

Projektbericht zum Modul Information Retrieval und  
Visualisierung Sommersemester 2021

**Bike Buyers 1000**

Floyd Spuhler

10.09.2021

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>3</b>
1.1	Anwendungshintergrund . . . . .	3
1.2	Zielgruppen . . . . .	4
1.3	Überblick und Beiträge . . . . .	6
<b>2</b>	<b>Daten</b>	<b>6</b>
2.1	Technische Bereitstellung der Daten . . . . .	7
2.2	Datenvorverarbeitung . . . . .	7
<b>3</b>	<b>Visualisierungen</b>	<b>8</b>
3.1	Analyse der Anwendungsaufgaben . . . . .	8
3.2	Anforderungen an die Visualisierungen . . . . .	8
3.3	Präsentation der Visualisierungen . . . . .	8
3.3.1	Visualisierung Eins . . . . .	8
3.3.2	Visualisierung Zwei . . . . .	9
3.3.3	Visualisierung Drei . . . . .	11
3.4	Interaktion . . . . .	12
<b>4</b>	<b>Implementierung</b>	<b>12</b>
<b>5</b>	<b>Anwendungsfälle</b>	<b>13</b>
5.1	Anwendung Visualisierung Eins . . . . .	13
5.2	Anwendung Visualisierung Zwei . . . . .	15
5.3	Anwendung Visualisierung Drei . . . . .	16
<b>6</b>	<b>Verwandte Arbeiten</b>	<b>16</b>
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>17</b>

# 1 Einleitung

Durch das wachsende Umweltbewusstsein in der Bevölkerung rückt besonders das Fahrrad als klimaneutrales Verkehrsmittel in den Fokus [1]. Bereits 2019 betrug der Gesamtbestand an Fahrrädern in Deutschland fast 76 Millionen [2, 3]. Die anhaltende Covid-19 Krise verstärkt den zunehmenden Fahrrad-Boom für die Freizeitgestaltung und den Pendelverkehr [4]. Gründe hierfür liegen beispielsweise bei der Sportmöglichkeit als Ausgleich zu geschlossenen Sportstätten, sowie im Individualverkehr für das Einhalten der Abstandregeln als Alternative zum Nahverkehr. Dabei wird sich häufig für das Fahrrad anstelle des Autos entschieden. [5, 6]. Durch die Krise bedingte Lieferverzögerungen und Knappheiten führen zu einer hohen Nachfrage und steigenden Preisen. Auch wärmere Winter begünstigen eine längere Fahrradsaison und sorgen dadurch zusätzlich für Lieferengpässe [7]. Neuentwicklungen wie E-Bikes werden immer beliebter, was sich an der Gesamtabsatzbeteiligung im Jahr 2020 von 38,7% in Deutschland bemerkbar macht [7]. In der Schweiz ist das Fahrrad nicht zuletzt durch den staatlich geförderten Ausbau von Fahrradspuren zum beliebtesten Verkehrsmittel geworden [4]. Somit stellt diese rasante Entwicklung die Fahrradbranche vor Herausforderungen, die Kundenwünsche richtig umzusetzen. Unübersichtliche Lieferenttermine und der Onlinehandel erschweren die Kundenbeziehung. Diese Arbeit möchte diese Probleme durch gezielte Visualisierung von Kundendaten zum Thema Fahrradkauf für verschiedene Branchenbereiche lösen. Im Rahmen dieser Arbeit wird zur Veranschaulichung auf Visualisierungstechniken wie den Scatterplot, Parallele Koordinaten und das Baumdiagramm zurückgegriffen.

Diese Arbeit liefert Erkenntnisse in Bezug auf die Zusammenhänge verschiedener Kundendaten, die zu Fahrradkäufen führen können, beantwortet Fragen bezogen auf infrastrukturelle Besonderheiten durch Datenstrukturierung und lässt Anwendende über die Interaktion mit den Visualisierungen weitere Trends und dadurch einen Mehrwert für Ihren Geschäftsbereich ableiten.

## 1.1 Anwendungshintergrund

Diese Forschungsarbeit bereitet Informationen auf, die interessante Einblicke in das Kaufverhalten von Fahrrad-Kunden geben. So lassen sich anhand von Einkommensdaten, dem Alter und dem Bildungshintergrund Kundengruppen ableiten, auf welche in allen Wertschöpfungssebenen eingegangen werden kann. Hersteller müssen beispielsweise die Rahmengröße auf das Alter abstimmen. Einkommensstarke Kunden setzen den Fokus auf hochwertige Materialien (z.B. Carbon) und erwarten dabei technische Innovation, was die aktuelle Kooperation eines Fahrradunternehmens mit dem Premium-Autohersteller Porsche für ein E-Bike zeigt [8]. Personen die das Fahrrad zum Pendeln nutzen sind eher auf ein Stadt- als ein Mountainbike angewiesen. Darüber hinaus gibt es eine Vielzahl weiterer Verwendungsbereiche für Fahrräder, wie das Trekkingbike, Rennrad oder das Crossbike. Abgestimmt auf den vorliegenden Datensatz wird auf die Vorteile des CityBikes, insbesondere in urbanen Regionen mit Kurzstrecken eingegangen [9]. Die

übrigen Fahrradarten heben sich durch ihre Funktion für Sport, längere Touren oder unebenes Terrain hervor. Durch die Datenaufbereitung der Arbeitswegdistanzen können Bauunternehmen in Innenstädten gezielter Fahrradwege bauen. Diese Anwendungsfelder werden über die drei verschiedenen Visualisierungsanwendungen aufgegriffen.

Mit einem Scatterplot, bestehend aus X und Y Achse, können Zusammenhänge von Y in Abhängigkeit von X festgestellt werden. Diese Zusammenhänge werden in Form von Punkten, die zwischen beiden Achsen liegen und einen Achsenwert darstellen, visualisiert. Dabei fallen die Beziehungen zwischen den beiden Punkten je nach Verwendungszweck unterschiedlich stark aus [10, 11, 12]. Der Scatterplot wird für die Daten zu Fahrradkunden als erste Darstellung von Zusammenhängen verwendet.

Mit der zweiten Visualisierung, Parallelen Koordinaten, können Zusammenhänge multidimensionaler Daten besser als über Punkte dargestellt werden. Punkte werden dabei zu Achsenbeschriftungen und Linien [13]. Jede betrachtete Variable wird nebeneinander angeordnet. Alle dazugehörigen Datenwerte werden über eine Linie miteinander verbunden [14].

Die vertikalen Achsen sind über Linien miteinander verbunden. Die Auf- und Ab-Bewegungen der Linien zeigen Werteveränderungen auf [15]. Dabei sind die Achsen parallel zueinander angeordnet. Parallele Koordinaten bieten einen guten Datenüberblick. Eine Gefahr stellt allerdings die Überlappung von Linien dar, wenn zu viele Daten verwendet werden [16].

Über ein Baumdiagramm lassen sich Daten und deren Beziehungen untereinander anordnen, wodurch eine übersichtliche Datenstruktur entsteht und sich Daten schnell wiederfinden lassen. Die Baumstruktur besteht aus Knoten und Kanten. Zwei Knoten sind jeweils über eine Kante miteinander verbunden. In der Baumstruktur muss ein Knoten vorhanden sein, der keinen Vorgänger hat. Dieser Knoten wird Wurzel genannt. Dessen Folgeknoten werden Nachfolger genannt. Über die Wurzel führen nur azyklische Pfade und zu jedem Knoten nur ein Pfad. Durch die unterschiedlichen Pfade und Verzweigungen der unterschiedlichen Daten entsteht die Baumstruktur [17]. (S. 289) Diese Visualisierungstechnik eignet sich für die übersichtliche Darstellung bestimmter Daten zu Fahrradkäufen, da diese Daten Strukturen aufweisen, die sich zur Hierarchiedarstellung eignen. Im Datensatz sind des Weiteren Abfragen erhoben worden, ob sich eine Person ein Fahrrad gekauft hat oder nicht. Dadurch lässt sich der Datensatz als Erstes aufteilen. Des Weiteren sollen globale Unterschiede dargestellt werden, um auf territoriale Umfelder eingehen zu können. Ein weiterer Faktor ist die Pendeldistanz vom Wohnsitz der Befragten zur Arbeit, welche verschiedene Antwortmöglichkeiten zulässt. All diese Faktoren können kombiniert in die Baumhierarchie übertragen werden.

