



**Visuelle Informationen in der Technischen Kommunikation –  
Konzeptionierung eines praxisnahen Leistungskatalogs  
für Technische Illustrationen auf 3D-CAD-Grundlage  
bei der MAXKON Engineering GmbH in Leipzig**

# **MASTERTHESIS**

im Studiengang

Informationsdesign und Medienmanagement

vorgelegt von

**Hannes Thieme**

Matr.-Nr.: 17881

am 16. März 2018

an der Hochschule Merseburg (FH)

Erstprüfer/in: Dipl.-Tech.-Red. Georg Busch

Zweitprüfer/in: Tobias Hennig (M.A.)

***Technische Bilder sollen Informationen vermitteln, illustrieren,  
Zusammenhänge verdeutlichen, räumliche Bezüge darstellen und  
Handlungs- und Bewegungsabläufe abbilden.***

Jona Piehl

# Inhaltsverzeichnis

<b>I</b>	<b>Abkürzungsverzeichnis.....</b>	<b>5</b>
<b>II</b>	<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>6</b>
<b>III</b>	<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>8</b>
<b>1</b>	<b>Einleitung.....</b>	<b>9</b>
1.1	Zielsetzung, Forschungsfragen und Methodik.....	10
1.2	Aufbau der Masterthesis.....	12
1.3	Firmenportrait – MAXKON Engineering GmbH   Leipzig.....	13
<b>2</b>	<b>Grundlagen der visuellen Bildverarbeitung.....</b>	<b>14</b>
2.1	Typen, Funktionen und Anforderungen von Bildern.....	14
2.2	Ebenen der visuellen Bildverarbeitung.....	17
2.2.1	Vorlaufmerksame Verarbeitung.....	18
2.2.2	Aufmerksame Verarbeitung.....	20
2.2.3	Interpretative Verarbeitung.....	22
2.3	Zusammenfassung.....	23
<b>3</b>	<b>Visuelle Informationen in der Technischen Kommunikation.....</b>	<b>25</b>
3.1	Geschichte technischer Bilder.....	25
3.2	Rechtliche Rahmenbedingungen.....	27
3.3	Relevante Normen und Richtlinien.....	29
<b>4</b>	<b>Technische Illustrationen auf 3D-CAD-Grundlage.....</b>	<b>34</b>
4.1	Verwendung von 3D-CAD-Daten.....	34
4.2	Ausgabeformate und -medien.....	35
4.3	Begriffsdefinitionen.....	40
4.4	Illustrationsstile.....	45
4.4.1	Strichillustrationen.....	46
4.4.2	Vollflächenillustrationen.....	47

4.4.3	Fotorealillustrationen.....	49
4.5	Visuelle Konventionen.....	51
4.5.1	Darstellungscodes .....	52
4.5.2	Steuerungscodes .....	60
4.6	Praxisrelevante Darstellungsmethoden .....	65
<b>5</b>	<b>Illustrationsworkflow und 3D-CAD-Software .....</b>	<b>67</b>
5.1	Workflow mit Prozessschritten und -operationen .....	67
5.2	Getestete 3D-CAD-Softwarelösungen .....	70
5.2.1	CorelDRAW Technical Suite X7 .....	70
5.2.2	SolidWorks Visualize Standard 2017 .....	74
5.2.3	Rhinoceros 3D 5.0 .....	76
5.3	Vergleich der 3D-CAD-Softwarelösungen.....	79
<b>6</b>	<b>Leistungskatalog für Technische 3D-CAD-Illustrationen .....</b>	<b>81</b>
6.1	Konzeptdefinition.....	81
6.2	Bewertungsmatrix.....	82
6.2.1	Definition der Betrachtungskriterien.....	83
6.2.2	Anwendung des Wertungssystems .....	87
6.3	Auswertung der Anwendungstests .....	89
<b>7</b>	<b>Fazit .....</b>	<b>92</b>
7.1	Zusammenfassung.....	92
7.2	Erkenntnisgewinn.....	93
7.3	Ausblick .....	96
<b>IV</b>	<b>Literatur- und Quellenverzeichnis .....</b>	<b>97</b>
	<b>Anhang .....</b>	<b>100</b>
	<b>Selbstständigkeitserklärung.....</b>	<b>103</b>

# I Abkürzungsverzeichnis

2D.....	Zweidimensional (Flächenkoordinaten)
AI .....	Adobe Illustrator (Format)
BMP.....	Windows Bitmap (Format)
B-REP.....	Boundary Representation (Begrenzungsflächenmodell)
CAE.....	Computer Aided Engineering
CAM .....	Computer Aided Manufacturing
CAPP.....	Computer Aided Process Planing
CAQ.....	Computer Aided Quality Control
CAX.....	Computer Aided x
CPU .....	Central Processing Unit
DES.....	Corel DESIGNER (Format)
DXF.....	Drawing Interchange Format
EPS .....	Encapsulated Post Script (Format)
FEM.....	Finite-Elemente-Methode
GIF.....	Graphics Interchange Format
GPU .....	Graphic Processing Unit
HDR.....	High Dynamic Range
IGES.....	Initial graphics exchange specification (Format)
JPG .....	Joint Photographic (Expert) Group (Format)
JT .....	Jupiter Tessellation (Format)
MKS.....	Mehrkörpersysteme
NURBS.....	Non-uniform rational B-Splines
PDF.....	Portable Document Format
PNG .....	Portable Network Graphics (Format)
PSD.....	Adobe Photoshop Document (Format)
STEP .....	Standard for the exchange of product data (Format)
SVG.....	Scalable Vector Format
SWF.....	Shockwave Flash (Format)
tekcom.....	Gesellschaft für Technische Kommunikation e. V.
TIF .....	Tagged Image File (Format)
VDI .....	Verein Deutscher Ingenieure
VPE.....	Virtuelle Produktentwicklung

## II      **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1 – Bildbeispiele der Gestaltgesetze (in: Tab. 3) .....	19
Abbildung 2 – Verschiedene Blickbewegungen in Eye-Tracking-Studie .....	21
Wikipedia Commons (2016): „The Visitor“, Public Domain, Online unter: <a href="https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=14798911">https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=14798911</a> (Letzter Zugriff: 23.02.2018, 09:49 Uhr)	
Abbildung 3 – Frühe Explosionszeichnung von Leonardo da Vinci (1503).....	26
Wikipedia Commons (2008): „Zeichnung von Leonardo da Vinci: Umwandlung der variablen Bewegung in eine kontinuierliche“, Public Domain, Online unter: <a href="https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3446761">https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3446761</a> (Letzter Zugriff: 12.02.2018, 12:15 Uhr)	
Abbildung 4 – Farbtiefe aus Abstufungen in Bit .....	37
Wikipedia Commons (2012): „Farbtiefe“, Public Domain, Online unter: <a href="https://de.wikipedia.org/w/index.php?curid=6885924">https://de.wikipedia.org/w/index.php?curid=6885924</a> (Letzter Zugriff: 15.02.2018, 09:35 Uhr)	
Abbildung 5 – Repräsentationsarten des 3D-Modelling.....	44
Abbildung 6 – Strichillustration: Gesamtdarstellung.....	46
Abbildung 7 – Vollflächenillustration: Gesamtdarstellung mit Farbverläufen.....	48
Abbildung 8 – Fotorealillustration: Gesamtdarstellung .....	50
Abbildung 9 – Fluchtpunktperspektiven (in: Tab. 7) .....	54
Abbildung 10 – Parallelprojektionen (in: Tab. 8).....	55
Abbildung 11 – Explosionsdarstellung mit Bezugszeichen und -linien (Vollflächenillustration) .	57
Abbildung 12 – Montageanleitung mit Ausschnittvergrößerung (IKEA).....	61
Inter IKEA Systems B. V. (2010): „LIATORP- Montageanleitung“, S. 16, Online unter: <a href="http://www.ikea.com/ms/de_DE/img/rooms_ideas/Assembly_instructions_12/LIATORP_Schreibtisch.pdf?icid=de itl fy14_service t_extlink kw3 373">http://www.ikea.com/ms/de_DE/img/rooms_ideas/     Assembly_instructions_12/LIATORP_Schreibtisch.pdf?icid=de itl fy14_service t     extlink kw3 373</a> (Letzter Zugriff: 15.02.2018, 10:08 Uhr)	
Abbildung 13 – Funktionsdarstellung der Antriebsrotoren (Vollflächenillustration).....	66
Abbildung 14 – Benutzeroberfläche Lattice3D Studio CAD Corel Edition.....	72
Abbildung 15 – Benutzeroberfläche Corel DESIGNER X7 .....	73
Abbildung 16 – Benutzeroberfläche SolidWorks Visualize Standard 2017.....	75

Abbildung 17 – Benutzeroberfläche Rhinoceros 3D 5.0.....	77
Abbildung 18 – Montageanleitung (Vollflächenillustration) .....	100
Abbildung 19 – Gesamt- und Detailansicht mit Ausschnittvergrößerung (Strichillustration)...	101
Abbildung 20 – Gesamtdarstellung (Vollflächenillustration) mit Render-Plug-in Penguin 2.0 .	102
Abbildung 21 – Gesamtdarstellung (Vollflächenillustration) mit Render-Plug-in Penguin 2.0 .	102

*\*Alle nicht durch eine Quellenangabe nachgewiesenen Abbildungen wurden vom Autor selbsterstellt.*

### III Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 – Hierarchisierter Überblick der verschiedenen Bildtypen .....	15
Tabelle 2 – Funktionale Text-Bild-Kombinationen in der Technischen Kommunikation .....	16
Tabelle 3 – Gestaltgesetze der visuellen Wahrnehmung .....	19
Tabelle 4 – Merkmale von Strichillustrationen .....	47
Tabelle 5 – Merkmale von Vollflächenillustrationen.....	49
Tabelle 6 – Merkmale von Fotorealillustrationen .....	51
Tabelle 7 – Fluchtpunktprojektionen .....	54
Tabelle 8 – Parallelprojektionen .....	54
Tabelle 9 – Vor- und Nachteile der CorelDRAW Technical Suite X7 .....	74
Tabelle 10 – Vor- und Nachteile von SolidWorks Visualize Standard 2017 .....	76
Tabelle 11 – Vor- und Nachteile von Rhinoceros 3D 5.0 .....	78
Tabelle 12 – Softwarevergleich zum Workflow Technischer 3D-CAD-Illustrationen.....	79
Tabelle 13 – Bewertung der Illustrationskriterien bzgl. des Illustrationsstils .....	84
Tabelle 14 – Bewertung der Illustrationskriterien bzgl. der Bildfunktion.....	86
Tabelle 15 – Test-Bewertungsmatrix.....	88
Tabelle 16 – Anwendungsszenario 1 – „Ersatzteilkatalog“ .....	89
Tabelle 17 – Anwendungsszenario 2 – „Produktbroschüre“ .....	90
Tabelle 18 – Anwendungsszenario 3 – „Benutzerhandbuch“ .....	91

*\*Alle nicht durch eine Quellenangabe im Text nachgewiesenen Tabellen wurden vom Autor selber erstellt.*

# 1 Einleitung

Die sprunghafte Zunahme der Komplexität technischer Erzeugnisse in den letzten Jahrzehnten stellt den Technischen Redakteur und Illustrator zunehmend vor neue Herausforderungen. Zum einen deshalb, weil der Wissensstand der Anwender nicht gleichschnell vorangekommen ist und demzufolge Informationen noch anschaulicher und zielführender aufbereitet werden müssen. Zum anderen, weil die Technische Kommunikation für das Unternehmen selbst an Bedeutung gewonnen hat und somit die Aufgaben- und Tätigkeitsfelder stark angewachsen sind. Erschwerend hinzu kommt, dass die generelle Internationalisierung des Marktes als auch die damit einhergehenden Vorgaben im Gewährleistungs- und Haftungsrecht zu immer höheren Qualitätsanforderungen Technischer Dokumentationen führen. Positiv sind dagegen die vielfältig entstandenen Schnittstellen zu anderen Produktionsbereichen zu bemerken. Ein Beispiel für diese neue Vernetzung ist die Verfügbarkeit und Weiterverwendung dreidimensionaler Konstruktionsmodelle, welche schon seit einigen Jahren branchenübergreifend forciert wird. Der ausschlaggebende Vorteil von 3D-Modellen ist, dass die geometrische Gestalt vollständig digital beschrieben wird und das Produkt, bspw. zur Erzeugung visueller Darstellungen, (noch) nicht physisch zur Verfügung stehen muss.

Ebendiese 3D-CAD-Daten bilden die Basis für die in der vorliegenden Arbeit fokussierte funktions- und zielgruppenorientierte Gestaltung von Technischen Illustrationen. Im Auftrag der MAXKON Engineering GmbH soll dazu die Grundlage für einen praxisnahen Leistungskatalog konzipiert werden. Dessen Schwerpunkt liegt auf einer argumentativ untermauerten „Entscheidungshilfe“ zur Auswahl des Illustrationsstils sowie visuell-differenzierten Referenzbeispielen. Die ausgegebene Gestaltungsempfehlung beruht auf einer zu entwickelnden Bewertungsmatrix und soll zukünftig bei internen und externen Illustrationsfragen zum Einsatz kommen.

Nach einer ersten thematischen Einführung beinhaltet das folgende Kapitel die konkrete Zielsetzung, die Formulierung präziser Forschungsfragen sowie die zur Beantwortung angewandte wissenschaftliche Methodik. Außerdem wird der Aufbau der vorliegenden Masterthesis erläutert und abschließend das betreuende Praxisunternehmen anhand eines kurzen Firmenportraits vorgestellt.

## 1.1 Zielsetzung, Forschungsfragen und Methodik

In der Technischen Kommunikation und Dokumentation sind 3D-CAD-Daten bei der Erstellung visueller Informationen kaum noch wegzudenken – und das aus gutem Grund. Sie erlauben, neben den jahrzehntelang verwendeten 2D-Ansichten, eine wesentlich bessere räumliche und realitätsgetreuere Darstellung des Produkts, sodass insbesondere Laien komplexe technische Zusammenhänge schneller verstehen können. Die dreidimensionalen Modelldaten werden mit Hilfe spezieller 2D- und 3D-CAD-Software weiterverarbeitet und an das Informationsbedürfnis der Rezipienten angepasst. Dazu steht dem Bildautor eine Vielzahl illustrativer Bearbeitungsmöglichkeiten zur Verfügung, deren Auswahl und Kombination jedoch maßgeblich vom Produkt selbst, der kommunikativen Funktion, der Zielgruppe sowie dem Ausgabemedium abhängig sind.

*Technische Kommunikation war nie nur sprachliche, sondern von Anfang an auch bildliche Kommunikation. Technischen Bildern kommt dabei immer eine didaktische Funktion zu: Der Illustrator möchte etwas zeigen oder zu einer Handlung anleiten – der Betrachtende möchte visuelles Wissen erwerben und Handgriffe zum Montieren oder Reparieren lernen.*

(Ballstaedt 2003: 11)

Um die praktische Erkenntnisrelevanz der Masterthesis zu verdeutlichen, wird die Zielsetzung der Arbeit zuerst in einem kurzen Szenario veranschaulicht und folgend explizit ausformuliert.

Stellen Sie sich vor, der Hersteller eines Produkts sucht für die Anfertigung eines Benutzer- oder Betriebshandbuchs einen Dienstleister, der neben dem sprachlichen Teil auch die illustrativen Arbeiten übernimmt. Welcher Illustrationsstil für die Abbildungen in der Dokumentation vorrangig verwendet wird, soll zusammen mit dem Auftraggeber entschieden werden. Dabei soll der neu konzipierte Leistungskatalog zum Einsatz kommen. Der Katalog enthält vorab einige bildliche Referenzbeispiele, in denen praxistypische Anwendungsszenarien in verschiedenen Illustrationsstilen umgesetzt wurden. Sie dienen einer ersten Orientierung und zeigen die rein visuellen Möglichkeiten auf. Darüber hinaus enthält der Leistungskatalog eine Bewertungsmatrix, die die Auswahl des Illustrationsstils auf Grundlage des benötigten Anwendungsszenarios konkretisiert (und argumentiert). Dazu werden die möglichen Illustrationsstile sowie die Bildfunktionen typischer Anwendungsszenarien in Abhängigkeit genereller Illustrationskriterien betrachtet und in einem Wertungssystem verknüpft. Das Gesamtergebnis (vgl. Zahlenwert) gibt eine systematische Empfehlung zur Auswahl des Illustrationsstils Technischer Illustrationen auf 3D-CAD-Grundlage bei einem vorher festgelegten Anwendungsszenario.

**Zielsetzung:**

**Konzeptionierung eines „Leistungskatalogs“ für Technische 3D-CAD-Illustrationen, bei dem mittels visueller Referenzbeispiele sowie einer Bewertungsmatrix eine argumentative Entscheidungshilfe bezüglich der Auswahl des Illustrationsstils gegeben wird. Das entwickelte Wertungssystem berücksichtigt dabei die verschiedenen Illustrationsstile sowie die Bildfunktionen praxisrelevanter Anwendungsszenarien hinsichtlich genereller Illustrationskriterien.**

Die Umsetzung Technischer Illustrationen auf 3D-CAD-Grundlage ist prinzipiell in verschiedenen Illustrationsstilen möglich. Die Entscheidung, welcher Illustrationsstil sich in einer Technischen Dokumentation empfiehlt, hängt von mehreren Kriterien, aber maßgeblich vom Anwendungsszenario bzw. der (den) benötigten Bildfunktion(en) ab. Die Bildfunktionen hängen vom Produkt selbst, dem Anwendungsszenario (Betriebshandbuch, Montageanleitung, Ersatzteilkatalog etc.) sowie dem Informationsbedürfnis der Zielgruppe ab, so dass sie schon zu einem frühen Zeitpunkt feststehen. Um die Illustrationsstile in Abhängigkeit der Bildfunktionen zu bewerten, werden darüber hinaus generelle Illustrationskriterien benötigt. Für die Masterthesis ergeben sich diesbezüglich folgende **Forschungs- und Teilfragen:**

**Wie beeinflusst das Anwendungsszenario bzw. die Bildfunktion die Auswahl des Illustrationsstils bei der Verwendung von 3D-CAD-Daten?**

- i. Wie und nach welchen generellen Illustrationskriterien können die Illustrationsstile als auch die Bildfunktionen bewertet werden?**
- ii. Nach welchem System kann aus den generellen Illustrationskriterien sowie dem Einfluss der Bildfunktion ein Illustrationsstil empfohlen werden?**

Um die Forschungs- und Teilfragen zu beantworten, wird methodisch eine *theoretische Untersuchung* durchgeführt. Diese Vorgehensweise sieht eine kritische Auseinandersetzung mit dem aktuellen Forschungsstand vor, indem Wissenschafts- und Fachliteratur sowie weitere Quellen aufgearbeitet, verglichen und interpretiert werden. Auch die historische Entwicklung soll berücksichtigt werden, um bspw. den Gebrauch gewisser visueller Konventionen herzuleiten. Außerdem wird eine Matrix bzw. ein System entwickelt, mit der die argumentierten Kriterien und Anforderungen Technischer 3D-CAD-Illustrationen systematisch betrachtet und gewertet werden, um die zentrale Forschungsfrage schlussendlich sinnvoll beantworten zu können.

## 1.2 Aufbau der Masterthesis

Die vorliegende Masterarbeit umfasst inhaltlich folgende Punkte:

Kapitel 1 beinhaltet die Einleitung und thematische Eingrenzung sowie die gesamtheitliche Zielsetzung der Masterthesis, die konkreten Forschungsfragen als auch die zur Beantwortung angewandte Methodik. Daneben wird der Aufbau der Masterthesis erläutert und ein kurzes Portrait des betreuenden Praxisunternehmens gegeben.

Kapitel 2 beinhaltet eine prinzipielle Unterscheidung zwischen den verschiedenen Typen visueller Informationen sowie einigen praxisrelevanten Bildfunktionen in der Technischen Kommunikation. Außerdem wird der kognitions- und wahrnehmungspsychologische Verarbeitungsprozess von Bildern auf sämtlichen Ebenen betrachtet. Die Erkenntnisse bilden die Grundlage für eine sinnvolle Anordnung und Gestaltung bildhafter Darstellungen.

Kapitel 3 beinhaltet einen kurzen Abriss der historischen Entwicklung technischer Bilder, einige relevante rechtliche als auch normative Regelungen hinsichtlich der Gestaltung Technischer Illustrationen sowie der qualitativen Verwendung von 3D-CAD-Daten.

Kapitel 4 beinhaltet die vorteilhafte Verwendung von 3D-Daten in der gesamten CAx-Prozesskette sowie umfassende Ausarbeitungen zu Technischen 3D-CAD-Illustrationen hinsichtlich möglicher Ausgabeformate und -medien, relevanter Begriffsdefinitionen, der Klassifizierung von Illustrationsstilen, der Verwendung visueller Konventionen sowie typischer Darstellungsmethoden.

Kapitel 5 beinhaltet die strukturelle Beschreibung des anfallenden Illustrationsworkflows mit sämtlichen Prozessen und Einzeloperationen sowie die dokumentierte Umsetzung anhand drei verschiedener Softwarelösungen einschließlich deren jeweiliger Vor- und Nachteile.

Kapitel 6 beinhaltet die Konzeptionierung der Bewertungsmatrix einschließlich der Definition und argumentierten Bewertung der benötigten Kriterien und Faktoren, der Erklärung des dahinterliegenden Wertungssystems, dessen Anwendungstest anhand drei praxisbezogener Anwendungsbeispiele sowie einer detaillierten Auswertung.

Kapitel 7 beinhaltet das Fazit der Masterthesis und widmet sich nach einer Zusammenfassung der einzelnen Kapitel dem generellen Erkenntnisgewinn sowie einem Ausblick zur möglichen Weiterführung des Forschungsgegenstands.

### **1.3 Firmenportrait – MAXKON Engineering GmbH | Leipzig**

Die MAXKON Engineering GmbH bietet umfangreiche Dienstleistungen in den Bereichen Produktentwicklung, Technischen Dokumentation und Produktmarketing an und wurde 2004 in Buxtehude gegründet. Weitere Standorte entstanden in industriell und wirtschaftlich hochfrequentierten Zentren wie Hamburg, Leipzig und Wolfsburg. Mittlerweile betreuen über 25 Mitarbeiter einen deutschlandweiten Kundenstamm aus großen, mittelständischen und kleinen Unternehmen der Automobil-, Flugzeug-, Maschinen- und Anlagenbaubranche. Um die vielseitigen Aufgaben effizient und mit höchster Qualität umzusetzen, kommen u. a. CAD-, Desktop-Publishing-, Illustrations-, Content-Management- und Übersetzungssysteme zum Einsatz. Exklusive Vertriebspartnerschaften wie mit Components Engine, einer Software zur Erstellung von Ersatzteilkatalogen, und Smart Media Creator, einem Redaktionssystem für Dokumentation und Marketing, ergänzen das Know-how der Technikredaktion. Die Basis für das gut eingespielte und interdisziplinär ausgebildete Team bildet ein nach EN ISO 9001:2008 zertifiziertes Qualitätsmanagementsystem, in dem Prozesse, Schnittstellen und Ansprechpartner klar definiert sind. Soziale Kompetenz, Fachwissen und langjährige praktische Erfahrung ermöglichen eine intensive Kommunikation, die den kontinuierlichen Fortbestand dieses Qualitätsstandards sichert.

Im Fokus des im April 2007 in Leipzig eröffneten Tochterunternehmens stehen Technische Dokumentationen sowie Dienstleistungen rund ums Produktmarketing. Das Tätigkeitsfeld der Technischen Dokumentation umfasst den gesamten Prozess vom Konzept bis zur druckfertigen Publikation – in dem Fall Bedienungs- und Betriebsanleitungen, Wartungshandbücher, Montageanweisungen, Softwaredokumentationen oder Ersatzteilkataloge. Außerdem wird ein TÜV-geprüfter CE-Service angeboten, der Kunden bei Risikobeurteilungen, der Analyse relevanter Normen und Richtlinien, dem Aufbau von CE-Prozessen sowie Mitarbeiterschulungen unterstützt. Ein weiteres Tätigkeitsfeld der MAXKON Engineering GmbH ist das Marketing für technische Produkte aller Art. Darunter zählen nicht nur die Gestaltung von Broschüren oder Flyern, die Anfertigung von Illustrationen, Grafiken, Icons und Produktfotografien sowie die Erstellung und Pflege von Webseiten, sondern auch die Entwicklung einer eigenen unternehmensspezifischen Corporate Identity. Darüber hinaus entstehen Konzepte für Presseansprachen, Öffentlichkeitsarbeit, Suchmaschinenoptimierung (SEO) und Newsletter sowie Kampagnen für regelmäßige Beiträge auf den Social-Media-Plattformen LinkedIn, XING, Facebook und Co. (vgl. MAXKON Engineering GmbH [Online])

## 2 Grundlagen der visuellen Bildverarbeitung

Die menschliche Informationsverarbeitung ist ein hochkomplexes System aus Reizen, perceptuellen und kognitiven Prozessen sowie Reaktionen – schematisch ähnelt es aber dem EVA-Prinzip (Eingabe, Verarbeitung, Ausgabe) aus der Datenverarbeitung. Umweltreize werden über sensorische Nervenzellen in der Haut, den Augen oder den Ohren aufgenommen und durch elektrische Biosignale an die „Schaltzentrale“ des Gehirns (Thalamus) weitergegeben. Hier treffen auch alle Sinnesempfindungen aus dem Körperinneren zusammen. Vom Thalamus werden die codierten Informationen zur Großhirnrinde geleitet, in der die eigentliche Informationsverarbeitung auf mehreren Ebenen stattfindet („kognitive Prozesse“). Als Reaktion auf die Auswertung werden selektiv einzelne Bereiche aktiviert und sog. „Erregungsmuster“ ausgelöst. Diese wiederum steuern entsprechende motorische Neuronen an und führen letztendlich bspw. zu einer Körperbewegung.

Der alternativlose Einsatz visueller Informationen in der Technischen Kommunikation liegt den didaktischen Stärken von Bildern zugrunde. Sie sind auf den ersten Blick erfassbar, geben einen schnellen Überblick, stellen räumliche Beziehungen besser sowie leichter zu merken dar und lassen den Betrachter sofort die relevanten Merkmale erkennen.

*Der Mensch hat grundsätzlich ein eher visuell ausgerichtetes Gedächtnis, bildhaft dargestellte Informationen werden schneller erfasst als verbale, sie können mit sehr viel geringerer bewusster Anstrengung verarbeitet werden und bleiben zusätzlich länger im Gedächtnis haften.*

(Piehl 2002: 113)

Das zweite Kapitel gibt einen Überblick zu den verschiedenen Typen, Funktionen und Anforderungen von Bildern. Darauffolgend werden die drei Prozessebenen der visuellen Informationsverarbeitung erläutert. Die abschließende Zusammenfassung bündelt die relevanten Erkenntnisse, um sie in die Betrachtung der im Fokus stehenden Technischen Illustrationen auf 3D-CAD-Grundlage einfließen zu lassen.

### 2.1 Typen, Funktionen und Anforderungen von Bildern

Weidenmann (vgl. 1993: 10) bezeichnet Bilder als „visuelle Argumente“, bei denen der Bildautor nicht nur den Bildtyp, sondern ebenso die Art der Gestaltung in Bezug auf die Rezipienten, die Rezeptionssituation sowie alle relevanten Aspekte des Arguments (hervorgehoben durch sinnvolle Darstellungs- und Steuerungs-codes) berücksichtigen muss. Nach dem Psychologen und

Kommunikationswissenschaftler Ballstaedt (vgl. 2003: 11) sind unter Bildern generell nicht-sprachliche visuelle Darstellungsformen zu verstehen, deren verschiedene Typen er anhand von zwei Gesichtspunkten differenziert. Einerseits dient jeder Bildtyp einer bestimmten **kommunikativen Basisfunktion**, d. h. er kann bestimmte Informationen besonders effektiv vermitteln. Andererseits stellt jeder Bildtyp bestimmte **Anforderungen** an die Wahrnehmung sowie die **mentale Verarbeitung**, vorerst unabhängig vom Bilderstellungsverfahren (vgl. ebd. 2003: 11).

Die folgende Tabelle gibt einen hierarchisierten Überblick zu den verschiedenen Bildtypen, einschließlich ihrer kommunikativen Funktionen und mentalen Anforderungen an den Rezipienten (vgl. ebd. 2003: 12):

*Tabelle 1 – Hierarchisierter Überblick der verschiedenen Bildtypen*

<b>Bildtyp</b>	<b>Definition</b>	<b>Kommunikative Funktion</b>	<b>Mentale Anforderungen</b>
<p><b>Nicht-repräsentationale Bilder</b> (graf. Elemente, abstrakte Bilder, Ornamente etc.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• künstlerische, ästhetische Bilder</li> <li>• sind meist schmückendes Beiwerk</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vermitteln ästhetisches Erlebnis</li> <li>• erster Eindruck entscheidet über Gefallen oder Nicht-Gefallen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sind in diesem Sinne anspruchslos</li> <li>• erfordern kaum interpretative Anforderungen</li> </ul>
<p><b>Repräsentationale Bilder = Abbilder</b> (Realbilder, texturierte Abbilder, Linienbilder, Umrissbilder, Schemabilder etc.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• bilden Ausschnitt der Wirklichkeit ab</li> <li>• äußerliche Erscheinungsmerkmale wie die des Originals</li> <li>• Bilderstellungsverfahren vorerst irrelevant</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• informierende, didaktische Bilder</li> <li>• Realitätsersatz für Gegenstände, Personen, Handlungen, Szenen</li> <li>• vermitteln visuell-räumliche Merkmale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sind nicht sofort verständlich</li> <li>• müssen detailliert ausgewertet werden</li> <li>• Anforderungen unterscheiden sich nach dem Abstraktionsgrad</li> </ul>
<p><b>Analytische Bilder = Charts</b> (Tabellen, Zeitleisten, Flowcharts, Netzwerke, Mind-Maps etc.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• veranschaulichen und kommunizieren qualitative, begriffliche bzw. mentale Zusammenhänge</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• anschauliche Reduktion von Zusammenhängen</li> <li>• Zusammenfassung komplexer Bedingungsgefüge</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• räumliche Anordnungen müssen in konzeptuelle Zusammenhänge übersetzt werden</li> <li>• einfacher als adäquater Text</li> </ul>

Bildtyp	Definition	Kommunikative Funktion	Mentale Anforderungen
<b>Piktogramme</b> <b>= Icons</b> (abbildende und symbolische Piktogramme)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Übergangsform vom Bild zur Schrift</li> <li>• kleine, einfache (schematisierte) Bilder</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sollen Botschaft möglichst sprach- und kulturfrei übermitteln</li> <li>• entsprechen einem sprachlichen Hinweis oder Befehl</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bedeutung muss sofort erkannt werden (und Handlung aktivieren)</li> <li>• keine Durchmusterung mit den Augen nötig (geringe Größe)</li> </ul>

Bilder stehen in der Technischen Dokumentation meist in einem sprachlichen Kontext, sog. **Text-Bild-Kombinationen** sind also, mit Ausnahme rein visueller (Montage-)Anleitungen, die übliche Form der Kommunikation. Text und Bild sind dabei nicht gleichwertig, sondern ergänzen sich gegenseitig in ihren didaktischen Stärken und Schwächen (Ballstaedt 2012: 128). Während Bilder zu einem schnelleren Verständnis und zu unmittelbareren Entscheidungen bzw. Handlungen führen, ist Sprache etwas umständlicher aufzunehmen, aber dafür exakter und weniger fehleranfällig. Werden Text und Bild zu einer gemeinsamen Botschaft verknüpft, sollten sie am besten so gestaltet sein, dass eine integrative mentale Verarbeitung beider Quellen angeregt wird (vgl. Piehl 2002: 134). Die Kommunikationsdesignerin (ebd. 2002: 134) spricht in diesem Zusammenhang von einer „geschickten Wechselwirkung“ sprachlicher und visueller Informationen. Nach Ballstaedt (vgl. 2012: 128ff) gibt es sechs typische **Funktionen** von Text-Bild-Kombinationen in der Technischen Kommunikation und Dokumentation:

Tabelle 2 – Funktionale Text-Bild-Kombinationen in der Technischen Kommunikation

Funktion	Text	Bild
<b>Bezeichnen / (Auf-)Zeigen (ostentativ)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Benennen von Objektkomponenten</li> <li>• Einführen neuer Begrifflichkeiten (einheitliche Terminologie)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (Auf-)Zeigen von Objektkomponenten</li> <li>• visuelle Lokalisierung</li> <li>• über Bezugszeichen und -linien</li> <li>• bspw. Gesamt- oder Detaildarstellung</li> </ul>

Funktion	Text	Bild
<b>Beschreiben / Darstellen (deskriptiv)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beschreiben des Aussehens oder der Funktion von Objektkomponenten</li> <li>• Definieren von Merkmalen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Darstellen visueller Merkmale des Objekts</li> <li>• Darstellen funktionaler Unterschiede</li> <li>• bspw. Funktionsdarstellung</li> </ul>
<b>Vermitteln / Anleiten (instruktiv)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vermitteln von Informationen</li> <li>• Anleiten von Handlungen (imperativischer Infinitiv)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anweisen wo, wie und mit was Handlungen auszuführen sind</li> <li>• repräsentative Momentaufnahmen</li> <li>• bspw. Montageanleitung</li> </ul>
<b>Ergänzen / Aufbessern (dekorativ)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ergänzen, Erweitern sprachlicher Ausführungen</li> <li>• tendenziell Consumer-Bereich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• fotorealistische, ästhetische Gestaltung</li> <li>• bspw. Marketing, Werbung</li> </ul>
<b>Emotionalisieren / Warnen (präskriptiv)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorschreiben von Regeln</li> <li>• Festlegen von Geboten und Verboten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Warnen vor Gefahren</li> <li>• bspw. Piktogramme: Quelle/ Art/ Intensität/ Folgen der Gefahr, Gegenmaßnahmen</li> </ul>

## 2.2 Ebenen der visuellen Bildverarbeitung

In dieser wissenschaftlichen Arbeit stehen primär repräsentationale Abbilder mit kognitiver (Basis-)Funktion im Mittelpunkt, also technische Abbildungen, die zu den informierenden oder didaktischen Bildern gehören und vorrangig Können oder Wissen vermitteln. Die Verarbeitung bzw. das Verstehen von Abbildern wird, im Vergleich zu Text, häufig als einfacher hingestellt, dennoch müssen sie detailliert ausgewertet und auf mehreren Ebenen verstanden werden (vgl. Ballstaedt 2003: 22). Der Ausdruck „Ebenen“ wird dabei bewusst gewählt, um zu verdeutlichen, dass alle mentalen Rezeptionsschritte grundlegend parallel und nicht nacheinander stattfinden.

