

Der BayernAtlas in der dritten Dimension

der Beitrag der Bayerischen Vermessungsverwaltung zum Projekt „Heimat 3D – Bayern digital“

Hubert Fröhlich



1. Allgemeines

Die digitale 3D-Modellierung der realen Welt wird immer leistungsfähiger. Mit Hochtechnologie ist es „an vorderster technischer Front“ mittlerweile möglich, auch von sehr komplexen Gegenständen, Bauwerken und Landschaften – wie z. B. den bekanntesten bayerischen Königsschlössern

- Oberfläche und Bilder hochgenau zu scannen und aufzunehmen,
- daraus hochgenaue digitale Modelle abzuleiten,
- diese fotorealistisch so zu visualisieren, dass sie – ähnlich wie in einem Computerspiel – digital interaktiv begehbar sind,
- diese 3D-Welten auch über das schnelle Internet zur Verfügung zu stellen.

Was hat aber die Hochtechnologie mit der Bayerischen Vermessungsverwaltung zu tun? Soll es überhaupt Aufgabe einer Verwaltung sein, solche Projekte anzustoßen und mitzubegleiten? Hier gibt Art. 2 VermKatG eine Hilfestellung:

„Das Landesvermessungswerk wird den **Anforderungen der Öffentlichkeit** und der **Entwicklung der Fachtechnik** entsprechend laufend vervollständigt, verbessert und fortgeführt ...“ (Hervorhebungen vom Autor).

Die Vermessungsverwaltung steht also in der Spannung zwischen den beiden Polen:

- **Anforderungen der Öffentlichkeit:** Dies bedeutet wohl: Wir bieten Geodaten in hoher Qualität und in Flächendeckung – als Dienstleistung für Staat, Wirtschaft und Bürger. In der Regel muss es sich dabei nicht nur um ein einmaliges Projekt, sondern um eine Grundversorgung handeln – die auch die Chance hat, flächendeckend für viele Nutzer nutzbar zu sein – und laufend gehalten werden zu können – eine standardisierte Dienstleistung eben. Selbstverständlich darf aber der Standard ehrgeizig sein.
- **Entwicklung der Fachtechnik:** Dies bedeutet wohl, immer wieder Ausschau zu halten nach neuen Technologien und diese in die Anwendung zu bringen, wenn und sobald sich eine Anforderung der Öffentlichkeit ergibt. Leistungsfähige 3D-Visualisierung ist aktuell „High End“, also an vorderster Front der Technik, – kann also eo ipso kein Standard sein. Der Forschungs- und Entwicklungsanteil beschränkt sich zunächst auf wenige Einzelprojekte.

Die Hochtechnologie stellt Leuchttürme dar, fungiert als Impulsgeber und beeinflusst die Standards von morgen. Das breite Feld folgt in gewissem zeitlichen Abstand.

Daraus folgt eine Handlungsanweisung: Wenn wir als Verwaltung uns für die (digitalisierte) Zukunft fit halten wollen, müssen wir uns selbst mit Hochtechnologie beschäftigen, auch wenn heute noch nicht alles reif für den breiten Einsatz ist. Wir müssen einzelne Spinoffs davon frühzeitig zur Anwendung führen, was auch mit Herausforderungen verbunden sein kann. Aber deren Bewältigung ist gerade die entscheidende Aufgabe.

Übrigens war dies auch vor 200 Jahren schon so, als die Methoden zur Kataster-Uraufnahme gemeinsam mit dem Anwendungsfall entwickelt und perfektioniert wurden.

