Grundlagen der Datenvisualisierung

# LE1: Grundlagen der Visualisierung und Diagrammtypen

## Einleitung:

Ein Data Scientist hat eine Vielzahl von Aufgaben, die ein breites Spektrum an Fähigkeiten erfordern. Ein erheblicher Teil seiner Arbeit besteht aus der Aufbereitung und Analyse von diversen Datenquellen. Dabei ist jedoch nicht nur die Analyse selbst von Bedeutung, sondern auch die fachgerechte Interpretation und ansprechende Visualisierung der Ergebnisse. Die Auswahl der geeigneten Visualisierungsformen ist hierbei entscheidend, um die zugrundeliegenden Informationen klar und verständlich zu vermitteln. Nicht jedes Diagramm eignet sich gleichermassen zur Darstellung unterschiedlicher Informationsarten. Diese Lerneinheit beschäftigt sich mit den verschiedenen Diagrammtypen und den Kontexten, in denen sie am effektivsten eingesetzt werden können.

## Datenset:

Um die unterschiedlichen Diagrammtypen zu illustrieren, wird das «taxi» Dataset aus der Python Library «Seaborn» verwendet. Dieses Set beinhaltet Daten zu Taxifahrten, einschließlich Start- und Endzeitpunkten sowie den jeweiligen Ortschaften. Zusätzliche Informationen zur Fahrt, wie Preis, Zahlungsmethode oder Trinkgeld, sind ebenfalls verfügbar.

## Ein Bild, das Text, Screenshot, Reihe, Diagramm enthält. Automatisch generierte BeschreibungBeispiele:

Im Plot links wurde versucht der Fahrpreis in Abhängigkeit der gefahrenen Strecke abzubilden. In diesem Fall ist ein Scatterplot gut geeignet diese Beziehung darzustellen, da beide Attribute kontinuierlich sind [1].  
Dabei entspricht jeder Punkt einer Observation im Datenset.   
Um Regionen, wo viele Punkte aufeinanderliegend sind, sichtbar zu machen, wurde die Transparenz der Punkte erhöht.

Aus dem Diagramm lassen sich nun verschiedene Beobachtungen entnehmen.

Zum Beispiel lässt sich erkennen, dass zwischen den beiden Variablen ein positiver möglicherweise linearer Zusammenhang besteht (orange Linie).

Ein Bild, das Text, Screenshot, Reihe, Diagramm enthält.

Automatisch generierte BeschreibungDes Weiteren lässt sich auch erkennen, dass einige Observationen auf ca. 50CHF begrenze sind (Strecke zwischen 15 und 23km). Zusätzlich lässt sich auch erkennen, dass einige Taxis einen grossen Betrag einfordern für eine Strecke von 0km.

Des Weiteren wird hier noch das Preis/Leistung Verhältnis untersucht.

Dazu wurde beobachtet, ob sich die Strecke pro CHF über die Gesamtstrecke der Taxifahrt verändert.

Auch dies lässt sich mit einem Scatterplot gut darstellen. Erkennbar ist ein nichtlinearer positiver Trend abgesehen von ein paar Ausreissern.

Ein Bild, das Text, Screenshot, Diagramm, Reihe enthält.

Automatisch generierte BeschreibungNun möchten wir Rückschlüsse auf die Verteilung der gefahrenen Strecke ziehen.

Mean, Median und Standardabweichung sind dabei nicht unbedingt ausreichend, um sich ein Bild der Verteilung machen zu können.  
Dazu gibt es Visualisierungsarten wie beispielsweise das nebenstehende Histogramm [2].

Dieses Histogramm erlaubt uns ein Überblick über die Verteilung zu verschaffen.

Beispielsweise kann man sehen, dass die meisten Taxifahrten um die 2-3 km lang wahren.   
Es gab allerdings auch ein paar wenige Fahrten, welche zwischen 20 und 40 km lang waren.

Wir konnten uns nun ein grobes Bild der Verteilung machen.  
Diese kurzen bzw. langen Fahrten könnten möglicherweise davon abhängen, wo genau ein Kunde eingestiegen ist.

