



# Radfahren in den Mittelgroßstädten

## Ein Systemvergleich

### MASTERARBEIT

vorgelegt von

Tamara Gligoric, BSc.

bei

Univ. Prof. Dr. Ing. Martin Fellendorf

Technische Universität Graz

Institut für Straßen- und Verkehrswesen

Mitbetreuender Assistent:

Alex van Dulmen, BBE MSc

Technische Universität Graz

Institut für Straßen- und Verkehrswesen

Graz, (am 18. März 2018)



Beschluss der Curricula-Kommission für Bachelor-, Master- und Diplomstudien vom 10.11.2008  
Genehmigung des Senats am 01.12.2008

### **Eidesstattliche Erklärung**

Ich erkläre an Eides Statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen / Hilfsmittel nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtliche und inhaltlich entnommene Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Das in TUGRAZonline hochgeladene Textdokument ist mit der vorliegenden Masterarbeit/Diplomarbeit identisch.

Graz, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Tamara Gligoric, BSc.

### **Statutory Declaration**

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources / resources, and that I have explicitly marked all material which has been quoted either literally or by content from the used sources. This document is identical with the electronic version uploaded via TUGRAZonline.

Graz, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Tamara Gligoric, BSc.

## **Danksagung**

Ich bedanke mich bei allen, die mir während der Verfassung der Masterarbeit unterstützt haben.

Ich bedanke mich bei Univ. Prof. Dr. Ing. Martin Fellendorf und seinem Mitarbeiter Van Dulmen für das Thema sowie die Chance am Institut für Straßen und Verkehrswesen die Masterarbeit abzuschließen. Dann bedanke ich mich bei Herrn Prof Michael Cik, auf die Einladung zur 13. Sommerakademie, wobei nationale und internationale Experten im Bereich „Radverkehr“ Ihre Vorträge präsentiert wurden.

Bedanke mich bei Frau Marie Therese Fallast und Herrn Kurt Fallast, Ass.Prof.i.r. Dipl.-Ing. Dr.techn., die mich unterstützt haben, um praktische Aspekte der Radverkehrsplanung zu sammeln.

Spezieller Dank gehört meiner Familie.

## Aufgabenstellung für die Masterarbeit

von Tamara Gligoric

Graz, am 27.06.2017

# Radfahren in den Mittelgroßstädten - Ein Systemvergleich

## Problemstellung

Auch in Europa schreitet die Urbanisierung voran. Durch die wachsende Bevölkerung nimmt die Gesamtanzahl der Wege und somit auch das Verkehrsaufkommen zu. In Verkehrskonzepten und Verkehrsentwicklungsplänen werden Lösungsansätze, Ziele und Strategien für den Ausbau und die Entwicklung der Verkehrsinfrastruktur definiert. Zahlreiche Städte versuchen, die Verkehrsprobleme durch eine Erhöhung des Radverkehrsanteils zu mildern. Radverkehrskonzepte sind oftmals Inhalt von Verkehrskonzepten. Für kurze Wege bietet das Fahrrad einige Vorteile gegenüber dem motorisierten Verkehr.

Radfahren ist ein Teil der nachhaltigen Stadtmobilität. Die Entwicklung der Mobilität und Radinfrastruktur beeinflusst die Stadtentwicklung und umgekehrt. Der Anteil des Radverkehrs in Österreich liegt in 2017 bei etwa 7%. Dort, wo der Radverkehr gefördert wird, steigt in der Regel auch die Fahrradbenutzung, allerdings nicht überall in gleicher Höhe. Die Radnutzung hängt neben einem allgemeinen Radverkehrsklima, das durch soziologische Faktoren bestimmt ist und oft nicht quantitativ gefasst werden kann, von der verfügbaren Radverkehrsinfrastruktur und den Alternativen, insbesondere dem ÖPNV ab. Des Weiteren haben auch andere Strukturen wie der Parkraum oder die Stadtstruktur Einfluss auf die Radnutzung. In dieser Arbeit sollen Zusammenhänge zwischen Radinfrastruktur und deren Nutzung durch einen Städtevergleich untersucht werden.

In dieser Masterarbeit soll daher ein Systemvergleich verschiedener Städte durchgeführt werden. Ziel ist es zu erkennen, unter welchen Bedingungen ein Ausbau der Radinfrastruktur einen Anstieg der Radnutzung für Alltagswege zufolge hat. Damit können zukünftig Verbesserungen im Infrastrukturbereich sinnvoll geplant werden. Mit zunehmender Stadtgröße verbessert sich in der Regel das ÖV-Angebot. Bei Städten mit einem U-Bahn-System sind die Reisezeiten für zahlreiche innerstädtische Verbindungen oft kürzer als mit dem ÖV oder dem Fahrrad. Zur besseren Vergleichbarkeit konzentriert sich diese Arbeit auf mittelgroße Großstädte. In der Literatur sind bereits verschiedene Studien zum Thema 'Stadtstruktur und Radnutzung' beschrieben. Im Zentrum der Studien steht meist das menschliche Verhalten. Unter anderem beschäftigt sich auch die Mobilitätsforschung mit diesem Thema und setzt sich als Ziel, kostengünstige und vor allem nachhaltige Lösungen für Verkehrsprobleme zu finden. Für die Bevölkerung ist es wichtig, moderne Mobilität zu forcieren, wodurch vor allem der öffentliche sowie der Rad- und Fußverkehr gestärkt werden kann.

## Aufgabenstellung

In dieser Masterarbeit soll versucht werden die Verbindung zwischen Stadtstruktur und Radnutzung zu thematisieren und deren Auswirkungen auf die Mobilität aufzuzeigen. Dabei stehen unter anderem Begriffe wie ‚Raumplanung‘, ‚modaler Anteil an Fahrrädern‘ und ‚Stadt- und Fahrradnetzwerke‘ im Fokus. Das Ziel ist die Verknüpfung des Modal Splits mit anderen Kennzeichen, wie Einwohnerzahl, Einwohnerdichte, Motorisierungsgrad, Länge des ÖV-Netzes, usw. Anhand dieser angenommenen Auswahl werden genauere Analysen durchgeführt, wie zum Beispiel die Länge des Hauptstraßennetzes im Vergleich zum Radwegenetz und/oder zum nachgeordneten Straßennetz, die Größe der verkehrsberuhigten Innenstadtzone, die Längen der Fußgängerzonen, Preisstruktur und detailliertes ÖV-Angebot, Parkraumangebot etc. Die Städte werden in drei Gruppen unterteilt, die besonders hohen, mittleren oder niedrigen Radfahreranteil haben. Mit einem Radverkehrsanteil von ca 16% zählt Graz zu den Städten mit einem mittleren Radfahreranteil, wohingegen Linz einen niedrigen Radfahreranteil hat. Die Aufteilung hat zum Ziel, die Unterschiede in der Radnutzung zu verdeutlichen.

Die folgende Liste enthält wesentliche Bearbeitungspunkte der Masterarbeit; Abweichungen mit fortschreitendem Erkenntnisstand während der Bearbeitung sind möglich.

- Literaturrecherche zum Thema ‚Stadtstruktur und Radnutzung‘ unter Berücksichtigung länder-spezifischer Unterschiede in den Richtlinien zum Radverkehr in Holland, Dänemark, Deutschland und Österreich
- Analyse von ca 30 ausgewählten mittelgroßen europäischen Städten (ca. 200.000 – 600.000 Einwohner) durch Kennziffern wie Modal Split in Abhängigkeit von Einwohner, Einwohnerdichte, Motorisierungsgrad, ÖV-Angebots (Liniennetzlänge, Takthäufigkeit), Radwegenetzlänge, Stadtstruktur, usw.
- Auswahl einer Teilmenge aus obiger Liste (ca 10 Städte) mit unterschiedlichem Radverkehrsanteil und nähere Betrachtung, warum sich der Radverkehrsanteil unterscheidet. Die ausgewählten Städte sollen mit dem Radverkehr in Graz verglichen werden.

Die Arbeit erfolgt in enger Abstimmung mit dem Ingenieurbüro für Verkehrsplanung Panum GmbH, Graz, um auch praktische Aspekte der Radverkehrsplanung einbringen zu können.

Die Diplomandin verpflichtet sich, die Software sowie die bereitgestellten Daten ausschließlich zur Anfertigung der Masterarbeit zu nutzen und bei der Datenaufbereitung und Datenanalyse der zur Verwendung gestellten Daten Datenschutzrichtlinien einzuhalten.

Die Arbeit ist zweifach mit allen Anlagen in DIN A4 gebunden einzurichten. Ein Datenträger mit dem Masterarbeitstext, Präsentationen sowie allen Modalitäten ist beizulegen.



Univ.-Prof. Dr.-Ing. Martin Fellendorf  
Tel. 0316 873 - 6220  
martin.fellendorf@tugraz.at  
Institut für Straßen- und Verkehrswesen  
TU Graz  
Betreuer



Alex van Duimen, BBE MSc  
Tel. 0316 873 - 8726  
alex.vanduilmen@tugraz.at  
Institut für Straßen- und Verkehrswesen  
TU Graz  
Mitbetreuender Assistent

## Kurzfassung

### **Radfahren in den Mittelgroßstädten - Ein Systemvergleich**

177 Seiten, 55 Abbildungen, 146 Tabellen

Viele europäische Städte versuchen den Radfahreranteil zu erhöhen. Ausgehend von der Hypothese, dass es die Indikatoren gibt, die den Radverkehrsanteil beeinflussen, wurde ein Systemvergleich von europäischen Großstädten zwischen 200.000 und 600.000 Einwohner vorgenommen. Einführend werden unterschiedliche Kennziffern erarbeitet, die einen Einfluss auf den Radverkehrsanteil haben können wie zum Beispiel Radwegelänge und Einwohnerdichte. Die Kennziffern wurden aus unterschiedlichen Datenquellen erhoben. Der Radverkehrsanteil (Modal Split) entstammt der EPOMM-Datenbank (European Platform on Mobility Management). Neben einer umfassenden Internetrecherche wurde eine Befragung von Statistikämtern und Verkehrsbetrieben in ausgewählten Städten zur Ermittlung weiterer Indikatoren zur Länge und Nutzung der Verkehrsnetze durchgeführt. Im Rahmen dieser Arbeit wurden insgesamt 330 Datensätze zu den 15 unterschiedlichen Indikatoren gesammelt und verglichen. Für 30 Städte wurden je neun Indikatoren erhoben; für eine Teilmenge von 10 Städten wurden weitere sechs Indikatoren ermittelt. Durch einfache und multiple Regressionsmodelle wurde geprüft, ob ein statistischer Zusammenhang zwischen den Indikatoren und dem Radverkehrsanteil besteht. Es konnten schwach signifikante bis signifikante Modelle erstellt werden. Besonders aussagekräftig ist der Radverkehrsanteil als Kombination des Quotienten Radwegelänge und Gesamtverkehrsfläche sowie Radwegelänge pro Einwohner. Eine detaillierte Analyse der 10 Städte offenbarte deutliche Unterschiede des Radfahreranteils im Vergleich mit Graz.

# Abstract

## Comparison of cycling indicators in medium sized cities

177 pages, 55 figures, 146 tables

Many European cities are trying to increase the usage bicycle for every-day trips. This thesis investigates factors of the transport system of European medium-sized cities between 200,000 and 600,000 inhabitants influencing the mode choice of cyclists. Indicators looked at include bicycle path length and population density. The indicators were collected from different data sources. The modal split comes from the European Platform on Mobility Management (EPOMM) database. In addition to a comprehensive internet search was conducted. Various statistical offices and transport operators in selected cities were contacted to identify further indicators on the length and use of transport networks. As part of this work, a total of 330 data sets were collected and compared with 15 different indicators. Nine indicators were collected for 30 cities; For a subset of 10 cities, a further six indicators were identified. Simple and multiple regression models were used to check whether a statistical relationship between the indicators and the bicycle mode choice exists. It was possible to create weakly significant to significant models. Especially meaningful is the bicycle mode choice as function of the quotient cycle length and total traffic area and cycle length per inhabitant. A detailed comparison of 10 cities identified clear differences in mode choice with respect to Graz.