## 1.2 Zielgruppen

Dieser Forschungsbericht richtet sich vor allem an die Anbieterseite auf den B2C-Fahrradmarkt. Auf der Anbieterseite sind alle in der Lieferkette vorhandenen Unternehmensbrachen betroffen. Die Hersteller haben mit dem Materialmangel zu kämpfen [7]. Den Fahrradläden macht auf Grund durch Covid-19 geschlossener Geschäfte und günstigeren Preisen der Onlinehandel

Konkurrenz [18, 19]. Bauunternehmen, die Fahrradspuren bauen, haben mit Rohstoffmangel ebenfalls Probleme [20]. Aus den beschriebenen Szenarien lassen sich drei Hauptzielgruppen, neben Fahrradinteressierten, herausfiltern, an welche sich dieser Visualisierungsbericht richtet.

- **Fahrradhersteller:**

Fahrradhersteller benötigen nicht nur wegen des Aspektes der Materialknappheit spezifische Informationen zu den personenbezogenen Merkmalen potenzieller Kunden, wie z.B. Alter und Einkommen. Dadurch können Materialien zielgerichteter bestellt und verwendet werden. Über das Alter lässt sich die Rahmengröße ableiten. Das Einkommen kann Informationen über das Interesse an hochwertigen Materialien und entsprechenden Qualitätsansprüchen liefern. Mit Hilfe dieser Informationen können zielgerichteter Fahrräder für die verschiedenen Verwendungszwecke, wie Mountainbike oder Stadtrad hergestellt werden.

- **Fahrradhandel:**

Für Fahrradverkäufer spielt vor allem der Verwendungszweck des potenziellen Kunden eine übergeordnete Rolle beim Fahrradkauf. Die Wahl des richtigen Modells unterscheidet sich für die Freizeit (Mountainbike) mit weiten Distanzen vom Gebrauch für die Stadt mit geringeren Distanzen (Citybike). Für weitere Distanzen eignen sich Mountainbikes besser als für die Fahrt in ebenerigem Terrain, wie asphaltierten Straßen für Stadträder. Idealerweise betreibt diese Zielgruppe einen eigenen Onlineshop zum Fahrradvertrieb und benötigt Informationen für die zielgerichtete Kundengruppenwerbung.

- **Bauunternehmen mit dem Fokus auf Fahrradinfrastruktur:**

Auch für Unternehmen aus der Baubranche mit dem Fokus auf die Infrastruktur für Fahrradwege ist diese Arbeit eine geeignete Anlaufstelle für Informationen zum Einsatz des Fahrrads in Bezug auf den Arbeitsweg. Daten zu Pendelwegen müssen für diese Zielgruppe besonders aufgegliedert vorliegen, da Bauunternehmen somit Informationen über die benötigten Distanzen neuer Fahrradwege erhalten und besonders in Städten nur begrenzt Raum zur Verfügung haben. Durch Visualisierungen der Fahrradkaufdaten wird diese Zielgruppe bei der Bauplanung unterstützt.

Dieser Visualisierungsbericht ermöglicht es den oben genannten Unternehmen eine bessere Kundenmarktsegmentierung zu betreiben. Kurzfristig können durch die Ergebnisse dieses Berichtes Ressourcen sparsam eingesetzt werden (v.a. Hersteller, Baubranche). Langfristig können besonders Fahrradgeschäfte von diesem Bericht profitieren, da sie durch die personenbezogenen Daten optimale Kundenakquise und Kundenberatung garantieren können und anhand von Einkommensparametern Preise bestmöglich bilden können.

### 1.3 Überblick und Beiträge

Die durch Kaggle bereitgestellten Daten bestehen aus demographischen Kundeninformationen, wie Alter, Geschlecht, Familienstand, Informationen zum finanziellen Hintergrund, wie Autoanzahl oder zum Immobilienbesitz und Hintergrundinformationen zu Bildungsstand und Berufsposition. Daraus geeignete Daten werden über die drei ausgewählten Visualisierungstechniken Scatterplot, Parallele Koordinaten und Baumhierarchie abgebildet, um den in 1.2 angesprochenen Zielgruppen eine visuelle Aufbereitung dieser Kundendaten zu vermitteln. Über den Scatterplot können jeweils zwei Dateneigenschaften einander gegenübergestellt werden. Bei der Anwendung kann über Buttons selbst ausgewählt werden, welche beiden Eigenschaften angezeigt werden sollen. Mit den parallelen Koordinaten haben Interessenten die Möglichkeit über vertikale Achsen Werte miteinander zu vergleichen. Buttons ermöglichen hierbei die dynamische Achsenverschiebung. Die Baumhierarchie lässt die Daten anhand wesentlicher Eigenschaften in verschiedenen Ebenen darstellen. Darüber hinaus wurden Buttons integriert mit denen zwischen den einzelnen Visualisierungen und einer Startseite gewechselt werden kann.

## 2 Daten

Die diesem Projektbericht zugrundeliegenden Rohdaten entstammen einem Datensatz des "KaggleAccount von Heeral Dedhia [21], welche Antworten von 1.000 NutzerInnen zum Thema Fahrradkauf bereitstellt. Die Nutzerin hat diese Daten zuletzt im Jahresverlauf 2020 erweitert. Datum- und Erhebungsform sind hierbei unbekannt. In dieser aktuellsten Version liegen 13 verschiedene Attribute zu den 1000 befragten Personen vor. Die Nutzerin hat zwei verschiedene Datensätze bereitgestellt, die sich lediglich durch NA-Werte unterscheiden. Um bei einer Datenvorverarbeitung keine Daten zu vergessen und die Funktionsfähigkeit des Elm CSV-Decoders zu gewährleisten, stellt die bereinigte Datei "bikebuyersclean.csv" die Grundlage für dieses Visualisierungsprojekt dar (ToDo: Kaggle Seite zitieren).

zu allen befragten personen wurde eine eindeutige ID vergeben, welche ein INT-Typ ist. Zur quantifizierung der Baumhierarchie wurde diese Tabellenspalte für die dritte Visualisierung übernommen. Die nächsten beiden Spalten "Marital Status", "Gender und "Children und Ägeäls Int geben als String-Datentyp Aufschluss über den sozialen Familienstand und Geschlecht der befragten Person. Die Spalten "Income", "Education", "Occupation" geben Aufschluss über die berufliche Karriere. In Verbindung mit den Spalten "HomeOwner und "Cars" lässt sich der Status der Person interpretieren. Das Attribut "Commute Distance" gibt Aufschluss über die Distanz zur Arbeit" dient der Befragung zur Entfernung zwischen Wohnort und Arbeitsstätte, wodurch wertvolle Informationen zwischen Cars, Bikes und co gewonnen werden können. Durch purchasedBike und Region können diese Daten weiter voneinander unterschieden oder für einen globalen Einblick als ganzes betrachtet werden.

