

4 Wahrnehmungsorientierte Kartengestaltung

Christoph Traun

4.1 Einführung

Noch nie zuvor in der Geschichte war es so einfach, Karten zu erstellen, und noch nie zuvor wurden so viele Karten verwendet bzw. produziert. Nahezu alle diese Karten sind zweckorientiert, dienen also etwa der Kommunikation räumlicher Sachverhalte, der Exploration räumlicher Daten (vgl. DiBiase 1990) oder der Interaktion zwischen Kartennutzern. Aber erfüllen sie ihren Zweck auch immer erfolgreich? Und worin unterscheiden sich Karten, die auf den ersten Blick übersichtlich, klar und intuitiv verständlich sind von solchen, die sich erst nach intensivem Studium erschließen, sofern sie ohnehin nicht gleich „weggeklickt“ werden? Während sich andere Kapitel in diesem Werk den Themen Usability und User Experience widmen und damit die Interaktion bzw. das damit verbundene Erlebnis des Benutzers mit der kartenbasierten Gesamtapplikation in den Vordergrund stellen, konzentriert sich dieses Kapitel auf die grafische Gestaltung digitaler Karten als Kernaspekt der Usability und Vorbedingung für eine gelungene Interaktion. Als Ausgangspunkt dafür dient die visuelle Wahrnehmung des Menschen in ihren Möglichkeiten und Grenzen. Das Verständnis der physiologischen und psychologischen Grundlagen unseres Sehens ist dabei eine wichtige Grundlage für den zweiten Abschnitt dieses Kapitels, der diesbezügliche Erkenntnisse in konkrete Hinweise zur effektiven grafischen Strukturierung von Internet-Kartenanwendungen überführt.

4.2 Visuelle Wahrnehmung

Unter „visueller Wahrnehmung“ wird nicht nur die Fähigkeit verstanden, visuelle Reize aufzunehmen, sondern auch diese Reize zu unterscheiden und sie durch Vergleich mit früheren Erfahrungen zu interpretieren (Böhringer et al. 2008). Abgesehen von der Anatomie unseres Sehapparats, spielen also auch Einstellungen, Erwartungshaltungen, Aufmerksamkeitsniveau und Seherfahrungen eine bedeutende Rolle, wie wir einen visuellen Reiz wahrnehmen und letztlich darauf reagieren. Dabei werden angefangen vom retinalen Bild bis zum „mit Bedeutung aufgeladenen“, mentalen Modell des Gesehenen mehrere Stufen der Perzeption bzw. Kognition durchlaufen. Eine Einführung in das Thema bieten Snowden et al. (2012), eine detailliertere Betrachtung der für die Objektbildung und visuelle Gruppierung ausschlaggebenden Faktoren Wagemans et al. (2012). Im Kontext dieses Kapitels können nur einige wenige, für die Kartengestaltung besonders relevante Aspekte herausgegriffen werden, die sich insbesondere auf frühe Stadien in der perzeptiv-kognitiven Verarbeitungskette konzentrieren.

