

hat. Dies ist wichtig, um die Bedeutung der neuen gestalterischen Interaktion zu verstehen, die in Extended Reality möglich wird. Die mentalen Karten sind nicht nur eine Ebene, sondern ein komplexes System aus aufeinander aufbauenden Wahrnehmungs- und Erinnerungsformen. Dabei haben wir es mit zwei parallellaufenden und sich gegenseitig bedingenden Formen der mentalen Karte zu tun, der Routenkarte und der Raumkarte. Beide bauen jeweils auf die darunterliegenden Entwicklungsformen der mentalen Karten auf. Übersichtskarten ordnen die Wahrnehmung aus der Vogelperspektive nach Raumzusammenhängen, wie Abständen und Anordnungen des Raumes, der Räume und der darin enthaltenen Objekte zueinander. Routenkarten hingegen ordnen die Welt aus der Ich-Perspektive anhand einer imaginären Bewegung, die aus dieser Perspektive durchlaufen wird. Raumkarten geben also die Informationen über den Raum; Routenkarten geben die Information über räumliche Interaktion, Bewegung, Zeitlichkeit im Raum.

Die mentalen Karten und ihre Unterteilung bilden die Grundlage, auf der im Folgenden die Entwicklung der Kartierung betrachtet werden soll. Gerade weil es in dieser Arbeit um Verständnis von neuen Formen räumlicher Orientierung in virtuellen Welten geht, lohnt es sich, den Weg über die Abbildung des Raumes und der Bewegung darin zu gehen. Der Weg der Linie in der Gestaltung geht nicht primär über die Zeichnung. Sondern wird ausgehend von der mentalen Karte in die geografische Karte und von dort in den digitalen Raum gezogen.

3.2 Die Linie als Grundlage für den Weltentwurf

Um gestalten zu können, braucht es die Einigung auf ein Darstellungssystem, in das sich die mentalen Karten von Ideen und Konzepten zeichnerisch übertragen und kommunizieren lassen. Mit dem Disegno haben wir für diesen Zweck die geometrische Zeichnung mit den unterschiedlichen Projektionsformen der angewandten Geometrie definiert, jedoch ohne die Verbindung zur mentalen Karte zu schlagen. Dies soll im Folgenden geschehen. Zuerst werden die geometrischen Grundlagen erklärt, um die Wissensbasis für die weitere Diskussion zu bilden

und aufzuzeigen, wie mit der Geometrie die Welt der Linie aufgezo- gen wird (vgl. Kapitel 3.2.1). In Kapitel 3.2.1.1 wird mit der Euklidischen Geo- metrie der Raum der Linie definiert. In Abschnitt 3.2.1.2 erfolgt sodann über die Analytische Geometrie die Erläuterung und Genese der Naviga- tion für diesen Raum. Mit Kapitel 3.2.1.3 wird das System schließlich mit der Darstellenden Geometrie auf die Zeichnung heruntergebrochen.

Mit dieser dreiteiligen Untermauerung ist es dann möglich, das Sichtfeld von der Zeichnung auf die Karte zu erweitern und von dort die Verbindung zur mentalen Karte zu schlagen. Mit der Betrachtung der technischen Zeichnung ist über die geometrischen Grundlagen leicht zu erkennen, dass dort ein Schlußschluss zur Karte besteht. Neben der Nähe zur Zeichnung bedingt sich die Wahl der Karte als Fundament außerdem durch den etymologischen Teil dieser Arbeit. Durch die Verbindung zur Etymologie entsteht ein Gesamtbild, in dem die grundlegenden Zusammenhänge besonders deutlich hervortreten. Im Rückblick auf die etymologische Herleitung der Linie waren die hervortretenden Kontexte immer wieder solche der Strukturierung, Grenzen und Orientierung. All diese können wir bei dem Umgang mit der Linie in der Kartierung wiederfinden. Das Spektrum der Erschei- nungsformen ist wie schon zuvor bei der Linie breit aufgefächert. Auch die anderen Themenbereiche der Wortbedeutung der Linie finden sich in der Erstellung der Karten wieder, wie etwa die Lotschnur und der gesamte Themenkomplex der Vermessung.

Karten sind ebenso zwischen Konzept und Lebenswelt zu verorten wie die Zeichnung und stehen durch diese Wesensverwandtschaft in di- rektter Verbindung zum Disegno. Daher werden im ersten Abschnitt der Herleitung zuerst die geometrischen Grundlagen der Linie in ihren Dar- stellungsformen geklärt, bevor darauf aufbauend über die Karte die Li- nienwelt hergeleitet werden kann.

Die Betrachtung der Karte als eines jener Objekte zwischen Kon- zept und Lebenswelt verleiht der Karte eine Sonderstellung. Sie schafft Verbindung, und Verbindlichkeiten, zwischen den Sphären. Dabei ver- größert sich nicht nur das Feld in Richtung der mentalen Karte, sondern die geometrische Zeichnung stellt sich als Teilstück eines geometrischen Weltverständnisses heraus. In Bezug auf die mentale Karte erweitert

sich der geometrische Entwurf zu einem auf Linien basierenden Weltentwurfsgedanken und schafft die Voraussetzung für das Konzept einer Linienwelt. Die Herleitung dieser These erfolgt in zwei Schritten:

Im ersten Schritt wird gezeigt, wie sich die Form visueller Darstellungen von Raumwahrnehmung von einem individuellen, den mentalen Karten ähnlichen, zu einem einheitlichen, auf geometrischer Vermessung basierenden, System wandelt. Gemeint ist die graduelle Ausbreitung des geografischen Weltverständnisses, das andere, wie etwa die heilsgeschichtlichen, Darstellungsweisen ablöst. Dies geschieht mittels einer Gegenüberstellung der geografischen Karte mit Ihren Vorläufern. Mit der *mappa mundi* als neuem Gegenüber wird ersichtlich, dass nicht nur ein System ein anderes ablöst, sondern dass eine neue Wahrnehmung der Welt entsteht.

Im zweiten Schritt wird darauf aufbauend hergeleitet, wie durch diesen Paradigmenwechsel eine auf Linien basierende Metaebene über die Welt gelegt wird. Die Bedeutung und Relevanz der Metaebene wird anhand der historischen Entwicklung von Kartenrezeption und -interaktion herausgearbeitet. Dabei wird erkennbar, wie die Karte durch die Vermessung der Erde zuerst zu einem Medium der Dokumentation und Abbildung wird, in dem Sinne, dass die Karte zu unserem Verständnis davon wird, wie wir die Welt begreifen und uns in ihr verorten. Am Beispiel der Nationalisierungsprozesse und der Kolonialisierungsbestrebungen erweitert sich dieses Verständnis von einer Dokumentation zu einer Interaktionsebene. Indem in diesem Kontext begonnen wird, Grenzen nicht mehr durch physisch reale Grenzmauern und Schlagbäume zu ziehen, sondern durch Linien auf Karten, entsteht jene Metaebene, die dann die Basis für den Weltentwurfsgedanken bildet.

Abschließend geht es darum, zu klären, was den Gedanken des Weltentwurfs ausmacht und wie er das Potential der Linienwelt in sich trägt. Spricht man im Allgemeinen von Weltentwurf⁵³, basiert er auf der Annahme, dass die Welt so stark vom Menschen beeinflusst ist,

53 Friedrich v. Borries: Weltentwerfen. Eine politische Designtheorie, Berlin, 2018, S. 119.

dass man von einer menschengemachten Welt reden kann.⁵⁴ Hier ist zu unterscheiden zwischen der zufälligen Beeinflussung des Menschen durch die ungeplante Interaktion mit der Welt und einer gestalterisch geplanten Handlung. Während Ersteres kein grundlegendes Konzept der Welt benötigt, ist Letzteres nur möglich, wenn die Welt als Ganzes konzeptionell erfasst werden kann. Den Ausgangspunkt dafür bildet, wie im vorherigen Kapitel hergeleitet, die geografische Karte. Durch sie reduziert sich das Verständnis der Welt auf Zeichen, Linien und Flächen, auf die Grundlagen eines Entwurfs – und zwar eines Entwurfs, in den sich alle anderen Entwürfe von Stadtplanung, Architektur und Design einordnen lassen und die ihn im Umkehrschluss mitdefinieren.

und man kann die welt verstehen als entwurf. als entwurf, das heißt als produkt einer zivilisation, als eine von menschen gemachte und organisierte welt.⁵⁵

Gemacht und organisiert durch die Kommunikation einer räumlichen Wahrnehmung der Welt durch Grenzen, Unterscheidungen, Unterschiede, die den Unterschied machen, Definitionen – und damit letztlich: durch Linien. Wieder geht es bei der Linie grundlegend um die Kommunikation einer Idee. Wurde im Disegno die Zeichnung noch im kleinen Rahmen genutzt, um einen Entwurf eines Gebäudes, eines Kunstwerks oder eines sonstigen Objektes mit Auftraggebern zu

54 An dieser Stelle müsste eine lange Diskussion und Würdigung der Frage stehen, inwiefern es richtig ist, von einem ›Anthropozän‹ mit Blick auf Evolution und kosmischer Geschichte zu sprechen. Da im vorliegenden Zusammenhang der Fokus auf gestalterischen Fragen liegt, soll diese Großdebatte hier nur fußnotentechnisch angesprochen und in ihren ideologischen sowie besonders umweltschutz-spezifischen Details nicht weiterverfolgt werden. Wichtige Beiträge dazu finden sich bei Paul J. Crutzen/Eugene F. Stoermer: *The »Anthropocene«*, in: IGBP Global Change Newsletter. Nr. 41, Mai 2000, S. 17–18; Meera Subramanian: *»Anthropocene now: influential panel votes to recognize Earth's new epoch«*, in: *Nature*. Mai 2019; Jürgen Manemann: *»Kritik des Anthropozäns. Plädoyer für eine neue Humanökologie«*, Bielefeld, 2014

55 Otl Aicher: *Die Welt als Entwurf*, Berlin, 2015, S. 185.

kommunizieren,⁵⁶ so wird nun die Zeichnung einer Karte genutzt, um ein Konzept der Welt als Ganzes zu vermitteln und erwünschte oder vorläufig projizierte Veränderungen in dieses System einzuzeichnen. Das Verständnis und die Wahrnehmung der Welt sind *selbst* zum Entwurf geworden. Das beschließt unsere Betrachtung des Wandels hin zu einem geometrischen Weltverständnis.

3.2.1 Die Linie in der Geometrie

Keine Arbeit über die Linie und Themen der Geografie kommt ohne die Geometrie aus – insbesondere, wenn es um eine Arbeit im Design geht. Dies wird deutlich, wenn man etwa an Vektoren, technische Zeichnungen, skalierte Abbildungen etc. denkt. Ein Großteil der Kommunikation und Entwurfsarbeit im Design basiert auf einem geometrischen Fundament,⁵⁷ von den ersten groben und rudimentären Skizzen auf der obligatorischen Serviette über Formstudien und Iterationen bis hin zu Computer Aided Design (CAD)-Entwürfen und Modellen.⁵⁸ Im Folgenden soll dieses Fundament inklusive seiner Genese dargestellt werden.

Als erstes sind nötige Spezifizierungen und Einschränkungen vorzunehmen, um das Gebiet der Geometrie greifbar zu machen. Die Geometrie wird in dieser Arbeit als eigenständige Wissenschaft angesehen. Entgegen der Ansicht, sie als Teilbereich der Mathematik anzusehen, wird die Geometrie aufgrund ihrer großen Bandbreite an Unter- und Einsatzgebieten separat betrachtet werden.⁵⁹

56 H. Hirdina: »Design«, in: Barck, K., Fontius, M., Schlenstedt, D., Steinwachs, B., Wolfzettel, F. (eds) *Ästhetische Grundbegriffe*, Stuttgart, 2001, S. 41–64, hier S. 42.

57 Mit dem Fokus dieser Arbeit auf die Linie, werden an dieser Stelle Bereiche des Entwurfsprozesses, wie Farbstudien, Materialstudien etc. absichtlich ausgelassen.

58 Georg Claeser: *Geometrie und ihre Anwendungen in Kunst, Natur und Technik*, Berlin, 2014, S. VI.

59 G. Gläser, 2014, S. V.

Die Ausarbeitung der geometrischen Linie gliedert sich in drei Teile. Wie schon in vorherigen Kapiteln wird auch hier auf eine historisch-genetische Methode gesetzt, um einer diffusen historischen Aufzählung von Daten aus dem Weg zu gehen und stattdessen der präzisen punktuellen Verknüpfung wichtiger Entwicklungspunkte den Vorzug zu geben. Das Augenmerk liegt dabei auf dem Ursprung der Linie und der Entwicklung durch Habitualisierung und Abstrahierung, sowie auf den prägenden Einflüssen, die zu dem heutigen Anwendungsspektrum geführt haben.

Im ersten Abschnitt wird mit Euklid die räumliche Grundlage der Geometrie geschaffen. Dies wird im zweiten Abschnitt ergänzt um das Navigationssystem der analytischen Geometrie. Den Hauptteil bildet eine Betrachtung der Geometrie in der Renaissance, wo das Fundament der Geometrie für das Design verortet wird und die Ableitung der unterschiedlichen Darstellungsmethoden. Es geht darum, einen (horizontalen) Überblick über die im Design relevanten Linienezeichnungen und ihrer Vor- und Nachteile für den Gestaltungs- und Entwurfsprozess zu geben. Dabei liegt der Fokus auf den unterschiedlichen Methoden der Entwurfsdarstellung zur Kommunikation, speziell auf Darstellungen oder Projektionen von dreidimensionalen Objekten auf zweidimensionalen Flächen wie Skizzen oder (Konstruktions-)Zeichnungen. Betrachtet wird insbesondere, an welchen Stellen technisches Wissen im Zeitalter des CAD übertragbar bleibt und an welchen Stellen es zu Problemen kommt bzw. manche Anwendungsgebiete im Digitalen überflüssig geworden sind. Von Interesse sind die Weiterentwicklungen geometrischer Werkzeuge im Digitalen, wie Bezier- und NURBS-Kurven, die auf die kreative Entwurfsarbeit, mit Freiformflächen abzielen.⁶⁰

Wie soeben dargelegt, wird mit den Grundlagen begonnen. Die Informationen über die Linie in der Geometrie reichen von den ersten Berührungspunkten bis hin zu den aktuellen Einflüssen der Geometrie auf die Gestaltung im digitalen Raum und dessen Grundlagen in der Geometrie. Dabei wird kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben. Es ist

60 C. Gläser, 2014, S. 276.

zu beachten, dass die Geometrie viele Schnittstellen zu technischen und gestalterischen Bereichen hat wie Maschinenbau, Architektur, Bauingenieurwesen, bildenden Künste, Design, Physik, Astronomie, Geografie und weiteren.

Naturgemäß gibt es eine Vielzahl von Querverbindungen der Geometrie zu technischen Wissensgebieten. Mit dem Fokus auf geografische Darstellungssysteme kann sich die folgende Betrachtung ausschließlich auf Bereiche angewandter Mathematik und darstellender Geometrie zu beschränken.

Die Ursprünge der Linie und die Ursprünge der für die Linie relevanten Geometrie können auf denselben Punkt zurückgeführt werden. Diese wurden im Kapitel der phänomenologischen Archäologie schon mit dem Fokus auf die Genese der Linie aus der Lebenswelt beschrieben und endeten mit dem Verweis auf die Habitualisierung der Linie (vgl. Kapitel 2.1.2). Mit der Betrachtung der Geometrie kann genau an dieser Stelle angeknüpft werden, um von dort aus weiterzugehen, denn der Weg der Habitualisierung der Linie kann auch als der Entwicklungsweg der darstellenden Geometrie betrachtet werden.

Die Linie und ihre geometrische Anwendung entsteht, wie schon zuvor besprochen, aus dem Ackerbau, Hausbau und der benötigten Feldvermessung, wo sie vermutlich zuerst unbewusst eingesetzt wurde (vgl. Kapitel 2.1.2).⁶¹ Mit den ersten bewussten Überlegungen verbreitet sie sich jedoch von dort ausgehend in alle Lebensbereiche als Messwerkzeug und Abgrenzungselement. Dieser Punkt kann in seiner Bedeutung für die vorliegende Arbeit nicht oft genug hervorgehoben werden. Zusammen mit dem Zählen ist die planerische Vermessung und Konstruktion hier eine erste, wenn auch zunächst noch rudimentäre mathematisch grundierte Interaktion und der Beginn einer »Wissenschaft«, die später die Mathematik und Geometrie werden wird.⁶² Anfänglich ist die Geometrie darauf beschränkt, ein »unent-

61 Christoph J. Scriba/Peter Schreiber: 5000 Jahre Geometrie. Geschichte, Kulturen, Menschen, Berlin, Heidelberg, 2010, S. 7.

62 C. J. Scriba/P. Schreiber, 2010, S. V.

behrliches Hilfsmittel bei Hausbau und Feldmessung⁶³ zu sein. Dieser Horizont erweitert sich schnell mit steigender Abstraktion, weg von der direkten Anwendung hin zu der Formulierung von Ideen. Geometrie bzw. ihre stetige Weiterentwicklung durch die Jahrhunderte schafft nach und nach die Vorbedingungen für den modernen Designprozess und der darin verwendeten Medien. Wichtig zu vermerken ist, dass die heutige Geometrie, einschließlich ihrer strengen Beweise, auf die großen Denker der griechischen Antike zurückgeht, darunter innerhalb der griechischen Geometrie zuvorderst auf Euklid.