Ein Bild, das Text, Diagramm, Screenshot, Rechteck enthält.

Automatisch generierte BeschreibungDeshalb wurden die Taxifahrten nach dem Startbezirk (Bezirk, wo die Fahrt begonnen hat) gruppiert und anschliessend Boxplots gezeichnet.

Boxplots können wie Histogramme, Auskunft über die Verteilung geben.  
Im Gegensatz zu den Histogrammen tun diese dies allerdings mittels der vier Quantile [3].

Im nebenstehenden Plot sieht man also nun vier Boxplots gruppiert nach dem Startbezirk.

In Manhattan sowie Brooklyn als Startbezirk werden meist kürzere Strecken gefahren (wenn man die Ausreisser ignoriert).  
Fahrten, welche in Queens beginnen, sind in der Regel am längsten.  
Alle Regionen beinhalten Fahrten mit einer Strecke von 0 km.

Die vielen Ausreisser der Boxplots lassen darauf schliessen, dass die Verteilungen wie im Histogramm ersichtlich, eher langschwänzig sind.

Das Histogramm sowie die Boxplots sind Diagrammarten, welche für Laien eher schwierig zu interpretieren sind, da sie Vorwissen über Verteilungen oder die Erschaffungsweise der Diagramme erfordern. Daher sind solche eher für ein Expertenpublikum geeignet.  
Auch als Experte muss man aufpassen, da beispielsweise der Boxplot keine eindeutige Aussage über den Skewness / Verteilungsart machen kann.

Bei einem Laienpublikum sollte man eher auf Scatterplots, Barcharts [4] und weitere Diagrammarten zurückgreifen, welche ohne Vorwissen intuitiv verständlich sind.

# LE2: Visuelle Wahrnehmung

## Einleitung:

Dieses Thema beleuchtet die Art und Weise, wie Menschen visuelle Informationen verarbeiten und interpretieren, und erforscht, wie diese zur Vermittlung von Informationen effektiv eingesetzt werden können. Im Zentrum der Betrachtung stehen dabei die Gesetze der Gestaltwahrnehmung, welche beschreiben, wie Menschen unterschiedliche Elemente als organisierte Strukturen erfassen. Die Kenntnis dieser Gesetze ist entscheidend, um Diagramme zu erstellen, die leicht verständlich und auf den menschlichen Verstand abgestimmt sind.

Ein weiterer bedeutender Aspekt, der berücksichtigt werden muss, ist der «Cognitive Load», also wie viele Informationen in einem Diagramm dargestellt werden und wie diese verschachtelt sind. Um den genannten Aspekten gerecht zu werden, kann man auf die sieben Variablen von Bertin zurückgreifen: Position, Größe, Form, Farbe, Helligkeit, Orientierung und Textur.   
Im weiteren Verlauf werden einige dieser Variablen näher analysiert und Beispiele für ihre Anwendung dargestellt [5].

## Datenset:

Um einige der Variablen von Bertin zu analysieren, wird das Iris Datenset verwendet.  
Die in Iris natürlich vorkommenden Cluster eignen sich perfekt, um Gruppierungen verschieden darzustellen.  
Das Iris Datenset beinhaltet vier Features (sepal\_width/length, petal\_width/length).  
Petal und Sepal referenzieren dabei auf das Blütenblatt respektive Kelchblatt.

## Beispiele:

### Ein Bild, das Text, Screenshot, Diagramm, Reihe enthält. Automatisch generierte BeschreibungPosition und Farbe:

Im nebenstehenden Scatterplot wurden die Dimensionen der Blütenblätter verschiedener Blumen geplottet. Um die Spezies unterschieden zu können, wurden die einzelnen Blumen nach deren Zugehörigkeit eingefärbt.   
Wir können ausgehend der Dimensionen des Blütenblattes nun erkennen, dass sich «versicolor» viel näher an «virginica» befindet als «setosa». Auch lassen sich so die einzelnen Spezies als zusammengehörige Gruppierungen erkennen [6].

Ein Bild, das Text, Screenshot, Diagramm, Reihe enthält.