4.2.1 Das Auge

Mit einer Fotokamera, die über den gesamten Bildausschnitt eine annähernd konstante räumliche und spektrale Auflösung aufweist, hat unser Auge relativ wenig gemein. Durch die ungleiche Verteilung der ca. 125 Mio. lichtempfindlichen Zellen in der Netzhaut, konzentriert sich der Großteil unserer Sehkraft auf den sehr kleinen Bereich der Netzhautgrube (Fovea). Dieser Bereich der höchsten Auflösung nimmt nur etwa ein Tausendstel der Netzhautfläche ein, beansprucht aber circa die Hälfte der visuellen Verarbeitungskapazität des Gehirns. Das ergibt sich aus der sehr hohen Dichte an Fotorezeptoren in der Fovea, die überdies fast 1:1 mit Nervenzellen verschaltet sind, welche die Reizweiterleitung zum Gehirn übernehmen. Da in der Fovea vor allem die farbempfindlichen Zapfen liegen, ist im zentralen Sehfeld nicht nur die Sehschärfe, sondern auch die Farbwahrnehmung am höchsten. In der Netzhautperipherie überwiegen die Stäbchen. Diese haben zwar eine niedrigere Reizschwelle, d. h. sie arbeiten auch bei wenig Licht, können jedoch nur Helligkeitsunterschiede wahrnehmen. Daher „verblassen“ bei Einbruch der Nacht die Farben und weichen einer Graustufenversion. Aus erwähnten Gründen sehen wir nur in einem sehr kleinen Bereich unseres Gesichtsfelds hervorragend. Der Winkel des schärfsten Sehens beträgt gerade $1,5^\circ$. Um dennoch ein Gesamtbild unserer Umgebung – oder eben einer Karte – zu erhalten, verbinden wir die hoch aufgelösten, punktuellen Fixationen mit extrem schnellen Blickbewegungen (Sakkaden), wobei während einer Sakkade die Informationsaufnahme kurz unterbrochen wird. Da wir unseren Blick jederzeit entsprechend unserer Aufmerksamkeit lenken können und unser Gehirn außerdem die punktuellen Fixationen sowie deren peripher gesehenes Umfeld zu einem visuellen Gesamteindruck kombiniert, haben wir subjektiv das Gefühl, innerhalb unseres Gesichtsfelds alles genau zu registrieren. Objektiv gesehen ist das jedoch nicht der Fall, wie nicht nur zahlreiche Untersuchungen bestätigen (O'Regan et al. 1999, Simons & Chabris 1999, Varakin et al. 2004), sondern beispielsweise auch der Umstand, dass die Suche nach den „10 Unterschieden“ zwischen zwei letztendlich gar nicht so gleichen Bildern mit ziemlichem Aufwand verbunden sein kann.

Für die Kartengestaltung sind diese physiologischen Grundlagen insofern relevant, weil einerseits eine grafisch klar strukturierte Karte dem Auge mehr Führung bei einer ersten Groborientierung bietet. In stark professionalisierten Anwendungen helfen Eye-Tracking-Untersuchungen (Cöltekin et al. 2009) dabei sicherzustellen, dass das Auge möglichst auf die wichtigen Inhalte geleitet wird. Andererseits führt unser sequenzielles Abtasten der Umgebung besonders bei animierten Karten dazu, dass mehrere gleichzeitige Änderungen außerhalb des visuellen Fokus nur schlecht und Änderungen während einer Sakkade gar nicht wahrgenommen werden (Fish et al. 2011). Insofern ist es z. B. wichtig, dem Nutzer Hilfsmittel (z. B. Schieberegler) zur interaktiven Steuerung bzw. Wiederholung von Animationen zur Verfügung zu stellen (Harrower 2003).

4.2.2 Gestaltwahrnehmung und visuelle Gruppierung

Eine der ersten Reaktionen auf einen visuellen Eindruck besteht darin, das visuelle Feld, also die von der Netzhaut registrierten Reize, zu strukturieren, indem wir eine dinghafte „Gestalt“ bzw. „Figur“ von einem amorph wahrgenommenen „Hintergrund“ trennen. Da-

bei stützen wir uns vor allem auf Konturlinien, die grafisch homogene Bereiche (z. B. in Bezug auf Helligkeit oder Farbe) voneinander abgrenzen. Die Grenze wird als Bestandteil der Figur interpretiert. Figuren werden als eigenständige Objekte wahrgenommen, bleiben in Erinnerung und bieten Ankerpunkte für unsere selektive Aufmerksamkeit (Qiu et al. 2007). Wie die beiden Beispiele in Abbildung 4.1 zeigen, kann die Gestaltbildung eindeutig sein (Abb. 4.1a: Gesicht vor unscharfem Hintergrund) oder wie im Fall von Kippbildern (Rubin 1921) auch mehrdeutig (Abb. 4.1b: Vase bzw. Gesichter im Profil).

