien werden dabei nicht als bloße Transportsysteme für Inhalte, Informationen oder Botschaften, sondern als Angebote multimodaler Kommunikation betrachtet. Indem die Deutungspotenziale dieser multimodalen Medienangebote systematisch ausgelotet werden, können Produktanalysen wesentliche Erkenntnisse für die Erforschung der Wissenskommunikation liefern. Eine produktanalytische Perspektive entfaltet ihre Stärke dann, wenn sie vor dem Hintergrund (gruppenspezifischer) Prämissen systematische Lesarten einer Kommunikation herausarbeitet und damit nicht nur individuelle, sondern vielmehr soziale Deutungsmuster berücksichtigt. Die Wirkung und die Art und Weise, wie die Aneignung von multimodalen Medienangeboten und deren nichtlineare Exploration im Einzelfall abläuft, ist mit rein produktanalytischen Mitteln nicht greifbar und erfordert rezeptionsanalytische Ansätze.

Die Rezeptionsanalyse konzentriert sich auf den Umgang von individuellen Nutzer:innen mit dem Wissensformat, bzw. deren Wahrnehmung und Interpretation desselben. Sie untersucht, wie die Nutzer:innen, insbesondere vor dem Hintergrund ihrer unterschiedlichen Voraussetzungen in den Bereichen (fachliches) Vorwissen und mediale Kompetenz/Erfahrung, mit dem Format interagieren, wie sie die verschiedenen semiotischen Ressourcen interpretieren und wie sie das formatspezifische Wissensangebot aufnehmen und verstehen. Bei der Analyse von VR-Umgebungen und 360-Grad-Videos kann dies beispielsweise die Untersuchung von Nutzer:innenreaktionen, Blickbewegungen oder Navigationsmustern beinhalten.

Die Analyse von multimodalen, digitalen und interaktiven Wissensformaten – hier einer VR-Umgebung – mittels der vorgestellten Ansätze bringt eine Reihe von Fragen und Herausforderungen mit sich: Wie können wir die komplexe Interaktion von verschiedenen semiotischen Ressourcen in solchen Formaten produktanalytisch angemessen analysieren? Wie können wir die subjektiven und kontextabhängigen Aspekte der Rezeption messen und interpretieren? Wie können wir die Effektivität und Verständlichkeit solcher Formate bewerten? Und wie können wir die Erkenntnisse aus der Produkt- und

Rezeptionsanalyse nutzen, um die Gestaltung zukünftiger Wissensformate zu verbessern?

Diesen Herausforderungen nähern wir uns im Folgenden am Beispiel der VR-Umgebung zum KATRIN-Experiment.

### 3 Fallbeispiel: KATRIN und die 360-Grad-Tour

Das KATRIN-Experiment ist ein physikalisches Großexperiment zur Bestimmung der absoluten Masse von Neutrinos. Die Versuchsanlage ist 70 m lang und befindet sich auf dem Campus Nord des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) in der Nähe von Karlsruhe.<sup>1</sup>

Im Rahmen des Forschungsprojekts „Science In Presentations“<sup>2</sup> wurde eine 360-Grad- und VR-Umgebung des Experiments erstellt. In dieser multimodalen Umgebung können die Nutzer:innen das KATRIN-Experiment und dessen Gerätschaften auf zwei verschiedene Arten erkunden: Zum einen können sie die Umgebung frei und ohne Führung erkunden. Zum anderen können die Nutzer:innen an einer geführten Tour teilnehmen, die sie in die Kernkonzepte des Experiments einführt. Die Führung dauert etwa 15 Minuten und wird von einem Physiker durchgeführt, der über das KATRIN-Experiment promoviert hat.

Während der Führung gibt es mehrmals die Möglichkeit, einen sogenannten Röntgenblick einzuschalten und mit den Geräten des Experiments zu interagieren. Dazu wird im virtuellen Raum der VR-Umgebung ein Tablet mit der virtuellen Hand auf die Geräte des Experiments gerichtet (s. Abb. 1). So ist es beispielsweise möglich, Spannungen zu manipulieren und in einer Animation zu sehen, wie dies die Elementarteilchen im Experiment beeinflusst. Während des Rundgangs werden zudem zwei animierte Erklärfilme gezeigt.

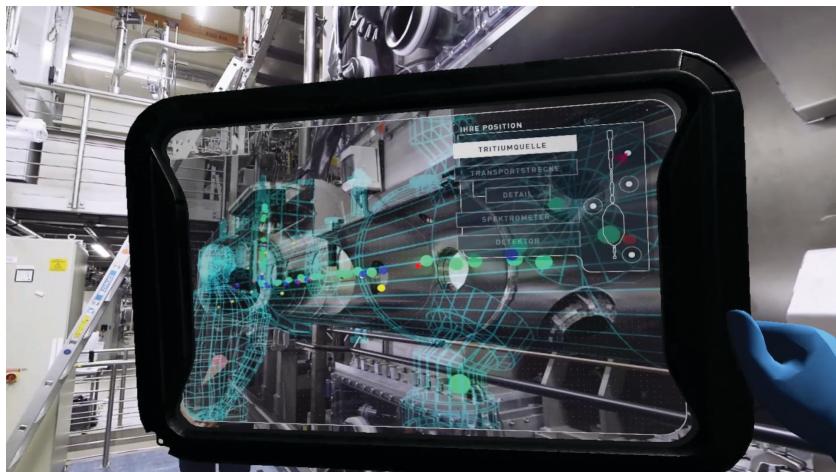
Die KATRIN-VR-Umgebung zeichnet sich dadurch aus, dass sie fotorealistische 360-Grad-Sequenzen mit animierten Elementen verknüpft, und damit sowohl einen detailgetreuen Eindruck des Experiments als auch zusätzliche Informationsebenen bietet. Konkret bedeutet das, dass reale 360-Grad-Ansichten des Versuchsaufbaus mit einer virtuellen Ebene kombiniert werden, die einen Blick ins Innere des Aufbaus auf die sich bewegenden Elementarteilchen und die physikalischen Prozesse ermöglicht. Darüber hinaus bietet die

---

1 Zum KATRIN-Experiment an sich vgl. auch <https://www.katrin.kit.edu> (4.12.2023). Die Ausführungen zum Experiment und zu den Funktionen der VR-Umgebung entsprechen weitgehend denen in Humm/Niemann (2023).

2 Vgl. <https://www.science-in-presentations.de> (8.12.2023).

VR-Umgebung etwa im Unterschied zu klassischen 2D-Videos den Nutzer:innen selbst Handlungsmöglichkeiten, indem z.B. Variablen der Messung im Experiment verändert werden können.