2. „3D“ in Landesvermessung und Liegenschaftskataster – der Weg dorthin

2.1 3D-Daten

„3D“-Daten kennt die Vermessungsverwaltung schon länger:

In rudimentärer Weise gilt dies schon für die Topographischen Uraufnahmeblätter, die ab 1866 die dritte Dimension in Form von Höhenlinien enthielten. Jeder Punkt der 2D-Karte trägt eine Höhe als zusätzliches Attribut mit sich. Genau genommen ist allerdings eine vollständige Darstellung der Höheninformation (einschließlich Brücken, Unterführungen, Höhlen etc.) so nicht möglich – man spricht in diesem Falle daher auch nicht von 3D, sondern „nur“ von 2,5D – dies reicht aber für viele Fälle zunächst aus. Die Höhenliniendarstellung war bis in unsere Zeit die einzige wesentliche Darstellung der dritten Dimension.

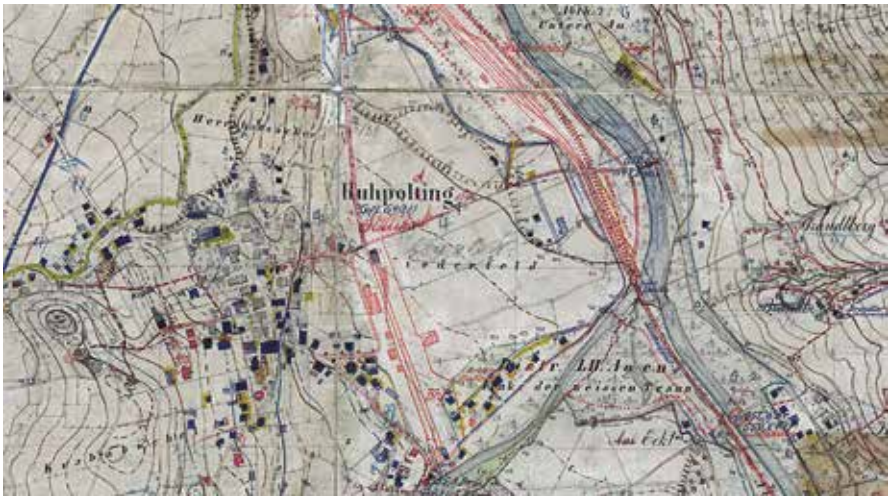


Abb. 1: Topographische Uraufnahme als Beispiel für eine 2,5D-Darstellung

Die ab ca. 1980 verfügbaren Digitalen Geländemodelle (DGM) ermöglichten eine digitale 2,5D-Darstellung. Am Rande bemerkt sei, dass das DGM Voraussetzung war, um wichtige weitere Eingangsdaten für die 3D-Visualisierung, nämlich die Orthophotos, überhaupt erst produzieren zu können.

Die Genauigkeit der DGMs wuchs kontinuierlich; ab 1996 ermöglichte der Einsatz von Laserscanning große Genauigkeitssteigerungen bei der Produktion von DGMs – bis hin zum DGM1 (Lage 0.5m, Höhe 0.2m).

Der entscheidende Durchbruch erfolgte erst etwa um 2000 – zunächst in einem ganz anderen Feld, nämlich der Robotik. Er wurde durch das Zusammenwirken zweier Faktoren ermöglicht:

- Digitale optische Sensoren – heute in jeder Handykamera zu finden – waren **leistungsfähig und preiswert** geworden. Die Einsatzmöglichkeiten wuchsen, die Robotik konnte diese z. B. zur Feinststeuerung von Greifarmen einsetzen (um diese nicht nur genau zu positionieren, sondern um eine Soll-Ist-Abweichung auch zu messen und den Greifarm sofort nachsteuern zu können). So entstand die „Computer Vision“, das maschinelle Sehen. Das Prinzip – aus Sicht eines Vermessers letztlich eine besondere Art der Nahbereichsphotogrammetrie – ließ sich auf die Luft-Photogrammetrie übertragen. Digitale Sensoren liefern deutlich genaueres Bildmaterial, gleichzeitig kann man viel größere Mengen an Bildern wirtschaftlich aufnehmen. Dies kann man nutzen, um preiswert dichte Bildverbände, also Bilder mit sehr hoher Längs- und Querüberdeckung – und somit hoher Redundanz aufzunehmen: Jeder Oberflächenpunkt ist dann nicht nur in einer oder zwei, sondern in sehr vielen Stereokombinationen enthalten.
- Digitale Sensoren liefern digitale Bilder als Ausgangspunkt für einen rein digitalen Datenfluss ohne jeden Medienbruch. Hier setzten die neuen Bildverarbeitungsmethoden des **„Dense Image Matching“** an. Effiziente Algorithmen konnten die eben erwähnte hohe Redundanz der dichten Bildverbände nutzen. Rechner mit hoher Rechenleistung und Nutzung von Parallelisierungstechniken, ermöglichten es, in relativ kurzer Bearbeitungszeit viele Modelle wirtschaftlich zu berechnen.