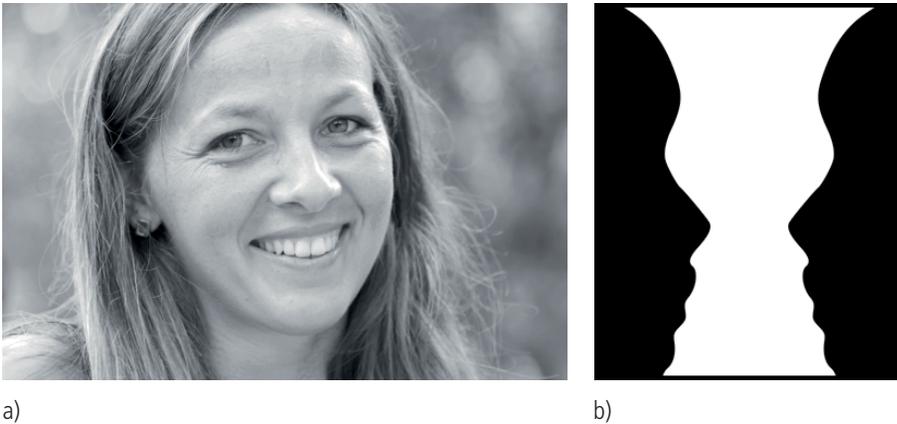


Abb. 4.1 Während bei a) die Trennung von Figur (= Gesicht) und Hintergrund eindeutig ist, lassen Kippbilder b) mehrdeutige Interpretationen zu (a) eigene Quelle; b) https://de.wikipedia.org/wiki/Kippfigur#/media/File:Cup_or_faces_paradox.svg; Bryan Derksen [GFDL (<http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html>) or CC-BY-SA-3.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>)], via Wikimedia Commons)

Gerade Kippbilder zeigen uns, dass es uns nicht möglich ist, beide Formen (Vase und Gesicht) gleichzeitig als Figuren wahrzunehmen, sondern dass wir immer nur entweder eine Vase *oder* zwei Gesichter jeweils vor „einem Hintergrund“ sehen. Unsere visuelle Aufmerksamkeit richtet sich zu einem bestimmten Zeitpunkt also immer nur auf eine Gestalt, alles andere wird als Hintergrund wahrgenommen. Dabei kann die Gestaltbildung auf verschiedenen Maßstabsebenen erfolgen: So können wir in Abbildung 4a beispielsweise ein Auge oder den Mund jeweils als eigene Gestalt wahrnehmen, oder aber das daraus zusammengesetzte Gesicht als Gestalt höherer Ordnung. Diese Gestalt- und damit Objektbildung auf verschiedenen Maßstabsebenen funktioniert deshalb so gut, weil der visuelle Eindruck gleichzeitig auf verschiedenen Maßstabsebenen prozessiert wird (Snowden et al. 2012). Wir haben also ein eigenes Sensorium für niederfrequente als auch für hochfrequente Helligkeitsänderungen im visuellen Feld, was es uns ermöglicht, die (hochfrequenten) Details des fovealen Sehens in die deutlich gröbere Auflösung des peripheren Sehens optimal zu integrieren und so Objekte höherer Ordnung zu bilden.

Da bei Karten oft Objekte (bzw. die sie kennzeichnenden Signaturen) unterschiedlicher grafischer Ausprägung neben- und übereinanderliegen (denken wir etwa an Flächensignaturen, die von Linien und Punktensignaturen überlagert werden), ist es einerseits wichtig, einzelne Objekte und Objektklassen visuell klar voneinander zu trennen. Andererseits soll dem Kartenleser erleichtert werden, zusammengehörige Objektteile oder Objekte

derselben Ausprägung oder Klasse zu gruppieren, um sie anschließend zu Objekten höherer Ordnung assimilieren zu können.

Welche grafischen Eigenschaften im visuellen Eindruck führen aber nun dazu, dass wir einen Teil des visuellen Felds als Figur wahrnehmen, einen anderen jedoch als Hintergrund? Und nach welchen Kriterien gruppieren wir Teilobjekte zu einem Objekt höherer Ordnung? Antworten auf diese Fragen liefert die Gestaltpsychologie, deren Wurzeln gut 100 Jahre zurückreichen (Wertheimer 1912) und die vor dem Hintergrund neuropsychologischer Erkenntnisse zur präattentiven Wahrnehmung in den vergangenen zwei Jahrzehnten einen neuen Aufschwung erlebt hat. Konzeptionelle als auch methodische Probleme der klassischen Berliner Schule der 1930er-Jahre werden von dieser modernisierten Form der Gestaltpsychologie weitgehend überwunden (Wagemans et al. 2012). Im Folgenden werden Faktoren zur effektiven Trennung von Figur und Hintergrund sowie zur visuellen Gruppierung von elementaren Figuren zu Objekten höherer Ordnung diskutiert und in Bezug zur kartographischen Gestaltung gesetzt.