**Abbildung 1:** „Röntgenblick“ auf die Tritiumquelle des KATRIN-Experiments in der VR-Umgebung.

## 4 Produktanalytische Perspektive

Die VR-Tour des KATRIN-Experiments stellt ein spezifisches Medienangebot dar. Es bietet einen 360-Grad-Rundgang durch das KATRIN-Experiment, macht es virtuell erlebbar und ist hinsichtlich der multimodalen Gestalt vergleichbar mit „Computerspielsituationen, in denen es weniger direkte Kontrolle [als in der realen Welt, Anm. D. P.] gibt, aber immer noch erhebliche Freiheit in einigen (entworfenen) Umgebungen vorliegt“ (Wildfeuer/Bateman/Hiippala 2020: 118). Die spezifischen medialen Merkmale und Besonderheiten dieses digitalen und interaktiven Medienangebots können mithilfe einer multimodalen Produktanalyse untersucht werden. Aus produktanalytischer Sicht geht es darum, die multimodale Gestaltung und spezifische Medialität der 360-Grad-Umgebung zu beleuchten, um zu verstehen, wie diese Aspekte die Aneignung des Medienprodukts beeinflussen und zur Wissensvermittlung beitragen. Eine Produktanalyse kann unterschiedliche Aspekte berücksichtigen, die im folgenden Abschnitt im Überblick erörtert und in einer exemplarischen Detailanalyse vertieft werden sollen:

1. *Räumliche Anordnung*: Wie werden (reale existierende) Objekte und Informationen in der VR-Umgebung räumlich angeordnet? Wie trägt diese räumliche Anordnung zur Vermittlung von Wissen bei?
2. *Struktur und Navigation*: Wie ist die VR-Tour strukturiert? Wie können die Nutzer:innen durch die verschiedenen Bereiche des Experiments navigieren? Wie werden Übergänge zwischen verschiedenen Bereichen gestaltet?
3. *Multimodale Gestaltung*: Welche Modi werden in der VR-Tour verwendet, um Wissen zu vermitteln? Wie werden die zentralen Modi Sprache (in Form gesprochener oder geschriebener Sprache) und Bild (in Form von Grafiken, Animationen, Videos etc.) miteinander integriert? Inwiefern unterstützen weitere Modi (Gestik, Geräusch, Musik etc.) die Wissensvermittlung?
4. *Interaktivität*: Wie interaktiv ist die VR-Tour, d.h. wie können Nutzer:innen mit Elementen in der digitalen Umgebung interagieren? Wie wird diese Interaktivität genutzt, um Wissen zu vermitteln?
5. *Design und Ästhetik*: Wie sind das Design und die Ästhetik der VR-Tour? Wie trägt dies zur Gesamterfahrung und zur Wissensvermittlung bei?

Das mediale Produkt der 360-Grad-Umgebung lässt sich grundsätzlich als non-lineares und interaktives Medienangebot charakterisieren, dessen Gestaltung verschiedene mediale Modi und Ressourcen miteinander verknüpft. Dazu gehören Sprache (in Form von visuellen Schriftelementen und gesprochener Sprache im On und Off), Bild (in Form von Grafiken, 360-Grad-Videos und Animationen) und Ton (in Form von Hintergrundgeräuschen und Soundeffekten). Zu beachten ist, dass diese (und andere) Kommunikations- und Gestaltungsmittel im Produkt immer in einem multimodalen Ensemble präsentiert werden: Wenn man sich durch KATRIN-VR bewegt, wird man von einem sprechenden und in der VR-Umgebung kopräsenten Physiker begrüßt und durch die Anlage geführt; man hört nicht nur die akustische Atmosphäre, sondern sieht auch zahlreiche Schilder der Versuchsanlage und andere grafische Einblendungen; man kann mit ausgewählten Teilen interagieren und einen Blick in die technischen Geräte des Experiments werfen etc.

Um eine vielschichtige und interaktive Erfahrung zu schaffen, werden die genannten modalen Ressourcen wie Sprache, Bild und Ton in der VR-Umgebung auf unterschiedlichen Gestaltungsflächen oder Canvas-Ebenen miteinander verknüpft. Wildfeuer et al. (2020: 103–104) verstehen unter einem Canvas „sowohl reelle als auch virtuelle Umgebungen, Orte oder Flächen, in bzw. auf die die jeweiligen materiellen Regelmäßigkeiten ‚geschrieben‘ oder eingetragen sein können“. Im Rahmen der multimodalen Produktanalyse von KATRIN-VR lassen sich verschiedene Gestaltungsflächen oder Canvas-Ebenen

differenzieren und beschreiben (s. Abb. 2): Der primäre Canvas der VR-Umgebung besteht aus Videobildern der Anlage, die vor Ort aufgenommen wurden. Dieser Canvas ist für die Nutzer:innen in einer 3D-Ansicht erkundbar, jedoch nicht modifizierbar. Über diesen Realfilm wird ein zweiter Canvas gelegt, der durch computergenerierte Bilder, die auf interaktive Eingaben reagieren, ein virtuelles Erlebnis schafft. Ein zentrales Element ist dabei das bereits erwähnte virtuelle Tablet, das als Sub-Canvas identifiziert werden kann. Das Tablet bietet innerhalb der VR-Umgebung eine gestaltbare Sehfläche, die nicht nur tiefere Einblicke in den Versuchsaufbau durch einen „Röntgenblick“ ermöglicht, sondern auch zur Präsentation von Videoausschnitten und Erklärfilmen dient.

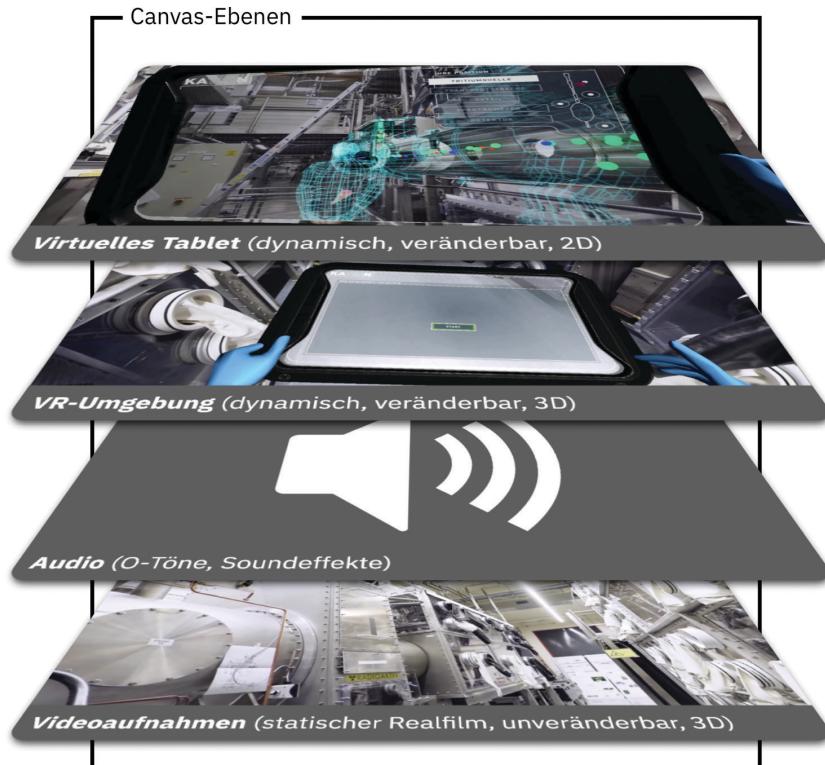


Abbildung 2: Canvas-Ebenen von KATRIN-VR.