Die Daten eignen sich besonders für Analysten von Fahrradunternehmen, die beispielsweise einen Online-Fahrrad-Shop betreiben wollen. Hierdurch erhalten sie eine Grundlage über

mögliche Kundengruppen, wodurch wertvolle Informationen, wie die Arbeitsentfernung vorhanden sind und sich insbesondere in der zukünftigen Infrastruktur von Großstädten bemerkbar machen werden. Auch in Hinblick auf die anhaltende covid-19 Krise und den sicheren Aspekt des Individualverkehrs bietet ein Fahrrad auf kurze bis mittlere Distanz eine umweltschonende und kostengünstige Alternative zum Auto. Diese Informationen in Verbindung mit dem Alter, Einkommen und Beruf können individuelle Kundengruppen angesprochen werden.

Um eine geeignete Überblicksmöglichkeit über diese potenziellen Kundengruppen zu schaffen, musste der dafür notwendige Datensatz für die Baumhierarchie angepasst werden.

## 2.1 Technische Bereitstellung der Daten

Die dem Kaggle Account (hier Ztat) entstammenden, bereinigten Rohdaten in der Datei "bike buyers clean.csv" wurden in das Github Repository des Autors hochgeladen. Diese ist im Ordner "Daten zum Laden" abgelegt. Für die beiden Elm Dateien SScatterplot.elm und "Parallele Koordinaten.elm" wurden die vollständigen Daten der durch Kaggle bereitgestellten Datei als String in die jeweiligen ELM Dateien geladen. Dieses Vorgehen ermöglicht die dauerhafte Visualisierungsdarstellung und ist unabhängig von Linkveränderungen. Das für die Baumhierarchie notwendige JSON-Format wird im Ordner "JSON" durch die Datei "Datenvorverarbeitungohne-Car Worldwide.json" bereitgestellt und über einen Link in die entsprechende Elm-Datei "Baumhierarchie.elm" geladen.

Der zugrundeliegende Datensatz wurde um keine zusätzlichen Daten erweitert. Die Daten bilden eine gute Verteilung in verschiedenen Regionen ab, sind ausgewogen verteilt und bieten eine Vielzahl an Informationen, mit denen Fahrradhersteller / Verkäufer wie Onlineshops gezielt Kundengruppen ansprechen können.

## 2.2 Datenvorverarbeitung

Um die CSV Daten in den jeweiligen ELM Programme zu verwenden war für die Dateien SScatterplot.elm und "ParalleleKoordinaten.elm" keine Datenvorverarbeitung notwendig. Die Rohdaten wurden in der jeweiligen Datei als String hinzugefügt und entsprechend decodiert. Die Datei "Visualisierung3 Vorverarbeitung.xlsx" zeigt das Ergebnis, dass aus dem CSV-String der Rohdatei einzelne Excel Spalten gemacht wurden. Für die Darstellungsziele der Baumhierarchie sind die Spalten ID, Cars, Commute Distance, Region und Purchased Bike notwendig. Die übrigen Datenattribute wurden für die Vorverarbeitung für die JSON-Transformation entfernt. Die wichtigen Attribute sind in der Datei "Visualisierung3 Vorverarbeitung.csv" enthalten. Die Spalte ID wurde für die letzte Hierarchieebene in eine neue Spalte zusammen mit "data id" übertragen, damit die Daten vom ELM Json Decoder erkannt werden. Dies erfolgte mit dem Excelbefehl "Verketten(...)". Anschließend wurden die Daten ausgewählt, welche 0 Autos aufweisen, damit der Effekt zwischen Fahrradkäufern und Nicht-Käufern und deren Pendler-Distanz vergleichbar wird. Für die JSON Datei wurde die Länderliste aus der Übung als Vorlage für den Syntax genommen.

Dabei wurden alle Länder raus gelöscht. In den Syntax wurden die Daten übertragen und um die Ebene mit den IDs aus der CSV- Datei erweitert.

**Vorverarbeitung:** Die Vorverarbeitung erfolgt im filtern leerer Felder

## 3 Visualisierungen

### 3.1 Analyse der Anwendungsaufgaben

Über den Scatterplot erhält besonders die Zielgruppe der Fahrradhersteller wichtige Informationen auf einen Blick, die bei der Produktion unterstützen können. Mit den Paralleln Koordinaten können die Zusammenhänge der Zahlenwerte aus dem Datensatz besser untersucht werden. Die Röntgendarstellung ermöglicht es, Überschneidungsmuster gut zu erkennen. Hierdurch haben vor allem neue Fahrradhandelsgeschäfte (auch mit Onlineshop) die Möglichkeit Ihren Kundengruppen zielgrerichteter Fahrräder anzubieten, wodurch die Value Proporsition un d die mit dem Fahrradkauf verbundenen, positiven Erinnerungen stärker hervorgerufen werden können.

### 3.2 Anforderungen an die Visualisierungen

Im ersten Kapitel wurde die eingehende Motivation beschrieben, den verschiedenen Zielgruppen bestmögliche Anhaltspunkte zu finden, um die Fahrradkungenruppe nachhaltig an die jeweilige Unternehmensbranche zu binden. Die Designs müssen die angesprochene Übersichtlichkeit einhalten. Des Weiteren liegt ihr Wertversprechen für die Zielgruppe im Aufzeigen von Zusammenhängen und vereinfachen von Datenmengen. Dabei müssen die Visualisierungen besondere Merkmale gut hervorheben, was auf Grund der Datensatzgröße (n=1000) eine Herausforderung darstellt.

### 3.3 Präsentation der Visualisierungen

In diesem Abschnitt werden die drei dem Projektbericht zugrunde liegenden Visualisierungen, der Scatterplot, Parallele Koordinaten und die Baumhierarchie.

#### 3.3.1 Visualisierung Eins

Für die erste Darstellung wurde der Scatterplot gewählt. Dessen einfache Grundfunktionen bieten eine gute Einleitung in die Visualisierung der Fahrradwerte. Die in der Einleitung beschriebenen Merkmale, wie die gegenüberstellung der X und Y Achse erfolgt über die Datenwerte Alter auf der X Achse und in dieser Abbildung über Einkommen. Anwendende haben darüber hinaus die Möglichkeit, über die oben gelegenen Buttons die Y-Achse des Scatterplots dynamisch anzupassen. Dabei können Einkommen, die Kinder- und Autoanzahl des Datensatzes in Abhängigkeit des Alters dargestellt werden und Die Punkte stellen jeweils einen koordinatenpunkt aus dem BikeBuyers Index dar. Um die Zielgruppe mit Zusatzinformationen zu versorgen können beim



Hovern mit der Maus über die Punkte neben dem exakten Einkommen auch Informationen ob ein Fahrradkauf getätigt wurde und welcher Berufsgruppe die befragte Person angehört, eingeholt werden. Die Wahl den Beruf beim Hovern über die punkte anzuzeigen, lässt sich damit begründen, dass String-Werte nicht in den Achsen dargestellt werden können. Die in der Ein-

