

Huntemann, Nadja; Krömker, Heidi:

**Framework für den Einsatz von 3D-Technologien für das Erreichen von Ingenieurwissenschaftlichen Lernzielen**

**URN:** [urn:nbn:de:gbv:ilm1-2019200385](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:gbv:ilm1-2019200385)

**DOI:** [10.22032/dbt.39254](https://doi.org/10.22032/dbt.39254)

---

*Zuerst erschienen in:* Technische Bildung im Spannungsfeld zwischen beruflicher und akademischer Bildung : die Vielfalt der Wege zu technischer Bildung : Referate der 11. Ingenieurpädagogischen Regionaltagung 2016 an der Technischen Universität Hamburg vom 23.-25. Juni 2016. - [Berlin] : IPW, 2017. - S. 207-212.

*Original veröffentlicht:* Mai 2017

*ISBN (print):* 978-3-9818728-0-4

*DOI (Tagungsband):* [10.15480/882.1394](https://doi.org/10.15480/882.1394)

*[Gesehen am:* 2019-04-09]



Dieses Werk ist lizenziert unter einer [Creative Commons Namensnennung - Nicht-kommerziell - Keine Bearbeitung 3.0 Deutschland Lizenz](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/de/).

Eine Kopie dieser Lizenz ist abrufbar auf folgender Website:  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/de/>

# FRAMEWORK FÜR DEN EINSATZ VON 3D-TECHNOLOGIEN FÜR DAS ERREICHEN VON INGENIEURWISSENSCHAFTLICHEN LERNZIELEN

Nadja Huntemann und Heidi Krömker  
Zugehörigkeit Technische Universität Ilmenau  
nadja.huntemann@tu-ilmenau.de, heidi.kroemker@tu-ilmenau.de

**Abstract 1** 3D-Visualisierungen finden in der Lehre der Ingenieurwissenschaften vermehrt Anwendung. Sie dienen der Informationsvermittlung und der Erklärung komplexer technischer Sachverhalte. Weiterhin ermöglichen 3D-Visualisierungen die Präsentation von Objekten, die in der Realität noch nicht existieren, für eine Vielzahl von Lernenden.

3D-Visualisierungen können mit unterschiedlichem technologischen Aufwand in Hinblick auf Ihre Darstellung und Interaktivität aufbereitet werden. Der vorliegende Beitrag hat das Ziel, für die typischen Lernziele in den Ingenieurwissenschaften die angemessene Form der interaktiven Visualisierung zu finden. Dazu werden zunächst die möglichen Ausprägungen von 3D Visualisierungen klassifiziert und mit den sechs Interaktionsstufen von Rolf Schulmeister in Zusammenhang gesetzt.

Es wird gezeigt, mit welchen 3D-Visualisierungen und Interaktionsstufen, welche Lernziele erreicht werden können.

**Keywords:** 3D, Klassifikation, Definition, Systematisierung, Visualisierungen

**Abstract 2** 3D-visualizations are increasingly used within the degrees of engineering sciences. They are intended to serve the information transfer and the explanation of complex technical issues. Furthermore, 3D-visualizations allow for the presentation of objects - which do not yet exist in reality for large numbers of learners.

3D-visualizations can be processed with varying technological effort, depending on their level of presentation and interactivity. This paper at hand has the objective to detect an appropriate way of interactive visualization for typical learning goals of engineering sciences. Therefore, the possible characteristics of 3D-visualizations are classified initially. As a next step these characteristics are put into context with the six interaction levels, which Rolf Schulmeister defined for learning scenarios.

This research paper at hand shows which 3D-visualizations and interaction levels it takes to achieve specific learning objectives.

**Keywords:** 3D, classification, definition, systematization, visualizations

## MOTIVATION

Für die ingenieurwissenschaftliche Lehre werden zunehmend 3D-Modelle zur Veranschaulichung von Objekten und Verbesserung des räumlichen Vorstellungsmögens genutzt. Sie dienen vorwiegend der Erklärung komplexer technischer Systeme und stellen Vorgänge anschaulich dar.

Die Analyse von über 20 interaktiven 3D-Lernanwendungen der letzten 15 Jahre in den Naturwissenschaften zeigte, dass der Detaillierungs- und Interaktionsgrad völlig unterschiedlich ist. Zudem sind Lernziele selten explizit angegeben bzw. nicht nachvollziehbar mit dem Inhalt der Lernanwendung verknüpft. Weiterhin zeigte die Analyse die unterschiedlichen Ausprägungen von 3D Visualisierungen.