Automatisch generierte Beschreibung

Hier wurde nochmals derselbe Plot erzeugt, allerdings ohne die einzelnen Spezies einzufärben.  
Nun lassen sich nur noch zwei Gruppierungen erkennen. «versincolor» sowie «virginica» lassen sich voneinander nicht mehr unterscheiden, da diese laufend ineinander verschmelzen.   
In diesem Plot ist es also unerlässlich, dass eine weitere Variable eingesetzt wird.

Berins Variable der Position kann mit dem Gesetz der Nähe korrelieren, da Elemente, welche nahe beieinander liegen als zusammengehörig wahrgenommen werden können.  
Um dieses Gesetz zu bestärken, kann eine weitere Variable wie Farbe/Helligkeit oder auch die Form der Datenpunkte verwendet werden.

Möchte man verschiedene Farben einsetzen, so ist es wichtig Farbenblinde zu berücksichtigen.  
Im Zweifelsfall setzt man lieber auf die Helligkeit (z.B. verschiedene Graustufen) oder die Form.

### Ein Bild, das Text, Screenshot, Diagramm, Schrift enthält. Automatisch generierte BeschreibungGrösse:

Wenn man in einer Visualisierung den Fokus auf eine bestimmte Sache legen möchte, so kann dies mit der Grösse eines Objektes erreicht werden.

Objekte welche grösster sind oder sich auch im Vordergrund befinden werden meist als wichtig empfunden und lenken die Aufmerksamkeit auf sich.

Im nebenstehenden Plot wurden die Datenpunkte von «virginica» vergrösstert dargestellt [5].

### Ähnlichkeit:

Ein Bild, das Text, Screenshot, Diagramm, Reihe enthält.

Automatisch generierte BeschreibungWie bereits mit den Farben, kann auch mit den Formen der Elemente gespielt werden.

Hier wurde für jede Spezies eine andere Form der Datenpunkte gewählt. Auch so kann erreicht werden, dass der Betrachter die einzelnen Klassen unterscheiden kann.

Das menschliche Gehirn nimmt ähnliche Formen als zusammengehörig wahr [5].

### Cognitive load:

Ein Bild, das Text, Screenshot, Diagramm, Schrift enthält.

Automatisch generierte BeschreibungDer «Cognitive Load» beschreibt die Menge an Informationen, die unser Arbeitsgedächtnis verarbeiten kann.

Visualisierungen mit einer Menge verschachtelter Informationen sind ein grösserer «Cognitive Load» [5] als solche mit weniger Informationen und brauchen somit je nach Betrachter mehr Zeit, um verstanden zu werden (Beispiel für eine Visualisierung mit grösserem Cognitive Load siehe Abbildung links).

Deshalb ist es von grosser Wichtigkeit die Visualisierungen auf die Zielgruppe und Einbettungsbereich (Paper, Präsentation, Bericht usw.) anzupassen.

# LE3: Designprinzipien vs. Daten

## Einleitung:

Daten werden meist nicht von den Personen erhoben, welche sie schlussendlich auch Analysieren und Visualisieren. Teilweise werden auch alle möglichen Daten erhoben und abgespeichert in der Hoffnung, dass man aus diesen, zu einem späteren Zeitpunkt, irgendwelche Erkenntnisse gewinnen kann. Dies führt oft dazu, dass gesammelte Daten in einem unstrukturierten Format vorliegen und diese erst einmal geordnet werden müssen, damit man mit diesen Arbeiten kann [7].

Des Weiteren kommt es auch öfters vor, dass während der Gewinnung von Daten etwas schiefläuft und Observationen unerlaubte Werte annehmen, mehrfach aufgezeichnet werden oder sogar ganz ausbleiben. Deshalb ist es sehr wichtig, dass immer eine Bereinigung der Daten und ein Sanity Check (machen die Werte der Observationen Sinn) durchgeführt wird.

Ein weiterer wichtiger Punkt, welcher vor allem die Visualisierung betrifft, ist die Art, in welcher die Daten vorliegen.  
Denn nicht jede Art von Datenpunkten können auf dieselbe Art und Weise dargestellt werden.  
Daten lassen sich dabei in die Kategorien stetig, diskret, ordinal und nominal einordnen [8].  
Beispiele für geeignete Visualisierungen werden nachfolgend aufgezeigt.