Diese Impulse erbrachten für uns zwei wichtige Spinoff

- Zum einen lassen sich damit aus Luftbildern dreidimensionale Modelle aus Oberflächenpunkten (als Punktwolken) leicht und wirtschaftlich produzieren. Darüber hinaus tragen die einzelnen Punkte – im Gegensatz zum Laserscanning – die aus dem Luftbild stammende Farbinformation mit sich. Daraus lassen sich neue künftige Produkte des LDBV ableiten, fest geplant ist etwa das Digitale Oberflächenmodell (DOM)
- Zum zweiten wurden die Methoden, aus diesen Daten Gebäudemodelle abzuleiten, weiter perfektioniert. Mit intelligenten Algorithmen lassen sich – unter Zuhilfenahme anderer Daten (v. a. Gebäudegrundrisse des Liegenschaftskatasters) – hocheffizient sehr genaue Gebäudemodelle erstellen.

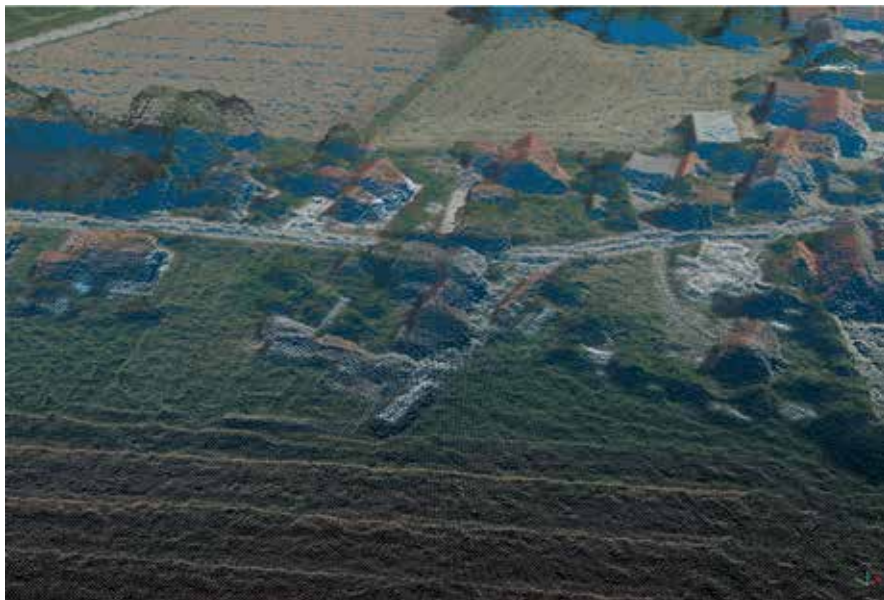


Abb. 2: Punktwolke

2.2 3D-Visualisierung und digitale Erlebbarkeit

Die 3D-Visualisierung von Landschaften (wobei hier, wie schon gesagt, 2,5 D fast immer ausreicht), gehorcht dem immer gleichen Grundrezept:

Das DGM definiert eine Geländeoberfläche, auf diese wird eine Textur aufgebracht, z. B. ein Digitales Orthophoto (DOP) – das schon eine gute Annäherung an eine fotorealistische Darstellung ist. Die Qualität lässt sich durch die Auflösung des DGM und der Textur steigern – solange Aufnahmetechnologie, Verarbeitungsmöglichkeit, Datenspeicherplatz und Visualisierungssoftware es zulassen. Seit längerem kann man auf diese Art beliebige perspektivische Ansichten (z. B. auch Gebäude-Schrägansichten) produzieren – ganz früher waren dies Einzelansichten.