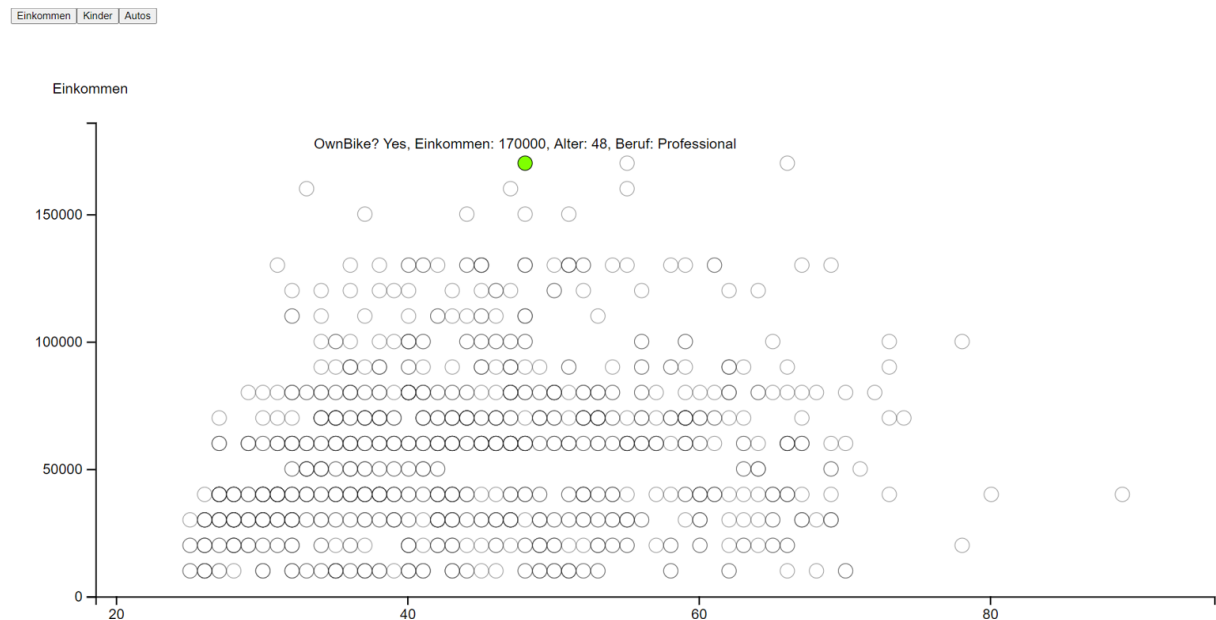


Abbildung 1: Scatterplot für Bike Buyers, Quelle: Eigene Darstellung

leitung herausgearbeiteten Scatterplot-Anforderungen können wie in Abbildung 1 entnehmbar, umgesetzt werden. Die beliebige Y-Achsenveränderung erweitert die Anforderungen darhinehend, das Anwendende den Darstellungs-Inhalt und somit bestimmte Schwerpunkte selbst setzen können. Stärker sichtbare Punkte bedeuten, dass Angaben der befragten Personen in diesen Punkten stärker übereinstimmen, als in helleren Punkten. Eine Alternative zum Scatterplot stellen die Zeitreihendiagramme dar, wodurch Zeitliche Verläufe anhand vorbestimmter Faktoren als Linien dargestellt werden. Da der vorliegende Datensatz keine zeitlichen Ausprägungen hat, welche chronologisch dargestellt werden könnten, sondern zeitlich unabhängige Werte beinhaltet wurde der Scatterplot als zweidimeinsionale Datenvisualisierung gewählt.

### 3.3.2 Visualisierung Zwei

Mit der zweiten Visualisierung, den Parallelen Koordinaten, können Im Gegensatz zum Scatterplot mehrdimensionale Zahlenwerte gleichzeitig, über vertikale Achsen ohne X Achse dargestellt werden. Für den Datensatz der bikeBuyers ergibt sich hierdurch den Vorteil, gleichzeitig alle relevanten Zahlenwerte in einer Visualisierung darzustellen, was sich in Abbildung 2 bemerkbar macht. Ebenso wie beim Scatterplot haben Anwendende die Möglichkeit die Darstellung über Buttons zu verändern. Durch die Buttons können die Achsen beliebig miteinander vertauscht

werden und neue Zusammenhänge, je nach Betrachtungsziel, identifiziert werden.

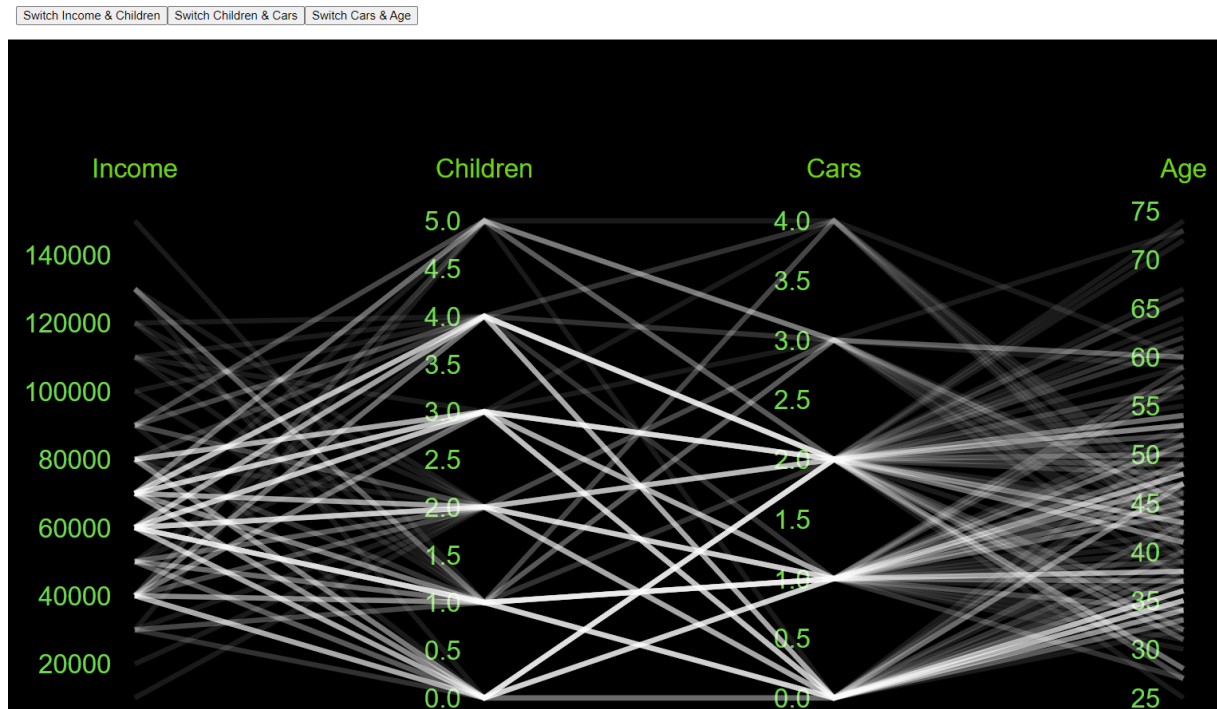


Abbildung 2: Parallele Koordinaten für Bike Buyers, Quelle: Eigene Darstellung

Die Abbildung 2 zeigt von links nach rechts den Verlauf eines mehrdimensionalen Punktes beginnend mit dem Einkommen, der Kinder- und Autoanzahl und dem Alter der befragten Person. Der Vorteil im Vergleich zum Scatterplot ist, dass mehrere Zusammenhänge und Auffälligkeiten gleichzeitig erkennbar sind. Im Direktvergleich mit der Darstellung 2 gibt es keine Hoverfunktion, wodurch die Linien individuell nach verfolgbar wären. Durch die Wahl des dunklen Hintergrunds und der hellen Linienfarbe ergibt sich allerdings eine Röntgendarstellung. Durch die Linienüberlappung werden Identifikationsmuster sichtbar, was sich durch die kräftigeren Weißtöne erkennen lässt. Darüber hinaus bietet die durchgängige Achsenbeschriftung gute Anhaltspunkte für den Linienverlauf. Das Vorfiltern nach Region und Fahrradkauf im ELM-Programm verhindert eine "Überdarstellung". Somit wurden nicht nur alle Anforderungen gemäß der Theorie richtig abgeleitet, sondern auch die Gefahr der "Übervisualisierung" erkannt und verhindert. Neben Parallelen Koordinaten gibt es weitere Visualisierungsmöglichkeiten mehrdimensionaler Daten. Da Scatterplots, am besten für zweidimensionale Daten geeignet, bereits verwendet wurden, stellen Projektion und Sektion, Sternkoordinaten, K-Means und Datentinte eine Alternative zu Parallelen Koordinaten dar. Mit Projektionen und Sektionen soll der mehrdimensionale Raum abgebildet werden. Eine hierfür anfallende hohe Anzahl an benötigten Darstellungen kommt in Bezug auf die Übersichtlichkeit und Anschaulichkeit für die Zielgruppen nicht in Frage. Mit Sternkoordinaten können mehrdimensionale Daten in 2D oder in 3D abgebildet werden. Der