3.2.1.1 Euklidische Geometrie

Der euklidische Raum ist der Raum, der einem lebensweltlichen Umfeld der Linie wohl am nächsten kommt. Er bildet sozusagen die natürliche Vorbedingung für den Umgang mit der Linie. Um die Bedeutung von Euklid zu verstehen, ist es nötig, einige allgemeinere Hintergrundinformationen beizutragen. Euklid lebte und lehrte 300 v. Chr. in Alexandria. »Euklids Hauptwerk, die ›Elemente‹, ist der älteste größere mathematische Text, der aus der griechischen Antike überliefert wurde.«⁶⁴ In den 13 Kapiteln oder auch »Bücher« genannten Abschnitten der *Elemente* fasst Euklid das Wissen seiner Zeit über die verschiedenen Aspekte der Mathematik und insbesondere der Geometrie zusammen. Euklid nutzte wohl Quellen, zu denen auch die Pythagoräer und Platon zählen,⁶⁵ ebenso wie Aristoteles, bei dem Euklid methodische Anleihen nimmt.⁶⁶ Euklid ist bis heute derart relevant für die Mathematik, dass sein Name teilweise wie ein Synonym für Geometrie und Mathematik verwendet wird, darunter etwa: euklidischer Raum, euklidische Geometrie, euklidische Metrik, euklidischer Ring. Seine Bedeutung ist somit immer noch ungebrochen hoch.⁶⁷

63 C. J. Scriba/P. Schreiber, 2010, S. V.

64 C. J. Scriba/P. Schreiber, 2010, S. 49.

65 C. J. Scriba/P. Schreiber, 2010, S. 50.

66 C. J. Scriba/P. Schreiber, 2010, S. 51.

67 C. J. Scriba/P. Schreiber, 2010, S. 49.

An diesem Punkt wird der Fokus zunächst auf den Raumbegriff gelegt. Grundlegend für die Konstruktion von Raum sind zwei Grundbegriffe, »nämlich ›Punkte‹ und ›Geraden‹, in Beziehung werden sie gesetzt durch Wörter wie ›liegen‹, ›zwischen‹, ›kongruent‹.«⁶⁸ Punkt und Gerade, Letztere auch Linie genannt, werden allgemein folgendermaßen definiert:

Def. I,1: Ein Punkt ist, was keine Teile hat.

Def. I,2: Eine Linie [ist eine] breitenlose Länge.⁶⁹

Die Grundbegriffe und die Worte, die sie in Beziehung setzen, werden ergänzt durch Axiome. Axiome sind Grundregeln, die den Bezug zwischen Begriffen und Wörtern herstellen, so dass sich daraus nicht mehr weiter begründbare Grundsätze ergeben, aus denen selbst anschließend abgeleitet werden kann. Kernidee der Logik, Mathematik und der Geometrie ist, dass nur aus bekannten wahren Aussagen neue wahre Aussagen hergeleitet werden dürfen. Ganz am Anfang dieser Kette aus logischen Schlüssen müssen einige Grundannahmen stehen, die einfach als wahr vorausgesetzt werden, ohne beweisbar zu sein. Diese Grundannahmen heißen Axiome und sind gewissermaßen die Grundpfeiler jeder mathematischen Theorie. Die griechischen Logiker sind damals von Erkenntnissen ausgegangen, die für sie *offensichtlich* waren, die also nicht weiter begründet werden mussten. Ein Axiom von Euklid ist etwa *Wenn A gleich B ist, und B gleich C, dann ist auch A gleich C* (sog. Transitivitätsgesetz). Ein wichtiges (und sehr einschränkendes!) Axiom der Logik ist beispielsweise *Tertium non datur*, was besagt, dass eine Aussage entweder wahr, oder falsch sein muss, eine dritte Option existiert nicht.

Dann stellte er sogenannte Axiome der Geometrie auf, also sinnvolle, unmittelbar einsichtige und einander nicht widersprechende Regeln, die man definiert und nicht mehr beweisen kann, z.B.: »zu zwei Punkten gibt es genau eine Gerade, auf der sie liegen, [...]«⁷⁰

68 G. Glaeser, 2014, S. 22.

69 C. J. Scriba/P. Schreiber, 2010, S. 51.

70 G. Glaeser, 2014, S. 22.

Alle Objekte und Formen der Geometrie müssen auf die Grundbegriffe und Axiome rückführbar sein.⁷¹ Der Vollständigkeit halber kann vermerkt werden, dass es natürlich auch nichteuklidische Geometrie gibt, die nach anderen Regeln funktioniert, sich jedoch hauptsächlich darin unterscheiden, dass für sie ein euklidisches Axiome nicht gilt. Dabei handelt es sich insbesondere um das Parallelenaxiom, das besagt, dass: »durch einen Punkt außerhalb einer gegebenen Geraden nur eine Parallele zu ihr gezogen werden kann.«⁷²

Da sich die nichteuklidischen Geometrien meist nur durch das Weglassen des Parallelenaxioms unterscheiden, ist die Linie in allen immer noch gleich definiert, weswegen es im vorliegenden Zusammenhang ausreicht, nur den euklidischen Raum für die geometrische Linie zu betrachten.

Ursprünglich war der euklidische Raum dazu gedacht, unseren physischen Raum abzubilden und wissenschaftlich rekonstruierbar zu machen.⁷³ Im Zuge dessen wurde er zur Basis metrischer Raumsysteme und hat heute immer noch Relevanz für die darstellende Geometrie und Räume in Computersimulationen wie Grafiken, Visualisierungen, 3D-Modellen und ähnliches mehr. Zwischen dem euklidischen Raum und dem heutigen Raum mit den x -, y -, z -Achsen und den dazugehörigen Koordinaten (P_x, P_y, P_z) sind noch einige Entwicklungslücken. Diese Entwicklung wäre jedoch nicht möglich ohne die Grundlegung von Euklid, womit seine Arbeit Teile des Fundaments bildet, das für die Interaktion mit der geometrischen Linie notwendig ist.

71 C. Glaeser, 2014, S. 22.

72 C. Glaeser, 2014, S. 22.

73 Es ist wichtig anzumerken, dass die euklidische Geometrie die Ausgangsbasis für die Weltvermessung darstellt, jedoch die Oberfläche einer Kugel – also die Weltvermessung! – eine nicht-euklidische Geometrie hervorbringt. Das ist offensichtlich, wenn man sich klarmacht, dass z.B. Nairobi, Singapur und der Nordpol auf der Erdoberfläche (ungefähr) ein Dreieck mit drei rechten Winkeln bilden, was es in euklidischer Geometrie niemals geben kann.

3.2.1.2 Analytische Geometrie

Die analytische Geometrie, die ihre Objekte durch Koordinaten und Gleichungen ausdrückt, war ein Durchbruch des 17. Jahrhunderts zu einer neuen mathematischen Geometrie, die über die Antike hinausging.⁷⁴

Der zuvor beschriebene *euklidische Raum* gibt der Linie einen Rahmen. Es fehlen jedoch die Möglichkeiten zur Orientierung, Übertragung, zur konstruktiven Definition der Linie, es fehlt ein methodischer Umgang mit Koordinaten. Dieser wird, wie so viele andere Grundlagen für die Linie, durch die geometrischen und mathematischen Entwicklungen und Durchbrüche in der Renaissance angestoßen.⁷⁵ Genauer braucht es eine Verbindung von Algebra und Geometrie, die wir heute als *analytische Geometrie* kennen. Sie soll im Kontext eines kurzen Umrisses der Entstehungsgeschichte dargestellt werden, wobei der Fokus auf der Urstiftung der analytischen Geometrie durch die Schriften von René Descartes (1596–1650)⁷⁶ und Pierre de Fermat (1607–1665) liegen wird. Der anschließende Ausblick soll aufzeigen, wie weit dieses Konzept das Design grundlegend geprägt hat und auch die zukünftige Entwicklung der Entwurfsarbeit, insbesondere im virtuellen Raum, prägen wird.

René Descartes war ein französischer Philosoph, Mathematiker und Naturwissenschaftler, der als Begründer des modernen Rationalismus gilt und dafür bekannt ist, das Fundament für die analytische Geometrie geschaffen zu haben. Die Mathematik ist prägend für seine philosophischen Schriften ebenso wie für verschiedene Stadien seiner intellektuellen Entwicklung.⁷⁷ Der Ursprung der analytischen Geome-

74 Nasim Krauthausen: »Interview mit Moritz Epple. Zur Notation topologischer Objekte«, in: Karin Krauthausen/Omar W. Nasim (Hg.): Notieren, Skizzieren. Schreiben und Zeichnen als Verfahren des Entwurfs, Zürich, 2010, S. 119–138, hier S. 123.

75 C. J. Scriba/P. Schreiber, 2010, S. 326–327.

76 Sabine Mainberger/Esther Ramharter: Linienwissen und Liniendenken, Berlin, Boston, 2017, S. 64.

77 S. Mainberger/E. Ramharter, 2017, S. 64.

trie wird mit der Veröffentlichung von Descartes Schrift *La Géométrie* um 1637 datiert. Descartes als den alleinigen Schöpfer der analytischen Geometrie zu sehen, greift allerdings zu kurz. Zur selben Zeit und unabhängig von Descartes ist auch Pierre de Fermat auf ähnliche Gedanken gekommen.⁷⁸ Erst das Wissen von beiden zusammen hat die Neuausrichtung der Geometrie möglich gemacht. Bemerkenswert ist, dass die Erkenntnisse beider Denker zwar argumentativ sehr gut ineinandergreifen, sich jedoch wenige Überlappungen finden lassen. Fermats Beiträge sind präziser als die von Descartes und befassen sich unter anderem mit der Verknüpfung mathematischer Variablen mit den Koordinaten eines variablen Punktes im Raum.⁷⁹ Descartes Beiträge sind weit diffuser und weniger klar zu definieren, da seine Schriften eine Vielzahl von Bereichen anschneiden und mannigfache Ansätze liefern, von denen jedoch nicht unbedingt jeder komplett ausgearbeitet wurde.

Diese Schnittstellen und Inspirationen sind allerdings in ihrer Weiterentwicklung u.a. durch Newton ausschlaggebend für die Genese der analytischen Methode. Dies ist vermutlich der Grund, warum das kartesische Koordinatensystem nicht Fermats, sondern den Namen Descartes trägt (kartesisch bedeutet so viel wie *von Cartesius*, dem lateinischen Namen von Descartes, *eingeführt*). Wenn davon gesprochen wird, dass Descartes und Fermat die analytische Geometrie entwickelt haben, heißt dies, dass mit ihrem zusammengetragenen Wissen der Durchbruch möglich wurde. Dabei steht ihre Forschung auf einem Fundament von mathematischem und geometrischem Wissen, das sich bis zu dieser Zeit entwickelt hat. Das Wissen, Geometrie und Algebra in Kombination oder aufeinander aufbauend zu nutzen, war bereits Allgemeinwissen für die Mathematiker zu Zeiten der Renaissance gewesen.⁸⁰ Das Konzept, geometrische Größen durch Zahlen zu repräsentieren, ist sogar älter als die griechische Geometrie, auf der Descartes und

78 C. J. Scriba/P. Schreiber, 2010, S. 324.

79 C. J. Scriba/P. Schreiber, 2010, S. 328.

80 C. J. Scriba/P. Schreiber, 2010, S. 327.

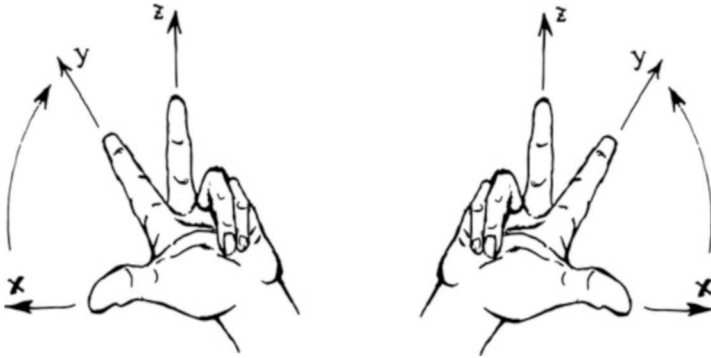
Fermat aufbauen. So waren die grundlegenden Gedanken schon vorhanden, jedoch erst die Kombination und das Zusammentragen der verschiedenen Ideen machte die Neuentwicklung möglich.⁸¹

Den Kern der analytischen Geometrie bildet das kartesische Koordinatensystem als dasjenige, das sich durch seine Praktikabilität und als Bestandteil der analytischen Geometrie durchgesetzt hat. Das, was Descartes und Fermat entwickelt haben, ist aber nicht nur ein Koordinatensystem, sondern eine grundlegende Methode, bei der es für jede Zahl oder Unbekannte in einer algebraischen Formel eine Entsprechung im geometrischen Raum gibt – eine Koordinate. Der Umgang mit Koordinaten ist etwa mit der Verbreitung moderner Navigationssysteme allgegenwärtig geworden. Für die Zwecke dieser Arbeit genügt eine kurze Zusammenfassung des Themas. Für die Koordinatenbildung verbindet Fermat mathematische Variablen mit Punkten im Raum. Die Punkte definieren sich über ihren Bezug zu den Achsen eines Koordinatensystems. Im kartesischen System stehen diese Linien orthogonal, sprich rechtwinklig zueinander. Hier wird dann von einem rechtshändigen (im Gegensatz zu einem linkshändigen) Koordinatensystem gesprochen. Das System wird rechtshändig benannt, durch die Benennung der Achsen im oder gegen den Uhrzeigersinn. Es gibt auch eine Handskizze, die dies einfach veranschaulicht (vgl. Abb. 1).

Die in Abbildung 1 dargestellte Skizze zeigt auch die Orthogonalität des Systems, also dass die Achsen im rechten Winkel aufeinandertreffen. Gerade diese Neuerungen und Festlegungen sind heutzutage zur Norm geworden und haben nichtorthogonale Systeme verdrängt. In dem beschriebenen System gibt es also drei Achsen, drei Vektoren (abstrakte Linien), die den Raum einteilen. Sie werden traditionell durch Buchstaben repräsentiert. Eine Koordinate ist die Distanz zwischen dem Nullpunkt und dem Ort auf der Achse, an dem eine Linie durch den Punkt rechtwinklig auf die Achse treffen würde. Eine abstrakte Position im Dreidimensionalen hat dann die Koordinaten (x,y,z) .

81 C. J. Scriba/P. Schreiber, 2010, S. 327.

Abbildung 1: Recht- und linkshändiges Koordinatensystem



Mit der erwähnten Komponente von Variablen aus der Algebra können nicht nur einfache Punkte definiert werden, sondern auch maximal komplexe Formen, Strukturen und Gebilde. Damit ist es möglich, jegliche algebraische Formel in geometrische Figuren und Linien zu übersetzen. Dasselbe gilt natürlich auch umgekehrt. Die Linie erhält die Fähigkeit, ein abstraktes Feld wie die Mathematik in eine visuelle Darstellung räumlicher Ausdehnung zu übertragen – von einem komplexen zu einem der niederkomplexesten und zugänglichsten Modelle.⁸² Jede Linie kann somit mathematisch beschrieben werden und andersherum. Pragmatisch formuliert, kann alles, was vermessen werden kann, auch geometrisch dargestellt werden.⁸³ »Insbesondere mit der Erfindung der analytischen Geometrie rückt die Linie in den Rang eines wissenschaftlichen Grundbegriffes auf.«⁸⁴

Wir sehen, wie fundamental wichtig die Entwicklung der analytischen Geometrie für die Linie ist. Durch Descartes erhält die Linie Einzug in jede Form der datengetriebenen Wissenschaft. Die Linie, als zentrales Element der analytischen Geometrie, wird das fundamentale Ele-

82 S. Mainberger/E. Ramharter, 2017, S. 40–41.

83 S. Mainberger/E. Ramharter, 2017, S. 40–41.

84 S. Mainberger/E. Ramharter, 2017, S. 40–41., S. 64.

ment für die Vermittlung und Veranschaulichung von komplexen Daten und Zusammenhängen. Dies ist die Voraussetzung für jegliche visuelle Datenaufbereitung, mit der wir heutzutage zu tun haben. Vektoren und Funktionen, die sich grafisch abbilden lassen, um das Verständnis von komplexen Daten zu ermöglichen, sind so habitualisiert, dass wir sie kaum noch bewusst bemerken.⁸⁵

Für das Design ist jedoch die Gegenrichtung dieser Entwicklung ausschlaggebend. Was in die eine Richtung übersetzt werden kann, geht ebenso in die andere Richtung. So ist alles, was wir aus unseren Gedanken in die Linien und in die Geometrie übertragen können, egal wie komplex es ist, mathematisch erfassbar und als Modell in die Realität übertragbar. Damit ist das Fundament für das Design geschaffen, jegliche Art von Entwurf in ein Modell oder einen Prototyp übertragen zu können. Es wird die Möglichkeit erzeugt, selbst abstrakte Gedanken und Formen mit der Linie darzustellen und dazu im geometrischen Raum realitätsbezogen entwerferisch zu arbeiten.

Descartes und Fermat haben das Fundament gelegt, auf dem es nun möglich ist, mit der Linie Neues zu schaffen, abzubilden und in die Realität zu übertragen. Ohne die analytische Geometrie wäre jegliche Form der digitalen Visualisierung und Gestaltung unmöglich. Wie sonst sollte Programmcode in Oberflächengestaltung von Websites, Betriebssystemen von Handys und Computern oder sämtlichen anderen virtuellen Räumen möglich sein? Ohne das kartesische Koordinatensystem wäre die Darstellung von virtuellen Räumen, ob am Bildschirm oder über Virtual Reality, Augmented Reality oder Mixed Reality nicht möglich.

