

Visualisierung des DGM1 als Schummerung – Versuch einer Standardisierung

Karl-Heinz Gertloff

Zusammenfassung

Analytische Schummerungen von hochauflösenden digitalen Geländemodellen sind neue Produkte der Geotopographie. Sie werden in den Bundesländern jedoch nicht einheitlich, sondern zum Teil mit landesspezifischen Parametern berechnet. Dies führt zu unterschiedlichen visuellen Ergebnissen für vergleichbare topographische Situationen. Im Beitrag wird verschiedenen Schummerungsvarianten mit der Steillichtschummerung eine neue Variante gegenübergestellt, die sich als Standard für großmaßstäbige Schummerungen anbietet.

Summary

Analytical hillshadings of high-resolution digital terrain models are new products of geotopography. However, in German federal states they are calculated not uniformly but partially by specific parameters. This causes different visual results for comparable topographic situations. In this article three standard versions of hillshading are confronted with a new version with a steep incidence of light which is qualified to become a standard for large-scale hillshading.

Schlüsselwörter: digitales Geländemodell, Visualisierung, Schummerung, Steillichtschummerung

1 Digitales Geländemodell DGM1

Im Rahmen des ATKIS®-Projekts werden von der Landesvermessung zur einheitlichen Beschreibung des Geländereiefs digitale Geländemodelle in unterschiedlichen Qualitätsstufen bereitgestellt. Mit dem DGM1 oder ersatzweise dem DGM2 sind so zum Jahresende 2016 bereits für mehr als 90 % der Fläche des Bundesgebietes hochauflösende, dem AdV-Standard entsprechende digitale Geländemodelle als Produkte des amtlichen Vermessungswesens verfügbar (www.adv-online.de/adv-produkte/geotopographie/):

- das DGM1 für die gesamten Landesflächen von Baden-Württemberg, Bayern, Berlin, Bremen, Hamburg, Hessen, Nordrhein-Westfalen, Saarland, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein sowie für Teile der Landesflächen von Mecklenburg-Vorpommern (21 %), Niedersachsen (40 %), Rheinland-Pfalz (78 %, Rohdaten für gesamte Landesfläche) und Thüringen (38 %),
- das DGM2 für die gesamten Landesflächen von Brandenburg, Sachsen und Thüringen.

Grundlage des DGM1 sind die bei Laserscannerbefliegungen gemessenen Geländepunkte (Rohdaten). Bei älteren Befliegungen liegt deren mittlere Punktdichte teilweise

noch unter 2 Pkt./m², Befliegungen in jüngster Zeit sind dagegen bereits mit Punktdichten von bis zu 10 Pkt./m² erfolgt. In allen Fällen sind dabei die Kleinformen an der Geländeoberfläche – das sog. Mikrorelief – mit erfasst worden und somit auch im DGM1 modelliert.

2 Schummerungsdarstellungen des DGM1

Automatisch erzeugte Schummerungen des DGM1 sind neue Produkte der Geotopographie. Sie werden als Grafik-Dateien abgegeben und sind teilweise auch in Geoportale der betreffenden Länder eingestellt. Die Berechnung der Schummerungen erfolgt jedoch nicht einheitlich, sondern zum Teil mit länderspezifischen Parametern. Für gleiche bzw. vergleichbare topographische Situationen führt dies zu unterschiedlichen visuellen Ergebnissen – eine unbefriedigende Situation.

Diese Problematik wird im Folgenden mit der Beschreibung und mit Abbildungen verschiedener Schummerungsvarianten mit unterschiedlichen Berechnungsparametern aufgezeigt und mit einem Lösungsvorschlag ergänzt. Als Beispiel dient ein Ausschnitt aus dem Stadtgebiet Wiesbaden mit einer bewegten topographischen Situation und mit Ortslagen, Feldlagen und Waldgebieten (Abb. 1).