Name ist charakteristisch für die Achsenanordnung. Auf Grund der ungewöhnlichen Erscheinung und der besseren intuitiven Nachvollziehbarkeit der Fahrradkäuferdaten wurde auf die Parallelen Koordinaten zurückgegriffen. Die Visualisierungstechniken K-Means und Datentinte fokussieren die Visualisierung durch Vorabberechnungen auf wenige Kerngedanken und verhindern somit einen Überblick über eine breitere Sichtweise, welche für alle Zielgruppen anvisiert wurde. Aus diesen Gründen wurde die Parallele Korrdinaten Visualisierung gewählt.

### 3.3.3 Visualisierung Drei

Als dritte Visualisierungstechnik wurde die Baumhierarchie ausgewählt. Diese stellt ein klassisches Baumdiagramm, wie in der Theorie beschrieben dar, durch welches die Fahrradkäuferdaten in eine Hierarchie gebracht werden. Die Knoten stellen hierbei Entscheidungsmöglichkeiten dar, welche durch die Linien miteinander verbunden werden. Die erste Unterscheidung besteht beim Fahrradkauf. Hierbei werden die Angaben in Ja oder Nein unterteilt. Anschließend erfolgt die Unterteilung nach den Regionen der befragten Personen. Die letzte Verweigung stellt die Pendlerdistan vom Wohnort zur Arbeit dar.

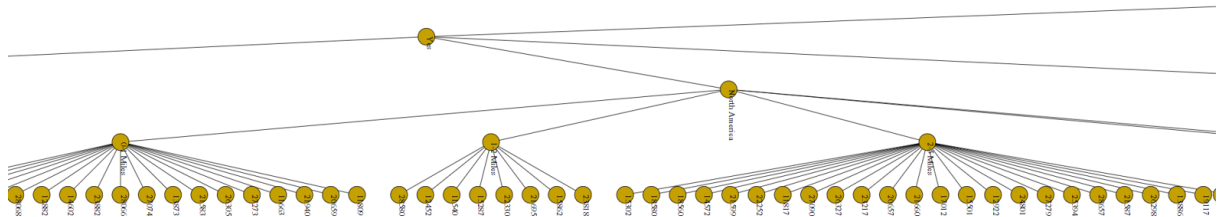


Abbildung 3: Ausschnitt aus der Baumhierarchie für Bike Buyers, Quelle: Eigene Darstellung

Die Abbildung 3 zeigt einen Ausschnitt aus der umfangreichen Baumdarstellung. Hierbei lassen sich die eingefärbten Knoten gut unterscheiden. Im Vergleich zu den beiden vorangegangenen Visualisierungen wurde auf eine Interaktionsmöglichkeit verzichtet. Die angeleiteten Baumhierarchie-Bedingungen, nämlich die übersichtliche Darstellung und Einteilung in Gruppen konnte umgesetzt werden. Trotz Vorfilterung der Parameter, dass die befragten Personen keine Autos besitzen, ist die Baumstruktur sehr umfangreich, was zu Überlappungen in der HTML-Darstellungen in der letzten Verzweigung geführt hat. Aus diesem Grund wurde auf weitere Parameter (wie Beruf, oder Bildungsgrad) verzichtet, da diese teilweise über den Scatterplot gezeigt werden. Neben der Möglichkeit die dritte Visualisierung als Baum darzustellen, gibt es weitere Kategorien, die die Darstellung komplexer machen. Hierunter fallen verschiedene Graphenanwendungen, die Mehrfachzuweisungen auf Knoten ermöglichen. Auf Grund der Zielsetzung, abgestuft aufzeigen, welche Pendlerdistanzen auftreten, wurde auf eine komplexere Darstellungsmethode verzichtet.

### 3.4 Interaktion

Für die Visualisierungen Scatterplot und Parallele Koordinaten wurden zwei verschiedene Interaktionsmöglichkeiten in den jeweils zugrunde liegenden Code integriert.

Bei der Visualisierung des Scatterplots haben Anwendende die Option, die Gegenüberstellung des Alters auf der X Achse mit einem beliebig verfügbaren Zahlenwert des Bike-Buyers-Datensatzes auf der Y-Achse über das Klicken auf die verschiedenen Buttons anzeigen zu lassen. Dadurch kann der Fokus individuell auf bestimmte Sachverhalte gelegt werden, was insbesondere für Fahrradhersteller und Fahrradhändler interessant ist. Um die eingeschränkte Funktionalität der zweidimensionalen Zahlengegenüberstellung zu erweitern, wurde die Hover-Funktion integriert. Durch das Hovern über den Punkten des aufgespannten Koordinatensystems werden auch String-Werte als Informationen, wie der Beruf ausgegeben. Daneben lassen sich die exakten Datenwerte beim Einkommen anzeigen, welche als Achseneinteilung zu ungenau wären.

Die zweite Visualisierung, Parallele Koordinaten, bietet Interessenten die Möglichkeit über Buttons die Achsen nach belieben zu verschieben. Je nach Einstellung lassen sich Zusammenhänge des mehrdimensionalen Punktes hervorheben, was durch eine eindeutigere Überlappung der hellen Linien sichtbar wird. Anwendende werden dadurch ermutigt, selbst die Daten in eine für sie interessante Sichtweise zu bringen.

Für das Baumdiagramm wurde auf eine Interaktionsmöglichkeit verzichtet, da das Visualisierungsziel über eine Version erfüllt ist.

Über eine Hauptseite (index.html) kann aus dem Github Repository eine Website dargestellt werden. Dabei wurden die drei Visualisierungen als HTML, hervorgerufen durch den Terminalbefehl `elm make`, jeweils verlinkt. Untereinander findet ebenfalls eine Verlinkung statt, sodass eine Interaktion möglich ist. Diese Interaktion ist über Buttons abrufbar.

## 4 Implementierung

Die Ausgangsbasis für diesen Projektbericht stellen die Programmcodes aus der Übung dar. Für die Scatterplot Visualisierung wurden die im Rahmen der Übungen eins, drei entwickelten Codegerüste als Grundlage verwendet. Für die Parallelen Koordinaten ist die Übung 7 der Ausgangspunkt. Bei der Baumhierarchie galt die Übung 10 als Orientierung.

Während der frühen Entwicklungsphase zu Beginn des Projektes wurde versucht, mit Hilfe des CSV-Decoders nach dem Vorbild aus Übug 8 die Daten zu laden. Allerdings ist der unübersichtliche Aufbau des Decoders nicht für die Projektarbeit mit den Fahrraddaten geeignet. Hierzu sind weitere Decodr Funktionen notenig, Daten können nicht direkt nach ihren natürlichen Datentypen decodet werden, etc. Bereits nach der ersten Sichtung des Bike-Buyers-1000 Datensatzes wurde überlegt, die Daten als String in das Codeprogramm zu laden. damit verbundene Vorteile wurden im Kapitel 2 aufgeführt. Nach intensiver Alternativenrecherche wurden die Programmcodes für den Scatterplot und die Parallelen Koordinaten nach dem Vorbild des CSV-Decoders von Brian Hicks aufgebaut. Dieser besteht aus einer Funktion, welche problemlos

Strings, Ints und Floats decodet. Darüber hinaus ist der Decoder explizit für das Decodieren eines CSV-Strings geeignet.

