

Qualitätskriterien in der digitalen Rekonstruktion

Reinhard Munzel

Rekonstruktionen im archäologisch-geschichtlichen Kontext, ob zeichnerisch, im Modell oder als Wiederaufbau, werden mit unterschiedlichen Zielvorgaben eingesetzt. So sollen z. B. zeitliche Abläufe dargestellt werden, Funktionsprozesse oder konstruktive Details, alternativ auch Stadtstrukturen oder Vergleiche unterschiedlicher Bauwerke und Objekte. Alle Anforderungen haben gemein, dass sie nicht nur fachlich korrekt, sondern auch für den interessierten Besucher verständlich und ansprechend gestaltet sein sollen.

Gerade virtuelle Rekonstruktionen, also alle Darstellungsmethoden, die ein Objekt nicht real (also dinglich) wiedergeben, wie zeichnerische Darstellungen, Skizzen oder eben auch das Computermodell, können ganz spezifische Anforderungen erfüllen. Insbesondere die digitale Rekonstruktion – also die Erstellung eines dreidimensionalen Computermodells – die durch ihre spezifischen Bildqualitäten und grafischen Optionen eine Vielzahl von neuen Formen der Darstellung erlaubt, bietet neue Ausdrucksmöglichkeiten für die jeweilige Aufgabenstellung. So besteht die Möglichkeit, sich über physikalische Grenzen hinweg zu setzen und neben Standbildern auch Funktionen, Kraftverläufe oder chemische Prozesse darzustellen. Sie sollten jedoch vorsichtig und im richtigen Kontext eingesetzt werden, um der zu kommunizierenden Information als dienendes Hilfsmittel zur Seite zu stehen.

Rekonstruktionen mit speziellen Aufgabebereichen bedingen zur besseren Erläuterung abstrakte Darstellungen. Gerade um komplexe Sachzusammenhänge für den Betrachter verständlich darzustellen, ist ein Verzicht auf Details, Gestaltung und Atmosphäre sinnvoll. Die graphische Überzeichnung (Abb. 1), die Colorierung von wichtigen Elementen aus einem reinen Volumenmodell oder die Ergänzung der Bildinformationen durch grafische Erläuterungen wie Pfeile oder die Darstellung von sonst nicht sichtbaren Dingen wie Gase oder Kraftverläufe sind hier sicher probate Mittel.

Die Computertechnik hat sich jedoch inzwischen weit über reine Volumendarstellungen hinaus entwickelt. Wer dem Betrachter einen

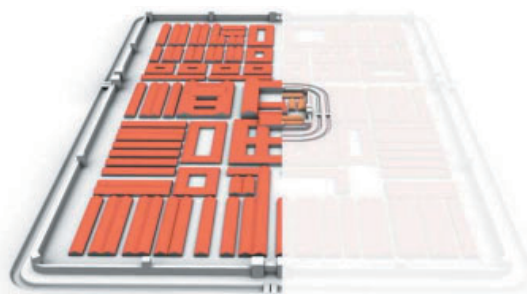


Abb. 1 Abstraktes Volumenmodell, das einen Größenvergleich eines Legionskastells (links) mit einem Numeruskastell (rechts) zeigt. (© 2002-2006 ArchimediX)

Einblick in vergangene Epochen erlauben will, hat ein reiches Portfolio an technischen Möglichkeiten zur Verfügung. Mit der immer größeren zur Verfügung stehenden Rechenleistung und den hochprofessionellen Werkzeugen kann im Prinzip jeder Wunsch an Realitätsnähe erfüllt werden. Wenn man sich für eine solche Form der Rekonstruktion entscheidet, ist der Anspruch „fotorealistisch“ keine Option mehr, sondern eine Verpflichtung, der professionelle Arbeit gerecht werden kann. Dabei bietet die digitale Rekonstruktion den Vorteil, aus ein und demselben 3D-Modell verschiedene Darstellungsformen auszuwählen und diese miteinander zu verknüpfen. Die zunehmende Professionalisierung im Markt ermöglicht inzwischen auch bei kleineren Projekten hohe Ansprüche an die Darstellung.