Standard-Schräglichtschummerung

- Beleuchtung aus NW
- Höhe der Lichtquelle 45° über dem Horizont
- Gelände nicht überhöht
- Grauwerte 0 % (weiß) ... 100 % (schwarz)

Mit der Standard-Schräglichtschummerung lassen sich die Geländeformen anschaulich plastisch wiedergeben. Bei ungünstigen topographischen Situationen können jedoch Licht- und Schattenhänge überstrahlt bzw. verschattet sein, so dass an den betreffenden Stellen Relief-Details nicht zu sehen sind. Deren Erkennbarkeit hängt auch von der Richtung der Relief-Strukturen ab: quer zur Beleuchtungsrichtung verlaufende Strukturen werden hervorgehoben, dagegen sind in Beleuchtungsrichtung verlaufende Strukturen stellenweise kaum noch, mitunter auch gar nicht sichtbar.

Böschungsschummerung

- Beleuchtung aus dem Zenit (Höhe der Lichtquelle 90° über dem Horizont)
- Gelände i. d. R. stark überhöht
- Grauwerte 0 % ... 100 %

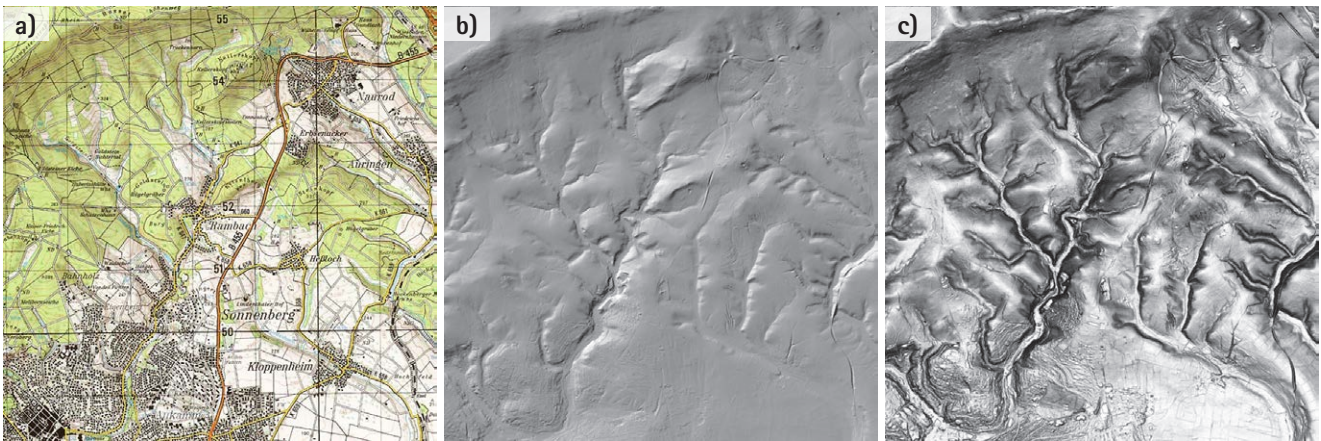


Abb. 1: Vergleichsgebiet Wiesbaden; Fläche: 7 km x 7 km; Höhen: $\Delta H = 427$ m, $\Delta H_{\text{km}^2} = 27$ m ... 224 m
 a) Topographische Karte 1:50000, Normalausgabe mit Schummerung (© Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation 2010).
 b) DGM1-Standard-Schräglightschummerung. c) DGM1-Böschungsschummerung (Gelände 10-fach überhöht)

Eine Böschungsschummerung ist stets objektiv und eindeutig. Gleiche topographische Situationen werden gleich wiedergegeben. Der Grauwert entspricht an allen Stellen streng der Geländeneigung (je steiler desto dunkler). Nachteilig sind der geringe plastische Eindruck und die Tatsache, dass steile Hänge sehr dunkel und horizontale Flächen sehr hell wiedergegeben werden, so dass an diesen Stellen häufig ebenfalls keine Relief-Details zu erkennen sind.