Mit der analytischen Geometrie ist die Linie das Kommunikationswerkzeug geworden, das die digitale Welt grundlegend definiert. Das Design basiert in den verschiedensten Bereichen auf der Geometrie, ermöglicht durch die Koordinatenmethode. Manche Bereiche des Designs bedienen sich stärker der Mathematik als andere, zum Beispiel um durch Formeln und Programmierungen iterative Formgenerierung zu betreiben, die in ihrer Komplexität nur durch die Verschmelzung von Mathematik und Design möglich ist. Die ganze Bandbreite des

85 C. J. Scriba/P. Schreiber, 2010, S. 324.

parametrischen Designs zu beleuchten ist für diese Arbeit nicht nötig, da der Fokus nicht auf dem Gestaltungsprozess, sondern auf dem Gestaltungsraum an sich liegt.

An der zuvor dargelegten Entwicklung der analytischen Geometrie lässt sich eine generelle und weitgreifende kulturelle Veränderung ablesen. Die Möglichkeit, alles Vermessbare darstellen und begreifen zu können, ist Teil eines neuen Weltverständnisses, das in der Renaissance seinen Ausgangspunkt nimmt. Das Konzept eines Weltentwurfs und der zugrunde liegende Gedanke werden im Folgenden am Beispiel der Kartierung und ihrer Bedeutung für die Linie ausgearbeitet.

3.2.1.3 Darstellende Geometrie

Zeichnerische Projektionen bilden die Grundlage der visuellen Kommunikation zwischen mentalen Karten und der Lebenswelt. Dies gilt insbesondere für die Gestaltung im virtuellen Raum. Die Gestaltung im virtuellen Raum erfährt einen Paradigmenwechsel, der sich in einem völlig neuen Zugang zu den Projektionsformen darstellt. Um die Bedeutung dessen zu verstehen, werden in diesem Kapitel die bisherigen Projektionsformen der Gestaltung betrachtet.

Inhalt dieses Kapitels ist es, aufzuzeigen, dass und warum es bisher unmöglich war, mit einer Darstellungsform gleichzeitig die Schnittstellen zu Raum- und Routenkarten zu ermöglichen, obwohl dies für die Gestaltung im Raum unerlässlich ist. Darauf aufbauend wird gezeigt, dass die bisherige Lösung die Kombinationen von Projektionen war, die jeweils die eine oder andere mentale Karte angesprochen haben und erst im Zusammenspiel eine Gesamtwahrnehmung möglich machen. Abschließend sollen diese Projektionsformen in Hinblick auf ihre Schnittstellen zu Routenkarten oder Raumkarten zugeordnet werden. Genauer geht es also um die Unterscheidung zwischen der Abbildung einerseits und der Kommunikation von mentalen Routen und Raumkarten andererseits. Ziel ist es, perspektivische Projektionen als statische Darstellungen von Routenkarten auszuweisen und demgegenüber Anichts- oder Rissprojektionen den Raumkarten zuzuordnen. Neben einem rudimentären Verständnis der jeweiligen Technik liegt der Fokus

auf der Ausarbeitung der Unterschiede in der Art der dargestellten Raumwahrnehmung.

Die Basis für die Auseinandersetzung bilden Grundlagenwerke der Geometrie, designspezifische Literatur⁸⁶ und anwendungsorientierte Zusammenfassungen der Anwendungsgebiete.⁸⁷ Die Auswahl wurde bedingt durch einen Fokus auf das konstruktive und kommunikative Element der Linie als Schnittstelle zwischen mentalen Karten, Linienwelt und Lebenswelt. Mit dem Blick auf die Vielzahl der Darstellungsmethoden im Design mag die Auswahl der zu betrachten Projektionsformen unübersichtlich erscheinen. Der Eindruck täuscht jedoch, denn auch wenn die Anzahl der Entwurfs- und Darstellungsmedien stetig wächst, lassen sich die verwendeten Darstellungstechniken auf die grundlegenden Projektionsformen und Liniensysteme der darstellenden Geometrie herunterbrechen. Für die jeweiligen Gestaltungsmedien verändert sich dabei lediglich das Zusammenspiel der verschiedenen Projektionsarten und deren Relation zueinander.

Die darstellende Geometrie baut auf dem gleichen Fundament auf wie die analytische Geometrie und nutzt das Wissen über den methodischen Umgang mit einer rudimentären Form der Koordinatenmethode, um dreidimensionale, räumliche Objekte mithilfe von Projektionen auf einer Bildebene darzustellen:

Es geht nicht nur um die ebene Abbildung räumlicher Objekte, sondern darum, ein zweidimensionales *Modell* des dreidimensionalen Raumes zu schaffen, in dem Aufgaben, die sich eigentlich auf den Raum beziehen, ersatzweise an den ebenen Repräsentanten gelöst werden.⁸⁸

Damit rückt die darstellende Geometrie in die methodische Nähe der analytischen Geometrie. Beide Methoden zielen darauf ab, mithilfe lini-

86 Eberhard Holder: Design. Darstellungstechniken. Ein Handbuch Studienausgabe, Augsburg, 1994.

87 G. Glaeser, 2014

88 C. J. Scriba/P. Schreiber, 2010, S. 361. (Hervorhebung in der Vorlage)

enbasierter Darstellungen das Wissen über räumliche Probleme zu rationalisieren und begreifbar zu machen.⁸⁹

Daraus hervorgehend werden in diesem Kapitel drei Projektionsformen einzeln betrachtet: die perspektivische Darstellung, die axonometrische Darstellung und die Ansichtsdarstellung.⁹⁰ Hierbei kann die axonometrische Darstellung als ein Hybrid zwischen den beiden anderen angesehen werden und steht in dieser Form für eine ganze Gruppe an Projektionsformen, die vermittelnd zwischen den beiden Extremen zu sehen sind.

1. Die perspektivische Darstellung bezieht sich auf den *Betrachter*. In der Perspektive wird das dargestellt, was man vom Gegenstand *sieht*.
2. Die axonometrische Darstellung bezieht sich auf den *Gegenstand*. In der Axonometrie wird das dargestellt, was man vom Gegenstand *weiß*.
3. Die Ansichtsdarstellung bezieht sich auf den *Gegenstand*. Sie stellt dar, was man von den *einzelnen Seiten* des Gegenstandes *weiß*.⁹¹

Die Betrachtung der einzelnen Projektionsformen gliedert sich in eine grundlegende Erklärung, die jeweils durch eine historische Herleitung und eine mathematische Definition der Konstruktionsform vertieft wird. Das mathematische (menschliche) Wissen zur Erstellung von Projektionsformen ist mittlerweile für den Entwurfsprozess hinfällig geworden. Die Aufgabe der Konstruktion hat mittlerweile das CAD übernommen. Das konstruktive Wissen ist jedoch nach wie vor wichtig für das Verständnis neuer Technologien und Anwendungen.⁹² Im vorliegenden Fall ist es außerdem wichtig, um den Entwicklungsschritt von analoger und digitaler Gestaltung zu virtueller Gestaltung zu verstehen.

Vor der Betrachtung der Unterschiede zwischen den Projektionsformen ist es sinnvoll, zu erläutern, warum eine Mehrzahl von geometrischen Darstellungsformen für die Gestaltung nötig ist. Die unterschiedlichen Projektionsformen und ihre Vielzahl bedingen sich daraus, dass

89 C. J. Scriba/P. Schreiber, 2010, S. 361.

90 E. Holder, 1994, S. 28.

91 E. Holder, 1994, S. 28. (Hervorhebung in der Vorlage)

92 C. Glaeser, 2014, S. 290.

es keine einzelne Projektion gibt, die das Objekt verzerrungsfrei darstellt:

Projektionen verzerren fünf geographische Beziehungen: Fläche, Winkel, Form, Entfernung und Richtung. So gibt es zum Beispiel Projektionen, die lokal winkeltreu, aber nicht flächentreu sind, und andere die flächentreu, aber nicht winkeltreu sind. Alle Entwürfe verzerren in beträchtlichen Umfang die Form großräumiger Gebilde.⁹³

Was Mark S. Monmonier hier für geografische Kartenprojektionen formuliert, kann auf alle zeichnerischen Entwürfe übertragen werden. Handelt es sich um eine Projektion von 3D auf 2D, ist die Übertragung zuerst einmal lediglich eine Frage der Skalierung – also ein quantitatives Problem, jedoch mit qualitativen Folgen. Denn jede Projektion verzerrt in der einen oder anderen Form das Dargestellte und eben deshalb braucht es dann mehrere und auch unterschiedliche Projektionsformen, die jeweils die Verzerrungen der anderen Projektionen ausgleichen. So gesehen ist der Umstand von Verzerrung prägend für jeden Gestaltungsprozess, in dem (zwangsläufig) nicht durch eine einzelne Projektionsmethode der Entwurf in jeder Hinsicht befriedigend dargestellt werden kann. Erst durch die Nutzung verschiedener Projektionsformen wird der Entwurf auf zufriedenstellende Weise begreifbar, analog zu dem Umstand, dass keine Karte allein und für sich ein unverzerrtes Bild der Erde liefern kann:

Keine ebene, zweidimensionale Karte kann wie der Globus gleichzeitig Flächen, Winkel, Umrisse, Entfernungen und Richtungen verzerrungsfrei abbilden.⁹⁴

Für die Kommunikation einer Idee ist immer ein gewisses Maß an Abstraktion nötig, und auch wenn es zu allen Zeiten den Versuch gab, sich dem Ideal vollkommener Darstellung anzunähern, ist eine komplette Nachbildung der Realität unmöglich. Dies ist das Grundproblem der

93 Mark S. Monmonier: *Eins zu einer Million. Die Tricks und Lügen der Kartographen*, Basel, 1996, S. 33.

94 M. S. Monmonier, 1996, S. 99.

Modellbildung – das Modell muss einfacher handhabbar sein als die Realität, daher ist Vollständigkeit keine erstrebenswerte Eigenschaft, leider geht dadurch jedoch Information verloren. Gestalterische Modellbildung geht immer nur über den Umweg einer Abstraktionsebene, grundlegend dafür ist einmal mehr die Zeichnung. Die Renaissance ist in dem Zusammenhang von essenzieller Bedeutung, nicht zuletzt wegen des Anliegens und des Wunsches, die Welt rational zu erfassen und die Wahrnehmung mithilfe der Geometrie in die neue Vermessung der Welt einzuordnen. Dies ist für die Gestaltung wichtig, da mit den geometrischen Grundlagen die praktische, haptische Welt sowie die Interaktion mit ihr auf neue Weise handhabbar gemacht werden. In der Renaissance wird die gestaltbare Welt sozusagen *auf Linie gebracht*.

In dieser Zeit wurden durch Künstler und Ingenieure wie Leonardo da Vinci, Leon Battista Alberti und Albrecht Dürer die Kenntnisse in der Geometrie verbessert und auch zugleich die geometrischen Grundlagen für den modernen Entwurfsprozess geschaffen.⁹⁵ Dies erklärt sich einerseits durch einen Fokuswechsel von der Theorie der Geometrie zur Praxis hin, als auch durch das Entstehen einer Vielzahl neuer Anwendungsgebiete und Themenfelder.⁹⁶ Die Neuausrichtung ist nicht zuletzt zurückzuführen auf die Bandbreite der Berufe derer, welche die Geometrie in der Renaissance maßgeblich weiterentwickelten. Das Spektrum reichte hier von Rechenmeistern, Ingenieuren und Baumeistern über Künstler, Handwerker und Kaufleute bis zu Ärzten, Juristen und Höflingen.⁹⁷ Während sich die professionellen Mathematiker der Zeit mit dem Studium der abstrakten Geometrie und Mathematik beschäftigten, zielten die Neuentwicklungen und Fortschritte in der Geometrie von den Praktikern darauf ab, die Geometrie als Kommunikations- und Konstruktionswerkzeug zu nutzen. Das Resultat der Bemühungen war neben der Entwicklung der Zentralperspektive und neuer geometrischer Formen überhaupt eine grundlegende Faszination für geometrische Formen, die sich in den Versuchen abbildet, antike Ideale von Har-

95 G. Glaeser, 2014, S. VII.

96 C. J. Scriba/P. Schreiber, 2010, S. 245.

97 C. J. Scriba/P. Schreiber, 2010, S. 245.

monie und Schönheit mathematisch, also konstruktiv zu erfassen und nachvollziehbar zu machen. Dies alles war eingebettet in die Anfänge einer geometrischen Fachsprache, mit deren Hilfe die Errungenschaften festgehalten und weitergegeben werden sollten.⁹⁸

Nun zur Analyse der einzelnen Projektionsformen: Zuerst geht es um die Normalprojektion als der ältesten überlieferten Form. Als Zweites folgt die Zentralprojektion, die eine Art subjektiven Gegenpol bildet. Und zuletzt um die Parallelenprojektion als einem Hybrid zwischen den beiden Extremen.

3.2.1.3.1 Normalprojektion

Normalprojektionen sind Ansichtsdarstellungen, die ein Objekt aus verschiedenen Frontalansichten abbilden und meist nebeneinandergelegt verwendet werden. Sie sind dazu gedacht, Objekte zu veranschaulichen, leicht verständlich und mathematisch übertragbar zu machen.⁹⁹

Die Ansichtsdarstellung ist und bleibt eines der wichtigsten Werkzeuge im gestalterischen Prozess, auch wenn sich die Medien wandeln, in denen Abbildung und Konstruktion stattfinden. Verwendet wird diese Methode für Abbildungen, bei denen »Maßgenauigkeit und tatsächliche Proportionierung im Vordergrund stehen.«¹⁰⁰ Sie ist zu finden bei technischen Zeichnungen, Entwurfszeichnungen, Architekturzeichnungen und Plänen sowie den diesen vorausgehenden Skizzen und zeichnerischen Entwürfen.

Im Gegensatz zur Zentralperspektive stellt die Ansichtsdarstellung ein Objekt nicht entsprechend unserer Sehgewohnheiten dar:

Sie [die Ansichtsdarstellung] geht von der Voraussetzung aus, daß wir eine Seite eines Objekts, gleichgültig wie groß, ohne optische Verzerrung wahrnehmen können. Die Darstellung ist so weit abstrahiert, daß sie alle sechs Seiten eines Objektes in einer bestimmten Reihe anordnet und an unser räumliches Vorstellungsvermögen appelliert,

98 C. J. Scriba/P. Schreiber, 2010, S. 274.

99 E. Holder, 1994, S. 58.

100 E. Holder, 1994, S. 58.

sich die einzelnen Seitenflächen zusammensetzen und sich so ein Bild vom dreidimensionalen Objekt zu machen.¹⁰¹

Dieses Zitat fasst das Konzept der Ansichtsdarstellung zusammen und zeigt ihren Charakter als Schnittstelle zur mentalen Karte prägnant auf.

Wichtig für diese Arbeit ist nicht die grundlegende Entwicklung des Verfahrens, sondern die Genese dieser Methode für die geometrische Erfassung und Kommunikation des Raums und von Objekten. Zur Zeit der Ägyptischen Hochkultur (ca. 2000 v. Chr.) wurden schon Grund- und Seitenrisse zur Darstellung verwendet,¹⁰² eine Verknüpfung zum vermaßten, dreidimensionalen Raum erhält die Technik jedoch erst in der Renaissance. Sie findet beispielsweise Erwähnung als Basis für die Entwicklung der Perspektive:

Nach dem Zeugnis von Giorgio Vasari soll Filippo Brunelleschi, bekannt als Architekt der Florentiner Domkuppel, um 1400 eine Methode erfunden haben, aus dem Grund und Aufriss eines Gebäude-Ensembles punktweise eine perspektivisch korrekte Ansicht zu konstruieren.¹⁰³

Im Gegensatz zur rein praktischen Anwendung bei Brunelleschi findet sich der schriftliche Beleg für eine konstruktive, theoretische Auseinandersetzung mit den Ansichtsdarstellungen in Dürers *Underweysung* (1525). In den Schriften finden sich eine Anleitung sowie exemplarische Anwendungen, um Ansichtsdarstellungen zu erzeugen und mit deren Hilfe Objekte darzustellen und zu verstehen:

Überraschenderweise findet man das später zum Standard gewordene Verfahren, einen Körper zunächst in einer sehr einfachen Lage im Grund- und Aufriss darzustellen und dann schrittweise in immer allgemeinere Lagen zu drehen, hier auch für den Würfel und einige andere Polyeder demonstriert [...]¹⁰⁴

101 E. Holder, 1994, S. 58.

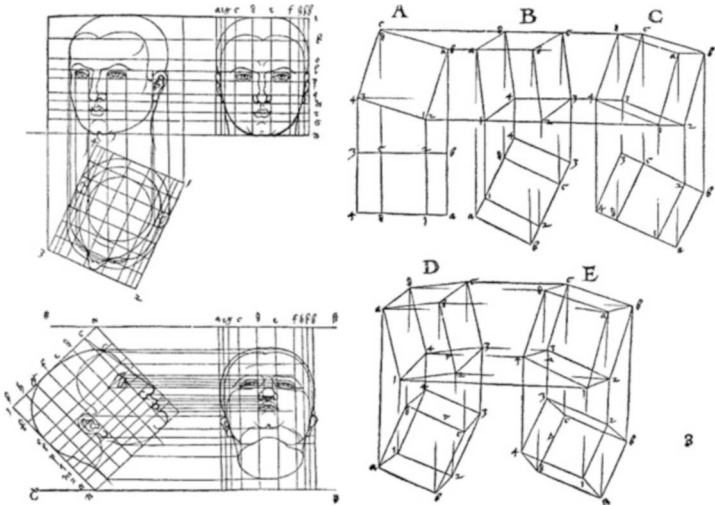
102 C. J. Scriba/P. Schreiber, 2010, S. 12.

103 C. J. Scriba/P. Schreiber, 2010, S. 275.

104 C. J. Scriba/P. Schreiber, 2010, S. 287.

Aus dem Zitat von C. J Scriba und P. Schreiber geht hervor, dass Dürer sowohl das Tafelverfahren nutzt, um abstrakte geometrische Körper darzustellen und zu behandeln, als auch, um damit Grundlagen für die Gestaltung zu schaffen.