Diese fehlende explizite Verknüpfung bestätigten auch die leitfadengestützten Interviews, die mit sechs Experten für interaktive 3D Lernanwendungen in der ingenieurwissenschaftlichen Lehre geführt wurden. Ziel der vorliegenden Studie ist es daher, 3D-Visualisierungen zu klassifizieren und in Zusammenhang mit Lernzielen zu setzen.

Dies soll die Basis für einen Leitfaden sein, der Hinweise gibt, welche Lernziele mit welcher 3D Visualisierung in Hinblick auf ein gutes Aufwand-/Nutzen-Verhältnis erreicht werden kann.

### ERGEBNISSE ANALYTISCHER UND EMPIRISCHER STUDIEN: 3D-VISUALISIERUNGEN

Die Analyse von über 20 interaktiven, webbasierten Lernanwendungen zeigte die Darstellungsvariabilität von 3D Visualisierungen. Werden beispielsweise einzelne Bauteile in der Konstruktionstechnik oder Moleküle in der Chemie präsentiert, nutzen die meisten Autoren 3D Modelle. Damit sind modellierte Objekte gemeint, die von allen Seiten betrachtet werden können. Ist das Ziel einer Lernanwendung eher das Verständnis eines Prozesses, wie z. B. der Aufbau einer elektrischen Schaltung, werden 3D-Grafiken verwendet. Das sind zweidimensionale, aber perspektivisch gestaltete Visualisierungen, die hauptsächlich als Interaktionspunkt dienen. Die Interaktivität reicht bei allen untersuchten Lernanwendungen vom einfachen Anwählen bestimmter Bedienelemente über Rotation und Ausblendungen bis zum Ausgeben von Datensätzen und Diagrammen. In der Analyse konnte jedoch kein Zusammenhang zwischen dem Interaktions- und Detaillierungsgrad der Visualisierungen erkannt werden.

Bei den Experteninterviews war eine oft genannte Aussage bezüglich der Visualisierung: es komme nicht auf den Grad der Detaillierung an, sondern auf den Grad der Interaktivität. Dies ist entscheidend für den Lerneffekt der Lernenden. Denn sobald die Lernenden selbst tätig werden, ist die Behaltensleistung höher als bei der reinen Betrachtung.

### KLASSIFIKATION VON 3D-VISUALISIERUNGEN

Um die Vielfalt der 3D-Visualisierungen in Hinblick auf ihren Entwicklungsaufwand zu ordnen, sollen diese klassifiziert werden in 3D-Grafiken, 3D-Stereoskopie, interaktive 3D-Modelle und 3D/VR-Modelle. Allen 3D-Visualisierungen ist gemeinsam, dass sie computergeneriert sind und auf zweidimensionalem Untergrund, wie z. B. Papier, Monitor oder Leinwand, projiziert werden.

Der Entwicklungsaufwand ist in Hinblick auf die Abfolge der Klassen steigend. Während eine 3D-Grafik schnell realisiert werden kann, ist der Programmieraufwand für die Animationen und Interaktionen bei interaktiven Modellen entsprechend hoch.

#### 3D-GRAFIK

Es handelt sich bei der 3D-Grafik um eine statische Bilddatei, wie z. B. eine JPEG oder PNG, mit perspektivischem Inhalt. Dabei werden Objekte oder Szenen räumlich dargestellt. Die häufigste Verwendung findet hier ein Screenshot eines modellierten 3D Modells (Abbildung 1). Grafiken, die durch ein Bildbearbeitungsprogramm (z. B. Photoshop) erstellt wurden, zählen weiterhin dazu. Die 3D-



Abbildung 1 3D-Grafik

Grafik bietet keine Nutzerinteraktion.

#### 3D-STEREOSKOPIE

Stereoskopie bedeutet Fusion zweier Bilder eines identischen Objekts oder einer Szene. Dabei wird der räumliche Eindruck von Tiefe erzeugt, der physikalisch nicht vorhanden ist. Technische Hilfsmittel, wie z. B. 3D-Brillen oder Head Mounted Displays, unterstützen den erzeugten 3D-Effekt. Typische Beispiele sind Anaglyphenbilder (Abbildung 2) oder Stereo-3D-Filme. Der Betrachtende kann interaktiv keinen Einfluss auf die 3D-Visualisierung nehmen.