Die folgenden drei ausgewählten Beispiele für Schummerungen in Geoportalen mit länderspezifischen Schummerungsparametern unterscheiden sich von der o.g. Standard-Schräglightschummerung jeweils in nur einem sowie untereinander jeweils in zwei Berechnungsparametern.

Schräglightschummerung im »BayernAtlas«
 Bayerisches Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung (LDBV)

- Beleuchtung aus NW
- Höhe der Lichtquelle 45° über dem Horizont
- Gelände nicht überhöht
- Grauwerte 2 % (R250 G250 B250) ... 90 % (R25 G25 B25 %)

Schräglightschummerung im »BodenViewer Hessen«
 Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG)

- Beleuchtung aus NW
- Höhe der Lichtquelle 45° über dem Horizont
- Gelände 10-fach überhöht
- Grauwerte 0 % ... 100 %
- zusätzlich: Transparenz 50 %

Schräglightschummerung im »Geoportal Nordrhein-Westfalen«

- Bezirksregierung Köln, Abt. 7 (Geobasis NRW)
- Beleuchtung aus NW

- Höhe der Lichtquelle 30° über dem Horizont
- Gelände nicht überhöht
- Grauwerte 0 % ... 100 %

Die Parameter der Schräglightschummerung »Bayern« und somit deren Visualisierungsergebnisse stimmen weitgehend mit denen einer Standard-Schräglightschummerung überein. Alle drei Varianten sind zwangsläufig auch mit den grundsätzlichen Mängeln einer Schräglightschummerung behaftet.

3 Alternative: Steillightschummerung

Die Modellierung von Kleinformen der Geländeoberfläche im DGM1 ist dessen Alleinstellungsmerkmal gegenüber anderen DGM mit größerer Gitterweite. In einer DGM1-Schummerung sollten diese Kleinformen somit auch möglichst überall erkennbar sein – unabhängig von ihrer Lage auf Licht- oder Schattenhängen, von der Beleuchtungsrichtung der Schummerung und von der Geometrie und räumlichen Ausrichtung der Kleinformen. Dies ist deshalb geboten, weil die DGM1-Schummerung als eigenständiges grafisches Produkt produziert und vertrieben wird. Andernfalls würde sich in diesem Produkt eine wesentliche Eigenschaft des zugrundeliegenden DGM1 nicht bzw. nur unvollständig widerspiegeln. Der bisherige alleinige Zweck einer Schummerung, die anschauliche Wiedergabe der Geländeformen ergänzend zur Grundrissdarstellung einer Strichkarte, ist deshalb bei einer Standard-Schummerung des DGM1 um diese neue Anforderung zu erweitern.

In der analogen bzw. manuellen Kartografie gilt die Kombinationsschummerung als »Königin der Schummerungen« (www.reliefschummerung.de). Sie kommt in topographischen Karten kleiner bis mittlerer Maßstäbe und in der Atlaskartografie zur Anwendung (www.reliefschading.com), tritt dort aber gegenüber der sonstigen Kartengrafik in den Hintergrund (Abb. 1) und ist nicht eigenstän-

