

Der Produktionsprozess des digitalen Bildes in der Architektur

Die unbegrenzten Anwendungsmöglichkeiten der Maschine Computer, die diesem einen immer größeren Bereich einräumen, haben auch zur Folge, dass das Verständnis für seine Rolle nach wie vor sehr unterschiedlich ausgeprägt ist. Nicht nur für die Analyse digitaler Bilder wird im weitesten Sinne Künstliche Intelligenz verwendet, auch die Synthese derselben wird ihm zunehmend überlassen. Dies war, vor allem in der Architektur-Community während der Jahrtausendwende, in besonderer Weise verantwortlich für die Vehemenz von sowohl Akzeptanz als auch Ablehnung digitaler Bilder. Wir sehen es daher für die Forschung zum digitalen Bild in der Architektur als wichtig an, sowohl den Produktionsprozess als auch dessen vielleicht entscheidenden Mehrwert, nämlich seine Überprüfbarkeit mithilfe des digitalen Modells, zu erläutern.

Zur Produktion eines digitalen Architekturbildes wird, wenn nicht reine Bildmontagetechniken wie Collagen verwendet werden, im Allgemeinen als erstes ein dreidimensionales Modell gebaut, das anschließend durch Renderingalgorithmen projiziert und durch Nachbearbeitung als digitales Bild fertiggestellt wird. Die Projektion bedingt bereits die erste Besonderheit: Das Modell muss nämlich keine weiteren als diejenigen Elemente enthalten, die im anschließenden Bild direkt oder indirekt sichtbar sind. Anders also als es das Bild suggeriert, kann das Modell auch nur

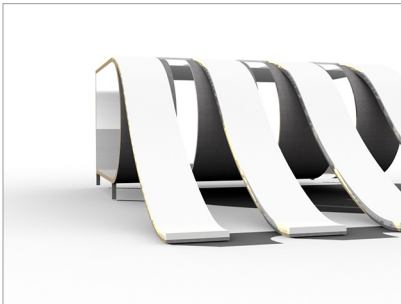
aus einer Kulisse bestehen. Das Ergebnis des Rechenprozesses, das eigentliche sogenannte Rendering, wird anschließend nachbearbeitet, wofür sich spezialisierte Programmen wie Photoshop, ein Programm, das wegen seiner umfangreichen Möglichkeiten seit vielen Jahrzehnten den Standard setzt, anbieten. Dieser Eingriff betrifft vor allem Korrekturen und Manipulationen der Tonwerte, Helligkeiten, Farbwerte und Farbtemperaturen, kann aber auch Methoden der klassischen Fotomontage umfassen. Die Fotomontage kann dabei sowohl bedeuten, das Rendering in den architektonischen Kontext hineinzumontieren als auch umgekehrt Elemente wie Personen, Fahrzeuge oder Vegetation in das Rendering einzufügen.

Wie in jeder Projektion auch haptischer Modelle ist es im digitalen Modell ohne Weiteres möglich, die Räumlichkeiten zu verfälschen. Eine sehr geläufige Methode ist das Entfernen von Wänden, um einen größeren Betrachterabstand in Innenräumen zu erreichen. Durch den größeren Abstand der virtuellen Kamera wird dann ein größerer Innenraumbereich mit einer geringeren Randverzerrung perspektivisch abgebildet. Der subjektive Raumeindruck kann dabei durchaus realistischer wirken, geometrisch aber ist diese Projektion in der gebauten Architektur nicht möglich (ohne die Wand einzureißen). Solche Fälschungsmöglichkeiten sind aber nicht einfacher oder häufiger oder auch naheliegender als bei analo-

gen Bildern. Beim digitalen Bild aber wird fast schon davon ausgegangen, dass sie geometrisch korrekt sind, auch weil digitale Bilder durch einen vermeintlichen oder auch bloß deutlich erkennbar angestrebten Realismus eine höhere geometrische Verbindlichkeit nahelegen. Diese vermeintlich im Digitalen besonders vereinfachte Korumpierbarkeit belastet die Reputation des digitalen Bildes zwar zu Unrecht, dennoch aber deutlich. Dabei könnte es sich genau umgekehrt verhalten. Denn erst durch die unmittelbare Verbindung des digitalen Bildes zum dahinterstehenden digitalen Modell wird ein solches digitales Bild geometrisch überprüfbar.