# Inhaltsverzeichnis

|   |            |
|---|------------|
| <b>Inhaltsverzeichnis</b> .....   | <b>iii</b> |
| <b>Abbildungsverzeichnis</b> .....  | <b>v</b>   |
| <b>Tabellenverzeichnis</b> .....  | <b>vii</b> |
| <b>Abkürzungen</b> .....  | <b>xi</b>  |
| <b>1 Einführung</b> .....   | <b>12</b>  |
| <b>2 Kennziffern zur Mobilität des Radfahrens</b> .....                       | <b>14</b>  |
| 2.1 Führung des Radverkehrs (Definitionen).....                               | 14         |
| 2.1.1 Österreich.....   | 15         |
| 2.1.2 Deutschland.....  | 17         |
| 2.1.3 Die Niederlande.....  | 21         |
| 2.1.4 Dänemark.....   | 23         |
| 2.2 Planungsgrundsätze im Radverkehr.....                                     | 24         |
| 2.2.1 Radverkehrsinfrastruktur.....   | 24         |
| 2.2.2 Radverkehrsanlagen.....   | 25         |
| 2.2.3 Informationen für Fahrräder.....  | 26         |
| 2.3 Kennziffern zum ÖV Angebot.....   | 27         |
| 2.3.1 Verkehrsaufkommen.....  | 27         |
| 2.3.2 Einwohnerdichte.....  | 27         |
| 2.3.3 Einkommenstatus.....  | 28         |
| 2.3.4 Ticketnutzung.....  | 29         |
| 2.3.5 Takt und Haltestellen.....  | 30         |
| 2.3.6 Zufriedenheit mit den ÖV-Mitteln.....                                   | 30         |
| 2.3.7 Verkehrsleistung.....   | 31         |
| 2.3.8 Netzstrukturen.....   | 32         |
| 2.4 Kennziffern zur Verkehrsnachfrage.....                                    | 32         |
| <b>3 Datenerhebung von 30 ausgewählten EU-Städten</b> .....                   | <b>38</b>  |
| <b>4 Methodische Ansatz (Regressionsanalyse)</b> .....                        | <b>53</b>  |
| 4.1.1 Einzelne Vorgänge zur Datenerhebung.....                                | 53         |
| 4.1.2 Netzstrukturen basierend auf GIS-Daten.....                             | 55         |
| 4.1.3 Einfache Regression.....  | 56         |
| 4.1.4 Vorgehensweise bei der einfachen linearen Regression.....               | 60         |
| 4.1.5 Multiple Regression.....  | 61         |
| 4.1.6 Datenanalyse.....   | 63         |
| <b>5 Auswertung der Modelergebnisse von den 30 ausgewählten Städten</b> ..... | <b>66</b>  |

|        |   |            |
|--------|---|------------|
| 5.1    | Analyse von Indikatoren im Vergleich mit Modal Split: Rad ..... | 67         |
| 5.1.1  | Der Faktor, Radwegelänge durch gesamte Verkehrsfläche .....     | 67         |
| 5.1.2  | Die Einwohnerzahl .....   | 71         |
| 5.1.3  | Die Einwohnerdichte .....                                       | 72         |
| 5.1.4  | Die Liniennetzlänge: Straßenbahn .....                          | 73         |
| 5.1.5  | Die Liniennetzlänge: Bus .....                                  | 77         |
| 5.1.6  | Der Motorisierungsgrad .....                                    | 78         |
| 5.1.7  | Gesamte Stadtfläche .....                                       | 82         |
| 5.1.8  | Die Straßennetzlänge .....                                      | 83         |
| 5.1.9  | Anteile Radwege an Straßennetz .....                            | 84         |
| 5.1.10 | Takthäufigkeit.....   | 88         |
| 5.1.11 | Multiple Modelle.....   | 91         |
| 5.1.12 | Einfache Regression vs. multiple Regression .....               | 97         |
|        | <b>Auswertung der Modellergebnisse von 10 Städten.....</b>      | <b>98</b>  |
| 5.1.13 | Vergleichbare Darstellung der reinen Radwege .....              | 98         |
| 5.1.14 | Vergleich die Länge der reinen Radwege .....                    | 103        |
| 5.1.15 | Vergleich der Fahrradwege pro Einwohner .....                   | 106        |
| 5.1.16 | Vergleich der Netzstrukturen – Straßennetz .....                | 108        |
| 5.1.17 | Vergleich der Länge die T30 -Straßennetze .....                 | 112        |
| 5.1.18 | Vergleich die Länge der Fußgängerzone .....                     | 114        |
| 5.1.19 | Vergleich der Preise die Jahreskarte .....                      | 116        |
| 5.1.20 | Vergleich der Verkehrsleistungen .....                          | 119        |
| 5.1.21 | Multiple Modelle.....   | 121        |
|        | <b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>                       | <b>125</b> |
|        | <b>Literaturverzeichnis.....</b>                                | <b>127</b> |
|        | <b>Anhang .....</b>   | <b>138</b> |

## Abbildungsverzeichnis

|               |   |    |
|---------------|---|----|
| Abbildung 1:  | Verkehrsmittelnutzung und Ausgaben in Freiburg .....  | 12 |
| Abbildung 2:  | Links - Einrichtungsradweg in Querschnitt; Rechts - Querschnitt für selbstständig<br>geführten Radweg ..... | 15 |
| Abbildung 3:  | Zweirichtungsfahrbahn mit Mehrzweckstreifen .....   | 16 |
| Abbildung 4:  | Radfahrstreifen bei Tempo 50 km/h Beschränkung.....   | 16 |
| Abbildung 5:  | Busbucht mit Mehrzweckstreifen.....   | 17 |
| Abbildung 6:  | Beispiel für die Kreuzung einer Fahrradstraße mit einer Erschließungsstraße .....                           | 17 |
| Abbildung 7:  | Radverkehrsfahrt im Zuge eines Zweirichtungsradweges.....   | 18 |
| Abbildung 8:  | Radfahrstreifen.....  | 18 |
| Abbildung 9:  | Mögliche Ausprägungen eines Schutzstreifens .....   | 19 |
| Abbildung 10: | Ausbildung des Straßenseitenraumes mit Längsparkständen .....   | 20 |
| Abbildung 11: | Radfahrstreifen.....  | 21 |
| Abbildung 12: | Zweirichtungsradweg .....   | 21 |
| Abbildung 13: | Einrichtungs-Radweg .....   | 22 |
| Abbildung 14: | Längsparking dienen als Schutzbereich für Radfahrer von MIV in Kopenhagen.....                              | 23 |
| Abbildung 15: | Netzplan mit hierarchischem Aufbau .....  | 24 |
| Abbildung 16: | Überdachte Fahrradabstellanlage .....   | 25 |
| Abbildung 17: | Das Citybike in Wien .....  | 26 |
| Abbildung 18: | Modal Split nach Dichtekategorie .....  | 28 |
| Abbildung 19: | Einkommen pro Kopf und Alltagsmobilität in Österreich.....  | 29 |
| Abbildung 20: | Ticketnutzung in deutschen Städten [%].....   | 30 |
| Abbildung 21: | Zufriedenheit der Fahrgäste im Städtevergleich .....  | 31 |
| Abbildung 22: | Netzstrukturen – Straßen nach (Fellendorf M. , 2016, S. 13).....  | 32 |
| Abbildung 23: | Regionales Verkehrskonzept Graz – Graz Umgebung .....   | 34 |
| Abbildung 24: | Mobilität in Münster differenziert nach Innenstadt und Außenstadtteilen .....                               | 36 |
| Abbildung 25: | Modal Split in Städtevergleich: Wegeanteil an allen Verkehrsmitteln.....                                    | 37 |
| Abbildung 26: | Modal-Split im Binnenverkehr (Wege innerhalb Freiburgs).....  | 37 |
| Abbildung 27: | Methodik der erhobenen Daten – ein Vergleich .....  | 53 |
| Abbildung 28: | Prinzip der Varianzzerlegung bei der einfachen linearen Regression .....                                    | 58 |
| Abbildung 29: | das Modell für den Städtevergleich.....   | 60 |
| Abbildung 30: | Histogramm nach Klassen der Liniennetzlänge: Straßenbahn .....  | 63 |
| Abbildung 31: | Abhängigkeit Modal Split: Rad von Radwegelänge pro Verkehrsfläche .....                                     | 67 |
| Abbildung 32: | Histogramm der Radwegelänge an Verkehrsfläche von 30 Städte .....   | 68 |
| Abbildung 33: | Radverkehrsanteil in Abhängigkeit von Einwohnerzahl .....   | 71 |
| Abbildung 34: | Radverkehrsanteil in Abhängigkeit von EW-Dichte im Baugebiet.....   | 72 |
| Abbildung 35: | Abhängigkeit Modal Split: Rad von liniennetzlänge Straßenbahn .....   | 73 |
| Abbildung 36: | Histogramm der Liniennetzlänge Straßenbahn von 30 Städte.....   | 73 |
| Abbildung 37: | Abhängigkeit Modal Split: Rad von Liniennetzlänge Bus.....  | 77 |
| Abbildung 38: | Abhängigkeit Modal Split: Rad von Motorisierungsgrad.....   | 78 |
| Abbildung 39: | Histogramm des Motorisierungsgrad von 30 Städte.....  | 78 |
| Abbildung 40: | Abhängigkeit Modal Split: Rad von gesamte Stadtfläche.....  | 82 |
| Abbildung 41: | Abhängigkeit Modal Split: Rad von Straßennetz .....   | 83 |
| Abbildung 42: | Abhängigkeit Modal Split: Rad und Anteile Radwegelänge an Straßennetzlänge .....                            | 84 |

---

|  |     |
|--|-----|
| Abbildung 43: Histogramm der Anteile Radwege an Straßennetz nach Klassen.....    | 84  |
| Abbildung 44: Abhängigkeit Modal Split: Rad von Radwegelänge .....               | 103 |
| Abbildung 45: Die Klasse der reinen Radwege .....                                | 104 |
| Abbildung 46: Abhängigkeit Fahrradwege pro Einwohner von Radverkehrsanteile..... | 107 |
| Abbildung 47: Radial – Ringnetz in Münster.....                                  | 109 |
| Abbildung 48: Rasternetz in Linz.....  | 110 |
| Abbildung 49: Radial - Rasternetz in Graz.....                                   | 111 |
| Abbildung 50: Abhängigkeit Modal Split: Rad von Länge des Straßennetzes.....     | 112 |
| Abbildung 51: Die Klasse des T30 - Straßennetzes .....                           | 113 |
| Abbildung 52: Abhängigkeit Modal Split: Rad von Länge der Fußgängerzone .....    | 114 |
| Abbildung 53: Vergleich Modal Split: Rad und Preis der Jahreskarte im ÖV.....    | 116 |
| Abbildung 54: Klasse der Jahreskarte .....                                       | 117 |
| Abbildung 55: Abhängigkeit Modal Split: Rad von Verkehrsleistung .....           | 120 |

## Tabellenverzeichnis

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| Tabelle 1:  | Dreibuchstabige (ALPHA-3) Länderkürzel nach ISO -3166 Norm .....             | xi |
| Tabelle 2:  | Argumentationsbasis Radverkehr .....   | 12 |
| Tabelle 3:  | Dimensionierung der Zweirichtungsradwege .....                               | 22 |
| Tabelle 4:  | Dimensionierung der Einrichtungsradweges.....                                | 22 |
| Tabelle 5:  | Beispiel für den Erhebungsprobleme, Modal Split der Wege in Wien.....        | 33 |
| Tabelle 6:  | Eindhoven (NLD).....   | 38 |
| Tabelle 7:  | Münster (DEU).....   | 38 |
| Tabelle 8:  | Groningen (NLD).....   | 39 |
| Tabelle 9:  | Freiburg (DEU).....  | 39 |
| Tabelle 10: | Kopenhagen (DNK).....  | 40 |
| Tabelle 11: | Tilburg (NLD).....   | 40 |
| Tabelle 12: | Utrecht (NLD).....   | 41 |
| Tabelle 13: | Bremen (DEU).....  | 41 |
| Tabelle 14: | Karlsruhe (DEU).....   | 42 |
| Tabelle 15: | Gent (BEL).....  | 42 |
| Tabelle 16: | Hannover (DEU).....  | 43 |
| Tabelle 17: | den Haag (NLD).....  | 43 |
| Tabelle 18: | Aarhus (DNK).....  | 44 |
| Tabelle 19: | Krefeld (DEU).....   | 44 |
| Tabelle 20: | Dresden (DEU).....   | 45 |
| Tabelle 21: | Graz (AUT).....  | 45 |
| Tabelle 22: | Bielefeld (DEU).....   | 46 |
| Tabelle 23: | Augsburg (DEU).....  | 46 |
| Tabelle 24: | Mannheim (DEU).....  | 47 |
| Tabelle 25: | Aachen (DEU).....  | 47 |
| Tabelle 26: | Ljubljana (SVN).....   | 48 |
| Tabelle 27: | Dortmund (DEU).....  | 48 |
| Tabelle 28: | Oberhausen (DEU).....  | 49 |
| Tabelle 29: | Bologna (ITA).....   | 49 |
| Tabelle 30: | Göteborg (SWE).....  | 50 |
| Tabelle 31: | Moenchengladbach (DEU).....  | 50 |
| Tabelle 32: | Bochum (DEU).....  | 51 |
| Tabelle 33: | Zürich (CHE).....  | 51 |
| Tabelle 34: | Linz (AUT).....  | 52 |
| Tabelle 35: | Wuppertal (DEU).....   | 52 |
| Tabelle 36: | Methodisches Vorgehen – 30 Städte .....                                      | 54 |
| Tabelle 37: | Methodisches Vorgehen – 10 Städte .....                                      | 55 |
| Tabelle 38: | Beispiel aus Bewertung des Straßennetzes nach 3 Klassen .....                | 64 |
| Tabelle 39: | Drei unterschiedlich gewichtete Messwerte nach Modal Split: Rad.....         | 65 |
| Tabelle 40: | Auswahlkriterien für 30 Städte nach Einwohnerzahl und Modal Split: Rad ..... | 66 |
| Tabelle 41: | Bewertung des Indikators nach Modal Split: Rad.....                          | 68 |
| Tabelle 42: | Ausreißer die in jeder Klasse ermittelt wurden.....                          | 68 |