Mit Hilfe der Modi wird eine digitale Umgebung realisiert, die den Sinn und Zweck des KATRIN-Experiments in einem virtuellen Rundgang durch den Versuchsaufbau erfahrbar macht. Das Medienprodukt bietet dabei ein breites Spektrum an Interaktionsmöglichkeiten und erlaubt den Nutzer:innen, auf vielfältige Weisen mit dem Inhalt und der Umgebung zu interagieren: Die Nutzer:innen können sich an strategisch festgelegten Stationen frei umschauen, den Ablauf von interaktiven Wissensvideos steuern und mittels des virtuellen Tablets sogar mit den Geräten des Experiments interagieren. Es gibt aber auch Elemente in der KATRIN-VR-Umgebung, die trotz des interaktiven Rahmens fixiert und unveränderlich sind. Dazu zählen sämtliche Videoaufnahmen, die als statischer Realfilm in 360 Grad erlebt werden können – dies umfasst sowohl die Aufnahmen des Versuchsaufbaus selbst als auch die des Physikers Manuel Klein, der die Nutzer:innen durch das Experiment führt. Ebenso sind bestimmte Animationsfilme fest in die Umgebung integriert und an spezifischen Punkten der Führung abrufbar. Diese vorproduzierten Elemente bilden das unveränderliche Gerüst der VR-Erfahrung, deren Sichtbarkeit und Wahrnehmung jedoch durch die Interaktionen und Entscheidungen der Benutzer:innen gesteuert werden kann.

Aus produktanalytischer Sicht lässt sich KATRIN-VR daher als eine kontrolliert-dynamische VR-Umgebung beschreiben, die durch gezieltes Design den Nutzer:innen erlaubt, innerhalb vorgegebener Grenzen mit den Inhalten zu interagieren, während gleichzeitig bestimmte Aspekte der Umgebung kontrolliert und unveränderlich sind. Diese Gestaltung reflektiert die Balance zwischen einer dynamischen VR-Erfahrung und der gezielten Steuerung des Informationsflusses durch vordefinierte Inhalte.

Durch diese strukturierte Bereitstellung von realweltlichen Ausschnitten von KATRIN werden unterschiedliche Rezeptions- und Interaktionspfade innerhalb der VR-Umgebung ermöglicht. Die räumliche Anordnung in der KATRIN-VR-Umgebung trägt dabei auch zur Steuerung der Interaktion der Nutzer:innen mit der Umgebung bei. Die sphärische Navigation ermöglicht es den Nutzer:innen, sich in alle Richtungen umzuschauen und so einen vollständigen Überblick über den Standort zu erhalten. Gleichzeitig begrenzt die Tatsache, dass die Nutzer:innen sich nicht frei bewegen können, sondern nur von einem vordefinierten Standort zum nächsten springen können, ihre Interaktionsmöglichkeiten. Diese Reduktion der räumlichen Komplexität führt dazu, dass die Nutzer:innen sich stärker auf die angebotenen Informationen konzentrieren (müssen), die an jeder Schlüsselstelle des Experiments präsentiert werden.

Insgesamt nutzt die KATRIN-VR-Umgebung den Raum nicht nur als Kulisse, sondern als ein zentrales Element der Wissensvermittlung. Die VR-Tour ist so strukturiert, dass sie die Sequenz des Experiments widerspiegelt, beginnend bei

der Tritiumquelle, über die Transportstrecke zum Spektrometer und schließlich zum Detektor. Die angebotenen Informationen und Erklärungen werden dabei in direkter räumlicher Beziehung zu den entsprechenden Objekten in der virtuellen Umgebung präsentiert. Zum Beispiel erfolgt die Erklärung der Bedeutung der Tritiumquelle eben direkt an jener Stelle, an der sich die Tritiumquelle im realen Experiment befindet. Die Nutzer:innen werden vom Physiker Manuel Klein von einem vordefinierten Standort zum nächsten geführt und erhalten an jedem Standort spezifische Informationen und Erklärungen via frei erkundbarer 360-Grad-Videos. Die Übergänge zwischen den verschiedenen Bereichen werden durch Animationen und Geräusche gestaltet, die den Eindruck einer sprunghaften räumlichen Bewegung (Teleportation oder Beamen) erzeugen.

Die Auswahl der dargestellten Bereiche des KATRIN-Experiments und deren Sequenzierung in der virtuellen Führung folgen spezifischen Kriterien der Wissensvermittlung. Sie orientieren sich an den Schlüsselstellen des Experiments, die für das Verständnis der grundlegenden Prozesse und Ziele des Experiments besonders relevant sind. Dazu gehören die Tritiumquelle, die Transportstrecke, das Spektrometer und der Detektor. An jedem dieser Standorte werden spezifische Aspekte des Experiments hervorgehoben und erklärt. Die Darstellung komplexer und unsichtbarer Prozesse, wie die Bewegung von Elementarteilchen, stellt dabei eine besondere Herausforderung dar. So werden als weitere Ebene auf dem Canvas des virtuellen Tablets Animationsfilme integriert, und die Nutzer:innen werden durch verschiedene, im digitalen Medienprodukt angelegte Interaktionsmöglichkeiten dazu ermutigt, die Anlage mit dem erwähnten virtuellen Röntgenblick zu durchleuchten.

In der folgenden Detailanalyse fokussieren wir den Standort Tritiumquelle. Der gewählte Ausschnitt ist für die Frage der multimodalen Wissensvermittlung auch deshalb besonders interessant, weil hier im Design von KATRIN VR eine modale Orchestrierung auftritt, die im realen Leben nicht realisierbar wäre: die synchrone verbale Erklärung eines virtuellen Gegenübers, des Physikers Manuel Klein, der durch die Anlage führt und die Bedeutung des Tritiums erklärt, zu einem Animationsfilm, der auf dem Canvas des virtuellen Tablette abgespielt wird und auf diesem selbstbestimmt im virtuellen Raum positioniert werden kann.