Eine weitere Herausforderung stellt das Übertragen der Codefundamente aus der Übung auf den neuen Sachverhalt mit den Fahrraddaten dar. In der Übung stellt der Datensatz einen für ELM optimal geeigneten Datensatz dar, über welchen eigene Datentypen problemlos über "type" definiert werden können und anschließend damit Filterungen durchgeführt werden können.

Der Code wurde in mehreren Phasen erstellt. Nach erfolgreichen Decoder Tests wurden die Daten mit den zugrundeliegenden Funktionen für den Scatterplot verbunden. Komplikationen mit dem Einbinden des Decoders in die main Funktionen konnten gelöst werden. Nach Erweiterung und individueller Anpassung des Codes konnte ein Scatterplot kompiliert werden. Hierbei war die Hoverfunktion bereits integriert. Die überlegte Weiterentwicklung mit Buttons konnte über die init model view update Elm-Grundgliederung umgesetzt werden. Wie sieht die Elm-Datenstruktur für das Model aus, in dem die verschiedenen Zustände der Interaktion gespeichert werden können. Das Vorgehen wurde bei den Parallelen Koordinaten ebenfalls angewendet. Nach erfolgreicher Implementierung und Verknüpfung des Decoders, Anpassen / Erweitern der Daten, inklusive neuer Vorfilterung konnte die Darstellung umgesetzt werden. Nach Abwägung der Vor- UND Nachteile der Röntgendarstellung im Vergleich zu "normalem" Hintergrund, wurde die Röntgendatrstellung ausgewählt. Die Weiterentwicklung wurde mit dem Ziel umgesetzt, dass sich die Achsen beliebig verschieben lassen. Diese Umsetzung konnte anhand der Übung 7 erreicht werden. Bei der Visualisierung der Baumhierarchie gab es bis auf die Datenvorverarbeitung keine Probleme mit dem JSON-Decoder und dem verfügbaren Programmcode aus der Übung 10. Zu Beginn jeder der drei Elm-Dateien werden die benötigten ELM-Packages importiert, um sie im Programm zu verwenden. Die genaue Aufzählung der Packages ist in der readme zu finden.

## 5 Anwendungsfälle

Im folgenden werden für die drei Darstellungen in Hinblick auf die Zielgruppe praktische Anwendungsfälle aufgezeigt.

### 5.1 Anwendung Visualisierung Eins

Grundsätzlich werden über die Hoverfunktion beim Scatterplot wichtige Zusatzinformationen geliefert, die genauer über die Buttons angezeigt werden können. Die erste Möglichkeit vergleicht das Alter mit dem Einkommen.

In der Abbildung 4 ist ein Scatterplot abgebildet, welcher sich besonders für die Zielgruppe des Fahrradhandels richtet. Durch Informationen, ob Kaufinteressierte eines Fahrrads ein Eigenheim besitzen kann auf eine Familie geschlossen werden, welche potenziell Platz für mehrere Fahrräder hat. Durch eine Intensivierung der Kundenbeziehung, wie z.B. Rabatte beim Kauf eines zusätzlichen Kinderfahrrads kann generationenübergreifend Fahrräder verkauft werden. Des Weiteren

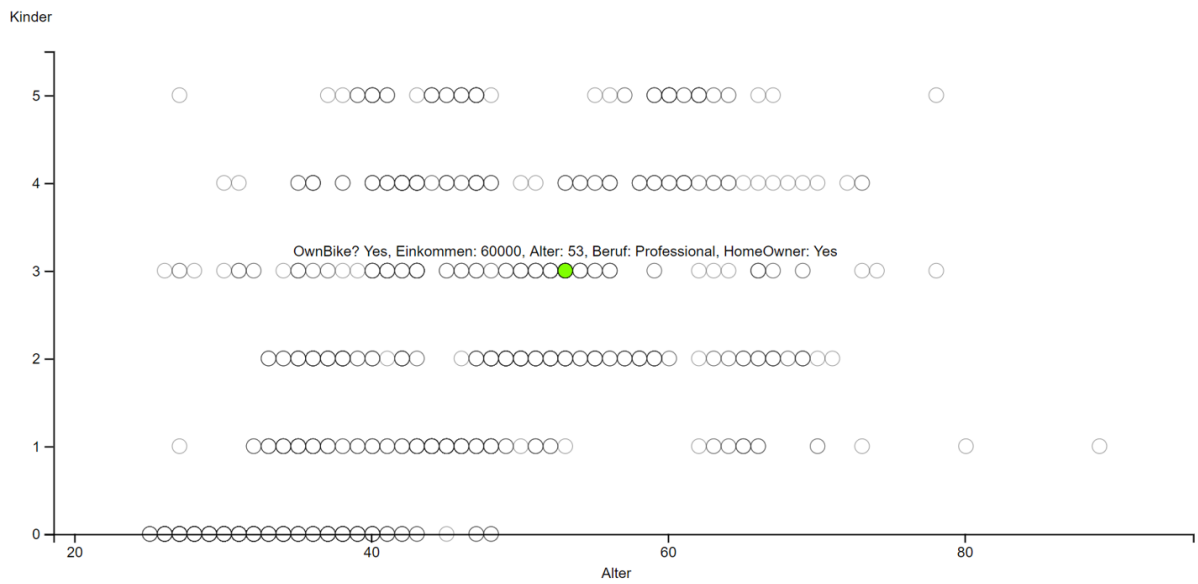


Abbildung 4: Anwendung Scatterplot, Quelle: Eigene Darstellung

kann aus dem Scatterplot entnommen werden, dass ab einem Alter von 30 Jahren die Kinderanzahl zunimmt und davor überwiegend zwischen 0 und 1 liegt. Mit der Zusatzinformation, ob die kaufinteressierte Person ein Eigenheim besitzt kann aber auch eine potenziell einkommensstarke Kundengruppe eingeordnet werden, wodurch höherwertigere fahrräder für verschiedene Verwendungszwecke beworben werden können. Durch die Hover-Anzeige des Einkommens wird ersichtlich, dass Personen mit 4-5 Kindern ein hohes Einkommen aufweisen.

## 5.2 Anwendung Visualisierung Zwei

Die zweite Anwendung stellt die in Abbildung 5 gezeigte umstellung der Achsen dar. Diese ist besonders für Fahrradhersteller geeignet. Im Elm programmcode wurden Daten herausgefiltert, die "neinßum Fahrradkauf und als region nicht Europe angeben haben. Durch die erste Filterung lässt sich für die Fahrradhersteller besser erkennen, was gemacht werden muss. Die zweite Vorfilterung wurde vorgenaommen, damit der Datensatz auf Grund zu vieler Daten nicht zu unübersichtlich wird. Die meisten Datenwerte sind für die Region North America verfügbar. Danach folgen in Abstufender Reihenfolge Europe und "Pacific". Europa wurde auf Grund des regionalen bezugs und der damit einhergehenden Assoziation für Regionale Bauunternehmen gewählt.