|             |   |     |
|-------------|---|-----|
| Tabelle 43: | Drei unterschiedlich gewichtete Messwerte nach Modal Split: Rad.....              | 69  |
| Tabelle 44: | Neue Regeln für die bedingte Formatierung.....                                    | 69  |
| Tabelle 45: | Kardinalskalierte Werte des Indikators .....                                      | 70  |
| Tabelle 46: | Bewertung des Indikators nach Modal Split: Rad.....                               | 74  |
| Tabelle 47: | Ausreißer die in jeder Klasse detektiert wurden .....                             | 74  |
| Tabelle 48: | Drei unterschiedlich gewichtete Messwerte nach Modal Split: Rad.....              | 74  |
| Tabelle 49: | Neue Regeln für die bedingte Formatierung.....                                    | 75  |
| Tabelle 50: | Kardinalskalierte Werte des Liniennetzlänge Straßenbahn .....                     | 76  |
| Tabelle 51: | Bewertung des Indikators nach Modal Split: Rad.....                               | 79  |
| Tabelle 52: | Ausreißer die in jeder Klasse detektiert wurden .....                             | 79  |
| Tabelle 53: | Drei unterschiedlich gewichtete Messwerte nach Modal Split: Rad.....              | 79  |
| Tabelle 54: | Drei unterschiedlich gewichtete Messwerte nach Modal Split: Rad.....              | 80  |
| Tabelle 55: | Kardinalskalierte Werte des Motorisierungsgrads .....                             | 81  |
| Tabelle 56: | Bewertung des Indikators nach Modal Split: Rad.....                               | 85  |
| Tabelle 57: | Ausreißer die in jeder Klasse ermittelt wurden.....                               | 85  |
| Tabelle 58: | Drei unterschiedlich gewichtete Messwerte nach Modal Split: Rad.....              | 85  |
| Tabelle 59: | Neue Regeln für die bedingte Formatierung.....                                    | 86  |
| Tabelle 60: | Kardinalskalierte Werte des Anteile Radwege an Straßennetz.....                   | 87  |
| Tabelle 61: | Datenanalyse der einfachen linearen Regression .....                              | 88  |
| Tabelle 62: | Datenanalyse der einfachen linearen Regression .....                              | 88  |
| Tabelle 63: | Bedienung im Tag- und Nachtnetz: Straßenbahn.....                                 | 89  |
| Tabelle 64: | Klassifizierte Einstufung der ÖV-Qualität .....                                   | 89  |
| Tabelle 65: | Bedienung im Tag- und Nachtnetz: Bus.....   | 90  |
| Tabelle 66: | Klassifizierte Einstufung der ÖV-Qualität .....                                   | 90  |
| Tabelle 67: | Das multiple Modell 4.....  | 92  |
| Tabelle 68: | Das multiple Modell 6.....  | 93  |
| Tabelle 69: | Das multiple Modell 15.....   | 95  |
| Tabelle 70: | Das multiple Modell 18.....   | 96  |
| Tabelle 71: | Differenz zwischen Modal Splits: Rad und dem Wert der Stadt Graz .....            | 98  |
| Tabelle 72: | Arten der Radwege und seiner Längen in Münster (DEU) .....                        | 99  |
| Tabelle 73: | Arten der Radwege in: Utrecht, Groningen und den Haag (NLD) .....                 | 99  |
| Tabelle 74: | Arten der Radwege in Aarhus (DNK) .....   | 99  |
| Tabelle 75: | Arten der Radwege und seiner Längen in Augsburg (DEU) .....                       | 100 |
| Tabelle 76: | Arten der Radwege und seiner Längen in Mannheim (DEU).....                        | 100 |
| Tabelle 77: | Arten der Radwege und seiner Längen in Aachen (DEU) .....                         | 101 |
| Tabelle 78: | Radverkehrsnetze in Mönchengladbach (DEU).....                                    | 101 |
| Tabelle 79: | Arten der Radwege und seiner Längen in Linz (AUT) .....                           | 102 |
| Tabelle 80: | Datenanalyse der einfachen linearen Regression .....                              | 103 |
| Tabelle 81: | Länge der reinen Radwege nach Klassen .....                                       | 104 |
| Tabelle 82: | Differenz zwischen der Länge der reinen Radwege und dem Wert der Stadt Graz...105 |     |
| Tabelle 83: | Differenz zwischen den Fahrradwegen und dem Wert der Stadt Graz.....              | 106 |
| Tabelle 84: | Datenanalyse der einfachen linearen Regression .....                              | 107 |
| Tabelle 85: | Netzstruktur – Straßen in 10 Städten .....  | 108 |
| Tabelle 86: | Datenanalyse der einfachen linearen Regression .....                              | 113 |
| Tabelle 87: | Differenz zwischen der Straßennetzlänge und dem Wert der Stadt Graz .....         | 113 |

|              |   |     |
|--------------|---|-----|
| Tabelle 88:  | Datenanalyse der einfachen linearen Regression .....                          | 114 |
| Tabelle 89:  | Länge der Fußgängerzone nach Klasse .....                                     | 115 |
| Tabelle 90:  | Datenanalyse der einfachen linearen Regression .....                          | 116 |
| Tabelle 91:  | Preis der Jahreskarte im ÖV nach Klasse .....                                 | 117 |
| Tabelle 92:  | Differenz der Preisangebote für die ÖV und dem Wert der Stadt Graz .....      | 118 |
| Tabelle 93:  | Differenz der Verkehrsleistungen für die ÖV und dem Wert der Stadt Graz ..... | 119 |
| Tabelle 94:  | Datenanalyse der einfachen linearen Regression .....                          | 120 |
| Tabelle 95:  | Das multiple Modell A .....   | 121 |
| Tabelle 96:  | Das multiple Modell B .....   | 122 |
| Tabelle 97:  | Das multiple Modell C.....  | 123 |
| Tabelle 98:  | Das multiple Modell D .....   | 124 |
| Tabelle 99:  | Das Modell 1 – einfache Regression.....                                       | 152 |
| Tabelle 100: | Das multiple Modell 1.....  | 152 |
| Tabelle 101: | Das Modell 2 – einfache Regression.....                                       | 153 |
| Tabelle 102: | Das multiple Modell 2.....  | 153 |
| Tabelle 103: | Das Modell 3 – einfache Regression.....                                       | 154 |
| Tabelle 104: | Das multiple Modell 3.....  | 154 |
| Tabelle 105: | Das Modell 4 – einfache Regression.....                                       | 155 |
| Tabelle 106: | Das multiple Modell 4.....  | 155 |
| Tabelle 107: | Das Modell 5 – einfache Regression.....                                       | 156 |
| Tabelle 108: | Das multiple Modell 5.....  | 156 |
| Tabelle 109: | Das Modell 6 – einfache Regression.....                                       | 157 |
| Tabelle 110: | Das multiple Modell 6.....  | 157 |
| Tabelle 111: | Das Modell 7 – einfache Regression.....                                       | 158 |
| Tabelle 112: | Das multiple Modell 7.....  | 158 |
| Tabelle 113: | Das Modell 8 – einfache Regression.....                                       | 159 |
| Tabelle 114: | Das multiple Modell 8.....  | 159 |
| Tabelle 115: | Das Modell 9 – einfache Regression.....                                       | 160 |
| Tabelle 116: | Das multiple Modell 9.....  | 160 |
| Tabelle 117: | Das Modell 10 – einfache Regression.....                                      | 161 |
| Tabelle 118: | Das multiple Modell 10.....   | 161 |
| Tabelle 119: | Das Modell 11 – einfache Regression.....                                      | 162 |
| Tabelle 120: | Das multiple Modell 11.....   | 162 |
| Tabelle 121: | Das Modell 12 – einfache Regression.....                                      | 163 |
| Tabelle 122: | Das multiple Modell 12.....   | 163 |
| Tabelle 123: | Das Modell 13 – einfache Regression.....                                      | 164 |
| Tabelle 124: | Das multiple Modell 13.....   | 164 |
| Tabelle 125: | Das Modell 14 – einfache Regression.....                                      | 165 |
| Tabelle 126: | Das multiple Modell 14.....   | 165 |
| Tabelle 127: | Das Modell 15 – einfache Regression.....                                      | 166 |
| Tabelle 128: | Das multiple Modell 15.....   | 166 |
| Tabelle 129: | Das Modell 16 – einfache Regression.....                                      | 167 |
| Tabelle 130: | Das multiple Modell 16.....   | 167 |
| Tabelle 131: | Das Modell 17 – einfache Regression.....                                      | 168 |
| Tabelle 132: | Das multiple Modell 17.....   | 168 |

|              |  |     |
|--------------|--|-----|
| Tabelle 133: | Das Modell 18 – einfache Regression.....                 | 169 |
| Tabelle 134: | Das multiple Modell 18.....                              | 169 |
| Tabelle 135: | Das Modell A – einfache Regression .....                 | 170 |
| Tabelle 136: | Das multiple Modell A .....                              | 170 |
| Tabelle 137: | Das Modell B – einfache Regression.....                  | 171 |
| Tabelle 138: | Das multiple Modell B .....                              | 171 |
| Tabelle 139: | Das Modell C – einfache Regression.....                  | 172 |
| Tabelle 140: | Das multiple Modell C.....                               | 172 |
| Tabelle 141: | Das Modell D – einfache Regression .....                 | 173 |
| Tabelle 142: | Das multiple Modell D .....                              | 173 |
| Tabelle 143: | Hypothesentest - Ergebnisse von den 30 Städten.....      | 174 |
| Tabelle 144: | Hypothesentest - Ergebnisse von den 10 Städten.....      | 175 |
| Tabelle 145: | Komplette Tabelle mit allen Indikatoren – 30 Städte..... | 176 |
| Tabelle 146: | Komplette Tabelle mit allen Indikatoren – 10 Städte..... | 177 |

## Abkürzungen

# Abkürzungen

**Tabelle 1: Dreibuchstabige (ALPHA-3) Länderkürzel nach ISO -3166 Norm<sup>1</sup>**

|     |                 |
|-----|-----------------|
| NLD | Die Niederlande |
| DEU | Deutschland     |
| DNK | Dänemark        |
| BEL | Belgium         |
| AUT | Österreich      |
| SVN | Slowenien       |
| ITA | Italien         |
| SWE | Schweden        |
| CHE | Die Schweiz     |

---

<sup>1</sup> (Country Codes List)

# 1 Einführung

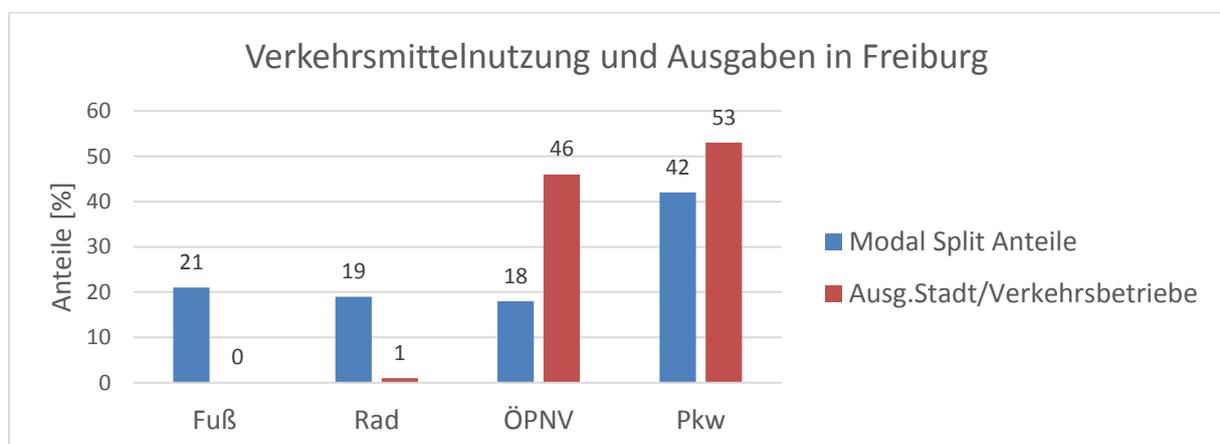
Ein Mangel an Wohnraum und überlasteter Verkehr sind die kritischen Probleme in vielen europäischen Städten. Daher ist es wichtig, die Lösungen für das Platzsparen und bessere Mobilität zu finden.