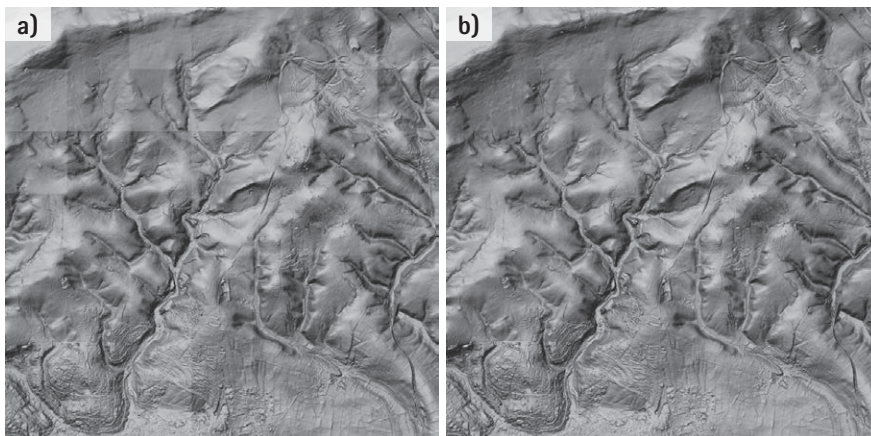


Abb. 2: Berechnung der Steillichtschummerung:
 a) Ausgangsversion mit Überhöhung \ddot{U}_0 jeder km²-Kachel entspr. deren Reliefenergie; $\ddot{U}_0 = D / (2 \times \Delta H)$ mit D = Diagonale und $\Delta H = H_{\max} - H_{\min}$ der Kachel sowie $\ddot{U}_{\max} = 15$
 b) Endergebnis mit harmonisierten Überhöhungen \ddot{U}_3 ; \ddot{U}_1 = Mittelwert aus \ddot{U}_0 der betreffenden Kachel und der an diese angrenzenden Kacheln, Berechnung von \ddot{U}_2 und \ddot{U}_3 durch zweimalige Wiederholung der Mittelbildung

dig nutzbar. Bei der Kombinationsschummerung werden zwei imaginäre Lichtquellen verwendet: eine Haupt-Lichtquelle im NW und eine Neben-Lichtquelle im Zenit. Die vektorielle Addition beider Beleuchtungsrichtungen führt zu einer Beleuchtung des Geländes aus NW mit einer sehr hoch über dem Horizont stehenden Lichtquelle.

Diese Geometrie der Beleuchtung liegt auch dem Design der Steillichtschummerung zu Grunde – einer neuen, mathematisch eindeutigen analytischen Schummerung, bei der zusätzlich das Gelände entsprechend der lokalen Reliefenergie variabel überhöht und der Grauwert-Umfang reduziert werden. Die herkömmliche Schummerungsberechnung mit einer gängigen Visualisierungs-Software muss dazu nur geringfügig erweitert werden.

Parameter und Merkmale der Steillichtschummerung

- Beleuchtung aus NW
- Höhe der Lichtquelle 67,5° über dem Horizont
- Gelände-Überhöhung \ddot{U} :
 variabel mit $\ddot{U} \sim 1 / \Delta H$
 Standard-Flächeneinheit für Berechnung der Gelände-Überhöhung: 1 km²
 maximale Überhöhung $\ddot{U}_{\max} = 15$
 Harmonisierung der Überhöhung durch gleitende Mittelbildung
- Grauwerte 20 % ... 80 %

Die Höhe der Lichtquelle ist der Mittelwert der entsprechenden Höhen bei der Standard-Schräglicht- und bei