4.2.3 Differenzierung von Figur und Hintergrund

Voraussetzung zur Trennung eines visuellen Felds in Figur und Hintergrund ist die Heterogenität dieses Felds in Bezug auf Farbe, Textur, Helligkeit, Bewegung oder 3D-Tiefe, also die Definition mehr oder weniger homogener Teilflächen. Die Stärke der Figurbildung hängt dabei von einigen Faktoren ab, wobei sich die folgende Darstellung auf die für die Kartographie relevanten Faktoren beschränkt:

Hoher Helligkeitskontrast: Die Helligkeitsdifferenz zwischen Figur und Hintergrund spielt eine sehr wichtige Rolle in der Figurwahrnehmung (vgl. Abb. 2a). Dabei ist sowohl die absolute Gesamthelligkeit unerheblich als auch ob sich eine Figur dunkel auf hellem Hintergrund oder hell auf dunklem Hintergrund abzeichnet (MacEachren & Mistrick 1992). Während in der klassischen Kartographie dunkle Objekte auf hellem Hintergrund Standard waren, sind bei digitalen Karten auch invertierte Darstellungskonzepte üblich. Wichtig ist jedenfalls, auf ausreichend Kontrast zwischen Signaturen(schichten) zu achten.

Klare Abgrenzung zur Umgebung: Deutlich abgegrenzte Flächen (in Abb. 4.2b links und rechts) werden eher als Gestalt wahrgenommen als diffus abgegrenzte Flächen (Mitte). Eine explizite Randlinie um das Objekt (rechts) kann die Figurbildung verstärken, ist jedoch nicht erforderlich, solange das Objekt vom (hier weißen) Hintergrund komplett „umschlossen“ wird und ausreichend Kontrast aufweist (links) (MacEachren 2004, 109).

Einfachheit, Geschlossenheit: Einfache, geschlossene Formen wie Kreis oder Quadrat (Abb. 4.2c) werden besser (schneller) als Figuren erfasst als komplexe und/oder offene Formen (Wagemans et al. 2012, 1195).

Vertrautheit: In der klassischen Gestaltpsychologie wurde davon ausgegangen, dass die Figur-Hintergrund-Trennung in einem sehr frühen, unbewussten Stadium der visuellen Wahrnehmung erfolgt und daher Erfahrung keine Rolle bei der Figur-Hintergrund-Strukturierung spielt. Neuere Untersuchungen zeigen jedoch, dass Vertrautheit mit charakteristischen Figurformen die Figur-Hintergrund-Trennung deutlich beschleunigt (Navon 2010). Es ist davon auszugehen, dass eine Figur-Hintergrund-Trennung zwar präatten-

tativ erfolgen *kann*, aber auch kognitive Top-down-Prozesse zur Figurbildung beitragen können. Neben der semantischen Assoziativität spricht also auch der Umstand der Vertrautheit für die Verwendung (einfacher) sprechender Signaturen.

Symmetrie und Konvexität: Konvexe und/oder symmetrisch geformte Flächen werden tendenziell eher als Figur gesehen als unsymmetrische, konkave Flächen. Allerdings ist Konvexität ein Faktor, der in der klassischen Gestaltpsychologie deutlich überschätzt wurde (Peterson & Salvagio 2008).

Geringe Größe: Kleinere Objekte werden eher als eigenständige Figuren wahrgenommen als großflächige Objekte (Wagemans et al. 2012, 1195). Damit verbunden ist auch das Prinzip, dass kleinteilig strukturierte Flächen gestaltbildender sind als unstrukturierte (Abb. 4.2d). Ein Beispiel aus unserer täglichen Seherfahrung wäre etwa ein vergleichsweise kleinteilig strukturierter und damit als Figur wahrgenommener Baum vor einem unstrukturierten blauen Himmel als Hintergrund, eines aus der Kartographie eine kleinteilig strukturierte Landmasse (Strukturierung beispielsweise durch Siedlungen, Gewässernetz, Schummerung, Beschriftung etc.), die sich als Figur vor einem weitgehend unstrukturierten Meer abzeichnet.

Horizontale und vertikale Ausrichtung: Flächen, die vorwiegend horizontal oder vertikal ausgerichtet sind, werden eher als Figuren wahrgenommen, als längliche Objekte mit schrägachsiger Ausrichtung (MacEachren 2004, 110).