Abbildung 2: Projektionsbeispiel Kopf Abbildung 3: Projektionsbeispiel Würfel



Für die Anwendung der Ansichtsdarstellungen, auch Normalrisse genannt, wird der darzustellende Gegenstand mit einem rechtwinkligen Koordinatensystem verbunden, die Blickwinkel aus den jeweiligen Achsenrichtungen ergeben dann die unterschiedlichen Normalrisse.¹⁰⁵

Dann heißen die Normalprojektionen auf die Koordinatenebenen die *Hauptrisse*. Bei Projektionen entgegen der z-Achse erhält man den

105 G. Glaeser, 2014, S. 55.

Grundriss, entgegen der *x*- Achse den *Aufriss*, entgegen der *y*- Achse den *Kreuzriss*.¹⁰⁶

Im Gegensatz zur Zentralperspektive erschließt sich das System der Ansichtsdarstellungen nicht intuitiv und aus der wortwörtlichen Perspektive des Betrachters. Der Umgang mit dem System der Normalrisse im Sinne eines Lesens der Zeichnung und ihrer Kombination erfordert Übung und muss erlernt werden.¹⁰⁷ Für einen Anfänger gestaltet sich das Verständnis des Objekts über die Risse als Herausforderung.¹⁰⁸ Als Beispiel für die Komplexität dieser Aufgabe kann folgende vielfach verwendete Übung dienen:

Wie sieht ein räumliches Objekt aus, dessen *Umriss* von vorne gesehen ein Quadrat ist, von Links gesehen ein gleichschenkliges Dreieck und von oben gesehen ein Kreis ist?¹⁰⁹

Natürlich ist schnell klar, dass es sich dabei um einen Drehzylinder mit zwei symmetrischen Schnitten handelt. Ohne die Kombination der Ansichten und das Wissen, wie sie in Relation zueinanderstehen, wäre die Aufgabe schwieriger gewesen. Durch die Maßstreu der Ansichtsdarstellung gehen mit ihr oft auch die Angaben direkter Bezeichnungen für die Maße, Radien und Winkel einher. Dies erleichtert die Kommunikation im Designprozess bis hin zur Übergabe in die Produktion, Programmierung oder Konstruktion. Für Außenstehende sind diese Bezeichnungen und Symbole jedoch unverständlich, weshalb die Ansichtszeichnungen in diesem Fall mit zentralperspektivischen Ansichten kombiniert werden.¹¹⁰

Der Kern der Ansichtsdarstellung ist die Kommunikation von unverzerrten Maßen und damit die Vermittlung von den räumlichen Abstandsverhältnissen der abgebildeten Objekte. Diese bilden sich in den verschiedenen Ansichten ab. Jede Ansicht stellt also jeweils die

106 G. Glaeser, 2014, S. 55–56. (Hervorhebungen im Original)

107 E. Holder, 1994, S. 58.

108 G. Glaeser, 2014, S. 57.

109 G. Glaeser, 2014, S. 57.

110 E. Holder, 1994, S. 59.

Abstände aus einer Richtung maßgenau dar und wird mit Maßen und Bezeichnungen versehen. Ein Verständnis des Dargestellten erfolgt erst durch die gedankliche Kombination verschiedener Ansichten. Die Ansichtsdarstellung wird folglich erst durch die Bildung einer mentalen Karte verständlich. Zuvor hatten wir die Raumkarte als jene mentale Karte definiert, die für Abstandsverhältnisse zuständig ist. Die Ansichtsdarstellung ist eine Schnittstelle für die Interaktion mit mentalen Raumkarten.

3.2.1.3.2 Zentralprojektion

Hier sollen die auf dem Blatt entstehenden Linien die Illusion der dritten Dimension hervorrufen: Sie zeigen Positionen, Richtungen und Distanzen, sie erschaffen Ebenen und darin Flächen, geben Dimensionen wieder, liefern Weite und Tiefe. Sie beziehen sich auf einen sichtbaren erkennbaren Raum und erzeugen scheinbar räumliche Gebilde.¹¹¹

Die Zentralprojektion wird meistens auch als Zentralperspektive bezeichnet. Sie ermöglicht es, individuelle Wahrnehmung in das System einer geometrischen Weltansicht einzubetten. Sie ist die konstruktive Übertragung unserer dreidimensionalen Raumvorstellung auf eine Fläche:

Unser Auge nimmt alle Gegenstände optisch verzerrt wahr. Die Verzerrung (Perspektive) muß man auf eine Zeichenfläche übertragen, um dem Auge räumliche Verhältnisse vorzutäuschen.¹¹²

Durch den mathematisch-Konstruktiven Charakter bettet sich die Zentralprojektion in die Vorstellung einer Geometrisierung der Welt ein und

111 Helmut Germer/Thomas Neeser (Hsg.): 1D – The First Dimension. Zeichnen und Wahrnehmen – Ein Arbeitsbuch für Gestalter/Drawing and Perception – A Workbook for Designers, Basel, 2013, S. 21.

112 E. Holder, 1994, S. 28.

könnte somit auch als der erste direkte Blick in die Linienwelt bezeichnet werden. Zuvor wurde im Kapitel zu *mentalen Karten* die Routenkarte als eine Raumwahrnehmung aus der Ich-Perspektive (oder auch Feldperspektive)¹¹³ definiert (vgl. Kapitel 3.1.2). Damit stellt die Zentralperspektive eine Verbindung zwischen der mentalen Routenkarte und der geometrischen Weltwahrnehmung her. Diesem Gedanken wird im Folgenden nachgegangen.

Das Thema der Zentralperspektive hat signifikante Bedeutung für Wissenschaft, Kultur und Kunst, woraus ein großes Feld an Spezialliteratur resultiert, das den Bereich aus den unterschiedlichen Blickwinkeln erfasst.¹¹⁴ Für diese Arbeit reicht es, einen groben Eindruck zu vermitteln, um spezifische für die Forschungsfrage relevante Punkte herauszuarbeiten. Am Anfang soll kurz die aktuelle mathematisch-geometrische Definition des perspektivischen Konstruktionsverfahrens dargestellt werden, um dann mit diesem Wissen die Entstehungsgeschichte zu betrachten, anhand derer sich die Verbindung zur Linienwelt und ihre Bedeutung für den virtuellen, dreidimensionalen Raum ablesen lässt.

Die Zentralperspektive ist eine geometrische Projektionsform, gedacht zur Konstruktion von Bildern, die das Abgebildete aus der Ego-Perspektive eines Betrachters aufnimmt und auf eine (zumeist) ebene Fläche projiziert. Sie wird auch als Zentralprojektion (in Bezug auf die geometrische Fachsprache) bezeichnet. Die Erfassung des Raums geschieht bei dieser Form der Projektion mithilfe der Übertragung von Raumpunkten auf eine Bildebene, indem die Punkte mit einem Blickpunkt (sog. Augpunkt) durch Sehstrahlen verbunden und mit besagter Bildebene geschnitten werden, um ein Abbild zu generieren.¹¹⁵ Im geometrisch-mathematischen Zusammenhang wird dies folgendermaßen ausdifferenziert:

Denken wir uns im Raum eine beliebige, aber feste Ebene π , die eine *Projektionsebene* oder *Bildebene* sein soll, und einen nicht in π gelege-

113 S. Günzel/F. Kümmerling, 2010, S. 244.

114 C. J. Scriba/P. Schreiber, 2010, S. 273.

115 C. J. Scriba/P. Schreiber, 2010, S. 291.

nen Punkt $Z \neq \pi$, der das *Projektionszentrum* darstellt. Die Gerade $p = ZP$ durch einen beliebigen Raumpunkt P nennen wir *Projektionsstrahl*. Klarerweise darf P nicht mit dem Zentrum zusammenfallen ($P \neq Z$). Im Schnitt von p mit der Bildebene ergibt sich die Projektion P^2 (der *Blickpunkt* oder *Riss*) von P .¹¹⁶

Vorausblickend kann hier schon erwähnt werden, dass exakt dieser Prozess in der Computergrafik verwendet wird, z.B. in Videospielen. Typischerweise wird die darzustellende Welt als 3D-Repräsentation einer Menge von Polygonen (meistens Dreiecken) vorgehalten und berechnet. Für die Darstellung wird dann eine Kameraposition herangezogen und mit Hilfe einer sogenannten Projektionsmatrix die Welt auf eine darstellbare 2D-Fläche vor der Kamera abgebildet.

Die **Horizontlinie** als Element der Zentralprojektion ist ausschlaggebend für die vermittelte Raumwahrnehmung der Projektion. Die Horizontlinie bildet in Zentralprojektionen den antizipierten Horizont ab. Diese Linie ist bestimmend für die Position der eingenommenen Perspektive und im Besonderen für die Augenhöhe (und damit den Augpunkt), Letzterer wird wiederum angesetzt in Distanz- und Höhenrelation zum abgebildeten Gegenstand.

Unser Sehhorizont befindet sich immer in Augenhöhe, deshalb zeichnet man sich in perspektivische Zeichnungen immer eine waagerechte Horizontlinie ein, auf die sich die dargestellten Objekte hin orientieren.¹¹⁷

Indem sich die Konstruktion des Objektes an der Horizontlinie orientiert, wird mit ihrer Festlegung besonderer Einfluss auf die Wahrnehmung des Objektes genommen. Mit der Kombination aus Blickpunkt (Augpunkt) und Horizontlinie wird fixiert, aus welcher Perspektive die Projektion das Objekt darstellt. Mit der Setzung der Horizontlinie wird etwa vorgegeben, ob das Objekt in der Projektion vor uns

116 G. Glaeser, 2014, S. 44. (Hervorhebung im Original)

117 E. Holder, 1994, S. 29.

aufragt (Froschperspektive), wir es auf Augenhöhe betrachten (Normalperspektive) oder auf es herunterschauen (Vogelperspektive).¹¹⁸ Die Zuordnung zu Tieren in den verschiedenen Perspektivnamen deutet schon an, dass die eingenommenen Blickwinkel nicht unserer natürlichen Wahrnehmung entsprechen. Wir können mit der Projektion in Raumwahrnehmungen eintauchen, die wir in der Lebenswelt nicht einnehmen könnten. Dies wird für die Form der virtuellen Raumwahrnehmung und Gestaltung später noch wichtig werden. An dieser Stelle reicht es aus festzuhalten, dass die Zentralprojektion den Zugang zu imaginären Raumwahrnehmungen schaffen kann, die nicht an unsere physischen Gegebenheiten gebunden sind.

Mit dem Begriff der Zentralprojektion wird die Darstellungsform in die Reihe der anderen Projektionsformen einsortiert. Diese logische Zuordnung täuscht über die Bedeutung dieser Konstruktionsform als Verbindung von Raum- und Routenkarten hinweg. Der deckungsgleiche Begriff der Zentralperspektive kann dies jedoch wieder aufheben. Der Begriff der Perspektive (lat. *perspicere*: hindurchsehen, hindurchblicken) bezieht sich auf Verhältnisse von Objekten im Raum in Bezug auf den Standort und damit den Blickwinkel, den Blickpunkt des Betrachters. Bei der Konstruktion denken wir das Projektionszentrum als Sehzentrum der Betrachtung.¹¹⁹ Es geht also nicht um ein abstraktes Verständnis des Abgebildeten, sondern um eine möglichst lebensnahe Darstellung. Diese Ausrichtung erklärt auch die Faszination, welche die Zentralperspektive bei ihrer historischen Entstehung und Entwicklung begleitet hat. Es ist eine Ausrichtung im Geiste der Renaissance, in der Hinwendung zur Wissenschaft und dem Individuum als Ausgangspunkt der Weltbetrachtung und Ideengenerierung.

Eine, wenn auch kurze, historische Betrachtung der Perspektive kann nicht umhin, die Debatte um den Ursprung der Perspektive zu erwähnen. Die geführte Auseinandersetzung dreht sich zentral um die Frage, ob es sich bei der Entwicklung der Zentralperspektive in der

118 E. Holder, 1994, S. 29.

119 C. Glaeser, 2014, S. 47.

Renaissance um eine Neuentwicklung handelt oder um eine Wiederentdeckung antiken Wissens und darauf aufbauende Weiterentwicklung. Es gibt mittlerweile Funde von Wandgemälden, die als Belege gelten, dass in der Antike rudimentäres Wissen über die Perspektive vorhanden gewesen sein muss.¹²⁰ Ob und in welcher Form dieses Wissen in der Renaissance jedoch vorhanden und ausschlaggebend für die Entwicklung der Perspektivprojektion war, wird nach wie vor diskutiert. Ausführliche Bearbeitungen dieser Frage und Arbeiten über die Bedeutung und Entstehung der Perspektive finden sich in den Werken Martin Kemps,¹²¹ Judith Veronica Fields¹²² und, Samuel Y. Edgertons.¹²³

Für diese Arbeit ist es nicht ausschlaggebend, ob eine Verbindung zur Antike bestanden hat oder nicht. Historisch interessant ist indes die Entwicklung der Zentralperspektive als Verbindung zwischen mathematischem Wissen und individueller Wahrnehmung. Die erwähnte Diskussion um den Ursprung der Zentralprojektion wird nur kurz umrissen, um aufzuzeigen, dass die Zentralprojektion aus den Techniken der Vermessung und Konstruktion, der Hinwendung der Renaissance zum rationalen, numerischen und geografisch-geometrischen Blick auf die Welt entspringt. Sie stellt den Versuch dar, die vermaßte Welt mit der individuellen Sichtweise zu verbinden, also den persönlichen Blick auf die Linienwelt festzuhalten.

Kemp und Field vertreten ebenso wie andere Autoren die mittlerweile akzeptierte These, dass die Entwicklung und Verbreitung der optischen Messtechniken in der Renaissance ausschlaggebend für die Entwicklung der Zentralperspektive waren.¹²⁴ Edgerton hatte in seiner Veröffentlichung *The renaissance rediscovery of linear perspective* (1975) noch die These vertreten, dass die geografischen Rastertechniken von

120 C. J. Scriba/P. Schreiber, 2010, S. 303.

121 Martin Kemp: *The science of art. Optical themes in western art from Brunelleschi to Seurat*, New Haven, 1990.

122 Judith V. Field: *The invention of infinity. Mathematics and art in the Renaissance*, Oxford u. a., 1997.

123 Samuel Y. Edgerton: *The renaissance rediscovery of linear perspective*, New York, 1975.

124 M. Kemp, 1990

Ptolemäus die bisher fehlende Verbindung zwischen der Antike und der Renaissance darstellen, dass also die geografische Kartierung das Fundament für die Zentralprojektion bildet.¹²⁵ Auch wenn Edgerton mittlerweile durch Kemp und andere Autoren viel Kritik erfahren hat und seine Thesen widerlegt wurden, bleibt er durch den Fokus dieser Arbeit auf die Karte als Medium interessant. Es zeigt, wie naheliegend und offensichtlich der Gedanke einer Verbindung zwischen Kartenmaterial und der Perspektive ist.

Die weitere historische Betrachtung der Perspektive (von der Renaissance aus) fokussiert sich auf die Entwicklung des Konstruktionswissens, also des mathematischen, geometrischen Aspekts, der als Ziel die Korrektheit einer individuellen (perspektivischen) Raumwahrnehmung hat.

Unabhängig davon, ob auf antikes Wissen aufgebaut wird oder nicht, wird die Entwicklung der Zentralperspektive in der Renaissance Filippo Brunelleschi zugeordnet. Es gibt keine schriftlichen Nachweise für dessen Erfindung. Vielmehr stützt sich die Annahme auf die Schriften von Vasari, der in seinen *Viten* festhält, dass Brunelleschi um 1400 die Basis für die perspektivische Konstruktion legt. »Eine Methode [...], aus dem Grund und Aufriss eines Gebäude-Ensembles punktweise eine perspektivisch korrekte Ansicht zu konstruieren.«¹²⁶

Die Betonung liegt hier auf der Korrektheit der Konstruktion, die sich aus den maßgetreuen Risszeichnungen ableiten lässt. Die Perspektive wird aus der Kombination verschiedener Risszeichnungen entwickelt. Dies ist ein erster Hinweis auf die Abhängigkeiten zwischen Riss- und Perspektivzeichnung im Gestaltungskontext.

Ausgehend von der methodischen Grundsteinsetzung war die Renaissance die Hochzeit der Zentralperspektive. Besonders in Italien,

125 Frank Büttner: Rezension von: »Samuel Y. Edgerton: Die Entdeckung der Perspektive«, in: *Sehepunkte* 7/8, 2006, S. 1–7. hier S. 1–2.