Um den Entstehungsprozess eines digitalen Bildes nachvollziehen zu können, betrachten wir die Produktion nicht nur als technischen, sondern vor allem als gestalterischen Prozess. Dieser soll im Folgenden anhand eines studentischen Seminars erläutert werden, das wir eigens für das Teilprojekt zum digitalen Bild in der Architektur im Schwerpunktprogramm „Das digitale Bild“ durchgeführt haben. Es soll die zentrale Hypothese des Forschungsprojekts hinterfragen, dass das digitale Werkzeug – also das in besonderer Weise spezialisierte CAD-Programm – den Prozess des Entwerfens und Visualisierens und damit auch die gebaute Architektur beeinflusst.

Zur empirischen Überprüfung dieser Hypothese war ursprünglich geplant, mit historischen Program-



1

men zu arbeiten, die in einer Emulation laufen, um den Einfluss von zwei ganz unterschiedlichen Programmtypen beobachten zu können, die vor allem in ihrer jeweils ersten Fassung besonders ausgeprägt kontrastierten. Der Überbegriff „computergestütztes Entwerfen“ – „Computer Aided Design“ oder kurz „CAD“ – verschleiert, wie groß gerade in der frühen Phase der Programme die Unterschiede dieser Unterstützung waren. Dies wird auch in den publizierten Architekturbildern der beiden Architekturzeitschriften deutlich, die im Rahmen des Forschungsprojekts systematisch erfasst und ausgewertet wurden. Bedingt durch die Pandemie, mussten wir in der Durchführung allerdings darauf verzichten, die an der Universität bereitgestellten historischen Versionen zu verwenden, und stattdessen auf die den Studierenden an ihren privaten Rechnern zur Verfügung stehenden aktuellen Programmversionen zurückgreifen. Die Aufgabe im Seminar war es, auf der sprichwörtlichen grünen Wiese ein Refugium für zwei Personen zu entwerfen. Für die architektonische Gestaltung gab es keine Vorgaben. Durch diese Konstellation wollten wir ein Maximum an intrinsischer Gestaltung provozieren und gleichzeitig eine hohe Vergleichbarkeit gewährleisten. Zur Bearbeitung standen die beiden zum Zeitpunkt ihres Erscheinens diametral konzipierten CAD-Programme ArchiCAD und Rhinoceros zur Auswahl. ArchiCAD war angetreten, um das Planen von Architektur zu revolutionieren, indem ausschließlich definierte Bauteile im Raum platziert werden sollten; Objekte also, deren Funktion als spezifisches Bauteil implementiert ist. Eine Wand war und blieb eine

Wand, ein Dach ein Dach und so weiter. Rhinoceros dagegen ähnelt eher dem gebundenen Zeichnen, also der Darstellenden Geometrie, allerdings eben im Raum. Die geometrischen Möglichkeiten übersteigen im Allgemeinen den Bedarf der Architektur, sofern sie sich nicht gerade in der Formgebung am Automobilesdesign orientiert. Teilgenommen haben mehr als sechzig Studierende aus dem zweiten Studienjahr des Bachelor-Studiengangs Architektur innerhalb eines Pflichtmoduls, dessen Anteil an dieser Aufgabe drei Kreditpunkte umfasste.