Farbkontrast: Neben dem angeführten Helligkeitskontrast unterstützen auch größere Farbtonunterschiede eine Figur-Hintergrund-Differenzierung. Langwellige, warme Farben (rot) vor einem „kalten“ Hintergrund (blau) werden tendenziell besser als Gestalt gesehen als umgekehrt (Costello 2012). Evolutive Gründe hierfür könnten in der atmosphärischen Perspektive liegen, also darin, dass durch Partikel und Wasserdampf in der Atmosphäre kurzweiliges Licht stärker gebrochen wird und dadurch weit entfernte Hintergrundobjekte einen oft kälteren Farbton (Blaustich) aufweisen als entfernte Objekte. Komplementärfarben eignen sich schlecht zur Figur-Hintergrund-Strukturierung, da die starken Kontraste zu einem unangenehmen Flimmern der Konturgrenzen führen können.

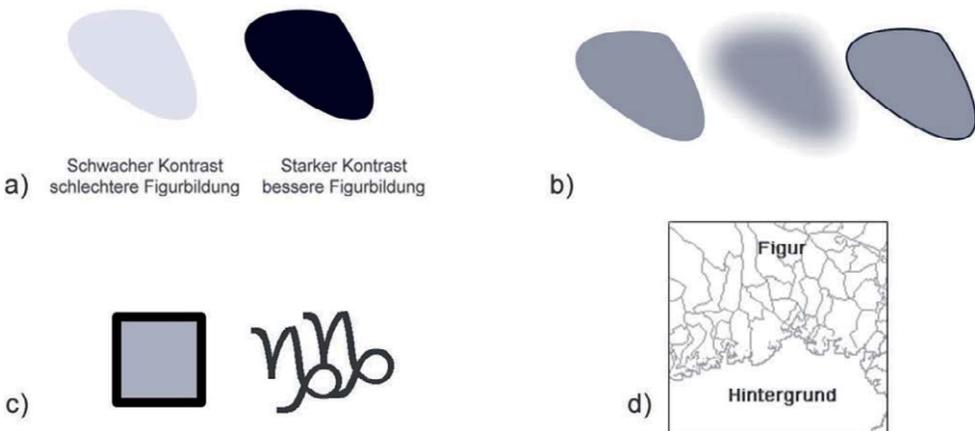


Abb. 4.2 Faktoren der Figur-Hintergrund-Trennung: a) Kontrast, b) Abgrenzung, c) Einfachheit, d) geringe Größe bzw. kleinteilige Struktur (eigene Darstellung)

4.2.4 Visuelle Gruppierung

Bereits 1923 hat Max Wertheimer die wesentlichsten Prinzipien isoliert, die dafür verantwortlich sind, dass elementare visuelle Objekte als visuelle Gruppe und damit als zusammengehörig empfunden werden. Ein explizites Wissen um derartige Mechanismen erlaubt uns, Objekte, die eine inhaltliche Zusammengehörigkeit aufweisen, (karto) graphisch so zu gestalten, dass diese Zusammengehörigkeit sofort ersichtlich ist, also eine gelungene „Übersetzung“ der inhaltlichen in die grafische Dimension erfolgt. In der Kartographie relevante Parameter zur visuellen Gruppierung sind vor allem Ähnlichkeit, Nähe, Kontinuität, gemeinsame Region, Verbundenheit und gemeinsame Bewegungsrichtung.

4.2.4.1 Ähnlichkeit

Grafisch ähnliche Objekte werden als zusammengehörig wahrgenommen. „Ähnlichkeit“ kann sich dabei auf verschiedene Dimensionen wie Farbton, Helligkeit, Form, Größe, Richtung oder binokulare Disparität (3D-Tiefe) beziehen (Abb. 4.3). Die Zugehörigkeit zu einer visuellen Gruppe kann durchaus auch graduell sein. Denken wir beispielsweise an in der Größe kontinuierlich skalierte Punktsignaturen oder die Farbnuancen von Flächen in unklassifizierten Flächenkartogrammen.