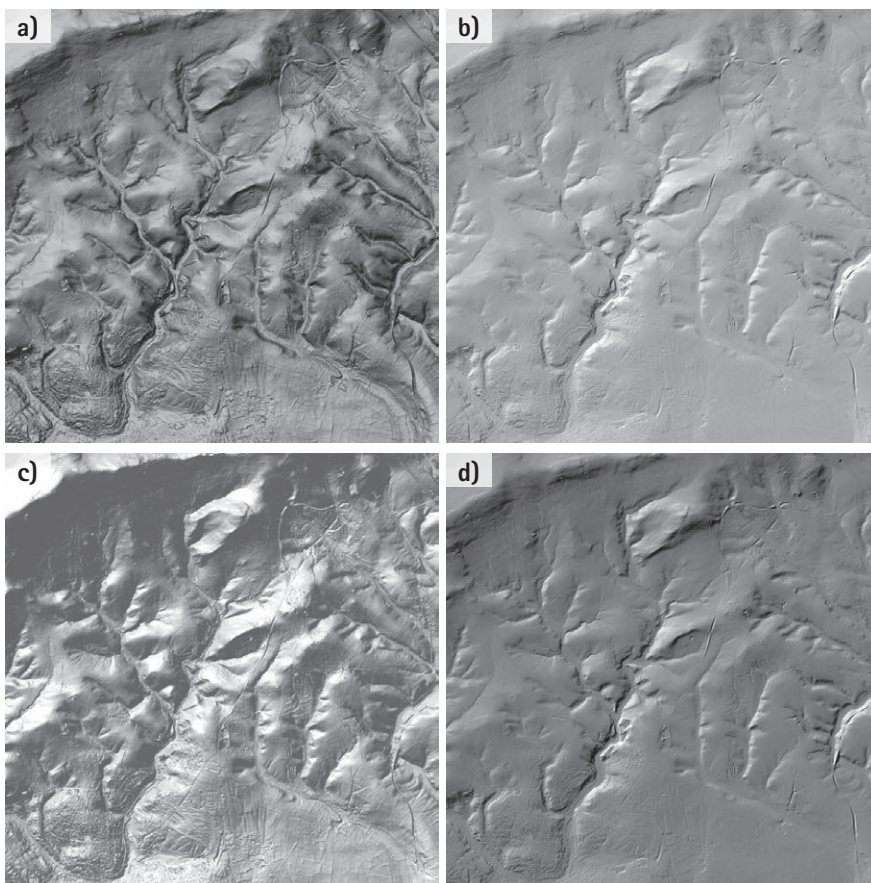


Abb. 3: Gegenüberstellung von Schummerungsvarianten:
 a) Steillichtschummerung
 b) Schummerung mit Parametern LDBV Bayern
 c) Schummerung mit Parametern HLNUG Hessen
 d) Schummerung mit Parametern Geobasis NRW