*Erkenntnisse über die visuelle Verarbeitung müssen die Basis der Gestaltung instruktiver Bilder sein, denn effektives Bilddesign bedeutet eine Beeinflussung der Verarbeitung im Sinne des Bildproduzenten.*

(Ballstaedt 2003: 22)

Ballstaedt (2003) unterteilt den Vorgang des visuellen Bildverstehens in die Ebenen der **voraufmerksamen, aufmerksamen** und **interpretativen Verarbeitung**. Schnotz (2006: 102) unterscheidet dagegen zwischen präattentiven und attentiven Prozessen (von lat. *præ* = vor und

*attentio* = Aufmerksamkeit), während Weidenmann (1993: 17) lediglich zwischen dem inhaltlichen und dem indikatorischen Bildverstehen differenziert. Auch, wenn die terminologischen Bezeichnungen teilweise auseinandergehen, bleibt der Ablauf der Prozesse prinzipiell gleich. Um Missverständnisse zu vermeiden, werden in den folgenden Auslegungen vorrangig Ballstaedts (2003, 2006, 2012) Begrifflichkeiten verwendet.

### **2.2.1 Voraufmerksame Verarbeitung**

Die erste Ebene der visuellen Bildverarbeitung ist die voraufmerksame (präattentive) Verarbeitung. Sie wird als „ganzheitliche visuelle Organisation“ bezeichnet und ist entscheidend für den sog. „globalen Ersteindruck“ von Bildern (vgl. Ballstaedt 2003: 22). Gemeint ist damit die Fähigkeit, Bilder in Sekundenbruchteilen zu erfassen und zu erkennen. Was sich für den Betrachter wie selbstverständlich anfühlt, ist das Ergebnis unzähliger paralleler Prozesse und hat die biologische Funktion, eine schnelle Orientierung zu ermöglichen. Diese automatischen, nicht willentlich kontrollierbaren Wahrnehmungsvorgänge beruhen auf einer Reihe angeborener Prinzipien, sog. „Regeln der visuellen Intelligenz“, die jedem Bildgestalter vertraut sein sollten.

*Figur-Grund-Prinzip, Gestaltgesetze und Mustererkennung wirken in einer Weise zusammen, dass spontan eine eindeutig gegliederte visuelle Organisation entsteht. Sie bewirken prima vista ein sinnliches, ästhetisches Erleben, aber noch keine begriffliche Erkenntnis. Dieser erste Eindruck legt u. a. fest, ob wir ein Bild als komplex oder einfach, als strukturiert oder verwirrend empfinden.*

(Ballstaedt 2012: 23)

Die folgend veranschaulichten Regeln (siehe Tabelle 3, S. 19) beruhen auf den Grundsätzen der Wahrnehmungs- sowie Gestaltpsychologie und haben sich im Laufe der Evolution in der Interaktion mit der Realität herausgebildet (vgl. Ballstaedt 2003: 23). Sie führen letztlich dazu, dass aus der großen Zahl an möglichen Interpretationen eines Reizes nur diejenigen ausgewählt werden, die der Verstand am einfachsten handhaben kann. Dabei beziehen sie sich nicht auf Inhalte, sondern auf abstrakte Muster, Zusammenhänge, Eigenschaften und Verhältnisse (vgl. Niegemann et al 2008: 211f).

Tabelle 3 – *Gestaltgesetze der visuellen Wahrnehmung*

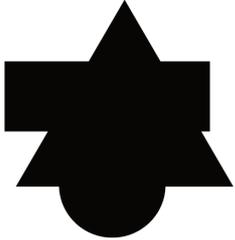
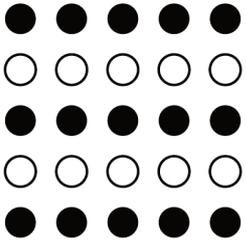
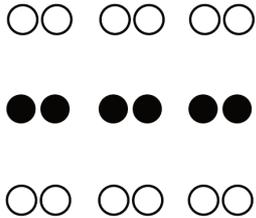
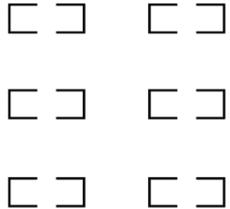
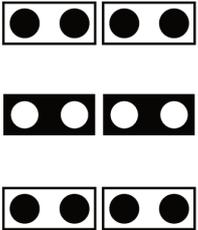
Gestaltgesetze	Erklärung	Beispielbild
<p><b>Gesetz der guten Gestalt (auch Prägnanz oder Einfachheit)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zentrales Gesetz der Wahrnehmung</li> <li>visuelle Informationen werden so gesehen, dass prägnante Strukturen und einfache Formen entstehen</li> <li>es werden drei Objekte (Rechteck, Dreieck, Kreis) gesehen</li> </ul>	
<p><b>Gesetz der Ähnlichkeit</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dinge mit ähnlichen visuellen Merkmalen (Form, Farbe, Größe, Textur, Geschwindigkeit etc.) werden als zusammengehörig wahrgenommen</li> <li>es werden drei dunkle und zwei helle Reihen gesehen</li> </ul>	
<p><b>Gesetz der Nähe</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>nah beieinanderliegende Komponenten werden als zusammengehörig wahrgenommen</li> <li>es werden trotz visueller Ähnlichkeit neun Gruppen mit je zwei Kreisen gesehen</li> </ul>	
<p><b>Gesetz der Geschlossenheit</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>offene Gestalten werden in der Wahrnehmung geschlossen</li> <li>es werden sechs Rechtecke gesehen, auch wenn sie nicht geschlossen sind</li> </ul>	
<p><b>Gesetz des gemeinsamen Bereichs</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>grafisch eingerahmte oder unterlegte Elemente, werden als zusammengehörig wahrgenommen</li> <li>es werden trotz visueller Ähnlichkeit sechs Zweiergruppen gesehen</li> </ul>	

Abbildung 1 – *Bildbeispiele der Gestaltgesetze (in: Tab. 3)*

(Quelle: selbsterstellte Abbildung)

Zusätzlich zu den betrachteten Gestaltgesetzen gibt es weitere Regeln der visuellen Intelligenz, die die Verarbeitung von Bildern unterstützen. So ist auch die sog. „**Figur-Grund-Wahrnehmung**“ (auch „Figur-Grund-Trennung“) ein zentraler Faktor der Wahrnehmungsorganisation. Durch sie wird das Blickfeld sofort in einen Hintergrund (Grund) und davorstehende Objekte oder Personen (Figur) eingeteilt (vgl. Ballstaedt 2003: 22). Dem Betrachter helfen dabei besonders klare Farb- und Helligkeitskontraste. Darüber hinaus kommt dem Rezipienten die **Mustererkennung** zu Gute, bei der Objekte, Gesichter oder Szenen mit im Gehirn gespeicherten prototypischen Mustern verglichen werden. Die Anzahl der „hinterlegten“ Muster ist mehr oder weniger unbegrenzt und in jedem sind die charakteristischen visuellen Merkmale eines Objekts gespeichert. Eine andere wichtige Regel beinhaltet die Berücksichtigung eines **vertrauten Blickwinkels**, welcher häufig durch eine Fluchtpunkt- oder Parallelperspektive gegeben wird. „Bei Gebrauchs- und Montageanleitungen bietet sich der subjektive Blickwinkel (auch ‚Beobachterperspektive‘) an. Bei dieser Perspektive sieht der Lernende das Objekt auf der Abbildung so, wie er es vor sich hat bzw. in der Hand halten soll“ (Niegemann et al 2008: 216). Unabhängig davon, ist es für den Bildgestalter unerlässlich, die Perspektive an das Lernziel anzupassen, da diese darüber entscheidet, welche Objektbereiche zu sehen sind und welche nicht. Ungünstige Perspektiven können das Verstehen erschweren und/oder folgenschwere Missverständnisse hervorrufen. Des Weiteren sind Objekte leichter erkennbar, wenn sie in ihrem bzw. einem gewohnten Kontext dargestellt werden. Durch diese **Kontextualisierung** können Objektgrößen besser abgeschätzt als auch bestimmte Szenenschemata (Vorwissen) aktiviert werden (vgl. Niegemann et al 2008: 218).

Ballstaedt (2003: 23) fasst bzgl. der ersten Verarbeitungsebene folgende Gestaltungsrichtlinien zur Verbesserung der Verständlichkeit instruktiver Bilder zusammen:

- **Ansicht, Perspektive**  
schnelles Verstehen durch gewohnte, bekannte Perspektiven
- **Übersichtlichkeit, Aufgliederung**  
inhaltlich Zusammengehöriges muss auch visuell gruppiert werden
- **Eindeutige Organisation**  
visuelle Organisation darf nicht durch ungewollte Wirkungen von Gestaltprinzipien gestört werden

### 2.2.2 **Aufmerksame Verarbeitung**

Schon während des globalen Eindrucks beginnt die aufmerksame (attentive) Verarbeitung des Bilds. In diesem Prozess werden die Bildinformationen durch eine Abfolge von Blickbewegungen

– Sprünge (Sakkaden) und Fixationen – detailliert ausgewertet. Erst, wenn bestimmte Bildelemente fixiert werden, sind sie im Bereich des „schärfsten Sehens“. Und nur während dieser Fixation werden die Objekte und Elemente erkannt und begrifflich bearbeitet bzw. verbalisiert (sog. „duale Codierung“). Dabei besteht nachweislich ein Zusammenhang zwischen den fixierten und versprachlichten Bildbereichen sowie den Inhalten, die später erinnert werden können (vgl. Ballstaedt 2003: 24).

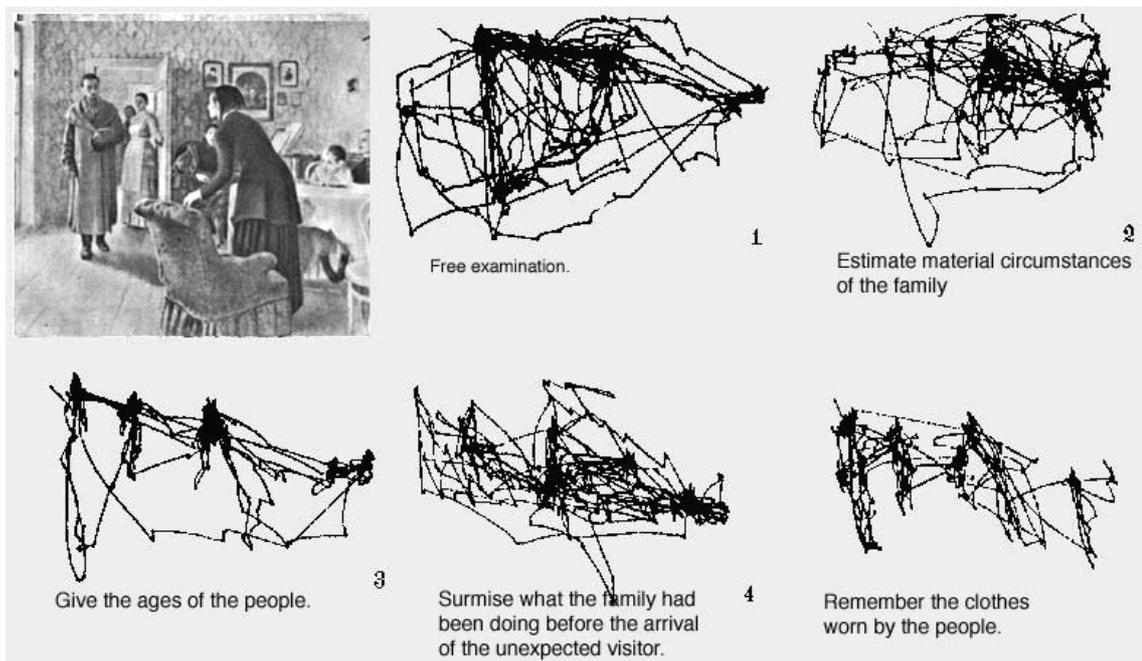


Abbildung 2 – Verschiedene Blickbewegungen in Eye-Tracking-Studie

(Quelle: Wikipedia Commons)

Die **Blickbewegungen** werden über zwei unterschiedliche Mechanismen gesteuert. Die **reflektorische Zuwendung** beruht auf unwillkürlichen Blickbewegungen, die durch Aufmerksamkeit erregende Anreize wie grellen Farben, ungewöhnlichen Schriften oder unerwartete (kontextfremde) Objekte gesteuert werden. Ebenso dazu zählen bestimmte biologische Schlüsselreize wie Gesichter (sog. „Kindchenschema“), bei denen vor allem die Augen- und Mundpartie am interessantesten ist (vgl. Ballstaedt 2012: 29). Wenn keine dieser auffälligen Reize vorhanden sind, fällt der Blick zuerst auf Areale mit hoher Informationsdichte oder optisch hervorgehobenen Komponenten. Bei der **willentlichen Exploration** werden die Blickbewegungen dagegen durch spezifische Interessen und bestehendes Vorwissen gesteuert. Jeder Betrachter sucht sich einfach gesagt seinen eigenen Weg durch das Bild und fokussiert die Bildbereiche, die für ihn informativ scheinen.

Ballstaedt (2003: 24f) hat einige Gestaltungsrichtlinien zusammengefasst, mit denen die Fixationen und Blickbewegungen beeinflusst werden können:

- **Einstieg**  
zum gelenkten Bildeinstieg visuelle Reize nutzen, auf die wir reflektorisch reagieren;  
z. B. Signalfarben, Popout-Effekte, Animationen etc.
- **Hervorhebung**  
wichtige Inhalte durch Schlüsselreize und grafische Auszeichnungen hervorheben;  
z. B. Strichstärke, Farben, Ausschnittvergrößerung, Einrahmungen etc.
- **Didaktische Reduktion**  
jede Reduktion visueller Komplexität schränkt Interpretationsmöglichkeiten ein;  
zu viele Details lenken ab
- **Angepasste Bildgröße**  
je größer das Bild, desto weitere Blicksprünge sind notwendig und  
desto mehr Zeit wird zum Verstehen benötigt
- **Blickmuster**  
kulturabhängig, von links nach rechts und oben nach unten
- **Visuelle Konventionen**  
leiten bzw. geben die Blickrichtung vor (Steuerungs-codes);  
z. B. Bezugszeichen und -linien, Bewegungspfeile etc.

### 2.2.3 Interpretative Verarbeitung

Das Verstehen von Bildern beginnt mit dem ersten Blick und wird mit jeder weiteren Fixation ausgeweitet – es ist ein inkrementeller Prozess (vgl. Ballstaedt 2003: 25). In der dritten Ebene geht es primär um die interpretative (begriffliche) Verarbeitung des Bilds, die vor allem von den eigenen Erwartungen, dem aktivierten Vorwissen und der Alltagserfahrung abhängig ist. Weidenmann (1993: 17) unterteilt diesen Interpretationsprozess in das inhaltliche und das indikatorische Bildverstehen. Bei Ersterem geht es darum, was das Bild zeigt – Letzteres zielt darauf ab, warum das Bild gezeigt wird und was der Rezipient damit anfangen soll.

Das **inhaltliche** (auch natürliche oder ökologische) **Verstehen** ist eine Art „Bestandsaufnahme“ des Bilds und beinhaltet zwei essentielle Fragen. Zum einen geht es darum, welche Objekte, Personen oder Szenen abgebildet sind und was über sie ausgesagt wird (Referenzverstehen). Zum anderen stellt sich die Frage, welche Beziehungen zwischen diesen Objekten, Personen oder Szenen bestehen (Prädikationsverstehen). Statische Bilder neigen in diesem Zusammenhang zur Vieldeutigkeit, weil sie nur eine Momentaufnahme darstellen und oft keine ausreichenden sprachlichen Äquivalente für Negationen, Konjunktionen und spezifischen Verben existieren (vgl. Ballstaedt 2012: 32). Diesen Mehrdeutigkeiten kann der Bildautor über den Einsatz von Darstellungs-codes entgegenwirken. Trotzdem kann es zu Verständnisproblemen

kommen, wenn die abgebildeten Dinge dem Adressaten unbekannt sind, die Perspektive oder Ansicht ungewöhnlich ist, die schlechte Bildqualität das Erkennen und Unterscheiden verhindert oder ein konkretes Abbild für einen abstrakten Begriff steht.

„Wichtigstes Merkmal von Abbildungen in Gebrauchsanleitungen muss ihre kompromisslose Ausrichtung als Informationsträger sein. Die gestalterische Ästhetik sollte selbstverständlich sein, tritt im Zweifelsfall aber hinter der Zweckmäßigkeit des erfolgreichen und sicheren Informations-transfers zurück.“

(Piehl 2002: 109)

Das **indikatorische Verstehen** kann als Schritt der „Aufnahmebegründung“ verstanden werden, die wiederum durch den Einsatz von Steuerungs-codes unterstützt werden kann. Der Rezipient versucht herauszufinden, was der Bildgestalter ausdrücken will (Ausdrucksfunktion) und warum ihm dieses Bild an genau dieser Stelle gezeigt wird (Appellfunktion). So werden Gestaltungsmerkmale als Indikatoren genutzt, um die beabsichtigte kommunikative Bildfunktion zu verstehen. Hier können Verständnisprobleme auftreten, wenn der Betrachtende den Nutzen des Bilds nicht erkennt oder das Bild falsch interpretiert. Davor schützen eine vorausgegangene Zielgruppenanalyse bzgl. des Vorwissens, eine zweckmäßige Gestaltung sowie zusätzliche piktorale und sprachliche Ergänzungen (vgl. Ballstaedt 2003: 26f).

### **2.3 Zusammenfassung**

Im Bereich der Technischen Kommunikation und Dokumentation kommt Bildern mehr als eine komplementäre Rolle zum Text zu. Denn auch das Verstehen von Bildern ist ein vielschichtiger Vorgang, der nicht unterschätzt werden darf. Je nach Zielgruppe, Bildfunktion und angewandten Konventionen unterscheidet sich die kognitive Verarbeitung. Drei elementare Ebenen des Verstehens lassen sich jedoch überall ausmachen – der gesamtheitliche Ersteindruck, die Detailauswertung durch Blickbewegungen sowie die begriffliche Verarbeitung (vgl. Ballstaedt 2012: 38).

Der Bildproduzent ist, durch die Berücksichtigung gewisser Prinzipien sowie den bewussten Einsatz und die sinnvolle Kombination visueller Konventionen, gestalterisch in der Lage, den Verstehensprozess auf jeder einzelnen Verarbeitungsebene zu unterstützen. Zur mentalen Unterstützung der voraufmerksamen Ebene ist es zu empfehlen, inhaltliche Zusammenhänge mithilfe der Gestaltgesetze zu verdeutlichen (Übersichtlichkeit, Organisation), aber auch ungewollte Wirkungen durch deren Kombinationen zu vermeiden. Außerdem sollte auf die kulturabhängige Leserichtung (Blickmuster) sowie eine dem Betrachter bekannte und schlüssige

Perspektive geachtet werden. Eine Hilfestellung für die aufmerksame Verarbeitungsebene bietet die generelle Reduktion auf wesentliche Bildinformationen, die Hervorhebung wesentlicher Inhalte über Schlüsselreize und Auszeichnungen (visuelle Konventionen) sowie die Beachtung einer angemessenen Gesamtbildgröße, um weite Blicksprünge zu meiden. Der interpretativen Verarbeitung kommt es zu Gute, wenn das Vorwissen der Zielgruppe sorgfältig geprüft und berücksichtigt wird, bildhafte Mehrdeutigkeiten vermieden werden, das Bild in einer adäquaten Qualität vorliegt und das Verstehen beim geringsten Zweifel an der korrekten Interpretation durch sprachliche und/oder piktorale Ergänzungen gesichert wird.

### **3 Visuelle Informationen in der Technischen Kommunikation**

Nicht erst die Technische Kommunikation hat sich den didaktischen Wert visueller Informationen zunutze gemacht. Seit jeher werden bildhafte Darstellungen in der Wissenskommunikation verwendet, um die teilweise komplexen sprachlichen Ausführungen zugänglich und verständlich zu machen. Nach Weidenmann (1993: 9) lässt sich generell zwischen informierenden und künstlerischen bzw. unterhaltenden Abbildern differenzieren. Erstere stehen im Fokus dieser Arbeit und sind von Informativität, Klarheit und Funktionalität geprägt, während letztere „lediglich“ ästhetische Aspekte verfolgen.

Das folgende Kapitel gibt einen Einblick in die historische Entwicklung informierender Bilder und fasst anschließend die wichtigsten gesetzlichen und normativen Festlegungen zusammen, die beim Einsatz (CAD-basierter) Instruktionsbilder in der Technischen Dokumentation relevant sind.

#### **3.1 Geschichte technischer Bilder**

Die ersten (Ab-)Bilder entstanden nachweislich schon vor über 35.000 Jahren. Sie zeigen die damaligen Menschen bei typischen Tätigkeiten wie dem Jagen, bei der Zubereitung von Essen oder bei der Kindererziehung, aber gleichzeitig auch bei der Benutzung von frühzeitlichen Werkzeugen. Letztere könnten als die ersten „technischen Bilder“ bezeichnet werden, wobei deren tatsächliche instruktive Absicht als sehr gering einzuschätzen ist. Erste historische Bausteine, an denen sich die Entwicklung einer informativen Abbildungskultur dokumentieren lässt, sind neben Höhlenmalereien aus der Steinzeit in der Antike zu finden. Das belegen u. a. eine etwa 4.000 Jahre alte maßgetreue Grundrisszeichnung eines Hauses aus Mesopotamien sowie der detaillierte Lageplan eines ägyptischen Goldbergwerks aus dem Jahr 1.300 v. Chr. (vgl. Schwender 2003: 35).

Der Akt der Wissensvermittlung bestand zum Beginn unserer Zivilisation im Grunde aus den drei Schritten „Vormachen – Zusehen – Nachmachen“. So wurden bspw. die Kenntnisse der Handwerkszünfte bis zur Hälfte des 15. Jahrhunderts weder sprachlich noch visuell festgehalten (vgl. Schwender 2010: 11f). Lediglich die Meister hatten die Aufgabe Wissen weiterzugeben, also zu erläutern, anzuleiten und zu verbessern. Es gab kurz gesagt keinen Bedarf an Medien. Der ausschlaggebende Punkt für die ersten instruktiven Texte und Bilder war die „mediale Fixierung,

um einerseits das Gedächtnis zu entlasten und andererseits die festgehaltenen Inhalte zu kommunizieren“ (Schwender 2003: 32). Texte mit bildhaften Aufzeichnungen dienten als Gedankenstütze, da das zu vermittelnde Wissen mit der Zeit so umfassend wurde, dass es nicht mehr zu behalten war. Nur so war Ratsuchenden ein gezielter und systematischer Informationszugriff möglich.

Als größter Pionier konstruktiv-informierender Abbildungen gilt der im Mittelalter lebende Leonardo Da Vinci (1452–1519). Er vereinte erstmals die Grundlagen heutiger technischer Darstellungsmittel wie die Zentralperspektive, Größenverhältnisse, Referenzbuchstaben und -ziffern sowie erläuternde Anmerkungen. Durch ihn entstanden die Vorläufer aktueller Detaildarstellungen und Schritt-für-Schritt-Bilder. Sein in diesem Zusammenhang wohl größter Nachlass, ist die Entwicklung der sog. „Explosionszeichnung“, welche den Aufbau und das Zusammenwirken komplexer Geräte zeigt und bis heute eine vielseitige Verwendung findet. Ein ebenfalls herausragender Vertreter war Georg Agricola (1494–1555), dessen visuelle Arbeiten vor allem durch einen hohen Detaillierungsgrad und einen bewusst arrangierten Bildaufbau beeindrucken. Er entwickelte und kombinierte als erster Schnitt- und Röntgendarstellungen sowie Funktionsansichten, die dem Leser (und Laien) das Verstehen erleichtern sollten. Die exakte Perspektive wurde dabei oftmals zu Gunsten einer eindeutigen Darstellung vernachlässigt. Auch das Problem der Bewegungs- und Richtungsabbildung wurde schon damals mit schlichten, und heutzutage üblichen, Mitteln gelöst. Gebräuchlich waren die Sequenzierung über schrittweise Bilder sowie der Einsatz von Bewegungslinien und Pfeilen innerhalb der Abbildung. (vgl. Schwender 2003: 39ff)

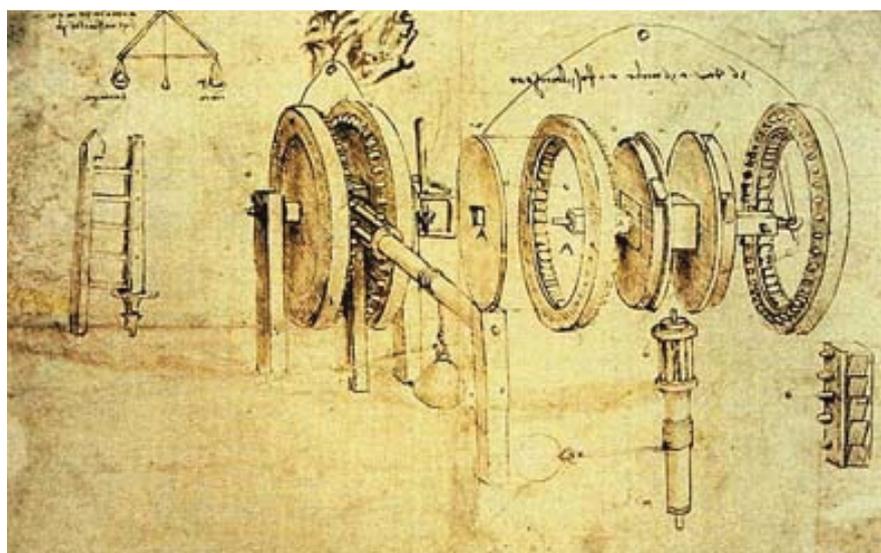


Abbildung 3 – Frühe Explosionszeichnung von Leonardo da Vinci (1503)

(Quelle: Wikipedia Commons)

„Durch Da Vinci und Agricola wurden praktisch alle heutzutage genutzten darstellerischen Mittel entwickelt“ (Schwender 2003: 46). Einzige Ausnahme bildet dabei die farbliche Gestaltung derartiger instruktiver Bilder. Diese ging erst mit der Weiterentwicklung der Zeichengeräte zum Computer und der digitalen Drucktechnik einher, die aber vor allem großen Einfluss auf die Bildästhetik und einen hohen Realitätsgrad der dargestellten Objekte hatte. Mittlerweile werden technische Bilder zum Großteil aus Produktgeometrien auf Grundlage von 3D-CAD-Datenmodellen generiert, gelegentlich werden auch noch Produktfotografien verwendet. Die händische Erstellung illustrativer Abbildungen für die Technische Kommunikation gehört der Vergangenheit an. Bleiben wird jedoch das Buch als Informationsträger, denn auch, wenn kein Medium die didaktische und emotionale Ebene der Technikvermittlung eines früheren Meisters erreicht (Lehrer-Schüler-Situation), so hat es doch ganz entscheidende Vorteile. Es ist und bleibt unabhängig von zusätzlicher Technik bzw. Energieversorgung, kompakt und schnell zu handhaben sowie stets vor Ort einsetzbar (vgl. Schwender 2010: 21).

### **3.2 Rechtliche Rahmenbedingungen**

Der Beginn des Multimedia-Zeitalters hat eine Reihe rechtlicher Entwicklungen angestoßen, die vor allem die Überarbeitung des Urheberrechtsgesetzes als auch die Klärung datenschutzrechtlicher Fragen erforderlich machten. Überdies steht in der Technischen Kommunikation und Dokumentation zudem das Produkthaftungsrecht (§§ 823 BGB; ProdHaftG) im Mittelpunkt. Dabei spielt nach wie vor der Aspekt der Gefahrenprävention durch die Produktinformation eine große Rolle, und das gilt für den visuellen ebenso wie für den sprachlichen Teil. Werden dem Nutzer Informationen, die zum sicheren Umgang mit dem Produkt erforderlich sind, falsch vermittelt oder fehlen sie sogar gänzlich, gilt das als Instruktionsfehler, welcher eine Sanktion in Form eines Schadensersatzanspruches gegenüber dem Hersteller nach sich ziehen kann.

Nach dem Produkthaftungsgesetz stellt auch das Produktsicherheitsgesetz (ProdSG) den Hersteller generell in die Pflicht, Produktdokumentationen in Papierform zur Verfügung zu stellen. „Der alleinige Zugriff auf die Produktinformationen über das Internet ist keinesfalls ausreichend, lediglich für zusätzliche multimediale dargebotene technische Informationen“ (Heuer 2010: 37). In der DIN EN 12100 „Sicherheit von Maschinen“ wird die Aussage insofern aufgeweicht, dass, falls die Anleitung in elektronischer Form vorliegt, mindestens alle sicherheitsrelevanten Informationen in Papierform vorliegen müssen.

## **Urheberrechtsgesetz**

Das deutsche Gesetz über Urheberrecht und verwandte Schutzrechte (UrhG) bildet die Grundlage für den Schutz persönlicher geistiger Werke der Literatur, Wissenschaft und Kunst sowie teilweise den Schutz von sog. „Geschmacksmustern“ (z. B. spezielle Farbkombinationen). Nicht urheberrechtsfähig wären bspw. rein aus der Natur entlehnte Darstellungsformen sowie Abbildungen, die aus gänzlich technischen Gegebenheiten entstehen (u. a. Röntgenbild). Im Blickpunkt dieser Arbeit steht vor allem der „Schutz wissenschaftlich-technischer Darstellungen“ (§ 2 Abs. 1 Ziff. 7 UrhG), welcher neben statischen Abbildungen und Piktogrammen auch Filmwerke (inkl. Animationen) sowie Fotografien vor der unerlaubten (Wieder-)Verwendung durch Andere bewahrt. Dabei kommt es nur unwesentlich auf die Ausdruckform an, sondern, „[...]“, dass das Werk grafisch oder räumlich Informationen über einen technischen (oder einen wissenschaftlichen) Sachverhalt vermitteln kann“ (Heuer 2003: 62). Nach einem Urteil des BGH vom 10.10.1991 ist es darüber hinaus entscheidend, ob bei der Abbildung verschiedene Gestaltungsmöglichkeiten bestanden und der Illustrator (Urheber) diese ihm zur Verfügung stehenden Mittel bewusst gewählt und angewendet hat. Zusammenfassend besteht grundsätzlich urheberrechtlicher Schutz für technische Darstellungen, solange die Abbildung nicht nur die rein konstruktiven Merkmale eines Produkts veranschaulicht, sie also nicht nach zwingend vorgeschriebenen Verfahrensweisen erstellt wurde und der Illustrator die Gestaltung demnach nicht selbst beeinflusst hat (vgl. Heuer 2003: 63f).

In der Technischen Kommunikation und Dokumentation kommt es häufig vor, dass illustrative Arbeiten durch externe Dienstleister erstellt werden. Gerade in diesem Fall sollte der urheberrechtliche Schutz unbedingt vertraglich festgehalten werden, einschließlich des konkreten Verwendungszwecks (Kontext) sowie etwaiger Miturheberschaftsklauseln. Wird das nicht explizit geregelt, greift in erster Linie die „Zweckübertragungstheorie“ (§ 31 Abs. 5 UrhG). „Demnach gelten die Verwertungsrechte als in dem Umfang übertragen, in dem es zur Erfüllung des Vertrages und zur Erbringung der vertraglichen Leistungen erforderlich ist“ (Heuer 2003: 69). Kritisch wird es dann, wenn das Werk über den ursprünglich angedachten Zweck hinaus genutzt wird, bspw. auch für den Marketingbereich. Der Ausgang solcher Fallkonstellationen und die daraus resultierenden rechtlichen Risiken (z. B. Unterlassung bzw. Verwendungsverbot) sind oft ungewiss und sollten von vornherein vermieden werden (vgl. Heuer 2003: 69f).

### 3.3 Relevante Normen und Richtlinien

Bisher gibt es kaum Normen oder Richtlinien explizit für Technische Illustrationen auf 3D-CAD-Grundlage – es wurde lediglich für die visuelle Gestaltung im Allgemeinen, vorrangig für Technische Zeichnungen, diverse Standards erarbeitet. Selbstverständlich muss zwischen Technischen Zeichnungen und Technischen Illustrationen differenziert werden, da schon die Zielgruppe eine gänzlich andere ist. Dennoch sind einige der festgelegten Systematiken und Konventionen sinnvoll und können übertragen werden. Folgend werden einige Normen vorgestellt, die im weiteren Sinne bei der Gestaltung Technischer Illustrationen und der Verwendung von 3D-Daten Anwendung finden.

#### **DIN EN 82079-1**

Die *DIN EN 82079-1* ist seit Juni 2013 gültig und löste die Vorgängernorm DIN EN 62079 ab, welche den Alltag Technischer Redakteure rückblickend maßgeblich beeinflusst hat. Wesentliche Änderungen betreffen verschiedenen Voraussetzungen, die Qualitätssicherung, Qualifikationskriterien für Prozessbeteiligte, die Berücksichtigung von Produktvarianten und unterschiedlichen Zielgruppen, den Einsatz neuer Medien sowie komplett überarbeitete Sicherheits- und Warnhinweise. Kapitel 6 der Norm beinhaltet umfangreiche Hinweise zur strukturellen, sprachlichen und auch visuellen Gestaltung von Gebrauchsanleitungen. Darin finden sich generelle Aussagen zur Qualität und Klarheit sowie zum Einsatz verschiedener Typen visueller Darstellungen. Außerdem werden notwendige Hervorhebungen, unterstützende Text-Kombinationen und -ergänzungen sowie die logische Anordnung bzw. Bildabfolge angesprochen. Es folgt ein relevanter Textausschnitt aus der DIN-Norm:

*Auf die Qualität und Klarheit der visuellen Darstellungen muss geachtet werden und auf die Wahl, wo Fotografien, Strichzeichnungen oder CAD-generierte Darstellungen am informativsten sind. Informationen in visuellen Darstellungen sollen die Informationen ergänzen, die in anderen Formen präsentiert sind, und sie sollten verständlich sein. Die visuellen Darstellungen sollten nicht mit Informationen überladen werden. Visuelle Darstellungen von komplexen oder bestimmten Informationen haben im Detail, das sie zeigen, selektiv zu sein (z. B. Querschnitte, Einzelteildarstellungen, konzeptionelle Diagramme und Comics).*

*Visuelle Darstellungen sollten [...] selbsterklärend und derart gestaltet sein, dass die Aufmerksamkeit auf wichtige Einzelheiten gelenkt wird. Visuelle Darstellungen sollten von einem kompetenten Grafiker oder technischem Illustrator einzeln für jeden Zweck ausgewählt und gestaltet werden.*

*Sofern dienlich, müssen Text und visuelle Darstellung zusammen angewendet werden, einander unterstützend, um die Gebrauchsanleitung verständlicher zu machen. Wenn visuelle Darstellungen erklärende Texte benötigen, müssen sie beieinanderstehen, so dass sie gemeinsam wahrgenommen werden. Informationen in visuellen Darstellungen und unterstützendem Text sollten identisch und deutlich sein. Die Abfolge der visuellen Darstellungen sollte logisch und verständlich sein.*

Galbierz et al 2014: 147f

Die ebengenannten Empfehlungen zu visuellen Darstellungen gelten laut Aussage der Autoren prinzipiell, egal, ob Fotografien, Strichzeichnungen oder CAD-generierte Darstellungen (vgl. Galbierz et al 2014: 147).