## Daten:

In diesem LE wird folgendes Datenset verwendet:  
<https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/energie.assetdetail.28065403.html>

In diesem befinden sich die Daten über den Endverbrauch der erneuerbaren Energien der Schweiz vom Jahre 1990 bis 2022. Hier war kein exzessives Data-Cleaning nötig, da diese bereits als Tabelle vorliegen (Excel Tabelle). Allerdings mussten irrelevante Zellen entfernt werden.

## Beispiele:

### Darstellung stetiger Werte:

Ein Bild, das Text, Diagramm, Screenshot, Reihe enthält.

Automatisch generierte BeschreibungStetige Daten oder auch kontinuierliche Daten gehören zu der Gruppe der Quantitativen Daten.  
Stetige Daten können auf einem bestimmten Intervall theoretisch unendlich viele Werte annehmen.  
Ein Beispiel dafür wäre die Temperatur, denn diese kann zwischen dem absoluten Nullpunkt bis zur Planck Temperatur jeden beliebigen Wert annehmen.

In diesem Beispiel wurde der Verlauf der verbrauchten, durch die Sonne generierte Energie, visualisiert.

Die Energie ist in der Einheit TJ (Terra Joule) angegeben. Terra Joule ist eine stetige Mengenangabe und kann in unserem Fall mittels eines Line Plots visualisiert werden.

Ein Bild, das Text, Screenshot, Diagramm, Reihe enthält.

Automatisch generierte Beschreibung

Nun möchten wir die Zunahme der Sonnenenergie analysieren. Dazu wurde lediglich die die Differenz zum Vorjahr berechnet und visualisiert.

Diesmal wurde ein Barplot verwendet, da dies sich hier anbietet, da x diskret und y stetig ist. Aus diesem Plot kann man nun herauslese, dass der Anstieg im Jahre 2010 am grössten war.

### Darstellung diskreter Werte:

Diskrete Daten gehören wie die stetigen auch zu der Gruppe der quantitativen Daten.  
Sowohl stetige als auch diskrete Daten (quantitative Daten) sind somit Zahlen, bei welchen ein Abstand zwischen zwei Punkten berechnet werden kann.

Im Gegensatz zu den stetigen Daten können diskrete Daten nicht unendlich viele Werte auf einem Intervall annehmen.   
Dazu gehören beispielsweise diverse Aufzählungen oder Nummerierungen.

Ein Bild, das Text, Screenshot, Diagramm, Reihe enthält.

Automatisch generierte BeschreibungBei dem Kapitel mit den stetigen Werten wurde bereits den Umgang mit diskreten Datentypen in der Visualisierung angedeutet.

Denn tatsächlich ist die x-Achse mit dem Jahr bereits diskret.

In diesem Plot wurden allerdings mehrere Energiearten dargestellt, weshalb hier nicht mehr jedes Jahr einzeln visualisiert werden kann.

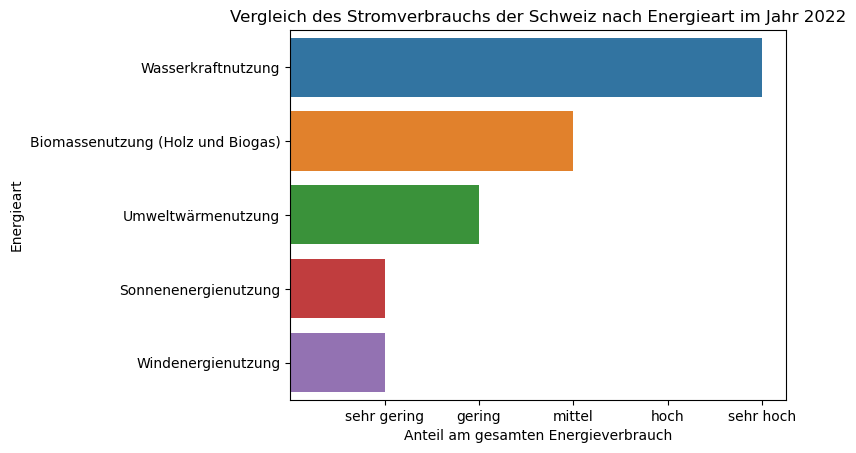
Theoretisch hätte man auch ein Lineplot mit jeweils einer Linie pro Art verwenden können.