Aus diesem Sachverhalt entwickelte sich die Aufgabenstellung, konkrete Qualitätskriterien für digitale Rekonstruktionen aufzulisten, die es ermöglichen, objektive Bewertungen für diese neue Form der Darstellung zu erstellen. Dabei wurden die Kriterienmaßstäbe anhand der üblichen Arbeitsschritte einer digitalen Rekonstruktion orientiert, sie beziehen sich dabei ausschließlich auf atmosphärische, fotorealistische Darstellungen! Während abstrakte Bilder als Maßstab die fachliche Aussage, die Bildästhetik und die Konformität mit den gestalterischen Merkmalen der Präsentation oder des Druckes haben, in den sie eingebunden sind, müssen bei atmosphärischen Bildern neben den wissenschaftlichen Kriterien auch



Abb. 2 Präsentation der Visualisierung der Kaiserpfalz Ingelheim. Der Benutzer kann Informationen zur Rekonstruktion interaktiv abfragen. (© 2002-2006 ArchimediX)

handwerkliche Parameter bewertet werden. Daraus resultieren folgende Bewertungskategorien:

1. Wissenschaftliche Korrektheit

Als wichtigster Maßstab ist natürlich – bei allem Interesse an Fotorealismus und Atmosphäre – die korrekte fachliche Aussage zu bewerten. Dass die Darstellung auf einer fachlich fundierten Basis aufzubauen ist, ist vorauszusetzen. Da jedoch jede Form der Rekonstruktion in – meistens sehr vielen – Punkten hypothetisch ist, ist es gerade im Bereich fotorealistischer Darstellung unbedingt von Nöten, die Herleitung der Rekonstruktion bzw. ihre Unsicherheiten auch darzustellen. Dabei hat es sich als probates Mittel erwiesen, die fachlichen Grundlagen im Ausgabemedium (Film, Druck, interaktive Präsentation) zur Verfügung zu stellen, damit sich der Betrachter ein eigenes Bild von der Genese der Darstellung machen kann. (Abb. 2 und 3).



Abb. 3 Variantendarstellung der Außenfassade Naturstein (links) und Verputz mit Begleitstrich (rechts). (© 2002-2006 ArchimediX)

Dies kann durch die Überlagerung mit dem Befund geschehen, durch die Angabe von literarischen Quellen oder Vergleichsobjekten, die zur Rekonstruktion hinzugezogen wurden. Untersuchungen zu Farbbefunden, Statistiken oder

bauliche Bedingungen, die z. B. Gewölbe bei zu geringer Mauerdicke der tragenden Wände ausschließen, sollten ebenfalls erwähnt werden. Auch die Darstellung unterschiedlicher Varianten kann die Unsicherheit einer Rekonstruktion deutlich machen. Die Abstraktion der rekonstruierten Bauteile ist eine Möglichkeit, konterkariert aber die Bemühung, ein atmosphärisches Bild zu erzielen – insbesondere, wenn die Oberflächen Gegenstand der Rekonstruktion sind. Eine weiße Oberfläche ist ebenso eine Aussage! Wichtig ist, den Eindruck der Absolutheit der Darstellung zu brechen und dem Betrachter klar zu machen, dass das Bild, das er sieht, Ergebnis einer Hypothese ist und nicht belegte Realität.

2. Inhaltliche Korrektheit

Im Gegensatz zu tatsächlichen Wiederaufbauten muss die digitale Rekonstruktion keine Kompromisse hinsichtlich Fügungsprinzipien, Statik u.ä. eingehen. Da man nicht an physikalische Grenzen gebunden ist, ist im Prinzip alles machbar. Dies führt leider dazu, das häufig in der Darstellung „geschludert“ (Abb. 4) wird und Details nicht sauber ausgearbeitet werden. Fügungspunkte sowie die Verschneidung von Bauteilen sind besonders zu beachten, wie z. B. der Anschluss von Dächern an das aufgehende Mauerwerk (Abb. 5) oder Knotenpunkte bei linearen Baustoffen wie Holz. Auch Fugenbilder sind ein häufiges Problem in der Darstellung.

Natürlich muss auch die digitale Rekonstruktion abstrahieren, aber es ist wichtig, diese Abstraktion nicht in den Vordergrund treten zu lassen, sondern so dezent wie möglich zu überspielen (Abb. 6) – wie in jeder Darstellungstechnik, die ein atmosphärisches Bild zum Ziel hat.