### **DIN ISO 128**

Die allgemeinen Grundlagen der Darstellung nach *DIN ISO 128* vom September 2003 sind vorrangig auf Technische Zeichnungen anwendbar, unabhängig davon, ob sie manuell oder digital erstellt werden. Als oberstes Ziel der Norm gilt der erleichterte internationale Austausch von visuellen Informationen, indem deren Einheitlichkeit durch ein umfassendes System an Regeln und Empfehlungen gesichert wird. Nach der *DIN ISO 128* sollen Technische Zeichnungen vor allem eindeutig und klar, vollständig, maßstäblich, sprach- und ansichtsunabhängig sowie normgerecht sein (vgl. Gabriel 2003: 78).

Die Norm ist in Nummernblöcke für die einzelnen Bestandteile gegliedert, welche zahlreiche Begriffserklärungen und Ausführungsbeispiele für deren Anwendung geben. Speziell für Technische Redakteure/Illustratoren sind die Teile 20 und 24 zur korrekten Verwendung der Linienarten und -stärken sowie die Teile 40 und 44 zur Darstellung von Schnitten zu erwähnen.

### **DIN ISO 5456**

In der Norm *DIN ISO 5456* aus dem Jahr 1998 werden Projektionsmethoden für die Darstellung Technischer Zeichnungen festgeschrieben. Bei klassischen Darstellungen gelten vor allem Ansichten in zweidimensionaler Ausführung als Standard, die aber für Laien oft schwer zu interpretieren sind, da sie ein ausgesprochen gutes räumliches Vorstellungsvermögen erfordern. Daraus entstand die Notwendigkeit, leicht verständliche Bilder zu vermitteln, bei denen der Gegenstand dem Betrachter dreidimensional – und damit „alltäglicher“ – erscheint.

Zentrale Anwendungsgebiete der Norm sind Zeichnungen der mechanischen Technik und des Bauwesens, Handbücher und Bedienungsanleitungen sowie Röntgen- und Explosionsdarstellungen. Die Richtlinie ist wie die *DIN ISO 128* in mehrere Teile gegliedert, wobei die Nummern 2–4 besonders zu erwähnen sind. Die *DIN ISO 5456-2* beinhaltet orthogonale,

zweidimensionalen Ansichten (von vorn, oben, links, rechts, unten und hinten). Die DIN ISO 5456-3 beschreibt die drei am häufigsten verwendeten axonometrischen Projektionsdarstellungen (isometrisch, dimetrisch und schiefwinklig). Die DIN ISO 5456-4 hat die Zentralprojektion zum Thema, welche der menschlichen Sicht auf ein Objekt am nächsten kommt und über verschiedenen Methoden umgesetzt werden kann (Einpunkt-, Zweipunkt-, Dreipunkt- und Koordinatenmethode) (vgl. Gabriel 2003: 81ff).

### **DIN 32869**

Die *DIN 32869*, welche im Jahr 2011 letztmals aktualisiert wurde, beschäftigt sich mit dreidimensionalen CAD-Modellen in der Technischen Produktdokumentation und ist in die Teile „Anforderungen an die Darstellung“ (Teil 1), „Anforderungen an Attribute“ (Teil 2) und „Funktionselemente“ (Teil 3) gegliedert. Grundlegendes Ziel der Norm ist die Vereinheitlichung der technischen Darstellung sowie die informationstechnische Verarbeitung von CAD-Zeichnungen auf dem Bildschirm. Nachdem in Teil 1 größtenteils Begrifflichkeiten definiert werden, beinhaltet Teil 2 den Aufbau und die Darstellung von Attributen bei 3D-CAD-Modellen (Bemaßung, Toleranzen etc.) sowie einige Anwendungsbeispiele. Teil 3 definiert zusätzliche Parameter für die vollständige Beschreibung von ausgewählten Funktionselementen im Sinne von Konstruktions- und Bearbeitungsobjekten, um eine durchgehende und unternehmensübergreifende Anwendung zu ermöglichen (vgl. Gabriel 2003: 86f).

### **VDA 4955**

Die Zeiten, in denen (vor allem größere) Kunden von ihren Zulieferern Produktzeichnungen oder 2D-CAD-Daten verlangten, liegen lange zurück. Stattdessen werden immer häufiger 3D-CAD-Produktmodelle erwartet, die in den eigenen 3D-Systemen weiterverarbeitet werden können. Mit den notwendigen Qualitätsanforderungen an solche 3D-CAD-Daten befasst sich die *VDA-Empfehlung 4955 „Umfang und Qualität von CAM/CAD-Daten“* aus dem Jahr 2006. Sie beschreibt die geometrischen und nicht-geometrischen Qualitätskriterien für 3D-CAD-Modelle und daraus abgeleitete Zeichnungen mit dem Ziel, deren Nutzbarkeit über alle Entwicklungs- und Fertigungsstufen sicherzustellen und Aufwände zur Korrektur oder Neuerzeugung zu vermeiden (vgl. VDA 4955 2006: 9).

Auf Grundlage dieser VDA-Empfehlung forschte u. a. Stekolschik (2007: 34f [ONLINE]) nach möglichen **CAD-Modell-Qualitätsanforderungen** und teilte diese primär in elementare, semantische und übergreifende Anforderungen ein. **Elementare Qualitätsforderungen** sind zum einen die geometrischen Kriterien, welche detailliert in der VDA 4955 beschrieben werden und Aufschluss darüber geben, „wie und mit welcher Genauigkeit Geometrieelemente erzeugt

werden sollten, damit die Weiterverarbeitung innerhalb der Prozesskette möglich ist“ (Stekolschik 2007: 35 [ONLINE]). Grundlegend sind zum anderen die numerischen Qualitätsanforderungen für die korrekte mathematische Beschreibung des Modells wie die richtige Flächenausrichtung im Raum oder die hundertprozentige Regenerierbarkeit. Diese Merkmale bilden die Basis des klassischen Qualitätsverständnisses und können größtenteils über Prüfprogramme validiert werden.

Die erste der **semantischen Qualitätsanforderungen** ist die Nachvollziehbarkeit der Konstruktionsabsicht, womit die richtige Benennung und Strukturierung der Modellelemente sowie die Verwendung von Eigenschaften, Einschränkungen und klaren Hilfselementen gemeint ist (vgl. Stekolschik 2007: 36 [ONLINE]). Die zweite Forderung betrifft den Modellierungsweg bzw. den methodischen Aufbau des 3D-Modells, da dieser unter Umständen entscheidend für die spätere Nutzung ist. Da moderne parametrische Systeme eine Modellierung auf unterschiedlichsten Wegen ermöglichen, ist die Umsetzung allerdings nur schwer zu erfüllen. Der dritte Punkt fordert die Erfüllung der Modellierungsabsicht, also die Berücksichtigung des Aussehens der Endgestalt des 3D-Modells.

Darüber hinaus stellt Stekolschik (2007: 36 [ONLINE]) drei **übergreifende Qualitätsanforderungen** auf. Diese beinhalten sämtliche organisatorischen Erfordernisse der VDA 4955, die für die eindeutige Identifizierung und Verwendung sowie die Unterstützung durch Produkmanagementsysteme (PMS) benötigt werden. Außerdem stellt er Forderungen an die zeitliche Komponente, denn die effektive Modellnutzung setzt prinzipiell eine pünktliche Modellbereitstellung voraus. Abschließend werden einige wirtschaftliche Aspekte betrachtet, die das Gleichgewicht zwischen benötigtem Zeitaufwand für die methodische Modellierung und dem realen Nutzen sowie den Gesamtproduktionskosten sichert (vgl. Stekolschik 2007: 36 [ONLINE]).

### **Ergänzende Normen und Richtlinien**

Die Nennung und inhaltliche Aufarbeitung sämtlicher Normen, Richtlinien und Empfehlungen, die bei der Planung, Erstellung und Verwendung technischer Bilder Anwendung finden, würde den Rahmen dieser Arbeit bei Weitem übersteigen. Neben den schon beschriebenen, werden folgend einige weitere relevante Normen und Richtlinien aufgezählt:

- **DIN EN ISO 10303 (2008):** „Industrielle Automatisierungssysteme und Integration – Produktdarstellung und -austausch“
  - **STEP** (Format) „Standard for the exchange of product model data“
- **DIN EN ISO 14306 (2017):** „Industrielle Automatisierungssysteme und Integration“
  - **JT** (Format) „Datenformat-Spezifikation in der 3D-Visualisierung“

- **VDI 4500 - Blatt 4 (2011):** „Technische Dokumentation – Planen, Gestalten, Erstellen – Grafische Darstellungen“
- **VDI 2209 (2009):** „3D-Produktmodellierung – Technische und organisatorische Voraussetzungen – Verfahren, Werkzeuge und Anwendungen – Wirtschaftlicher Einsatz in der Praxis“
- **VDI 2249 (2003):** „Informationsverarbeitung in der Produktentwicklung – CAD-Benutzungsfunktionen“
- **VDI 2216 (1994):** „Datenverarbeitung in der Konstruktion – Einführungsstrategie und Wirtschaftlichkeit von CAD-Systemen“
- **VDI 6027 Blatt 2 (2005):** „Anforderungen an den Datenaustausch von CAD-Systemen – Anlagentechnik“

Abschließend muss konstatiert werden, dass zwar für Technische Zeichnungen und den Umgang mit CAD-Daten einige Normen und Richtlinien zur Verfügung stehen, diese jedoch auf die in der vorliegenden Arbeit fokussierten Technischen Illustrationen nur teilweise anwendbar sind. Es fehlen generelle Aussagen über die Verwendung verschiedener Illustrationsstile, einschließlich deren farbliche Gestaltung und dem expliziten Einsatz von Darstellungs- und Steuerungs-codes. Lediglich die DIN EN 82079-1 gibt einige nützliche Gestaltungshinweise, bleibt aber im Großen und Ganzen ebenfalls zu allgemein.

## 4 Technische Illustrationen auf 3D-CAD-Grundlage

Nachdem generelle Typen, Funktionen und die Verarbeitung von Bildern sowie deren geschichtliche und normativ-rechtlichen Hintergründe betrachtet wurden, richtet sich der Fokus im weiteren Verlauf der Arbeit explizit auf 3D-CAD-Illustrationen in der Technischen Kommunikation. Dabei wird prinzipiell zwischen manuell erstellten und computerberechneten Illustrationen differenziert, die sich durch ihre verschiedenen Stärken und Schwächen jeweils für unterschiedliche Einsatzzwecke empfehlen. Durch die illustrative Gestaltung und den individuellen Einsatz visueller Konventionen ist der Technische Redakteur und Illustrator in der Lage, die Vorzüge der repräsentativ-instruktiven Abbilder zu fördern und die Nachteile zu regulieren.

Das folgende Kapitel beinhaltet die vorteilhafte Verwendung von 3D-CAD-Daten als Teil der gesamten CAX-Prozesskette, typische Ausgabeformate und -medien im Bereich der Technischen Dokumentation sowie eine Reihe relevanter Begriffsdefinitionen. Anschließend werden drei praxisrelevante Illustrationsstile klassifiziert und charakterisiert, die Anwendung und Kombination visueller Konventionen erläutert und anhand einiger praxisnaher Darstellungsmethoden veranschaulicht.

### 4.1 Verwendung von 3D-CAD-Daten

Die Verwendung und der Einsatz von 3D-CAD-Modellen im Bereich der Technischen Kommunikation und Dokumentation ist nur ein Abschnitt der umfassenden CAX-Prozesskette – beginnend mit der computergestützten Konstruktion und Modellierung (CAD), Simulation und Berechnung (CAE), Arbeitsvorbereitung (CAPP) und Fertigung (CAM) über die Qualitätssicherung (CAQ) bis zur in dieser Arbeit entscheidenden illustrativen Verarbeitung für Dokumentationen und den Vertrieb. Darüber hinaus bilden 3D-CAD-Daten die Basis für Animations-, Instruktions- und Marketingvideos.

Die Nutzung dreidimensionaler CAD-Modelldaten bringt generell laut Vajna (vgl. et al 2009: 170), insbesondere gegenüber 2D-Systemen, folgende Vorteile mit sich:

- diverse ‚intelligente‘ Funktionen der 3D-CAD-Systeme beim Entwurfsprozess
- vollständigere Produktmodelle
- weniger einzeln zu erstellende und zu verwaltende Dokumente
- (teil-)automatisch abgeleitete Unterlagen (Zeichnungen, Stücklisten, Ersatzteilkataloge, Montageanleitungen)
- frühes Erkennen und Vermeiden funktionaler und fertigungstechnischer Probleme

- weniger Optimierungszyklen im Produktentwicklungsprozess
- Qualitätssteigerungen in der Entwicklung und Konstruktion
- weniger Fehler in späteren Produktentstehungsphasen (Prototypenbau, Fertigung, Montage)

Festzuhalten ist, dass auch bei der Erstellung Technischer Illustrationen nur noch selten ohne 3D-CAD-Daten gearbeitet wird, da deren Einsatz schon in vorstehenden Produktentwicklungsprozessen forciert wird. Somit stehen die 3D-Daten früh zur Verfügung, sind variabel einsetzbar, leicht zu aktualisieren und ersparen dem Redakteur und Illustrator jede Menge Zeitaufwand. Typische Anwendungsszenarien von 3D-CAD-Daten in der Technischen Kommunikation sind Abbildungen in Produkthandbüchern, Betriebs- und Bedienungsanleitungen, Wartungs- und Montageanweisungen, Softwaredokumentationen, Ersatzteilkatalogen sowie Marketingunterlagen und Animationen.

## 4.2 Ausgabeformate und -medien

Um Bilder in ein Dokument einzubinden, müssen sie in digitalem Format vorliegen. Dabei spielt es vorerst keine Rolle, ob diese mit der Hand oder mit dem Computer gezeichnet bzw. errechnet wurden. Es folgen einige Aspekte digitaler Bilder, die für die im Fokus stehenden 3D-CAD-Illustrationen in Technischen Dokumentationen relevant sind.

Nach Ballstaedt (2012: 152) verstehen wir unter digitalen Bildern zunächst grundsätzlich alle visuellen Darstellungen, die aus Dateien generiert werden. Sie sind zu Beginn immer Bestandteile eines Programms, mit dem sie verarbeitet und auf einem Medium angezeigt werden. Schlussendlich ausgedruckt, unterscheiden sich die digitalen Bilder wahrnehmungspsychologisch nicht mehr von anderen Abbildern. Weiter differenziert Ballstaedt (2012: 152) zwischen **aufgenommenen**, **konstruierten** und **errechneten** digitalen Bildern. Erstere bezeichnet er als „[...] neue digitale Form der Reproduktion von Wirklichkeit“ und meint damit Bilder aus Digitalkameras oder Scannern. Unter konstruierten Bildern versteht er mittels Grafik-Software visualisierte Charts, Tabellen und Diagramme – also Darstellungen, die so in der Wirklichkeit nicht zu finden sind. Zu Letzterem gehören neben einschlägigen bildgebenden Verfahren aus der Medizin alle durch 3D-Software entstandene bzw. errechnete Abbildungen (sog. „virtuelle Bilder“).

Grundsätzlich gilt, wer Bilder für eine Publikation vorbereitet, muss wissen, in welcher Auflösung und in welchem Farbraum sowie Dateiformat sie für den Druck bereitgestellt werden müssen

(vgl. Ballstaedt 2012: 156). Die Auflösung lässt sich als ein Maß der Genauigkeit beschreiben, die ein Gerät (Medium) aufzeichnen oder wiedergeben kann. Dabei gilt grundsätzlich, je höher die Auflösung, desto detaillierter das Bild (Ausnahme: vektor-basierte Bilder). Bei der Angabe wird zwischen der **absoluten Auflösung**, Anzahl der Bildpixel des Wiedergabemediums (Bildschirm), und der **relativen Auflösung**, Anzahl der Bildpixel bezogen auf ein Längenmaß („dots per inch“ = dpi; Scanner/Drucker), unterschieden. Die optimale respektive die notwendige Auflösung eines digitalen Bilds orientiert sich dabei stets an der späteren Ausgabe und dem Verwendungszweck.

Über die Auswahl eines Farbmodells wird die Anzahl der Farben festgelegt, die das Ein- oder Ausgabemedium (Bildschirm, Beamer, Scanner) darstellen kann (vgl. Ballstaedt 2012: 154). Weltweit existieren über 30 verschiedene Farbmodelle, von denen aber nur zwei wirklich bedeutsam sind. **RGB** (Red, Green, Blue) basiert auf dem Dreifarbenmodell der Wahrnehmungspsychologie und ist vorrangig für die Farbdarstellung auf „leuchtenden“ Ausgabemedien (Bildschirm, Beamer) geeignet. Die Mischung aller Farben ergibt hier Weiß, weshalb RGB als ein **additives Farbmodell** bezeichnet wird. Zusätzlich bleibt zu erwähnen, dass es zum jetzigen Stand noch kein Wiedergabegerät gibt, das den vollständigen Farbraum des menschlichen Auges wiedergeben kann. **CMYK** (Cyan, Magenta, Yellow, Key/Black) gilt als Standard des modernen Vierfarbdrucks, was bedeutet, dass alle anderen Formate werden zum Druck dahingehend konvertiert werden. In diesem Fall ergibt die Mischung aller Farben Schwarz – ein **subtraktives Farbmodell**.

Bei der Erstellung und Verwendung mindestens genauso entscheidend, wie die Auflösung und das Farbmodell, ist die Frage nach dem **Bildformat**. Generell wird bei digitalen Bildern zwischen Pixel- und Vektorformaten unterschieden. Bei beiden Formaten handelt es sich um digital erstellte (Computer-)Grafiken, jedoch heben sie sich in den Punkten mathematische Beschreibung, Komprimierung, Skalierbarkeit und Verwendung stark voneinander ab.

**Pixelgrafiken**, auch Rastergrafiken, bestehen, wie der Name schon sagt, aus einer rasterförmigen Anordnung von Pixeln (picture element = Bildpunkt) und eignen sich zur Darstellung komplexer repräsentativer und nicht-repräsentativer Abbilder (Fotos, Scans). Ein Bildpunkt ist dabei das kleinste darstellbare und adressierbare Bildelement, dem jeweils eine einzige Farbe zugeordnet werden kann. Hauptmerkmale von Pixelgrafiken sind somit eine feste Bildgröße bzw. -auflösung, also die Breite und Höhe gemessen in Pixeln, sowie die Farbtiefe. Die Farbtiefe ermöglicht die Differenzierung aller möglichen Farb- bzw. Helligkeitswerte, in dem jeder Farbkanal eines Pixels durch eine Anzahl von Bits beschrieben wird. Bei Bildern mit einer

Farbtiefe von 1 Bit, kann jedes Pixel 2 Farben annehmen, also z. B. schwarz oder weiß. Am verbreitetsten ist der RGB-Farbraum mit jeweils 8 Bit pro Farbkanal (Rot, Grün, Blau). Ein RGB-Bild mit 8 Bit pro Kanal hat 256 mögliche Farben bzw. Abstufungen, also insgesamt 24 Bit, was rund 16,8 Millionen unterschiedlichen Farbwerten entspricht.

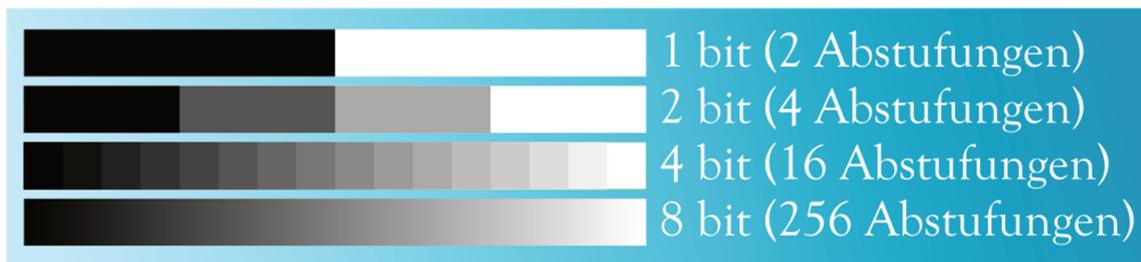


Abbildung 4 – Farbtiefe aus Abstufungen in Bit

(Quelle: Wikipedia Commons)

Die spätere Dateigröße und der damit beanspruchte Speicherplatz digitaler Bilder steht im direkten Zusammenhang mit der Bildauflösung und der Farbtiefe, hängt aber auch von der abschließenden Komprimierung ab. Bei der Bildausgabe in typische Pixelformate wird zwischen verlustfreien (JPG, PNG, TIF, BMP, GIF) und verlustbehafteten (JPG, GIF) Kompressionsverfahren unterschieden – manche Formate lassen auch beides zu. Darüber hinaus haben sich sog. „proprietäre Formate“ großer Softwarefirmen (z. B. PSD von Adobe Photoshop) etabliert.

Ein großer Nachteil pixelbasierter Formate ist die nur begrenzt mögliche Vergrößerung (Skalierung) der Bilder. Wenn die Pixel im Verhältnis zum betrachteten Bildausschnitt sehr klein sind, wird die Rasterstruktur nicht wahrgenommen. Sie erscheint als natürlicher Farbverlauf, ähnlich eines Mosaiks aus größerer Entfernung. Wird dagegen der Bildausschnitt kleiner (Zoom), ist das Raster wieder stärker zu erkennen und das Bild wirkt unscharf (ugs.: „verpixelt“). Bei der Erstellung muss also unbedingt die notwendige Ausgabegröße (bzw. -auflösung) berücksichtigt werden, da es sonst bei notwendigen Skalierungen zu Qualitätsverlusten kommen kann.

**Vektorgrafiken** bestehen dagegen nicht aus vielen einzelnen Bildpunkten, sondern sind aus genau definierbaren grafischen Primitiven (Punkte, Linien, Kreise, Kurven) zusammengesetzt, die als reine zweidimensionale, mathematische Beschreibung gespeichert werden. Bei der exakten Definition der Bildobjekte werden mindestens die Form und Position sowie darüber hinaus Farben, Strichstärken oder diverse Füllmuster hinterlegt. Die großen Vorteile gegenüber Pixelgrafiken sind der meist geringere Speicherplatzbedarf sowie die auflösungsunabhängige Skalierbarkeit und Transformation (vgl. Ballstaedt 2012: 154).

Der Nachteil ist ein gewisser inhaltsabhängiger Wiedergabeaufwand in Rechenzeit und Arbeitsspeicher, weil Vektorgrafiken zur Darstellung auf heute üblichen Bildschirmen zuerst gerastert werden. Zudem wird bei komplexen Bildern schnell die Grenze der „Vektorisierbarkeit“ erreicht, da die einzelnen Elemente nicht mehr nur über grafische Primitive definiert werden können. Typische 2D-Vektorformate sind SVG, EPS und SWF sowie die proprietären Pendanten AI und DES (Adobe Illustrator, Corel Designer). Typische Anwendungsbereiche von Vektorbildern sind Grafiken (Logos), Illustrationen (2D + 3D), Computerschriften (PostScript) und Seitenbeschreibungssprachen (PDF) sowie Geoinformationssysteme (GIS). Bei 3D-CAD-Daten werden die Objektgeometrien als dreidimensionale Vektordaten gespeichert, was z. B. eine berechnete Bemaßung sowie eine automatische Ausgabe von Strichillustrationen oder Stücklisten ermöglicht.

Im Folgenden werden einige relevante **3D-CAD-Formate** (STEP, IGES, DXF, JT) beschrieben, die den Datenaustausch zwischen unterschiedlichen CAD-Systemen oder die Datenintegration in andere Anwendungssysteme der CAx-Prozesskette ermöglichen.

Das systemneutrale Datenmodellformat **STEP** (Standard for the exchange of product data) ist das Ergebnis einer von ISO initiierten Schnittstellennorm (DIN EN ISO 10303) mit dem Ziel, sämtliche physikalischen und funktionalen Produktdatenmerkmale zu beschreiben, die im computergestützten Produktlebenszyklus nötig sind. Die Besonderheit ist, dass sich die Metadaten (Eigenschaften) prinzipiell aus genormten Basismodellen für u. a. Geometriedaten, hierarchische Strukturen und Toleranzen zusammensetzen und darauf verschiedene vordefinierte Anwendungsprotokolle (AP) für fallspezifische Implementierungen angewendet werden (z. B. „AP 201: Zeichnungserstellung – Explicit draughting“). Somit sind 3D-CAD-Daten im STEP-Format flexibel auf andere Anwendungsgebiete wie Stücklisten, Material oder Kinematik erweiterbar (vgl. Stekolschik 2007: 20f [ONLINE]).

Ein weiteres herstellerungebundenes Datenaustauschformat für 2D- und 3D-CAD-Daten ist **IGES** (Initial graphics exchange specification). Das ANSI-kompatible Format ist in Abstimmung verschiedener Softwareanwender und -hersteller entstanden und wurde vorrangig zur Übertragung von reinen Geometriedaten entwickelt. Die Modellelemente werden dabei als einzelne Einheiten, sog. „Entities“, gespeichert und können nach einer beliebigen Hierarchiestruktur angeordnet werden. Die Primitiven (Punkte, Linien, Kreise, Kurven, Flächen, Volumen) der Zeichnung oder des Modells werden dabei durch verschiedene Entity-Typen repräsentiert (vgl. Stekolschik 2007: 20 [ONLINE]). Der benötigte Speicherplatz für IGES-Daten kann deshalb, im Vergleich zu STEP-Daten, beim identischen Modell um einiges größer ausfallen. Dem

gemeinsamen Vorteil solcher neutralen Formate, dass sie von beinahe jedem CAD-System geöffnet und verarbeitet werden können, steht auch ein Nachteil gegenüber. Sie unterstützen, im Gegensatz zu den systeminternen Formaten einiger Branchengrößen, keine assoziative Bearbeitung. Das bedeutet, dass sich Veränderungen am grundlegenden Geometriemodell nicht automatisch auf das aktuelle Konstruktionsmodell sowie die bereits erstellten Ansichten auswirken.

Das Drawing Interchange File Format (**DXF**) ist ein natives Dateiformat zum Austausch vektorisierter Geometriedaten zwischen CAD-Systemen und wurde in den 90er Jahren von der Firma *Autodesk* entwickelt. Damals spielte es vorrangig als Schnittstelle von und nach *AutoCAD* eine Rolle – mittlerweile beherrscht annähernd jede CAD-Software den Import und Export dieses CAD-Formats. Einige exklusive Funktionen sind jedoch der systeminternen Nutzung durch Autodesk vorbehalten. Ein anderes ursprünglich proprietäres 3D-CAD-Datenformat mit inzwischen internationaler Normung (DIN EN ISO 14306) ist **JT** (Jupiter Tessellation), deren Entwicklung und industrieweite Verbreitung vor allem von Siemens PLM vorangetrieben wird. Das Datenformat mit Parasolid-Modellierkern unterstützt sowohl „tesselierte“ Dreiecksflächen- als auch exakte „B-Rep“-Geometrien und gilt als besonders kompakt, inhaltsreich sowie leicht anzuzeigen. Außerdem ermöglicht es die Speicherung und fehlerfreie Übertragung wichtiger Metadaten wie Fertigungstoleranzen, 3D-Hinweise, Baugruppeninformationen, Schnittstellen-Version etc. (vgl. Stekolschik 2007: 21f [ONLINE]).

Logisch, aber deshalb nicht weniger erwähnenswert ist, dass bei neutralen CAD-Datenaustauschformaten wie STEP und IGES zum Lesen und Schreiben jeweils ein systeminterner Konvertierungsprozess notwendig ist, bei dem häufig Ungenauigkeiten auftreten. Während native bzw. proprietäre Formate wie DXF vom hauseigenen System direkt und fehlerfrei weiterverarbeitet werden können.

Bei der Ausgabe visueller Informationen lässt sich formal zwischen **Print- und Digital- bzw. Onlinemedien** unterscheiden. Die überwiegende Zahl der im Handel erhältlichen Produkte (Industrie- und Consumer-Bereich) werden nach wie vor mit einer auf Papier gedruckten Dokumentation ausgeliefert. Im Softwarebereich wird laut den aktuellen Branchenkennzahlen der tekom (2017) dagegen schon zu 90 Prozent der Bildschirm als Ausgabemedium genutzt. Die Produktinformationen werden in diesem Fall auf einem Datenträger (CD) beigelegt und/oder stehen auf der Homepage des Herstellers zum Download bereit. Eine Besonderheit sind direkt in die Software integrierte Online-Hilfen, deren kontextsensitive Informationen oftmals den Blick in das (gedruckte) Handbuch ersparen. Generell haben sich mit der Zeit für alle Ausgabe-

medien konkrete Gestaltungshinweise herausgebildet, die dem Leser in jeder Situation eine möglichst effektive und gleichzeitig komfortable Informationsaufnahme ermöglichen. Im Bereich der Technischen Kommunikation liegt der Fokus aber mittlerweile auf einer multi-medialen Dokumentationserstellung. So wird über Modularisierungen, Content-Management-Systeme und andere Redaktionssysteme ein Produkt geschaffen, das die Ausgabe für alle Medienformate erlaubt, ohne, dass umständliche Anpassungen nötig werden.

Für die Darstellung Technischer Illustrationen auf 3D-CAD-Grundlage sind in Abhängigkeit des Ausgabemediums einige Faktoren zu beachten. Neben der generellen Entscheidung zwischen Pixel- und Vektorbildern, die für unterschiedliche Zwecke zum Einsatz kommen, müssen die Ausgabegröße (Bildauflösung) sowie das korrekte Datenformat inklusive benötigter Komprimierung berücksichtigt werden. Außerdem muss der Farbraum entsprechend der späteren Ausgabe definiert werden (RGB = Digital-Ausgabe; CMYK = Print-Ausgabe). Weiterhin ist das heute als Standard geltende „responsive Webdesign“ bei der Darstellung von Online-Dokumenten zu bedenken. Damit passen sich etwaige Bildelemente automatisch und verlustfrei an die Größe des Wiedergabegeräts (Monitor, Tablet, Smartphone) an, solange die Grafik in ausreichender Auflösung hinterlegt wurde. In diesem Fall müssen unbedingt dem Bild hinzugefügte visuelle Codes oder Symbole (z. B. Callouts, Pfeile, Legenden etc.) bedacht werden, da diese ebenfalls skaliert werden und unter Umständen nicht mehr zu lesen sind.

Einen Sonderfall bildet die zukünftig wachsende Nutzung instruktiver 3D-Animationen, die ebenfalls auf Basis von CAD-Modelldaten entstehen und selbstredend nicht als Druckerzeugnisse dargestellt werden können. Für die Anzeige solcher Videos werden zu den jetzigen mobilen Wiedergabemedien weitere hinzukommen (Virtual- und Augmented-Reality-Brillen sowie -Linsen).

### **4.3 Begriffsdefinitionen**

Die vielen Sprachvariationen bildlicher Darstellungen machen es notwendig, ausgewählte Begrifflichkeiten zu definieren, um sie später klar voneinander abgrenzen und konsistent verwenden zu können. Es folgen für die Arbeit relevante terminologische Differenzierungen zwischen den Begrifflichkeiten visueller Informationen, einige Erläuterungen zu 2D- und 3D-Darstellungen sowie weitere Schlagworte zum Grundverständnis Technischer Illustrationen auf 3D-CAD-Grundlage.

**Abbildungen** oder **Abbilder** sind repräsentationale Bilder, die eine reale Projektion von Gegenständen, Personen, Situationen oder Handlungen zeigen. Die einzige wahrnehmungspsychologische Voraussetzung ist, dass die Objektgeometrie die „[...] Anordnung von Lichtstrahlen ähnlich wie das natürliche Original reflektiert“ (Ballstaedt 2012: 20). Das bedeutet, dass die gemeinsame Wirkung von Konturen, Maßverhältnis, Perspektive und Materialeigenschaften die Bildinformation intuitiv erkennbar werden lässt. Dabei spielt es für den Betrachter keine Rolle, ob die Abbildung eine Fotografie ist, händisch angefertigt oder digital mittels einer Software erstellt wurde. Diesem Bildtyp gehören Schemabilder, Strich- und Farbillustrationen sowie Renderings und Fotografien an.

Der Begriff **Illustration** (lat.: „illustratio“) bedeutet umgangssprachlich übersetzt „das einem Text erläuternd beigegebene Bild“ und kann mit Bebilderung oder bildliche Verdeutlichung übersetzt werden. Die gewählte Form und Gestaltung hängen dabei in erster Linie vom kommunikativen Ziel der Darstellung ab. Die Umsetzung Technischer Illustrationen bedarf stets einer Interpretation der Ausgangsdaten im Sinne der Zielgruppe. Es ist also notwendig, über verschiedene Darstellungsmethoden und die Hervorhebung oder Reduzierung gewisser Details, die relevanten Zusammenhänge deutlich zu machen. Ohne eine solche individuelle Gestaltung würden sie den Betrachter eher überfordern und der verständlichkeitsfördernden Kombination aus Text- und Bildinformationen entgegenwirken. Besonders in der Technischen Kommunikation – und damit auch in dieser Arbeit – haben Technische Illustrationen einen hohen Stellenwert, weil eben nicht nur technisch präzise visuelle Beschreibungen benötigt werden, sondern vor allem einfach zu erkennende und verständliche Abbildungen (vgl. Giemsa 2007: 2 [ONLINE]).

Unter einer **Darstellung** ist im Allgemeinen die Art und Weise der Gestaltung (auch Wiedergabe) von Sachverhalten, Ereignissen, performativer Handlungen oder Modellen zu verstehen. Historisch reicht die Definition also von mündlichen Überlieferungen alter Theaterstücke bis zu digitalen Abbildern der Neuzeit. Im Vordergrund dieser Arbeit steht die bildliche Darstellung von technischen Sachverhalten. Der Begriff wird daher überwiegend zur generellen Benennung sowie zur genaueren Spezifikation verschiedener visueller Arten, Methoden, Perspektiven und Konventionen von Technischen Illustrationen verwendet.

Durch **Visualisierungen** (lat. „visualis“) werden abstrakte Informationen, Strukturen oder Prozesse veranschaulicht bzw. bildhaft darstellt. Es geht prinzipiell um das „Sichtbarmachen“ von Zusammenhängen, die unter normalen Bedingungen nicht wahrgenommen werden können (vgl. Ballstaedt 2012: 20). Dabei helfen oft zusätzliche Konventionen, deren Verwendung die

Informationen letztendlich erst nutzbar machen. Beispiele solcher sog. „logischen oder analytischen Bilder“ sind u. a. Diagramme, Charts und Tabellen. Diese terminologisch sehr beschränkte Begriffsdefinition unterscheidet sich nach Ballstaedt (2012: 20) vom üblichen Sprachgebrauch, in dem grundsätzlich „alle visuellen Textbeigaben als Visualisierung bezeichnet werden“.

**2D** ist die Abkürzung für „zweidimensional“ und bezieht sich auf die „räumliche“ Flächenbeschreibung von Objekten. Dabei wird die Position jedes Punktes über zwei Zahlenwerte definiert, was bedeutet, dass sich die Lageinformationen lediglich auf eine Ebene beziehen. Geläufig sind bspw. die x-y-Werte für die Angabe einer Lage in einem Koordinatensystem. Im Grunde sind alle analogen und digitalen Bilder zweidimensional, da keine „realen“ Höhen oder Tiefen existieren.