Im architektonischen Entwurfsprozess in der Perspektive, der in diesem Seminar beispielhaft geübt werden sollte, beeinflussen sich Darstellung und Gestaltung permanent, das eine ist ohne das andere nicht denkbar. Das Entwerfen in der Perspektive – und nicht im Grundriss – stellt den eigenen Entwurf direkt in den räumlichen Kontext. Vor allem aber nimmt das Entwerfen in der Perspektive die Wahrnehmung der späteren Benutzerinnen und Benutzer vorweg und – was ein wesentliches Erkenntnisziel ist – beugt damit Überraschungen vor. Die immanente Evaluation ist der entscheidende Unterschied zum Entwerfen im Grundriss. Es zeigt sich immer wieder, dass wesentliche Veränderungen in der Perspektive sich im Grundriss gar nicht abzeichnen. Der Grundriss wie auch die anderen typischen planimetrischen Projektionen wie Ansicht und Schnitt sind dadurch zwar nicht weniger wichtig, schon gar nicht für die Konstruktion, umgekehrt aber sind sie eben auch nicht hinreichend für das architektonische Entwerfen insgesamt.

Abb. 1 zeigt, wie unterschiedlich die Bildwirkung ausfallen kann, wäh-

rend sich die Grundidee wenig verändert. Vor allem die letzte Version der Reihe ist deutlich stärker mit dem Bild verwoben. Das liegt auch an der weiterentwickelten Verbindung zwischen Innen- und Außenraum, vor allem aber an der Beleuchtung, die das Rendering jetzt plausibel als im Foto stehendes Gebäude erscheinen lässt.

Durch das Entwerfen in der Perspektive wurde der Verfasserin dieser Arbeit früh bewusst, dass eine formale Idee allein nicht tragfähig ist. Die nächsten Schritte zeigen daher, wie sie eine architektonisch realisierbare Schutzhülle herausarbeitet und das ursprüngliche Motiv aufgibt. Im letzten Schritt erfolgte dann die Ausarbeitung derjenigen Elemente, die den Auswahlprozess überstanden haben. Der Fortschritt der Arbeit über das Semester zeigt, wie Entwerfen in der Perspektive einen Reflexionszyklus bewirken kann.

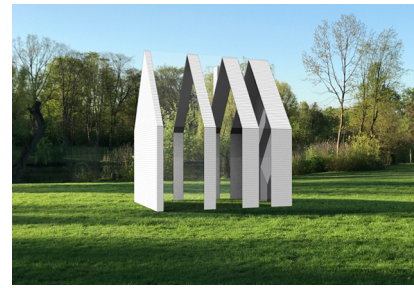
Auch in Abb. 2 steht eine plastische Idee am Anfang des Entwurfsprozesses. Diese aber erweist sich als belastbarer als diejenige der Arbeit in Abb. 1. Sie kann daher beibehalten und Schritt für Schritt ausformuliert werden. Und auch hier zeigt sich die Bedeutung der Perspektive für den Entwurfsprozess. Die Wirkung der unterschiedlich im Raum orientierten stabförmigen Elemente nämlich würde in der planimetrischen Projektion verschwinden. Lediglich im Seitenriss wären Spuren in Form zweier Diagonalen zu erkennen. In der Perspektive dagegen bleibt das formale Prinzip bis in die Möblierung erkennbar und wirksam.

Die Untersuchung, die in diesem Seminar im Zentrum stand, zielte auf die Unterscheidung der Einflüsse der unterschiedlichen Gestaltungskonzepte der beiden CAD-

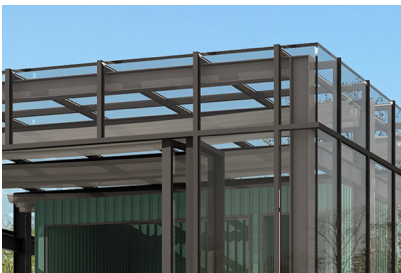
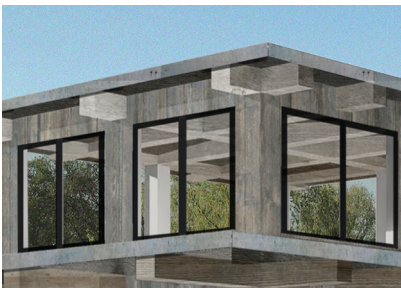
Programme, die heute unter anderem durch zwei Akronyme identifiziert werden, die auf völlig unterschiedliche Weise das Wesentliche der Konstruktion auszudrücken versuchen. Die erste Gattung wird als Building Information Modeling (BIM) bezeichnet, indem die Metainformation von der Funktion der Objekte mitgeführt wird, während die zweite Gattung unmittelbar die mathematische Funktion Non-Uniform Rational B-Spline (NURBS) benennt, die der Mathematik der komplexen Oberflächen zugrunde liegt, die zwar den größten Unterschied gegenüber üblichen BIM-Programmen, letztlich aber nur eine von vielen Oberflächenbeschreibungen darstellt und auch nur in wenigen der hier vorliegenden Entwürfe Verwendung findet.