126 Giorgio Vasari: *Le vite de' più eccellenti pittori, scultori e architettori*, (Lebensbeschreibungen der berühmtesten Maler, Bildhauer und Architekten), Florenz, 1550, S. 292.

speziell in Florenz wurde mit der neuen Projektionsform gearbeitet und experimentiert. Der Zugang und das Wissen über »die neue perspektivische Kunst«¹²⁷ wurden jedoch in manchen Bereichen als Berufsgeheimnis unter Verschluss gehalten. Während Künstler wie Leon Battista Alberti, Antonio Averlino Filarete und Pierre della Francesca ihre Erkenntnisse in Texten und Schriften veröffentlichten, behielten die Maler ihr Wissen in aller Regel für sich. Da ihr Wissen nur vor Ort, in den Werkstätten der italienischen Meister erlangt werden konnte, nahmen während der Renaissance viele europäischer Künstler den Weg nach Italien auf sich, um die neuen Techniken zu erlernen.¹²⁸

Eine zentrale Figur der Weiterentwicklung der Perspektive und ihrer Anwendungen ist Albrecht Dürer (1471–1528). Dürer nimmt unter den Künstlern seiner Zeit eine Sonderstellung ein als derjenige, der mit seiner Arbeit am engsten der Mathematik verhaftet ist und in dieser Richtung forscht: »Er ist mit Abstand der ›mathematischste Kopf‹ unter den Künstlern seiner Zeit.«¹²⁹ Dürer darf hier nicht im heutigen Sinne als Künstler verstanden werden. Im Gegensatz zu heute schließt der Begriff in der Renaissance die breiten Betätigungsfelder der Zeit mit ein, also beispielsweise auch handwerkliche und wissenschaftliche Innovationen. Die Künstler verstanden sich zu dieser Zeit insoweit als Handwerker, als sie an der praktischen Anwendung des antiken Wissens interessiert waren, im Gegensatz zu programmatischen Ansätzen der Gelehrten. Ihre Tätigkeiten in der Architektur, Mechanik und in den Ingenieurs- oder Naturwissenschaften führten zu Weiterentwicklungen und der Umgestaltung des technischen Wissens für den praktischen Einsatz.¹³⁰

Dürer stand unter den praxisnah Forschenden der Mathematik am nächsten. Seine besonderen Leistungen für die Perspektive sind in der Weiterentwicklung und Zusammenführung des Wissens über geometrische Konstruktionen in Bezug auf ihre praktische Anwendung zu fin-

127 C. J. Scriba/P. Schreiber, 2010, S. 276.

128 C. J. Scriba/P. Schreiber, 2010, S. 276.

129 C. J. Scriba/P. Schreiber, 2010, S. 273.

130 C. J. Scriba/P. Schreiber, 2010, S. 274.

den. Diese fasst er in seinem als *Underweysung (Underweysung der messung mit dem zirckel und richtscheyt in Linien ebenen unnd gantzen corporen)*¹³¹ bekannten vierteiligen Werk zusammen, das 1525 veröffentlicht wurde. Besonders Dürers *Dresdner Skizzenbücher*, die noch nach seinem Tod hinzugefügt wurden, enthalten wichtige Ausführungen zur Perspektive.¹³² Dürers theoretische Texte werden untermauert von Vorschlägen zur mechanischen Erleichterung perspektivischer Werke.

Bei den Vereinfachungen der Konstruktion und den Hilfsmitteln, die infolgedessen entstehen, geht es meist darum, die Linien zwischen Objekt und Zeichnung möglichst präzise zu generieren. Die auch als *Sehstrahlen* bezeichneten Linien verbinden das Objekt und den Augpunkt und kreuzen dazwischen die Projektionsebene. Diese Linien ordnen und organisieren die Konstruktion, womit die Linie wieder ihrem grundlegenden Wesen der Ordnung und Kommunikation entspricht.

Als Beispiel für mechanische Hilfsmittel entwirft Dürer verschiedene Apparaturen, um die Parameter (Augpunkt, Sehstrahl, Objekt, Projektionsfläche) der Perspektive zu fixieren und zu kontrollieren. Dabei wird der Augpunkt etwa durch einen verstellbaren Stab fixiert oder der Zeichenstift mit einem Faden am Augpunkt befestigt, um die Ausrichtung zu bestimmen und es zu ermöglichen, eine Perspektive zu wählen, die die Reichweite des Zeichners übersteigt.¹³³ Besonders bekannt ist Dürers Vorschlag und Apparatur des Rasters.

In der Zeichnung (vgl. Abb. 4) wird der Blick auf das Motiv durch ein gerastertes Fenster geworfen, das mit einer Rasterung auf der Bildfläche korrespondiert. Diese Anordnung ermöglicht ein Zeichnen am Tisch und ein Loslösen von der Konstruktion auf senkrechten Bildebenen.¹³⁴ Dürers Arbeiten über die Perspektive und die geometrische Konstruktion im Allgemeinen versinnbildlichen die mathematische, wissenschaftliche Erfassung des individuellen Blicks in die Welt.

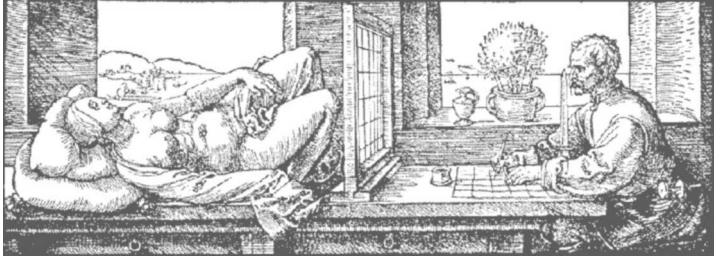
131 Albrecht Dürer: *Underweysung der Messung, mit dem Zirckel und richtscheyt. In Linien Ebenen vnd gantzen Corporen*, Nürnberg 1538.

132 C. J. Scriba/P. Schreiber, 2010, S. 281.

133 C. J. Scriba/P. Schreiber, 2010, S. 277.

134 C. J. Scriba/P. Schreiber, 2010, S. 278.

Abbildung 4: Zeichner und Akt



Es ist der Versuch, die Raumwahrnehmung technisch, konstruktiv zu erfassen und festzuhalten. Die perspektivische Konstruktion wird im 16. Jahrhundert schlussendlich durch die katholische Kirchenmalerei der Jesuiten perfektioniert. Dabei ging es darum, mithilfe der Perspektive Sinneseindrücke zu schaffen, welche die physische Ebene um einen Blick in die Welt des Glaubens erweitert. So eröffnet ein Deckengewölbe den Blick in den Himmel mit den Heerschaaren der Engel. Die Strategie dieser Darstellungen war es, die Menschen durch den überwältigenden, direkten Eindruck der Wahrnehmung wieder für den Glauben zurückzugewinnen.¹³⁵

Die konstruierende Methode der Perspektivprojektion ist in den Anfängen noch rudimentär und das Ziel vieler Arbeiten war es, den Prozess zu vereinfachen und maschinell zu erleichtern. Der Ansatz der Mechanisierung (im Gegensatz zu der geometrisch-mathematischen Weiterentwicklung) des Konstruktionsprozess führt letztendlich zur Entwicklung der Fotografie.¹³⁶ Bei der Fotografie ist die Kameralinse als das Sehzentrum zwischen Objekt und Bildebene gerückt, was jedoch nichts daran ändert, dass es sich bei der fotografischen Abbildung im Wesentlichen um eine Zentralprojektion handelt.¹³⁷ Von der Fotografie kann leicht der Bogen geschlagen werden zum bewegten Bild und von dort ist es dann

135 C. J. Scriba/P. Schreiber, 2010, S. 276–280.

136 C. J. Scriba/P. Schreiber, 2010, S. 275.

137 G. Glaeser, 2014, S. 44.

nur noch ein kleiner Schritt zu Digitalisierung und damit zur digitalen Welt. Zwischen der klassischen Bildaufnahme, wie sie in Foto und Film verwendet wird, und der Erschaffung digitaler Darstellungen besteht jedoch ein entscheidender Unterschied. Während klassische Bildaufnahmen mechanische Verfahren nutzen, um Inhalte zu generieren, wird für die digitale Darstellung das komplexe Wissen der Konstruktion von zentralperspektivischen Ansichten benötigt. Offensichtlich wird die Konstruktion selbst mittlerweile von Programmen vorgenommen, die durch Automatisierung und Programmierung unsichtbar im Hintergrund arbeiten. Sie erzeugen die Illusion, wir hätten es mit einer weiteren Form der Mechanisierung zu tun. Tatsächlich liegt der digitalen Raumdarstellung aber ein komplexes mathematisches Wissen zugrunde. Um dies zu ermöglichen, war eine große Anzahl an Iterationen und Weiterentwicklungen von Brunelleschis anfänglichen Konstruktionsmethoden nötig.

Spätestens mit der perspektivischen Darstellung von fiktiven Welten löst sich die Zentralprojektion von ihrer Aufgabe, eine individuelle Wahrnehmung der Welt darzustellen. Die Zentralprojektion wird damit zum Mittel, mentale Routenkarten, auch wenn sie rein fiktiv sein sollten, visuell zu kommunizieren. Die Zentralperspektive ist eine grundlegende Form für die Auseinandersetzung und Darstellung von visuell korrekten, individuellen räumlichen Wahrnehmungen. Dabei ist sie unabhängig vom Kontext der Anwendung; es ist also egal, ob sie als Mittel der Planung und Kommunikation mit Auftraggebern oder als Form der Darstellung immaterieller (religiöser) Räume und Raumvorstellungen eingesetzt wird.

Die Perspektive fokussiert sich in der Projektion auf den Blickwinkel des Individuums und die Darstellung der Welt aus der Ich-Perspektive. Die Zentralprojektion ist damit die beste Kommunikationsform von Ideen in einen lebensweltlichen Kontext.

3.2.1.3.3 Parallelprojektion

Parallelperspektivische Darstellungen, auch Axonometrie genannt, können als ein grundlegender Versuch betrachtet werden, ein Abbild zu schaffen, das die Verflechtung von mentalen Routen- und Raumkarten

darstellt. Es geht also um eine Vermischung von Ich-Perspektive und einer bemaßten Auf- oder Ansicht. Die Parallelperspektive versucht den Vorteil der perspektivischen Ansicht zu nutzen, die Dreidimensionalität zu erhalten, jedoch die Kommunikationsqualität der Konstruktion durch rekonstruierbare Maße zu verbessern:

Während die perspektivische Darstellung versucht, die Wahrnehmungsgegebenheiten des Menschen in der Zeichnung zu imitieren, so wird bei der Axonometrie der Gegenstand in seiner ursprünglichen Maßstäblichkeit wiedergegeben.¹³⁸

Um die Maßstäblichkeit zu ermöglichen, muss die Parallelperspektive sich von den Techniken der Perspektive und damit von den Eigenschaften der Routenkarte lösen. Damit verschwindet das Verhältnis des Dargestellten zum Betrachtenden (technisch dargestellt durch Fluchtpunkt, Augpunkt, Entfernung und Horizontlinie).¹³⁹ Linien werden so dargestellt, wie sie vermaßt in der Wirklichkeit zueinander verlaufen. Parallele Kanten und Linien werden in der axonometrischen Darstellung ebenfalls parallel dargestellt.

Es gibt verschiedene Formen der Parallelprojektion, die sich aus dem jeweiligen Nutzen der Darstellung und der Komplexität des Dargestellten ergeben. Das Verhältnis zwischen Routenkarte und Raumkarte wird jeweils verändert, um den idealen Mittelweg zwischen Routen- und Raumkarte abzubilden. Er ist dann erreicht, wenn das Dargestellte in seinen Charakteristiken sowohl erfahrbar (Ich-Perspektive) als auch verstanden (Ansicht) wird. In den Worten, mit denen die Wahrnehmungsart beschrieben wird, schwingt zugleich deren Darstellungsform mit. Im *Erfahren* ist durch das *Fahren* ein Vorgang der Bewegung antizipiert, wohingegen dem *Verstehen* ein statisches Moment anhaftet. Routenkarten werden *erfahren* und Raumkarten *verstanden*.

Die Parallelenprojektion wird als ein Grenzfall der Zentralperspektive angesehen, da sich nur ein Parameter verändert.¹⁴⁰ Im Gegensatz zur

138 E. Holder, 1994, S. 52.

139 E. Holder, 1994, S. 52.

140 C. J. Scriba/P. Schreiber, 2010, S. 352.

Zentralperspektive (eines antizipierten Blickpunktes, in dem alle Sehstrahlen zusammenlaufen) rückt der Punkt bei der Parallelenprojektion in die mathematische Unendlichkeit. Damit gelten immer noch alle Regeln der Zentralperspektive, jedoch verlaufen die Sehstrahlen nun parallel.¹⁴¹

Die Parallelenprojektion ist *parallelentreu*, das heißt, wenn zwei Geraden im Raum parallel sind, dann sind auch ihre Projektionen parallel (sofern sie nicht projizierend sind).¹⁴²

Im Folgenden werden kurz die für den Gestaltungsprozess wichtigsten Parallelenprojektionen und ihre spezifischen Eigenschaften dargestellt:

Die **Militärprojektion**, auch als Militärriss oder Vogelperspektive bezeichnet, hat sich, wie der Name schon vermuten lässt, in der Praxis besonders durch seine Verwendung in militärischen Kontexten, im Speziellen für den Festungsbau, durchgesetzt. X- und Y- Achse stehen beim Militärriss rechtwinklig zueinander und bleiben unverkürzt, wohingegen die Z-Achse flexibel ist. Dies bietet sich besonders für Objekte an, die einen komplexen Grundriss aufweisen, ansonsten jedoch wenig komplex sind. Der Militärriss eignet sich also bestens für Gebäude und Anlagen, jedoch nicht für Objekte mit Hinterschnitten oder Freiformen.

Die **isometrische Projektion** ist für die Gestaltung von besonderer Bedeutung, da sie die beste Grundlage für eine Kommunikation der Maße eines Objekts bietet, ohne den Vorteil der dreidimensionalen Darstellung aufzugeben. Aus diesem Grund und bedingt durch die konsequente Maßtreue der Darstellungsform, ist sie die am häufigsten im Gestaltungskontext verwendete Parallelenprojektion.¹⁴³ Die isometrische Projektion ist die einzige Parallelenprojektion, bei der alle Abstände der Projektion maßgetreu sind:

141 G. Glaeser, 2014, S. 48.

142 G. Glaeser, 2014, S. 48.

143 E. Holder, 1994, S. 52.

Der Name kommt von Iso = gleich und bedeutet: Breite, Höhe und Tiefe werden in einheitlichen Maßstäben in ihren tatsächlichen Abmessungen abgebildet.¹⁴⁴

Damit ist die isometrische Projektion im Vergleich zu den anderen Parallelprojektionsformen aus methodischer Sicht am weitesten von der Zentralprojektion und damit von der Routenkarte entfernt.

Die **Kavaliersprojektion** oder auch Kabinettprojektion wird an dieser Stelle erwähnt, da sie eine direkte Verbindung zu den geografischen Karten bildet. Das Ziel dieser Darstellungsform ist die Übersicht über Festungsanlagen bzw. die Vermittlung von Wissen über das umgebende Gelände. Die Verbindung zur Karte besteht insofern, als sie Kavaliersprojektion mit einer Karte kombiniert werden kann. Das Charakteristikum dieser Projektionsform ist der maßgetreue Grundriss, von dem ausgehend die Konstruktion des Objekts senkrecht nach oben verläuft.¹⁴⁵

Es gibt noch eine Vielzahl weiterer Projektionsformen mit unterschiedlichen Ausrichtungen. Die meisten von ihnen sind historisch veraltet oder werden lediglich in mathematischen Spezialfällen angewendet. Für diese Arbeit ist wichtig, dass die Parallelprojektion den ersten Versuch darstellt, sowohl die Routenkarte als auch die Raumkarte durch eine einzelne Zeichnung zu kombinieren.

Zwischenfazit

Die Funktion der darstellenden Geometrie hat sich gewandelt. Die dargestellten Formen der konstruktiven Projektion als Werkzeuge raumgeometrischer Problemlösung wurden abgelöst durch Computerprogramme, wie sie beispielweise im CAD Verwendung finden. Das grundlegende Wissen um die Art der Konstruktion ist jedoch besonders bei den Ansichten, wie sie auch bei der Karte verwendet werden, über die Habitualisierung zum Allgemeinwissen geworden. Dasselbe kann

144 E. Holder, 1994, S. 52.

145 C. J. Scriba/P. Schreiber, 2010, S. 356.

von der Zentralperspektive behauptet werden: Wo die Formen der Parallelenprojektionen in den meisten Bereichen obsolet geworden sind, sind die Perspektivprojektionen –getragen durch Fotografie, Film und zuletzt Videospiele – zentraler Bestandteil unserer Kultur geblieben.

In Bezug auf mentale Karten ist dies wichtig, besonders in dem Wissen, dass die Interaktion mit zeichnerischen Raumwahrnehmungen wie Karten oder Projektionen immer auch die mentalen Karten rückwirkend beeinflusst.¹⁴⁶ Die Frage mentaler Karten bleibt dort aktuell, wo mit Hilfe des Computers interaktive Bildräume generiert werden, in denen die Nutzer über entsprechende Ein- und Ausgabegeräte Handlungen und Bewegungen ausführen können. Die Perspektivprojektion (Foto) und die Normalprojektion (Karte) sind die zentralen medialen Formen zur Kommunikation und Beeinflussung visueller mentaler Karten. Damit bilden sie die beste Schnittstelle für die Interaktion mit mentalen Karten. Auch wenn mittlerweile Computer die Ausführung übernehmen, ist es für die Gestaltung von virtuellen Räumen unerlässlich, die Grundprinzipien beider Projektionsformen zu verstehen, um die vorliegenden Werkzeuge bewusst einsetzen zu können.

3.2.2 Von der mentalen Karte zur zeichnerischen Karte

Bei der Übertragung von mentalen Karten in zeichnerische Karten muss zur medialen Zuordnung zuerst zwischen den Abbildungen von Raumkarten und Routenkarten unterschieden werden, auch wenn diese oft miteinander in Beziehung stehen. Der Großteil des uns bekannten Kartenwesens arbeitet mit Übersichtskarten in der einen oder anderen Form und die historische Entwicklung der Kartierung kann deutlich an ihnen abgelesen werden. Im Gegensatz zu den Übersichtskarten gewinnen Routenkarten erst wieder mit der Digitalisierung, aber dann umso deutlicher und dringlicher, an Bedeutung. Die historische Analyse der Karte wird sich hauptsächlich auf die Abbildung von Übersichtskarten konzentrieren. Die Geschichte der Routenkarten wird erst im Anschluss

146 U. Schneider, 2004, S. 81.

und als Überleitung zu der Betrachtung digitaler Räume dargestellt (vgl. Kapitel 4.3).