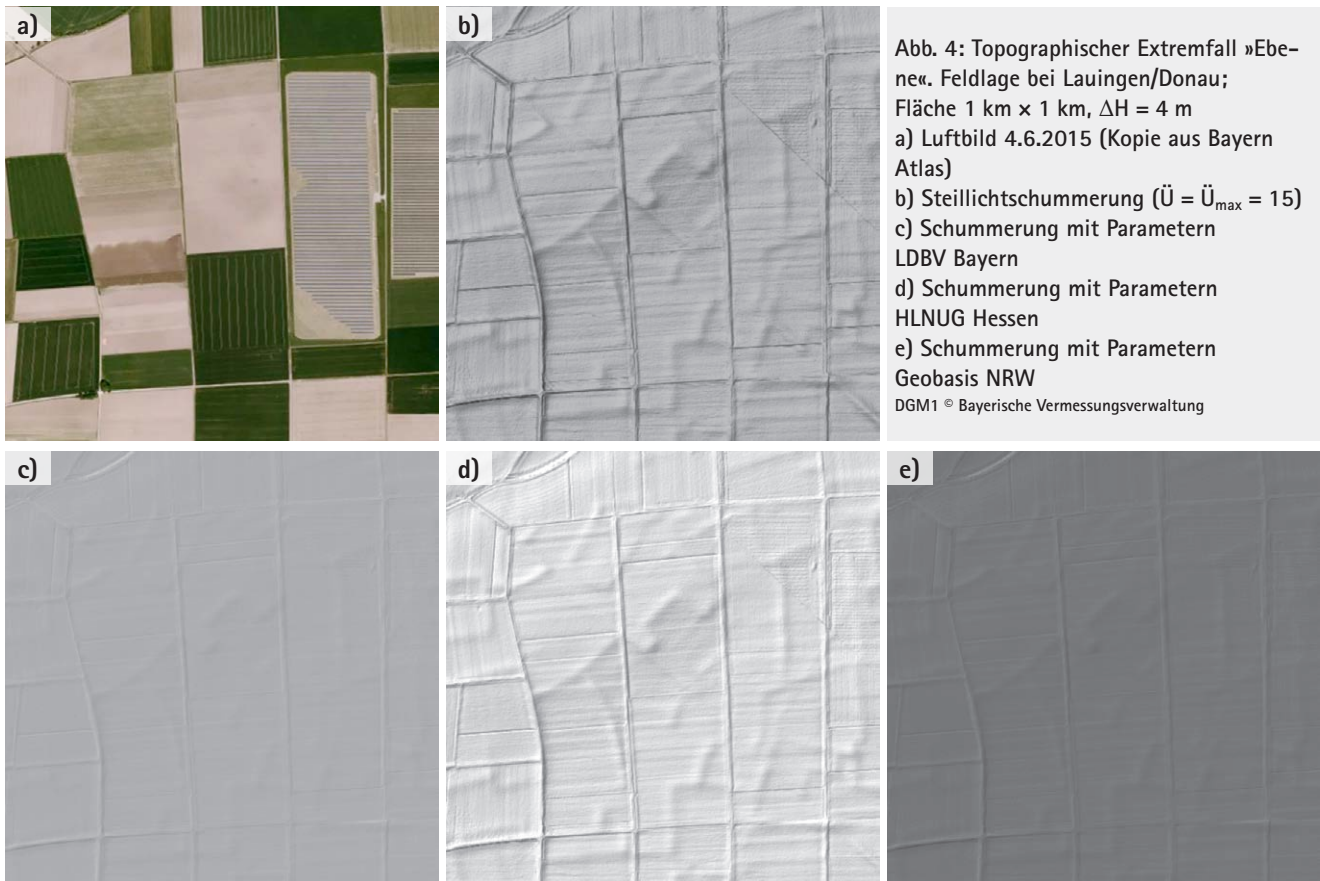


Abb. 4: Topographischer Extremfall »Ebene«. Feldlage bei Lauingen/Donau; Fläche 1 km × 1 km, $\Delta H = 4 \text{ m}$
 a) Luftbild 4.6.2015 (Kopie aus Bayern Atlas)
 b) Steillichtschummerung ($\ddot{U} = \ddot{U}_{\text{max}} = 15$)
 c) Schummerung mit Parametern LDBV Bayern
 d) Schummerung mit Parametern HLNUG Hessen
 e) Schummerung mit Parametern Geobasis NRW
 DGM1 © Bayerische Vermessungsverwaltung

der Böschungsschummerung. Die Schritte zur Berechnung und Harmonisierung der variablen Überhöhungen sind in Abb. 2 beschrieben. Die Berechnungs-Formel, die maximale Überhöhung und die Reduzierung des Grauwert-Umfangs sind das Resultat mehrerer Versuche mit dem Ziel, für jedes einzelne km-Quadrat und damit auch über die gesamte Projektfläche eine Schummerungsdarstellung mit einem mittleren Grauwert zu erreichen.

Mit der Steillichtschummerung werden die Vorteile von Schräglicht- und Böschungsschummerungen überwiegend erhalten, deren Nachteile überwiegend vermieden, Mikrorelief-Strukturen und -Details i. d. R. überall erkennbar und die topographische Situation lokal weitgehend objektiv wiedergegeben. Großflächig verschattete und überstrahlte Bereiche sind weitestgehend ausgeschlossen, was der eigenständigen Nutzung dieser Schummerung für großmaßstäbige Visualisierungen, Analysen usw. zugute kommt (Abb. 3). Dafür ist in Kauf zu nehmen, dass in (seltenen) ungünstigen Fällen an den Grenzlinien benachbarter km²-Kacheln geringe, das Gesamtbild der Schummerung nicht störende Grauwert-Unterschiede möglich sind.

Die Abb. 4 und 5 verdeutlichen, dass eine Steillichtschummerung auch und gerade für extreme topographische Situationen zu überzeugenden visuellen Ergebnissen führt: In den Ackerflächen in Abb. 4 heben sich die örtlich nicht mehr als solche erkennbaren ehemaligen Gewinn- und Verlustgrenzen vor der Flurneuordnung heraus, ebenso die Reste eines von Nordwest nach Südost in Beleuchtungsrichtung

verlaufenden, weitgehend verschliffenen Straßendamms einer ehemaligen Römerstraße. In Abb. 5 sind die Felsstrukturen überall auch im Detail gut zu erkennen.