Hier wurde nun ein Binning auf das Jahr angewendet und dabei die Energiemengen der Innerhalb eines Bins aufaddiert. Somit erhalten wir die verbrauchte Energiemenge innerhalb eines bestimmten Intervalls. Die Bins sind alle in etwa gleich gross.

Somit konnten wir nun Informationen komprimiert darstellen. Allerdings ist dabei wichtig zu beachten, dass die Bin-grösse so gewählt wird, dass möglicherweise wichtige Informationen nicht verloren geht. Dies ist allerdings Use Case abhängig.

## Darstellung ordinaler / nominaler Daten:

Ordinale bzw. nominale Daten gehören zu der Gruppe der qualitativen Daten.  
Diese sind nun nicht mehr zwingend Zahlen, sondern können auch Kategorien sein, bei welchen kein Abstand quantifizierbar ist.

In diesem Beispiel wurde die Menge an verbrauchtem Strom des Jahres 2022 einiger ausgewählten Energiearten visualisiert. Dabei wurden die tatsächlichen Energiemengen durch eine qualitative Menge ersetzt.

Die Zuordnung wurde durch ein Binning gelöst, wobei so ein ordinaler Datentyp entstand. Ordinal bedeutet, dass es sich um ein Kategorieller Datentyp handelt, dieser allerdings logisch geordnet werden kann.   
Ob diese Abstufung sinn macht, kommt immer auf den Use Case an. Beispielsweise kann so eine Variable für ein Laienpublikum «greifbarer» gemacht werden.

Zu den nominalen Daten gehören Kategorien, welche nicht in einer logischen Reihenfolge geordnet werden können.

# LE4: Grammar of Graphics

## Einleitung:

Die 'Grammar of Graphics' (GoG) stellt eine Herangehensweise an die Datenvisualisierung dar.   
Anstatt traditionelle, festgelegte Diagrammtypen in den Vordergrund zu stellen, bietet GoG ein modulares Framework, welches auf einem layered approach basiert.   
Diese Methodik erlaubt es, diverse grafische Elemente in strukturierten Schichten zu kombinieren, um Daten in einer strukturierten Weise auch auf mehreren Dimensionen darzustellen [9].  
Folgend werden einige der sieben Layer aufgezeigt und erläutert was hinter ihnen steckt.

## Daten:

Hier wird das «diamonds» Datenset vom Python Package «plotnine» verwenden.  
Dieses Datenset umfasst ca. 54'000 Datenpunkte und beinhaltet verschiedene Attribute von verschiedenen Diamanten.

## Beispiele:

### Layers: Data & Aesthetics & Geometric objects:

Dies sind die Grundbausteine des Grammar of Graphics und werden immer benötigt, um ein Plot zu erstellen [10].

Dabei brauchen wir als erstes Daten mit mindestens einer Dimension, welche wir darstellen möchten.

Anschliessend müssen wir festlegen, wie genau die verschiedenen Dimensionen visualisiert werden sollen. Dazu muss ein Mapping von den Attributen der Daten auf verschiedenen Aestetics erfolgen.  
Dazu gehören beispielsweise die Position (x, y-Achse), Farbe, Grösse usw.

Des Weiteren brauchen wir auch noch ein geometrisches Objekt, welches schlussendlich die Datenpunkte repräsentiert.  
Dies können Punkte (Scatterplot), Bars (Barchart), Linie (Lineplot) usw. sein.

Ein Bild, das Text, Screenshot, Reihe, Diagramm enthält.

Automatisch generierte Beschreibung In diesem Plot wurde zunächst nur der Preis in Anhängigkeit des Gewichts geplottet.

Bezüglich Layers des GoG können wir hier einerseits die Daten erkennen, sowohl auch die Aestetics mit dem Mapping der Daten auf die x und y-achse.