Betrachtet man die ersten, heute noch existierenden Karten, so ist eine Aufteilung in die unterschiedlichen Kartentypen noch nicht klar ersichtlich. Diese Karten stellen noch eine Mischung beider Raumverständnisse dar, da sowohl Informationen aus der subjektiven Ich-Perspektive, als auch Abstands- und Raumverhältnisse reproduziert werden. Sie zeigen, dass es ursprünglich nicht um eine neutrale Klärung der Raumverhältnisse ging; vielmehr sind die Karten Abbilder eines grundlegenden menschlichen Bedürfnisses, Raumwahrnehmung visuell zu kommunizieren und festzuhalten. Mit dem Blick auf die These, dass die verschiedenen Kartensysteme im Digitalen wieder zusammenfinden, folgt nun ein Blick auf die ersten Karten, um Parallelen und Unterschiede aufzuzeigen: »Das Bedürfnis der Menschen, die Umgebung, in der sie leben, abzubilden und für sich zu fixieren, ist offenbar uralt.«¹⁴⁷

Die erste uns bekannte räumliche Karte ist die Bedolina-Karte, die auf etwa 2000 bis 1500 v. Chr. datiert wird. Die in Norditalien in den Felsen gehauene Karte zeigt einen mit groben Linien dargestellten Ort. Die Karte wurde über mehrere hundert Jahre immer wieder in Bereichen abgeschabt, erweitert und ergänzt und bildet einen Flickenteppich aus Informationen. Eingezeichnet sind rechteckige Gebilde, bei denen vermutet wird, dass sie Felder darstellen, sowie Menschen, Tiere und Häuser. Der Fokus liegt in der Darstellung auf den rechteckigen Gebilden und den sie verbindenden Linien.¹⁴⁸ Karten aus dieser Zeit werden nicht als akkurate Darstellungen der Siedlungen und Häuser verstanden. Es wird davon ausgegangen, dass es sich dabei um eine Art visuelle Gebete handelt, die in Zeiten von Unsicherheit und Not die Wünsche der Menschen abbilden und mitteilen¹⁴⁹ – also um eine räumliche Orientierung und Darstellung einer erhofften Zukunft.

147 Karl Schlögel: *Im Raume lesen wir die Zeit. Über Zivilisationsgeschichte und Geopolitik*, München, 2004, S. 149.

148 K. Schlögel, 2004, S. 149.

149 P. Barber, 2005, S. 10.

Abbildung 5: Die Bedolina-Karte



Die Grundlagen dessen, was uns die Bedolina-Karte zeigt, sehen wir in der einen oder anderen Form in nahezu allen Kulturen. Es steht ein grundlegendes Bedürfnis nach Orientierung im Raum, das sich durch verschiedenste Arten und Formen von Karten in den unterschiedlichen Zeiten und kulturellen Epochen ausdrückt.¹⁵⁰ Dies reicht von indigenen Karten, wie den aztekischen Rädern oder Zeichnungen der nordamerikanischen Ureinwohner, über Karten des römischen Handelsstraßensystems und europäischen Glaubenskarten (*mappa mundi*) bis zu den aktuellen, westlich orientierten Weltkarten.¹⁵¹ Die Bandbreite und Vielfältigkeit ist global zu erkennen und schließt das heutige Kartenmaterial etwa von Google Maps natürlich mit ein.

Auch wenn das Bedürfnis hinter allen Kartentypen identisch ist, muss für die Betrachtung der Linie unterschieden werden zwischen

150 K. Schlögel, 2004, S. 151.

151 P. Barber, 2005, S. 9.

Kartensystemen, welche die Linie ihrem Wesen entsprechend verwenden, nämlich als geometrisches Kommunikationsmittel, und solchen, die dies nicht tun. Es ergibt sich daraus eine Differenzierung zwischen Karten, die die Welt auf Basis von heilsgeschichtlichem Wissen organisieren, und geografischen Karten, die dem aus der Antike stammenden Prinzip des Ptolemäus folgen. Ptolemäus Leistung für die Karte wird im Folgenden noch detaillierter ausgeführt (vgl. Kapitel 3.2.2.1).

Heilsgeschichtlich bedeutet in diesem Zusammenhang eine Darstellung in Bezug auf das Wertesystem des christlichen Glaubens, wie es im nachfolgenden Vergleich ausführlicher dargelegt wird (vgl. Kapitel 3.2.2.1). Wichtig für das historische Fundament der geografischen Karte ist aus dem Gesichtspunkt der Linie nicht, wann die ersten Karten auf Basis des von Ptolemäus erdachten Prinzips erstellt wurden. Vielmehr liegt das methodische Augenmerk auf dem damit Einzug erhaltenden Prinzip der gezogenen Linie zur Ordnung und Unterteilung der Welt.

Mit diesen Parametern im Blick betrachten wir nun die Karte. Angefangen wird mit einer Gegenüberstellung der *mappa mundi* und der geografischen Karte. Um die Besonderheit der geografischen Karte, mit der wir alle täglich interagieren, herauszustellen, braucht es ein Verständnis dafür, welche Systeme vorher bestanden. Neben dem römischen System der T-O-Karten, den *Itinerar* genannten Karten der Antike, bietet sich zur genaueren Betrachtung und Gegenüberstellung die auf dem heilsgeschichtlichen System basierenden *mappa mundi*¹⁵² an. Sie stellt das System einer Kartenordnung mit der größten geografischen Ausbreitung im Mittelalter dar.

Gemeinsam ist allen diesen Kartentypen, dass sie die Welt nicht nach geografischen, sondern symbolischen Kategorien ordnen. Symbolisch bedeutet in dem Zusammenhang der Wortherkunft entsprechend, dass die Bedeutung jenseits des gegebenen Zeichens liegt. *Symballein*¹⁵³ im Altgriechischen bedeutet »über etwas hinauswerfen oder -deuten«. Mit solchem Überschuss der Bedeutung ist im Fall der heilsgeschichtlichen

152 U. Schneider, 2004, S. 11.

153 Henry G. Liddell/Robert Scott: A Greek – English lexicon, Oxford, 1996, S. 3634–3635.

Anlage der Karten klarerweise auch eine heilsgeschichtliche Intention benannt. Symbolische Karten beziehen sich auf transzendente Sachverhalte, sowohl im räumlichen Sinn eines Hinausweisens in göttliche Regionen, als auch im zeitlichen Sinne, wenn auf eine Zeit jenseits der weltlichen Abläufe und Geschichte verwiesen wird.

Im Fokus lagen jeweils der religiöse Glaube oder, näher am Irdischen, auch Wissen über Pflanzen und Tiere. Der theologischen Verinnerlichung einer Heilsperspektive seit Augustinus von Hippo folgend schlossen die Darstellung auch individuelle Wahrnehmungen der abgebildeten Landstriche mit ein.¹⁵⁴ Größe und Darstellung der Gegenstände und Verhältnisse auf der Karte waren in keiner (für uns heute wie selbstverständlich objektivierenden) Weise geknüpft an eine vorliegende geografische Realität, sondern waren lediglich abhängig von dem jeweiligen individuellen bzw. transzendenten Wertesystem des Kartografen oder seines Auftraggebers.

Die Heilsgeschichte tritt verstärkt erst im Mittelalter in Erscheinung. Dabei ist zu unterscheiden zwischen Augustinus' theologisch ausdifferenziertem Begriff weltlicher und himmlischer Geschichte¹⁵⁵ und allgemeiner gehaltenen religiösen Vorstellungen. Die Verbreitung der heilsgeschichtlichen *mappa mundi* leitet sich aus einer zunehmenden Intensivierung des christlichen Glaubens im Mittelalter und dessen expansiven Tendenzen zur Erweiterung seiner Einflussphäre her, die unter anderem durch die historischen Ereignisse der Kreuzzüge prägend für diese Epoche waren. Um an diesem Beispiel zu zeigen, wie die jeweilige religiöse Ausrichtung der Karte grundlegenden Einfluss auf die Gestaltung nahm, ist es nötig, die Parameter der Heilsgeschichte kurz zu erklären.

Dabei fasst der Begriff der Heilsgeschichte nach Augustinus den ewigen Kampf zwischen dem Reich Gottes und dem Reich des Teufels

154 U. Schneider, 2004, S. 27.

155 Vgl. Augustinus: Vom Gottesstaat: (De civitate dei), hg. von Carl Andresen, München, 2011, Buch 11.

zusammen.¹⁵⁶ Das Konzept der Heilsgeschichte nach Augustinus gliedert sich in drei Phasen, mit der Schöpfung als erste, über die Weltalter als zweite bis zum Ewigen Reich als dritte Phase.¹⁵⁷ Relevant ist dabei besonders die zweite Phase, die sich in sechs durch die Heilige Schrift definierte Weltalter unterteilt: das Weltalter Adams, das der Sintflut, das Weltalter Abrahams, das Weltalter Davids, das babylonische Weltalter und schließlich das Weltalter Christi als alles, was mit dem Leben und Sterben Jesus zu tun hat. Nach Augustinus befindet sich die Menschheit in der zweiten Phase, und darin im letzten Weltalter, das so lange andauern wird, bis mit der Apokalypse (verstanden als dem Ende der irdischen Welt) die letzte Phase eingeläutet wird.¹⁵⁸ Die Heilsgeschichte umfasst alle sechs Weltalter und beschreibt damit die Zeit selbst, indem davor und danach (im Reich Gottes) keine Zeit besteht. Der Inhalt der heilsgeschichtlichen *mapa mundi* stellt die Welt also auf Basis der sechsten Phase dar, des Interims zwischen Schöpfung und Auflösung der Welt.

Klar zu erkennen ist der Fokus der Karten auf Jerusalem als Mittelpunkt des geistlichen Weltgeschehens, zugleich Mittelpunkt der Karte und damit auch der Welt. Nicht nur wird Jerusalem immer im Mittelpunkt dargestellt, auch die Größe der Abbildung der Stadt ist nach der überragenden Bedeutung der Stadt für die Entstehung und Ausbreitung des Glaubens gewählt. So erscheint es geistesgeschichtlich als selbstverständlich, dass Jerusalem denselben Raum auf der Karte einnehmen muss wie die an die Stadt angrenzenden Länder. Ebenso verhält es sich mit anderen für die Heilsgeschichte wichtigen Orten: Die Größe ihrer Abbildung richtet sich nach ihrer Bedeutung für die weitere Ausbreitung des christlichen Glaubens. Darüber hinaus sieht man oft, dass die Kartografen auch ihre individuellen Ansichten in die Karte mit einfließen lassen. So sind zum Beispiel oft die Heimatorte

156 Augustinus: Vom Gottesstaat: (De civitate dei), hg. von Carl Andresen, München, 2011, Buch 14, Kapitel 28.

157 Augustinus, 2011 Buch 22, Kapitel 30.

158 Augustinus, 2011 Buch 22, Kapitel 30.

und Gegenden des Ausführenden zuweilen besonders detailliert ausgeführt. Ähnlich verhält es sich mit der Darstellung von Residenzen und Ländereien der jeweiligen Auftraggeber. Nicht zuletzt ist zu bemerken, dass im Gegensatz zur geografischen Karte, die im Anschluss betrachtet wird, die *mappa mundi* keine abstrakten Grenzen im Sinne einer Trennlinie zwischen gesellschaftlichen oder politischen Gegebenheiten zieht, also keine Unterschiede in verschiedenen sozialen oder politischen Bereichen kennzeichnet.¹⁵⁹

Das Kriterium der Verhältnisse, die auf Karten abgebildet sind, gleich ob mentale oder geografische, können nicht ohne ihren zeitgeschichtlichen Kontext verstanden werden, auch wenn sie uns im Falle der geografischen Karte als ein Sinnbild an Objektivität erscheinen.¹⁶⁰ Alle Karten, heilsgeschichtliche und geografische, tragen, wie es besonders bei den *mappae mundi* deutlich wird, immer noch Spuren einer Weltansicht, in deren Kontext sie entstanden sind, mit sich.¹⁶¹ Während bei den *mappae mundi* noch die Bedeutung eines Ortes, und damit die Art und Weise seiner Einzeichnung und Abbildung, durch seinen heilsgeschichtlichen Kontext definiert wird, ist das grundlegende Ziel einer topografischen Karte in einem ganz anderen Sinne möglichst authentisch zu sein.¹⁶²

3.2.2.1 Die geografische Karte

Die Grundlage für geografische Karten, wie sie bis heute in verschiedenster Form verwendet werden, bildet ein von Claudius Ptolemäus im 2. Jahrhundert n. Chr. entwickeltes Grundprinzip.¹⁶³ Der Astronom und Geograf beschäftigte sich mit der Frage, wie sich die sphärische Form der Welt auf einer Fläche abbilden lassen könnte, ohne die Abbildung zu stark zu verzerren und damit zu verfälschen.¹⁶⁴ Das Resultat bildet

159 U. Schneider: Die Macht der Karten, S. 97.

160 U. Schneider, 2004, S. 23.

161 U. Schneider, 2004, S. 33.

162 U. Schneider, 2004, S. 27.

163 U. Schneider, 2004, S. 14.

164 S. Günzel/F. Kümmerling, 2010, S. 25.

die von Ptolemäus ersonnene Projektionstechnik,¹⁶⁵ die sogleich kurz erläutert wird. Es ist bemerkenswert, dass Ptolemäus in seiner Eigenschaft als Astronom schon von der Vermessung der Welt als einer Sphäre ausgegangen ist, und nicht als einer Scheibe. Die von Galileo Galilei im 17. Jahrhundert angestoßene Kontroverse um die wahre Form globaler Weltverhältnisse lässt oft übersehen, dass mit Ptolemäus zumindest kartentechnisch schon neuzeitliche Standards vorweggenommen wurden. Überliefert wurde dieses Wissen durch Ptolemäus Schriften. Das *Handbuch der Geographie* und der *Almagest* zählen nicht umsonst zu den wichtigsten erhaltenen Werken der Wissenschaftsgeschichte.¹⁶⁶ Ersteres enthält das Wissen und die Auseinandersetzung in der Antike mit Astronomie, Physik, Mathematik und »fasst in vorbildlicher Weise das ganze geografische Wissen der Antike zusammen.«¹⁶⁷

Ptolemäus Leistung gliedert sich in die Entwicklung eines einheitlichen Koordinatensystems, einer neuen Projektionsmethode und der Zusammenführung beider zu einer Karte der damals bekannten Welt. Die Grundlage für das Koordinatensystem bildet die Sammlung und Auswertung von Reiseberichten und astronomischen Ortsbestimmungen, die in ein einheitliches auf Gradwerten basierendes System übertragen werden – ein System, das in seiner Grundfunktion und Ausgestaltung noch heute verwendet wird.¹⁶⁸

Für die Längenbezeichnung geht er von einem Nullmeridian aus, den er durch die Kanarischen Inseln, den Westrand der damaligen Ökumene, legt. Die Breiten zählt er, wie noch heute üblich, vom Äquator (0°) zum Pol (90°).¹⁶⁹

165 U. Schneider, 2004, S. 14.

166 Alfred Stückelberger: »Erfassung und Darstellung des geographischen Raumes bei Ptolemäus«, in: Stephan Günzel (Hg.): *KartenWissen. Territoriale Räume zwischen Bild und Diagramm*, Wiesbaden, 2012, S. 63–79, hier S. 63.

167 A. Stückelberger, 2012, S. 63.

168 A. Stückelberger, 2012, S. 69.

169 A. Stückelberger, 2012, S. 69.

Dabei unterteilt er die damals bekannte Welt in 180 Längengrade (West-Ost-Ausdehnung) und 80 Breitengrade (Nord-Süd-Ausdehnung), aus denen sich Ortsbestimmungen ableiten lassen.¹⁷⁰ Die zusammengetragenen Daten umfassen 6.400 Koordinaten von wichtigen Örtlichkeiten und bilden damit die ausführlichste erhaltene Datenbank der Antike. Die Arbeit von Ptolemäus vermittelt ein Verständnis der bekannten Welt der Antike, die an ihren Rändern in die *terra incognita* übergeht. Dabei bilden der Nullmeridian durch die Kanaren und China die West- und Ostgrenzen, während die Nord-Süd-Ausbreitung von der Insel Thule bis weit südlich des Äquators reicht.¹⁷¹

Die bekannteste Leistung von Ptolemäus ist die Entwicklung eines Konstruktionssystems,¹⁷² mit dem es möglich wird, die gesammelten Daten in eine Karte¹⁷³ der Welt zu übertragen.¹⁷⁴ Mit der ersten ptolemäischen Projektion wird das zuvor erwähnte Gradnetz über eine Kegelprojektion gelegt.¹⁷⁵ Trotzdem gelingt es nicht, alle Längenabstandsverhältnisse mit dieser Konstruktion zu wahren, weshalb Ptolemäus eine zweite Projektionsform entwickelte, die sich durch die Krümmung der Meridiane auszeichnet:

Da es in der ersten Projektion nicht gelingt, alle Längenabstandsverhältnisse der Kugel zu wahren (die Längen nehmen zum Pol hin nicht linear, sondern in einer Cosinusfunktion ab), entwirft Ptolemäus eine

170 S. Günzel/F. Kümmerling, 2010, S. 25.

171 A. Stückelberger, 2012, S. 71.

172 U. Schneider, 2004, S. 14.

173 U. Schneider, 2004, S. 14.

174 Es muss darauf hingewiesen werden, dass es sich bei dem Konstruktionssystem des Ptolemäus genau genommen nicht um Kegelprojektion handelt und der Begriff fälschlicherweise verwendet wird. Alfred Stückelberger erläutert dazu: »Die Bezeichnung ›Kegelprojektion‹ ist aufgrund der Ähnlichkeit der Konstruktion mit einem aufgerollten Kegelmantel aufgekommen. Im mathematischen Sinne handelt es sich jedoch nicht um eine Kegelprojektion: Die von Ptolemäus angeführte Konstruktion ist keine Projektion, und das Wort ›Kegel‹ (konos) kommt bei ihm gar nicht vor.« Stückelberger: Erfassung und Darstellung des geographischen Raumes bei Ptolemäus, S. 70.