**2D-Modellierung** ist die software-basierte Erstellung bzw. Zeichnung geometrischer Elemente auf zweidimensionaler Ebene, überwiegend in Form von Schnitten und Ansichten von Bauteilen, ähnlich dem händischen Technischen Zeichnen. Dabei kommen insbesondere Punkte, Linien, Kreise und Freiformkurven zum Einsatz, denen weitere Attribute wie Strichstärke, Strichart oder Farben zugewiesen werden können (vgl. Vajna et al. 2009: 161f). Darüber hinaus können auf die geometrischen Objekte verschiedene Transformationen (Translation, Skalierung, Rotation, Spiegelung, Scherung etc.) angewendet und Texte, Symbole oder externe Bilddaten in die Modellumgebung eingefügt werden.

Durch die Problematik der Darstellung von räumlichen Objekten auf einer ebenen Fläche, entstand zusätzlich die Bezeichnung **2,5D**. Damit sind Geometrien mit 2D-Lageinformationen gemeint, bei denen die Höhe als dritte Dimension zumindest teilweise (bildlich) gespeichert ist. Also Objektdarstellungen auf zweidimensionalen Flächen, die, aus der feststehenden Perspektive eines Betrachters, die Höhe berücksichtigen und so eine 3D-Optik haben.

Die weit verbreitete Abkürzung **3D** gilt im Allgemeinen als Synonym für die räumliche Darstellung von Körpern und findet heute in zahlreichen Wissenschaften und Technologien Anwendung. Der Unterschied zur Zweidimensionalität liegt beim dritten Parameter der Lageinformation, der neben der Breite und Länge meist die Höhe angibt – aber auch andere Eigenschaften wie die Zeit oder Farbspektren beschreiben kann. In den folgenden Betrachtungen soll der Begriff 3D überwiegend im Sinne der Berechnung und Darstellung räumlicher Volumenmodelle mittels 3D-CAD-Software verwendet werden.

Die technische Grundlage solcher digitalen Modelle bildet das computergestützte Konstruieren (**CAD**), welches in der Fertigungsindustrie der 60er Jahre ihren Anfang fand und spätestens seit der Jahrhundertwende als Standard gilt. Vor allem in den heutigen Phasen der virtuellen Produktentwicklung (VPE) ermöglichen spezielle Softwarefunktionen und immer leistungsfähigere Rechensysteme branchenübergreifende Nutzungsmöglichkeiten. „Die CAD-Systeme arbeiten dabei vektororientiert, da sich so alle geometrischen Objekte auf Linien und Punkte zurückführen und vollständig charakterisieren lassen“ (Bungratz / Griebel / Zenger 1996: 6). Zu den relevanten Nutzungsvorteilen dieser Systeme zählen u. a. die Erzeugung von Objektansichten aus beliebigen Richtungen und Perspektiven, freie geometrische Manipulationen (Translation, Rotation, Skalierung, Deformierung etc.) sowie eine detailgetreue Nachbildung von Materialeigenschaften. Werden letztere Informationen zusätzlichen mit dem 3D-CAD-Modell abgespeichert, ermöglicht das z. B. fotorealistische Renderings für Illustrations-, Präsentations- und Werbezwecke sowie darüber hinaus die Erstellung von Produktanimationen.

Bei der **3D-Modellierung** werden geometrische Objekte in dreidimensionaler Form konstruiert und gespeichert, was eine räumlichere und damit sehr realitätsnahe Darstellung des Körpers während und nach der Modellierung erlaubt (vgl. Haasis 1995: 50). Durch diese Dreidimensionalität lassen sich bestimmte darstellungsbezogene (Schnitt- und Ansichtsdarstellungen aus verschiedenen Blickwinkeln), unterlagenbezogene (Technische Zeichnungen, Stücklisten, Ersatzteilkataloge, Montage- und Bedienungsanleitungen) und technisch-visuelle Darstellungen (Kollision, Explosion, Einbau- oder Zusammenbauuntersuchungen) vom System (teil-)automatisieren (vgl. Vajna et al 2009: 170).

Darüber hinaus sind 3D-CAD-Modelle Voraussetzung für viele andere Anwendungen innerhalb (CAE, CA(P)P, CAM, PDM, CAQ) sowie außerhalb (DMU, MKS, FEM, Virtual-Reality, 3D-Druck) von CAD-Systemen. „Diesem Vorteil der größeren Anwendungsbreite von 3D-Modellen steht allerdings ein höherer Konstruktionsaufwand, ein entsprechend umfangreiches Wissen und Übung mit den Modellierwerkzeugen gegenüber“ (Vajna et al 2009: 170). Ähnlich wie im 2D-Bereich lassen sich die meisten 3D-Modelle mittels verschiedenster räumlicher Operationen transformieren und zusätzlich deformieren (Verjüngung, Verdrehung, Scherung, Beulen).

3D-Modelling wird zum größten Teil über drei verschiedene rechnerinterne Repräsentationsarten ausgeführt. Bei **Kantenmodellen** (wireframe model) werden die Objekte lediglich über ihre Kanten definiert und verfügen weder über Flächen- noch über Volumeninformationen. Bei größeren „Arealen“ bildet ein Drahtgitter die Ansicht einer Fläche (sog. „Drahtgittermodelle“). Der Vorteil liegt in der geringen Datenmenge und der damit sehr schnellen Berech-

nung und Anzeige des Bilds. Nachteilig ist, dass die Beschreibungsinformationen nicht für komplexere Geometrien ausreichen. In **Flächenmodellen** (surface model) werden Objekte ausschließlich über be- und angrenzende Oberflächen beschrieben. Dazu werden meist analytisch beschreibbare NURBS-Flächen (Freiformkurven und -flächen) genutzt, wodurch jede erdenkliche Form in hoher geometrischer Qualität bezüglich Flächenübergang, Flächengrad und Anzahl der Flächensegmente erzeugt werden kann. Flächenmodelle werden für Oberflächen komplex geformter Objekte (Automobil- und Flugzeugkarosserie sowie Konsumgüter) eingesetzt, bei denen eine spezielle Modifizierung der Fläche gewünscht ist. In **Volumenmodellen** (solid model) werden die geometrischen Objekte als dreidimensionale Volumenkörper gespeichert. Somit können Geometrien eindeutig und vollständig beschrieben werden, darüber hinaus bspw. auch die Körpermasse, wenn eine Materialdichte angegeben wurde. Die Objekte werden vom System automatisch interpretiert und bleiben bei Manipulationen geometrisch korrekt. 3D-Volumenmodelle besitzen den höchsten Automatisierungsgrad in CAD-Systemen, das heißt sie können bei Berücksichtigung einiger Voraussetzungen von Beginn bis Ende der CAx-Prozesskette (weiter-)verwendet werden.

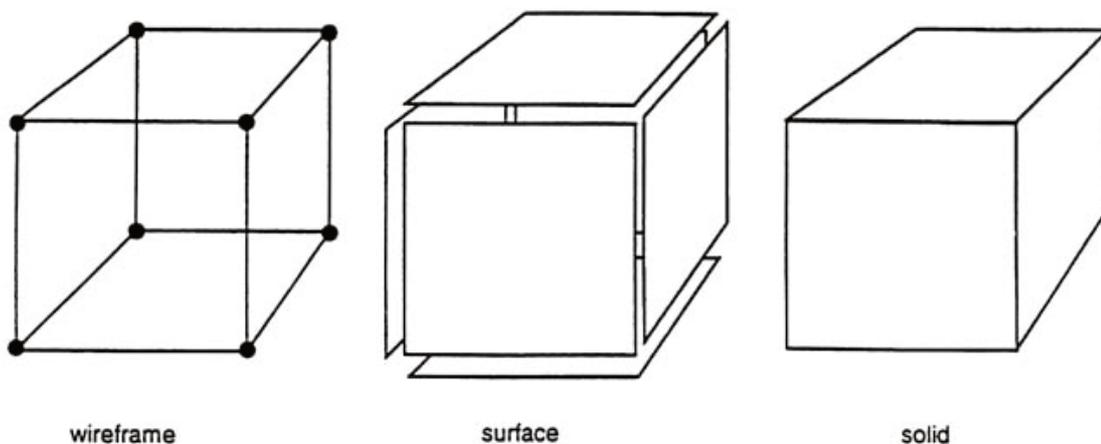


Abbildung 5 – Repräsentationsarten des 3D-Modelling

(Quelle: Wikipedia Commons)

Abschließend soll auch auf **Animationen** (lat. animare „zum Leben erwecken“) eingegangen werden, da diese mit Blick auf die weitere Nutzung von 3D-CAD-Daten besonders in der Technischen Kommunikation eine nicht unbedeutende Rolle einnehmen. Mit Animation wird im einfachsten Sinne jede Technik gemeint, in der durch das schnelle Anzeigen von Einzelbildern für den Betrachter ein bewegtes Bild geschaffen wird. Ab 24 Bilder pro Sekunde entsteht für den menschlichen Betrachter die Illusion einer flüssigen Bewegung. Dabei ist es unerheblich, ob die Einzelbilder fotografische oder computerberechnete Aufnahmen sind.

In den 30er Jahren wurden von Animatoren der *Walt Disney Studios* mehrere grundlegende „Animationsprinzipien“ aufgestellt, die bis heute Anwendung finden:

- **Squash & Stretch**  
Verformung der Körper beim Übergang von Bewegungen
- **Anticipation**  
Hauptbewegungen werden durch eine Gegenbewegung eingeleitet
- **Staging**  
Inszenierung unverwechselbar erkennbarer Figurposen
- **Slow In & Slow Out**  
Beschleunigung und Abbremsung bei Bewegungen
- **Timing**  
Zuschauer soll folgen können, sich aber auch nicht langweilen

Bei der Computeranimation unterscheidet man prinzipiell zwischen drei Erstellungskonzepten bzw. -techniken. Bei **Keyframe-Animationen** („Schlüsselbild-Animation“) werden die Werte der zu animierenden Objekteigenschaften für bestimmte Zeitpunkte festgelegt, die Objektwerte zwischen diesen sog. „Keyframes“ werden automatisch durch mathematische Interpolation berechnet. Das Konzept der **aktionsbasierten Animation** funktioniert objektorientiert, das heißt, dass der Zeitaspekt in einzelnen Animationsaktionen gekapselt wird, die nacheinander ausgeführt werden (z. B. Microsoft PowerPoint). Die klassische Variante ist die **Bild-für-Bild-Animation**, bei der alle Einzelbilder manuell erstellt werden (z. B. Daumenkino). In diesem Zusammenhang sollten ebenfalls rein computerberechnete **Simulationen** erwähnt werden, die eine präzise Berechnung chemischer Reaktionen sowie eindrucksvolle Visualisierungen physikalischer Prozesse (z. B. Verbrennung, Kollision, Gravitation von festen und flüssigen Materialien) ermöglichen.

#### 4.4 Illustrationsstile

Das folgende Kapitel beinhaltet die Klassifizierung drei möglicher Illustrationsstile Technischer Illustrationen auf 3D-CAD-Grundlage. Die Charakterisierung der Darstellungsmöglichkeiten erfolgt nach abnehmender Abstraktheit, bei der die konkreten visuell-räumlichen Merkmale von Stufe zu Stufe gesteigert werden. Die Definition der Illustrationsstile hat das Ziel, im Sinne der notwendigen Anpassung an das Informationsziel, die unterschiedlichen Gestaltungstechniken und -möglichkeiten sowie den generellen Erstellungsaufwand zu betrachten. Nach einer kurzen Darlegung der wesentlichen Eigenschaften, werden spezifische Merkmale sowie vergleichbare Vor- und Nachteile der Illustrationsstile aufgezeigt.

#### 4.4.1 Strichillustrationen

Die Ursprünge von Strichillustrationen liegen in technischen Handzeichnungen, die heute durch digitale, oftmals aus 3D-CAD-Daten (teil-)automatisch generierte Strichbilder, abgelöst wurden. Sie gelten als einfachste und prägnanteste Form der visuellen Kommunikation, da sie eine „substanzielle“ und folglich didaktische Reduktion auf das Wesentliche ermöglichen (vgl. Ballstaedt 2012: 46). Durch das schlichte Äußere der Abbildungen besteht jedoch gleichzeitig die Gefahr, ähnlich wie bei zu nüchternem Text, dass sie langweilig wirken und ihren visuellen Reiz verlieren (vgl. Piehl 2002: 115). Aufgrund der hohen Abstraktionsstufe benötigen Laien bei komplexen Objekten außerdem eine längere Zeit zum „übersetzen“ (vgl. Ballstaedt 2012: 47). Wichtige Elemente sollten deshalb unbedingt durch den Einsatz visueller Konventionen hervorgehoben werden. Bei den auf ihre sichtbaren Körperkanten reduzierten Objektdarstellungen, werden für gewöhnlich zwei Strichstärken nach der sog. „Dick-Dünn-Technik“ verwendet. Außenkanten und -linien, also Kanten hinter die der Betrachter „greifen“ kann, werden dicker dargestellt als die inneren (Binnen-)Linien, was die visuelle Interpretation vereinfacht (vgl. Ballstaedt 2012: 47). Nach eigener Definition sind Strichillustrationen grundlegend frei von gefüllten Objektflächen. Neben der Auszeichnung über variable Stricharten oder -farben können über Ausschnittvergrößerungen bzw. Überzeichnungen relevante – bspw. aktive Elemente – hervorgehoben werden. Visuelle Steuerungscode bieten sich in Form von Bezugszeichen und -linien, Schrittnummerierungen, Pfeilen sowie Umrahmungen an.

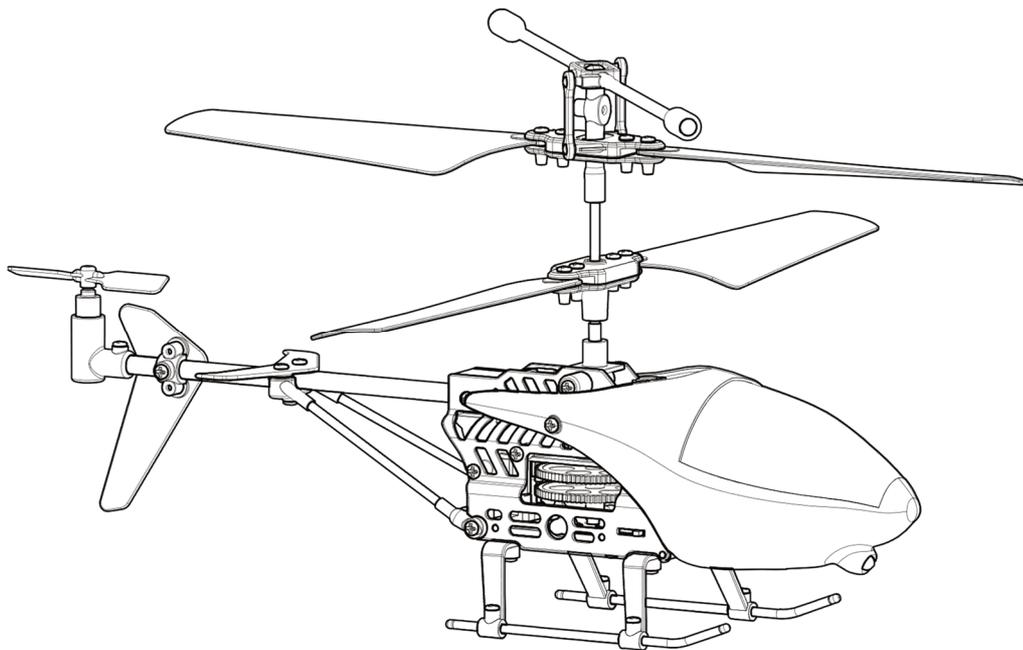


Abbildung 6 – Strichillustration: Gesamtdarstellung

(Quelle: selbsterstellte Abbildung)

Als geeignete Quelldaten gelten in erster Linie 2D- und 3D-CAD-Modelle, aber auch Fotos, klassische Technische Zeichnungen und Handskizzen können digitalisiert und als Vorlage genutzt werden. Der mit spezieller 2D- und 3D-Software vergleichsweise geringe Erstellungs- und Bearbeitungsaufwand von Strichillustrationen, wirkt sich vor allem positiv auf den benötigten Zeitaufwand aus. Die Ausgabe als Pixel- und Vektorgrafiken ermöglicht außerdem einen universellen Einsatz bzgl. der Ausgabemedien. Gegen Strichillustrationen spricht allein die geringe Plastizität bzw. Körperlichkeit durch die starke Reduktion visuell-räumlicher Merkmale wie Farben, Schattierungen, Verläufe und Texturen sowie die damit sinkende Verständlichkeit.

Tabelle 4 – Merkmale von Strichillustrationen

<b>STRICHILLUSTRATIONEN</b>	
<b>Merkmale</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (teil-)automatische Generierung über 2D- und 3D-CAD-Software</li> <li>• auf Körperkanten reduzierte, meist farblose Objektdarstellungen</li> <li>• Außenlinien dicker als Innenlinien („Dick-Dünn-Technik“)</li> <li>• geeignet für Gesamt-, Detail- und Explosionsansichten, Montageanleitungen</li> <li>• visuelle Codes: Strichstärke, Einfärbung, Überzeichnungen, Bezugs- und Bewegungszeichen, Umrahmungen, Hände, Werkzeug</li> <li>• Ausgabe als Vektor- oder Pixelgrafiken</li> </ul>
<b>Pro</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (hohe) Informativität</li> <li>• (geringer) Zeitaufwand (mit <i>CorelDRAW Technical Suite X7</i>)</li> <li>• (geringe) Datenmengen</li> <li>• (hohe) Farbunabhängigkeit</li> <li>• Ausgabevielfalt (Vektor- und Pixelausgabe)</li> </ul>
<b>Contra</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (geringe) Plastizität</li> <li>• (mittlere) Verständlichkeit</li> </ul>

#### 4.4.2 Vollflächenillustrationen

Vollflächenillustrationen sind weniger abstrakte bzw. durch visuell-räumliche Merkmale erweiterte Strichbilder mit dem Fokus auf einen plastischen Eindruck (vgl. Ballstaedt 2012: 47). Dieser kann über den Einsatz konkreter Gestaltungsmittel wie Grau-, Halbton- und Farb-abstufungen, Schattenflächen, Farbverläufen sowie schematische Materialtexturen erreicht werden. Die Auswahl und Kombination der Auszeichnungsmittel hängt bei instruktiven Abbildern wie gehabt vom Informationsziel und der jeweiligen Zielgruppe ab. Der Grad der Konkretheit (Plastizität) kann dabei von schlichten (farblichen) Flächenfüllungen mit ange-

deuteten Schatten bis zu detaillierten Licht- und Schattenverhältnissen durch fließende Farbverläufe gesteigert werden. Relevante Bildinformationen gilt es dabei nach wie vor auszuzeichnen, wobei die Möglichkeiten der Hervorhebung durch gezielte (partielle) Einfärbungen stark erweitert werden.



Abbildung 7 – Vollflächenillustration: Gesamtdarstellung mit Farbverläufen

(Quelle: selbsterstellte Abbildung)

Die Grundlage für Vollflächenillustrationen bilden überwiegend digitale Strichzeichnungen, die in der Regel ohne großen Aufwand aus 3D-CAD-Daten generiert werden. Die erforderliche Weiterbearbeitung setzt, neben einer geeigneten Illustrationssoftware, jedoch ein gewisses visuell-gestalterisches Geschick sowie dementsprechende software-technische Fachkenntnisse voraus. Das betrifft vor allem die Gestaltung im Vektorbereich, da Schattenflächen und Farbverläufe mehr oder weniger frei Hand und manuell erzeugt werden müssen. Im Pixelbereich bestehen diesbezüglich zumindest teilweise Alternativen. So gibt es spezielle 3D-Software, die Abbildungen in diesem Illustrationsstil berechnen und ausgeben können (z. B. nicht-foto-realistisches Render-Plug-in „Penguin“ für Skizzen und Cartoons von *Rhinoceros 3D*). Sinnvolle Darstellungs- und Steuerungs-codes sind neben den schon genannten visuell-räumlichen Merkmalen weiterhin Bezugs- und Bewegungszeichen, Überzeichnungen sowie farbliche Hervorhebungen. Die Plastizität der Illustration steht im direkten Zusammenhang mit der visuellen Gestaltung, da bspw. eingefügte Schatten- oder Farbflächen diese erheblich vergrößern. Positiv vermerkt werden können also eine gestaltungsabhängige Informativität,

Plastizität und Verständlichkeit als auch verhältnismäßig geringe Datenmengen. Negativ schlagen dagegen der hohe Zeitaufwand für händisch hinzugefügte detailgetreue Schattierungen oder Farbverläufe zu Buche.

Tabelle 5 – Merkmale von Vollflächenillustrationen

<b>VOLLFLÄCHENILLUSTRATIONEN</b>	
<b>Merkmale</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (teil-)automatische Generierung über 2D- und 3D-CAD-Software</li> <li>• visuell-räumliche Gestaltung im Vordergrund</li> <li>• gefüllte und/oder farblich erweiterte Objektflächen</li> <li>• Abstraktionsgrad von schematisch bis zu realitätsnah</li> <li>• geeignet für Gesamt-, Detail- und Funktionsansichten</li> <li>• visuelle Codes: Strichstärke, Farbfüllung, Einfärbung, Bezugs- und Bewegungszeichen</li> <li>• Ausgabe als Vektor- oder Pixelgrafiken</li> </ul>
<b>Pro</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (mittlere) Informativität (abhängig von Gestaltung)</li> <li>• (gute) Verständlichkeit</li> <li>• (mittlere) Plastizität (abhängig von Gestaltung)</li> <li>• (geringe) Datenmengen</li> <li>• Ausgabevielfalt (Vektor- und Pixelausgabe)</li> </ul>
<b>Contra</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (hoher) Zeitaufwand (mit <i>CorelDRAW Technical Suite X7</i>)</li> <li>• (mittlere) Farbunabhängigkeit (abhängig von Gestaltung)</li> </ul>

#### 4.4.3 Fotorealillustrationen

Fotorealillustrationen unterscheiden sich von den vorangegangenen Illustrationsstilen sowohl in den Punkten kommunikative Funktion als auch Informationsziel. Die virtuellen Abbilder oder, entgegen der zuvor beschriebenen Definition, „Produktvisualisierungen“, sind mittels 3D-Rendering-Software erstellte 2D-Rastergrafiken, in denen das Aussehen der Objektgeometrie in Abhängigkeit der perspektivischen Lichtverteilung sowie realer Materialeigenschaften berechnet wird (sog. „Bildsynthese“ oder ugs. „Rendering“).

Für die qualitativ hochwertige Ausgabe einer Bildsynthese, müssen grundsätzlich folgende drei Kriterien berücksichtigt werden. Die Kameraperspektive, um die vom Betrachter sichtbaren Objekte zu ermitteln (Verdeckungsrechnung), die Zuweisung von Materialeigenschaften, zur Simulation der Oberflächengeometrie sowie die Position der Lichtquellen, zur Berechnung der Beleuchtungssituation innerhalb der Szene.



Abbildung 8 – Fotorealillustration: Gesamtdarstellung

(Quelle: selbsterstellte Abbildung)

Als Datengrundlage für Fotorealillustrationen dienen ausschließlich konstruierte 3D-CAD-Modelle. Die gestalterischen Aufgaben bei der Erstellung bleiben prinzipiell ähnlich, jedoch nimmt die 3D-Software dem Technischen Redakteur und Illustrator einen Großteil der manuellen Arbeit ab. Es muss zwar neben dem Zuweisen von Objektfarben und -materialien die Szenerie arrangiert werden, was die Einrichtung einer oder mehrerer Kameras (Perspektive), der Lichtquellen und evtl. eines Hintergrundes einschließt. Dafür werden fotoreale Farbverläufe, Materialtexturen, Licht- und Schattenverhältnisse als auch Spiegelungen und Reflexionen etc. vom Computer berechnet.

„Wichtigstes Merkmal von Abbildungen in Gebrauchsanleitungen muss ihre kompromisslose Ausrichtung als Informationsträger sein. Die gestalterische Ästhetik sollte selbstverständlich sein, tritt im Zweifelsfall aber hinter der Zweckmäßigkeit des erfolgreichen und sicheren Informationstransfers zurück.“

(Piehl 2002: 109)

Charakteristisch für Fotorealillustrationen ist deren hohe ästhetische Qualität, weshalb sie mittlerweile als gleichwertiger Fotoersatz gelten und immer häufiger im Bereich des Produktmarketings verwendet werden. Steuerungscode, in Form von Bezug- und Bewegungszeichen oder Schrittnummerierungen, müssen in einem Nachbearbeitungsschritt – mit einer anderen Software – ergänzt werden. Positiv kann den Fotorealillustrationen eine sehr hohe Plastizität

bzw. Körperlichkeit zu Gute geschrieben werden. Außerdem fällt der benötigte Zeitaufwand, in Abhängigkeit der Renderzeit, im Vergleich zur manuellen Illustrationserstellung, relativ gering aus. Darüber hinaus sind die ausgestalteten (texturierten) 3D-Objektmodelle Ausgangspunkt für mögliche Produktanimationen und Instruktionsvideos.

Ein Nachteil der gerenderten Illustrationen ist die Ausgabe als Pixelgrafiken, was die Berücksichtigung der Zielauflösung bei der Erstellung zwingend erforderlich macht. Überdies ist es bei Renderings schwieriger, wichtige Details hervorzuheben, da die Bedeutungshierarchie nicht so offensichtlich wie bspw. bei Strichillustrationen ist (vgl. Piehl 2002: 113). Der sehr niedrige Abstraktionsgrad und die damit höhere Informationsdichte führt oftmals dazu, dass unpassende Details den gewollten Informationsfluss stören, was eine geringe Informativität zur Folge hat. Je höher die fotorealistische Qualität (Licht, Schatten, Spiegelungen etc.), desto höher ist außerdem der generelle Rechen- bzw. Zeitaufwand.

Tabelle 6 – Merkmale von Fotorealillustrationen

<b>FOTOREALILLUSTRATIONEN</b>	
<b>Merkmale</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• computergenerierte, fotorealistische Objektdarstellungen</li> <li>• automatische Berechnung von Materialien, Licht, Schatten, Spiegelungen</li> <li>• geeignet für Gesamt-, Detail-, Explosions- und Funktionsansichten, Animationen</li> <li>• visuelle Codes: Material, Licht, Hintergrund, Einfärbung, Bezugs- und Bewegungszeichen</li> <li>• Ausgabe nur als Pixelgrafiken</li> </ul>
<b>Pro</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (hohe) Plastizität</li> <li>• (gute) Verständlichkeit</li> <li>• (geringer) Zeitaufwand (mit <i>SolidWorks Visualize Standard 2017</i>)</li> </ul>
<b>Contra</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (geringe) Informativität</li> <li>• (hohe) Datenmengen</li> <li>• (geringe) Farbunabhängigkeit</li> <li>• Ausgabevielfalt (nur Pixelausgabe)</li> </ul>

## 4.5 Visuelle Konventionen

Eine Vielzahl der heute verwendeten visuellen Konventionen (auch Codes) begründen sich auf wahrnehmungs- und kognitionspsychologischen Erkenntnissen, die schon lange vor dem digitalen Zeitalter genutzt wurden. Sie erleichtern primär das natürliche als auch das indi-

katorische Bildverstehen und geben dem Technischen Redakteur und Illustrator erst die gestalterischen Mittel zur Hand, um Informationen zielgruppen- und mediengerecht aufzubereiten. Nach Ballstaedt (2012: 87f) gleichen die visuellen Zusätze die Schwächen des bildlichen Inhalts aus und wirken damit den Grenzen der visuellen Kommunikation entgegen. Sie kompensieren insbesondere die Nachteile statischer Bilder, in denen räumliche Zusammenhänge sowie der Aufbau aus Komponenten nur zweidimensional und Bewegungen gar nicht abgebildet werden können.

Das Verstehen dieser vielseitigen Codes darf dabei keineswegs als selbstverständlich erachtet werden. Einige Konventionen müssen kulturell erlernt werden, sog. „Codewissen“ (wie ist etwas abgebildet), während darüber hinaus sog. „Weltwissen“ (was ist abgebildet) notwendig ist (vgl. Niegemann et al 2008: 213). Um eine inkonsistente Verwendung und damit einhergehende Missverständnisse und Fehlinterpretationen auszuschließen, muss der Bildgestalter jederzeit die Zielgruppe, die kommunikative Bildfunktion sowie bereits bestehende Konventionen berücksichtigen. Falls nicht sichergestellt werden kann, dass der Leser alle verwendeten Codes kennt und richtig interpretiert, müssen sie ausdrücklich eingeführt werden (vgl. Ballstaedt 2003: 28). Die Fähigkeit, Bilder auszuwerten und zu verstehen, zählt zu den Kompetenzen der visuellen Literalität (= *Visual Literacy*) und stellt grundsätzlich eine Hürde in der interkulturellen Bildkommunikation dar (vgl. Ballstaedt 2012: 24).

Visuelle Konventionen werden in die zwei Gruppen *Darstellungs-* und *Steuerungs-*Codes eingeteilt, wobei erstere vorrangig das natürliche Bildverstehen (Erkennen) und letztere das indikatorische Bildverstehen (Lenken) unterstützen. Der Einsatz der Codes über kompositorische Mittel, visuelle Zeichen und grafische Auszeichnungen geht allerdings fließend ineinander über und lässt sich in der Praxis nicht strikt trennen (vgl. Ballstaedt 2003: 27).

#### **4.5.1 Darstellungscodes**

Bei der Gestaltung technischer Bilder werden vorrangig visuell-räumliche Darstellungscodes eingesetzt, um die dreidimensionale Realität in zweidimensionale Abbilder zu überführen (vgl. Niegemann et al 2008: 212). Neben generellen Anpassungen wie die Auswahl der Ansicht und Perspektive, haben sich für verschiedene Bildfunktionen (ostentativ, deskriptiv, instruktiv etc.) spezifische Darstellungstypen (Einsicht, Aufbau, Bewegung, Handlung etc.) gebildet. Bei der Gestaltung dieser Methoden werden verschiedenste visuelle Codes verwendet und kombiniert. So können relevante Informationen durch variable Linienstärken, Einfärbungen, Schattierungen, Überzeichnungen oder Ausschnittvergrößerungen hervorgehoben werden. Als visuelle Konvention zählt u. a. auch das Einsetzen der Bildelemente in einen vertrauten oder typischen Kontext.

Die Umrisse eines Boots werden bspw. schneller verstanden, wenn zusätzlich ein See, Wellen sowie ein bergiger Hintergrund angedeutet sind (vgl. Niegemann et al 2008: 212).

Bei klassischen Technischen Zeichnungen werden verschiedene **Ansichten** als Lösung für das Problem genutzt, dreidimensionale Räume auf einer zweidimensionalen Ebene abzubilden. Bis heute gelten sie wegen der eingesetzten Konventionen als Paradebeispiel für eine exakte visuelle Kommunikation. Durch die vorgegebene Ansichtsaufteilung, ablesbare Maße und Proportionen sowie eine Vielfalt an speziellen Zeichnungsnormen, können Missverständnisse beinahe ausgeschlossen werden (vgl. Ballstaedt 2012: 88f). Die fünf üblichen Ansichtsvarianten *Vorderansicht*, *Draufsicht*, *Seitensicht*, *Untersicht* und *Rückansicht* gehen bis auf Albrecht Dürer zurück, erfordern bei der Interpretation aber ein sehr gutes räumliches Denkvermögen. Für Laien ist es beinahe unmöglich, aus den separaten Ansichten mental ein dreidimensionales Objekt zu konstruieren und zusätzlich alle verwendeten Normen und deren Bedeutung zu beherrschen.

Die **Perspektive**, ugs. der Blickwinkel, den wir auf einen Gegenstand haben, ist ein weiterer Lösungsweg, die dreidimensionale Wirklichkeit auf einer Fläche (Papier, Bildschirm, Leinwand) abzubilden. Bis zu der Möglichkeit, den Betrachtungswinkel auf ein Objekt mittels einer Software zu definieren, gab und gibt es andere visuelle Mittel, um Räumlichkeit zu erzeugen. So entsteht über simple Verdeckungen der sog. „Kulisseneffekt“ mit mehreren Ebenen. Räumliche Tiefe kann außerdem über abnehmende Objektgrößen und Farbabstufungen generiert werden, weil kleinere bzw. blässere Gegenstände vom Betrachter als weiter weg interpretiert werden. Da die Abstände von Oberflächenstrukturen in der Entfernung komprimiert wirken, kann überdies mit sich verdichtenden Texturen gearbeitet werden.

Der Bildgestalter entscheidet bei der Auswahl der Perspektive über die räumliche Darstellung und somit über den späteren „Standpunkt“ des Betrachters. Abhängig von der Bildfunktion, bestimmt er also darüber, was gesehen, verdeckt und was verzerrt wahrgenommen wird (vgl. Ballstaedt 2012: 91). Generell wird bei der Projektionsart von Abbildern oder Illustrationen zwischen Fluchtpunkt- und Parallelprojektionen unterschieden. Die *Fluchtpunktprojektionen* (auch perspektivische Projektionen) zeichnen sich besonders durch eine hohe Wahrnehmungstreue aus, weisen jedoch eine geringe Maßtreue auf und werden überwiegend im Kunstgenre verwendet. Bei konstruierten *Parallelprojektionen* (auch axonometrische Projektionen) steht dagegen eine geringere Wahrnehmungstreue, zugunsten einer hohen Maßtreue, weshalb sie vor allem bei technischen Bildern zum Einsatz kommen.