Für eine fundierte endgültige Beurteilung der Steillichtschummerung – auch im Vergleich mit den Schummerungsvarianten »Bayern«, »Hessen« und »Nordrhein-Westfalen« – bedarf es weiterer Beispiele mit unterschiedlichen topographischen Situationen. Diese hier ebenfalls abzubilden, würde den Rahmen dieses Beitrags sprengen; entsprechende Beispiele mit DGM1-Testdaten aus einigen Bundesländern und aus der Schweiz können stattdessen über den Link www.tu-darmstadt.academia.edu/KarlHeinzGertloff unter dem Titel dieses Beitrags eingesehen werden.

Wie jede andere Standard-Schummerung mit definierten Parametern kann auch die vorgestellte Steillichtschummerung nicht für alle topographischen Situationen und für alle DGM1-Anwendungen optimale Ergebnisse liefern. So wird z.B. für die Visualisierung archäologisch oder kulturhistorisch relevanter minimaler Mikrorelief-Strukturen für jeden Einzelfall eine spezielle, objektorientierte Optimierung der Schummerungsparameter erforderlich. Auch kann im Einzelfall eine der o. g. Schummerungsvarianten gegenüber der Steillichtschummerung durchaus ein visuell besseres Ergebnis liefern. Alles in allem aber bietet die Steillichtschummerung gegenüber anderen Standard-Schummerungen einen höheren Informationsgehalt und eine signifikant bessere Detail-Erkennbarkeit.