Die Vermessungsverwaltung ist auch im Internet präsent – mit dem BayernAtlas als Internet-Dienstleistung aus allen diesen Daten. Es ist naheliegend, diesen auch in Richtung der dritten Dimension zu erweitern. Aber wie kommen wir dorthin?

Neu ist, dass schnellere Rechner und bessere Software solche Ansichten immer schneller berechnen können, und zwar so schnell, dass dies auch „on the fly“, also

laufend neu geschehen kann. Damit können die Ansichten als Reaktion auf Mausbewegungen oder Interaktionen des Nutzers so flüssig gedreht oder gezoomt werden, dass der Nutzer sich interaktiv durch die digitale Landschaft bewegen kann – ähnlich wie bei einem Flugsimulator-Spiel.

Die ersten Ansätze waren schon ab 2000 in der damaligen Auflage der „TOP50“-CD enthalten – einige erinnern sich an die 3D-Visualisierungssoftware mit den Topographischen Karten als Textur.

Das Prinzip war das gleiche wie heute, neu sind allerdings die weiter stark erhöhte Rechenleistung auf den Endgeräten und weiter verbesserte Algorithmen. Das meiste hat sich aber gerade bei der Hardware getan, konkret bei der Grafikkarte, also der Spezialhardware, die den Bildschirm ansteuert – Treiber der Entwicklung ist übrigens die Computerspiele-Industrie. Die Software nutzt die Direktansteuerung hardwarebeschleunigter Grafikkarten über Beschreibungssprachen wie OpenGL, um die hoch detaillierten Oberflächenmodelle **schnell** anzeigen zu können.

Wenn wir dies nun nicht mit einer (speziellen) Spiele- oder Flugsimulator-Software visualisieren wollen, sondern mit einem handelsüblichen Internetbrowser, treten weitere Fragestellungen auf: Frühere Internetbrowser hatten – als Standardwerkzeug – keine Möglichkeit, die hochgezuchteten Grafikkarten direkt anzusteuern und optimal auszunutzen. Man löste das Problem durch Zusatzinstallationen, so genannte Plug-ins, die das fehlende Glied zwischen Browser und Grafikkartensteuerung darstellten.

Auch hier war das LDBV schon 2012 gemeinsam mit dem Staatsministerium für Medien, Wirtschaft, Energie und Technologie (StMWi) – im Rahmen des GDI-Verbundprojekts „Energie-Atlas Bayern“ an der Realisierung einer 3D-Analyse von Windkraftanlagen beteiligt – ein schönes Beispiel, wie die Geodateninfrastruktur als Impulsgeber für die Entwicklung wirkte. Plug-in und Realisierung erfolgten übrigens damals von der Firma 3D Reality Maps GmbH, einem der heutigen Projektpartner.