Die Bevölkerung für den Radverkehr benötigt nur ein Zehntel der innerstädtischen Fläche, die Autos beanspruchen. Deshalb ist das Radfahren ein Teil der nachhaltigen Stadtmobilität.<sup>2</sup> Die Verkehrsprobleme wie Staus, Lärm usw. die sich auf die Umwelt und menschliche Gesundheit negativ auswirken, werden nicht vom Radverkehr verursacht. Viele Städte haben erkannt, dass die Kombination aus Fuß- und Radverkehr sowie öffentlichen Verkehr solche Probleme lösen und damit die Attraktivität der Städte erhöht. Die Städte in welchen der Radverkehr gefördert wird, lösen die Probleme wie folgt in der Tabelle 2:

**Tabelle 2: Argumentationsbasis Radverkehr<sup>3</sup>**

| Problembereiche:  | Förderung Radverkehr bewirkt auf:                                    |
|---|--|
| hohe Infrastrukturkosten (Bau und Erhaltung)                  | geringe Kosten   |
| Flächenknappheit, Parkraum                                    | weniger Flächenbedarf, geringe Stellplatzkosten                      |
| schlechte Gesundheit  | deutliche Verbesserung durch die Bewegung                            |
| mangelnde Lebensqualität, geringe Attraktivität               | kleinräumige Strukturen mit guter Erreichbarkeit                     |
| negative Klima- und Umweltauswirkungen (Lärm, Feinstaub etc.) | wesentlich weniger CO <sub>2</sub> und verringerte Umweltbelastungen |
| Treibstoffabhängigkeit  | weitgehend unabhängig  |

In vielen Städten wird wenig in die Radinfrastruktur investiert. Am Beispiel Freiburg in Deutschland sieht man, dass die Investitionen in die Radinfrastruktur gering sind. Etwa 1% davon wird vom Stadtplanungsamt oder den Verkehrsbetrieben gefördert (siehe Abbildung 1). Trotz der geringen Investitionen zeigt sich, dass das Modal Split deutliche Auswirkungen auf die Verkehrsmittelwahl hat. Der Anteil an Fahrrädern beträgt 21% und der an Fußgängern 19%, was in der Summe ein hoher Anteil des Umweltverbundes ist. Dies bedeutet vor allem, dass die Radnutzung auch von soziologischen Faktoren der Menschen abhängt.



**Abbildung 1: Verkehrsmittelnutzung und Ausgaben in Freiburg**

<sup>2</sup> Vgl. (Rupprecht, 2013, S. 1)

<sup>3</sup> (Meschik, 2008, S. 61)

Das Ziel der Radverkehrsförderung ist die Verschiebung der Wege, die mit anderen Verkehrsmitteln zurückgelegt werden, nach Fahrradnutzung in den Städten. "Die Maßnahmen können daher auf folgende Gruppen eingeteilt werden:

- Fahrradförderung („Pull“)
- Restriktion MIV („Pusch“).<sup>4</sup>

Welche Maßnahmen gewählt werden hängt von der städtischen Verkehrspolitik ab. Nach (Meschik, 2008) zwei wichtigste Beispiele von Maßnahmen zur Förderung des Radverkehrs sind: Platz schaffen und Sicherheit. Zum Platzschaffen zählt: eigene Flächen zum Fahrrad fahren (Radwege, Fahrradstraßen, Fahrradstreifen, usw.). Die Sicherheit bezieht sich auf geringe Kfz-Geschwindigkeit im Mischverkehr bei Tempo 30 km/h. Deshalb ist es meiner Meinung nach wichtig, dass diese Maßnahmen mindestens die obig beschriebenen Voraussetzungen erfüllen.

Andere Strukturen wie Parkraum werden in MIV – Maßnahmen definiert, welche die Radnutzung beeinflussen. Beispielweise hat die Parkraumbewirtschaftung das Ziel den Autoverkehr in der Stadt zu verringern. Es bezieht sich hierbei auf Maßnahmen wie geringe und teure Parkraumflächen in der Innenstadt. Dabei soll das Autofahren teurer werden.

Ich bin der Meinung, dass der ÖV – Anbindung in vielen Städten verbessert werden kann. Nach (Meschik, 2008, S. 153), sollen die Haltestellen des ÖV (Bus, Straßenbahn usw.) aus dem Radverkehrsnetz gut erreichbar sein. Ich glaube, dass die Fahrradabstellanlagen in der Nähe der Haltestelle loakliert werden sollen und damit kostengünstig als Verkehrsmittelwahl sein.

Unter anderem beschäftigt die Stadtplanung sich mit dem Thema der Förderung von umweltfreundlichen Verkehrsarten. Ein gutes Beispiel zur Radverkehrsförderung im Berufsverkehr kommt aus Gent in Belgium, wobei die Fahrt zur Arbeit mit 0,15 Euro/km gefördert wird.<sup>5</sup> Ich bin der Meinung, dass diese finanzielle Maßnahme zu einer Senkung der Kosten von umweltverträglichen Verkehrsarten führt. Beispielsweise es bleibt mehr Geld für die Fahrradmitnahme im öffentlichen Verkehr oder im Zug.

Das Ziel dieser Arbeit ist eine Analyse der Infrastruktur um eine gezielte Verbesserung in Bezug auf die Fahrradnutzung der Infrastruktur durchführen zu können. Dabei sollen die Infrastruktursysteme verschiedene Städte mit dem Fokus auf Radinfrastruktur verglichen werden. Anhand diese Analyse sollen die Situationen in den Städten erfasst werden und hervorgehoben werden unter welchen Bedingungen ein Anstieg für Radnutzung für Alltagswege zu verzeichnen ist.

---

<sup>4</sup> (Meschik, 2008, S. 25)

<sup>5</sup> (Meschik, 2008, S. 33)

## 2 Kennziffern zur Mobilität des Radfahrens

Die folgenden Daten wurden vor 10 Jahren ermittelt. (Gansterer, 2015): „In Österreich war für sechs Prozent das Fahrrad das meistbenutzte Verkehrsmittel, in Deutschland waren es mit zwölf Prozent doppelt so viele, in Dänemark viermal sowie in den Niederlande war sechsmal so hoher Anteil wie in Österreich.“<sup>6</sup>

Die Situation in Österreich hat sich mittlerweile verändert, der Radverkehr erlebt einen Aufschwung. Wobei der Anteil an Radfahrern in anderen Ländern noch höher ist. Im Vergleich zu anderen europäischen Städten ist Graz im Mittelfeld

Das Ziel dieses Kapitels ist es, einen Mehrwert für die Mobilität des Radfahrens zu schaffen. Hierbei wurden ein paar Kennzahlen gesucht, gefunden und definiert. In den weiteren Kapiteln wurden diese Kennziffern auch berechnet.

### 2.1 Führung des Radverkehrs (Definitionen)

In diesem Abschnitt sollen definiert werden, welche Anlagenverhältnisse im Zusammenhang mit dem Radverkehr stehen. Zum Vergleich der Radinfrastruktur werden folgende vier Länder ausgewählt: Österreich, Deutschland, Niederlande und Dänemark. Das Ziel hierbei ist, gegebene Anlageverhältnisse mithilfe von Definitionen wie zum Beispiel: Radweg, Busspur, usw. aus den lokalen Richtlinien zum Radverkehr zwischen diesen Ländern zu vergleichen und auszuwerten.

Vorher muss geklärt werden, wie ein Radweg in diesen vier Ländern definiert ist. Hierbei wird verglichen, ob ein Radweg in den Niederlanden gleichbedeutend mit einem Radweg in Österreich ist oder ob ein Radweg in Dänemark gleich definiert ist wie ein Radweg in Deutschland. Um auf diese Frage beantworten zu können, müssen zuerst die Richtlinien im Radverkehr gesammelt werden, welche die Definitionen beinhalten.

In jeder ausgewählten Stadt dieser vier Länder werden die folgenden Typen der reinen Radwege detektiert, die durch eine voreinhergegangene detaillierte Analyse - definiert werden müssen:

- Die Städte Graz und Linz in Österreich (gemischt und getrennt geführte Radwege, Mehrzweckstreifen, Radstreifen und Busspuren)
- Diverse Deutsche Städte wie z.B. Münster, Karlsruhe, Augsburg, Mannheim, Aachen und Mönchengladbach. Die Radinfrastruktur ist in anderen deutschen Städten ungefähr gleich, deswegen verfällt eine genauere Betrachtung einzelner Städte (Fahrradstraße, Zweirichtungsradweg, Radfahrstreifen, Schutzstreifen, getrennter Geh- und Radweg, Benutzungspflicht Radweg, Radverkehrsanlage auf der Fahrbahn)
- Die niederländische Stadt Groningen (Fahrradstraße, Fahrradspuren, Radfahrstreifen)
- Und schließlich die dänische Stadt Aarhus (Fahrradwege).

Erst anschließend muss das Zahlenmaterial für die Länge von reinen Radwegen in diesen ausgewählten Städten gesammelt werden, um später die Modellergebnisse vergleichen zu können.

---

<sup>6</sup> (Gansterer, 2015)

## 2.1.1 Österreich

### *Gemischte Geh- und Radwege*<sup>7</sup>

Nach (FSV. RVS 03.02.13, 2011) werden die gemischten Geh- und Radwege definiert als „Wege, die von Fußgängern gemeinsam benützt werden und somit nur bei geringem Fußgänger- und Radverkehr zulässig sind.“<sup>8</sup> Ein Beispiel für einen gemischten Geh- und Radweg ist in der Tabelle 79 zu finden.

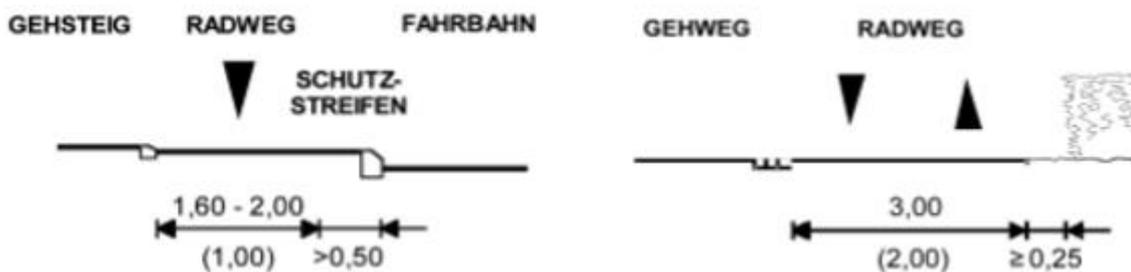
Meiner Meinung nach, durch weniger Bedarf an Verkehrsraum ist die getrennte Führung dieser Verkehrsart notwendig. Dieser Typ von Radinfrastruktur hat das Ziel die gegenseitige Rücksichtnahme im Verkehr zwischen Fahrrädern und Fußgängern zu stärken. In dicht bebauten städtischen Gebieten, wird es empfohlen, die gemischten Geh- und Radwege in der Breite von 3 Metern auszubauen.

### *Getrennt geführte Radwege*

Nach dem Trennprinzip werden die Radwege nach zwei Typen betrachtet<sup>9</sup>:

- straßenbegleitende Radwege,
- selbständig geführte Radwege. Ein Beispiel für einen getrennt geführten Radweg ist in der Tabelle 79 zu finden.