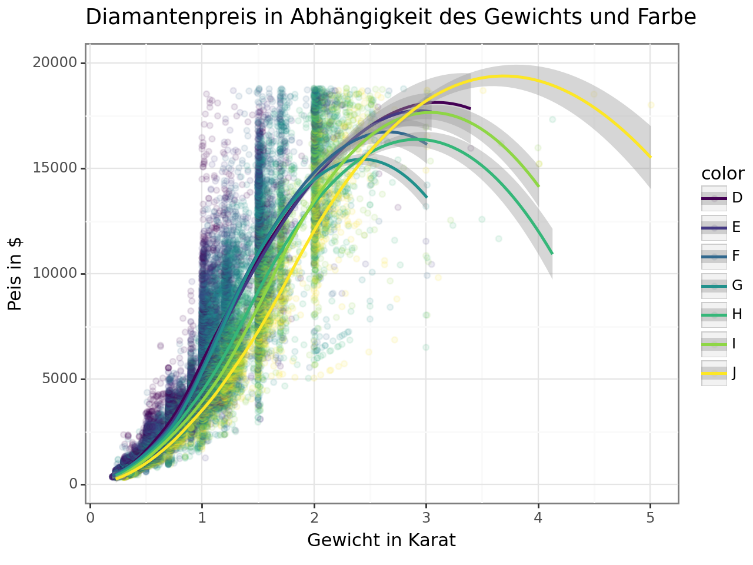
Zu guter Letzt sehen wir logischerweise auch die Punkte als geometrisches Objekt.  
Dabei wurde die Transparenz der Punkte erhöht, damit dichtere Regionen im Plot gut erkennbar sind.

Anhand dieses Plots kann ein erster Eindruck gewonnen werden.   
Dabei ist erkennbar, dass schwerere Diamanten logischerweise teurer sind.  
Allerdings ist auch eine trichterförmige Form der Datenpunkte zu erkennen.  
Schwerere Diamanten streuen also viel stärker im Preis als leichtere.

Des Weiteren ist dem Plot zu entnehmen, dass Diamanten unter einem Karat gleichmässig verteilt sind, verglichen zu den einzelnen Ansammlungen um 1, 1,5 und 2 Karat.

### Layers: Aesthetics & Geometric objects & Statistics:

Um einen Überblick über die Gruppierungen zu erhalten und möglicherweise etwas über die Preise zu lernen, können wir weitere Aesthetics wie zum Beispiel die Farbe verwenden.

Wie man allerdings sieht, kann man einzelne Klassen nicht wirklich erkennen, da einfach zu viele Datenpunkte vorhanden sind.

Um die Unterschiede trotzdem etwas besser zu erkennen, wurde eine Statistik hinzugefügt.

Diese Statistik zeigt jeweils eine Locally Weighted Regression mit Konfidenzintervall nach Diamantfarbe.

Die Regressionen sind unterschiedlich, weshalb somit die Diamantfarbe einen möglichen Einfluss auf den Preis hat.

Um die Klassen etwas besser unterscheiden zu können, gibt es ein weiterer Layer im GoG, welcher wir nutzen können:

### Layer: Facets:

Bei diesem Layer handelt es sich um Facets.  
Beim Faceting handelt es sich um ein Aufsplitten des Datensets, wobei diese Splits in einem separaten Plot visualisiert werden können [9].  
Diese «subplots» teilen sich üblicherweise die gleiche Achse(n) um die Vergleichbarkeit der einzelnen Plots beizubehalten.

Ein Bild, das Diagramm, Text enthält.

Automatisch generierte Beschreibung

In diesem Plot wurde ein facet wrap verwendet, wobei jedes Subplot einer Farbe entspricht.  
Auf den jewiligen Subplots sind nun wirklich nur die Datenpunkte vorhanden, welche zu der entsprechenden Klasse gehört. Dadurch wird der Plot leserlicher und kann besser interpretiert werden. In ggplot gibt es auch ein facet grid Objekt, mit welchem eine weitere Dimension dargestellt werden kann.