175 S. Günzel/F. Kümmerling, 2010, S. 25.

zweite Projektionsart, welche die Längenabstandsverhältnisse auch bei dazwischen liegenden Parallelkreisen von Syene und Rhodos wahrte; daraus ergeben sich gekrümmte Meridiane.¹⁷⁶

Die auf der zweiten ptolemäischen Projektion basierenden Karten bilden die Grundlage für ein geografisches Referenzsystem, dessen Prinzipien bis heute Bestand haben.¹⁷⁷ Das verwendete Linienraster kennen wir nach einigen Weiterentwicklungen heute als das System von 180 Breiten- und 360 Längengraden. Sie bilden das geografische Netz um unsere Erde.

Bis es zu den einheitlichen Standards kommt, die heute flächendeckend auf der Welt gelten und in Weltkarten Einzug bis in die Kinderzimmer gehalten haben, vergehen fast zwei Jahrtausende – eine Zeit, in der sehr unterschiedliche Herangehensweisen und Weltanschauungen die Ausgestaltung von Karten bedingt haben. Mit der Sonderform heilsgeschichtlicher Kartografie im Mittelalter wurde eine davon bereits angesprochen. Nicht nur die Kulturgeschichte und unsere aktuelle Kulturtheorie haben dabei betont, dass derartige Vereinnahmung nicht als gläubig naiv oder schlicht anzusehen sind, sondern als das Produkt vergangener Zeiten. Immer noch sind Pilgerkarten im Umlauf und verbreitet, die den Heilsuchenden einen Weg weisen können.

Andere Herangehensweisen finden sich etwa in strategischen Karten für das Militär und den Handel, oder in landwirtschaftlich genutzten Darstellungen von Kalendern, in der Darstellung von Feudalstrukturen und kirchlichen Vasallenverhältnissen. Besonders bedeutsam waren dabei die sogenannten *portolan charts* als Karten für die Orientierung und den Handel. Charakteristisch für diese Karten ist der Fokus auf die Seefahrt. An den Umrisslinien der Kontinente sind nur die Häfen eingezeichnet und der zentrale Ausdruck der Karten besteht in den farblich hervorgehobenen Orientierungslinien, die sich sternförmig von zentralen Orientierungspunkten ausbreiten.¹⁷⁸

176 A. Stückelberger, 2012, S. 71.

177 U. Schneider, 2004, S. 14.

178 P. Barber, 2005, S. 62.

Als ein anderes Beispiel kann die Karte der Stadt Cholula dienen, angefertigt während der Eroberung des aztekischen Reichs durch die Spanier (1512). Sie stellt eine Mischung aus christlicher und indigener Kartenkunst dar. Die Karte zeigt, wie sich die traditionelle Raum- und Weltwahrnehmung der südamerikanischen Ureinwohner in dem von den christlichen Spaniern durchgesetzten Kartensystem abbildet. Im Gegensatz zur europäischen definiert die indigene Weltsicht den Raum nicht nach geografischen Formen, sondern durch den Raum der Gemeinschaft und des menschlichen Handelns darin.

Die Karte von Cholula zeigt eine Stadtkarte nach dem vorgegebenen Rastersystem der Spanier, jedoch entspricht die Anordnung dem Wertesystem der indigenen Bevölkerung, indem die Anordnung der Häuser und Nachbarschaftsverhältnisse die sozialen und gesellschaftlichen Verhältnisse der Stadt darstellen. Die gegen den Uhrzeigersinn angeordneten Stadtteile zeichnen ein Bild der politischen Hierarchie der Stadt vor der Kolonialisierung:

The Cholula map shows the town as a grid plan, a design newly imposed by Spanish colonizers, but its organisation and arrangement of its neighborhoods, it reinstates the social layout of the pre-hispanic city.¹⁷⁹

In der Karte von Cholula wird ersichtlich, wie sich die tief verwurzelten mentalen Karten in einem neuen System halten und abbilden. Darüber hinaus ist sie ein Indiz dafür, wie graduell der Übergang von einem Kartensystem zum anderen stattfindet.

Klar wird damit, dass das eurozentrische Verständnis einer euklidisch geradlinigen Vermessung der Welt nicht zutrifft. Schaut man auf die Vielzahl der unterschiedlichen Kartentypen und ihrer Herangehensweisen, erscheint ihre Fortentwicklung stattdessen bedingt von einer Vielzahl von Einflusssphären, die miteinander ringen und sich gegenseitig beeinflussen – all dies, bis sich schließlich im 19. Jahrhundert mit der Vermessung der Welt durch Alexander von Humboldt (1769–1859) eine bis heute gültige Vereinheitlichung anbahnt.

179 P. Barber, 2005, S. 118.

Die Vermessung der Welt bezeichnet damit nicht die Fertigstellung einer abschließenden geografischen Vermessung der Erde, sondern die Etablierung der Geografie als empirische Wissenschaft. Die geografische Karte wird zum Medium wissenschaftlicher Forschung. Humboldt wird zugeschrieben, mithilfe der Geografie als Wissenschaft »einen neuen Wissens- und Reflexionsstand des Wissens von der Welt«¹⁸⁰ geschaffen zu haben. Das Kernstück dieser Leistung bildet die Kombination von geografischem Kartenmaterial mit akribisch vermessenen wissenschaftlichen Erhebungen (über das Klima, Flora und Fauna) zu einem wissenschaftlich gestützten Kartenformat. Es geht dabei im Gegensatz zu vorherigen Ansätzen nicht mehr lediglich um eine möglichst genaue geografische Abbildung der Welt, sondern um die Herstellung geografischen Wissens.¹⁸¹ Humboldt entwickelte somit eine im hohen Maße visuelle Forschungsmethode, die es ermöglicht, die Welt als Ganzes zu verstehen und globale Zusammenhänge anschaulich in Bezug zu setzen.¹⁸²

Im Vergleich zu seinen Vorgängern begnügt sich Humboldt nicht mehr mit dem Beschreiben, Sammeln, Registrieren und Berichten, sondern verwendete systematisch Beobachtungs- und Messmethoden, um diese zusammenzufassen und daraus größere Zusammenhänge abzuleiten.¹⁸³

Mit »größeren Zusammenhänge[n]« ist an dieser Stelle nichts weniger gemeint als Humboldts zugrundeliegendes Vorhaben der Konstruktion

180 Ottmar Ette: *Alexander von Humboldt und die Globalisierung. Das Mobile des Wissens*, Frankfurt a.M., Leipzig, 2009, S. 13.

181 Stephan Günzel (Hg.): *KartenWissen. Territoriale Räume zwischen Bild und Diagramm*, Wiesbaden, 2012, S. 5.

182 Birgit Schneider: »Linien als Reisepfade der Erkenntnis. Alexander Humboldts Isothermenkarte des Klimas«, in: Stephan Günzel (Hg.), *KartenWissen. Territoriale Räume zwischen Bild und Diagramm*, Wiesbaden, 2012, S. 175–200, hier S. 191.

183 B. Schneider, 2012, S. 190. Schneider bezieht sich dabei auf die Schriften von Otto Nowotny über die Geografie von Pflanzen, in denen Humboldt durch seine Leistung besondere Erwähnung findet.

eines »Naturgemäldes«. Unter diesem Begriff versteht er die Darstellung der Auswirkungen des Klimas auf alle Lebewesen,¹⁸⁴ wobei er den Begriff des Klimas sehr weit definiert. So umfasst er »in seinem allgemeinsten Sinne alle Veränderungen in der Atmosphäre, die unsere Organe merklich affizieren.«¹⁸⁵ Diese Beeinflussung reicht bei Humboldt von der Temperatur über die elektrische Spannung bis hin zum Wetter und schließt sogar die daraus resultierenden Gefühle und Emotionen der Menschen mit ein. Das Ziel von Humboldts Bestrebungen kann in Bezug auf Heidegger als *Weltbild* bezeichnet werden.¹⁸⁶ Mit seiner Sichtweise und Methodik schafft Humboldt ein System für »die Benennung des Seienden im Ganzen«, ¹⁸⁷ eine Einordnung des Einzelnen in ein übergeordnetes Verständnis. Humboldt schafft damit das wissenschaftliche Fundament für das Konzept des Weltentwurfs.

Was bei Humboldt zusätzlich ins Auge fällt, ist die beginnende Loslösung der geografischen Karte von der erfahrbaren Welt. Die Karte ist nicht mehr nur eine Abbildung dessen, was gesehen wird, sondern sie wird erweitert zu einer Abbildung geistigen Wissens.¹⁸⁸ Als veranschaulichendes Beispiel, wie Erkenntnis, diagrammatische Verfahren und Kartographie in diesem Sinne zusammenfinden, soll Humboldts Isothermenkarte dienen. Diese »stellt ein erstes, auf Messungen gegründetes Bild der Klimazonen der Erde dar.«¹⁸⁹

Was Humboldt sichtbar machen wollte, waren Gestalt und Verlauf der Wärmegürtel und ihr kartographischer Bezug zur Erdoberfläche. Es sind die ins Kartenraster eingefügten Linien welche diese Erkenntnis transportieren. Die Kurven sind jedoch keine Linien im Sinne eines Konzeptes der Ähnlichkeit. Sie liefern kein Wissen über das Aussehen des Forschungsgegenstandes. Stattdessen sind Isotherme Linien, die

184 B. Schneider, 2012, S. 176.

185 Alexander von Humboldt: *Kosmos. Entwurf einer physischen Weltbeschreibung*, Stuttgart und Tübingen, 1862, S. 340.

186 B. Schneider, 2012, S. 191.

187 Martin Heidegger: *Holzwege*, Frankfurt a.M., 1950, S. 89.

188 B. Schneider, 2012, S. 182.

189 B. Schneider, 2012, S. 176.

genauso wie Meridiane keine Gegebenheiten in der Natur wie eine Küstenlinie wiedergeben.¹⁹⁰

Die geografische Karte mit ihren Rastern und Meridianen bildet also den Rahmen, in dem dann Linien eingezeichnet werden, über die dann selektives Wissen vermittelt wird, das in seinen Zusammenhängen erst durch die Abbildung verständlich wird. Mit Humboldt wird es möglich, eine Repräsentation räumlicher Wahrnehmung zu schaffen, die das wissenschaftliche Verständnis der Welt und ihrer Phänomene miteinschließt. Eine wichtige Grundlage dafür war Humboldts Beitrag zur Weiterentwicklung der geografischen Kartografie, denn von essenzieller Bedeutung für die geografische Methode ist seine Ergänzung der visuellen geografischen Karte um die dritte Dimension:

Er übertrug die kartographische Praxis des Bergbaus, Profile der Erde in vertikaler Projektion zu zeichnen, (...) auf die allgemeine Kartographie. Mit den so konstruierten Profillinien von Gebirgen ließ sich die dritte Dimension der Höhe in die Kartographie einführen, die das Bild der Erde vervollständigte.¹⁹¹

Das geografische Bild der Erde erhebt sich also durch diese Integration von einem Seitenrissverfahren in die Dreidimensionale. Humboldt ordnet damit seine Forschungsergebnisse nicht auf einer Fläche, sondern in den Raum ein.

Zusammengefasst: Mit dem ursprünglichen Gedanken von Ptolemäus entsteht ein Konzept, das auf mathematisch-geometrischer Grundlage operiert und damit für sich in Anspruch nimmt, nicht mehr subjektiv zu sein. Durch Alexander von Humboldt wird dieses Konzept der Weltanschauung auf die nächste Ebene gehoben. Da Humboldt die Geografie als empirische Wissenschaft etabliert und den Grundstein für die visuelle Kommunikation von unsichtbarem Wissen und Raumwahrnehmung legt. Dabei vervollständigt er zusätzlich noch das geografische Bild der Welt durch die visuelle Integration der dritten Dimension, der

190 B. Schneider, 2012, S. 181.

191 B. Schneider, 2012, S. 191.

Höhe. Die lebensweltlichen und heilsgeschichtlichen Konzepte wie jene der *mappa mundi* werden abgelöst durch die neuzeitliche Karte als geistiges Konstrukt der Welt.

3.2.2.2 Weltentwurf und Linienwelt

Mit diesem Konstrukt entsteht ein einheitliches System zur visuellen Kommunikation mentaler Karten, bei dem es um das Einziehen einer Metaebene zwischen geistiger Welt und Lebenswelt auf Basis der Geometrie geht. Die Linie zeigt sich damit wieder als ein universelles Kommunikationswerkzeug zur visuellen Vermittlung von Wissen, unabhängig davon, was dabei kommuniziert wird. Es macht keinen Unterschied, ob Konzepte, Ideen, Formen, Grenzen, Verbindungen und Strukturen weitergegeben werden sollen, alles ist in diesem System darstellbar. Durch die veränderte Darstellung wandeln sich auch die mentalen Karten und damit die Wahrnehmung der Welt.¹⁹² Dies ist nur möglich durch das Einbeziehen jener Abstraktionsebene der linearen Darstellung, wie sie für die Zeichnung prägend ist. In der geografischen Karte hilft die Linie damit, zeichnerisch ein neues Konzept der Welt zu vermitteln. Das macht es möglich, die Welt als Ganzes und die jeweiligen Größen von Ländern und Kontinenten in Relation zueinander darzustellen. Mit dem Begreifen der Welt als Ganzes entsteht die Grundlage für den Weltentwurf:

Voraussetzung dafür war eine neue Perspektive auf die Welt und ihre Geschichte, die sich im 15. Jahrhundert allmählich durchsetzt. Die Welt wurde nicht mehr von der Heilsgeschichte und damit von innen betrachtet, sondern die Menschen begannen, einen Blick von außen auf sich zu werfen.¹⁹³

Durch den Blick von außen entsteht ein Verständnis dafür, was Welt ist. Man könnte sagen, in der Karte wird die Welt zur Welt. Mit dem Blick auf das Ganze entsteht auch die Möglichkeit, ein Konzept der eigenen Position in der Welt zu entwerfen. Der heilsgeschichtliche Horizont wird da-

192 U. Schneider, 2004, S. 81.

193 U. Schneider, 2004, S. 33.

mit ersetzt durch ein System aus Rastern, Grenzen, Abgrenzungen und daraus resultierenden Definitionen. Bevor es zu einer individuellen Verortung und damit zum Verständnis der eigenen Position in diesem System kommen kann, muss es sich flächendeckend verbreiten. Die geografische Karte erfährt ihre Ausbreitung zuerst durch ihre Anwendung von politischen, nationalen Zusammenhängen, bevor durch eine fortschreitende Ausbreitung in den menschlichen Alltag eine individuelle Verortung möglich wird. Mit der geografischen Karte verbreitet sich damit auch ein einheitliches System, nach dem sich prägende mentale Karten ausbilden, die das individuelle Verhalten in der Welt grundlegend beeinflussen. Mit der Verbreitung von Wissen kann Gesellschaft gestaltet werden. Nicht umsonst ist auch die Initiative für die Entwicklung und Verbreitung eines geografischen Weltverständnis von politischen und militärischen Ambitionen getragen.¹⁹⁴

Dies geschieht graduell vom Großen ins Kleine. So waren Karten zuerst unverzichtbare Mittel der Expansion und Kolonialisierung.¹⁹⁵ Ländergrenzen und deren Kommunikation führten fast zwangsläufig zu einer Einigung auf Normen, in diesem Falle auf ein Vermessungssystem für den Dialog mit den angrenzenden Ländern. Neben der Abgrenzung nach außen führt die Kommunikation der Grenzen auch zu einer Definition nach innen. Das Resultat ist ein neues nationales Selbstverständnis:

Karten sind seit dem 18. Jahrhundert ein wichtiger Bestandteil des Nationalisierungsprozesses, weil sie die Topographie entlang nationaler Grenzen strukturieren und auf diesem Wege die geographische Einheit der Nation herbeizeichnen.¹⁹⁶

Die Formulierung ist besonders insoweit bemerkenswert, als die Wortwahl impliziert, dass Nationen nicht gegründet, sondern *herbeigezeichnet*

194 Diese Aussage ist nach wie vor aktuell, so wurde Google Maps im Kontext militärischer Forschung als Aufklärungstechnologie entwickelt. Die heutige Form war nur ein willkommenes Beiprodukt. F. v. Borries: Weltentwerfen, S. 68–69.

195 U. Schneider, 2004, S. 16.

196 U. Schneider, 2004, S. 23.

werden. In diesem Sinne sprechen wir von einem aktiven Schaffensprozess, der über die abstrakte Ebene linearer Darstellung die Entstehung eines nationalen Konstrukts ermöglicht. Durch die gezogenen Linien und die daraus resultierende Vergleichbarkeit von Dimensionen und Entfernungen wird ein neues Bewusstsein von Identität und Verortung geschaffen. Ein Beispiel für die Aktualität der Auswirkungen dieser Blickweise ist die politische Lage Großbritanniens. Ein wichtiger Faktor für die Distanzierung im kulturellen und politischen Verständnis der britischen Gesellschaft ist das historisch gebildete Verständnis der Geografie des Landes und dessen geografischer Separation vom restlichen Europa.¹⁹⁷

Die Briten lernten [durch die Karte] ihr Land kennen und entwickelten eine räumliche Selbstdefinition über Lage und Grenze ihres Landes. Diesbezüglich unterschieden sie sich nicht vom kontinentalen Europa, wohl aber im Hinblick auf die Ergebnisse, denn im Falle Großbritanniens führte er zur Ausbildung einer Vorstellung von Distanz und Differenz gegenüber dem Kontinent. Diese Weltsicht ging über eine rein räumliche Entfernung hinaus.¹⁹⁸

Dies bedeutet, dass beispielsweise die Trennung einer Insel vom Festland eine größere Distanz, auch im Kulturellen, bewirken kann, als dieselbe Entfernung ohne geografisch signifikante Trennungen durch Meere oder Berge. Der Nationalisierungsprozess konnte historisch freilich auch zur Ausbildung von Extremen führen, wie nationalistische Strömungen in der Politik und daraus resultierende Folgen für die Menschen.