BIM-Programme richten sich in der architektonischen Praxis speziell an Architektinnen und Architekten mit Anbindungen an Fachplaner, Ingenieure und Stadtplaner und erlauben die sogenannte integrierte Planung, indem jedes Stück Geometrie unmittelbar eine Funktion besitzt und damit als funktionaler Bestandteil eines Gebäudes gehandhabt wird.

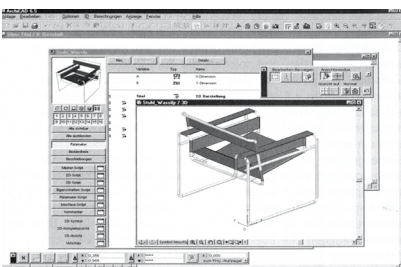
NURBS-Programme, die ursprünglich im Maschinenbau und Industriedesign benutzt wurden, halten mit geometrisch präziser Definition bei gleichzeitig möglichst hohen Freiheitsgraden dagegen. Objekte bleiben zunächst reine geometrische Objekte ohne Funktion, ein Quader bleibt ein Quader, eine Fläche ist unendlich dünn und damit konstruktiv nicht ohne Weiteres realisierbar. Diese Freiheit bedeutet allerdings auch, dass das Programm die Zuschreibung von Bedeutungen zunächst nicht zulässt. Eine solche Zuschreibung kann erst später erfolgen.



2



3 a-d



4 a

Der Unterschied liegt also nicht nur in der Verwendbarkeit des dreidimensionalen Modells in Hinblick auf Rapid Prototyping (zum Beispiel 3D-Druck) oder den Austausch von Planungsgrundlagen mit Fachplanern (beispielsweise Klimatechnikern), sondern auch in der Trägheit des formalen Entwurfsprozesses. Das Zuschreiben von Bedeutung zu jedem einzelnen Bauteil – so unsere Hypothese – schränkt die Kreativität ein, weil das freie Modellieren entweder ganz entfällt oder zumindest erheblich gebremst wird. So zeigen auch die beiden Seminarbeiträge in Abb. 3 deutlich, dass, obwohl NURBS gar nicht zum Einsatz kommen – denn praktisch alle Elemente sind in beiden Fällen quaderförmig –, ohne Bauteilbezug intuitiv filigraner modelliert wird. Im Folgenden soll gezeigt werden, wie das Modellieren vonstatten geht.

BIM verwendet gerne vorgefertigte Bauteile, da hier die Funktion als Bauteil bereits eingeschrieben ist, wodurch dem Konstrukteur der Schritt der aufwendigen Definition abgenommen wird. Einfache Bauteile wie Wände und Decken lassen sich einfach aus Linienzügen umreißen, aber schon Fenster und Türen werden aufgrund ihrer geometrischen Komplexität behandelt wie Möbel, sie werden als Ganzes aus einer Bibliothek eingefügt (Abb. 4a). Beim freien Modellieren dagegen schweben alle Elemente frei im Raum, und der Konstrukteur platziert dort beliebige geometrische Elemente (Abb. 4b).

Das Modellieren ist also der erste technische Schritt auf dem Weg zum digitalen Bild, der erste gestalterische Schritt dagegen ist hoffentlich die Entwurfsidee. Eine der gravierenden Schwierigkeiten in der Akzeptanz digitaler Bilder in der

Frühphase des CAD lag daran, dass den technischen Möglichkeiten des CAD so viel Aufmerksamkeit geschenkt wurde, dass die Entwurfsidee gerne vernachlässigt oder auch einfach übersprungen wurde. Es ist daher nach wie vor gerade zu Beginn des Studiums von größter Bedeutung, den Entwurfsprozess auch außerhalb des CAD zu üben und sich des Einflusses des Werkzeugs CAD auf den Prozess und das Ergebnis der Gestaltung bewusst zu werden.