Wie die Abbildung 2 zeigt, sollte die Mindestbreite des Radweges in dicht bebauten Gebieten 1,0 Meter betragen. Es wird empfohlen diesen Typ von Radweg mit einer Markierung zu versehen. Meiner Meinung nach wird bessere Komfort beim Fahrradfahren durch den Ausbau der Einrichtungsradwege auf linke und rechte Seite der Fahrbahn so leichter erreicht.



**Abbildung 2: Links - Einrichtungsradweg in Querschnitt; Rechts - Querschnitt für selbstständig geführten Radweg**<sup>10</sup>

Die selbstständig geführten Radwege können auch neben der Grünanlage (siehe Abbildung 2 – rechts) durchgeführt werden, wobei die Mindestbreite von 2 m aufzupassen ist.

### *Mehrzweckstreifen*

Diese werden durch eine Markierung von der Fahrbahn getrennt durchgeführt (siehe Abbildung 3). Das hat zum Ziel, dass der Radverkehr vom Kfz-Verkehr getrennt wird und der Straßenraum in einer Stadt besser ausgenutzt wird.

<sup>7</sup> (FSV. RVS 03.02.13, 2011, S. 28)

<sup>8</sup> (FSV. RVS 03.02.13, 2011, S. 28)

<sup>9</sup> (FSV. RVS 03.02.13, 2011, S. 19)

<sup>10</sup> (FSV. RVS 03.02.13, 2011, S. 19)

Die Mehrzweckstreifen können entweder neben dem Bordstein durchgeführt werden, wobei die Mindestbreite 1,50 m beträgt, oder neben den Parkstreifen (die Mindestbreite beträgt 1,25 m).<sup>11</sup>

Das Grazer Radwegenetz beinhaltet Mehrzweckstreifen und wird im Abschnitt 5.1.13 verwendet.

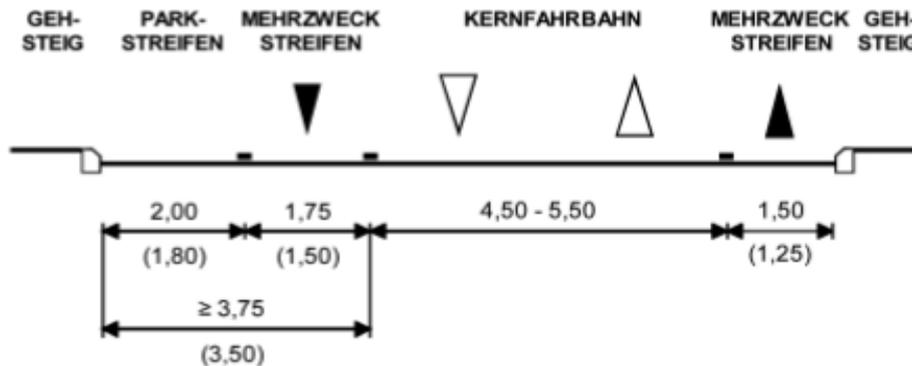


Abbildung 3: Zweirichtungsfahrbahn mit Mehrzweckstreifen<sup>12</sup>

### Radstreifen

Radfahrstreifen dürfen nicht für Kfz-Verkehr benutzt werden, weil das Parken des Kfzs verboten ist. Die Breite des Verkehrsraumes wird nach Geschwindigkeit des Kfzs definiert, die 1,50 m im städtischen Gebiet beträgt.<sup>13</sup> Meiner Meinung nach müssen diese breiter ausgebaut werden, da die Autotüren gefährlich für die Fahrräder sind (siehe Abbildung 4). Das Grazer Radwegenetz beinhaltet Radfahrstreifen und wird im Abschnitt 5.1.13 verwendet.

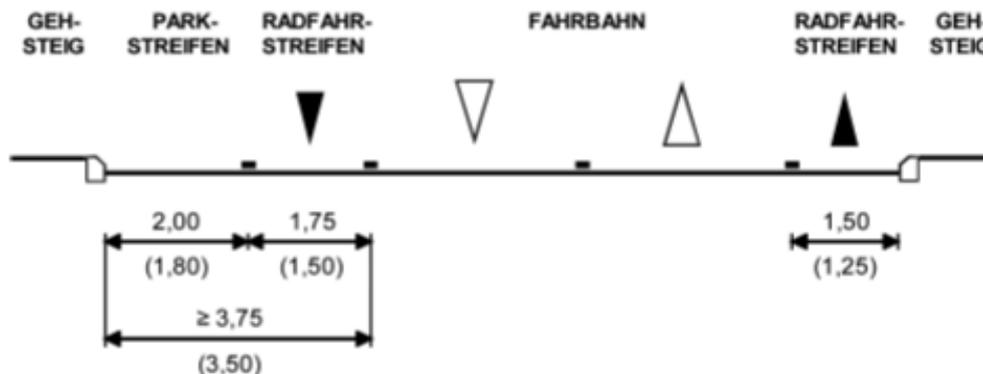


Abbildung 4: Radfahrstreifen bei Tempo 50 km/h Beschränkung<sup>14</sup>

### Busspuren

Hinter der Busbucht kann der Radweg parallel durchgeführt und gekennzeichnet werden. Die zweite Möglichkeit ist (siehe Abbildung 5) zwischen der Busbucht und dem Fahrstreifen, wenn die Bucht mindestens so breit ist, wie der Bus.<sup>15</sup> Ein Beispiel für eine Busspur ist in der Tabelle 79 zu finden.

<sup>11</sup> (FSV. RVS 03.02.13, 2011, S. 23)

<sup>12</sup> (FSV. RVS 03.02.13, 2011, S. 24)

<sup>13</sup> (FSV. RVS 03.02.13, 2011, S. 23)

<sup>14</sup> (FSV. RVS 03.02.13, 2011, S. 23)

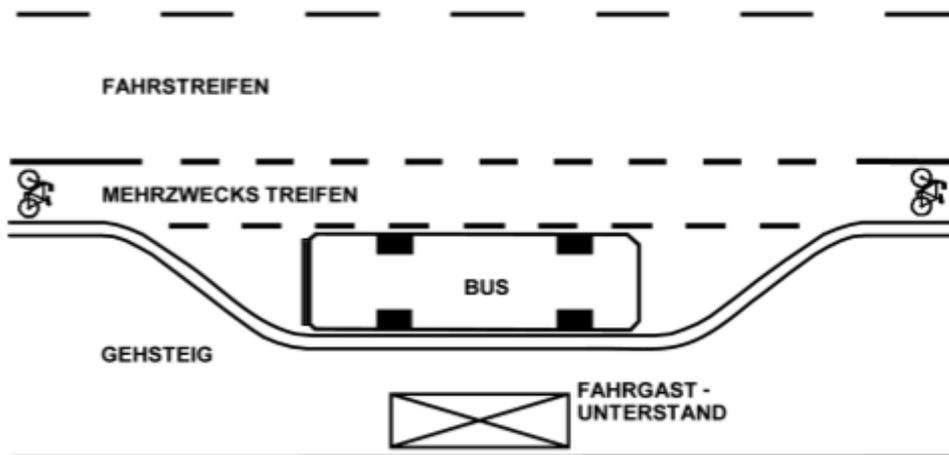


Abbildung 5: Busbucht mit Mehrzweckstreifen<sup>16</sup>

## 2.1.2 Deutschland

### Fahrradstraße

„Fahrradstraßen sind beschilderte Fahrbahnen, die vor allem dem Radverkehr vorbehalten sind.“<sup>17</sup> Ein Beispiel für eine Fahrradstraße ist in der Tabelle 72 zu finden. Vor dem Beginn einer Kreuzung, muss diesen Radweg auch beschildert werden (siehe Abbildung 6).

Allgemein betrachtet, wenn die Radfahrer langsam fahren, müssen die Kfz-Lenker die Geschwindigkeit anpassen und langsamer als 30 km/h in der Nähe der Radfahrer fahren. Daraus folgt logisch, dass die Radfahrer neben, hinter und vor dem Kfz zu fahren können.

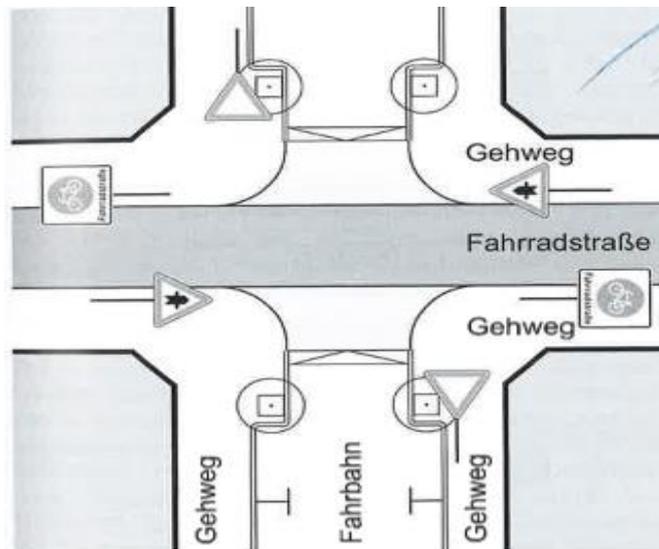


Abbildung 6: Beispiel für die Kreuzung einer Fahrradstraße mit einer Erschließungsstraße<sup>18</sup>

<sup>15</sup> (FSV. RVS 03.02.13, 2011, S. 30)

<sup>16</sup> (FSV. RVS 03.02.13, 2011, S. 31)

<sup>17</sup> (FGSV. ERA, 2010, S. 60)

<sup>18</sup> (FGSV. ERA, 2010, S. 61)

### Zweirichtungsradweg

„Auf Straßen mit Mittelstreifen, Stadtbahnstraßen, dichter seitlicher Nutzung und schlechter Überquerungsmöglichkeit besteht ein erhöhter Bedarf, Radwege in beiden Richtungen zu benutzen.“<sup>19</sup> Dadurch soll ermöglicht werden, dass Radfahrer nicht in der falschen Richtung fahren. Meiner Meinung nach die Zweirichtungsradwege bieten eine bessere Sicherheit als Einrichtungsradwege. Die Breite von Zweirichtungsradwege soll mindestens 2,5 m sein (siehe Abbildung 7). Ein Beispiel für einen Zweirichtungsradweg ist in der Tabelle 72 zu finden.

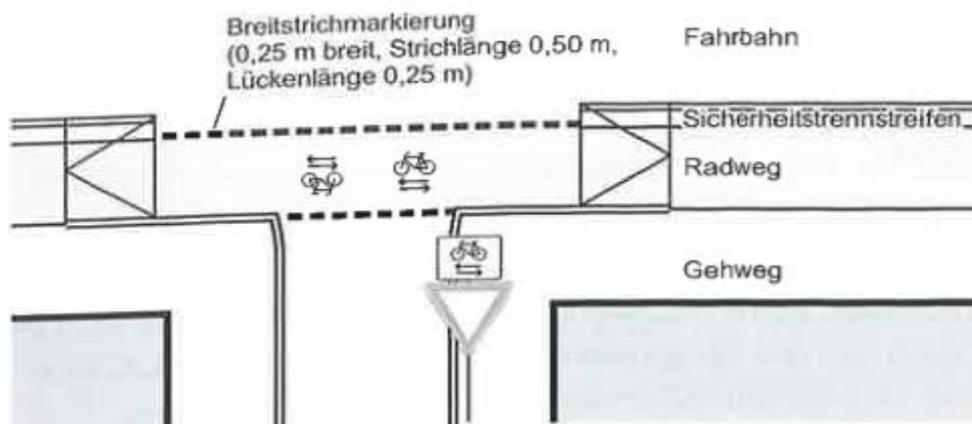


Abbildung 7: Radverkehrsfahrt im Zuge eines Zweirichtungsradweges<sup>20</sup>

### Radfahrstreifen

Radfahrstreifen sind für Radfahrer benutzungspflichtig und werden im Einrichtungsverkehr betrieben. Das Befahren über diese Anlage für Kraftfahrzeuge ist verboten. Ein Beispiel für eine Radfahrstreife ist in der Tabelle 72 zu finden.

Die Mindestbreite des Radfahrstreifens muss größer als 1,85 m sein, wenn er an beiden Seiten der Fahrbahn angelegt ist (siehe Abbildung 8). In Problembereichen, beispielsweise zwischen Parkfläche für Kfz und Radfahrstreifen es empfiehlt sich einen Sicherheitstrennstreifen anzulegen.