Tabelle 7 – Fluchtpunktprojektionen

Fluchtpunktprojektionen	Merkmale	Beispielbild
<b>Zentralperspektive (Frontperspektive)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ein Fluchtpunkt</li> <li>• Parallelität bleibt bei Breite und Höhe erhalten</li> <li>• Tiefenkanten laufen auf Fluchtpunkt am Horizont zu</li> <li>• „naturgetreuste“ Form der Abbildung</li> </ul>	
<b>2-Punkt-Perspektive (Eckperspektive)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zwei Fluchtpunkte</li> <li>• nur die Höhe bleibt unverzerrt</li> <li>• Breite und Tiefe laufen auf Fluchtpunkte am Horizont zu</li> </ul>	
<b>3-Punkt-Perspektive</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• drei Fluchtpunkte</li> <li>• keine Parallelität</li> <li>• höchste Verzerrung</li> <li>• Breite, Höhe und Tiefe laufen auf Fluchtpunkte zu</li> </ul>	

Abbildung 9 – Fluchtpunktperspektiven (in: Tab. 7)

(Quelle: selbsterstellte Abbildung)

Tabelle 8 – Parallelprojektionen

Parallelprojektionen	Merkmale	Beispielbild
<b>Isometrie (Axonometrie)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maßstäbe gleich (1:1:1)</li> <li>• Eckperspektive im Winkel 30 / 30 Grad</li> <li>• unverzerrtes Abbild</li> </ul>	

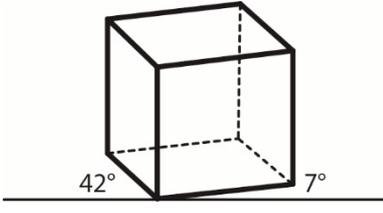
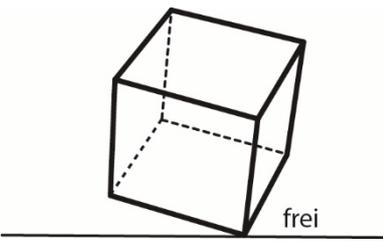
Parallelprojektionen	Merkmale	Beispielbild
<b>Dimetrie (Axonometrie)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maßstäbe ungleich (1:1:0,5)</li> <li>• Eckperspektive im Winkel 7 / 42 Grad</li> <li>• Seiten- und Draufsichten verkürzt</li> </ul>	
<b>freie (subjektive) Perspektive</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kein festgelegter Maßstab und Winkel</li> <li>• abhängig von Bildfunktion und Baugruppe/ -teil</li> <li>• sollte bei instruktiven Texten die Perspektive des Handelnden sein</li> </ul>	

Abbildung 10 – Parallelprojektionen (in: Tab. 8)

(Quelle: selbsterstellte Abbildungen)

Bei der gewöhnlichen Abbildung von Gegenständen ist das Äußere meist gut zu erkennen, wichtige innere Komponenten bleiben dem Betrachter jedoch verborgen. Aber gerade der Blick hinter die Oberflächen wird bei Technischen Illustrationen häufig benötigt, um die Zusammensetzung oder Funktionsweise verständlich darzustellen. Sog. „**Einsichten**“ erweitern dahingehend die visuelle Kommunikation und gewähren einen Einblick in das Innere. Ballstaedt (2012: 101f) unterscheidet dabei zwischen drei Darstellungsvarianten, in denen eine Reihe bildbeschreibender Codes verwendet werden. **(Quer-)Schnittbilder** kommen in fast allen wissenschaftlichen Disziplinen zum Einsatz und bilden den Gegenstand durchgeschnitten ab, so dass verdeckte, innere Strukturen sichtbar werden. Die dabei üblichen Quer- und Längsschnitte sind für Laien allerdings schwer zu interpretieren und setzen spezielle visuelle Fähigkeiten bzw. Erfahrungen voraus. **Aufschnittbilder** (auch Aufbrüche) haben ihren Ursprung in anatomischen Sektionen, die schon seit dem 3. Jahrhundert v. Chr. durchgeführt werden. Auch bei illustrativen Abbildungen werden dabei die Wände, Decken oder Böden oberflächlich aufgeschnitten dargestellt. Bei **Transparentbildern** (auch Röntgen- oder Phantombilder) wird die Hülle des Objekts durchscheinend gestaltet, so dass gleichzeitig ein äußerer und innerer Eindruck vermittelt wird. Diese Darstellungsmethode ist didaktisch besonders nützlich, um Funktionsweisen sowie die Zusammenhänge zwischen einzelnen Elementen oder Teilbereichen sichtbar zu machen. Die meist eindrucksvoll illustrierten Transparentbilder werden zudem häufig in der Werbung oder bei Produktpräsentationen genutzt, erfordern jedoch eine aufwendige und zeitintensive visuelle

Gestaltung. Bei der Verwendung ebengenannter Einsichten, egal welchen Typs, kann über einzelne bildhafte Codes zusätzlich das Erkennen und das Verständnis gefördert werden. So können die Schnittebene durch dickere Linien verdeutlicht und Schnitt- sowie Bruchkanten durch die Einfärbung der Schnittflächen hervorgehoben werden.

Darüber hinaus besteht die Bildfunktion einer Technischen Illustration häufig darin, den **Aufbau** des gesamten Objekts als auch der einzelnen Komponenten zu zeigen. Aber gerade bei komplexen Geräten oder Anlagen ist es oftmals problematisch, den detaillierten Gesamtaufbau sowie parallel das Erkennen (Lokalisierung) und Benennen (Identifikation) wichtiger Bestandteile zu gewährleisten (vgl. Ballstaedt 2012: 103). Die visuelle Lösung zur Markierung einzelner Komponenten auf sog. Übersichts- oder Detaildarstellungen sind inhaltlich reduzierte, eingerahmte Ausschnittvergrößerungen. Der beste Weg, um das räumliche Zueinander von vielen einzelnen Elemente darzustellen, sind dagegen Explosionsdarstellungen.

„Die isolierte und oft vergrößerte Darstellung einer Komponente ist [...] eine Konvention, die sich seit der Renaissance durchsetzt“ (Ballstaedt 2012: 110) und in allen Wissenschaftsbereichen zum Einsatz kommt. Diese **Ausschnittvergrößerungen** dienen in erster Linie dazu, bestimmte Details illustrativ hervorzuheben bzw. sie aus einem möglicherweise komplexen Kontext herauszulösen. Damit wird zum einen die genaue Lokalisierung relevanter Komponenten und zum anderen deren visuelle Differenzierung vereinfacht. Die meist durch einen Rahmen begrenzten Ausschnitte sollten weder zu groß noch zu klein gewählt werden. Zu viele Bildinformationen lenken vom Wesentlichen ab und vergeuden unnötig Platz. Wird der Bildausschnitt dagegen zu eng gewählt, besteht die Gefahr, dass der Nutzer nicht mehr erkennt, an welcher Stelle des Produkts die Handlung ausgeführt werden soll (vgl. Kothes 2011: 210).

**Explosionsbilder** (auch Sprengzeichnungen), erstmals von da Vinci erstellt, werden nicht mehr nur bei komplexen Maschinen oder Anlagen genutzt, um das räumliche Zueinander der einzelnen Komponenten mit Bezug zum Ganzen darzustellen. Mittlerweile hat sich das Prinzip der Darstellungsmethode auch in allen Branchen etabliert, in denen Produkte in Einzelteilen verkauft und von Laien zusammen- oder auseinandergesetzt werden müssen (Montageanleitungen von IKEA, LEGO, Ü-Ei etc.). Auch für Ersatzteillisten bieten sich gesprengte Produktübersichten in Kombination mit Bezugszeichen und -linien zur Darstellung und eindeutigen Bezeichnung der Bauteile an. Die Erstellung von Explosionsdarstellungen erfordert vom Technischen Redakteur und Illustrator einiges an Übung sowie die Beachtung verschiedener Gestaltungshinweise. Als besonders anwender- und auch gestaltungsfreundlich haben sich axonometrischen Projektionen wie Isometrie und Dimetrie herausgestellt. So werden die Einzel-

teile üblicherweise auch nur auf den Achsen der festgelegten Perspektive verschoben werden. Dabei müssen die Komponenten mindestens so weit auseinandergezogen werden, dass sie klar voneinander unterscheidbar sind. In Ausnahmefällen können stark verschachtelte Teile über eine z-förmige Seitenachse abgehen. Im Bereich der Technischen Kommunikation gibt es mittlerweile 3D-CAD-Software, die auf die automatische Ausgabe von gesprengten Bauteildarstellungen spezialisiert sind (vgl. Ballstaedt 2012: 112).

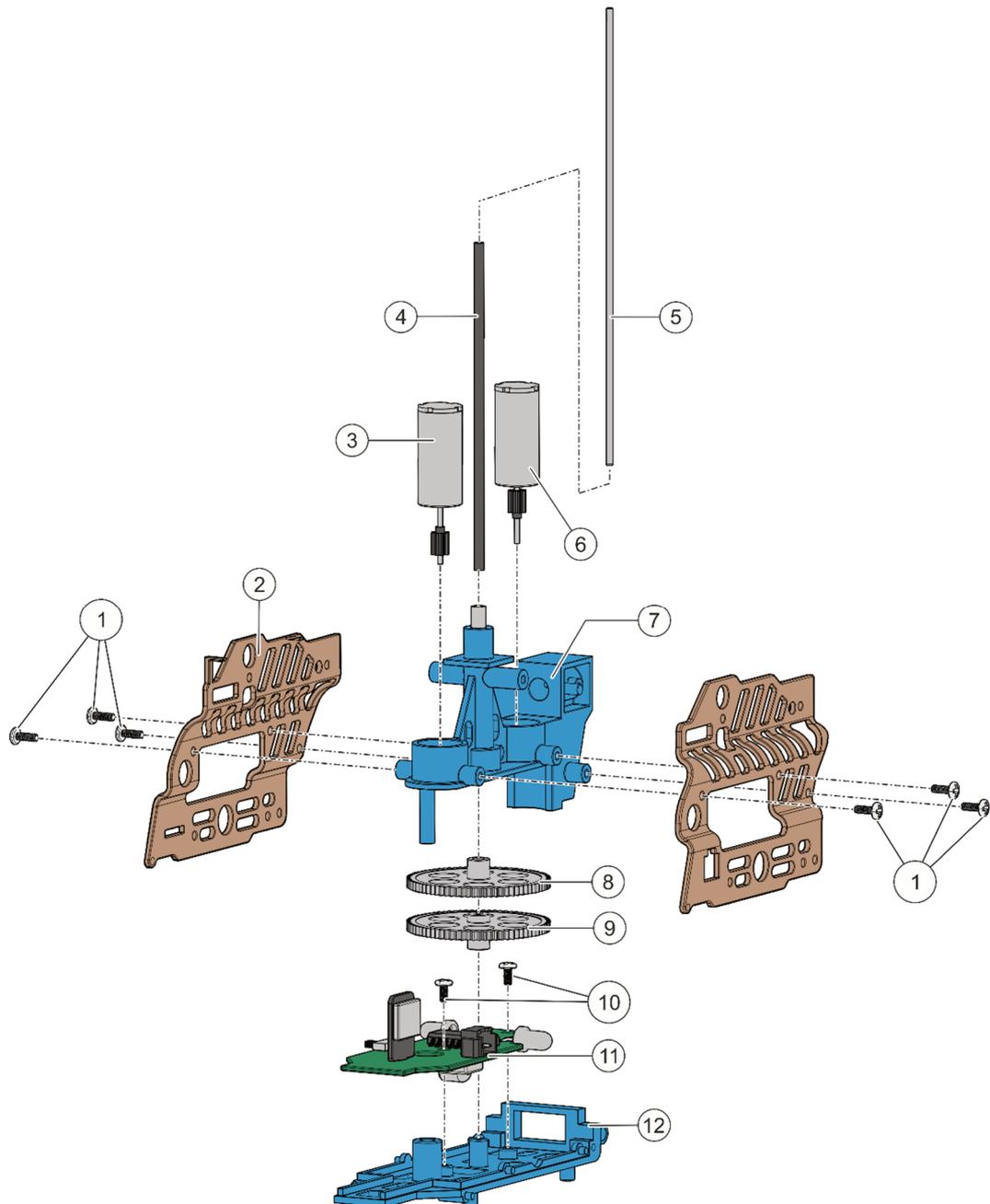


Abbildung 11 – Explosionsdarstellung mit Bezugszeichen und -linien (Vollflächenillustration)

Quelle: (selbsterstellte Abbildung)

Statische Abbilder haben einen didaktischen Nachteil, der vor allem die Technische Dokumentation vor eine große Herausforderung stellt: kontinuierliche **Bewegungen** wie Veränderungen, Abläufe und Handlungen lassen sich nicht abbilden. Da die aktuell einfachste Lösung – mittels Film oder Animation – nicht für alle Ausgabemedien in Frage kommt, werden verschiedene visuelle Konventionen genutzt, um statische Bilder zu dynamisieren (vgl. Ballstadt 2012: 113). In visuellen Anleitungen sind vor allem **Bildsequenzen** üblich, also eine Abfolge mehrerer Einzelaufnahmen, in denen Veränderungen oder Handlungen Bild für Bild dargestellt werden. Neben der eindeutig erkennbaren Bewegungsrichtung, muss auch die kulturelle Leserichtung berücksichtigt werden. Außerdem ist es enorm wichtig, dass die Lücken für den Betrachter rekonstruierbar bleiben, die einzelnen Momentaufnahmen also nicht zu weit auseinanderliegen. Nur so bleiben die Objektbewegungen „sichtbar“, was aber unter Umständen sehr viele Bilder nötig macht (vgl. Ballstaedt 2012: 117).

Das gleiche Problem, wie bei der Abbildung von Objektbewegungen, entsteht auch bei **Handlungen**, die mit bestimmten Körperbewegungen (Hand, Finger, Fuß) ausgeführt werden. Das ist vor allem bei Instruktionstexten (Bedienungs-, Reparatur- oder Montageanleitungen) der Fall. Für häufig wiederkehrende, grundlegende Aktionen wie Drehen, Ziehen, Drücken, Heben sowie Ein- oder Ausschalten wurden bildliche Äquivalente (Piktogramme) erfunden, die Handlungen abstrakt und kontextfrei repräsentieren (vgl. Ballstaedt 2012: 117). Um den Betrachter zu befähigen, die Handlungsabfolge erst mental und dann real nachzuvollziehen, ist eine hierarchische Struktur der Informationen sinnvoll. Das bedeutet, das Handlungsziel wird über eine Abfolge von Zwischen- und Unterzielen erreicht (Hierarchieschema: komplexe Tätigkeiten – einzelne Handlungen – einfache Operationen). Inwieweit die Aktionen global (hierarchiehoch) oder detailliert (hierarchieniedrig) beschrieben werden müssen, hängt von verschiedenen Faktoren ab. „Es gilt die Faustregel: Geläufige Kulturtechniken können global, ungeläufige müssen detailliert dargestellt werden. Dabei sind einzelne Abbildungen immer hierarchieniedrig, weil sie nur einen Handlungsmoment zeigen“ (Ballstaedt 2012: 120).

Durch den geringen „Spielraum“ von Momentaufnahmen, sollten die Abbildungen besonders repräsentativ und nachvollziehbar sein. Die Auswahl und Gestaltung der Einzelbilder muss so erfolgen, dass sowohl die vorausgegangenen als auch die zukünftigen Abläufe für den Betrachter erschließbar sind. Sie sollten die „mentale dynamische Modellierung“ anregen, so dass die eingefrorenen Bewegungen geistig weitergeführt werden (vgl. Ballstaedt 2012: 120). Ungeachtet der zugrunde liegenden hierarchischen Struktur, beginnen Handlungen meist mit Gegenständen oder beziehen sie mit ein, wobei sich deren Zustand verändert. Eine Handlungskette lässt sich also als Wechsel von Zuständen und Aktionen bezeichnen. Diese Zustände

werden in Instruktionstexten häufig als Abbildungen dargestellt, während Handlungen bzw. Aktionen bevorzugt sprachlich wiedergegeben werden. Als **Basissequenz** von Zuständen (Z) und Aktionen (A) für Laien gilt **Z1-A-Z2**, bei Experten kann variabel Z1 oder Z2 weggelassen werden (vgl. Ballstaedt 2012: 121). Für das Abbilden von Handlungen hat Ballstaedt (vgl. 2012: 122) folgende Gestaltungshinweise zusammengetragen:

- **Richtigen Moment abbilden**  
vorherige und nachfolgende Zusammenhänge müssen erschließbar sein;  
hängt vom Wissen der Zielgruppe ab
- **Nachvollziehbare Sequenzen**  
nur mental überbrückbare Zustands- bzw. Bildsprünge
- **Nur eine Handlung pro Abbild**  
mehrere Aktionen pro Bild sind unübersichtlich und überfordern den Rezipienten

Abschließend soll die generelle Farbigkeit Technischer Illustrationen betrachtet werden. Die Rede ist nicht von Einfärbungen oder einzelnen Hervorhebungen, um relevante Details auszuzeichnen, sondern die Steigerung der Plastizität und Körperlichkeit durch die Nachbildung fotorealistischer Farb- und Schattenverhältnisse. Als Grundlage dient in der Regel eine, bestenfalls vektor-basierte, Strichillustration, die je nach erforderlichem Realitätsgrad erweitert wird. Die erste mögliche Stufe sind sog. „Halbtondarstellungen“, bei denen die Objektflächen mit verschiedenen Grauabstufungen gefüllt werden (vgl. Alexander 2007: 143). Gesteigert wird diese Darstellung durch farbige Vollflächen, wobei sich die Gestaltung am Aussehen des realen Objekts orientieren kann, aber nicht muss. Je nach dem, was für eine Funktion die Abbildung erfüllen soll. Das Objekt wird durch eine solche Kolorierung „zusammengezogen“ und ist für den Betrachter leichter wiederzuerkennen, was sich auf die Verständlichkeit auswirkt (vgl. Alexander 2007: 143). Die nächste Stufe hin zum Fotorealismus bilden erkennbare Licht- und Schattenverhältnisse, die entweder in Form hinzugefügter schematischer Schattenflächen oder über natürliche Farbverläufe erzeugt werden können. Liegt der Fokus auf einer sehr realitätsnahen Darstellung des Objekts, bietet sich in jedem Fall die Nutzung einer 3D-Software an, in der den Oberflächen eine Textur (Farbe, Material, Struktur) zugewiesen werden kann und sämtliche Schatten, Reflexionen und Kaustiken usw. automatisch berechnet werden. Die manuelle Erzeugung solcher fotorealistischen Gegebenheiten mittels einer 2D-Grafik-Software, ist überaus aufwendig, bringt aber den Vorteil, dass die Illustration als Vektorgrafik ausgegeben werden kann.

#### 4.5.2 Steuerungscode

Analog zu den beschriebenen Darstellungscodes, kann der Technische Redakteur und Illustrator durch Steuerungscode das indikatorische Bildverstehen erleichtern. „Die Funktion von Steuerungscode besteht darin, die Rezeption des Bilds zu lenken, den Betrachter bei der Analyse zu unterstützen und zu den richtigen Schlussfolgerungen hinzuführen“ (Niegemann et al 2008: 214). Das bedeutet, die entscheidenden Informationen in der Abbildung, werden um Hervorhebungen durch Strichstärken, Einfärbungen oder Ausschnittvergrößerungen sowie piktorale Codes wie Bezugs- und Bewegungszeichen, Schrittnummerierungen und angedeuteten Hände, Fingern oder Werkzeugen ergänzt. Ebenfalls dazu zählt die visuelle Darstellung von Verneinungen, welche sich nur mit Hilfe symbolischer Codes umsetzen lässt.

Weidenmann (1993: 44) differenziert bei dieser Art visueller Konventionen zwischen **expliziten** und **impliziten Steuerungscode**. Während Erstere der Illustration hinzugefügte Zeichen sind, die die Aufmerksamkeit des Lesers auf relevante Bildelemente lenken, handelt es sich bei Letzteren um die gezielte Variation bzw. sinnvolle Kombination der verfügbaren visuellen Codes durch den Technischen Redakteur und Illustrator. Auch Piehl (2002: 121) empfiehlt aufgrund der naturgemäß höheren Informationsdichte von Bildern, die wichtigsten Elemente durch visuelle Codes hervorzuheben. Weiter verweist er aber darauf, dass zu viele Code-Kombinationen die Wirkung der einzelnen Mittel der Text-Bild-Korrespondenz vermindern – sie also nur bewusst und gemäß einem Zweck eingesetzt werden sollten.

Eine Hervorhebung durch die Veränderung der **Strichstärken**, ähnlich wie bei „fetten“ Schriften, vereinfacht die visuelle Interpretation für den Betrachter. Bei Technischen Illustrationen wird dabei die schon erwähnte „Dick-Dünn-Technik“ verwendet, wobei die Außenkanten dicker und innenliegende Linien dünner dargestellt werden (vgl. Ballstaedt 2012: 47). Im Kommentar zur DIN EN 82079-1 (Galbierz et al 2014: 63f) werden schlicht dicke Konturlinien für „handelnde“ Elemente und dünne Linien zur Lageorientierung empfohlen. Kösler (1992: 213) geht noch einen Schritt weiter und hält fest, dass wichtige Bildelemente eine Strichstärke von 0,7–1 mm aufweisen sollten, da das menschliche Auge in dieser Größenordnung am empfindlichsten reagiert. Für weniger relevante Informationen reicht eine Strichstärke von 0,15–0,25 mm aus (vgl. ebd. 1992: 213).

Die Verwendung von **Einfärbungen** innerhalb Technischer Illustrationen hat viele Vorteile, ist aber auch an gewisse Bedingungen geknüpft. Generell wird einstimmig konstatiert, dass durch farbliche Hervorhebungen von Komponenten das Verständnis verbessert und die Informationen schneller übertragen werden, indem der Fokus sofort auf die relevanten Details gelenkt wird

(vgl. Piehl 2002: 120; vgl. Kössler 1992: 201). So wird bspw. ein Hebel oder Knopf im Bild zum Handlungsschritt eingefärbt, um zu verdeutlichen, dass genau dieser zu betätigen ist. Auf gleiche Weise kann dem Betrachter das Unterscheiden von aktiven und inaktiven sowie generell das Erkennen von zusammengehörigen Elementen erleichtert werden (Gesetz der Ähnlichkeit). Dieser „Popout-Effekt“ funktioniert am besten bei einem hohen Kontrast und ist dementsprechend auch bei Schwarz-Weiß-Bildern einsetzbar (vgl. Piehl 2002: 120).

Die Voraussetzung für Einfärbungen sind zum einen die inhaltlich konsistente und funktionale Verwendung, da sonst der gezielte Informationstransfer gestört wird, und zum anderen die Beachtung bereits etablierter Farben und -kombinationen. Diese müssen berücksichtigt werden, da durch bestehendes Vorwissen automatisch bestimmte Assoziationsschemata abgerufen werden, so dass die eigentliche Aussage evtl. nicht erkannt wird (vgl. Kössler 1992: 201). Ferner wird in der DIN EN 82079-1 (vgl. Galbierz et al 2014: 152) darauf verwiesen, dass bei der Farbverwendung nicht vergessen werden sollte, dass ein beachtenswerter Teil der Nutzer irgendeine Form von Farbfehlsichtigkeit hat und die Information daher nicht allein durch die Farben dargestellt werden darf. Außerdem müsse die Farbauswahl dahingehend bedacht werden, dass die Farben auch noch im Falle eines Schwarz-Weiß-Drucks voneinander unterscheidbar sind. Daraus empfiehlt sich der Einsatz von gesättigten (Auszeichnungs-)Farben, die einen unterschiedlichen Helligkeitswert aufweisen. Einfärbungen sind aber nicht nur auf Bildelemente beschränkt, sie wirken genauso bei Steuerungsodes wie Bewegungs- und Richtungspfeilen sowie Nummerierungen oder Orientierungshilfen (vgl. Ballstaedt 2012: 109).

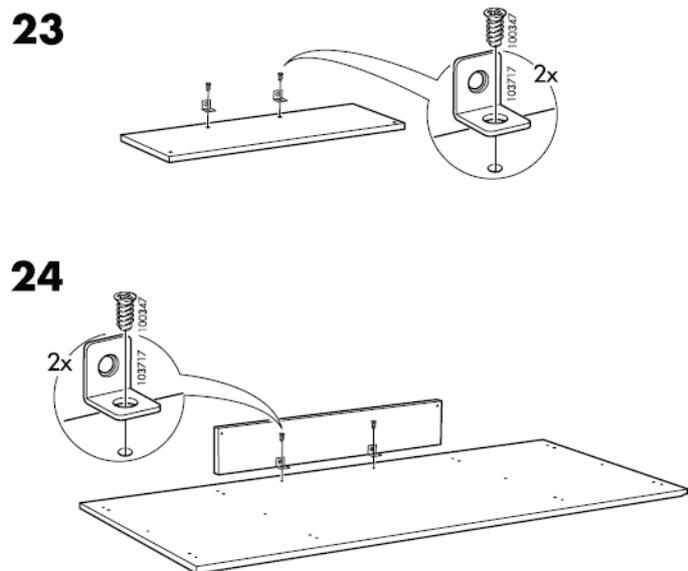


Abbildung 12 – Montageanleitung mit Ausschnittvergrößerung (IKEA)

(Quelle: Inter IKEA Systems B. V.)

Wenn die Hervorhebung durch Strichstärke oder Einfärbung nicht ausreicht, müssen Bildelemente im Verhältnis größer als real dargestellt werden, damit sie dem Betrachter sofort ins Auge fallen. Solche sog. „**Überzeichnungen**“ ermöglichen gleichzeitig eine genaue Lokalisierung und visuelle Differenzierung einer oder mehrerer wichtiger Komponenten. Dabei ist es durchaus sinnvoll, irrelevante Elemente zu entfernen, solange dadurch nicht die Gesamtzuordnung verloren geht. Tests ergaben, dass Vergrößerungen und Verzerrungen bis zu einem Verhältnis von 1:2 kaum Irritationen beim Rezipienten auslösen (vgl. Kösler 1992: 201). Eingesetzt werden Überzeichnungen meist bei Detaildarstellungen oder Ausschnittvergrößerungen, in denen relevante Details nochmals isoliert und größer als in Wirklichkeit dargestellt werden. Die oftmals kreisrunde Umrandung des Bildausschnitts soll metaphorisch an eine Lupenform erinnern, weshalb die Methode auch als „Lupendarstellung“ bekannt ist. In diesem Zusammenhang häufig genutzt, sind in die Illustration eingefügte Hände, Finger und Werkzeuge. Sie suggerieren eine Bewegung und gelten meist als Indikator, für direkt vom Leser auszuführende Handgriffe oder Aktionen. Das Abbilden der „handelnden Hand“ senkt die vom Nutzer geforderte Abstraktionsfähigkeit auf ein Mindestmaß ab (vgl. Kothes 2011: 197).

Es lässt sich darüber streiten, ob beziehende Zeichen wie Buchstaben, Ziffern und Linien in Technischen Illustrationen als reine Steuerungscode einzuordnen sind. Nach Niegemann (et al 2008: 215) handelt es sich bei expliziten Steuerungscode ausschließlich um zusätzliche Zeichen, die die Aufmerksamkeit auf wichtige Bildelemente lenken. **Bezugszeichen** referenzieren jedoch zwischen bzw. auf den Text zum Bild oder auf das Bild zum Text. Somit wird primär die eindeutige Zuordnung von Bezeichnungen und Bildkomponenten erzielt – und die Aufmerksamkeit des Lesers nur zweitrangig beeinflusst. Als Nachteil von Bezugszeichen im Bild gilt das nötige Hin- und Herspringen mit den Augen, um die zusammengehörigen sprachlichen und visuellen Informationen integrativ verarbeiten zu können. Bezugszeichen und Bezeichnung sollten deswegen aus kognitiver Sicht immer so nah wie möglich beieinanderstehen und niemals auf mehrere Seiten verteilt werden. **Referenzlinien** (auch Hinweis- oder Bezugslinien) kommen in Verbindung mit den o. g. Bezugszeichen zum Einsatz oder, wenn die Komponentenbezeichnungen direkt in der Abbildung stehen. Sie dienen als „Leitlinien für die Augen“ aus oder in das Bild sowie zur Einführung und Zuordnung der Terminologie. Derlei sog. „ostentative Definitionen“ (= Definitionen durch Zeigen) tragen einen großen Teil zur eindeutigen Kommunikation bei.

Konkrete Gestaltungshinweise für Bezugszeichen und -linien (auch Callouts) sind u. a. in der DIN-Norm 406 „Regeln für Technische Zeichnungen“ festgehalten. Folgende Hinweise sollten nach Ballstaedt (vgl. 2012: 107f) beim Einsatz beachtet werden:

- **Leserlichkeit berücksichtigen**  
insbesondere Schriftgrad, Schrifttyp, Schriftschnitt
- **Zeichen und Linien eindeutig einander zuordnen**  
Wirkung der Gestaltgesetze nutzen (Gesetz der Nähe)
- **Blickbewegungen kurzhalten**  
möglichst kurze Referenzlinien
- **Referenzlinien mit eindeutigen Endpunkten**  
bei kleinen Komponenten auf Außenkante, bei Großen mittig innen
- **Referenzlinien vom Hintergrund abheben**  
weiße Linie dahinter legen („Lichthof“)
- **Keine Überschneidungen**  
betrifft Konturen anderer Bildkomponenten sowie andere Bezugszeichen;  
notfalls Laufrichtung schräg oder abgeknickt
- **Referenzlinien gruppieren**  
zusammengehörige Komponenten visuelle bündeln;  
notfalls auf mehrere Abbilder aufteilen
- **Blickgewohnheiten berücksichtigen**  
Abfolge der Bezugsziffern im Uhrzeigersinn

Ein Steuerungszeichen, ohne das die Technischen Dokumentation kaum auskommt, sind **Schrittnummerierungen**. Denn, sollen nicht nur einfache Operationen, sondern mehrere komplexe Tätigkeiten verständlich repräsentiert werden, ist eine gewisse zeitliche Sequenzierung absolut notwendig. Das trifft genauso bei sprachlichen als auch bei rein visuellen Handlungsschritten wie in Montageanleitungen zu. Ähnlich und deswegen an dieser Stelle genannt, fordert u. a. die DIN EN 82079-1 (vgl. Galbierz et al 2014: 148) eine laufende **Abbildungs- und Tabellenummerierung**, um im Text eindeutig auf sie referenzieren zu können.

„**Bewegungspfeile** und **Bewegungslinien** deuten oftmals eine zwar vom Benutzer ausgelöste, aber in erster Linie eine das Objekt selbstbetreffende Bewegung an“ (Ballstaedt 2012: 115). Die unterschiedlichen Typen von Bewegungspfeilen zeigen nicht nur die Richtung an, in die sich Objekte, Kräfte und Informationen bewegen, sie stellen ebenso aufeinanderfolgende Ereignisse dar. Richtungspfeile können lineare und nicht-lineare Bewegungen wie ziehen, drücken, drehen oder kippen darstellen, während Fließpfeile die Flussrichtung von Materialien, Stoffen oder Energien erkennen lassen. Sog. „Ursache-Wirkungs-Pfeile“ verbinden zwei Ergebnisse mit der Zeit (z. B.:  $A \rightarrow B = A$  führt zu  $B$ ), stehen aber auch für eine Entwicklung oder den Fortschritt. Die

Farbe und Form der eingesetzten visuellen Hilfen müssen sowohl sofort erkennbar sein als auch eindeutig und konsistent verwendet werden. Bewegungslinien werden verwendet, um Objektbewegungen zu visualisieren und sind vor allem aus Comics bekannt. Die verwandten Explosionslinien werden häufig bei Sprengzeichnungen gebraucht, damit einerseits die Sprengrichtung und andererseits die Zusammengehörigkeit bzw. Reihenfolge der Einzelteile deutlich wird. Außerdem werden Explosionslinien z. B. in Warnpiktogrammen eingesetzt. Bei der Gestaltung von Bewegungspfeilen sollten laut Ballstaedt (2012: 115) folgende Hinweise beachtet werden:

- **Pfeile eindeutig verwenden**  
der Vieldeutigkeit des Pfeilsymbols entgegenwirken und nur in einer Funktion benutzen;  
bei mehreren Pfeiltypen müssen Farbe und Form variieren sowie die Bedeutung in einer Legende erklärt werden
- **Pfeile erkennbar gestalten**  
die beste Form ist ein langer, spitzer und eingefärbter Pfeil
- **Pfeile dynamisieren**  
karikaturhaft übersteigerte, in die Bewegungsrichtung verzerrte Pfeilformen  
wirken nachweislich besser
- **Pfeile verräumlichen**  
3D-Pfeile zeigen komplexe nicht-lineare Bewegungen eindeutiger;  
keine 3D-Pfeile in flächigen Abbildern

Eine weitere Grenze der visuellen Kommunikation sind bildliche **Verneinungen**, da in Abbildern nur durch zusätzliche symbolische Codes vermittelt werden kann, wann etwas zu unterlassen ist (vgl. Ballstaedt 2012: 121). Um eine konkrete Handlung zu verbieten oder vor ihr zu warnen, muss sie abgebildet und dann, möglichst farbig, durchgestrichen bzw. durchgekreuzt werden. Eine weitere Möglichkeit zur Darstellung von Verneinungen sind visuelle Bildvergleiche, in denen bspw. der falschen Handlung die richtige Handlung gegenübersteht. In den meisten Fällen werden Warnungen oder Verbote zusätzlich sprachlich untermauert. Die ergänzende sprachliche Argumentation sollte immer dann eingesetzt werden, wenn die Bildaussage nicht offensichtlich einleuchtend ist oder abstrakte (hierarchiehohe) Kontextzusammenhänge dargestellt werden (vgl. Piehl 2002: 128). Generell sind sprachliche Ergänzungen und Erläuterungen oftmals Teil visueller Informationen, sollen aber in dieser Arbeit nicht weiter betrachtet werden.

## 4.6 Praxisrelevante Darstellungsmethoden

Im folgenden Abschnitt werden fünf (grafisch umgesetzte) Darstellungsmethoden Technischer 3D-CAD-Illustrationen behandelt, die sich durch eine hohe praktische Relevanz im Bereich der Technischen Kommunikation und Dokumentation auszeichnen und damit zur Veranschaulichung verschiedener Illustrationsstile und visueller Konventionen empfehlen.

**Gesamtdarstellungen** gewähren dem Betrachter in erster Linie eine vollständige und maßstabsgetreue Ansicht auf das Objekt. Sie vermitteln einen ganzheitlichen Überblick sowie die räumlichen Dimensionen als auch die äußerlichen Merkmale des Gegenstandes. Auch herausgelöste Baugruppen oder Einzelkomponenten werden mittels Übersichtsdarstellungen abgebildet. Die illustrative Gestaltung hängt vorrangig von der Bildfunktion und der Zielgruppe ab und reicht von schlichten Strichdarstellungen bis zu fotorealistischen Produktbildern. Über den Einsatz von Steuerungscode wie Bezugszeichen und -linien können wichtige Komponenten bezeichnet und, hinsichtlich des Gesamtobjekts, genau lokalisiert werden.

**Detaildarstellungen** werden unter anderem im Zusammenhang mit Gesamt- oder Teilansichten verwendet und erweitern die Bildszene um wichtige, in isolierten Ausschnittvergrößerungen abgebildete, Objektdetails. Sie haben den Zweck, relevante Informationen aus dem Kontext hervorzuheben, ohne dabei den Bezug zum Gesamtobjekt zu verlieren. So wird gleichzeitig eine genaue Lokalisierung als auch eine visuelle Unterscheidung erreicht. Die Ausschnitte haben oftmals eine runde Form, die im übertragenen Sinne an eine Lupe erinnert. Neben grafischen Hervorhebungen wie der Ausschnittvergrößerung kommen, ähnlich wie bei Gesamtdarstellungen, häufig Bezugszeichen und -linien zum Einsatz (siehe Anhang, Abbildung 19, S. 101).

**Explosionsdarstellungen** sind neben der Gesamt- und Detailansicht die wohl bekannteste Darstellungsmethode im Bereich Technischer Illustrationen. Die gesprengte Ansicht dient in erster Linie der visuellen Darstellung des räumlichen Zusammenwirkens von Objekt(-gruppen) und ihrer einzelnen Elemente. Dabei wird vor allem die Beziehung zwischen den Komponenten als auch deren Reihenfolge und Lage verdeutlicht. Das ermöglicht dem Betrachter einerseits ein erleichtertes funktionales Verständnis und andererseits die exakte Lokalisierung und Identifizierung, bspw. über Steuerungscode wie Bezugslinien und -ziffern.

**Handlungsdarstellungen** sind vor allem in Form rein bildlicher Montageanleitungen bekannt, in denen notwendige Tätigkeiten und Aktionen Bild für Bild angeleitet werden. Dabei wird sich häufig der Darstellungsmethode o. g. Explosionsansichten bedient, um sowohl die Identi-

fizierung und Lokalisierung sicherzustellen als auch die richtige Zusammenbau-Reihenfolge abzubilden (siehe Anhang, Abbildung 18, S. 100). Wegen der vielen Einzelbilder, wird in den meisten Fällen auf eine aufwendige farbige Gestaltung verzichtet. Mit Bewegungslinien, Pfeilen, Schrittnummerierungen und partiell dargestellten Händen, Fingern oder Werkzeugen kommen verschiedene Steuerungs-codes zum Einsatz.