Abb. 4.3 Gruppierung durch Ähnlichkeit in Form, Farbton, Größe und Richtung (eigene Darstellung)

Untersuchungen haben gezeigt (z. B. Williams 1967), dass manche der angeführten grafischen Dimensionen, wie beispielsweise Farbton, dominanter (und vor allem präattentativ wahrnehmbare) Gruppen bilden, als andere, wie zum Beispiel Form. So lassen sich auf einer Karte Punktsignaturen, die nach drei Farbtönen (z. B. grün, orange, blau) differenziert sind, „auf den ersten Blick“ voneinander trennen bzw. gruppieren, während die visuelle Gruppierung von in der Form differenzierten Punktsignaturen (z. B. Dreieck, Quadrat, Kreis) wesentlich aufwendiger ist (vgl. Abb. 4.4a). Besonders relevant sind diesbezügliche Unterschiede bei Kartenleseaufgaben, die eine visuelle Objektsuche inkludieren (z. B.: wo am Plan ist die nächste Toilette) oder bei denen es um den Vergleich räumlicher Verteilungen unterschiedlicher Objektkategorien geht.

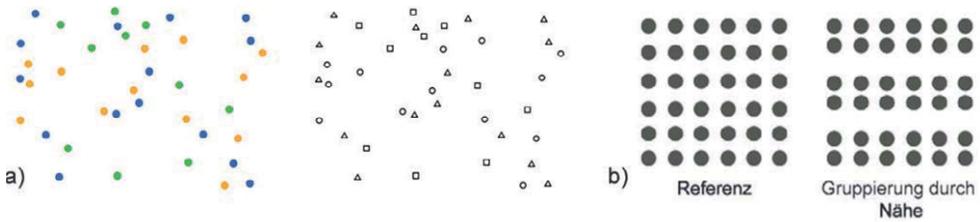


Abb. 4.4 Gruppierung durch a) Farbton versus Form und b) Nähe (eigene Darstellung)

4.2.4.2 Nähe

Wie anhand von Abbildung 4.4b leicht nachvollzogen werden kann, werden Objekte, die sich räumlich nahe sind als zusammengehörig empfunden. Dahinter steht wohl unsere Erfahrung, dass Objekte höherer Ordnung aus benachbarten, visuellen Basisobjekten zusammengesetzt sind (ein Tisch etwa aus vier vertikalen und einem horizontalen Objekt) und dass gleichartige Objekte – als Ergebnis physikalischer, ökologischer oder sozialer Prozesse – häufig räumliche Cluster bilden (z. B. Laub unter Bäumen, Schilf am Ufer, Menschen am Oktoberfest). Dass die relative Stärke der wahrgenommenen Zusammengehörigkeit mit der relativen Distanz zweier Objekte abnimmt, gilt als empirisch gesichert. Bezüglich der Stärke des Zusammenhangs reicht die Bandbreite je nach Versuchsaufbau jedoch von einer linearen (Montello et al. 2003) bis zu einer exponentiellen Charakteristik (Wagemans et al. 2012). Jedenfalls kann räumliche Nähe hervorragend eingesetzt werden, um inhaltliche Zusammengehörigkeit zu vermitteln.

Durch die weitgehend fixe, da topographisch bedingte Positionierung von Signaturen, beschränkt sich der aktive Einsatz von Nähe als Gestaltungselement in der Kartographie vorwiegend auf die Beschriftungsplatzierung innerhalb der Karte (Zuordnung zwischen Beschriftung und Signatur durch Nähe, vgl. Abb. 4.5b), auf diagrammatische Darstellungen und auf das Interfacedesign. Eine Ausnahme stellen lediglich sogenannte „Spatializations“ dar, die Nähe gezielt nutzen, um die Beziehungen a-räumlicher Phänomene (z. B. von Musikstilen) in Form von (Pseudo)Karten darzustellen (Montello et al. 2003, Skupin & Fabrikant 2003).

Vor allem im GUI-Design nimmt Nähe einen hohen Stellenwert bei der visuellen Gliederung ein (vgl. Abb. 4.5a, 4.5c und 4.5d). Physiologisch betrachtet unterstützt die räumlich gruppierte Platzierung inhaltlich verwandter Elemente wie beispielsweise diverser Navigationstools auch der Umstand, dass die meisten Sakkaden über kurze Distanz gehen, Fixationen also tendenziell lokal bleiben (Tatler et al. 2006). Die Positionierung des Pan-Tools neben dem Zoom-Tool kommt also auch typisch-kurzen Blickwegen bei der Suche nach dem entsprechenden Werkzeug entgegen.