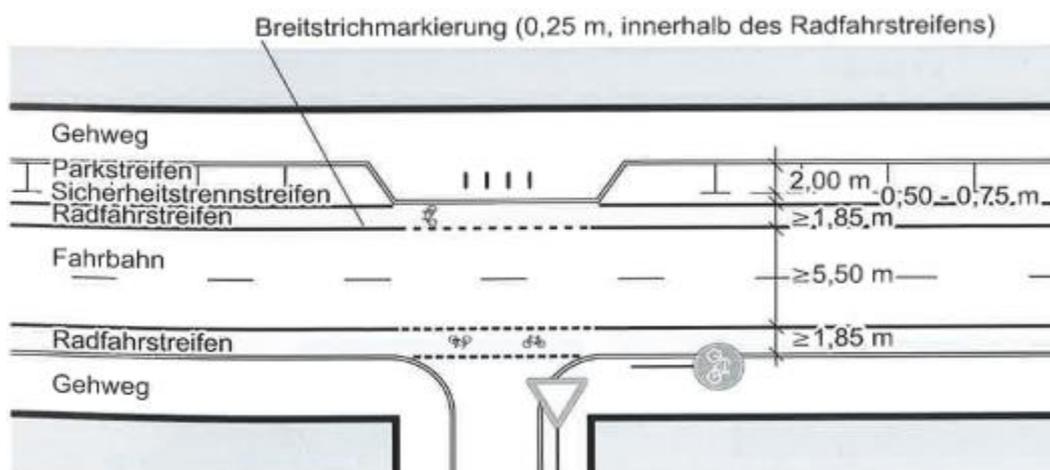


Abbildung 8: Radfahrstreifen<sup>21</sup>

<sup>19</sup> (FGSV. ERA, 2010, S. 26)

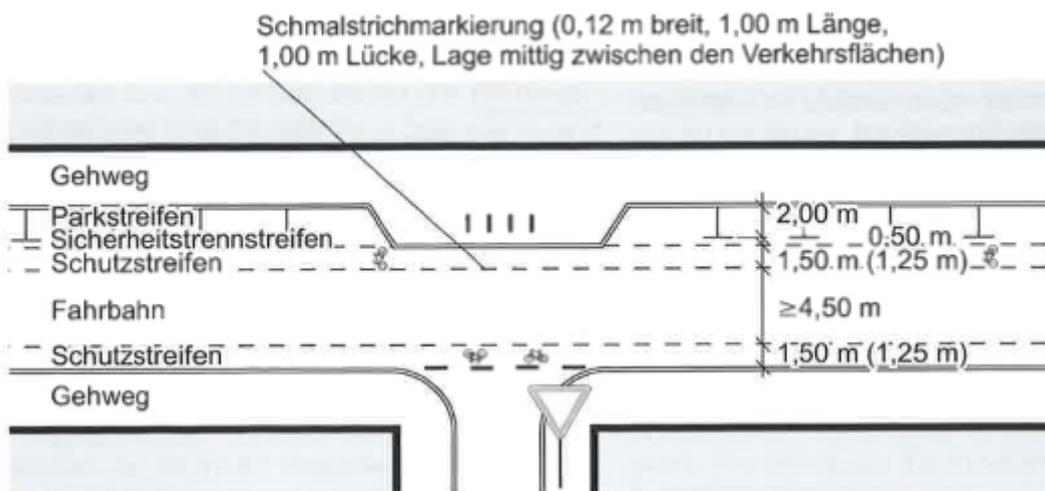
<sup>20</sup> (FGSV. ERA, 2010, S. 27)

<sup>21</sup> (FGSV. ERA, 2010, S. 23)

### Schutzstreifen

„Der Schutzstreifen wird als ein Teil der Fahrbahn definiert, der von Kraftfahrzeugen nur im Bedarfsfall (z.B. Begegnung mit Lastkraftwagen) befahren werden darf.“<sup>22</sup> Ein Beispiel für eine Schutzstreife ist in der Tabelle 72 zu finden.

Die Mindestbreite von Schutzstreifen ist 1,25 m in dicht bebauten Wohngebieten, was im normalen Fall beträgt er 1,5 m (siehe Abbildung 9). An Einmündungen werden diese mit den Schmalstrichen markiert.



**Abbildung 9: Mögliche Ausprägungen eines Schutzstreifens<sup>23</sup>**

### Radverkehrsanlage auf der Fahrbahn

Laut Tabelle 77 besteht die Radverkehrsanlage auf der Fahrbahn aus: Radfahrstreifen, Schutzstreifen, Fahrradstraße und Busspur, welche in obigen Text schon definiert wurden. Hierbei müssen noch 2 Spezifikationen beachtet werden: Fahrbahnbreite und Abstände (siehe im Text unten).

Die Fahrbahnbreite wird nach Kraftfahrzeugstärke geregelt. Wenn beispielsweise die Fahrbahnbreite im Mischverkehr geringer als 6,0 m ist, dann ist eine Verkehrsstärke von 700 Kfz/h akzeptabel.<sup>24</sup> Meiner Meinung nach ist dies positiv für den Radverkehr, weil genug Platz für die Nebeneinanderfahrt mit dem Kraftfahrzeugverkehr ermöglicht.

Die Abstände zwischen Schutzstreifen und Parkanlage (0,5 m Breite) werden zur Sicherheit für Radfahrer verwendet.<sup>25</sup> Damit steigt die Übersichtlichkeit für die Radfahrenden, die hinter dem parkenden Auto fahren. Die Reaktionszeit für Kfz-Fahrer wird auch erhöht, da sie mehr Zeit haben um einen Radfahrer in der Nähe des Autos zu bemerken und einen Unfall zu vermeiden.

<sup>22</sup> (FGSV. ERA, 2010, S. 22)

<sup>23</sup> (FGSV. ERA, 2010, S. 22)

<sup>24</sup> Vgl. (FGSV. ERA, 2010, S. 22)

<sup>25</sup> Vgl. (FGSV. ERA, 2010, S. 22)

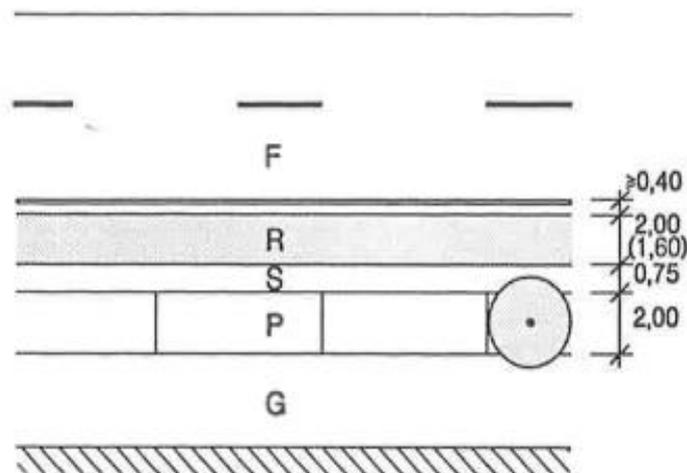
*getrennter Geh- und Radweg*<sup>26</sup>

Die Trennung von Gehweg und Radweg kann mit den kleinen Höhenunterschied angelegt werden. Nach (FGSV. ERA, 2010, S. 35), eine Differenz zwischen Höhe des Radweges und Höhe des Gehweges darf von 6 cm bis 8 cm betragen, wobei die Breite des Radwegs größer als 2,0 m sein muss. Das Ziel ist es, die Mobilität der Radfahrer ohne Höhenunterschiede und somit ohne Sturzgefahren zu ermöglichen.

„Radwege sollten jedoch immer in optisch kontrastierender Weise und taktil deutlich wahrnehmbarer Form von den Gehwegen abgegrenzt werden. Die Trennung lediglich durch Markierung reicht nicht aus.“<sup>27</sup> Meine Meinung nach sollte diese bauliche Maßnahme durchaus die Vorteile mit sich bringen, beispielsweise ein guter Komfort für Radfahrende.

Ein Beispiel für einen getrennten Geh- und Radweg ist in der Tabelle 77 zu finden.

Dieser Streifen (siehe Abbildung 10) garantiert eine deutliche Trennung von Längsparkständen für Pkws und Fußgänger und Radfahrer. Er ermöglicht zudem eine klare Sicht auf Passanten, die die Straße überqueren möchten. Der Längsparkplatz ist für Pkws mit langer Parkzeit und wenig Parkverkehr gedacht.



**Abbildung 10: Ausbildung des Straßenseitenraumes mit Längsparkständen**<sup>28</sup>

<sup>26</sup> (FGSV. ERA, 1995, S. 35)

<sup>27</sup> (FGSV. RASt, Abschnitt 6.1.7.5, 2006)

<sup>28</sup> (FGSV. ERA, 1995, S. 35)

### 2.1.3 Die Niederlande

#### Radfahrstreifen (cycle lanes)

Radfahrstreifen werden häufig auf Wohnstraßen und insbesondere auf der so genannten "grauen Straßen" im Sinne einer nachhaltigen Verkehrssicherheit eingesetzt. Diese haben eine relativ hohe Kfz-Nutzerfrequenz (siehe Abbildung 11). Darüber hinaus müssen die Radwege mittels Streifen markiert werden. Ein guter Radfahrstreifen ist gekennzeichnet durch:

- „Ausreichende Breite (Mindestens 2,0 m bis 2,5 m),
- Die rote Markierung,
- das Fahrradsymbol.“<sup>29</sup>

Ein Beispiel für eine niederländische Radfahrstreife ist in der Tabelle 73 zu finden.

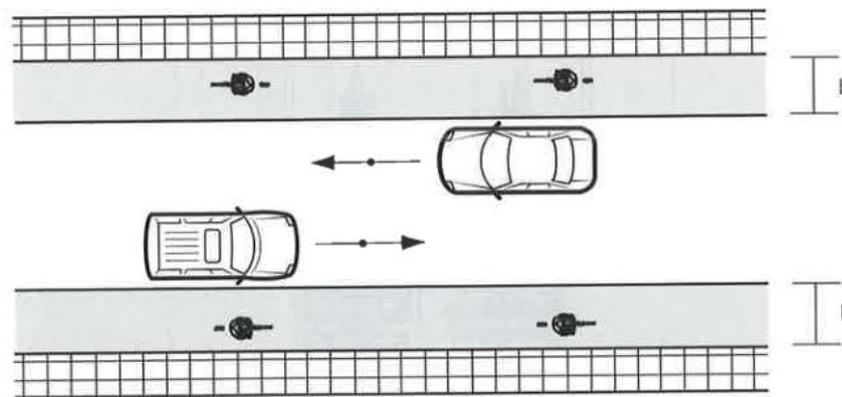


Abbildung 11: Radfahrstreifen<sup>30</sup>

#### Zweirichtungsradweg (dedicated cycle paths)

Ein Zweirichtungs-Radweg ist von der Straße abgetrennt, wobei ein Einrichtungs-Radweg ähnlich zu einem Radfahrstreifen auf der Fahrbahn ist (siehe Abbildung 12). Daraus folgt logischerweise, dass die Fahrräder in manchen Fällen auf einer Straße ohne Radfahrstreifen fahren.

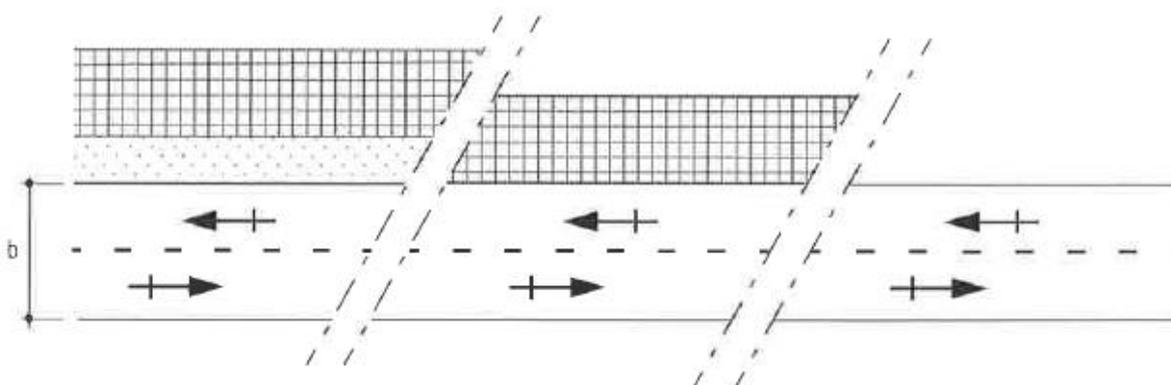


Abbildung 12: Zweirichtungsradweg<sup>31</sup>

<sup>29</sup> (The Dutch CROW, 2016, S. 108)

<sup>30</sup> (The Dutch CROW, 2016, S. 236)

<sup>31</sup> (The Dutch CROW, 2016, S. 222)

Die Voraussetzung ist eine gute Verbindung für Radfahrer in beide Richtungen. Ein Beispiel für einen niederländischen Zweirichtungsradweg ist in der Tabelle 73 zu finden.