3. Modellierung

Die Modellierung bildet die Grundlage der Rekonstruktion. Hier sollte besonders auf die fachlich saubere Ausführung geachtet werden. Stützen sollten nicht über ihrem Auflager schweben, unsaubere Durchdringungen vermieden werden. Historische Darstellungen sollten perfekte geometrische Körper vermeiden. Selbst ein exakt behauener Quader hat keine messerscharfen Kanten, sondern immer eine kleine Kantenrundung, gröber behauene Steine sollten ihre Verarbeitungsspuren auch ablesbar und sichtbar haben (Abb. 7). Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die

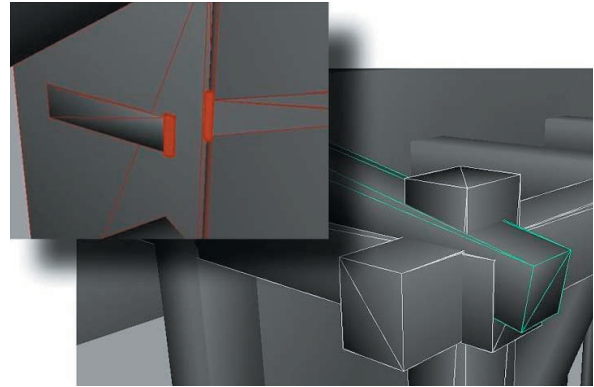


Abb. 4 Links ein unsauber gearbeitetes Fensterscharnier - im 3D-Modell kann man das Fenster trotzdem öffnen, in der Realität geht das nicht. Rechts ein Holzknoten, der in dieser Form sicher nicht in einem römischen Bauwerk zu finden ist. (© 2002-2006 ArchimediX)



Abb. 5 Auch im 3D-Modell sollten Bauteile nicht stumpf ineinander laufen, sondern mit dem entsprechenden baulichen Detail verbunden sein. (© 2002-2006 ArchimediX)



Abb. 6 Mit wenigen Handgriffen kann auch ein abstraktes Modell Atmosphäre bekommen. (© 2002-2006 ArchimediX)

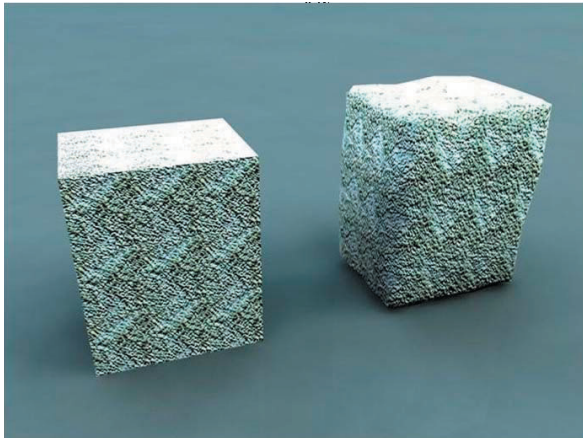


Abb. 7 Links ein Stein, der aus der geometrischen Grundform Würfel besteht. Rechts ein nachgearbeitetes Modell.
(© 2002-2006 ArchimediX)

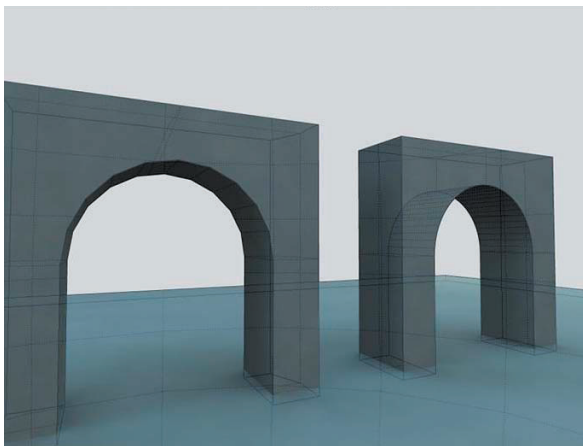


Abb. 8 Der Bogen rechts im Bild ist ausreichend fein aufgelöst, um vom Auge als rund wahrgenommen zu werden, während der linke Bogen aus zu wenigen Geometrien besteht.
(© 2002-2006 ArchimediX)

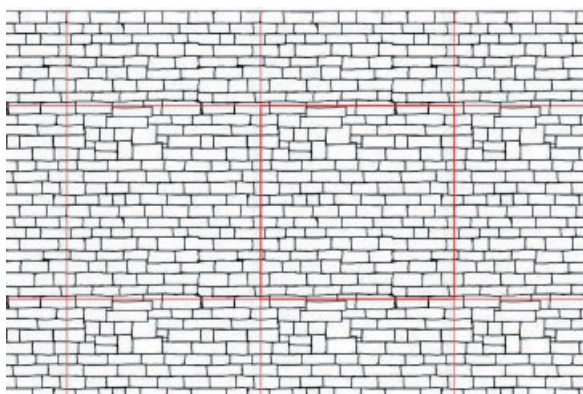


Abb. 9 Am Beispiel des Fugenbildes einer Mauerwerksstruktur sieht man sowohl den nahtlosen Anschluss der Texturen, als auch den Kacheleffekt, der durch die Wiederholung exponierter Bauteile auftreten kann. (© 2002-2006 ArchimediX)