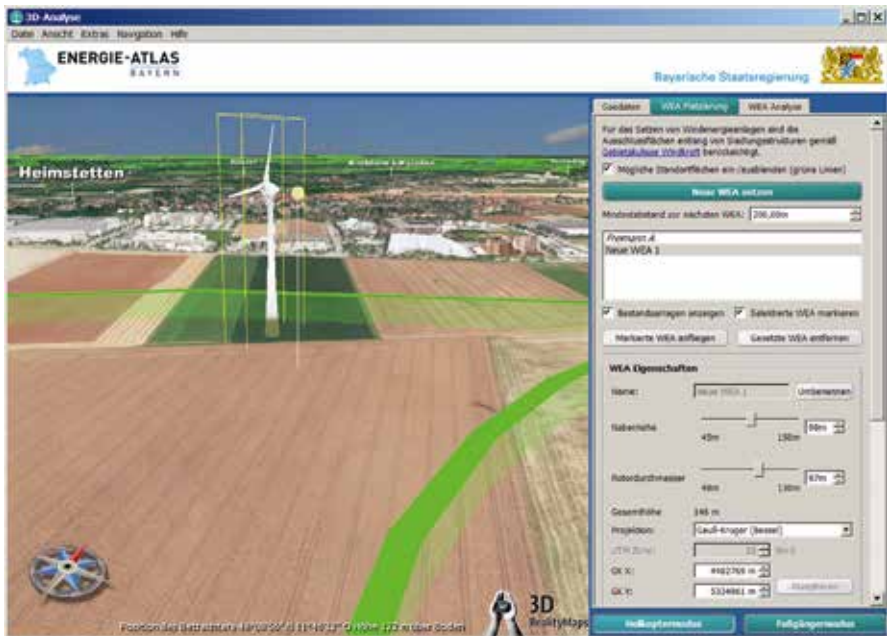


Abb. 3: Energieatlas Bayern: 3D-Windkraftanalyse

Die Attraktivität blieb gebremst, weil man gezwungen war, das Plug-in zu installieren. Dies änderte sich erst ab ca. 2015 – wieder durch Impulse aus der Computerspiele-Industrie. Erste Browser wurden ausgeliefert, die ermöglichten,

- mit Javascript (der Computersprache, die uns die schönen bewegten Bilder im Browser beschert)
- eine neue Bildbeschreibungssprache – WebGL – anzusteuern,
- die wiederum das oben erwähnte OpenGL und damit die Grafikkarte ansteuern konnte.

Weiter steigende Rechenleistung, weiter verfeinerte Datenübertragungsmethoden sowie ein schnelleres Internet taten ein Übriges: Inzwischen ist es möglich, aus dem Internet mit einem Standardbrowser 3D-Daten zu laden und interaktiv zu bewegen. Nötig sind dafür allerdings relativ neue Rechner (selbstverständlich auch mobile Endgeräte) und neue Browser – und ein entsprechend breitbandiger Netzanschluss. Weiter unten in Abschnitt 4 mehr dazu.

3. Zweiteilige Umsetzung im Projekt „Heimat 3D – Bayern digital“

Zielvorstellung des Projekts war eine doppelte, nämlich

- die Weiterentwicklung und der Betrieb des BayernAtlas mit 3D-Darstellung des Geländes sowie
- die Einbindung einer hochauflösenden 3D-Visualisierung ausgewählter Prunkbauten der Bayerischen Schlösser- und Seenverwaltung.

Auch hier finden wir auch die beiden Pole „High-End“ und „Grundversorgung“ wieder.

3.1 „High-End“ – die Schlösser und Prunkbauten

Der „High-End“-Teil besteht in der Erstellung von Gebäudemodellen, und zwar von Innen- und Außendarstellungen ausgewählter bayerischer Prunkbauten. Die Weiterentwicklung der Methoden für Aufnahme und Produktion der Modelle sowie die Erstellung der Visualisierungen selbst wurde unter der Ägide von Prof. Dr. Hirzinger – an zwei Firmen vergeben.

Die Visualisierungen der Außenansichten wurden von der Fa. 3D Reality Maps GmbH durchgeführt. Dabei wurden mit aufwändigen Schräg-Befliegungen Bilder als Rohdaten erzeugt und dann in ein 3D-Modell mit einer Genauigkeit von 1 cm umgesetzt.

Die Visualisierungen ausgewählter Innenräume in diesen Schlössern wurde von der Fa. time in the box GmbH umgesetzt. Interessantes Detail: Es kommt dabei die Entwicklungsumgebung „Unity Game Engine“ zum Einsatz, die ansonsten in der Entwicklung von Computerspielen verwendet wird.