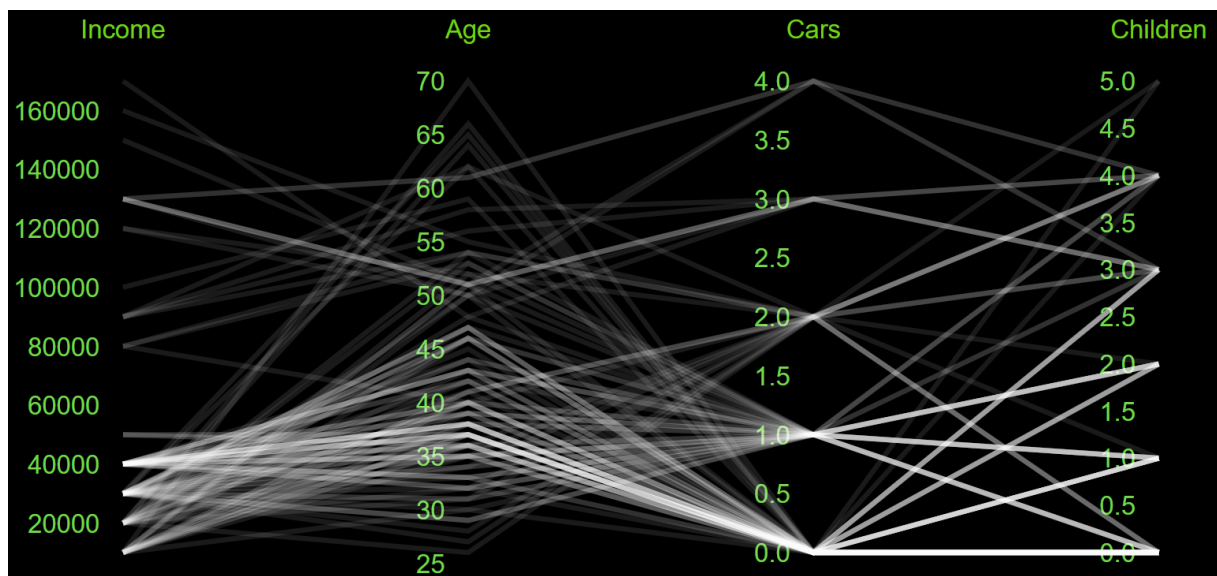


Abbildung 5: Anwendung Parallele Koordinaten, Quelle: Eigene Darstellung

In dieser Abbildung lässt sich erkennen, dass die höchsten EInkommen in den Altersgruppen zwischen 35 und 55 Jahren generiert werden. In Hinblick auf den Karrieweg vom Berufbeginn und Renteneintritt ist dieser Effekt logisch u erklären. In Hinblick auf das gestell des Fahrrads müssen somit keine Merkmale auf Aufstiegsfreundlichkeit gelegt werden.

Aus der Abbildung 6 geht hervor, dass in Europa von den Fahrradkäufern ohne Auto die überwiegende Mehrheit eine geringe Distanz von Zuhause zur Arbeit aufweist. Da diese Distanz für den öffentlichen Nahverkehr zu gering wäre, gleichzeitig aber Distanzen von 1.6 km nicht mehr zeitsparend zu Fuß zu bewältigen sind, kann davon ausgegangen werden, dass viele dieser Fahrradkäufer das Fahrrad zur Arbeit verwenden. Auf Grund der kurzen Entfernung ist davon auszugehen, dass die Daten in Großstädten gesammelt wurden. Die Infrastruktur ist hiervon von mehrspurigen Straßen mit vielen Kreuzungen und Abbiegungen gekennzeichnet. Infrastrukturprogeomme sehen hierzu vor, dass besonders Fahrradwege besser ausgebaut werden sollen, damit weniger Verkehrsunfälle mit Fahrrädern passieren. Gerade deshalb ist dieser Ausschnitt aus der Baumhierarchie für in Frage kommende Bauunternehmen spannend. Daran lässt sich erkennen, dass vermeintlich kurze Distanzen zwischen bereits vorhandener Infrastruktur gebaut werden müssen, um zu einer umweltneutralen, sicheren und verkehrsberuhigten Innenstadt beizutragen. Andere Darstellungsmethoden, die für eine vergleichbare Datstellung in Frage kommen würden, wie die Graphendarstellung würden diesen auf Grund der großen Datenmenge bereits nicht optimal übersichtlichen Ausschnitt nicht verbessert darstellen können, sondern noch komplexere Geflechte aufzeigen. Deshalb ist die Baumhierarchiestruktur für diesen Sachverhalt nämlich das Aufzeigen der verschiedenen Pendlerdistanzen optimal gewählt.

Im Themenbereich Fahrrad, damit verbundenen Entwicklungen etc. wird eine Auswahl an Publikationen vorgestellt, welche vergleichbare Visualisierungstechniken verwendet haben.

16



besteht und dass bei hohen Windgeschwindigkeiten weniger Fahrräder ausgeliehen werden [23]. Gemeinsamkeiten zu diesen beiden Arbeiten liegen in der Verwendung der gleichen Visualisierungstechnik. Anders als bei diesen verwandten Arbeiten wird in dieser Arbeit auch die Interaktion mit der Visualisierung ermöglicht. Des Weiteren existiert eine Arbeit zur Informationsvisualisierung, die sich auf die Visualisierung von Gemeinsamkeiten und Unterschieden zwischen Fahrradverleih und Taxiservice konzentriert. Hierbei wird eine Anwendung bereitgestellt, mit der interagiert werden kann. Hierbei kann über Buttons zwischen einem hierarchieüberblick, Statistischen Liniengraphen und zwei Heatmaps für Serviceregionen auf einer Stadtkarte die Ansicht gewechselt werden. Für den hierarchieüberblick wurde statt eines Baumdiagramms ein Sunburst Diagramm verwendet, da hierbei ein sehr großer Datensatz mit wenig Platz abgebildet werden kann. Neben den erwähnten Buttons ist die Interaktion mit der Vergleichsanwendung tiefgreifender. So haben Anwender die Möglichkeit, in der Hierarchie zu filtern, Muster direkt auszuwählen, und die Daten über eine Navigationszeile in eine beliebige Reihenfolge bringen. Darüber hinaus haben Anwender die Möglichkeit eigene Muster zu erkennen und zu erstellen und zu benennen und andere Muster zu löschen. Über Mausinteraktionen kann heruass und hereingezoomt werden. Ähnlich wie die Hoverfunktion bei den Scatterplots dieser Arbeit kann beim Hovern über die Sunburst Hierarchie der Sektor beim Hovern hervorgehoben werden. Diese Forschungsarbeit weist weitergehende Interaktionsmöglichkeiten als die Bike Buyers Arbeit auf. Mit dem Ziel die Stadtplanung zu verbessern überschneidet sich die Baumhierarchie mit der Zielgruppe spezifischer Buunternehmen mit der von Dai et al. [24]

Vom Themengebiet zu Fahrrädern im engen Sinne entfernter, zum Thema Wettkampfsport visualisieren mit Hilfe von Parallelen Koordinaten die Daten zur Rugby-Sportart [25, 26]. Eine weitere Studie zu öffentlichen Fahrradverleih-Systemen, mit Interaktionsmöglichkeiten, verwendet verschiedene Weiterentwicklungsmöglichkeiten der Parallelen Koordinaten. In der Standardvariante werden ebenfalls Attribute gegenübergestellt. In der beschriebenen Arbeit werden allerdings fünf Achsen verwendet. Mit deren Anwendung können Nutzer eigenständig Daten filtern und durch Hovern über die Linien welche die Parallelen Koordinaten verbinden, werden die jeweiligen Linien hervorgehoben. Grundsätzlich gemeinsam mit diesem Ansatz, ist dass die Daten gefiltert werden. In diesem Bericht allerdings vorgefertigt im ELM-Programm. Somit stellen die Unterschiede die Filteranwendung durch Nutzende sowie das Hovern dar [27].