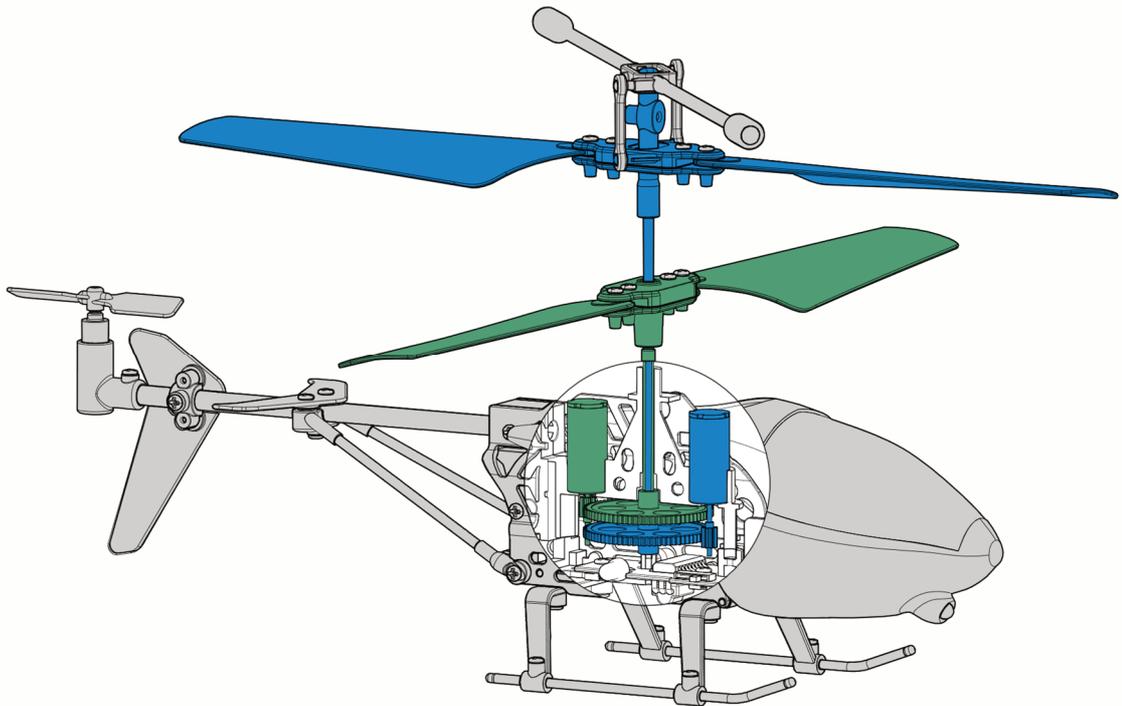


Abbildung 13 – Funktionsdarstellung der Antriebsrotoren (Vollflächenillustration)

(Quelle: selbsterstellte Abbildung)

**Funktionsdarstellungen** werden in der Technischen Kommunikation und anderen Wissensdomänen eingesetzt, um technisch-funktionale Zusammenhänge, Abläufe oder Reaktionen zu veranschaulichen. Form und Gestaltung der Darstellungen können dabei ganz unterschiedlich ausfallen und forcieren allein die verständliche Vermittlung des oftmals komplexen Sachverhalts. Dabei sind die Bildinformationen oftmals stark reduziert und es kommen verschiedene visuelle Konventionen wie Aufbrüche, Quer- oder Längsschnitte sowie Transparenzen zum Einsatz.

## 5 Illustrationsworkflow und 3D-CAD-Software

Das Angebot an kommerziellen Softwareprodukten im technischen Grafik-, Illustrations- und 3D-CAD-Bereich wächst auf Grund der hohen Nachfrage immer weiter und bietet zahlreiche branchenspezifische Variationen. Typische Anwendungsfelder sind der Maschinen-, Anlagen-, Werkzeug-, Automobil-, Flugzeug- und Schiffbau, die Medizintechnik als auch das Industrie- und Konsumgüterdesign. Die ausgegebenen Darstellungsmöglichkeiten modellierter 3D-CAD-Daten reichen von schlichten Strichillustrationen über fotorealistisch texturierte Renderings und Animationen bis hin zu präzisen Simulationen chemischer Reaktionen und physikalischer Prozesse.

Die grundsätzliche Entscheidung, ob sich die Anschaffung einer hochpreisigen, aber universellen Komplettlösung lohnt, oder eine Bausteinlösung aus verschiedenen Softwarepaketen ausreicht, hängt vom anfallenden Illustrationsworkflow und dessen Anforderungen an die 3D-CAD-Software ab. Zu Beginn des Kapitels werden die erforderlichen Prozesse sowie sämtliche notwendigen als auch optionalen Operationen strukturiert zusammengefasst, die bei der Erstellung Technischer 3D-CAD-Illustrationen relevant sind. Daraufgehend wird der Illustrationsprozess mit den zwei zur Verfügung stehenden Softwarepaketen *CorelDRAW Technical Suite X7*, *SolidWorks Visualize 2017* sowie teilweise mit *Rhinoceros 3D 5.0* dokumentiert. Zusätzlich werden die Softwarelösungen jeweils kurz vorgestellt und danach die positiven als auch negativen Erfahrungen bei der Umsetzung des Workflows aufgezeigt. Abschließend werden die Softwarepakete bzgl. der Prozessschritte und der durchzuführenden Operationen gegenübergestellt und verglichen.

### 5.1 Workflow mit Prozessschritten und -operationen

Da der generelle Workflow zur Erstellung Technischer 3D-CAD-Illustrationen in dieser Arbeit möglichst unabhängig von etwaiger Software betrachtet werden soll, ist die folgend beschriebene Schrittreihenfolge nicht maßgebend.

Ausgangspunkt für den Erstellungsprozess ist die Verfügbarkeit eines maßstabsgetreuen 3D-CAD-Produktmodells, dessen Detaillierungsgrad dem angestrebten Visualisierungsvorhaben gerecht wird. Bevor der Import und die Verarbeitung in einer entsprechenden 3D-CAD-Software beginnen kann, gilt es die Frage des Datenformats zu klären. Wenn das 3D-Modell in einem nativen CAD-Format (DXF/DWG, Parasolid, IPT, 3DM, C4D etc.) zur Verfügung gestellt wird, das problemlos importiert werden kann, ist keine Konvertierung nötig. Im gegenteiligen Fall ist die

Umwandlung in ein neutrales CAD-Austauschformat (STEP, IGES, STL etc.) erforderlich, bei der jedoch wichtige Metadaten außen vor bleiben und interpretationsbedingte Ungenauigkeiten auftreten können.

Wurden die 3D-CAD-Daten erfolgreich importiert und das Projekt im neuen software-eigenen Format abgespeichert, wird sich vorerst mit dem Produkt vertraut gemacht. Zur schnelleren Orientierung hilft es ungemein, wenn die Komponentenbezeichnungen sowie eine sinnvolle Objektgruppenstruktur bzw. -hierarchie angelegt und importiert wurde. Nachdem die Organisation der Komponenten klar ist, werden in der 3D-Umgebung verschiedene Modell-Manipulationen durchgeführt, um die benötigten Objektansichten bzw. -zustände vorzubereiten. Dazu zählt das Ausblenden oder Löschen nicht relevanter Bauteile und -gruppen sowie diverse Transformationen wie Rotationen, Verschiebungen oder Skalierungen. In diesem Arbeitsschritt legt der Bildautor ebenso die Perspektive (Fluchtpunkt- oder Parallelprojektion) fest. Darüber hinaus sind unter Umständen einige Manipulationen bzgl. bestimmter Darstellungsmethoden (Explosions-, Querschnitt- oder Transparenzdarstellung) umzusetzen. Dazu werden die betreffenden Baugruppen in der 3D-Umgebung bspw. manuell oder automatisch gesprengt, auf einer oder mehreren Achsen geschnitten oder die Objektoberflächen entsprechend durchsichtig gestaltet. Ein entscheidender Faktor für effektives Arbeiten, ist die Möglichkeit der (schnellen) Ansichtsspeicherung, um die verschiedenen Manipulationsstatus festzuhalten und ggf. schnell zu einer früheren Ausgangs- oder Zwischensituation zurückzuspringen. Steht dazu keine funktionale Schnellspeicherung oder Ähnliches zur Verfügung, muss für jede Ansicht eine separate Projektdatei angelegt werden. Eine nachvollziehbare Benennung der einzelnen Ansichten (z. B. Objekt\_Perspektive\_Manipulationsart) ist bei beiden Varianten zu empfehlen.

Beim darauffolgenden Schritt unterscheidet sich die Vorgehensweise je nachdem, ob die ausgegebenen Darstellung im Pixel- oder Vektorformat benötigt werden. Bei Vektorgrafiken erfolgt an dieser Stelle die Umwandlung des 3D-Objekts in eine vektorisierte 2D-Grafik, üblicherweise in Form einer Strichillustration. Bei der Übermittlung der 3D-Daten zur 2D-Illustrationssoftware kann die Qualität der Abbildungen durch bestimmte Exporteinstellungen beeinflusst werden. Der Übertragungsvorgang nimmt in Abhängigkeit der Komplexität und Genauigkeit des Modells einige Zeit in Anspruch. Wird die nachkommende illustrative Gestaltung dagegen weiterhin in einer 3D-Umgebung durchgeführt, erfolgt der Umwandlungsschritt – in eine Pixelgrafik – erst am Ende des Illustrationsworkflows.

Der nächste Prozessschritt umfasst die visuell-räumliche Gestaltung der Technischen Illustration über Darstellungscodes zur Unterstützung des Bildverstehens. Da die Auswahl der Perspektive sowie grundlegende Vorarbeiten zur Darstellungsmethode bereits vorab durchgeführt wurden, liegt der Fokus im 2D-Bereich auf der manuellen Ergänzung und/oder Bearbeitung von Farbflächen, schematischer Schattenflächen oder detaillierter Licht- und Schattenverhältnisse über Farbverläufe. Dabei fallen unter Umständen nötige Korrekturarbeiten schlecht interpretierter Pfade und Kurven an. Im Falle fotorealistischer Illustrationen (noch 3D-Bereich) müssen Farben, Materialien sowie etwaige Hintergründe lediglich zugewiesen werden. Darüber hinaus bieten 3D-Softwares umfangreiche Einstellungen zu Licht- und Schattensituationen sowie zur Intensität von Reflexionen und Kaustiken auf den Objekt- und Bodenflächen. Außerdem gibt es im bestimmte (software-interne und -externe) Render-Plug-ins, mit denen spezielle Illustrationsstile erzeugt werden können (bspw. der nicht-fotorealistische Skizzen- und Cartoon-Renderer „Penguin“ (siehe Abbildung 20, S. 102). Der Grad der Gestaltung bzw. des Einsatzes von Darstellungscodes bei der Erstellung Technischer Illustrationen sollte in erster Linie vom Informationsziel gegenüber der Zielgruppe, der Bildfunktion und vom Ausgabe-medium abhängen. In der Praxis entscheidet jedoch häufig das zur Verfügung stehende Budget und die Software.

Im letzten Schritt der visuellen Bearbeitung geht es um die codale Gestaltung, also das Hinzufügen von Steuerungs-codes zur Lenkung der Bildinterpretation. Darunter fallen die Veränderung von Strichstärken und -farben, die Hervorhebung relevanter Komponenten durch Einfärbungen und Überzeichnungen sowie das Einfügen von Bezugszeichen, Schrittnummerierungen, Pfeilen, (partiell) dargestellten Händen oder Werkzeugen und sprachlichen Ergänzungen. Der Workflow ist dabei erneut von dem benötigten Bildformat abhängig. Im 2D-Vektor-Bereich können sämtliche Steuerungs-codes direkt in der Illustrationssoftware erzeugt, platziert und angepasst werden. Danach folgen der abschließende Export und die Ausgabe in ein Pixel- oder Vektorformat. Wurde dagegen bis hierher in einer 3D-Umgebung gearbeitet, ist zuerst die Übertragung in eine zweidimensionale Pixelgrafik über einen Renderer (Bildsynthese) nötig. Das kann, je nach Höhe der gewünschten fotorealistischen Qualität (Licht- und Schattenverhältnisse, Spiegelungen etc.) und der verfügbaren Rechenleistung, bis zu mehrere Stunden oder sogar Tage dauern. Der ausgegebenen Fotorealillustration werden die notwendigen Steuerungs-codes nachträglich in einer Bildbearbeitungs-Software hinzugefügt. Der Gestaltungsstil der Codes sollte dabei möglichst an den Illustrationsstil des Objekts angepasst sein.

## 5.2 Getestete 3D-CAD-Softwarelösungen

Zur Erstellung Technischer Illustrationen auf 3D-CAD-Grundlage werden bei der Firma MAXKON Engineering GmbH u. a. die 2D- und 3D-Illustrationswerkzeuge der *CorelDRAW Technical Suite X7* sowie die 3D-Rendering-Software *SolidWorks Visualize Standard 2017* genutzt. Im Zuge dieser Arbeit wird zusätzlich teilweise das 3D-Design-Tool *Rhinoceros 3D 5.0* sowie der nicht-fotorealistische Render-Plug-in *Penguin 2.0* über eine 30-tägige Probelizenz getestet. Im Folgenden werden die eingesetzten Softwarelösungen kurz vorgestellt, die Umsetzung des Illustrationsworkflows dokumentiert und abschließend prinzipielle Komplikationen sowie konkrete Vor- und Nachteile zusammengefasst. Als Illustrationsbeispiel dient die Gesamtansicht eines Miniatur-Helikopters. Die dafür notwendigen 3D-CAD-Daten wurden vorab in *Rhinoceros 3D 5.0* modelliert und dem Autor zur Verfügung gestellt.

### 5.2.1 CorelDRAW Technical Suite X7

Das aktuelle Softwarepaket *Technical Suite X7* der Corel Corporation stellt umfassende Funktionen zur Gestaltung von 3D-CAD-Illustrationen, zur Vektorisierung von Rastergrafiken sowie für die professionelle Bildgestaltung bereit. Im Mittelpunkt dieser Arbeit stehen die Funktionen des Softwaremoduls *Lattice3D Studio CAD Corel Edition* (kurz: *Lattice3D*), welches die Verarbeitung, Organisation und Manipulation in einer 3D-Umgebung ermöglicht, als auch die speziell für die Technische Dokumentation entwickelten 2D-Illustrationswerkzeuge der Anwendung *Corel DESIGNER* (kurz: *DESIGNER*).

Verfügbare 3D-Modelldaten können im *Lattice3D* geladen, dreidimensional dargestellt und manipuliert werden. Das Softwaremodul unterstützt sowohl den Import gängiger nativer CAD-Formate wie DXF/DWG, IPT, Parasolid, PTC Creo und CATIA als auch typischer CAD-Austauschformate wie *IGES* und *STEP*. Es erkennt hinterlegte Objektgruppenstrukturen und ermöglicht die Transformation von Baugruppen sowie Einzelteilen hinsichtlich nötiger Explosionen, Querschnitte oder Transparenzen. Nachträgliche Änderungen an den Quelldaten könne unter bestimmten Voraussetzungen automatisch aktualisiert werden. Durch die übersichtliche Softwareoberfläche können benötigte Objektansichten und -zustände schnell erzeugt, gespeichert und als einfache Strichillustrationen exportiert werden. Die Ausgabe gerenderter Bilder ist ebenfalls möglich, kann sich aber optisch nicht mit den Ergebnissen vollwertiger 3D-Renderer messen.

Der *DESIGNER* bietet zahlreiche technisch-illustrative Werkzeuge für die weitere Bearbeitung von Vektor- oder Pixelgrafiken im 2D-Bereich. Auch hier wird Wert auf eine hohe Industrie-

kompatibilität gelegt und so können Formate wie *SVG*, *DWG*, *PSD*, *AI* und *PDF* sowohl importiert als auch exportiert werden. Die Illustrationsobjekte können im *DESIGNER* u. a. frei transformiert, mit Illustrationswerkzeugen gefärbt und aufgewertet oder durch eine Reihe vorgefertigter Bezugszeichen sowie -linien und Pfeile ergänzt werden. Der dafür zur Verfügung stehende Funktionsumfang ist sehr groß, erfordert aber auch eine beträchtliche Einarbeitungszeit des Bildgestalters.

### **Umsetzung mit CorelDRAW Technical Suite X7**

Die ersten Operationen zur Vorbereitung und Umsetzung der Technischen Illustration beginnen im 3D-Werkzeug *Lattice3D*. Prinzipiell werden hier die benötigten Ansichten erstellt, gespeichert und nachfolgend für weitere Bearbeitungen an den *DESIGNER* exportiert, wobei aus dem 3D-Objekt eine vektor- oder pixelbasierte 2D-Illustration generiert wird. Im ersten Schritt wird das als *STEP*-Datei vorliegende 3D-Konstruktionsmodell in *Lattice3D* importiert und im software-internen, hochkomprimierten 3D-Format (*.xv2*) gespeichert. Sämtliche Bauteilbezeichnungen sowie die Objektgruppenstruktur werden ebenfalls übermittelt und sind frei editierbar, wenn sie in den Metadaten hinterlegt wurden. Grundlegende Objekttransformationen wie das Rotieren, Verschieben oder Skalieren können frei Hand oder, über die Eingabe spezieller Werte, automatisch durchgeführt werden. Zur Auswahl der Perspektive sind einige vorgegebene Ansichten (vorne, hinten, rechts, links, oben, unten) als auch vier verschiedene Isometrien verfügbar. Wird ein freier, subjektiver Betrachtungswinkel bevorzugt, erfolgt dessen Ausrichtung über die Angabe von zwei Neigungswinkeln. Für die benötigte Gesamtansicht wird eine freie Parallelprojektion mit einem linken und rechten Neigungswinkel von 5° und 15° gewählt. Weitere Manipulationen wie Baugruppen-Explosionen, Querschnitt oder Transparenzen sind an dieser Stelle möglich, aber bei dem Anwendungsszenario nicht nötig. Mit der Schnellspeicherfunktion [*Snapshot hinzufügen*] lässt sich die aktuelle Ansicht sichern, um bspw. mehrere alternative Objektzustände zu erstellen. So können alle benötigten Ansichten zusammengestellt, bei Bedarf verändert und aktualisiert sowie schlussendlich exportiert werden.

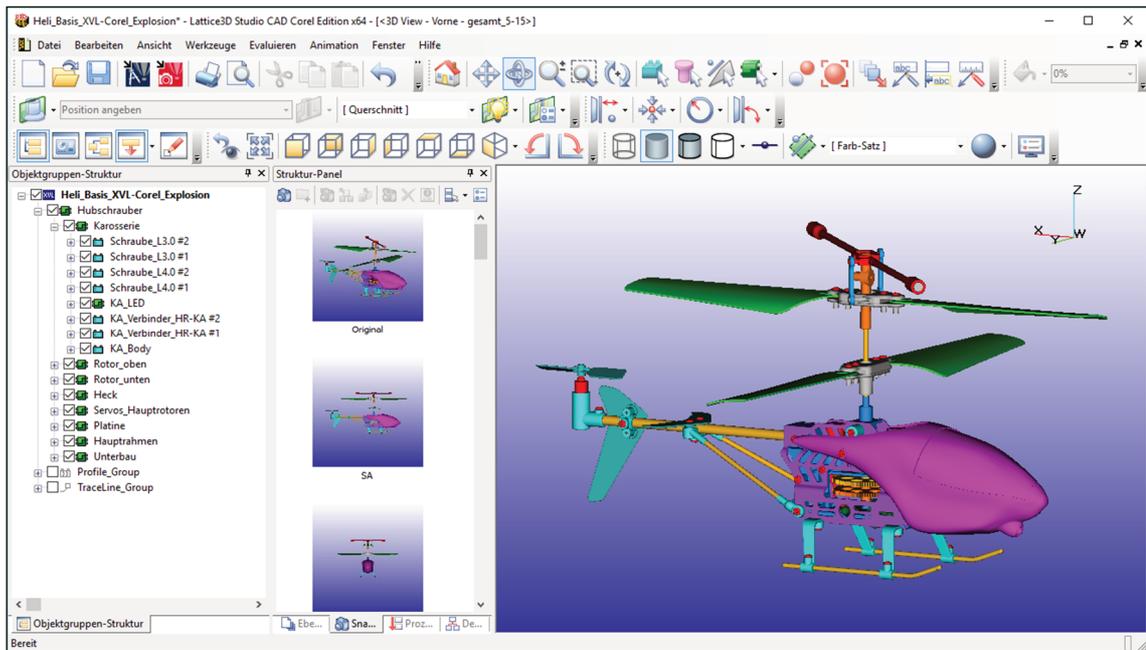


Abbildung 14 – Benutzeroberfläche Lattice3D Studio CAD Corel Edition

(Quelle: selbsterstellte Abbildung)

Vor dem Übermitteln der Bilddaten an den *DESIGNER* müssen verschiedene Exportheinstellungen vorgenommen werden, die sich auf die Qualität und Form der ausgegebenen Strichillustration auswirken. So können Typ, Breite und Farbe aller Linienarten verändert, einzelne Objektflächen gefärbt oder der Sichtbarkeitsgrad konkaver und konvexer Kanten definiert werden. Des Weiteren können die Maße und das Format der exportierten Zeichnung sowie die Umwandlung von Linien in Kurven festgelegt werden. Die Übertragung an den *DESIGNER* kann einige Zeit in Anspruch nehmen, dauert aber in der Regel nur wenige Minuten.

Der Umfang der darauffolgenden Nachbearbeitung im *DESIGNER* hängt vom Informationsziel und dem gewählten Illustrationsstil bzw. der dafür notwendigen illustrativen Gestaltung ab. Bei schlichten Strichillustrationen beschränken sich die Nacharbeiten meist auf die Löschung unnötiger und die Korrektur fehlerhaft interpretierter Pfade und Kurven. Dabei sollte die Zoomstufe im Auge behalten werden, da manche Detailfehler später gar nicht zu erkennen wären und die aufgewendete Zeit gespart werden kann. Im *DESIGNER* ist es möglich, auf mehreren Ebenen zu arbeiten, um Umrisse, Farbfüllungen, schematische Schattenflächen sowie eingefügte Steuerungscode einzeln zu bearbeiten bzw. schnell ein- und ausblenden zu können. Eine solche Organisation kommt auch eventuellen Mitarbeitern zu Gute, die die Illustration zu einem späteren Zeitpunkt erneut bearbeiten.

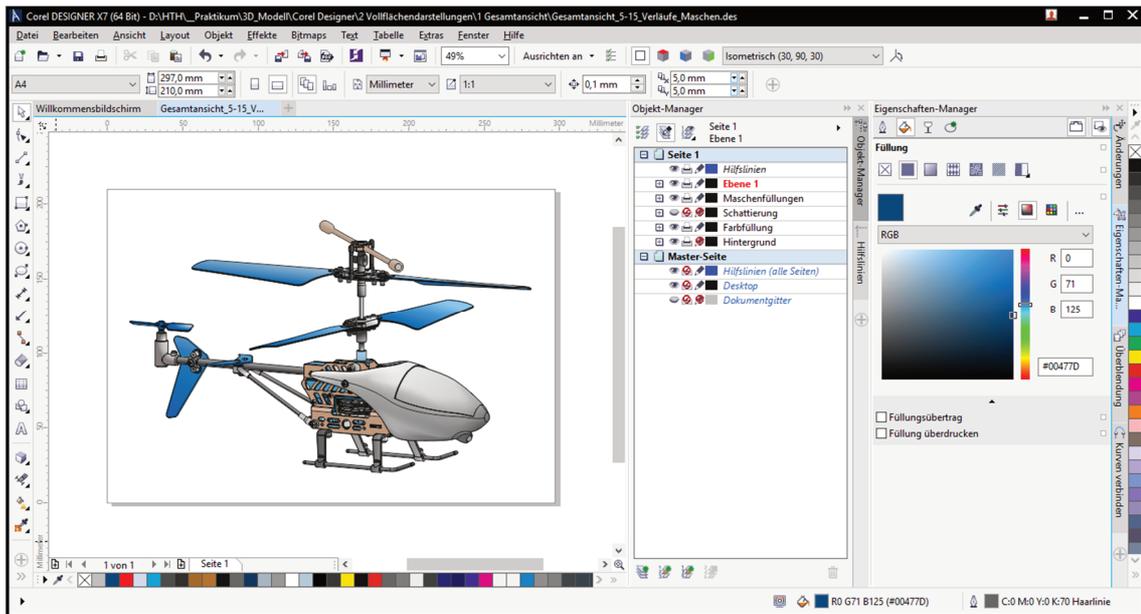


Abbildung 15 – Benutzeroberfläche Corel DESIGNER X7

(Quelle: selbsterstellte Abbildung)

Bei Vollflächendarstellungen beginnt die aufwendige Nacharbeit mit dem manuellen Hinzufügen von Schattierungen, Farbfüllungen und Farbverläufen. Die Übertragung der 3D-Daten zu 2D-Grafiken weist häufig, abhängig von der Qualität und Komplexität des Modells, einige Mängel auf. So sehen die ausgegebenen Illustrationen zwar auf den ersten Blick fehlerfrei aus, sind bei genauerer Betrachtung aber oft lückenhaft und unsauber exportiert. Das gravierendste Problem sind nicht vollständig geschlossene Umrisspfade der Objektflächen, da diese nicht per Füllbefehl gefärbt werden können. Die Alternative, die Färbung der Flächen schon in den Exporteinstellungen vorzunehmen, steht nur für gleichmäßige Farbfüllungen zur Wahl. Es erfordert also teils nochmalige Ausbesserungen und langwierige Detailarbeit, bevor Flächen mit Verläufen gefüllt werden können. Bei solchen (fotorealistischen) Farbverläufen müssen für jede Objektfläche das Farbspektrum, die Form (linear oder radial) sowie die Ausrichtung des Verlaufs definiert werden. Für das Hinzufügen von Hervorhebungen und Steuerungscodes bietet der *DESIGNER* eine große Auswahl an Illustrationsfunktionen sowie Vorlagen von Bezugs- und Bewegungszeichen wie Buchstaben, Ziffern, Linien und Pfeilen, so dass diese mit verhältnismäßig geringem Aufwand eingefügt und platziert werden können.

Schlussendlich wird die ausgebesserte und farblich gestaltete Vollflächenillustration in das benötigte Ausgabeformat exportiert. Für Vektorausgaben stehen Formate wie *PDF*, *SVG* und *EPS* zur Verfügung, Pixelgrafiken können als *JPG*-, *PNG*- oder *TIF*-Datei gespeichert werden. Für

Letztere muss die finale Abbildungsgröße im Ausgabemedium berücksichtigt werden, da pixelbasierte Grafiken später nur unzureichend skaliert werden können.

Tabelle 9 – Vor- und Nachteile der CorelDRAW Technical Suite X7

CORELDRAW TECHNICAL SUITE X7	
<b>Pro</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Import und Export gängiger CAD-Formate (Lattice3D + DESIGNER)</li> <li>• Verarbeitung integrierter Objektstrukturen (Lattice3D)</li> <li>• Schnellspeichern von Objektansichten und -zuständen (Lattice3D)</li> <li>• Export vektorisierter Strichillustrationen (Lattice3D)</li> <li>• Ausgabe von Pixel- und Vektorgrafiken (Lattice3D + DESIGNER)</li> <li>• großer Funktions- und Werkzeugumfang (DESIGNER)</li> <li>• einfaches Hinzufügen von Steuerungscode (DESIGNER)</li> </ul>
<b>Contra</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• keine hochwertigen Rendering-Ausgaben (Lattice3D)</li> <li>• hohe Einarbeitungszeit (DESIGNER)</li> <li>• zeitintensive manuelle Bearbeitung für Schatten- und Farbverläufe (DESIGNER)</li> </ul>

### 5.2.2 SolidWorks Visualize Standard 2017

Die im letzten Jahr erschienene Softwarelösung *SolidWorks Visualize Standard 2017* (kurz: *Visualize*) erweitert das Portfolio des Branchenriesen hinsichtlich fotorealistischer Renderings. Die Standardversion bietet in erster Linie Auswahlmöglichkeiten für Farben und verschiedenste Materialien in Kombination mit einigen vorgegebenen Licht- und Hintergrundsituationen. Mit der 3D-Rendering-Software können qualitativ hochwertige Fotorealillustrationen erzeugt werden, ohne, dass der Anwender dafür CAD- oder Grafikkennnisse benötigt. Der umsetzbare Illustrationsstil ist damit auf Fotorealillustrationen beschränkt.

Beim Import der 3D-Daten unterstützt *Visualize* sowohl native CAD-Formate namhafter Hersteller wie *PTC Creo*, *Autodesk*, *3dsMax* oder *CATIA* als auch signifikante CAD-Austauschformate wie *IGES* und *STEP*. Die intuitive Benutzeroberfläche ermöglicht eine effektive Zuweisung von Farben, Materialien und Hintergründen. Ausgegeben werden die virtuellen Produktbilder als Pixelgrafiken, so dass die Auflösung im Sinne der späteren Verwendung berücksichtigt werden muss. Die Berechnungszeit solcher hochauflösenden Bilder kann, abhängig von der zur Verfügung stehenden Leistung des Computers und der Grafikkarte, viel Zeit in Anspruch nehmen. Nachfolgende Bildbearbeitungen wie das Hinzufügen von Steuerungscode müssen über eine separate Grafik-Software erfolgen.



Abbildung 16 – Benutzeroberfläche SolidWorks Visualize Standard 2017

(Quelle: selbsterstellte Abbildung)

### Umsetzung mit SolidWorks Visualize Standard 2017

Für die Erstellung der Fotorealillustration mit *Visualize* wird das vorliegende 3D-CAD-Modell im STEP-Austauschformat importiert und als Projekt im software-eigenen Format (.svpj) gespeichert. Sämtliche Bauteilbezeichnungen sowie die Objektgruppenstruktur werden ebenfalls übermittelt und sind frei editierbar, wenn sie in den Metadaten hinterlegt wurden. Prinzipielle Objekttransformationen wie das Rotieren, Verschieben oder Skalieren können frei Hand oder durch die Eingabe von entsprechenden Werten realisiert werden. Für darstellungsspezifische Manipulationen wie Explosionen oder Querschnitte stehen in der verwendeten Version keine sinnvollen Funktionen zur Verfügung. Sollen Objekte oder -gruppen bspw. gesprengt werden, muss das händisch und mit hohem Zeitaufwand erfolgen. Um die Kameraperspektive dem Szenario „Gesamtansicht“ anzupassen, müssen Längen- und Breitengrad sowie die Auswahl [Orthografische Ansicht] angegeben werden. Zur Erzeugung mehrerer Objektansichten steht keine funktionale Schnellspeicherung (gilt für Standard-Version) zur Verfügung, so dass für jeden Zustand eine separate Projektdatei angelegt werden müsste.

Wurden alle nötigen Modell-Manipulationen durchgeführt, wird jeder einzelnen Objekt-komponente per Drag-and-Drop-Funktion ein Material („Erscheinungsbild“) und eine Farbe zugewiesen. Mit *Visualize* stehen dem Anwender umfassende lokale und zusätzlich cloud-basierte Bibliotheken an unterschiedlichsten Materialien wie Glas, Holz, Metall, Plastik, Leder, Keramik oder Carbon sowie einigen Flüssigkeiten zur Verfügung. Weiter muss sich für eine der vorgegebenen Lichtumgebungen sowie optional für ein HDR-Hintergrundbild entschieden

werden. Über weitere Szeneneinstellungen lassen sich sowohl Bodenreflexionen, Kaustiken sowie Helligkeits- und Gammawerte beeinflussen als auch die Schattenintensität und Szenenrotation festlegen.

Zum abschließenden Rendering kann entweder eines der vordefinierten Ausgabeprofile wie Standard, High Quality, High Resolution oder Interior ausgewählt oder ein benutzerdefiniertes angelegt werden. Die wichtigsten einzustellenden Parameter sind das Bildformat (*JPG, PNG, TIFF* oder *PSD*), die Auflösung (z. B. 1920 x 1080 Pixel), die Detailstufe (Vorschau, Schnell, Genau), und damit die Anzahl der Rendering-Durchläufe, sowie das Rendering-Gerät (CPU, GPU, Hybrid). Die Dauer richtet sich nach den ausgewählten Einstellungen sowie der zur Verfügung stehenden Rechenleistung.

Tabelle 10 – Vor- und Nachteile von SolidWorks Visualize Standard 2017

SOLIDWORKS VISUALIZE STANDARD 2017	
<b>Pro</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Import und Export gängiger CAD-Formate</li> <li>• übersichtliche und leicht zu erlernende Benutzeroberfläche</li> <li>• Verarbeitung integrierter Objektstrukturen</li> <li>• schnelles Zuweisen von Farben, Materialien, Licht, Hintergrund</li> <li>• variable Ausgabeeinstellungen</li> </ul>
<b>Contra</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kein Schnellspeichern von Objektansichten und -zuständen (Standard-Version)</li> <li>• keine Ausgabe von Vektorgrafiken</li> <li>• nicht geeignet zum Hinzufügen von Steuerungscode</li> <li>• relativ großer Zeit- und Hardwareaufwand für hochwertige Endprodukte</li> </ul>

### 5.2.3 Rhinoceros 3D 5.0

Die kommerzielle 3D-Design-Software *Rhinoceros 3D 5.0* (kurz: *Rhino3D*) wurde vom 1980 gegründeten Unternehmen *Robert McNeel & Associates* entwickelt und kommt in weiten Teilen der CAx-Prozesskette zum Einsatz. Die umfassenden 3D-Freiform-Modellier-Werkzeuge arbeiten auf der Grundlage sog. „NURBS-Geometrien“ („nicht-uniforme rationale Basis-Splines“), bei denen Flächen und Kurven jeder beliebigen Form präzise über mathematische Definitionen bestimmt werden. Die 3D-Softwarelösung bietet unzählige Funktionen sowie eine sehr hohe Modellgenauigkeit und Industriekompatibilität mit über 30 Import- und Exportformaten. Die Benutzeroberfläche kann für Laien etwas überfordernd wirken, ist aber prinzipiell bedienerfreundlich und nach einer angemessenen Einarbeitungszeit effektiv nutzbar.

Zur Erstellung der Technischen 3D-CAD-Illustrationen wurde eine der vielen zusätzlichen Render-Erweiterungen für unterschiedlichste Endprodukte (Konzept-, Produkt- und Architektur-design, nicht-fotorealistic, Simulationen usw.) genutzt. Mit dem Render-Plug-in „Penguin“ sind generell nicht-fotorealistic Ausgaben im Stil von Skizzen, Zeichnungen oder Cartoons möglich (siehe Anhang, Abbildung 20, Abbildung 21, S.102). Aufgrund der beschränkten Testlizenz wird sich dabei ausschließlich auf eine Alternative zu den sehr zeitaufwendigen (vektorbasierten) Vollflächenillustrationen beschränkt. Das Ziel ist eine vergleichbare Gesamtdarstellung des Helikopters mit geringfügig erhöhten körperlichen Merkmalen über schematisch angedeutete Schattenflächen. Durch die sichtbaren Flächenkonturen entsteht eine leicht verständliche Illustration mit einem sinnvollen Grad an Plastizität, der bisher nur durch eine langwierige manuelle Gestaltung möglich war. Die Methode würde einen guten Mittelweg zwischen den aufwendigen Vektorillustrationen und „zu informationslastigen“ Renderings bilden und soll deshalb zusätzlich betrachtet werden.