Der Prozess der Abgrenzung des Einen vom Anderen, wie er exemplarisch für Ländergrenzen gezeigt wurde, endet dort natürlich nicht. Mit der Vermessung der Erde als Basis für politisches Handeln ist das Fundament gelegt für die vollständige Darstellung der Welt. Dies schließt auch die nichtbevölkerten Bereiche der Erde mit ein. Da alles vermessen und einsortiert werden kann, wird die Grundlage

197 U. Schneider, 2004, S. 62.

198 U. Schneider, 2004, S. 62.

geschaffen, dass es keine Natur im Sinne einer unbekanntem Wildnis mehr außerhalb der Stadt gibt, denn mit der Definition der Stadt ist auch die Natur definiert und durch die Karte vermessbar und zu einem Modell geworden.¹⁹⁹ Das Individuum bekommt damit die Möglichkeit, seine Umwelt und die Zusammenhänge, in denen es sich bewegt, jeweils voneinander abzugrenzen und in Relation zueinander zu setzen. Der geistige Horizont erweitert sich wortwörtlich. Wo zuvor ein Selbstverständnis in Relation zum Glauben und dem direkten Umfeld stand, ist nun die Möglichkeit einer globalen Zuordnung gegeben.

Das entstandene System schafft ein Fundament, auf dem nicht nur nationale und politische Aspekte abgebildet werden können. Der Inhalt des Abgegrenzten ist variabel bestimmbar. Die eingezeichneten Grenzen können alles Mögliche voneinander trennen. Auch wenn dasselbe topografische Kartenmaterial zugrunde liegt, gibt es doch verschiedene Linienkonzepte, die auf dieser Basis verschiedene Ideen vermitteln können. Staatliche Grenzen sind uns gut bekannt, aber darüber hinaus gibt es unzählige weitere Grenzen wie kulturelle, religiöse, klimatische, politische usw. Grenzen, die alle ihre jeweilige Berechtigung und Aktualität haben. Es gibt also unterschiedliche Grenzlinien auf der Karte: Die einen bilden als topografische Umrisslinien von Kontinenten die Basis der Orientierung, alle anderen legen die verschiedenen Konzepte darüber. Karten, die nicht nur geografische Gegebenheiten darstellen, sondern Konzepte vermitteln, werden thematische Karten genannt. Auf die verschiedenen Formen der Linie und die daraus resultierenden unterschiedlichen Kartentypen wird im Kapitel über die Linientypen eingegangen.

Wichtig ist hier, wie sich das entstandene System von einer Form der Abbildung und Dokumentation zu einem Weltentwurfswerkzeug wandelt. Mit den vorausgegangenen Ausführungen ist deutlich geworden, wie es zu dem Durchbruch eines Weltverständnisses auf der Basis von geografischen Karten gekommen ist, nämlich primär dadurch, dass die Welt als Ganzes erfassbar wurde. Dies bildet nun die Grundlage, auf der

199 O. Aicher, 2015, S. 188.

wir den gestalterischen Umgang mit dem Weltbild thematisieren können.

Im ersten Schritt ist es wichtig aufzuzeigen, dass durch das neue Weltverständnis die Karte nicht nur als Abbildung der äußerlich wahrnehmbaren Welt verstanden wird, sondern der Entwurf mit ihr gleichgesetzt wird. Die Verbindung von dem dargestellten Kontext und dem darstellenden Medium der Karte ist in der Wahrnehmung so nahe, dass ihre Übergänge teilweise fließend sind und sie sich gegenseitig überlagern. Dies geht so weit, dass die Herrschaftshäuser der frühen Neuzeit den Besitz einer Landkarte dem Besitz der darauf abgebildeten Ländereien gleichsetzten.²⁰⁰ Die Kommunikation der Informationen geographischer Gegebenheiten wird nicht als Darstellung der Welt, sondern als Teil der Ebenheiten in der Welt wahrgenommen.

Dies schafft die Möglichkeit, durch die Karte direkt die Welt zu verändern, sie neu zu entwerfen und zu gestalten. Vom statischen Besitzen der Ländereien durch eine kartografische Repräsentanz ist es nicht mehr weit zu dem Schritt, Grenzen nicht mehr physisch, durch Grenzmauern oder Markierungen, sondern ausschließlich durch Linien auf der Karte festzulegen. Unter diesem Gesichtspunkt markiert der *Vertrag von Tordesillas* einen Wendepunkt für die Weltgestaltung.

In diesem Vertrag wurde die *Demarkationslinie* festgelegt. Diese 1494 vertraglich festgehaltene Linie verlief vom Nord- zum Südpol durch den Atlantik, 2000 Kilometer westlich der Kapverdischen Inseln und trennte den Kolonialisierungs- und Expansionsraum der beiden Großmächte Spanien und Portugal. Wegen ihrer überragenden Bedeutung gerade auch im Hinblick auf die vollständige Vermessung der Welt wurde dieser Linienzug als die *Teilung der Welt* bezeichnet.²⁰¹ Der vereinbarte Vertrag legte eine Grenze fest, die, obwohl sie niemals physisch gezogen wurde, die Geschichte und gesellschaftliche Entwicklung der Welt nachhaltig beeinflusste. Entsprechend ist die spanisch-portugiesische Sprachgrenze in Südamerika auf die linientechnischen Weltenteilung in Tordesillas

200 U. Schneider, 2004, S. 8.

201 U. Schneider, 2004, S. 80.

zurückzuführen. Dass in Brasilien Portugiesisch gesprochen wird, in Argentinien, Chile, Peru etc. hingegen Spanisch, wird verständlicher, wenn man die einstmals imaginäre Linie sprachlich für bare Münze nimmt.

Ab Tordesillas kann davon gesprochen werden, dass die Gestaltung der Welt über die Beeinflussung von mentalen Karten mithilfe einer Metaebene geschieht:

Seit Tordesillas werden Grenzziehungen zuerst auf einer Karte vollzogen, bevor sie – wenn überhaupt – materiell in Grenzsteine, Türme, Zäune und Posten umgesetzt werden.²⁰²

Mit der sogenannten Teilung der Welt werden Grenzen also zuerst abstrakt, d.h. konzeptionell gezogen und haben auch ohne eine physische Repräsentanz direkten Einfluss auf die Wahrnehmung der Welt und ihre direkte Veränderung. Unerlässliche Voraussetzung dafür ist die flächendeckende Verbreitung der jeweils aktuellen Informationen. Das ist vor allem dann wichtiger, wenn es keine physischen Repräsentationen der auf der Karte eingezeichneten Veränderungen gibt, die auf die veränderten Bedingungen hinweisen. Dies vorangestellt, lässt sich sagen, dass mit dem Zug einer Linie die Wahrnehmung der Welt neu definiert werden kann.

Es gilt zu betonen, dass die Aufteilung sich nicht auf eine Weltgehend bezieht, die schon bekannt ist; es geht vielmehr um ein neues Konzept der Orientierung in der Welt. Das Verständnis der Karte ist diesem Umstand entsprechend in jüngster Zeit weit komplexer geworden. Wir sprechen nun von einer »Konstruktion von Weltbildern, als Ausbildung von Vorstellungen, die die Menschen sich von der Welt machen.«²⁰³

Zusammengefasst wurde mit der Karte die Welt zum Entwurf gemacht: Zuerst hat die Karte die Welt abgebildet, um sie verständlich zu machen. Im zweiten Schritt wurde dieses Verständnis als Konzept der Welt mit der physischen Welt gleichgesetzt, womit es dann im dritten Schritt möglich wurde, mit Veränderungen der Karte, d.h. mit neuen, durch die Linie geschaffenen Informationen, die Welt zu gestalten.

202 U. Schneider, 2004, S. 96.

203 K. Schlögel, 2004, S. 148–149.

Darin liegt der Übergang von einer an sich und immer schon gegebenen Lebenswelt zum Diktat einer Kreation, in der alles verhandelbar und grundsätzlich neu definiert werden kann. Jenes Diktat wird, wie im Disegno die Skizze, als geistiges Konzept in die Welt gebracht, als ein abstraktes Konzept von Strukturen, ein System von Normen und anderer regulativer Vorgaben, die Ordnung und Austausch erst ermöglichen.

Es wird klar, dass wir nicht mehr nur auf der Skalierungsebene der Karte arbeiten, sondern die Gestaltung jeden Bereich unseres Lebens durchdrungen hat. Ausgehend von der geografischen Vermessung ist das Verständnis von Linien nach und nach banales Alltagswissen geworden und hat damit den Weg frei gemacht für die flächendeckende Gestaltung mentaler Karten. So sind technische Zeichnungen längst nicht mehr nur im Industriekontext und in Entwurf und Herstellung zu finden. Egal in welchem Bereich, Linienzeichnungen stehen für die Festlegung eines Konzepts und Wissen darüber bzw. dessen Vermittlung. Dies reicht von der Nutzung als generelle Produktinformationen und Werbung über den Wohnungsgrundriss bei der Vermietung bis hin zu Visualisierungen von Netzwerken:

wir werden uns bewusst, daß der mensch, ob im guten oder im bösen, aus der natur herausgetreten ist. er ist ihr zwar verhaftet, aber er baut sich darüber eine zweite welt, die seiner eigenen konstruktionen.²⁰⁴

Aicher bezieht sich mit dieser Aussage hauptsächlich auf eine technische, von Menschen geschaffene Welt als die »zweite welt«. Aber genauso könnte mit dieser Welt weniger die der technischen Produkte gemeint sein, als das ihnen zugrundeliegende Ordnungs- und Informationssystem. So fußen besagte Konstruktionen, die diese zweite Welt bilden, auf einem einheitlichen Vermessungssystem, in das sich alle Interaktionen mit der Linie wie selbstverständlich einbetten.

Bis hierhin wurde davon gesprochen, mithilfe von Linienzeichnungen in Bezug auf die Welt mentale Karten zu gestalten, um damit die Welt zu gestalten. Um den Übergang zur Gestaltung im digitalen Raum

204 O. Aicher, 2015, S. 188.

zu schaffen, fehlt noch ein letzter Schritt. Es geht darum, dass sich das System des Weltentwurfs ein Stück weit vom Bezug auf die Welt löst. Fiktive Welten – darin sind auch digitale Welten eingeschlossen – basieren auf der Annahme, dass das Verständnis der Welt über geometrische Vermessung so grundlegend akzeptiert worden ist, dass es die Schnittstelle für Weltentwürfe bildet, die von der Realität abgekoppelt sein können, also keine physische Grundlage mehr haben müssen, auf die sich die Darstellungen der entworfenen Welten beziehen.

Sowohl im Analogen als auch im Digitalen werden Karten, technische Zeichnungen, Skizzen, Grundrisse etc. genutzt mit dem Ziel, die Ideen möglichst real erscheinen zu lassen. Die Karte von Mitteleuropa aus dem Roman *Der Herr der Ringe* von J. R. R. Tolkien ist ein prominentes analoges Beispiel, ebenso wie ausführliche technische Zeichnungen von Raumschiffen aus dem *Star-Wars*-Universum. Damit ist die Bandbreite des Weltentwurfs – vorläufig und skizzenhaft – aufgefächert von Grenzziehungen über Stadtplanung und Produktentwürfen bis hin zu der Konzeption von fiktiven Welten. In diesen Entwürfen geht es immer darum, antizipierend in die Zukunft zu schauen. Deswegen braucht es eine mentale und zugleich konstruktive Linienführung, da die Linie immer gleich den Kosmos mitschafft, den der Entwurf bedingt. Mit der Karte als Weltentwurfswerkzeug wird erkennbar, wie die Zeichnung die Realität gestalten kann, ohne schon in erster Instanz physisch werden zu müssen.

Dies bildet das Fundament für jegliche Form der Gestaltung, denn mit der Geometrie als Grundlage betten sich alle Entwurfstätigkeiten in das Weltentwurfssystem ein und verändern es. Andersherum gesagt wären ohne ein abstraktes, auf Definitionen und Normen basierendes Weltsicht-Konzept keine Entwürfe möglich, da sie im Stadium der Zeichnung nicht mit der Welt in Relation zu setzen wären. Der Weltentwurf ist eine fundamentale Grundlage für das Design und seine Gestaltungselemente. Unabhängig von der Skalierungsebene ist Gestaltung am Entwurf damit auch immer ein Erschaffen von Welt.²⁰⁵ Durch

205 O. Aicher, 2015, S. 196.

die Linie bzw. ihr definierendes Element der Abgrenzung und Grenzziehung wird die gedankliche Grundvoraussetzung des modernen Designs erst möglich. Moderne Gestaltung entwirft für eine globale, vernetzte Welt, deren Komplexität durch Linien greifbar gemacht wird. Durch die Interaktion mit dem System wird das System gestaltet, ausdifferenziert und aktualisiert.²⁰⁶ Frei nach Hegel leistet das Design damit das, was die Kunst früher gemacht hat: Es zeigt die Welt in ihrer Gestaltung und macht die darunterliegenden Grundprinzipien erkennbar, Design zeigt die Gedanken der Welt. Wenn man die Umwidmung von Zitaten nicht grundsätzlich für häretisch hält, könnte man mit Hegel sagen: Design ist die Welt in Gestalten erfasst. Oder noch spezifischer: Was Design ist, ist wirklich, und was wirklich ist, ist Design.²⁰⁷

Im Rückblick über dieses Kapitel kann die geometrische Linie als Grundlage für den Weltentwurf bestätigt werden. Im Überblick über die Entwicklung der Karte von der Dokumentation über die Kommunikation zur Kreation ist ein System entstanden, das nicht nur eine Entwurfshaltung zur Welt ermöglicht, sondern alle anderen Entwürfe, wie Puzzleteile eines Ganzen, in sich einschließt. Durch die geometrische Linie entstehen für alle Konzepte und Konstruktionen Schnittstellen, die sie in gewisser Form Realität werden lassen, unabhängig davon, wie stark die Idee mit der Lebenswelt physisch verhaftet ist. Die Vermessung der Welt und die damit einhergehende Wahrnehmungsveränderung bildet nicht nur die Basis, um unsere Welt zu gestalten, sondern schafft das Fundament für einen erweiterten Begriff des Weltentwurfs: nicht nur den Entwurf einer Welt, sondern unendlich vieler Entwürfe von Welten, die alle auf der Linie basieren. Deutlich wird dies mit Blick auf die digitalen Medien und besonders für das Entwerfen in Extended Reality. Mit der geometrischen Linie als Grundlage für den Weltentwurf

206 F. v. Borries, 2018, S. 16.

207 Vgl. Georg Wilhelm Friedrich Hegel: »Philosophie ist ihre Zeit in Gedanken erfaßt«, in: ders.: Grundlinien der Philosophie des Rechts, hg. von Eva Moldenhauer und Karlheinz Michel, Frankfurt a.M. 1978, S. 25. Vgl. ebenso: »Was vernünftig ist, das ist wirklich; und was wirklich ist, das ist vernünftig.«, in: ebd., S. 11.

könnte man von einer durch Linien definierten Welt reden; von einer Linienwelt.

Jene auf der geometrischen Linie basierende Metaebene können wir als Linienwelt bezeichnen, die ein überindividuelles, geistiges Konstrukt der Welt bildet. Die Linienwelt dient als Grundgerüst, in das sich alle für die Gestaltung relevanten Formen visueller Kommunikation von Raumwahrnehmung, ob zu Dokumentation, Interaktion, Reflektion oder Entwurfsarbeit, einbetten.

3.3 Zusammenfassung Linienwelt

Die Entwicklung der Linie und der verbundenen Linienwelt kann in historische Abschnitte zusammengefasst werden. Dabei werden immer drei Aspekte dargestellt: Zeit – Interaktions- bzw. Darstellungsformen der Linie – Zugang zu den mentalen Karten.

Die Linie entsteht im **Neolithikum**, um die individuelle Wahrnehmung der Welt in ein Verständnis umzuwandeln und dieses kommunizierbar zu machen. So war die Linie in ihren Anfängen als Lotschnur, als Furche im Feld (Ackerbau), als Kerbe im Wachs oder Stein (Schreibtafeln) lebensweltlich vorhanden:

Erst mit und nach dem Übergang von der Altsteinzeit zur Jungsteinzeit, zum Neolithikum, werden die ersten Felder urbar gemacht, die ersten Häuser errichtet und die ersten Stoffe gewebt.²⁰⁸

Der Mensch fängt somit an, aktiv in die Natur einzugreifen, sie zugänglich zu machen, anstatt sich mit dem Gegebenen zufrieden zu geben.²⁰⁹ Für diese Tätigkeiten war es notwendig, zu planen und sich über die entstandenen Pläne auszutauschen. Es entsteht der Bedarf für eine gedachte Ordnung des Raums und der Umgebung, die als Schnittstelle für den Austausch individueller Wahrnehmung dient. Für den Prozess der Sesshaftwerdung braucht es eine mentale räumliche Struktur, in welche

208 M. Sommer, 2016, S. 61.

209 M. Sommer, 2016, S. 130.