Die Rohdaten entstammten digitalen terrestrischen Digitalfotos und terrestrischem Laserscanning. Das Ergebnis ist ein Modell der Innenräume mit einer Genauigkeit < 1mm, die auch für denkmalpflegerische Aspekte interessant sein könnte.

Ein einfaches Rechenbeispiel zeigt aber, dass sich solch hoch genaue Modelle allein wegen der Datenmenge nicht über das Internet laden lassen: Das Originalmodell des Königsschlusses Neuschwanstein enthält 80 Millionen Punkte und ist drei Gigabyte groß – der Download dauert bei einem 16Mbit/s-Anschluss etwa eine halbe Stunde – bei Netzüberlastung natürlich länger.

Nötig ist also eine Detailreduktion, um die Wartezeiten erträglich zu machen. Dies gelingt auch. Im vorliegenden Falle landet man bei einem WebGL-Modell mit 3 Millionen Punkten und 100 Megabyte Größe – mit einer Ladezeit von ca. 1 Minute (bei „bis zu“ 16 Mbit/s). Natürlich wird dies erkaufte mit einer reduzierten Auflösung, die dann „nur“ noch bei 2-5 cm für Außen- und bei 3-9 mm für Innensichtungen liegt – was aber für den Privatanutzer gut ausreicht.



Abb. 4: 3D-Außenvisualisierung der Kaiserburg Nürnberg

3.2 Die Grundversorgung – der Anteil des BayernAtlas

Alle LDBV-Daten entstammen ja der laufenden LDBV-Standardproduktion – und werden nicht nur isoliert produziert, sondern auch fortgeführt. Auch hier lässt sich eine hochwertige 3D-Visualisierung mit konventionellen Daten des LDBV erreichen.

Entscheidend für die Softwareentwickler des LDBV waren hierfür die Möglichkeiten, die sich ab Ende 2014 im Rahmen der Entwicklung so genannter 3D-Globen boten. Von Interesse ist hier insbesondere die Open-Source-Software "Cesium WebGL Virtual Globe and Map Engine" – die leistungsfähige Komponenten für 3D-Visualisierungen im Browser (ohne Plug-in!) bereitstellt – und die gut mit der für den bisherigen (2D-) BayernAtlas eingesetzten Software harmoniert. Damit war es dem LDBV möglich, mit relativ geringem Aufwand dies im BayernAtlas zu implementieren.

Als Eingangsdaten werden vom LDBV das Digitale Orthophoto, der Webatlas und das DGM genutzt. Die Einbeziehung amtlicher Daten an den Landesgrenzen zwingt allerdings zu Kompromissen.

- Es ist naheliegend, dass Bayern (etwa im bayerisch-österreichischen Bergwandergebiet) keine Insel darstellen soll, dass man also DOP und Karte an der Landesgrenze nicht einfach abschneiden darf.
- Allerdings müssen wir darauf achten, möglichst nur amtliche Daten zu verwenden.
- Bei insgesamt sieben Nachbarn (vier Bundesländer und drei andere Staaten) stößt der grenzüberschreitende administrative Aufwand (z. B. für Lizenzierung und Datenaufbereitung) allerdings schnell an Grenzen.
- Hilfreich sind in diesem Zusammenhang die Daten von EuroGeographics, einem Zusammenschluss der europäischen Vermessungsverwaltungen, etwa das Produkt EuroRegionalMap – im Zielmaßstab 1:250.000. Ferner kommt ein DGM der Europäischen Union zum Einsatz, das im Rahmen einer OpenData-Lizenz geldleistungsfrei nutzbar ist. In den niedrigen Zoomstufen wird ferner ein Satellitenbild eingesetzt. Natürlich lösen diese Daten nicht alle offenen Fragen, aber sie ermöglichen einen akzeptablen Kompromiss.