ausreichende Feinheit des Modells. Da sich digitale Modelle immer aus in Dreiecke unterteilten Flächen (Fachbegriff „triangulierte Polygone“) zusammensetzen, muss die Auflösung (Fachbegriff „Tessellierung“) fein genug sein, um durch das menschliche Auge als rund wahrgenommen zu werden (Abb. 8).

Der Vorteil der digitalen Rekonstruktion, Objekte beliebig oft duplizieren zu können, muss bei atmosphärischen Darstellungen dadurch gebrochen werden, dass jedes Bauteil noch einmal einzeln nachgearbeitet und modifiziert wird, um Eintönigkeit zu vermeiden.

4. Texturierung

Ein Hauptaugenmerk jeder Rekonstruktion sollte auf die Texturen gelegt werden. Nicht nur, dass der Aufwand zur Erstellung hochqualitativer Texturen den Aufwand zur Erstellung von 3D-Modellen deutlich übertrifft, sie sind auch ein wichtiges Kriterium für den Fotorealismus einer Darstellung. Sollten Texturen speziell für ein Objekt gemalt werden, ist darauf zu achten, dass die Texturauflösung ausreichend hoch ist. Sonst ergibt sich das Problem, dass bei einer Annäherung an das Objekt die Textur „aufpixelt“, man also nicht mehr die Materialoberfläche wahrnimmt, sondern die einzelnen Bildpunkte. Diesem Problem wird mit der kombinierten Verwendung von prozedural, also durch Rechenprozesse generierten Texturen vorgebeugt, die mit Fotos von Materialoberflächen verknüpft werden können und damit jedes Objekt individualisieren. So genannte nahtlose Texturen (Fachbegriff „seamless textures“) bestehen aus Bildern, deren Ränder nahtlos ineinander übergehen (Abb. 9). Aber auch hier muss stets im Detail nachgearbeitet werden, damit nicht ein unschöner Kacheleffekt entsteht (Abb. 10). Auch ist es Aufgabe der Texturen, den „Zahn der Zeit“ zu zeigen, Schmutz und Abnutzung auf die Oberflächen der Objekte zu bringen (Abb. 11). Im Gegensatz zu Oberflächen oder Volumen, die aus einer Hypothese heraus entstehen, gehören Witterungseinflüsse auf Bauwerke zu den Bildinhalten, die definitiv zu belegen sind!

5. Atmosphäre

Das Einrichten der Atmosphäre ist der wichtige Schritt hin zum Fotorealismus. Die Darstellung eines rekonstruierten Bauwerkes ist in belebenden Kontext einzuordnen. Im Gegensatz zur mo-



Abb. 10 Wenn Texturen unsauber bearbeitet werden, kann ein Kacheffekt entstehen, wie rechts auf dem Bild zu sehen ist. Die Dächer links sind entsprechend nachbearbeitet.
(© 2002-2006 ArchimediX)



Abb. 11 Die Darstellung von Witterungseinflüssen hilft dem Betrachter, die digitale Rekonstruktion zu begreifen.
(© 2002-2006 ArchimediX)

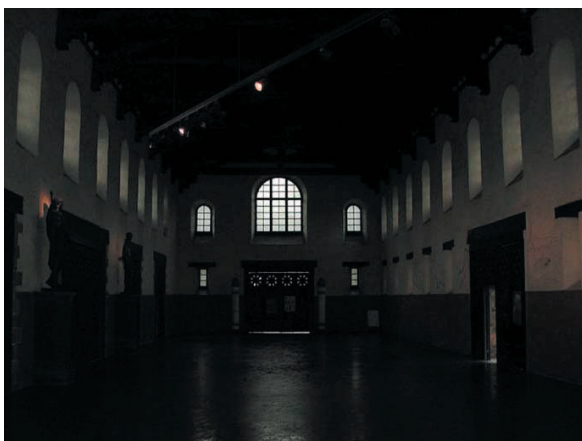


Abb. 12 und 13 Ein Foto der Prinzipia der Saalburg in Bad Homburg, und ihr digitaler Wiederpart aus der Rekonstruktion des Kastells in Würth am Main. (© 2002-2006 ArchimediX)

deren Architektur fotografie, die ihre Objekte möglichst nackt und reduziert darstellen möchte, sollte die digitale Rekonstruktion den umgekehrten Weg gehen. Wenn dem Publikum ein Lebensbild einer untergegangenen Epoche in fotorealistischer Darstellung vorgestellt werden soll, kann sich die Rekonstruktion nicht auf reine Architektur reduzieren, sondern muss auch die Lebenswirklichkeit des Alltags wiedergeben.