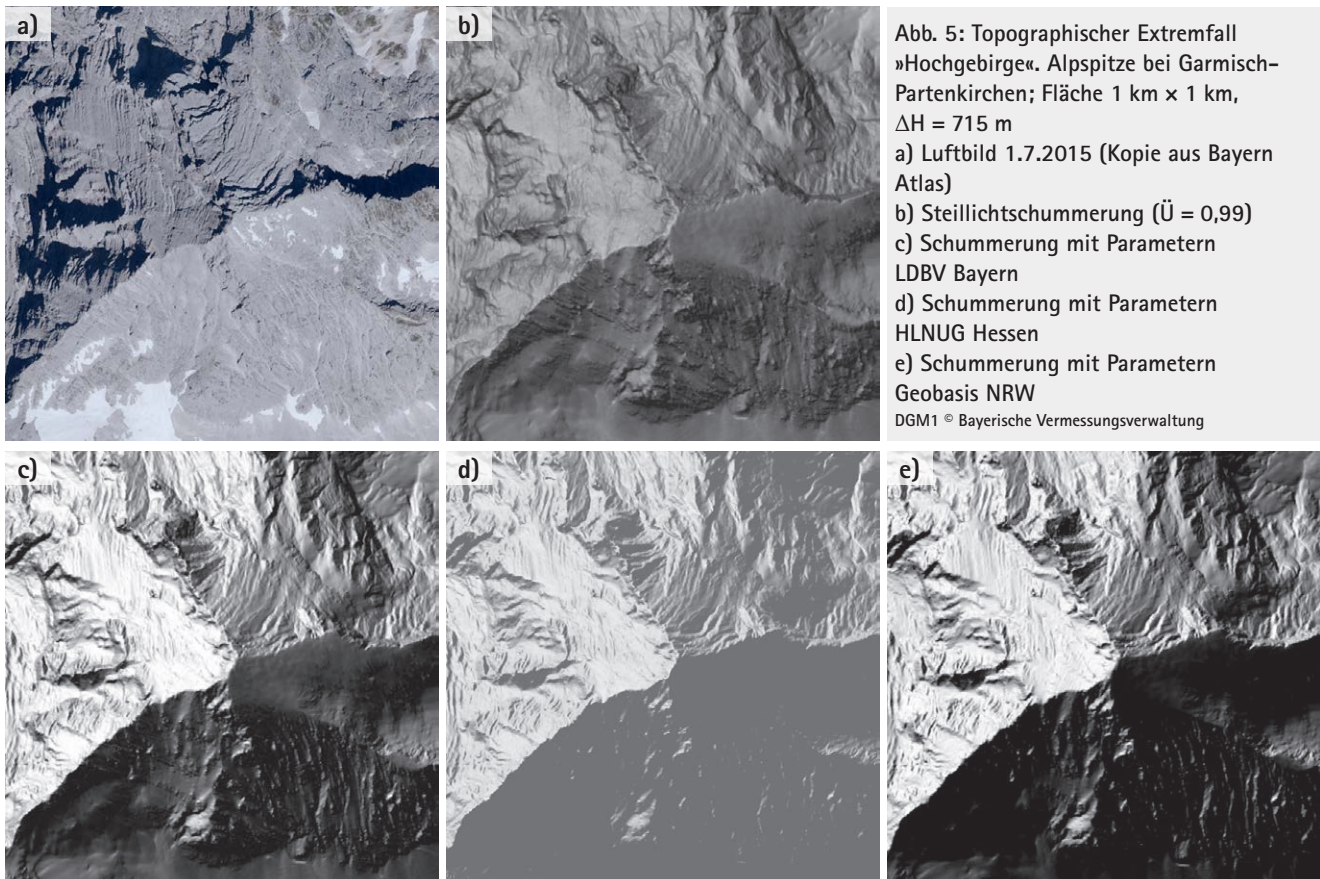


Abb. 5: Topographischer Extremfall »Hochgebirge«. Alpstizze bei Garmisch-Partenkirchen; Fläche 1 km x 1 km, $\Delta H = 715$ m
 a) Luftbild 1.7.2015 (Kopie aus Bayern Atlas)
 b) Steillichtschummerung ($\ddot{U} = 0,99$)
 c) Schummerung mit Parametern LDBV Bayern
 d) Schummerung mit Parametern HLNUG Hessen
 e) Schummerung mit Parametern Geobasis NRW
 DGM1 © Bayerische Vermessungsverwaltung

4 Schlussbemerkungen

Die Parameter der vorgestellten Steillichtschummerung sind nach dem subjektiven Empfinden des Verfassers für ein ansprechendes grafisches Ergebnis festgelegt worden. Sie sind primär als Diskussionsgrundlage zu verstehen. Variationsmöglichkeiten für andere, subjektiv und ggf. auch objektiv bessere Ergebnisse sind insbesondere durch Veränderung(en) der Gelände-Überhöhung und/oder des Grauwert-Umfangs möglich.

Unterlagen für diesen Beitrag sind von verschiedenen Stellen zur Verfügung gestellt bzw. mitgeteilt worden: der DGM1-Ausschnitt für das Vergleichsgebiet Wiesbaden vom Vermessungsamt der Stadt Wiesbaden und die Schummerungsparameter »Bayern«, »Hessen« und »Nordrhein-Westfalen« von den Vermessungsverwaltungen der betreffenden Länder. Herr Rautenberg, ehemaliger Mitarbeiter der Stadtkartografie im Vermessungsamt Wiesbaden, hat mit wertvollen Hinweisen zum Design der Steillichtschummerung beigetragen. Ihnen allen gilt der besondere Dank des Verfassers.

Internetlinks

www.adv-online.de/adv-produkte/geotopographie/, letzter Zugriff 02/2017
www.reliefshummerung.de, letzter Zugriff 02/2017
www.reliefshading.com, letzter Zugriff 02/2017
www.tu-darmstadt.academia.edu/KarlHeinzGertloff

Anschrift des Autors

Dipl.-Ing. Karl-Heinz Gertloff
 (ehemals Vermessungsamt Wiesbaden)
 Erich-Kästner-Straße 118, 63329 Egelsbach

Dieser Beitrag ist auch digital verfügbar unter www.geodaesie.info.