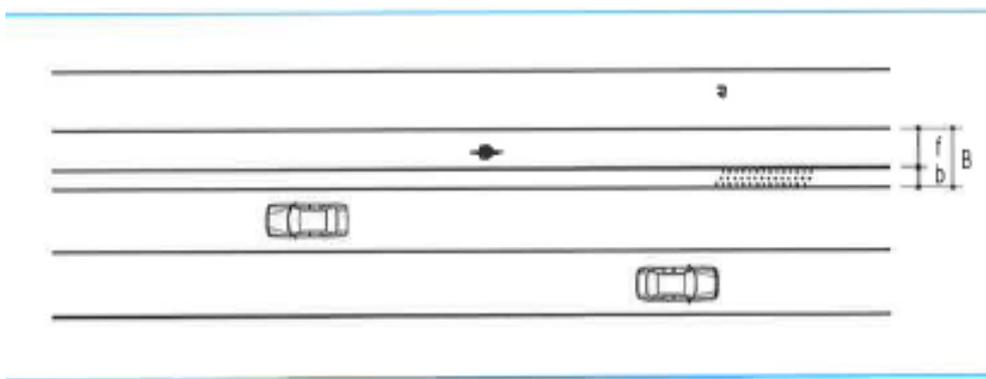
Die Breite der Zweirichtungsradwege hängt von der Verkehrsmenge in der Hauptverkehrszeit ab. Je größer die Nutzerfrequenz ist, desto breiter muss der Radweg gebaut werden. Die empfohlenen Mindestbreiten der Radwege in Abhängigkeit von der Nutzerfrequenz sind in der Tabelle 3 angegeben:

**Tabelle 3: Dimensionierung der Zweirichtungsradwege<sup>32</sup>**

| Nutzerfrequenz [Fahrräder/h] | Mindestbreiten der Radwege [m] |
|------------------------------|--------------------------------|
| 0 - 50                       | 1,5                            |
| 50 - 150                     | 2,5                            |
| 150 - 350                    | 3,5                            |
| > 350                        | 4,5                            |

*Einrichtungsradschweg (cycle paths along road)*

Hauptaufgabe des Einrichtungsradschweges ist die Trennung von Radverkehr und motorisiertem Individualverkehr, zum Erhöhen der Sicherheit für die Fahrradfahrer (siehe Abbildung 13).



**Abbildung 13: Einrichtungsradschweg<sup>33</sup>**

Ein Beispiel für einen niederländischen Einrichtungsradschweg ist in der Tabelle 73 zu finden.

Die Dimensionierung des Einrichtungsradschweges hängt von der Nutzerfrequenz ab. Die allgemeinen Bedingungen für die Dimensionierung dieser Radverkehrsanlage sind in der Tabelle 4 zusammengefasst.

**Tabelle 4: Dimensionierung der Einrichtungsradschweges<sup>34</sup>**

| Nutzerfrequenz [Fahrräder/h] | Mindestbreiten der Radwege [m] |
|------------------------------|--------------------------------|
| 0 - 150                      | 2,0                            |
| 150 - 750                    | 2,5 - 3,0                      |
| > 750                        | 3,5 - 4,0                      |

<sup>32</sup> (The Dutch CROW, 2016, S. 222)

<sup>33</sup> (The Dutch CROW, 2016, S. 238)

<sup>34</sup> (The Dutch CROW, 2016, S. 238)

## 2.1.4 Dänemark

### *Radfahrstreifen (Cycle lanes)*

Diese Art der Radverkehrsführung auf der Fahrbahn wird meistens in städtischen Gebieten, als eine Übergangsphase eingerichtet vor der Etablierung von Radwegen mit Bordsteinen. Radfahrstreifen, die breiter gekennzeichnet werden, führen zu einer erheblichen Reduzierung von Unfällen auf Straßenabschnitten, können jedoch zu Sicherheitsproblemen an Kreuzungen führen. Der Seitenstreifen wird auf der Fahrbahn mit einer 0,3 m breiten, durchgezogenen weißen Linie markiert angezeigt. Die Fahrradsymbole werden jeweils nach 100m des Streckenverlaufs, sowie nach Kreuzungen auf der Fahrbahn gekennzeichnet. Es empfiehlt sich aus den Gründen der Übersichtlichkeit, Radwege auf jeder Seite der Fahrbahn einzurichten, so dass das Radfahren in einer Richtung verläuft.<sup>35</sup>

Der Radfahrstreifen soll mindestens 1,5 m breit sein, einschließlich einer 0,3 m langen weißen Linie.<sup>36</sup> Ein Beispiel für eine danische Radfahrstreife ist in der Tabelle 74 zu finden.

Die Abbildung 14, zeigt den perfekten ausgebauten Radweg in Kopenhagen. Der Radfahrstreifen ist zwischen Fahrradabstellplätzen und Pkw-Stellplätzen eingerichtet, was mehr Sicherheit für Radfahrende bietet.



**Abbildung 14: Längsparking dienen als Schutzbereich für Radfahrer von MIV in Kopenhagen<sup>37</sup>**

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass ein Radweg in den Niederlanden ganz anders aussieht wie ein Radweg in Österreich und Deutschland. Die Radwege folgender Länder sind vergleichbar: Österreich und Deutschland sowie Niederlande und Dänemark.

---

<sup>35</sup> (Anderson T. e., 2012, S. 77)

<sup>36</sup> (Anderson T. e., 2012, S. 78)

<sup>37</sup> (Anderson T. e., 2012, S. 63)

## 2.2 Planungsgrundsätze im Radverkehr

In diesem Abschnitt werden die Planungsgrundsätze im Bereich des Radverkehrs beschrieben. (Meschik, 2008, S. 22) hat die 3 Bestandteile des Radverkehrsangebot logisch erfasst, wie folgt:

- Radverkehrsinfrastruktur,
- Radverkehrsanlagen,
- Wegweisung, Pläne, Informationen für Fahrräder. Das Ziel dieser Aufteilung ist es zu definieren, um welche Anlage es sich handelt.

### 2.2.1 Radverkehrsinfrastruktur

Hier wird beschrieben, was die Radinfrastruktur beinhaltet. „Zur Strukturierung des Radverkehrssystems hat sich eine dreigliederung der Routenhierarchie bewährt:

- Hauptrouten,
- Verbindungs-, Sammel- und Stichrouten,
- Flächenerschließung.“<sup>38</sup>

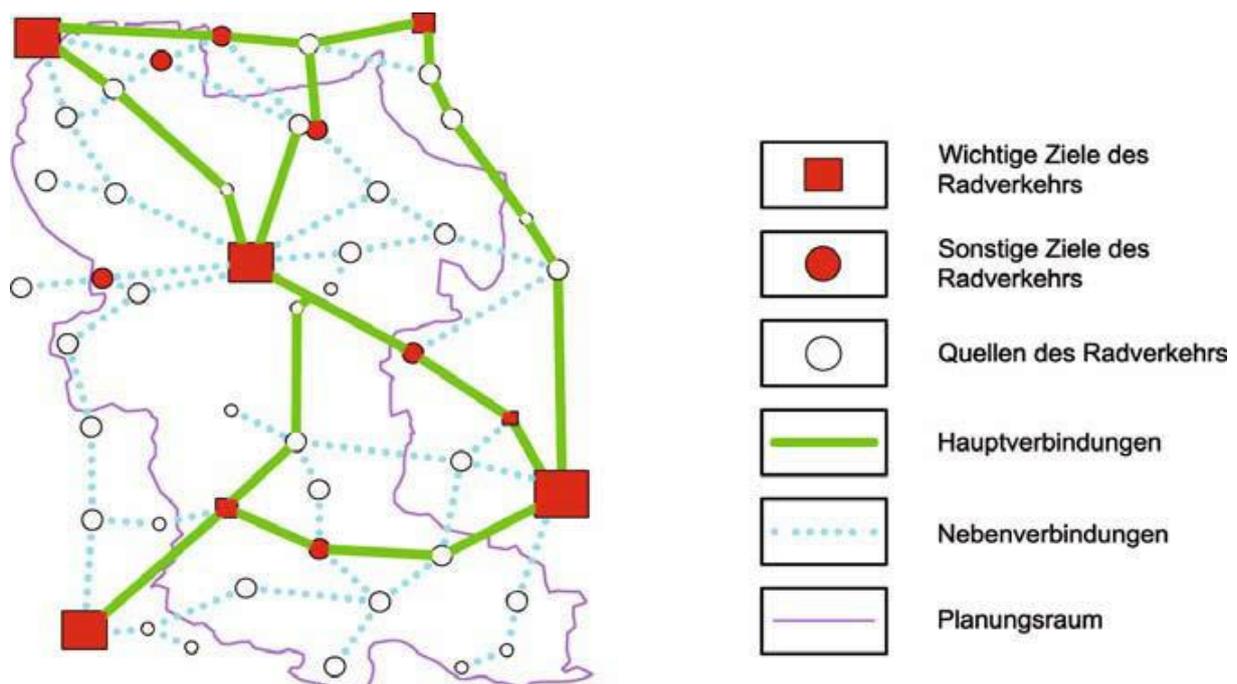


Abbildung 15: Netzplan mit hierarchischem Aufbau<sup>39</sup>

Die Hauptrouten werden als eine direkte Verbindung zwischen Quell- und Zielort definiert. Diese können: Tempo 30 - Straßenzüge, Fahrradstraßen oder eine getrennte Führung des Radweges bzw. Radfahrstreifen auf der Fahrbahn. Betrachtet man die räumliche Ausdehnung (siehe Abbildung 15), so resultiert die Haupttradrouten als Raster- oder Radialsystem.<sup>40</sup> Im Abschnitt: Vergleich der Netzstrukturen – Straßennetz wurde festgestellt, dass Graz die einzige Stadt ist, die ein Radial-Rasternetz hat.

<sup>38</sup> (Meschik, 2008, S. 39)

<sup>39</sup> (Meschik, 2008, S. 42)

<sup>40</sup> Vgl. (Meschik, 2008, S. 39)

Verbindungs-, Sammel- und Stichrouten verbinden die Hauptrouten untereinander. Sie sind gut geeignet für folgende Anlageformen: Tempo-30 Straße, Radweg oder Radfahrstreifen.

Abschließend die Anliegestraßen dienen zur Flächenerschließung. Diese werden für die Straßen mit geringer Verkehrsstärke ausgewählt. Im Vergleich mit Hauptrouten haben diese eine geringere Geschwindigkeit.<sup>41</sup>

## 2.2.2 Radverkehrsanlagen

Im Sinne der Radverkehrsanlage können Fahrradabstellanlagen, Bike-Sharing Systeme, usw. mitgemeint sein. Ziel ist es zu beschreiben, welche Anforderungen diese Anlagen erfüllt werden müssen und für welche Zwecke (siehe Text unten).

### *Fahrradabstellanlagen*

Allgemein betrachtet müssen die Abstellanlagen viele Anforderungen erfüllen:

- „sich unmittelbar am Ziel befinden,
- das Fahrrad von Diebstahl und Beschädigung zu schützen,
- direkt erreichbar sein,
- mittels Wegweisung und deutlicher Kennzeichnung leicht zu finden sein.“<sup>42</sup>

Die überdachte Fahrradabstellanlagen garantieren mehr Schutz von schlechtem Wetter im Vergleich z.B. mit dem Fahrradparkplatz (siehe Abbildung 16).



**Abbildung 16: Überdachte Fahrradabstellanlage<sup>43</sup>**

### *Bike-Sharing Systeme*

„Öffentliche Leihradssysteme bzw. Bike-Sharing Systeme im öffentlichen Raum sind seit vielen Jahren integraler Bestandteil zahlreicher Städte und leisten einen wichtigen Beitrag zur Steigerung des Radverkehrs und zur Erhöhung der Lebensqualität in urbanen Räumen.“<sup>44</sup> Die Bike-Sharing Nutzer

<sup>41</sup> Vgl. (Meschik, 2008, S. 41)

<sup>42</sup> (Meschik, 2008, S. 23)

<sup>43</sup> (Michow & Sohn GmbH)

<sup>44</sup> (Wien, 2017)

sind umweltbewusst und durch die Anwendung des Fahrradverleihsystems wird das Problem der verstopften Straßen gelöst. Speziell eignet sich dieses System sehr gut für Touristen, die die Sehenswürdigkeiten einer Stadt entdecken möchten (siehe Abbildung 17).