## 7 Zusammenfassung und Ausblick

Dieses Projekt hat die visuelle Datenaufbereitung zu einem sehr aktuellen Thema umgesetzt. Durch den Scatterplot konnten Zusammenhänge aufgezeigt werden, welche insbesondere für die Zielgruppe des Fahrradhandels interessant ist. Trotz der Limitation, dass lediglich zweifach Daten über die X und Y Achse gegenübergestellt werden, ermöglicht die Hover-Interaktion genügend Möglichkeiten für die Anwender, eigene Muster zu erkennen und für die engere Kundenbindung im Fahrradverkauf zu übertragen. Des Weiteren können Fahrradhersteller mit der Visuali-

serungstechnik der Parallelen Koordinaten interagieren und Informationen und Muster erkennen, welche auf die Fahrradproduktion übertragen werden können (Einkommen, Alter, etc.) Die dritte Visualisierung ermöglicht es einen komplexen Sachverhalt übersichtlich und ohne Vorkenntnisse auszuzeigen, der intuitiv verständlich ist. Über die Baumhierarchie wird die Relevanz für kurze Fahrradwege sichtbar. Besonders in Großstädten ist diese Thematik brisant, da hier im Verkehr häufig Fahrradunfälle passieren, weswegen sich diese Visualisierung für Stadtplaner und insbesondere Bauunternehmen eignet. Somit spricht dieses Projekt mehrere Zielgruppen genau und kostenlos an. Im Bezug auf Interaktion stellen folgende Inhalte eine Weiterentwicklung dar. Die Hauptwebsite könnte ansprechender visualisiert werden. Die Interaktionsmöglichkeiten für Anwender könnten erweitert werden, sodass Nutzer selbst die Möglichkeit haben die Daten nach Region, bestimmter Werte oder Wertschwellen, oder individuellen Parametern über Buttons zu filtern. Dies würde die Zielgruppe nochmals erweitern, sodass nicht nur europäische sondern auch amerikanische oder pazifische Branchenunternehmen angesprochen werden.

Aus Visualisierungssicht könnten mehr Visualisierungstechniken verwendet werden, welche als zusätzliche Interaktionsmöglichkeit verknüpft sein sollten. Auch eine Option zum Ein- und Ausschalten der Röntgenansicht könnte sinnvoll sein für die Parallele Koordinaten. Auf Datenebene könnten Erhebungen zur Häufigkeit des Fahrradfahrens, Equipment wie Helme (Helmbenutzung), Verkehrssicherheit, Fahrstil interessant sein, um zusätzliche Materialien zu verkaufen oder auch die Zielgruppe der Versicherungsbranche anzusprechen. Zusammenfassend bietet diese Forschungsarbeit zur Visualisierung von Fahrradkäufen im B2C-Segment der Anbieterseite zu aktuell benötigten, genaueren Informationen eine Grundlage zu Visualisierungen, die im Rahmen der begrenzten Zeit und zu Verfügung stehender Ressourcen auch tiefergehende Informationen wie Pendlerdistanzen oder Beachtung von Nichtfahrradbesitzenden als potenzielle Neukunden interessante Einblicke. Diese Daten könnten unter anderem durch Umfragen gesammelt werden und regelmäßig aktualisiert werden.

## **Anhang: Git-Historie**

## Literatur

- [1] Heike Marquart, Julia Schuppan, Benjamin Heldt, Lisa Buchmann, Julia Jarass, Sarah Berg, Till Steinmeier, Philipp Masius, Meret Nathalie Batke, Arthur Zschäbitz, Jakob Bastian, Charlotte Blechner, David Brunner, Julian Maurer, Pascal Kraft, Leon Govinda Stephan, Tuan Anh Rieck, Konstantin Arndt, Lennart Goettsche, Robert Radloff, Nadja Martin, Lara Ann Steinert, and Fabian Drews. *Mobilität in Stadtquartieren*. Humboldt-Universität zu Berlin, 2021.
- [2] Martin Kords. Statistiken zum thema fahrradfahrer, 2020.
- [3] Statista. Corona-krise sorgt für fahrrad-boom, 25.08.2021.
- [4] Martin Platter. Das virus bewegt aufs velo, 2020.
- [5] Christiane Köllner. Individualverkehr gewinnt, öpnv verliert, 2020.
- [6] Christian Thomann-busse. Setzt sich der fahrradtrend weiter so fort?, 2020.
- [7] Andreas Jöhrens. Boomendes geschäft, steigende preise: Lieferprobleme im fahrrad-handel, 2021.
- [8] N-tv Nachrichten. Sportliche premium-fahrräder: Cyklaer - porsche baut jetzt pedelecs. *n-tv NACHRICHTEN*, 31.08.2021.
- [9] Tretwerk. Welches fahrrad für welchen zweck? – tretwerk biker blog, 2018.
- [10] Mike Yi. A complete guide to scatter plots, 2019.
- [11] F. J. Anscombe. Graphs in statistical analysis. *The American Statistician*, 27(1):17, 1973.
- [12] William S. Cleveland and Robert McGill. The many faces of a scatterplot. *Journal of the American Statistical Association*, 79(388):807, 1984.
- [13] A. Inselberg and B. Dimsdale. Parallel coordinates: a tool for visualizing multi-dimensional geometry. In IEEE, editor, *Proceedings of the First IEEE Conference on Visualization: Visualization '90*, pages 361–378. IEEE Comput. Soc. Press, 1990.
- [14] Rida Moustafa and Ed Wegman. Multivariate continuous data — parallel coordinates. In *Graphics of Large Datasets*, Statistics and Computing, pages 143–155. Springer New York, New York, NY, 2006.
- [15] Stephen Few. Line graphs and irregular intervals. *Visual Business Intelligence Newsletter*, (11):1–11, 2008.
- [16] Julian Heinrich and Daniel Weiskopf. Continuous parallel coordinates. *IEEE transactions on visualization and computer graphics*, 15(6):1531–1538, 2009.

- [17] Heinz-Peter Gumm and Manfred Sommer. *Programmierung, Algorithmen und Datenstrukturen*, volume / Heinz-Peter Gumm, Manfred Sommer ; Band 1 of *De Gruyter Studium*. De Gruyter Oldenbourg, Berlin and Boston, 2016.
- [18] VeloTOTAL - Das größte Netzwerk rund um das Thema Fahrrad. Click & meet, click & collect, click & ride safe – so katapultieren sich berliner fahrradläden ins digitale zeitalter, 2021.
- [19] Sebastian Follmer. Fahrrad online-shops: Bike-versender im vergleich, 2015.
- [20] Kevin Knitterscheidt and Silke Kersting. Rohstoffmangel: Materialknappheit bedroht bauboom, 2021.
- [21] Heeral Dedhia. Bike buyers 1000, 22.09.2020.
- [22] Ivan Rios, Lukasz Golab, and S. Keshav. Analyzing the usage patterns of electric bicycles. In *Proceedings of the Workshop on Electric Vehicle Systems, Data, and Applications*, pages 1–6, New York, NY, USA, 06212016. ACM.
- [23] Aditya Singh Kashyap and Swastika Swastik. Regression model to predict bike sharing demand. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, 6(3):1024–1028, 2021.
- [24] Haoran Dai, Yubo Tao, and Hai Lin. Visual analytics of urban transportation from a bike-sharing and taxi perspective. *Journal of Visualization*, 23(6):1053–1070, 2020.
- [25] Meng Du and Xiaoru Yuan. A survey of competitive sports data visualization and visual analysis. *Journal of Visualization*, 24(1):47–67, 2021.
- [26] David H. S. Chung, Matthew L. Parry, Iwan W. Griffiths, Robert S. Laramee, Rhodri Bown, Philip A. Legg, and Min Chen. Knowledge-assisted ranking: A visual analytic application for sports event data. *IEEE computer graphics and applications*, 36(3):72–82, 2016.
- [27] Xiaoying Shi, Zhenhai Yu, Jing Chen, Haitao Xu, and Fei Lin. The visual analysis of flow pattern for public bicycle system. *Journal of Visual Languages & Computing*, 45:51–60, 2018.