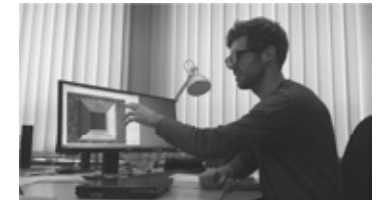


Abbildung 2 3D-Stereoskopie

#### INTERAKTIVES 3D MODELL

3D-Modelle sind Objekte, die mit einer CAD- oder Modellierungssoftware erstellt werden. Es werden dabei die Koordinaten der Ausdehnung des Modells in Länge, Breite und Tiefe berechnet. Typischerweise werden die Modelle als OBJ- oder CAD-Datei verarbeitet. Bei dieser Visualisierung steht die Interaktion durch den Nutzer im Fokus. Dieser hat vielfältige Möglichkeiten das Modell zu betrachten und zu bedienen. Dabei stehen dem Nutzer Funktionen wie Rotation, Zoom, Translation, Ein- und Ausblendungen sowie der interaktive Zusammenbau zur Verfügung (Abbildung 3). Diese Form der 3D Visualisierung kommt weiterhin in der Augmented Reality (AR) zum Einsatz.

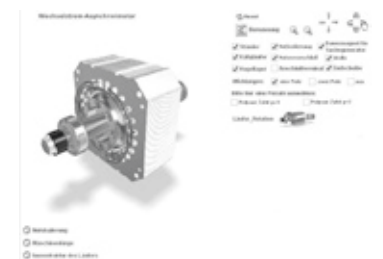


Abbildung 3 Interaktives 3D-Modell

#### 3D/VR-MODELL

Interaktive 3D-Modelle, wie bereits zuvor beschrieben, werden in der Virtual Reality (VR) immersiv und damit „erlebbar“. Dabei dienen große Projektionsflächen der Präsentation. Das bedeutet, der Nutzer wird in eine virtuelle Welt integriert und kann interaktiv durch verschiedene Eingabegeräte das Modell oder eine Szene begehen und steuern (Abbildung 4).



Abbildung 4 3D/VR-Modell  
(© Michael Reichel)

Abbildung 5 zeigt, dass 3D-Visualisierungen neben dem Entwicklungsaufwand auch klassifiziert werden können in Hinblick auf zwei wesentliche Unterscheidungsmerkmale: die technische Realisierung und der Betrachtungswinkel.

Die technische Realisierung der 3D-Visualisierung beinhaltet folgende zwei Arten:

- Perspektivische Visualisierungen werden durch Tiefenindikatoren wie z. B. Verdeckung, Perspektive, Größenverhältnisse, Licht und Schatten hervorgerufen [Tau10]. Das bedeutet, sie treten vom Untergrund nicht hervor.

- Stereoskopische Visualisierungen bestehen aus zwei Teilbildern mit kleiner Perspektivenverschiebung. Durch das Zusammenfügen der Bilder zu einem fusionierten Mittelbild, werden die Tiefeninformationen generiert und das Objekt tritt optisch vom Untergrund heraus [But08].

Ein weiteres Merkmal zur Unterscheidung der Klassen ist der Betrachtungswinkel, der abhängig von der Interaktionsoption, hier speziell die Rotation, ist.

- Eine 180°-Visualisierung steht für die Betrachtung des Inhalts in einer zweidimensionalen Ansicht. Der Betrachtende kann durch fehlende Interaktion nicht hinter das Objekt sehen.
- Die 360° Visualisierung bedeutet, dass durch Rotation ein Objekt vollständig und von allen Seiten betrachtet werden kann.