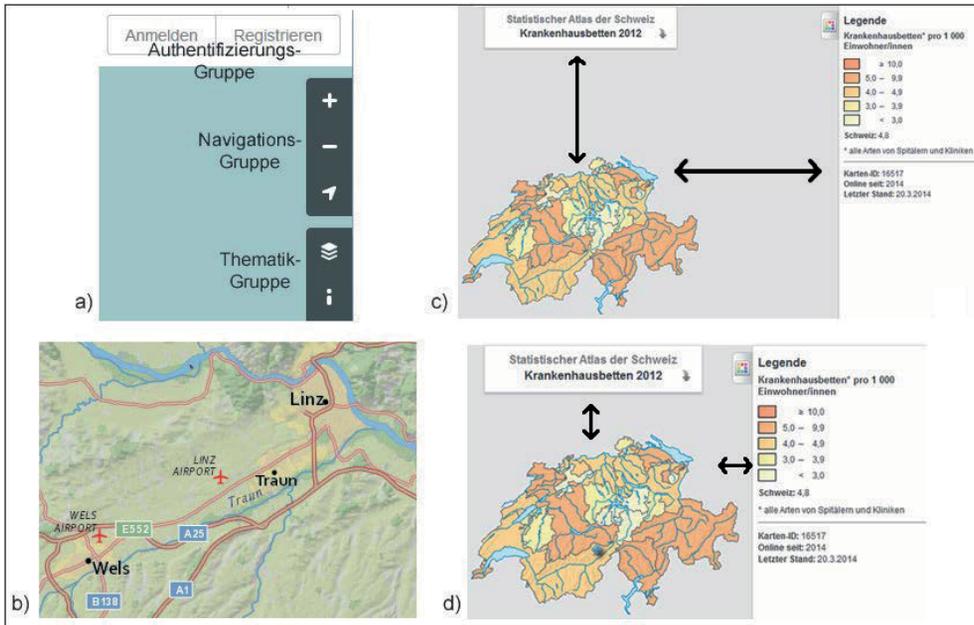


Abb. 4.5 a) Einsatz von Nähe zur logischen Gruppierung in der Benutzerschnittstelle von OpenStreetMap, b) Zuordnung von Beschriftung zu Signaturen auf Basis von Nähe, c) ein großer Abstand zwischen Kartenelementen vermittelt inhaltliche Distanz, während ein kleiner Leerraum zwischen Kartenelementen diese miteinander in Beziehung setzt (d) (a) eigene Darstellung auf Basis der OpenStreetMap-Interfaces (<https://www.openstreetmap.org/>); b) World_Street_Map – Sources: Esri, HERE, DeLorme, USGS, Intermap, increment P Corp., NRCAN, Esri Japan, METI, Esri China (Hongkong), Esri (Thailand), MapmyIndia, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community; c) und d) eigene Darstellung auf Basis des Statistischen Atlas der Schweiz: http://www.atlas.bfs.admin.ch/maps/13/map/mapIdOnly/0_de.html, © Bundesamt für Statistik, Schweiz)

4.2.4.3 Kontinuität

In unserer dreidimensionalen Umwelt kommt es ständig vor, dass Objekte im Vordergrund Objekte im Hintergrund teilweise verdecken. Dadurch wird die Konturlinie des im Hintergrund liegenden Objekts unterbrochen. Aufgrund unserer Erfahrung wissen wir jedoch, dass die beiden sichtbaren Konturlinienteile zusammengehören und gruppieren sie zu einem Objekt, wobei wir den Verlauf des verdeckten Konturlinienanteils als relativ kontinuierlich annehmen (Singh & Fulvio 2007). Dieses kontinuierliche Fortsetzen verdeckter Objektkonturen führt auch dazu, dass wir in Abbildung 4.6a etwa die Linienteile A-D bzw. B-C zu jeweils einem Objekt zusammenfügen und nicht etwa die Verbindungen A-C und B-D. In der Kartengestaltung spielt die Gruppierung durch Kontinuität vor allem zur Etablierung visueller Ebenen durch Überdeckung eine wichtige Rolle.