In dem hier nachgestellten Konstruktionsschritt erkennt man die geometrische Struktur, wie sie typischerweise beim freien Modellieren entsteht. Die Fensterrahmen sind keine vorgefertigten Bauteile, herausgenommen aus einem Herstellerkatalog, sondern Aneinanderreihungen einfacher Quader, die durch ihre Dimensionierung lediglich den visuellen Eindruck von Fensterrahmen erzeugen (Abb. 5). Das Konzept von Architektur aber ist mehr als das sichtbare Objekt allein. Gerade im Unterschied zum Produktdesign ist das architektonische Objekt ortsgebunden. Dies ist im CAD nicht von sich aus implementiert. Dort sind zwar die Möglichkeiten der Konstruktion praktisch grenzenlos, das heißt, alles geometrisch Vorstellbare kann – vor allem beim NURBS-Modellieren – auch konstruiert werden. Für das digitale Bild von Architektur aber, wie wir es verstehen, also zur visuellen Vermittlung einer architektonischen Idee, fehlt der architektonische Kontext, der genius loci. Die Einbettung der Geometrie in den Kontext kann wie hier zum Beispiel in Form einer Fotomontage erfolgen.

Das Einbetten der Geometrie in eine Fotografie ist weniger trivial, als es zu sein scheint. Daher zeigen die

folgenden Abbildungen nicht nur die notwendigen Schritte beispielhaft anhand von Photoshop als dem führenden Programm für Bildbearbeitung, sondern auch – und das ist in der Lehre besonders hilfreich – die beliebtesten Fehler.

So ist die Fotomontage zwar im Allgemeinen erst der dritte Schritt im gesamten Gestaltungsprozess des digitalen Bildes. Der zweite Schritt nämlich ist in der Regel das Rendering, also die texturierte Projektion des zuvor erstellten virtuellen Modells. Dies gilt vor allem für die technische Beschreibung des Entstehungsprozesses. Der tiefere Sinn aber gerade des Entwerfens in der Perspektive ist die gegenseitige Beeinflussung dieser drei ersten Schritte Modell, Rendering, Montage. Beispielsweise ist es durchaus sinnvoll, die Materialisierung, also die Texturierung des Modells, bereits vorab an der Fotografie zu orientieren.

Der Renderingprozess nimmt also im Idealfall – und das ist ein zentrales Ziel bei der Lehre des Entwerfens in der Perspektive – gedanklich die Fotomontage bereits vorweg. Rein technisch betrachtet, bleibt der Renderingprozess ein eigenständiger Zwischenschritt.

Die Fotomontage erfolgt halbautomatisch. Hierfür wird vom Renderingprogramm neben dem eigentlichen äußeren Erscheinungsbild des texturierten Objekts gleichzeitig ein sogenannter Transparenzkanal hinzugefügt, der die Kontur des Objektes als Begrenzung zwischen innerhalb und außerhalb des Objektes für eine Deckfläche verwendet, die wie ein Scherenschnitt das Objekt beispielsweise weiß und den Hintergrund entsprechend schwarz wiedergibt und damit die Montage fast automatisiert, zumindest soweit es die Ränder des Ob-

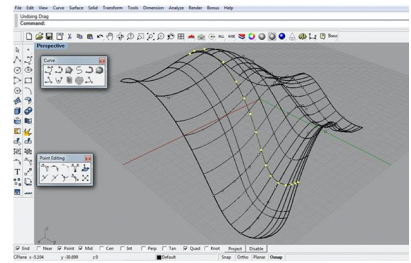
jektes betrifft, nicht aber bezüglich der Passung von Texturen und Licht (Abb. 6).