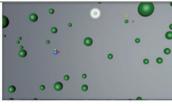
Die betrachtete Sequenz beginnt mit einem Sprung zu einer neuen Position im Versuchsaufbau. Dieser räumliche Wechsel ist, wie bereits erwähnt, mit einem thematischen Wechsel innerhalb des Experiments verbunden. Der virtuelle Führer Manuel Klein erscheint vor uns mit einer Teleportationsanimation, die von einem charakteristischen Zapp-Geräusch begleitet wird. Sein Ausruf, mit dem er gestisch auf den raumgreifenden Aufbau zu seiner Linken verweist, markiert noch einmal den Ortswechsel und benennt den sichtbaren Versuchsaufbau

(„Wooow und da sind wir auch schon bei unserer Tritiumquelle“). Dann gibt er Auskunft über die Art und Weise, wie das Thema im Folgenden vermittelt werden soll („Während ich Ihnen jetzt erkläre, wozu wir das Tritium brauchen, können Sie auf Ihrem Tablet einen Begleitfilm dazu schauen“). Dieser Begleitfilm ist eine 3D-Animation, die parallel zur verbalen Erklärung auf der Canvas-Ebene des virtuellen Tablets abgespielt wird, welches von den Nutzer:innen frei im virtuellen Raum positioniert werden kann. Abb. 3 zeigt eine mögliche Positionierung der Canvasflächen aus einem beispielhaften Rezeptionsverlauf.



**Abbildung 3:** Animationsfilm zum Tritiumzerfall auf einem virtuellen Tablet in der VR-Umgebung.

Die Taktung und die wesentlichen Komponenten der Erklärsequenz sind durch das Design des Produkts festgelegt. Abb. 4 gibt einen Überblick über den Beginn der multimodalen Erklärsequenz zur Tritiumquelle. Dargestellt sind die Elemente, die im Medienprodukt das Gerüst der Erklärsequenz bilden. Die Sequenz besteht zum einen aus der auditiven Erklärung, die der Physiker Manuel Klein vor der Tritiumquelle gibt, und zum anderen aus dem visuell interaktiven Begleitfilm, der in der VR-Umgebung auf dem Tablet präsentiert wird. Während der Ton fixiert ist, müssen die potentiellen Sehflächen bei der Rezeption in ein spezifisches Verhältnis gebracht werden. Sowohl der Begleitfilm auf dem Tablet als auch der sprechende Physiker mit seinen körperlichen Ressourcen – Gestik, Mimik und Platzierung im Raum – sind für die Nutzer:innen von KATRIN-VR potenziell sichtbar und verfolgbar.

	Begleitfilm	Gesprochene Sprache	Sprecher
...	-	(...)	
3	-	um die tour fortzusetzen und das video anzusehen tippen sie bitte auf das startsymbol auf ihrem tablet mit ihrem virtuellen zeigefinger	Computer- stimme (Off)
4			
5		tritium ist eine radioaktive version von wasserstoff	
6		immer wenn ein tritiumatom zerfällt entsteht dabei ein elektron und ein neutrino	
7		der rest bleibt als elektrisch geladenes ion zurück.	
...	(...)	(...)	

**Abbildung 4:** Ablauf und vordefinierte Rahmenelemente der multimodalen Erklärsequenz zur Tritiumquelle.

Die Sequenz beginnt mit einer audiovisuellen Aufforderung zur Interaktion: Eine Computerstimme aus dem Off gibt Anweisungen zur Bedienung des Tablets. Sie erklärt, wie der Rundgang fortgesetzt und ein Video gestartet werden kann (Zeile 3). Nachdem die Nutzer:innen der Anweisung gefolgt sind, beginnt der Begleitfilm, der zunächst den Flug in ein dreidimensionales Modell zeigt, welches die Tritiumquelle darstellen könnte (Zeile 4). Im nächsten Schritt werden im Begleitfilm verschiedene Kugeln sichtbar, in vier unterschiedlichen Farben und Größen (Zeilen 5 bis 7). Diese Kugeln bewegen sich und interagieren in einer Weise, die physikalische Prozesse andeuten könnte. Die Kugeln verändern im Verlauf der Sequenz ihre Position und Gestalt. Die verbale Erklärung setzt etwas zeitversetzt ein. Zunächst informiert Manuel Klein die Nutzer:innen darüber, dass Tritium eine radioaktive Form von Wasserstoff ist (Zeile 5), gefolgt von einer Beschreibung des Zerfalls von Tritiumatomen in Elektronen und Neutrinos (Zeile 6). Er schließt mit dem Hinweis, dass nach dem Zerfall ein elektrisch geladenes Ion zurückbleibt (Zeile 7).

Ausgehend von dieser Beschaffenheit des multimodalen Produkts lässt sich erkennen, dass die Verständlichkeit dieser Erklärasequenz stark davon abhängen wird, wie gut die visuellen Informationen des angebotenen Begleitfilms und die auditiven Informationen der Erklärung bei der Rezeption miteinander verknüpft und aufeinander abgestimmt werden können. Dieses multimodale Verstehen ist ein hermeneutischer Prozess, der die Identifikation bedeutungs-tragender Elemente und die Herstellung von Kohärenz umfasst (Bucher 2012: 69–71). Im vorliegenden Fall gelingt die Erklärung, wenn man die sichtbaren Kugeln (grün, blau, gelb und rot) mit ihren verbalen Bezeichnungen (*Tritium, Elektron, Neutrino, Ion*) verknüpfen und die gezeigten Bewegungen mithin als Visualisierung des verbal thematisierten Tritiumzerfalls (Zeile 6) erkennen kann.

Um dieses Verständnis im Produkt zu sichern, werden in der Animation neben den Farben weitere visuelle Marker eingesetzt, mit denen synchron zur verbalen Erläuterung bestimmte Elemente des Animationsfilms als salient hervorgehoben werden. Insbesondere das kurze Aufleuchten der Kugeln ist ein dominanter visueller Salienzmarker. Manuel Klein und die eingangs zu hörende Computerstimme dienen zudem als „attention cues“ (Elmezeny/Edenhofer/Wimmer 2018: 9), die die Nutzer:innen durch die gesamte Erklärasequenz leiten. In der Rezeption der Sequenz besteht die Freiheit, den Ausschnitt der 360-Grad-Ansicht und die Platzierung des Tablets mit dem Begleitfilm individuell zu bestimmen. Dabei sind verschiedene Rezeptionsarrangements der beschriebenen Canvas-Ebenen denkbar, die entweder stärker auf den Erklärfilm (mit Stimme aus dem Off) fokussieren oder eine Rezeptionskonfiguration

wählen, bei der sowohl der Erklärfilm auf dem virtuellen Tablet als auch die Sprecher im On sichtbar sind. Die tatsächliche Wirkung solcher Modalitätsarrangements auf den Wissenserwerb bleibt ohne empirische Rezeptionsanalysen allerdings ungewiss.