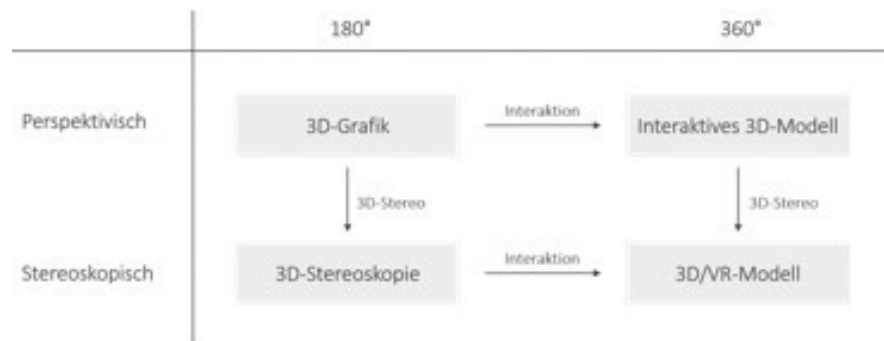


Abbildung 5 Klassifikation von 3D-Visualisierungen

Die Abbildung zeigt, dass stereoskopische Visualisierungen lediglich eine Erweiterung der perspektivischen Visualisierung darstellen. Der Stereoeffekt lässt die Visualisierung optisch aus dem Bild herausragen. Die Interaktion grenzt die 180°-Visualisierung von der 360°-Visualisierung ab.

### KLASSIFIKATION DES CONTENTS BEI 3D-VISUALISIERUNGEN

Die Analyse der Lernanwendungen erfolgte weiterhin hinsichtlich des Contents. Dabei gingen drei Arten von Content hervor, der sich folgendermaßen klassifizieren lässt:

- das technische Objekt, das einen einzelnen Gegenstand abbildet,
- das technische System, das ein Konstrukt von Objekten abbildet,
- der technische Prozess, der ein Konstrukt aus Systemen in zeitliche Abhängigkeit setzt.

### ERGEBNISSE ANALYTISCHER UND EMPIRISCHER STUDIEN: LERNZIELE UND INTERAKTIONSTUFEN

Die Analyse der Lernanwendungen bezüglich der Lernziele wurde auf Basis der Lernzieltaxonomie nach Bloom [Blo56] durchgeführt. Weiterhin wurde sie für das entwickelte Framework ausgewählt, da sie für die vorliegende Untersuchung eine geeignete Taxonomie für eine Systematisierung der Lernziele bildet. Weitere Modifikationen, wie z. B. die von Krathwohl & Anderson [Kra02], bauen auf der ursprünglichen Taxonomie nach Bloom auf.

Die Analyse zeigte, dass in 4 von 20 Lernanwendungen klar definierte Lernziele angegeben sind. Weitere 3 Lernanwendungen haben die Lernziele in der Beschreibung der Anwendung integriert. Das be-

deutet, dass in über der Hälfte der analysierten Lernanwendungen Lernziele nicht explizit angegeben wurden. Diese sind für die Analyse der Lernanwendungen selbstständig festgelegt worden. Dadurch ließen sich bei 12 von 20 Lernanwendungen die Lernziele mit den Interaktionsstufen nach Schulmeister [Sch05] in Zusammenhang bringen. Die sechs Interaktionsstufen können daher auf die sechs Lernzielstufen nach Bloom abgebildet werden (Tabelle 1).

Bei den Experten waren Taxonomien von Lernzielen unbekannt. Für ihre eigenen Lernanwendungen wurden Ziele festgelegt, die sich jedoch nicht konkret an einer Taxonomie orientierten, aber sich durch die Diskussion eingliedern ließen. Das Ergebnis brachte hervor, dass für die Ingenieurwissenschaften grundsätzlich die höheren Lernzielstufen angestrebt werden, was konkret die Anwendung, die Analyse, die Synthese und die Evaluation bedeutet. Des Weiteren war es für die Experten schwer, die oberen drei Lernzielstufen Analyse, Synthese und Evaluation zu separieren, da diese beim Ingenieur stark voneinander abhängen und weitgehend in einem Prozess ablaufen.

### FRAMEWORK

Die zuvor erstellten Klassifikationen werden in Tabelle 1 zusammengetragen und in Korrelation gebracht. Es erfolgt die Abbildung der Lernzielstufen nach Bloom [Blo56] und der Interaktionsstufen nach Schulmeister [Sch05] auf die 3D-Visualisierungen mit entsprechendem Content.