Allerdings kann das digitale Modell nicht alle Umstände der Fotomontage vorwegnehmen. Denn die Schwierigkeiten bei der digitalen Bildgestaltung beschränken sich nicht auf die Nahtstelle, die nur die Fotomontage selbst als Problem löst.

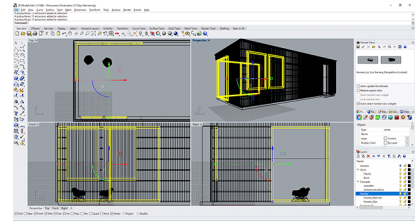
Die folgenden Gegenüberstellungen sollen daher zeigen, worauf bei der Produktion von digitalen Bildern außer den Konturen geachtet werden muss, worin die häufigsten Fehler bestehen und wie dadurch ein Kriterienkatalog für deren Bewertung entstehen kann. Das wichtigste Kriterium für eine Fotomontage ist die Integrität. Sie bezieht sich auf die plausible Verbindung von Rendering und Foto.

Einer der häufigsten Fehler beziehungsweise einer der größten Schwierigkeiten bei der Integration eines Renderings in ein Foto ist die tatsächliche Nahtstelle, also der simulierte physische Kontakt des gerenderten Inhalts mit dem fotografierten Inhalt, im Allgemeinen der Übergang zum Boden, insbesondere beim Übergang in amorphe Oberflächen wie Grasflächen (Abb. 7).

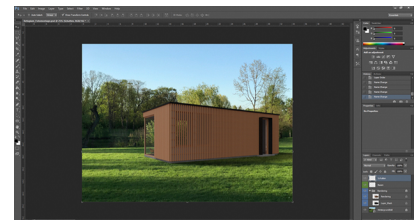
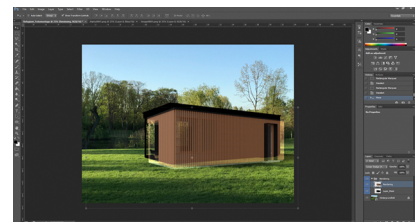
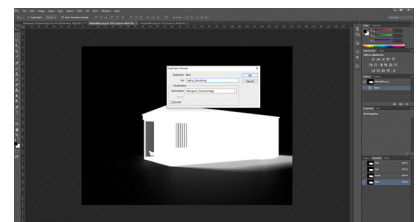
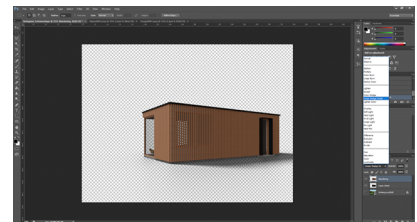
Andere Schwierigkeiten entsprechen unverändert der analogen Fotomontage. Wird beispielsweise ein Gebäude zu klein in das Foto montiert, wirkt es nicht wie ein Gebäude, sondern wie das Foto eines Architekturmodells (Abb. 8). Der Fehler ließe sich einfach beheben, indem das Gebäude scheinbar näher in Richtung des Kamerastandpunkts der verwendeten Fotografie verschoben würde. Bezogen auf die Fotomontage bedeutet dies, dass das Rendering auf dem Foto nach unten verschoben werden müsste.



4 b



5



6 a-d

Bildnachweise:

- 1 Francesca Schwendtner
- 2 Lea Epperlein
- 3 a-b: Susanne Schneider
c-d: Sophia Todt
- 4 Lyubov Dimova (a: ArchiCAD,
b: Rhinoceros 3D)
- 5 Johannes König (Rhinoceros 3D)
- 6 Johannes König
- 7 a-b: Felix Franke
c-d: Annkathrin Drews
- 8 a: Fatmagül Gök
b: Vincent Menger
- 9 Johannes König
- 10 a: Nursinem Pala
b: Muratcan Tuncel
c: Vincent Ehrhardt
- 11 a: Samarth Seth
b: Oscar Aporius
- 12 a: Susanne Schneider
b: Konstantin Pussert
- 13 a: Milena Teichmann
b: Merlin Tesch
- 14 a: Noah Glatzel
b: Florian Greiner



7



8 a-b



9 a-c



10 a-c

Mit dieser einfachen Maßnahme allerdings wäre lediglich das Problem der Maßstäblichkeit gelöst, nicht aber unbedingt die Orientierung und vor allem der relative Kippwinkel der beiden Bildbestandteile. Schnell kann es so wirken, als ob das Gebäude auf schiefem Grund stünde oder einseitig im Boden versunken wäre.