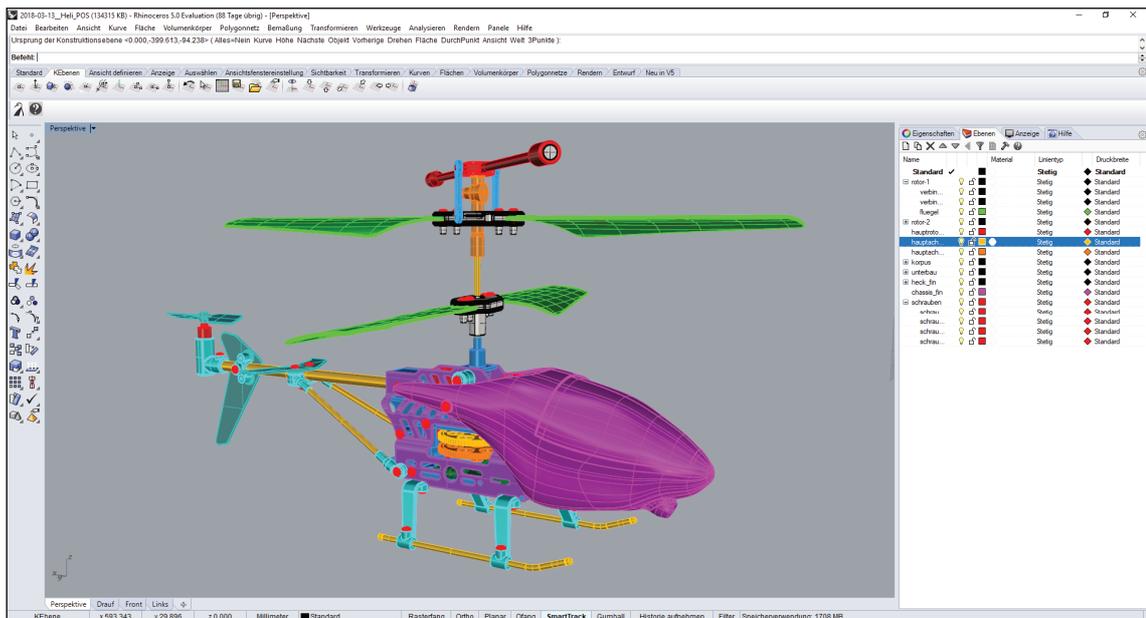


Abbildung 17 – Benutzeroberfläche Rhinoceros 3D 5.0

(Quelle: selbsterstellte Abbildung)

## Umsetzung mit Rhinoceros 3D 5.0 + Render-Plug-in Penguin 2.0

Für die Erstellung der Vollflächenillustration mit *Rhino3D + Penguin* wird das schon im software-eigenen Format (.3dm) vorliegende 3D-CAD-Modell importiert und als Projekt gespeichert. Prinzipielle Objekttransformationen wie das Rotieren, Verschieben oder Skalieren können frei Hand oder durch die Eingabe von entsprechenden Werten realisiert werden. Für darstellungsspezifische Manipulationen wie Explosionen oder Querschnitte stehen keine Funktionen zur

Verfügung. Sollen Objekte oder Gruppen bspw. gesprengt werden, muss das händisch erfolgen. Um die Perspektive dem Szenario „Gesamtansicht“ anzupassen, muss über x-, y- und z-Koordinaten die Position der Kamera bestimmt werden. Zur Erzeugung mehrerer Objektansichten steht keine funktionale Schnellspeicherung (gilt für Testversion) zur Verfügung, so dass für jeden Zustand eine separate Projektdatei angelegt werden müsste.

Wurden alle nötigen Modell-Manipulationen durchgeführt, wird jeder einzelnen Objekt-komponente ein Material einschließlich Textur und Farbe zugewiesen. Für die angestrebten schattierten Skizzen werden allerdings weder Farben noch Texturen benötigt, so dass die Standardwerte beibehalten werden. In diesem Zusammenhang wären lediglich partielle Einfärbungen zur Hervorhebung relevanter Komponenten sinnvoll.

Interessant wird es beim abschließenden Rendering und den wählbaren Eigenschaften. Neben den üblichen Einstellungen zur Ausgabeauflösung und -qualität kommen wählbare Hintergrundbilder, Transparenzen, Schatten und sogar die Möglichkeit einer Vektorausgabe in Frage. In den Einstellungen des Render-Plug-ins *Penguin* kann daraufhin zwischen über zehn vordefinierten Stilen wie Aquarell, Bleistift, Cartoon, Kinderzeichnung, Technische Zeichnung sowie Tinten- oder Pinselstriche gewählt werden. Zusätzlich kann für jeden Stil separat der Hauptschattierer (Künstlerisch, Cartoon, Skizze oder Foto) sowie weitere Feineinstellungen wie Schatten-, Grund- und Beleuchtungstextur als auch die Form, Breite und Farbe der Kanten festgelegt werden. Die benötigte Renderzeit richtet sich nach den ausgewählten Einstellungen sowie der zur Verfügung stehenden Rechenleistung, geht aber verhältnismäßig zügig.

Tabelle 11 – Vor- und Nachteile von *Rhinoceros 3D 5.0*

<b>RHINOCEROS 3D 5.0 (+ RENDER-PLUG-IN PENGUIN 2.0)</b>	
<b>Pro</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Import und Export gängiger CAD-Formate</li> <li>• relativ schnelles Zuweisen von Farben, Materialien, Licht, Hintergrund</li> <li>• schnelle Ausgabe von Vollflächenillustrationen durch Render-Plug-ins (Penguin)</li> <li>• Ausgabe von Pixel- und (eingeschränkt) Vektorgrafiken</li> </ul>
<b>Contra</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• keine Verarbeitung integrierter Objektstrukturen (nur Ebenen)</li> <li>• relativ hohe Einarbeitungszeit</li> <li>• nicht geeignet zum Hinzufügen von Steuerungscode</li> </ul>

### 5.3 Vergleich der 3D-CAD-Softwarelösungen

In der folgenden Tabelle werden die verwendeten 2D- und 3D-CAD-Softwarelösungen (*Lattice3D + Corel DESIGNER, SolidWorks Visualize*) anhand des entwickelten Illustrationsworkflows und dessen einzelner Prozessschritte und Operationen gegenübergestellt. Das hat vor allem den Zweck, deren generelle Funktionstüchtigkeit hinsichtlich der Umsetzung Technischer 3D-CAD-Illustrationen festzuhalten. *Rhinoceros 3D* wird dabei außen vor gelassen, da lizenzbedingt nicht der gesamte Prozess getestet werden konnte und lediglich ein bestimmter Illustrationsstil umgesetzt wurde.

Tabelle 12 – Softwarevergleich zum Workflow Technischer 3D-CAD-Illustrationen

ILLUSTRATIONSWORKFLOW			
Prozessschritt	Operationen	Corel Techn. Suite X7	Solid-Works Visualize
<b>3D-Daten-Import</b>	native CAD-Formate (DXF/DWG, Parasolid, etc.)	✓	✓
	CAD-Austauschformat (STEP, IGES etc.)	✓	✓
<b>Modell-Manipulation</b>	Bauteilbezeichnung importiert, editierbar	✓	(✓)
	Objektgruppenstruktur importiert, editierbar	✓	(✓)
	Bauteile / -gruppen ausblenden, löschen	✓	✓
	Transformationen (Rotieren, Verschieben, Skalieren)	✓	✓
	Perspektivwahl (Fluchtpunkt- oder Parallelprojektion)	✓	✓
	Darstellungsmethode (Explosionen, Querschnitte, Transparenzen usw.)	✓	(✓)
<b>Ansichten speichern</b>	Schnellspeicherung	✓	x
	Speichern als Projektdatei	✓	✓

ILLUSTRATIONSWORKFLOW			
Prozessschritt	Operationen	Corel Techn. Suite X7	Solid-Works Visualize
visuell-räumliche Gestaltung (Darstellungscodes)	Strichstärken (Außen, Innen)	✓	x
	generelle Farbigkeit	✓	✓
	Lichtquellen	x	✓
	(schematische) Schattenflächen	✓	x
	Farbverläufe	✓	✓
	Texturen, Material	x	✓
	HDR-Hintergrund	x	✓
codale Gestaltung (Steuerungscodes)	Konturen	✓	x
	Einfärbung, Hervorhebung	✓	✓
	Überzeichnung	✓	x
	Bezugszeichen (Buchstaben, Ziffern, Linien)	✓	(✓)
	Schrittnumerierung	✓	(✓)
	Bewegungszeichen (Pfeile, Linien)	✓	(✓)
	Hände, Finger, Werkzeug	✓	(✓)
	sprachliche Ergänzungen (Legenden, Verneinung)	✓	(✓)
Export 2D / 3D	Ausgabe von Vektor- und Pixelgrafiken	✓	x
Operationen insgesamt realisierbar		24 / 27	21 / 27

Legende: \*✓ = möglich; \*(✓) = eingeschränkt möglich; \*x = nicht möglich

Weitere Softwarelösungen, mit denen Technische Illustrationen auf 3D-CAD-Grundlage erstellt und gestaltet werden könnten:

- AUTODESK Inventor
- SolidWorks Composer
- PTC Creo Illustrate
- PTC Arbortext IsoDraw CADprocess

## 6 Leistungskatalog für Technische 3D-CAD-Illustrationen

Das folgende Kapitel beinhaltet einen ersten Konzeptentwurf des Leistungskatalogs zur Erstellung und Gestaltung Technischer 3D-CAD-Illustrationen. Genauer gesagt, geht es um dessen Kernstück – eine Bewertungsmatrix, die auf Grundlage der in dieser Arbeit erhobenen kognitionspsychologischen, geschichtlichen, normativen und illustrativen Informationen eine Entscheidungshilfe bei der Auswahl des Illustrationsstils gibt. Dabei werden die klassifizierten Illustrationsstile sowie die relevanten Bildfunktionen, veranschaulicht durch praxisrelevante Anwendungsszenarien, hinsichtlich genereller Illustrationskriterien bewertet und anschließend in einem Wertungssystem verknüpft.

Die folgenden Abhandlungen beziehen die Konzeptdefinition sowie den Aufbau der Bewertungsmatrix ein – einschließlich aller argumentativen Kriterien sowie den von Illustrationsstil und Bildfunktion abhängigen Faktoren. Daraufhin wird das angewandte Wertungssystem bzw. dessen Logik erklärt, an drei Anwendungsszenarien durchgeführt und schlussendlich ausgewertet.

### 6.1 Konzeptdefinition

Eine Konzepterstellung bringt den grundlegenden Vorteil mit, dass alle relevanten Faktoren und Informationen verständlich zusammengefasst werden und so eine gezielte Planung und ganzheitliche Betrachtung ermöglicht wird. Außerdem werden die angestrebten Ziele klar ausformuliert und ein Orientierungsrahmen gegeben. Erste Vorüberlegungen, die in diesem Zusammenhang festgehalten werden sollten, sind das konkrete Ziel, die dazu benötigten Kriterien und Bewertungen, absehbare Schwierigkeiten, rechtliche und normative Voraussetzungen sowie Ergebnisse vergleichbarer Vorhaben.

„Konzepte schaffen die Transparenz, die für fundierte und nachvollziehbare Entscheidungen notwendig sind. [...] Die Grundlage dafür sind Bewertungen, und wer bewertet, braucht Ziele und Kriterien, die das Maß der Güte einer Lösung abbilden.“

(Fleig 2016 [ONLINE])

Die *MAXKON Engineering GmbH* erstellt als Dienstleister für Technische Dokumentation und Produktmarketing vorrangig repräsentationale Abbildungen – der Schwerpunkt liegt jedoch bei der Umsetzung Technischer Illustrationen auf 3D-CAD-Basis. In diesem Zusammenhang soll ein praxisnaher Leistungskatalog entstehen, der bei potentiellen Gestaltungsfragen eine argumentative und software-unabhängige Entscheidungsgrundlage zur Auswahl des Illustrationsstils

bietet. Momentan beruht dieser Entschluss auf (subjektiven) Kundenwünschen, den langjährigen Erfahrungswerten der Redakteure und Illustratoren sowie der Orientierung an branchenüblichen Gestaltungsvarianten. Der neue Katalog hätte den Vorteil, dass zum einen bildhafte Referenzbeispiele verschiedener Illustrationsstile präsentiert werden und darüber hinaus, eine methodisch begründete Empfehlung ausgegeben wird. Verwendung finden könnte er bei vertiefenden Kundengesprächen zur Informationsgestaltung sowie bei generellen (internen oder externen) Illustrationsfragen.

Die bildhaften Referenzbeispiele zu den verschiedenen Illustrationsstilen wurden bereits vorab erstellt, so dass in der folgenden Konzeptionierung die Bewertungsmatrix bzw. das zugrunde liegende Wertungssystem im Fokus stehen. Dazu wurden generelle Illustrationskriterien erarbeitet, deren Wirkungsgrad jeweils für die klassifizierten Illustrationsstile (**Leistungsfaktor**) als auch für die relevanten Bildfunktionen (**Wichtungsfaktor**) definiert wird. Darauffolgend werden die festgelegten Faktoren über ein entwickeltes Wertungssystem zu einem Gesamtwert verrechnet. Der Illustrationsstil mit dem höchsten Gesamtwert, legt dessen Verwendung in dem betrachteten Anwendungsszenario nahe. Die argumentative Begründung zu den Kriterien und Faktoren sowie die Dokumentation einiger Testszenarien erfolgt im Rahmen dieser Arbeit.

Rechtliche und normative Voraussetzungen sind im Zuge der vorangestellten Literaturrecherche erfasst und bei der Kriterienauswahl sowie der Bewertung berücksichtigt wurden. Vergleichbare Konzeptvorhaben gab es nach eigener Recherche bislang nicht, so dass tendenzielle Probleme erst nach der Auswertung ersichtlich werden.

## **6.2 Bewertungsmatrix**

Der Aufbau, die Funktionsweise und die Ergebnisinterpretation der Bewertungsmatrix werden wie folgt veranschaulicht. Zuerst werden die illustrativen Betrachtungskriterien eingeführt und klar definiert. Dazu zählen die generellen Illustrationskriterien sowie deren Bewertungen hinsichtlich der einzelnen Illustrationsstile und Bildfunktionen. Die Werte der festgelegten Faktoren werden argumentativ begründet und in die Bewertungsmatrix eingesetzt. Die Systematik sowie die durchzuführenden Rechenvorgänge werden anhand einer Test-Matrix erläutert. Abschließend folgt der Anwendungstest der Methode anhand drei praxisrelevanter Anwendungsszenarien.

### 6.2.1 Definition der Betrachtungskriterien

Die Grundlage der entwickelten Bewertungsmatrix bilden einige generelle Illustrationskriterien, deren Wirkungsgrade hinsichtlich der Illustrationsstile sowie der Bildfunktionen separat bestimmt werden. Die Auswahl der Illustrationskriterien erfolgte im Rahmen der theoretischen Informationserhebung dieser Arbeit. Es wurden bewusst eher allgemeingültige Parameter ausgewählt, um der Bewertungsmatrix einen möglichst großen Anwendungsspielraum in der Praxis zu gewähren. Die folgende Kriterienliste (a–e) erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit und kann bzgl. spezieller Bedingungen verändert und erweitert werden.

- a) **Informativität**
- b) **Verständlichkeit**
- c) **Plastizität**
- d) **Zeitaufwand (Workflow)**
  - visuelle Gestaltung
  - codale Gestaltung
  - Vor- und Nachbearbeitung
- e) **Ausgabevielfalt**

Um eine konsistente Verwendung zu gewährleisten, werden die generellen Illustrationskriterien nachkommend voneinander abgegrenzt und eindeutig definiert. Abbilder haben eine hohe **Informativität**, wenn der Informationsgehalt so reduziert wurde, dass die relevanten Details selektiv erkennbar sind. Sie haben eine niedrige Informativität, wenn die wesentlichen Informationen aufgrund einer zu hohen Detaildichte schwer erkannt werden. Abbilder haben eine gute **Verständlichkeit**, wenn die generelle Lesbarkeit hoch und der Zeitaufwand bis zum Verstehen möglichst gering ist. Sie sind schlecht verständlich, wenn der nötige Interpretationsaufwand für den Betrachter groß ist und dafür viel Zeit beansprucht wird. Illustrative Abbilder weisen eine hohe **Plastizität** auf, wenn die Objektoberfläche durch fotorealistische Merkmale wie Konturen, Farbverläufe und Materialstrukturen geprägt sind. Sie ist gering, wenn die körperlichen Eigenschaften auf das Nötigste reduziert werden, also der Abstraktionsgrad stark erhöht wird. Der **Zeitaufwand** beruht auf dem für die verfügbaren Softwarelösungen entwickelte Workflow und setzt sich aus der Prozessdauer für die visuelle Gestaltung (Farb- und Schattenflächen, Farbverläufe, Materialtexturen), die codale Gestaltung (Hervorhebungen, Bezugs- und Bewegungszeichen) sowie die nötige Vor- und Nachbearbeitung (Organisation, Manipulationen, Korrekturen) zusammen. Die **Ausgabevielfalt** bezieht sich auf den variablen Export der Abbildungen im Pixel- und/oder Vektorformat. Sie wird positiv bewertet, wenn beide Varianten möglich sind.

Es folgt die Festlegung des **Leistungsfaktors (LF)** der generellen Illustrationskriterien hinsichtlich der drei klassifizierten Illustrationsstile. Um dabei eine möglichst hohe Nachvollziehbarkeit bzw. Transparenz zu erreichen, wird jede einzelne Bewertungen argumentativ begründet. Die verwendete Bewertungsskala des LF reicht von 5 (sehr hoch) bis 1 (sehr gering).

Bei der Angabe des Zeitaufwands für den Illustrationsworkflow, wird für wenig benötigte Zeit ein entsprechend hoher LF vergeben. Aus Gründen der Praktikabilität wird von den drei Teilprozessen des Workflows später lediglich der gerundete Mittelwert (*MW*) verwendet. An dieser Stelle sei nochmal ausdrücklich erwähnt, dass der betrachtete Workflow nicht allgemeingültig ist, sondern auf den subjektiven Erfahrungen mit der zur Verfügung stehenden Software beruht. So wurden Strich- und Vollflächenillustrationen ausschließlich mit der beschriebenen Softwarelösung *CorelDRAW Technical Suite X7* und Fotorealillustrationen mit *SolidWorks Visualize 2017* umgesetzt.

Tabelle 13 – Bewertung der Illustrationskriterien bzgl. des Illustrationsstils

Generelle Illustrationskriterien		Leistungsfaktor (LF)			
		Strich-illustrationen (SI)	Vollflächen-illustrationen (VFI)	Fotoreal-illustrationen (FRI)	
a	Informativität	5	3	1	
b	Verständlichkeit	2	3	5	
c	Plastizität	1	4	5	
d	Illustrations-workflow	visuelle Gestaltung	(5)	(2)	(3)
		codale Gestaltung	(3)	(3)	(3)
		Vor- und Nachbearbeitung	(3)	(2)	(5)
		Zeitaufwand ( <i>MW</i> )	4	2	4
e	Ausgabevielfalt	5	5	2	

Es folgt die Argumentation der Leistungsbewertung (LF) genereller Illustrationskriterien für **Strichillustrationen (SI)**. Die Informativität (5 / 5) von SI ist sehr hoch, da die Detailmenge stark reduziert wird und somit lediglich relevante Informationen zu sehen sind, welche oftmals noch zusätzlich hervorgehoben werden. Die Verständlichkeit (2 / 5) von SI ist verhältnismäßig gering, da zur Interpretation der abstrahierten Objekte sowohl (fachliches) Vorwissen bzgl. des Produkts als auch ein gewisses Maß an räumlicher Vorstellungskraft nötig ist. Die Plastizität bzw.

Körperlichkeit (1 / 5) von SI ist durch den hohen Abstraktionsgrad sehr gering. Der zeitliche Gesamtaufwand (4 / 5) bei der Erstellung von SI ist ebenfalls relativ gering, da die Illustrationen meist automatisch ausgegeben werden können und eine weitere visuelle Gestaltung nur in geringem Maße notwendig ist. Auch für die codale Gestaltung sowie nötige Vor- und Nachbearbeitungen wird nicht mehr als durchschnittlich viel Zeit beansprucht. Die Ausgabevielfalt (5 / 5) der SI ist sehr positiv, weil sowohl Pixel- als auch Vektordatenformate exportiert werden können.

Es folgt die Argumentation der Leistungsbewertung (LF) genereller Illustrationskriterien für **Vollflächenillustrationen (VFI)**. Die Informativität (3 / 5) und Verständlichkeit (3 / 5) von VFI hängen vom Maß der Gestaltung ab und sind tendenziell weder sehr hoch noch besonders gering. Lediglich die Plastizität (4 / 5) ist etwas höher, da vorrangig körperliche Merkmale visuell verdeutlicht werden. Der Zeitaufwand (2 / 5) ist verhältnismäßig hoch, weil vorab zahlreiche Korrekturen nötig sind und die manuelle Erstellung von Farb- und Schattenflächen oder Farbverläufen im Vektorbereich sehr aufwändig ist. Die Ausgabevielfalt (5 / 5) ist generell hoch, da sowohl Pixel- als auch Vektordatenformate exportiert werden können.

Es folgt die Argumentation der Leistungsbewertung (LF) genereller Illustrationskriterien für **Fotorealillustrationen (FRI)**. Die Informativität (1 / 5) von FRI ist aufgrund der hohen Informationsdichte sehr niedrig. Eine selektive Unterscheidung zwischen wichtigen und unwichtigen Komponenten ist dementsprechend nur schwer möglich. Dagegen ist die Verständlichkeit (5 / 5) und Plastizität (5 / 5) von FRI sehr hoch, da dem Betrachter das Objekt in einer geläufigen (realen) Darstellungsweise präsentiert wird und somit kaum Interpretationsaufwand nötig ist. Der anfallende Zeitaufwand (4 / 5) für die Erstellung von FRI ist, abhängig vom Produkt, verhältnismäßig gering. Zwar kann die visuelle Gestaltung unter Umständen (spezielle Materialien, adäquate Ausleuchtung etc.) langwierig sein, der Aufwand für das Hinzufügen der Codes bleibt aber gleich und Vor- und Nachbearbeitungen sind nur minimal nötig. Die Ausgabevielfalt (2 / 5) von FRI wird relativ gering bewertet, da lediglich Pixelformate exportiert werden können und die Verwendungsbreite somit eingeschränkt ist.

Nachdem die Leistungsfaktoren festgelegt wurden, folgen nun die **Wichtungsfaktoren (WF)** der generellen Illustrationskriterien hinsichtlich der unterschiedlichen Bildfunktionen. Dieser Faktor des Wertungssystems soll die tatsächliche Relevanz der Illustrationskriterien bzgl. praxistypischer Bildfunktionen (ostentativ, deskriptiv, instruktiv, dekorativ) bewerten. Die vorgenommene Wichtung erfolgt nach einer prozentualen Bewertungsskala (z. B. 10 / 100). Pro Illustrationsstil muss die Summe aller Wichtungsfaktoren 100 sein, damit die Gesamtergebnisse

vergleichbar bleiben. Der Prozentwert wird zur besseren Weiterverwendbarkeit in der Bewertungsmatrix als Multiplikationsfaktor (10 % = 0,1) dargestellt. Für den Gesamtaufwand sowie die Ausgabevielfalt wird jeweils ein fester Prozentwert von 30 % und 10 % festgelegt, da die beiden Kriterien abhängig von der Software sind und diese, wie schon erwähnt, in dem Wertungssystem nicht berücksichtigt werden soll.

Tabelle 14 – Bewertung der Illustrationskriterien bzgl. der Bildfunktion

Generelle Illustrationskriterien		Wichtungsfaktor (WF)				
		ostentativ	deskriptiv	instruktiv	dekorativ	
a	Informativität	30	20	20	10	
b	Verständlichkeit	20	20	30	20	
c	Plastizität	10	20	10	30	
d	Illustrations-workflow	visuelle Gestaltung	(10)	(10)	(10)	(10)
		codale Gestaltung	(10)	(10)	(10)	(10)
		Vor- und Nachbearbeitung	(10)	(10)	(10)	(10)
		Zeitaufwand (MW)	30	30	30	30
e	Ausgabevielfalt	10	10	10	10	

Es folgt die Argumentation der Wichtungsbewertung (WF) genereller Illustrationskriterien bei **ostentativen Bildern**. Bilder mit ostentativer Funktion haben prinzipiell das Ziel, Objekte, Baugruppen oder Einzelkomponenten zu zeigen bzw. zu veranschaulichen und damit deren visuelle Identifikation sowie räumliche Lokalisierung zu ermöglichen (z. B. Ersatzteilkatalog). Die Informativität (30 / 100) nimmt bei ostentativen Bildern den höchsten Stellenwert ein, da die Detaildichte so gering sein sollte, dass (nur) die zur Identifizierung relevanten Informationen erkannt und unterschieden werden. Die Verständlichkeit (20 / 100) ist beinahe ebenso wichtig, da es um ein möglichst schnelles Erkennen der Objekte geht. Über dieses Erkennen und Unterscheiden geht die Bildfunktion kaum hinaus, so dass ostentative Bilder generell von einem hohen Abstraktionsgrad profitieren. Eine hohe Plastizität bzw. Körperlichkeit (10 / 100) ist somit nur marginal entscheidend.

Es folgt die Argumentation der Wichtungsbewertung (WF) genereller Illustrationskriterien bei **deskriptiven Bildern**. Bilder mit deskriptiver Funktion haben prinzipiell das Ziel, die visuellen Merkmale von Objekten zweckdienlich zu beschreiben sowie funktionale Unterschiede,

Prozesse oder Zusammenhänge darzustellen (z. B. Betriebsanleitung). Bei deskriptiven Bildern spielen sowohl die Informativität (20 / 100) und Verständlichkeit (20 / 100) als auch die Plastizität (20 / 100) eine etwa gleichwertige Rolle. Die Bildinformationen dürfen weder zu abstrakt, noch zu detailliert dargestellt werden, damit einerseits die Funktionalität verstanden und andererseits alle dabei „beteiligten“ Komponenten sowie deren Gesamtzusammenhang deutlich werden.

Es folgt die Argumentation der Wichtungsbewertung (WF) genereller Illustrationskriterien bei **instruktiven Bildern**. Bilder mit instruktiver Funktion haben prinzipiell das Ziel, sprachliche Handlungsanweisungen zu ergänzen und visuell abzubilden, indem die betreffenden Objekte und ihre Position, auszuführende Aktionen sowie nötige Hilfsmittel dargestellt werden (z. B. Bedienungsanleitung). Die Informativität (20 / 100) instruktiver Bilder ist generell wichtig, damit die entscheidenden Details zur Ausführung der Handlung selektiv erkannt werden und es nicht zu Verwechslungen oder anderen Missverständnissen kommt. Noch mehr im Fokus steht dagegen eine sehr gute Verständlichkeit (30 / 100), da ein zu großer Zeitaufwand zur Interpretation des gezeigten Moments eine flüssige Handlungsausführung verwehrt. Fotorealistisch gestaltete Objektoberflächen und die damit einhergehende Plastizität (10 / 100) sind bei instruktiven Bildern nur nebensächlich relevant, da wichtige Kriterien wie die Verständlichkeit und Informativität durch eine reduzierte Detaildichte verstärkt werden.

Es folgt die Argumentation der Wichtungsbewertung (WF) genereller Illustrationskriterien bei **dekorativen Bildern**. Bilder mit dekorativer Funktion haben prinzipiell das Ziel, Objekte unter möglichst realitätsnahen Bedingungen darzustellen oder visuelle Informationen mit hohem ästhetischen Anspruch auszuschnücken (z. B. Produktbroschüre). Die Informativität (10 / 100) dekorativer Bilder ist sehr gering, weil die Detaildichte aufgrund der überwiegend fotorealistischen Gestaltung nur marginal reduziert werden kann. Die Verständlichkeit (20 / 100) profitiert von dem hohen ästhetischen Anspruch und fällt verhältnismäßig gut aus, solange keine Details, sondern das große Ganze zum Verständnis betrachtet werden müssen. Die Körperlichkeit dekorativer Bilder steht demzufolge im Vordergrund, so dass deren Plastizität (30 / 100) am höchsten ausfällt.

## **6.2.2 Anwendung des Wertungssystems**

Nachdem die Kriterien und alle voneinander abhängigen Faktoren festgelegt und in ausreichendem Maße begründet wurden, folgt nun der Workflow bzw. die Anwendung der Bewertungsmatrix. Im ersten Schritt werden das Endprodukt (Ersatzteilkatalog, Benutzerhandbuch etc.) sowie die für dieses Szenario notwendigen Bildfunktionen bestimmt. Folglich werden

die funktionsabhängigen Wichtungsfaktoren (Wf<sub>a</sub>, Wf<sub>b</sub>, Wf<sub>c</sub>) in die Matrix eingetragen. Im Falle mehrerer (paralleler) Bildfunktionen werden die auf zwei Nachkommastellen gerundeten Mittelwerte der Wichtungsfaktoren verwendet. Ist die Bewertungsmatrix mit allen benötigten Werten befüllt, müssen zur Ermittlung des abschließenden Gesamtwerts, die Produkte der Leistungsfaktoren (LF) und der Wichtungsfaktoren (WF) jedes Illustrationskriteriums (a–e) miteinander addiert werden:

$$(LF_a \times WF_a) + (LF_b \times WF_b) + (LF_c \times WF_c) + (LF_d \times WF_d) + (LF_e \times WF_e) = \text{Gesamtwert}$$

Die Rechnung wird folgend für jeden Illustrationsstil durchgeführt, so dass die drei ermittelten Gesamtwerte schlussendlich gegenübergestellt werden können. Der Illustrationsstil mit dem höchsten Gesamtwert empfiehlt sich für die Verwendung in dem betrachteten Anwendungsszenario.

Tabelle 15 – Test-Bewertungsmatrix

ANWENDUNGSSZENARIO		Leistungsfaktor (LF)			Wichtungsfaktor (WF)	
Generelle Illustrationskriterien		SI	VFI	FRI	? Bildfunktion ?	
a)	Informativität	5	3	1	(Wf <sub>a</sub> )	
b)	Verständlichkeit	2	3	5	(Wf <sub>b</sub> )	
c)	Plastizität	1	4	5	(Wf <sub>c</sub> )	
d)	Illustrations-workflow	visuelle Gestaltung	(5)	(2)	(3)	0,3
		codale Gestaltung	(3)	(3)	(3)	
		Vor- und Nachbearbeitung	(3)	(2)	(5)	
		Zeitaufwand (MW)	4	2	4	
e)	Ausgabevielfalt	5	5	2	0,1	
Gesamtwert / 5		x	x	x		

\* Die Werte der rot markierten Felder müssen vor der Berechnung des Gesamtwerts ergänzt werden.

### 6.3 Auswertung der Anwendungstests

Es folgt die abschließende Auswertung der durchgeführten Anwendungsbeispiele, bei der die Funktionalität der Bewertungsmatrix hinsichtlich drei verschiedener Szenarien getestet wurde.

Tabelle 16 – Anwendungsszenario 1 – „Ersatzteilkatalog“

ERSATZTEILKATALOG		Leistungsfaktor (LF)			Wichtungsfaktor (WF)	
Generelle Illustrationskriterien		SI	VFI	FRI	ostentativ	
a)	Informativität	5	3	1	0,3	
b)	Verständlichkeit	2	3	5	0,2	
c)	Plastizität	1	4	5	0,1	
d)	Illustrations-workflow	visuelle Gestaltung	(5)	(2)	(3)	0,3
		codale Gestaltung	(3)	(3)	(3)	
		Vor- und Nachbearbeitung	(3)	(2)	(5)	
		Zeitaufwand (MW)	4	2	4	
e)	Ausgabevielfalt	5	5	2	0,1	
Gesamtwert / 5		3,7	3,0	3,2		

Das erste Anwendungsszenario (Tabelle 16, S. 89) betrachtet die Auswahl des Illustrationsstils für Technische 3D-CAD-Illustrationen in einem **Ersatzteilkatalog**. Der Katalog enthält typische Komponentenlisten sowie große und kleine Abbildungen, die Einzelteile sowie Baugruppen zeigen und deren visuelle Identifikation und Lokalisierung erleichtern. Somit werden Illustrationen mit einer vorrangig **ostentativen Funktion** benötigt. Neben den feststehenden Leistungsfaktoren, werden in der Bewertungsmatrix dementsprechend die Wichtungsfaktoren ostentativer Bilder verwendet. Die errechneten Gesamtwerte ergeben eine klare Empfehlung zu **Strichillustrationen (3,7 / 5)** in Ersatzteilkatalogen. Vollflächen- und Fotorealillustrationen (3 / 5 und 3,2 / 5) weisen einen untereinander vergleichbaren Gesamtwert auf, werden aber aufgrund der deutlich schlechteren Bewertung nicht favorisiert. Das Ergebnis bestätigt die praxisübliche Verwendung von Strichillustrationen in technischen Teilkatalogen.

Tabelle 17 – Anwendungsszenario 2 – „Produktbroschüre“

PRODUKTBROSCHÜRE		Leistungsfaktor (LF)			Wichtungsfaktor (WF)	
Generelle Illustrationskriterien		SI	VFI	FRI	dekorativ	
a)	Informativität	5	3	1	0,1	
b)	Verständlichkeit	2	3	5	0,2	
c)	Plastizität	1	4	5	0,3	
d)	Illustrations-workflow	visuelle Gestaltung	(5)	(2)	(3)	0,3
		codale Gestaltung	(3)	(3)	(3)	
		Vor- und Nachbearbeitung	(3)	(2)	(5)	
		Zeitaufwand (MW)	4	2	4	
e)	Ausgabevielfalt	5	5	2	0,1	
Gesamtwert / 5		2,9	3,2	4,1		

Das zweite getestete Anwendungsszenario (Tabelle 17, S. 90) betrachtet die Auswahl des Illustrationsstils für Technische 3D-CAD-Illustrationen in einer **Produktbroschüre**. Derartige Broschüren werden häufig im Marketingbereich für die Präsentation von Neuheiten angefertigt und zeigen ein qualitativ hochwertiges, ästhetisches Abbild des Produkts. Die Vermittlung technischer Sachverhalte rückt dabei meist in den Hintergrund, so dass in diesem Szenario Illustrationen mit vorrangig **dekorativer Funktion** benötigt werden – und dementsprechend die Wichtungsfaktoren dekorativer Bilder verwendet werden. In der Technischen Dokumentation wird die Bildfunktion fast ausschließlich für Produkte des Consumer-Bereichs verwendet. Die errechneten Gesamtwerte ergeben ein deutliches Plus bei **Fotorealillustrationen (4,1 / 5)**, weshalb sich dieser Illustrationsstil für Abbildungen in Produktbroschüren empfiehlt. Strich- und Vollflächenillustrationen (2,9 / 5 und 3,2 / 5) sind aufgrund ihrer deutlich niedrigeren Gesamtwerte keine sinnvolle Alternativen.