Eine gelungene Atmosphäreneinrichtung weckt beim Betrachter Assoziationen zu wirklichen Räumen, die er aus der Realität kennt (Abb. 12 und 13). Dazu sind verschiedene Details notwendig. Ein wichtiges Instrument ist die Einrichtung entsprechender Lichtsituationen wie der Staub, der sich in einem scharfen Lichtkegel (Fachbegriff „light fog“) abzeichnet, oder die Verdunkelung von Raumzonen. Dazu gehört ebenfalls die Darstellung von Witterungseinflüssen wie Schmutz, Spritz- und Russspuren oder Pfützen. Pflanzen und Bewuchs sind ein wichtiger Faktor, da sie Kleinteiligkeit ins Bild bringen, dieses beleben und eine natürliche Komponente über „Menschenwerk“ legen (Abb. 14). Auch die Ausstattung eines Objektes mit Gegenständen des Alltags dient der Belebung und ermöglicht es dem Betrachter, viele Details zu erkennen, die zum einen das Bild beleben, zum anderen aber auch wichtige Hinweise auf historische Handwerkstraditionen und Lebensweisen bieten.

Als letztes und mit Vorsicht einzusetzendes Mittel ist die Darstellung von Mensch und Tier in Betracht zu ziehen. Die korrekte Umsetzung ist kompliziert, bietet aber eine hervorragende Möglichkeit, Funktionsabläufe zu illustrieren (Abb. 15) oder ein Objekt in Maßstab zu setzen.



Abb. 14 Die Darstellung von Pflanzen gibt einem Bild Kleinteiligkeit und Atmosphäre.
(© 2002-2006 ArchimediX)



Abb. 15 Die 3D-Modelle der Personen dienen in diesem Fall dazu, die Funktion der römischen Getreidemühle zu erläutern.
(© 2002-2006 ArchimediX)

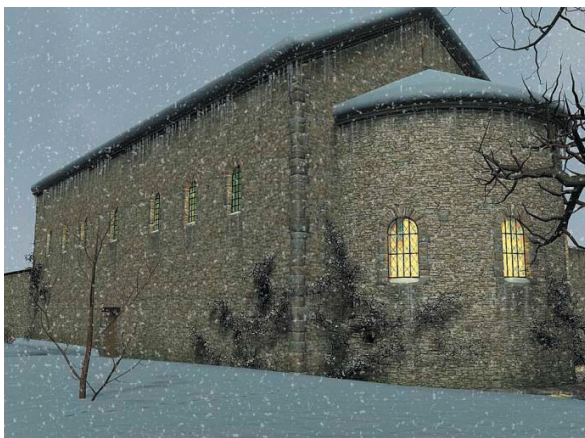


Abb. 16 Neben verschiedenen Tageszeiten ist auch die Darstellung eines Objektes zu verschiedenen Jahreszeiten sehr reizvoll.
(© 2002-2006 ArchimediX)

6. Licht und Bildberechnung

Das Einsetzen von Lichtern hat neben der ausreichenden Ausleuchtung die Aufgabe, dem Bild einen Charakter zu vermitteln. Es ist wichtig, die Lichtstimmung der geografischen Lage, der Jahres- und Tageszeit anzupassen. Viel zu oft sind historische Bauwerke in einer Lichtstimmung wiedergegeben, die zum Vorderen Orient passt, aber nicht in unseren Breitengraden zu finden ist. Gerade auch die Darstellung in anderen Jahreszeiten als dem Sommer und Tageszeiten als dem frühen Nachmittag trägt wesentlich zum Realismus eines Bildes bei (Abb. 16). Eine fotorealistische Rekonstruktion darf auch den Schatten nicht fürchten. Wie die Fotografie, die es sich stets zur Aufgabe macht, ein Objekt perfekt darzustellen und zu inszenieren, sollte die Rekonstruktion auch mit Schatten umgehen, denn digitale Bilder leben vom Kontrast.