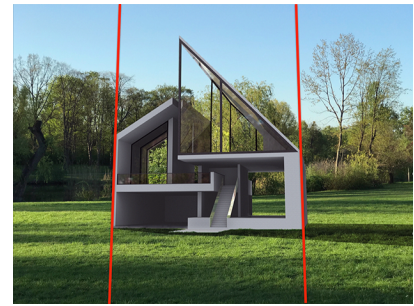
Ebenso verhält es sich im begrenzten Maß mit der Brennweite. Die Brennweite ist verantwortlich für die Perspektivität, also die Verzerrung des Gebäudes. In einer Fotomontage ist eine falsche Brennweite ein objektiver Fehler, weil sie dem Foto eindeutig widersprechen kann (Abb. 9). Lösbar wäre auch dieses Problem durch Vergrößern des Renderings auf dem Foto, was einer Verringerung des Abstands zur physischen Kamera entspricht, wodurch das Gebäude näher erscheint. Das Gebäude könnte dadurch allerdings wiederum zu groß erscheinen, wodurch die Montage auf den zuvor genannten Fehler der Maßstäblichkeit zurückgeworfen wäre.

Ganz anders verhält es sich mit der Standhöhe der virtuellen Kamera. In einer Montage müssen virtueller und fotografierter Horizont übereinstimmen, sonst wirkt das Gebäude gekippt (Abb. 10). Eine Korrektur der Perspektive ist wie oben beschrieben auch hier möglich, indem das Rendering entsprechend skaliert wird, in Abb. 10a also größer und in Abb. 10b kleiner. Aber auch hier würden dadurch beide Renderings wieder auf das Problem der Maßstäblichkeit zurückgeworfen.

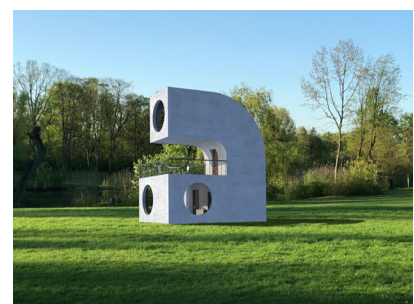
Auf eine andere Weise korrigiert werden kann ein anderes Phänomen, das ebenfalls in derselben Weise in der analogen Fotografie und der analogen Fotomontage auf-

treten kann, die Visualisierung von Architektur aber in den meisten Fällen ganz wesentlich bestimmt. Es geht um die exakt horizontale Ausrichtung der Blickrichtung. Erst bei exakt horizontaler Blickrichtung nämlich steht – bei der sogenannten geraden Perspektive, die dem natürlichen Sehen am Nächsten ist und keine zusätzlichen und absichtlichen Verzerrungen verursacht – die Bildebene exakt senkrecht. Dies erst sorgt nach den Regeln der Geometrie – und eben auch der Fotografie ohne Spezialobjektive – dafür, dass senkrechte Gebäudekanten auch im Bild senkrecht erscheinen. Gerade bei solchen Gebäuden, bei denen die Neigung einiger Wände ganz bewusst angewendet wird wie etwa bei Festungsbauten, ist ansonsten schwer zu sagen, ob die Architektur so gemeint ist, wie sie erscheint, das Gebäude also tatsächlich nicht-senkrechte Oberflächen aufweist oder nicht. Abb. 11a zeigt die perspektivische Projektion eines Gebäudes, bei der die im Raum senkrechten Gebäudekanten bedingt durch die geneigte Bildebene stürzen, während die Bildebene in Abb. 11b senkrecht ist und damit der räumlichen Wahrnehmung deutlich näher kommt.