Tabelle 1: Framework

Stufen	Lernzielstufen nach Bloom [Blo56]	Interaktionsstufen nach Schulmeister [Sch05]	3D Visualisierung	Content
Stufe I	Wissen	Objekte betrachten und rezipieren	3D-Grafik 3D-Stereoskopie	Objekt System
Stufe II	Verständnis	Multiple Darstellungen betrachten und rezipieren	3D-Grafik 3D-Stereoskopie	Objekt System
Stufe III	Anwendung	Die Repräsentationsform variieren, Inhalt bleibt	Interaktives 3D Modell 3D/VR-Modell	Objekt System Prozess
Stufe IV	Analyse	Den Inhalt der Komponente beeinflussen: Variation durch Parameter- oder Datenvariation	Interaktives 3D Modell 3D/VR-Modell	System Prozess
Stufe V	Synthese	Den Inhalt der Repräsentation konstruieren und Prozesse generieren	Interaktives 3D Modell 3D/VR-Modell	System Prozess
Stufe VI	Evaluation	Konstruktion und manipulierende Handlungen mit situationsabhängigen Rückmeldungen	Interaktives 3D Modell 3D/VR-Modell	System Prozess

### ERGEBNIS

Das Framework (Tabelle 1) teilt sich in zwei wesentliche Bereiche. Es zeigt, dass die ersten beiden Lernzielstufen mit einer 3D-Grafik bzw. 3D-Stereoskopie erreicht werden können, Lernzielstufen III-VI mit einem interaktiven 3D- bzw. 3D/VR-Modell. Für die ersten zwei Lernzielstufen eignet sich die 3D-Grafik, da nach Schulmeister [Sch05] in den ersten zwei Stufen keine Interaktion am Modell erfolgt. Typische Inhalte sind hierbei das technische Objekt und System. Für einen Prozess lohnt sich die dreidimensionale Aufbereitung nicht. Hier genügen zweidimensionale Prozesscharts, um Abläufe deutlich zu machen.

Ab Lernzielstufe III bietet sich ein interaktives 3D Modell an, da hier der Nutzer laut Schulmeister [Sch05] Interaktionen am Objekt, System oder Prozess durchführen kann. Ab der Analyse (Lernzielstufe IV) steht für ein einzelnes Objekt der Aufwand nicht mit dem Nutzen in einem guten Verhältnis.

Es wird empfohlen für die drei oberen Lernzielstufen und die Darstellung von Systemen und Prozessen das interaktive 3D-Modell einzusetzen. Durch die vielfältigen Interaktionsmöglichkeiten, wie z. B. Daten- und Parametereingabe, Generierung von Systemen und Prozessen sowie das Ausgeben von spezifischen Rückmeldungen, steht der Aufwand der Modellierung und Programmierung der Modelle in einem guten Nutzenverhältnis zum Lernziel.

Es hat sich gezeigt, dass durch die interaktiven 3D-Modelle wesentliche Lernziele in den Ingenieurwissenschaften erreicht werden können, die eine statische 3D-Grafik nicht leisten könnte. Zu betonen ist, dass der Mehrwert eines interaktiven 3D-Modells in den oberen Lernzielstufen liegt, die für die ingenieurwissenschaftliche Lehre entscheidend sind.

Dieses Framework ist lediglich eine Empfehlung und wird stets weiterentwickelt. Für spezielle Einzelfälle muss das Lernziel mit dem Entwicklungsaufwand erneut abgeschätzt werden.

#### **Referenzen**

- [1] Bloom, Benjamin et al. (1956). Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. Handbook I: Cognitive domain. Longmans, Green, New York, Toronto.
- [2] Butz, Andreas (2008). Stereoskopie. S. 3.  
URL: <https://www.medien.ifi.lmu.de/lehre/ws0809/akf/Stereoskopie.pdf> (zuletzt aufgerufen am 12.10.2016).
- [3] Krathwohl, David (2002). A Revision of Bloom's Taxonomy. In: Theory into Practice. V 41. #4, p. 216.  
URL: [http://www.unco.edu/cetl/sir/stating\\_outcome/documents/Krathwohl.pdf](http://www.unco.edu/cetl/sir/stating_outcome/documents/Krathwohl.pdf) (zuletzt aufgerufen am 12.10.2016).
- [4] Schulmeister, Rolf (2005). Interaktivität in Multimedia-Anwendungen URL: <https://www.e-teaching.org/didaktik/gestaltung/interaktiv/InteraktivitaetSchulmeister.pdf> (zuletzt aufgerufen am 12.10.2016).
- [5] Tauer, Holger (2010). Stereo 3D. Grundlagen, Technik und Bildgestaltung. Fachverlag Schiele und Schön, Berlin. S. 46.