## 5 Rezeptionsanalytische Perspektive

Die VR-Anwendung zum KATRIN-Experiment wurde in einer Rezeptionsstudie mit einem Mehrmethodenansatz mit Fokus auf Wissenserwerb und Verständnis untersucht. Dabei kamen die Methoden der Befragung, der Blickaufzeichnung, des Lauten Denkens und des Concept Mappings (Strukturwissenstest) zum Einsatz.<sup>3</sup>

Die Proband:innen wurden zunächst gebeten, einen kurzen Fragebogen auszufüllen, in dem neben soziodemographischen Angaben auch ihr Vorwissen in den Bereichen Physik und Neutrinoforschung sowie ihre Erfahrungen mit VR-Brillen abgefragt wurden. Anschließend erstellten sie eine erste Concept Map zum Thema der VR-Anwendung. Nach einer kurzen technischen Einführung nahmen sie dann in der VR-Anwendung an der geführten Tour zum KATRIN-Experiment teil. Dies wurde mit einem Eyetracking-Tool (SMI VR Eyetracker) aufgezeichnet. Es folgte ein kurzer Fragebogen, in dem die Proband:innen ihren Ersteindruck schildern, sowie Angaben zur Verständlichkeit und Umsetzung machen konnten. Anschließend wurden die Teilnehmer:innen gebeten, eine zweite Concept Map mit den gleichen Begriffen und Beziehungen wie in der ersten zu erstellen. Abschließend sahen sich die Proband:innen ihre Tour durch die VR-Anwendung als Videoaufzeichnung an. Sie wurden gebeten, dabei laut darüber nachzudenken, wie sie sich in der VR-Umgebungen verhalten hatten bzw. was ihnen dort aufgefallen war. An einigen Stellen wurde das Video vom Versuchsleiter unterbrochen, um gezielte Fragen zu stellen – sowohl zum Verständnis des Inhalts als auch zu einzelnen Gestaltungselementen.

An der Rezeptionsstudie zur KATRIN-VR-Umgebung nahmen insgesamt 45 Proband:innen teil. Die Verteilung nach Altersgruppen zeigt eine deutliche Mehrheit (43,2 %) der 21- bis 30-Jährigen, was auf die Rekrutierungsbedingung zurückzuführen ist, dass alle Proband:innen bereits Erfahrung mit einer VR-Brille haben sollten. Weitere größere Anteile finden sich in den Altersgruppen 31 bis 40 Jahre (18,2 %) und 41–50 Jahre (20,5 %). Die restlichen VR-Probanden

---

3 Zur grundsätzlichen theoretischen Fundierung dieses methodischen Settings der Rezeptionsstudie vgl. Bucher/Schumacher (2012); Niemann (2015); Humm/Niemann (2023).

waren entweder jünger als 20 Jahre oder zwischen 51 und 60 Jahre alt (jeweils 9,1 %).

Die Versuchsteilnehmer:innen waren deutlich überdurchschnittlich gebildet: 42,2 % der Teilnehmer:innen hatten einen Hochschulabschluss, 31,1 % die Hochschulreife. Ein Fünftel der Teilnehmer:innen gab an, einen mittleren Schulabschluss zu haben, nur 4,4 % waren entweder noch Schüler:innen oder hatten einen Grund-/Hauptschulabschluss. Bis auf zwei Versuchspersonen<sup>4</sup> stuften sich alle Proband:innen mit Blick auf ihr Vorwissen zum Thema Neutrinos als Laien bzw. „eher Laien“ ein oder gaben an, das Thema überhaupt nicht zu kennen.

Schwerpunkt dieses Beitrags ist der spezifische Zusammenhang zwischen modaler Konstellation, Rezeption und Wissen in VR-Umgebungen. Daher konzentriert sich die Darstellung im Folgenden auf die detaillierte Betrachtung der oben produktanalytisch besprochenen Szene aus der virtuellen Führung durch die KATRIN-VR-Umgebung, in der die multimodalen Besonderheiten des medialen Artefakts VR-Umgebung klar zur Geltung kommen: Die Szene, in der sich die Rezipient:innen auf einem virtuellen Tablet einen animierten Erklärfilm ansehen, der von dem Physiker Manuel Klein, in Echtzeit vertont wird (s. Abb. 3).

Wie in Kap. 4 bereits ausgeführt, ist diese Szene deshalb besonders interessant, weil hier in der VR-Umgebung eine modale Orchestrierung auftritt, die im realen Leben nicht realisierbar wäre: die synchrone Sprachhandlung einer (virtuellen) Person – des Physikers Manuel Klein – zu einer von den Rezipient:innen selbstbestimmt im virtuellen Raum qua Tablet positionierbaren und startbaren Animation.

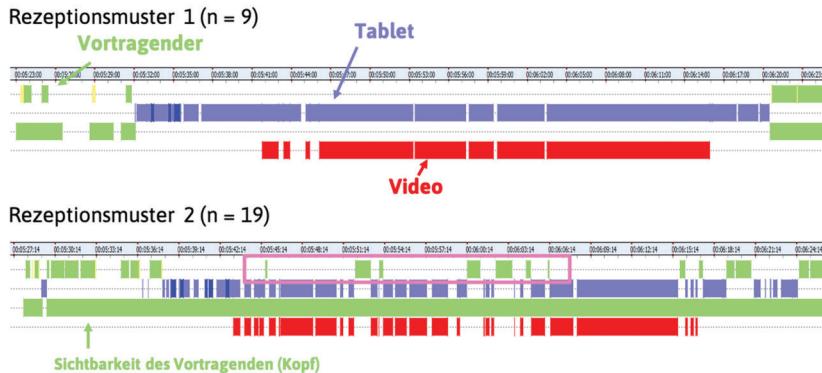
Untersucht man die Blickverläufe der 28 Proband:innen, zu denen aus der Rezeptionsstudie zu dieser spezifischen Szene Daten vorliegen, so zeigen sich deutlich zwei unterschiedliche Rezeptionsmuster. In Abb. 5 wurden die beiden Muster an jeweils einer/einem Proband:in visualisiert: Bei Rezeptionsmuster 1, dem neun der 28 Proband:innen folgten, wird in der Szene zunächst der Physiker in den Blick genommen (grün). Ab dem Moment, ab dem dieser auf das Tablet verwiesen hat (vgl. Abb. 4), wird er jedoch bis zum Abschluss der Animation nicht mehr betrachtet. Im Fokus steht hier sehr deutlich das Animationsvideo auf dem Tablet (rot). Dieses Rezeptionsmuster lässt sich als „klassisch“ beschreiben, entspricht es doch dem typischen (erlernten) Nutzungsmodus

---

4 Diese beiden Versuchspersonen wählten bei der Abfrage des Vorwissens zum Thema Neutrinos die Antwortkategorie „teils-teils“.

eines 2D-Erklärvideos beim Fernsehen oder bei der Rezeption auf einem mobilen Endgerät, bei dem eine Animation mit einer Stimme aus dem „off“ vertont wird.