Moderne Bildberechnungsmethoden erlauben es, neben einem Schatten auch die Beeinflussung der Lichtsituation durch angrenzende Bauteile zu berechnen (Fachbegriff „Radiosity“). Diese Methode trägt ebenso wie die Berechnung von Lichtstreuung durch die Oberflächen dazu bei, Bilder wesentlich realistischer darzustellen, als dies bisher der Fall war (Abb. 17).



Abb. 17 Beispiel zur Bildberechnung:
Oben eine Amphorengruppe texturiert.
Darunter mit Schattenwurf, der aus einer einzelnen Lichtquelle resultiert.
Doch erst die Beeinflussung der Beleuchtungssituation durch angrenzende Bauteile (Bild 3) ergibt in der Gesamtheit den naturalistischen Eindruck.
(© 2002-2006 ArchimediX)

7. Filmschnitt

Als letztes Kriterium ist der Filmschnitt zu betrachten. Dieser sollte bei fotorealistischen Darstellungen auf abstrakte Kamerafahrten verzichten, den Betrachter eher eine Ich-Perspektive einnehmen lassen, die ihn mit den Größenverhältnissen konfrontiert und einen realistischen Eindruck vermitteln sollte. Natürlich sind Übersichten sinnvoll, um eine Orientierung zu bieten, aber Vogelperspektiven sollten klar eingenommen werden, um ihren Übersichtscharakter zu definieren. Der Filmschnitt sollte stets im Interesse der Wissensvermittlung stehen und nicht als künstlerischer Selbstzweck begriffen werden. Dies schließt eine Filmdramaturgie nicht aus; der Betrachter sollte jedoch nach der Betrachtung des Filmes mehr wissen als vorher (bestes Beispiel hierfür sind die großen Sonntagabend-Produktionen der Fernsehsender).

8. Fazit

Die vorgestellten Kriterien beziehen sich explizit auf fotorealistische Darstellungen. Wenn eine Entscheidung zugunsten einer solchen Rekonstruktion getroffen wird, sind diese Kriterien auch zu erfüllen. Viele Darstellungen beanspruchen diesen Realitätsgrad, häufig werden aber nur einige wenige Kriterien korrekt umgesetzt. Diese „gewollt und nicht gekonnt“-Optik führt dazu, dass solche Darstellungen schon kurzfristig unattraktiv für den Hollywood-verwöhnten Ausstellungsbesucher werden und damit als Fehlinvestition zu betrachten sind – schwarze Bildschirme in Museen sind ein beredtes Zeugnis davon. Daher sollte bewusst eine Entscheidung für die Art der Darstellung getroffen werden. Wenn diese zugunsten einer fotorealistischen Rekonstruktion ausfällt, sollte diese Entscheidung auch konsequent nach allen Qualitätskriterien verfolgt werden, um auch dauerhaft ein aussagekräftiges Bild und damit das Interesse des Betrachters zu erhalten.

Verfasser:

Dipl. Ing. Reinhard Munzel (33) ist Mitinhaber der Firma ArchimediX. Er studierte Architektur an der TU in Darmstadt und befasst sich seit 1996 mit digitalen Darstellungsmethoden. Munzel war als Projektleiter unter anderem für die Rekonstruktion der Kaiserpfalz in Ingelheim, des Schlosses Saarbrücken und den Projekten zur Konstantin-Ausstellung in Trier verantwortlich. Rege Vortragstätigkeit auf Tagungen, 2004 Lehrauftrag an der Hochschule der Medien in Stuttgart (Informationsarchitektur).

Die Firma ArchimediX aus Ober-Ramstadt bei Darmstadt hat sich auf digitale Rekonstruktion und Präsentation historischer Bauwerke spezialisiert. Insbesondere auf die wissenschaftliche Exaktheit wird besonderer Wert gelegt, denn die fotorealistischen Bilder simulieren eine Realität, die oft nur auf fachlich abgesicherten Hypothesen beruht. Referenzprojekte wie die Kaiserpfalz Ingelheim oder das römische Kastell in Wörth am Main machen das Unternehmen über Fachkreise hinaus bekannt. Aktuell entsteht u. a. neben einem Filmprojekt zur Konstantin-Ausstellung in Trier 2007 eine Rekonstruktion der bandkeramischen Siedlung in Buchbrunn bei Kitzingen (Bayern).

*Reinhard Munzel
ArchimediX GbR
Odenwaldstr. 197
64372 Ober-Ramstadt
RM@archimediX.com*