Schließlich ist auch das Licht eine Komponente des digitalen Bildes. Die Belichtung sorgt nicht nur dafür, dass überhaupt etwas zu sehen ist, sondern ist immer auch entscheidend für die sogenannte Atmosphäre, also die beabsichtigte Bildstimmung. In den seltensten Fällen allerdings ist sie als eine natürliche Simulation angelegt. Abb. 12a zeigt die Belichtung eines nächtlichen Innenraums mit einer hellen Außenhaut. Das wäre auch ohne Fotomontage schon surreal. In einer Fotomontage aber wird der Fehler



11 a-b



12 a-b



13 a-b



14 a-b

angesichts des kontrastreich von einer Seite scheinenden Sonnenlichts besonders deutlich. Abb. 12b stellt dagegen das Licht der Fotografie im Rendering korrekt nach. Aber nicht nur die eindeutige Richtung des Lichts entscheidet über das Gelingen der Integration des Renderings, sondern ebenso die Anpassung der Texturen, also der Oberflächenzeichnung der Geometrie des Renderings an die Lichtfarben des Fotos. Auch hier zeigt sich, dass das Rendering nicht einfach nur der erste Schritt in der Produktion des digitalen Bildes sein kann, sondern es sich um einen häufig iterativen Prozess handelt, der natürlich umso linearer verläuft, je mehr Erfahrung vorliegt. Abb. 13a zeigt ein farblich fremdes Objekt, während die Farbwerte aus Rendering und Foto in Abb. 13b näher beieinander liegen. Der vielleicht häufigste Fehler in der Produktion digitaler Bilder ist die Wiederholungstextur wie in Abb. 14a. Es ist schwer zu sagen, warum dieser Fehler sich so vehement hält. Ein möglicher Grund könnte sein, dass zumindest für das ungeübte Auge Texturen effektiv über die unterkomplexe Geometrie hinwegtäuschen. Auf diese Weise funktionierten frühe dreidimensionale Computerspiele aus der Zeit der ersten in diesem Forschungsprojekt untersuchten digitalen Bilder in der Architektur. In der Lehre arbeiten wir konsequent und mit viel Energie dagegen. Wiederholungstexturen sind bekannt aus der Teppichindustrie und insofern kein Problem an sich. In Renderings aber werden sie in den wenigsten Fällen für die Wiedergabe von

Teppichen verwendet, auch wenn sie unweigerlich so wirken. Das Problem liegt darin, dass es in der Tat nicht einfach ist, Wiederholungstexturen zu vermeiden. Die Möglichkeiten bestehen darin, erstens keine Textur, sondern stattdessen nur Farbe zu verwenden; zweitens sogenannte prozedurale Texturen zu verwenden, das heißt solche Texturen, die während des Renderingprozesses berechnet werden, indem Formeln vor allem mithilfe von Zufallsgeneratoren Muster erzeugen, die sich nicht wiederholen, natürlichen Materialien dennoch ähneln; oder drittens – und das ist die bevorzugte Variante in der Spieleindustrie – von Hand gezeichnete Texturen zu verwenden, egal ob virtuell oder analog, die auf das virtuelle Modell meistens orthogonal projiziert werden (Abb. 14b). Interessanterweise entspricht diejenige Variante, die im Allgemeinen als besonders realistisch wahrgenommen wird, nämlich das Zeichnen der Texturen von Hand, dem Modellieren mit möglichst wenigen Vorgaben, also dem freien Modellieren ohne vorgefertigte Elemente, wie es das NURBS-Modellieren nahelegt. Schließlich ist zu erwähnen, dass Wiederholungstexturen als Verlegenheitslösung selbstverständlich nicht zu verwechseln sind mit dem bewussten Einsatz sich wiederholender Ornamente. Diese treten inzwischen auch in der gebauten Architektur in einer Weise in Erscheinung, die digitalen Bildern beeindruckend ähnlich ist, wobei allerdings vermutet werden darf, dass es sich um ein Zitat des digitalen Bildes handelt.