Bei Rezeptionsmuster 2, dem 19 der 28 Proband:innen folgten, verhält es sich anders: Hier geht der Blick der Versuchspersonen auch während der Animation immer wieder und mitunter auch länger als wenige Millisekunden zum Physiker, der die Animation in Echtzeit vertont (rosafarbener Kasten). Die Mehrheit der Proband:innen in der Studie verhält sich in dieser Szene also nicht „klassisch“, sondern nutzt die für die VR-Umgebung spezifische (neue) Rezeptionsoption, die Stimme im „on“ auch anzusehen.



**Abbildung 5:** Rezeptionsmuster anhand des prototypischen Blickverlaufs zweier Proband:innen bei der Rezeption der Szene aus Kap. 4.

Damit wird deutlich, dass die spezifische modale Orchestrierung einer VR-Umgebung auch spezifische Rezeptionsmuster induziert und damit einen grundsätzlichen Einfluss auf das Wissensvermittlungspotenzial hat.

Der Strukturwissenstest der Rezeptionsstudie (Concept Mapping) kann an dieser Stelle nicht zur empirischen Überprüfung herangezogen werden, da er auf einem Granularitätsniveau oberhalb einer spezifischen Einzelszene angesiedelt sein muss, um Aussagen über die gesamte Präsentationsform „VR-Umgebung“ zu ermöglichen. Aus den Ex-Post-Befragungen der Proband:innen lässt sich jedoch ein Indikator zum Wissensvermittlungspotenzial in der Szene extrahieren: Das Animationsvideo in der Szene thematisiert den Teilchenzerfall im Experiment und benennt dabei explizit – und jeweils mit visuellen Salienzmarkern – die verschiedenen Teilchen, die dabei entstehen (s. Kap. 4).

Genau nach diesen Teilchen wurden 17 der 28 Proband:innen gefragt, zu denen die Blickdaten aus Abb. 5 vorliegen. Abb. 6 zeigt die Bewertung der Antworten der Proband:innen. Es wird deutlich, dass keine Person in der Lage war, eine Antwort zu geben, die als vollständig richtig bewertet werden konnte. Drei Personen antworteten „überwiegend richtig“. Die deutliche Mehrheit der Proband:innen gab falsche bzw. überwiegend falsche Antworten (12 Personen).

**Frage:** Es wurde der Tritium-Zerfall thematisiert.

**Ist Ihnen in der Präsentation klar geworden, was die vielen verschiedenen Teilchen sind?**



**Abbildung 6:** Bewertung der Antworten von 17 Proband:innen auf eine Frage zum Teilchenzerfall in der VR-Umgebung.

Für dieses (schlechte) Ergebnis in puncto Wissenserwerb bei den Proband:innen sind – unabhängig vom generellen Vorwissen – unterschiedliche Begründungsansätze denkbar, etwa:

- Die Neuartigkeit der VR-Erfahrung ganz allgemein, die dazu geführt haben könnte, dass die Mehrheit der Proband:innen keine kognitiven Kapazitäten mehr hatte, um sich mit den Inhalten der KATRIN-Führung im Detail auseinanderzusetzen.
- Ganz grundsätzlich fehlendes/geringes Interesse an der Thematik der VR-Umgebung (Physik/KATRIN-Experiment).
- Aber eben auch: Die durch die modale Orchestrierung der Szene neu ermöglichte/angeregte Allokation von visueller Aufmerksamkeit in diesem VR-Raum (Rezeptionsmuster 2) als Voraussetzung für kognitive Verarbeitungsprozesse – konkret: Wer die zerfallenden Elementarteilchen inkl. der Salienzmarker aufgrund der wiederholten Betrachtung des Physikers im Raum wenig oder weniger intensiv wahrgenommen hat (über 50 Prozent der Proband:innen), hat andere Voraussetzungen für den Wissenserwerb.

Unter der Annahme, dass die Szene so gestaltet wurde, dass alle verfügbaren Modalitäten einen relevanten Beitrag zur Wissensvermittlung leisten, sind die Voraussetzungen für den Wissenserwerb in diesem Fall schlechter (vgl. Mayer 2021).<sup>5</sup>

Ein expliziter oder gar kausaler Zusammenhang zwischen einem bestimmten Begründungsansatz und einzelnen Ergebnissen der hier vorgestellten Ex-Post-Befragung lässt sich aufgrund des Untersuchungsdesigns und der Variablenvielfalt, die eine quasi-natürliche Rezeptionssituation immer mit sich bringt, nicht herstellen. Interessant ist immerhin, dass bei 82 Prozent der Proband:innen, die Rezeptionsmuster 2 zuzuordnen sind, die jeweiligen Antworten auf die Frage nach den Teilchen im Experiment mit „falsch“ oder „überwiegend falsch“ bewertet wurden, während dies nur für 60 Prozent der Proband:innen gilt, die Rezeptionsmuster 1 zuzuordnen sind.

Die These von der Spezifik der modalen Orchestrierung der VR-Umgebung und den damit einhergehenden spezifischen Rezeptionsmustern mit ihrem grundsätzlichen Einfluss auf das Wissensvermittlungspotenzial wird auch dann nicht falsifiziert, wenn die Makroebene der gesamten KATRIN-VR-Umgebung in den Fokus rückt: Betrachtet man das Wissensvermittlungspotenzial (Concept-Mapping-Studie) der VR-Umgebung im Vergleich zu verschiedenen Videovarianten mit inhaltlich nahezu identischer Führung durch den immer gleichen Physiker (Audiospur) bei Variation der Darstellungsform (mit PowerPoint, mit 2D-Animation, Videodreh vor Ort am Experiment, an einem KATRIN-Modell), so erhält die VR-Umgebung eine spezifische Platzierung – sie liegt an zweiter Stelle.<sup>6</sup>

---

5 Im Fokus der rezeptionsanalytischen Betrachtung in diesem Aufsatz steht die Beleuchtung des grundsätzlichen Zusammenhangs zwischen modaler Orchestrierung in VR-Räumen und Wissenserwerb an einem konkreten Beispiel. Daher wird an dieser Stelle ganz bewusst darauf verzichtet, das oben dargestellte schlechte Ergebnis des Wissenserwerbs in der untersuchten Szene des Beispiels kognitionspsychologisch zu erklären – auch wenn dies mit Rückgriff auf die einschlägigen Theorien von Lang (2000) und, stärker anwendungsorientiert, von Mayer (2021) oder Paas/Sweller (2021) geleistet werden könnte, und im Kontext anderer modaler Orchestrierungen bereits geleistet wurde (vgl. Bucher/Niemann 2012).