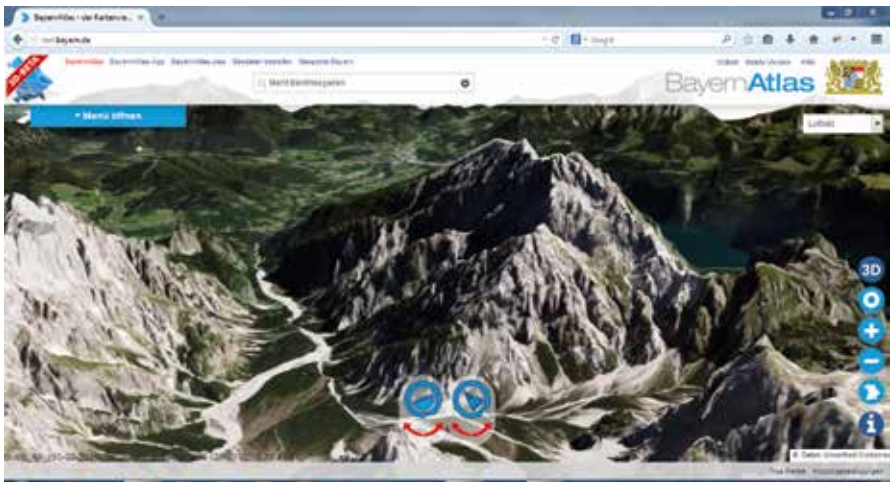


Abb. 5: BayernAtlas 3D – Blick von der Landesgrenze auf das Wimbachgries und den Watzmann, im Hintergrund Berchtesgaden

3.3 Verlinkung

Setzen wir nun die beiden Teile des Projekts zusammen.

- Der „High-End“-Teil die – fotorealistische 3D-Visualisierung einzelner Schlösser und Burgen
- und die Grundversorgung, also der BayernAtlas mit 3D-Darstellung mit eigenen flächendeckenden Daten in ausreichend guter Qualität – die aber auch fortgeführt werden können

sind und bleiben hinsichtlich ihrer Software unabhängig, um die Flexibilität zu erhalten. Sie sind aber nahtlos miteinander verlinkt und durchgängig bedienbar; der Benutzer gelangt also mühelos von einem zum anderen Teil.

4. Ausblick

Das Rechenbeispiel in 3.1 hat schon die erste Einschränkung hinsichtlich des Internetanschlusses aufgezeigt. Gerade für den Privatnutzer bestehen folgende Einschränkungen:

- Wie gut ist der Internetanschluss des Nutzers – bzw. seine Geduld, Wartezeiten auszuhalten?
- Wie leistungsfähig ist ferner der Rechner bzw. das mobile Endgerät des Nutzers. Hier kommt es vor allem auf die Grafikkarte an: Je neuer, desto besser!
- Wie leistungsfähig ist Ihr Internetbrowser? Gute Ergebnisse lassen sich mit neueren Versionen von Mozilla Firefox, Google Chrome oder Microsoft Edge erzielen. Bereits nicht mehr geeignet für die 3D-Innenvisualisierung ist etwa der Microsoft Internet Explorer.

Das ist – natürlich auch unter dem Anspruch, flächendeckend für alle Bürger etwas bieten zu wollen, kritisch zu sehen. Aber genau dies zeigt uns das Dilemma auf:

„High-End“-Technologie ist selten **sofort** oder uneingeschränkt für den Standardanwender geeignet. Die Entwicklung ist dynamisch, und immer wieder wird es auch Überraschungen geben – wie in jeder Einführungsphase einer neuen Technologie. Um diese Anfangsschwierigkeiten kommen wir nicht herum – wir als technische Verwaltung werden diese aber Schritt für Schritt bewältigen – und so die Spannung zwischen den beiden Polen „High End“ und „Grundversorgung aushalten.

Es ist allerdings auch lohnend, denn so können wir als technische Behörde für die Zukunft fit bleiben.

Und – die technische Neuerung wirkt schon, und viele können jetzt schon dabei sein. In einem halben Jahr sind es schon wieder viele mehr. ■■■