Tabelle 18 – Anwendungsszenario 3 – „Benutzerhandbuch“

BENUTZERHANDBUCH		Leistungsfaktor (LF)			Wichtungsfaktor (WF)			
Generelle Illustrationskriterien		SI	VFI	FRI	ostentat.	deskript.	instrukt.	
a)	Informativität	5	3	1	0,3	0,1	0,2	
b)	Verständlichkeit	2	3	5	0,2	0,3	0,3	
c)	Plastizität	1	4	5	0,1	0,2	0,1	
d)	Illustrations-workflow	visuelle Gestaltung	(5)	(2)	(3)	0,3	0,3	0,3
		codale Gestaltung	(3)	(3)	(3)			
		Vor- und Nachbearbeitung	(3)	(2)	(5)			
		Zeitaufwand (MW)	4	2	4			
e)	Ausgabevielfalt	5	5	2	0,1	0,1	0,1	
Gesamtwert / 5		3,4	3,0	3,5				

Das letzte Anwendungsszenario (Tabelle 18, S. 91) betrachtet die Auswahl des Illustrationsstils für Technische 3D-CAD-Illustrationen in einem **Benutzerhandbuch**. In dem typischen Endprodukt der Technischen Dokumentation werden Objekte dargestellt und deren Bezeichnungen eingeführt (**ostentative Funktion**), Funktionen beschrieben und veranschaulicht (**deskriptive Funktion**) sowie Handlungen sprachlich als auch visuell angeleitet (**instruktive Funktion**). Hinsichtlich der Bewertungsmatrix hat das zur Folge, dass aus den Wichtungsfaktoren mehrerer Bildfunktionen die Mittelwerte gebildet und verwendet werden (nicht abgebildet). Die errechneten Gesamtwerte lassen keine eindeutige Empfehlung zu, da sowohl **Strich- als auch Fotorealillustrationen (3,4 / 5 und 3,5 / 5)** ähnlich gut abschneiden. Auch der Gesamtwert der Vollflächenillustrationen (2,9 / 5) fällt nicht völlig aus dem Rahmen. Welcher Illustrationsstil im letzten Szenario „Benutzerhandbuch“ verwendet werden sollte, kann mittels der entwickelten Bewertungsmatrix nicht eindeutig empfohlen werden. Da aus Gründen der Verständlichkeit und Einheitlichkeit prinzipiell möglichst nur ein Illustrationsstil im Dokument verwendet werden sollte, müssten in diesem Fall weitere Kriterien hinzugezogen werden. Das könnten bspw. das Produkt selbst, die Zielgruppe, das benötigte Ausgabeformat, die verfügbare Software oder unternehmensspezifische Präferenzen des Auftragsgebers sein. Die gesamtheitliche Betrachtung der Funktionalität einschließlich einer kritischen Auseinandersetzung mit dem entwickelten Wertungssystem folgt im anschließenden Fazit der Arbeit.

## **7            Fazit**

Das folgende Kapitel bildet ein gesamtheitliches Fazit der vorliegenden wissenschaftlichen Arbeit und beinhaltet eine kurze Zusammenfassung der einzelnen Kapitel, die Beantwortung der Forschungsfragen und den damit einhergehenden Erkenntnisgewinn sowie einen Ausblick zu möglichen weiterführenden Untersuchungen hinsichtlich der betrachteten Thematik.

### **7.1            Zusammenfassung**

Im zweiten Kapitel wurden visuelle Informationen in der Technischen Kommunikation generell (Bildtypen) sowie relevante Funktionen von Text-Bild-Kombinationen (ostentative, deskriptive, instruktive und dekorative Funktion) betrachtet als auch die verschiedenen Ebenen der Bildverarbeitung (voraufmerksame, aufmerksame und interpretative Verarbeitung) erläutert. Die kognitions- und wahrnehmungspsychologischen Erkenntnisse sind, dass der Redakteur und Illustrator großen Einfluss auf die Verständlichkeit von Bildern hat, indem er die Informationen eindeutig, konsistent und in Abhängigkeit der Zielgruppe sowie der Bildfunktion gestaltet. Darüber hinaus sollten zur Unterstützung des Verstehensprozesses unbedingt die Regeln der visuellen Intelligenz (Gestaltgesetze, Figur-Grund-Prinzip, Mustererkennung etc.) berücksichtigt werden.

Das dritte Kapitel hat einen Einblick in die Geschichte des technischen Bilds gegeben und über die Herkunft und Notwendigkeit einiger heute noch eingesetzter visueller Konventionen aufgeklärt. Weiterhin wurden zentrale rechtliche Gegebenheiten sowie die wichtigsten Normen und Richtlinien aufgezeigt. In diesem Zusammenhang musste festgestellt werden, dass bisher nur wenige konkrete normative Vorgaben zu Technischen (3D-CAD-)Illustrationen verfasst wurden und dabei inhaltlich nur sehr oberflächlich auf die Kriterien, Ausführungsvarianten und positive als auch negative Folgen der Gestaltung eingegangen wird.

Das vierte Kapitel 4 bündelt das für diese Arbeit notwendige (Hinter-)Grundwissen zu Technischen Illustrationen auf 3D-CAD-Basis, beginnend mit den generellen Vorteilen bei der Nutzung von 3D-Daten in der CAx-Prozesskette, den zu berücksichtigenden Ausgabefaktoren (Bildauflösung, Farbraum, Pixel- und Vektorformate, CAD-Austauschformate) sowie einigen relevanten Begriffsdefinitionen (Abbildung, Illustration, Visualisierung, CAD, 2D- und 3D-Modelling). Nachfolgend wurden drei mögliche Illustrationsstile klassifiziert und charakterisiert (Strich-, Vollflächen- und Fotorealillustrationen), die sich durch einen sinkenden Abstraktionsgrad bzw. die Zunahme visuell-räumlicher Merkmale (Plastizität) auszeichnen. Weiterhin

wurden wesentliche visuelle Konventionen (Darstellungs- und Steuerungs-codes) vorgestellt, die das Bildverstehen für den Rezipienten erleichtern, indem sie die Schwächen statischer Bilder ausgleichen. Der Einsatz dieser Codes umfasst mehr oder weniger den gesamten Gestaltungsspielraum des Redakteurs und Illustrators und befähigt ihn erst dazu, die Informationen zielgruppen- und mediengerecht aufzuarbeiten. Abschließend wurde noch die sinnvolle Kombination der Konventionen anhand typischer Darstellungsmethoden (Gesamt-, Detail-, Explosions-, Handlungs- und Detaildarstellung) veranschaulicht.

Im fünften Kapitel wurde der notwendige Erstellungsworkflow für Technische 3D-CAD-Illustrationen erläutert. Der Prozess und die einzelnen Operationen (Import, Organisation, Manipulation, visuelle und codale Gestaltung sowie Export) wurde dabei erst möglichst software-unabhängig betrachtet und anschließend (teilweise) mittels drei zur Verfügung stehenden Softwarelösungen (*CorelDRAW Technical Suite X7*, *SolidWorks Visualize 2017*, *Rhino-ceros 3D 5.0*) durchgeführt und dokumentiert. Außerdem wurden die wichtigsten Vor- und Nachteile jeder Software zusammengefasst.

Das sechste Kapitel umfasst die Konzeption des forcierten Leistungskatalogs für Technische Illustrationen auf 3D-CAD-Grundlage. Im Fokus stand dabei die entwickelte Bewertungsmatrix sowie das Wertungssystem, welches durch die Berücksichtigung argumentierter Faktoren, eine Empfehlung zur Auswahl des Illustrationsstils ausgibt. Dafür wurden generelle Illustrationskriterien erhoben, die in Abhängigkeit der definierten Illustrationsstile und Bildfunktionen bewertet wurden. Danach wurde die Anwendung sowie die nötigen Rechenoperationen des Systems erläutert und abschließend die Bewertungsmatrix anhand drei praxisnaher Anwendungsszenarien getestet als auch ausgewertet.

## **7.2 Erkenntnisgewinn**

Im Fokus der vorliegenden wissenschaftlichen Betrachtungen stehen Technische Illustrationen auf Grundlage von 3D-CAD-Daten, die sprachliche Beschreibungen ergänzen, erweitern oder gegebenenfalls sogar ersetzen. Gilt es komplexe Sachverhalte leicht verständlich darzustellen, sind visuelle Informationen unerlässlich, um eine räumliche Orientierung, äußere Merkmale wie Form, Farbe und Material sowie den Aufbau, die Zusammensetzung oder die Funktionsweise zu vermitteln. Je nach Produkt, Zielgruppe und Anwendungsszenario bzw. Bildfunktion wird unterschieden, welcher Illustrationsstil sich zur Verwendung empfiehlt und inwieweit Teile des Bilds durch visuelle Konventionen hervorgehoben werden. Im Vordergrund einer funktionalen und

zielgruppenorientierten Gestaltung durch den Technischen Redakteur und Illustrator steht also die Anpassung an die Informationsbedürfnisse der Rezipienten.

Das Ziel dieser Arbeit war es, einen praxisnahen Leistungskatalog für Technische 3D-CAD-Illustrationen zu konzipieren, bei dem mittels visueller Referenzbeispiele sowie einer Bewertungsmatrix eine argumentative Empfehlung bezüglich der Auswahl des Illustrationsstils gegeben wird. Dabei sollten die verschiedenen Illustrationsstile sowie die Bildfunktionen praxisrelevanter Anwendungsszenarien hinsichtlich genereller Illustrationskriterien bewertet werden. Diesbezüglich wurden vorab folgende Forschungsfragen formuliert, die nun, beginnend mit den Teilfragen, beantwortet werden sollen:

***Wie beeinflusst das Anwendungsszenario bzw. die Bildfunktion die Auswahl des Illustrationsstils bei der Verwendung von 3D-CAD-Daten?***

- i. Wie und nach welchen generellen Illustrationskriterien können die Illustrationsstile als auch die Bildfunktionen bewertet werden?***
- ii. Nach welchem System kann aus den generellen Illustrationskriterien sowie dem Einfluss der Bildfunktion ein Illustrationsstil empfohlen werden?***

Das Selektieren allgemeingültiger Kriterien, die größtenteils voneinander unabhängig, ungefähr gleichwertig, aber inhaltlich nicht redundant und sowohl auf jeden Illustrationsstil als auch auf die verschiedenen Bildfunktionen bezogen werden konnten, war schwerer als gedacht. Als prinzipielle Anforderungen an visuelle Informationen wurden die Informativität, Verständlichkeit und Plastizität festgelegt. Daneben sollte der benötigte Zeitaufwand für den aufgestellten Illustrationsworkflow berücksichtigt werden. Als letztes Kriterium kam der grundlegende Unterschied zwischen Pixel- und Vektorausgaben hinzu, da dieser sowohl großen Einfluss auf den Erstellungsprozess als auch auf die spätere Verwendungsvielfalt hat.

Die Bewertung (Faktorisierung) der Illustrationsstile und der Bildfunktionen bzgl. der generellen Illustrationskriterien erfolgte in separaten Tabellen und wurde bereits umfassend argumentiert. Für die entwickelte Bewertungsmatrix wurden die jeweiligen Werte der Illustrationsstile als fixe Leistungsfaktoren definiert, während die der Bildfunktionen (szenarioabhängig) als flexible Wichtungsfaktoren eingehen. Je nach dem betrachteten Szenario und den benötigten Bildfunktionen, bekommen die Faktoren der Illustrationsstile so differenzierte Wichtungen. Dadurch kommen unterschiedliche Gesamtergebnisse und damit fallspezifische Empfehlungen zu bestimmten Illustrationsstilen zustande. Die Auswahl eines Illustrationsstils wird somit nachweislich durch die Bildfunktion beeinflusst. Die überwiegend plausiblen Ergebnisse der durch-

geführten Anwendungstests verschiedener Szenarien bestätigen dies ebenfalls. Damit konnten die zentralen Forschungs- und Teilfragen erfolgreich beantwortet werden. Gleichzeitig konnte mit der Konzeption einer argumentierten Bewertungsmatrix die Grundlage für den forcierten Leistungskatalog geschaffen werden. Die Zielsetzung der Arbeit gilt somit als erfüllt.

Dennoch muss sich auch kritisch mit den berechneten Ergebnissen auseinandergesetzt werden, die vor allem im letzten Anwendungsszenario nicht erwartungsgemäß ausgefallen sind. Beim Beispiel „Benutzerhandbuch“ wurde vorrangig die Verwendung von Fotorealillustrationen empfohlen, was aus praxisbezogener Sicht weder üblich noch besonders sinnvoll ist. Eher wäre wohl die Mischung aus beiden Extremen, nämlich Vollflächenillustrationen, eine nachvollziehbare Lösung, welche in dieser Arbeit aber größtenteils nach der aufwendigeren vektorbasierten Erstellung einbezogen wurde. Eine vor allem zeitlich günstigere Alternative könnten dabei nicht-fotorealistische 3D-Renderer wie der Plug-in „Penguin“ (*Rhinoceros 3D*) darstellen.

Die augenscheinlich „ungeeignete“ Empfehlung des Illustrationsstils könnte prinzipiell folgende Gründe haben. Zum einen beruht der in vielerlei Hinsicht berücksichtigte Illustrationsworkflow ausschließlich auf Erfahrungen, die mit den im Praxisunternehmen verfügbaren Softwarelösungen (*CorelDRAW Technical Suite X7 / SolidWorks Visualize 2017*) gewonnen wurden. Zum anderen erfolgte die Auswahl und Bewertung der Leistungs- und Wichtungsfaktoren nach den überwiegend subjektiven Entscheidungen des Autors. Darüber hinaus könnte die Bewertungsskala zu gering gewählt worden zu sein, da bereits geringfügige Faktoränderungen völlig neue Ergebnisse liefern. Die entwickelte Empfehlungsmatrix bleibt damit nur beschränkt universell einsetzbar und sollte je nach gefordertem Betrachtungsfokus ergänzt und detaillierter bewertet werden. Weitere Probleme oder etwaige Störungsfaktoren in der Bewertungsmatrix konnten während der bisherigen Tests nicht festgestellt werden. In dem Fall, dass die erhaltenen Gesamtwerte der Illustrationsstile sehr ähnlich ausfallen, müssen weitere Kriterien zum Auswahlprozess hinzugezogen werden. Eine verhältnismäßig schnelle Entscheidung könnte dann u. a. über das benötigte Ausgabeformat bzw. die generell verfügbare Software (Pixel- / Vektorgrafik) erreicht werden. Eine Mischung mehrerer Stile in einem Dokument ist nicht zu empfehlen, da sonst die zügige Informationsaufnahme und -verarbeitung gehemmt wird.

Der eigene Erkenntnisgewinn durch diese Arbeit reicht von umfassendem theoretischen Wissen zu visuellen Informationen im Allgemeinen über relevante Bildfunktionen und mögliche Illustrationsstufen Technischer 3D-CAD-Illustrationen. Weiterhin konnten sich umfangreiche Fertigkeiten im 2D- und 3D-Softwarebereich sowie Erfahrung bei der Entwicklung und Umsetzung eines Illustrationsworkflows angeeignet werden.

### **7.3      Ausblick**

Der betrachtete Forschungsgegenstand ist mit dieser Arbeit noch nicht erschöpft und sollte in fortführenden Untersuchungen ausgebaut werden. Für eine objektivere Betrachtung der Bewertungskriterien könnten bspw. Umfragen unter Technischen Redakteuren und Illustratoren durchgeführt werden, die die Auswahl der Kriterien generell als auch die Bewertung nach einer detaillierteren Skala beinhalten. Außerdem wäre es folgerichtig, den Illustrationsworkflow entweder absolut software-unabhängig oder -spezifisch zu betrachten.

Für das betreuende Praxisunternehmen könnten die gesammelten Erkenntnisse im Bereich der 2D- und 3D-Illustration als Grundlage für mögliche instruktive 3D-Animationen genutzt werden. Durch eine Weiterführung der Forschungsgedanken wäre es möglich, eine ähnliche Matrix zur Erstellung und Gestaltung von Instruktionsvideos abzuleiten, um das Produktportfolio zukünftig zu erweitern.

## IV Literatur- und Quellenverzeichnis

- ALEXANDER, K.** (2007): „Kompendium der visuellen Kommunikation und Information“, in: X.media.press (Buchreihe), Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag
- BALLSTAEDT, S.-P.** (2003): „Technische Kommunikation mit Bildern“, in: Visualisierung in der Technischen Dokumentation (tekomp-Schriften, Band 7), Hrsg.: Hennig, J., Tjarks-Sobhani, S. 11–31, Lübeck: Schmidt-Römhild Verlag
- BALLSTAEDT, S.-P.** (2006): „Visualisierung – Bilder in der Technischen Dokumentation“, in: Technische Dokumentation (Zertifikatslehrgang), Fachhochschule Gelsenkirchen, Online unter: [http://www.ballstaedt-kommunikation.de/wp-content/uploads/Skript\\_Bilder\\_Technischen-Kommunikation.pdf](http://www.ballstaedt-kommunikation.de/wp-content/uploads/Skript_Bilder_Technischen-Kommunikation.pdf) (Letzter Zugriff: 26.02.2018, 10:41 Uhr)
- BALLSTAEDT, S.-P.** (2012): „Visualisieren – Bilder in wissenschaftlichen Texten“, in: Studieren, aber richtig (Buchreihe), Konstanz: UKV Verlagsgesellschaft mbH
- BUNGRATZ, H.-J. / GRIEBEL, M. / ZENGER, C.** (1996): „Einführung in die Computergraphik – Grundlagen, geometrische Modellierung, Algorithmen“, Braunschweig/Wiesbaden: Vieweg-Verlag
- BÜHLER, P. / SCHLAICH, P. / SINNER, D.** (2017): „Visuelle Kommunikation – Wahrnehmung, Perspektive, Gestaltung“, in: Bibliothek der Mediengestaltung (Buchreihe), Wiesbaden: Springer Vieweg-Verlag
- FLEIG, J.** (2016): „Konzept erstellen – Vom leeren Blatt zum überzeugenden Konzept“, Fachartikel, Online unter: <https://www.business-wissen.de/artikel/konzept-erstellen-vom-leeren-blatt-zum-ueberzeugenden-konzept/> (Letzter Zugriff: 05.03.2018, 10:27 Uhr)
- GALBIERZ, M. / PICHLER, W. / SCHNEIDER, S. / TILLMANN, M.** (2014): „Kommentar – Gebrauchsanleitungen nach DIN EN 82079-1“, Hrsg.: DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin: Beuth Verlag
- GABRIEL, C.-H.** (2003): „Normen und Richtlinien für Abbildungen in der Technischer Dokumentation“, in: Visualisierung in der Technischen Dokumentation (tekomp-Schriften, Band 7), Hrsg.: Hennig, J., Tjarks-Sobhani, S. 77–91, Lübeck: Schmidt-Römhild Verlag
- GIEMSA, B.** (2007): „Die technische Illustration im 21. Jahrhundert: Eine kleine Handreichung für den Anwender von heute“, in: Technische Illustrationen (Whitepaper), Hrsg.: Parametric

Technology Corp. (PTC), Online unter: <http://www.inneo.de/fileadmin/inneo/products/arbortext/isodraw/arbortext-whitepaper-technische-illustration.pdf> (Letzter Zugriff: 26.02.2018, 10:35 Uhr)

**HAASIS, S.** (1995): „Integrierte CAD-Anwendungen. Rationalisierungspotentiale und zukünftige Einsatzgebiete“, Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag

**HEUER, J.-U.** (2003): „Abbildungen in Technischen Dokumentationen unter rechtlichen Aspekten“, in: Visualisierung in der Technischen Dokumentation (tekomp-Schriften, Band 7), Hrsg.: Hennig, J., Tjarks-Sobhani, S. 59–76, Lübeck: Schmidt-Römhild Verlag

**HEUER, J.-U.** (2010): „Rechtsfragen der multimedialen Technischen Dokumentation“, in: Multimediale Technischen Dokumentation (tekomp-Schriften, Band 14), Hrsg.: Hennig, J., Tjarks-Sobhani, S. 24–38, Lübeck: Schmidt-Römhild Verlag

**HOFFMANN, W. / HÖLSCHER, B. G. / THIELE, U.** (2012): „Handbuch für Technische Autoren und Redakteure – Produktinformation und Dokumentation im Multimedia-Zeitalter“, Erlangen: VDE Verlag

**JUHL, D.** (2005): „Technische Dokumentation – Praktische Anleitungen und Beispiele“, 2. Aufl., Berlin: Springer Verlag

**KOTHES, L.** (2011): „Grundlagen der Technischen Dokumentation – Anleitungen verständlich und normgerecht erstellen“, Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag

**KÖSLER, B.** (1992): „Gebrauchsanleitungen richtig und sicher gestalten“, 2. Aufl., Heidelberg: Forkel-Verlag

**MAXKON ENGINEERING GMBH** (2017): „Homepage“, Online unter: <http://www.maxkon.de> (Letzter Zugriff: 18.11.2017, 09:45 Uhr)

**NIEGEMANN, H. M. / DOMAGK, S. / HESSEL, S. / HEIN, A.** (2008): „Kompendium multimediales Lernen“, in: X.media.press (Buchreihe), Berlin/Heidelberg: Springer Verlag

**PIEHL, J.** (2002): „Gebrauchsanleitungen optimal gestalten – Über sinnvolle und verständliche Gestaltung“, in: X.media.press (Buchreihe), Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag

**SCHLENKHOFF, A.** (2012): „Technische Dokumentation – Beschreibende und anleitende Texte erstellen“, in: Duden-Ratgeber (Buchreihe), Mannheim: Duden Verlag

- SCHMÖLZER-EIBINGER, S. / WEIDACHER, G.** (2007): „Textkompetenz: Eine Schlüsselkompetenz und ihre Vermittlung“, in: Europäische Studien zur Textlinguistik, Tübingen: Narr Francke Attempto Verlag
- SCHNOTZ, W.** (2006): „Pädagogische Psychologie: Workbook“, Weinheim: Beltz Verlag
- SCHWENDER, C.** (2003): „Zur Geschichte von Abbildungen in Instruktionstexten“, in: Visualisierung in der Technischen Dokumentation (tekomp-Schrift, Band 7), Hrsg.: Hennig, J., Tjarks-Sobhani, S. 32–58, Lübeck: Schmidt-Römhild Verlag
- SCHWENDER, C.** (2010): „Mediale Vielseitigkeit der Technischen Dokumentation“, in: Multimediale Technische Dokumentation (tekomp-Schriften, Band 14), Hrsg.: Hennig, J., Tjarks-Sobhani, S. 11–23, Lübeck: Schmidt-Römhild Verlag
- SCHWARZER, T.** (2012): „Illustrationen auf der Basis von 3D-CAD-Daten – Zwei Wege zur Realisierung“, in: technische kommunikation (Fachzeitschrift, Heft 1/12), Hrsg.: Gesellschaft für Technische Kommunikation e. V., S. 32–36, Lübeck: Schmidt-Römhild Verlag
- STEKOLSCHIK, A.** (2007): „Ein Beitrag zum ganzheitlichen Qualitätsmanagement von CAD-Modellen in der Produktentstehung“, Ruhr-Universität Bochum, Fakultät für Maschinenbau, Dissertation, Online unter: <http://www-brs.ub.ruhr-uni-bochum.de/netahtml/HSS/Diss/StekloschikAlexander/diss.pdf> (Letzter Zugriff: 26.02.2018, 10:35 Uhr)
- TEKOM** (2003): „Visualisierung in der Technischen Dokumentation“, in: tekomp-Schriften zur Technischen Kommunikation (Band 7), Hrsg.: Hennig, J., Tjarks-Sobhani, M., Lübeck: Schmidt-Römhild Verlag
- TEKOM** (2010): „Multimediale Technische Dokumentation“, in: tekomp-Schriften zur Technischen Kommunikation (Band 14), Hrsg.: Hennig, J., Tjarks-Sobhani, M., Lübeck: Schmidt-Römhild Verlag
- VAJNA, S. / WEBER, C. / BLEY, H. / ZEMAN, K.** (2009): „CAx für Ingenieure: Eine praxisbezogene Einführung“, 2. Aufl., Berlin/Heidelberg: Springer Verlag
- WEIDENMANN, B.** (1993): „Informierende Bilder“, in: „Wissenserwerb mit Bildern. Instruktionale Bilder in Printmedien, Film/Video und Computerprogrammen“, Hrsg.: Weidenmann, B., S. 9–57, Göttingen: Hans Huber Verlag

# Anhang

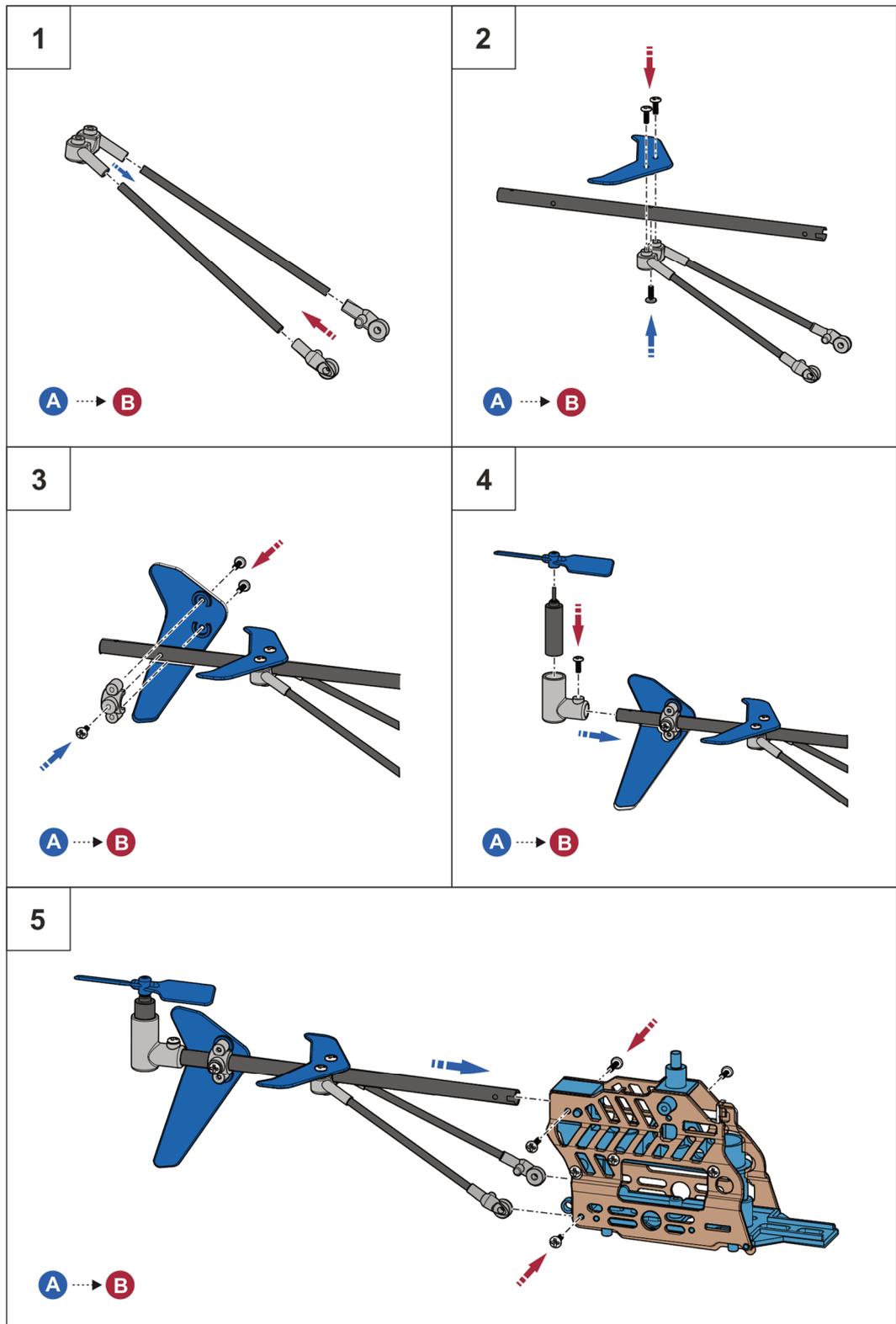


Abbildung 18 – Montageanleitung (Vollflächenillustration)

(Quelle: selbsterstellte Abbildung)

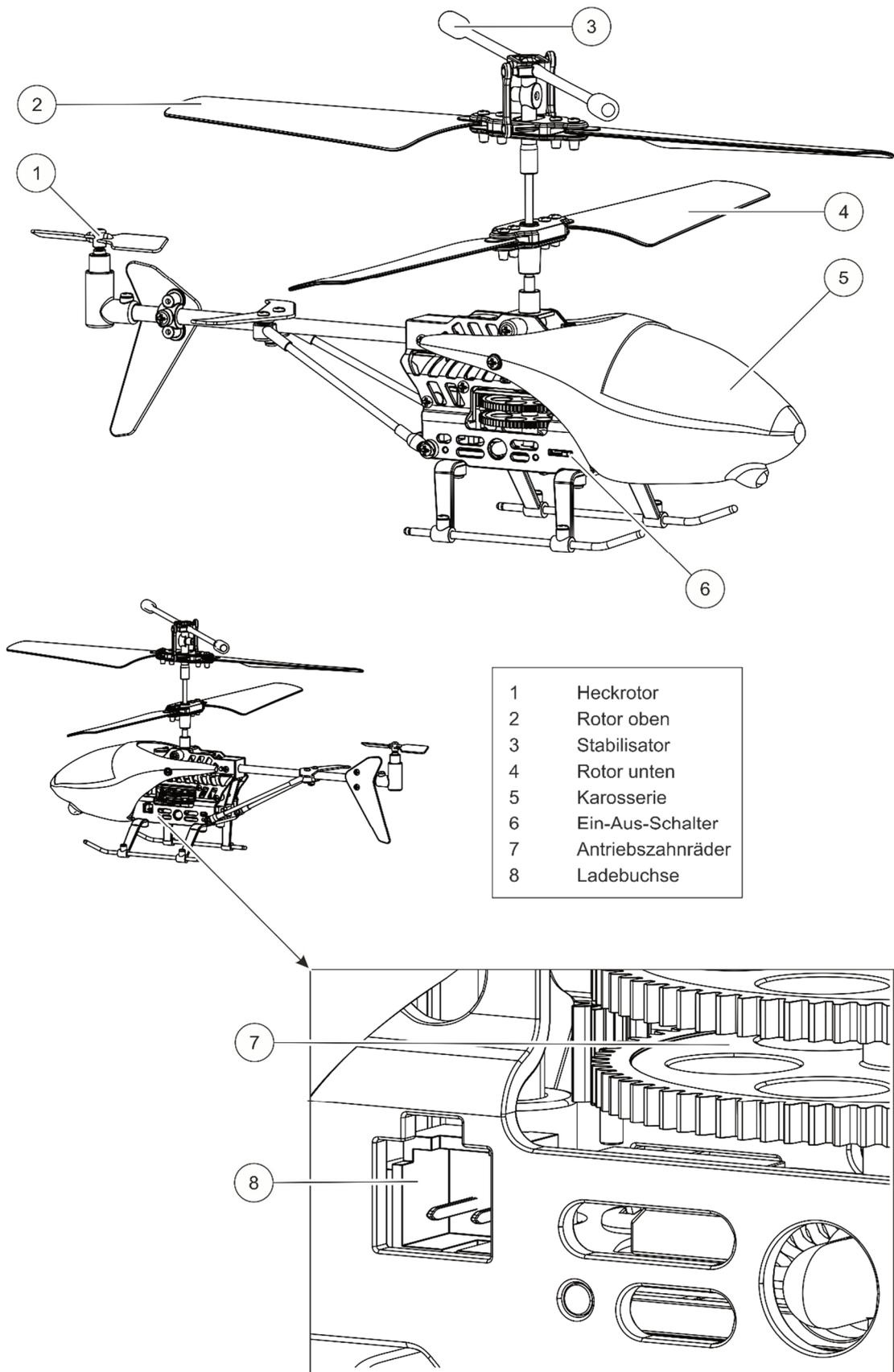


Abbildung 19 – Gesamt- und Detailansicht mit Ausschnittvergrößerung (Strichillustration)

(Quelle: selbsterstellte Abbildung)

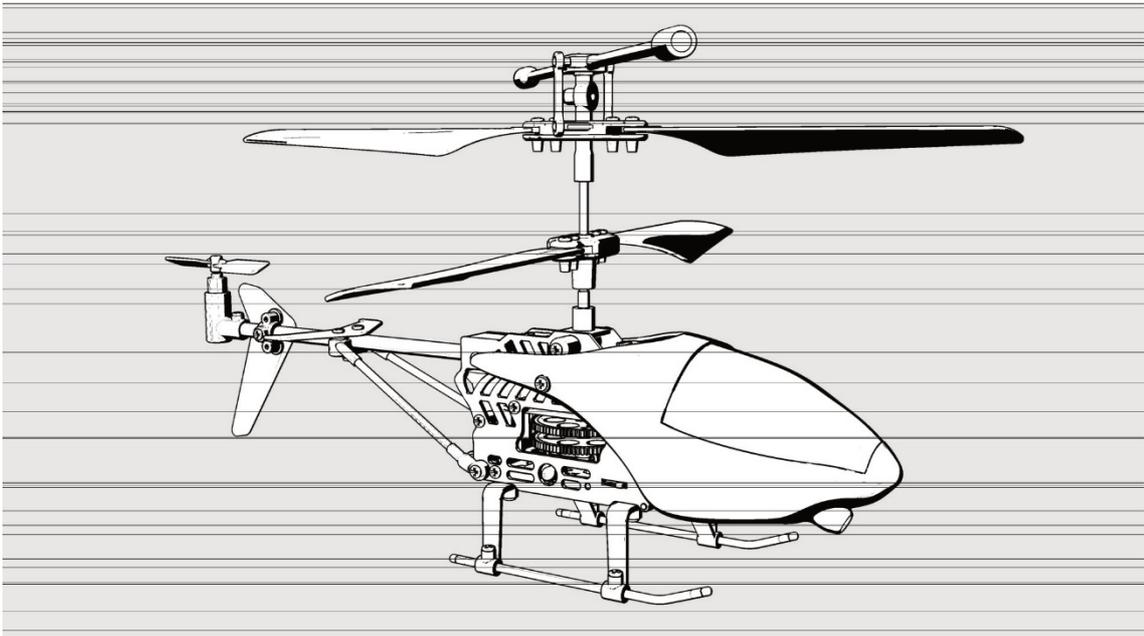


Abbildung 20 – Gesamtdarstellung (Vollflächenillustration) mit Render-Plug-in Penguin 2.0

(Quelle: selbsterstellte Abbildung)



Abbildung 21 – Gesamtdarstellung (Vollflächenillustration) mit Render-Plug-in Penguin 2.0

(Quelle: selbsterstellte Abbildung)

## **Selbstständigkeitserklärung**

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst und keine anderen Hilfsmittel als angegebene verwendet habe. Insbesondere versichere ich, dass ich alle wörtlichen und sinngemäßen Übernahmen aus anderen Werken als solche gekennzeichnet habe. Diese Arbeit hat in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner Prüfungsbehörde vorgelegen.

Leipzig, 16. März 2018

---

Hannes Thieme