6 Auf die Detailbefunde des Strukturwissenstests der Concept-Mapping-Studie, die dem hier dargestellten Untersuchungsergebnis zugrunde liegen, kann an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden. Zum grundsätzlichen Setting der Concept-Mapping-Studie – mit anderem Schwerpunkt beim empirischen Material – vgl. Humm/Niemann (2023).

## 6 Diskussion und Fazit

Die KATRIN-VR-Umgebung stellt ein innovatives Instrument zur Wissensvermittlung dar, das durch seine multimodale Gestaltung und Orchestrierung einzigartige Lern- und Interaktionserfahrungen ermöglicht. Die Kombination von Sprache, Bild, Gestik, Geräusch und interaktiven Elementen ermöglicht eine immersive und interaktive Erfahrung, die das Potenzial hat, das Verständnis komplexer wissenschaftlicher Konzepte zu fördern. Gleichzeitig stellen die spezifischen Eigenschaften und Möglichkeiten der VR-Umgebung die Gestalter:innen vor neue Herausforderungen in Bezug auf die Gestaltung und Koordination der verschiedenen Modalitäten. Die Rezeptionsstudie hat gezeigt, dass die spezifische modale Orchestrierung der VR-Umgebung auch spezifische Rezeptionsmuster induziert und damit einen grundsätzlichen Einfluss auf das Wissensvermittlungspotenzial hat. Die Studie hat jedoch auch gezeigt, dass die Wissensvermittlung in der VR-Umgebung nicht immer erfolgreich ist und dass die individuellen Rezeptionsmuster der Nutzer:innen relevanten Einfluss auf den Wissenserwerb haben können.

Die Kombination von Produkt- und Rezeptionsanalyse hat sich in dieser Studie als besonders wertvoll erwiesen. Sie hat es ermöglicht, die Wechselwirkungen zwischen der multimodalen Gestalt der VR-Umgebung und den individuellen Rezeptionsprozessen der Nutzer:innen zu untersuchen und ein tieferes Verständnis für die Potenziale und Herausforderungen der Wissensvermittlung in der VR-Umgebung zu gewinnen. Unabhängig vom konkreten Beispiel hat die gezielte Kombination von Produkt- und Rezeptionsanalyse das Potenzial, die Qualität von Forschungsergebnissen zu medialen Produkten positiv zu beeinflussen, indem vermeintliche oder tatsächliche Schwächen der jeweiligen Perspektiven ausgeglichen werden: Produktanalytische Postulate können empirisch fundiert werden, und gleichzeitig wird die Qualität der Fragestellungen, die rezeptionsanalytisch untersucht werden, auf eine bessere theoretische Basis gestellt.

Die Kombination von Produkt- und Rezeptionsanalyse birgt jedoch auch Herausforderungen. Wie alle Mixed-Methods-Ansätze ist sie anspruchsvoller, aufwändiger und damit auch kostenintensiver als singuläre Ansätze. Ein solches Forschungsdesign erfordert daher eine besonders sorgfältige Abwägung zwischen den Forschungszielen und den verfügbaren methodischen und technischen Ressourcen. Dennoch bietet die Kombination von Produkt- und Rezeptionsanalyse ein wertvolles Instrument, um die komplexen Wechselwirkungen zwischen multimodalen Medienprodukten und Medienrezeption besser zu verstehen und zu erforschen.

Die Entwicklung von VR-Umgebungen zur Wissensvermittlung stellt eine komplexe Aufgabe dar, die ein tiefes Verständnis der Wechselwirkungen zwischen multimodaler Gestaltung, Nutzerinteraktion und Lernprozessen erfordert. Die Ergebnisse dieser Studie liefern wichtige Erkenntnisse, die Entwickler:innen dabei unterstützen können, das Potenzial dieser Technologie voll auszuschöpfen: Die Studie unterstreicht die Bedeutung einer sorgfältigen multimodalen Gestaltung. Die Kombination verschiedener Modalitäten wie Sprache, Bild, Gestik, Ton und Interaktion kann ein immersives und interaktives Lernerlebnis schaffen – aber der Wissensvermittlung auch abträglich sein. Entwickler:innen sollten daher genau überlegen, wie sie diese Modalitäten in ihrer VR-Umgebung einsetzen und aufeinander abstimmen können, um das Lernpotenzial zu maximieren. Die Rezeptionsstudie zeigt zudem, dass Nutzer:innen auch in einer VR-Umgebung unterschiedliche Rezeptionsmuster aufweisen. Entwickler:innen sollten diese Muster berücksichtigen und ihre VR-Umgebung so gestalten, dass sie verschiedene Arten von Nutzer:innen anspricht und unterstützt.

Zukünftige Forschung könnte sich auf eine Reihe offener Fragen und potenzieller Anknüpfungspunkte konzentrieren. Ein wichtiger Aspekt ist die Frage, wie verschiedene Modi – wie Sprache, Bild, Gestik, Geräusch etc. – optimal kombiniert werden können, um den Wissenserwerb zu fördern. Wie können diese Modi aufeinander abgestimmt werden, um ein kohärentes und effektives Lernerlebnis zu schaffen? Welche Rolle spielen dabei die spezifischen Eigenschaften und Möglichkeiten der VR-Technologie? Darüber hinaus wäre es interessant, die Auswirkungen der Multimodalität auf die individuelle Wahrnehmung und Verarbeitung von Informationen in VR-Räumen zu untersuchen. Wie beeinflusst die Kombination verschiedener Modi die Aufmerksamkeit, das Verständnis und die Erinnerung der Nutzer:innen? Könnten bestimmte modale Kombinationen dazu beitragen, komplexe Konzepte verständlicher zu machen oder das Interesse und die Motivation der Nutzer:innen zu steigern? Ein weiterer wichtiger Forschungsbereich ist die soziale Dimension der Multimodalität in VR-Umgebungen: Wie können multimodale Interaktionen gestaltet werden, um kollaboratives Lernen zu fördern? Wie können Nutzer:innen durch multimodale Kommunikation in einem gemeinsamen virtuellen Raum miteinander interagieren? Schließlich wäre es wertvoll, die Auswirkungen der Multimodalität auf den Wissenserwerb im Vergleich zu anderen, weniger multimodalen Lernformaten zu untersuchen. Bietet die Multimodalität von VR-Umgebungen spezifische Vorteile im Hinblick auf den Wissenserwerb und das Verständnis? Diese und andere Fragen könnten in zukünftigen Forschungsarbeiten untersucht werden, um ein tieferes Verständnis für die Möglichkeiten

und Herausforderungen der Multimodalität in VR-Umgebungen zur Wissensvermittlung zu erlangen.

Die vorliegende Analyse hat die Komplexität, das Potenzial und auch die möglichen Grenzen von VR-Umgebungen für die Wissensvermittlung aufgezeigt. Sie hat gezeigt, dass die multimodale Gestaltung dieser Umgebungen sowohl eine Herausforderung als auch eine Chance darstellt. Es wird deutlich, dass wir erst am Anfang stehen, das volle Potenzial dieser Technologie zu verstehen und zu nutzen – man denke nur an Facebooks Metaverse oder Apples VR-Brille „Vision Pro“ und die damit möglicherweise verbundenen Einsatzmöglichkeiten. Es ist zu hoffen, dass durch die weitere Erforschung der multimodalen Aspekte von VR-Umgebungen und medialen Wissensformaten attraktive und effektive Lernumgebungen und -formate geschaffen werden können.

## Literatur

- Barreda-Ángeles, Miguel; Aleix-Guillaume, Sara & Pereda-Baños, Alexandre (2021): Virtual reality storytelling as a double-edged sword: Immersive presentation of nonfiction 360°-video is associated with impaired cognitive information processing. *Communication Monographs* 88: 2, 154–173.
- Bateman, John & Schmidt, Karl-Heinrich (2011): *Multimodal Film Analysis: How Films Mean*. New York: Routledge.
- Blaser, Nina (2019): Identifizierung von Merkmalen wissenschaftlicher 360°-Videos: Literaturüberblick und vergleichende Videoanalyse. *Science In Presentations Arbeitsberichte* Nr. 8.
- Bucher, Hans-Jürgen (2012): Multimodalität – ein universelles Merkmal der Medienkommunikation: Zum Verhältnis von Medienangebot und Medienrezeption. In: Bucher, Hans-Jürgen & Schumacher, Peter (Hrsg.): *Interktionale Rezeptionsforschung*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 51–82.
- Bucher, Hans-Jürgen & Niemann, Philipp (2012): Visualizing science: the reception of PowerPoint presentations. *Visual Communication* 11: 3, 283–306.
- Bucher, Hans-Jürgen & Schumacher, Peter (Hrsg.) (2012): *Interaktionale Rezeptionsforschung*. Wiesbaden: Springer VS.
- Bucher, Hans-Jürgen; Gloning, Thomas & Lehnens, Katrin (2010): Medienformate: Ausdifferenzierung und Konvergenz – zum Zusammenhang von Medienwandel und Formatwandel. In: Bucher, Hans-Jürgen; Gloning, Thomas & Lehnens, Katrin (Hrsg.): *Neue Medien – Neue Formate: Ausdifferenzierung und Konvergenz in der Medienkommunikation*. Frankfurt a.M./New York: Campus, 9–38.

- Burns, Terry W.; O'Connor, John D. & Stocklmayer, Susan M. (2003): Science Communication: A Contemporary Definition. *Public Understanding of Science* 12: 2, 183–202.
- Dooley, Kath (2017): Storytelling with virtual reality in 360-degrees: a new screen grammar. *Studies in Australasian Cinema* 11: 3, 161–171.
- Elmezeny, Ahmed; Edenhofer, Nina & Wimmer, Jeffrey (2018): Immersive Storytelling in 360-Degree Videos: An Analysis of Interplay Between Narrative and Technical Immersion. *Journal of Virtual Worlds Research* 11: 1.
- Humm, Christian & Niemann, Philipp (2023): Praxisbeitrag: Physiologische Messungen in der evaluatorischen Praxis. In: Niemann, Philipp; van den Bogaert, Vanessa & Ziegler, Ricarda (Hrsg.): *Evaluationsmethoden der Wissenschaftskommunikation*. Wiesbaden: Springer VS, 203– 219.
- Kress, Gunther (2010): *Multimodality*. London: Routledge.
- Lang, Annie (2000): The Limited Capacity Model of Mediated Message Processing. *Journal of Communication* 50: 1, 46–70.
- Lobinger, Katharina; Reißmann, Wolfgang; Pfurtscheller, Daniel; Brantner, Cornelia; Venema, Rebecca & Marchiori, Elena (2019): Theoretische, thematische, forschungsethische und methodologische Herausforderungen der Visuellen Kommunikationsforschung. In: Lobinger, Katharina (Hrsg.): *Handbuch Visuelle Kommunikationsforschung*. Wiesbaden: Springer Fachmedien, 723–749.
- Loreto-Gómez, Gerardo; Rodríguez-Arce, Jorge; González-García, Salvador & Montaño-Serrano, Victor Manuel (2019): Analysing the effect of the use of 3D simulations on the performance of engineering students in a robotics course: Findings from a pilot study. *International Journal of Electrical Engineering & Education* 56: 2, 163–178.
- Mayer, Richard E. (2021): *Multimedia Learning*. [3. Aufl.]. Cambridge: Cambridge University Press.
- Moysey, Stephen M. J. & Lazar, Kelly B. (2019): Using Virtual Reality as a Tool for Field-Based Learning in the Earth Sciences. In: Lansiquot, Reneta D. & MacDonald, Sean P. (Hrsg.): *Interdisciplinary Perspectives on Virtual Place-Based Learning*. Cham: Palgrave Pivot, 99–126.
- Niemann, Philipp (2015): *Die Pseudo-Medialisierung des Wahlkampfs: Eine rezipientenorientierte Analyse zweier Onlinewahlkämpfe politischer Parteien*. Wiesbaden: Springer VS.
- Nowak, Glen J.; Evans, Nathaniel J.; Wojdynski, Bartosz W.; Ahn, Sun Joo G.; Len-Ríos, María E.; Carera, Karen; Hale, Scott & McFalls, Deborah (2020): Using immersive virtual reality to improve the beliefs and intentions

- of influenza vaccine avoidant 18-to-49-year-olds: Considerations, effects, and lessons learned. *Vaccine* 38: 5, 1225–1233.
- Paas, Fred & Sweller, John (2021): Implications of Cognitive Load Theory for Multimedia Learning. In: Mayer, Richard & Fiorella, Logan (Hrsg.): *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. Cambridge: Cambridge University Press, 73–81.
- Pfurtscheller, Daniel (2017): *Visuelle Zeitschriftengestaltung. Nachrichtenmagazine als multimodale Kommunikationsformen*. Innsbruck: iup.
- Schneider, Jan G. (2018): Medialität. In: Liedtke, Frank & Tuchen, Astrid (Hrsg.): *Handbuch Pragmatik*. Stuttgart: J.B. Metzler, 272–281. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-476-04624-6\\_27](https://doi.org/10.1007/978-3-476-04624-6_27)
- Stöckl, Hartmut (2016): Multimodalität – Semiotische und textlinguistische Grundlagen. In: Klug, Nina-Maria & Stöckl, Hartmut (Hrsg.): *Handbuch Sprache im multimodalen Kontext*. Berlin/Boston: De Gruyter, 3–35. DOI: <https://doi.org/10.1515/9783110296099-002>
- Wildfeuer, Janina; Bateman, John A. & Hiippala, Tuomo (2020): *Multimodalität: Grundlagen, Forschung und Analyse*. Berlin/Boston: De Gruyter.