Das Bike Sharing Angebot ist in den Städten mit einem hohen Radverkehrsanteil nicht sinnvoll zu planen, da die Nachfrage nicht besteht.



#

Abbildung 17: Das Citybike in Wien<sup>45</sup>

Es hat sich gezeigt, dass die Radverkehrsanlage mehrere Vorteile mit sich bringt. Deshalb sollte in Fahrradabstellanlagen und Bike-sharing-Systeme mehr investiert werden.

### 2.2.3 Informationen für Fahrräder

Radfahrende sind meistens gut informiert über ihre Route. Sich und andere motivieren zu können, ist eine gute Wegweisung erforderlich. Die Radwege müssen daher gut ausgeschildert sein. Mittels Radkarten oder GPS-Routenplaner sind die Radfahrende gut informiert, wo die Radwege hinführen. Abschließend kann ich sagen, dass „durch diese Informationen die Gefahr der Fehleinschätzung von Zeit- oder Kraftaufwand erheblich verringert werden kann.“<sup>46</sup>

---

<sup>45</sup> (Das Citybike Wien)

<sup>46</sup> (Meschik, 2008, S. 24)

## 2.3 Kennziffern zum ÖV Angebot

Die Bevölkerung soll von den motorisierten Individualverkehrsmitteln (Auto, Moped) auf die öffentlichen Verkehrsmittel (Bus, Straßenbahn) umsteigen. Eine solche Maßnahme für die Stadt wäre es z.B. den Fahrpreis in ÖV Mitteln günstiger als das Autofahren zu machen. Somit wird das ÖV Angebot verbessert, was negative Auswirkung auf das Radfahren in europäischen Städte zur Folge hat. Beim guten ÖV Angebot sinkt meistens die Radnutzung. „Da nicht nur Autofahrer zum Wechsel auf Verkehrsmittels animiert werden, sondern auch Fußgänger und Radfahrer, sinken beide Parameter.“<sup>47</sup>

Folgende Kennziffern im öffentlichen Verkehr beeinflussen auf das Mobilitätsverhalten der städtischen Bevölkerung:

- Einwohnerdichte
- Einkommenstatus
- Ticketnutzung
- Takt und Haltestellen
- Zufriedenheit mit der ÖV-Mitteln
- Verkehrsaufkommen
- Verkehrsleistung.

Solche Kennzahlen werden durch verschiedenen Bevölkerungsumfragen durchgeführt. Die Daten werden übernommen und statistisch ausgewertet.

### 2.3.1 Verkehrsaufkommen

Der Indikator Verkehrsaufkommen misst die Menge von transportierten Personen. Der Begriff bezieht sich im öffentlichen Verkehr auf das Fahrgastaufkommen. Die Einheiten sind: Mio. Personen pro Jahr, Tsd. Personen pro Monat und Tsd. Personen pro Tag. Um den Qualität des öffentlichen Verkehrs verbessern zu können, müssen die Fahrgasterhebungen an allen Stadtbus- bzw. Straßenbahnlinien von dem zuständigen Verkehrsbetrieb durchgeführt werden. Die Fahrgäste werden befragt, zu welchem Zweck sie die Fahrkarte benutzen, bezüglich ihres Alters und Geschlechts, sowie dem Besitz eines PKWs.<sup>48</sup> In Münster erfolgen die Fahrgastzählungen zum Beispiel in einem erleichterten Verfahren durch die automatisierte Auswertung in Gelenkbussen.

Die Wege in Städten werden neben dem ÖV mit anderen Verkehrsmitteln zurückgelegt (z.B. mit dem Fahrrad oder zu Fuß). Daher lässt sich der Verkehr mittels Indikator Modal Split nach Verkehrsaufkommen (in Mio. Personen) messen.

### 2.3.2 Einwohnerdichte

Zwischen Stadtstruktur und ÖV-Angebot existiert ein Zusammenhang. Für den ÖV die Erhöhung der Einwohnerdichte in einer Stadt „bedeutet zunächst eine Dezentralisierung und damit eine entspannte Situation in den Außenbereichen, führt aber zu langen Wegen und damit zu einer Maximierung der Verkehrsbewegungen bis hin zum erforderlichen Zweitwagen.“<sup>49</sup> In der Stadt, die

---

<sup>47</sup> (Randelhoff, zukunft-mobilitaet, 2016)

<sup>48</sup> (Stadtwerke Münster GmbH, 2015, S. 102)

<sup>49</sup> (Angerer, 2005, S. 155)

dicht bebaut ist sind die kürzeren Entfernungen zu Fuß zurückzulegen, bei längeren Entfernungen mit ÖV. Je dichter die Innere Stadt bebaut ist, desto weniger Platz für Pkws. Deshalb wird empfohlen, dass die Städte dichter bebaut werden sollen, um mehr Platz für Grünfläche zu schaffen.

In der Abbildung 18 wird ein Zusammenhang zwischen Einwohnerdichte und Mobilitätsverhalten der Schweizer Bevölkerung dargestellt. Dabei wurden die mittlere Einwohnerdichte im Umkreis von 300 m der Haltestelle in Betracht genommen. Anhand der Werte der Besiedlung kann man annehmen, dass es um mittelgroße schweizer Städte geht. Nach (Nowak, 2017): „je höher die Einwohnerdichte ist, desto mehr Menschen gehen zu Fuß oder nutzen den öffentlichen Verkehr.“<sup>50</sup> Daraus folgt, dass die Pkw-Anteile der Wege bei stärkerer Zersiedlung der Stadt zugenommen haben. Im Bereich zwischen 100 – 120 Einwohner pro Hektar hat der ÖV-Anteil den maximalen Wert (25 %) erreicht. In der Dichtekategorie größer als 100 Einwohner pro Hektar haben sich die ÖV-Anteile reduziert. Positiv ist zu interpretieren, dass der Fußgängerverkehr in der obersten Dichtekategorie von 39% auf 47% zugenommen hat. Die Einwohnerdichte hat einen geringen Einfluss auf die Radverkehrsanteile (siehe Diagramm unten).

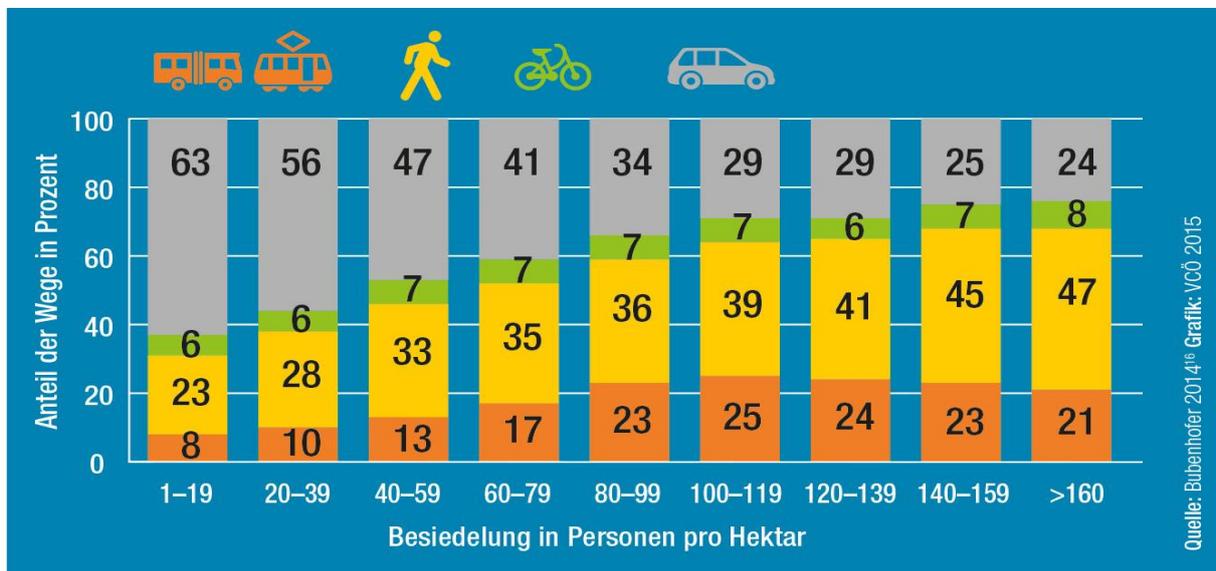


Abbildung 18: Modal Split nach Dichtekategorie von Schweizer Städten<sup>51</sup>

Die Einwohnerdichte beeinflusst die Qualität des ÖV-Angebots. Dadurch können wiederum Rückschlüsse auf den Radverkehrsanteil gemacht werden. Beispielsweise gibt es in einem Gebiet mit hoher Einwohnerdichte tendenziell ein besseres ÖV-Angebot und dadurch fahren weniger Leute mit dem Rad.

### 2.3.3 Einkommenstatus

Das Einkommen beeinflusst das Mobilitätsverhalten der städtischen Bevölkerung. Je niedriger das Einkommen pro Kopf ist, umso größer ist der Anteil an zurückgelegten Wegen mit ÖV, Fahrrädern und zu Fuß. Etwa 44% der Bevölkerung mit einem niedrigen Einkommen (unter 1000 Euro) fahren mit dem Fahrrad, gehen zu Fuß oder benutzen ausschließlich ÖV-Mittel, die in der Abbildung 19 angegeben sind. Besser Verdienende mit einem Einkommen von mehr als 1000 Euro pro Kopf legen

<sup>50</sup> (Nowak, 2017, S. 19)

<sup>51</sup> (Bubenhofer, 2014)

die durchschnittlichen Wege mit ihrem eigenen PKW zurück. Autofahren ist 17 Mal teurer als mit einem ÖV-Mittel zu fahren.<sup>52</sup>

Um das angestrebte Ziel - die nachhaltige Mobilität in einer Stadt - zu erhöhen, müssen neben den guten ÖV-Angebote gleichzeitig die Fuß- und Fahrradwege gut ausgebaut sein.

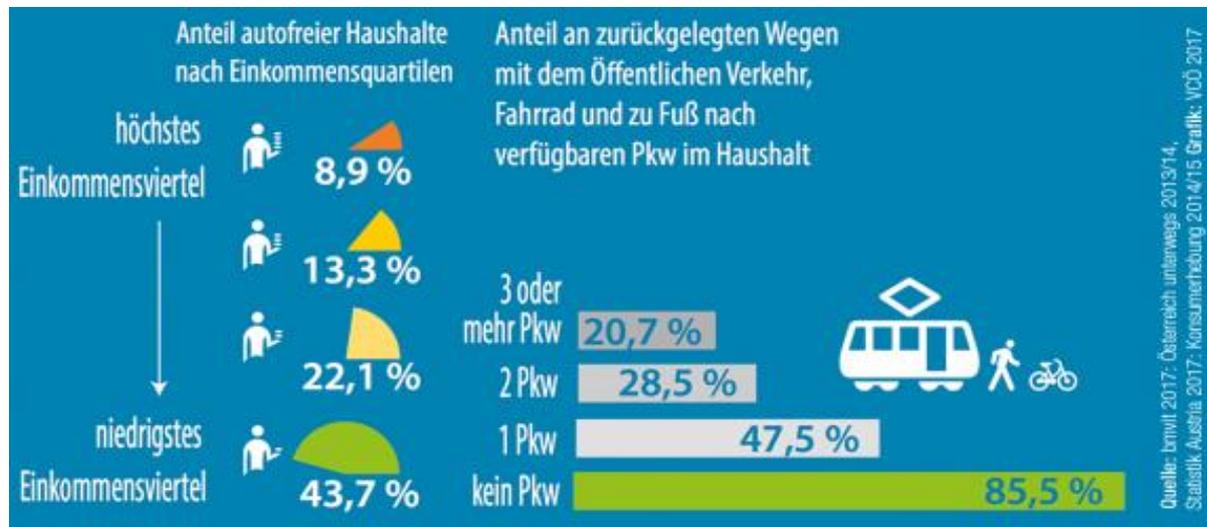


Abbildung 19: Einkommen pro Kopf und Alltagsmobilität in Österreich<sup>53</sup>

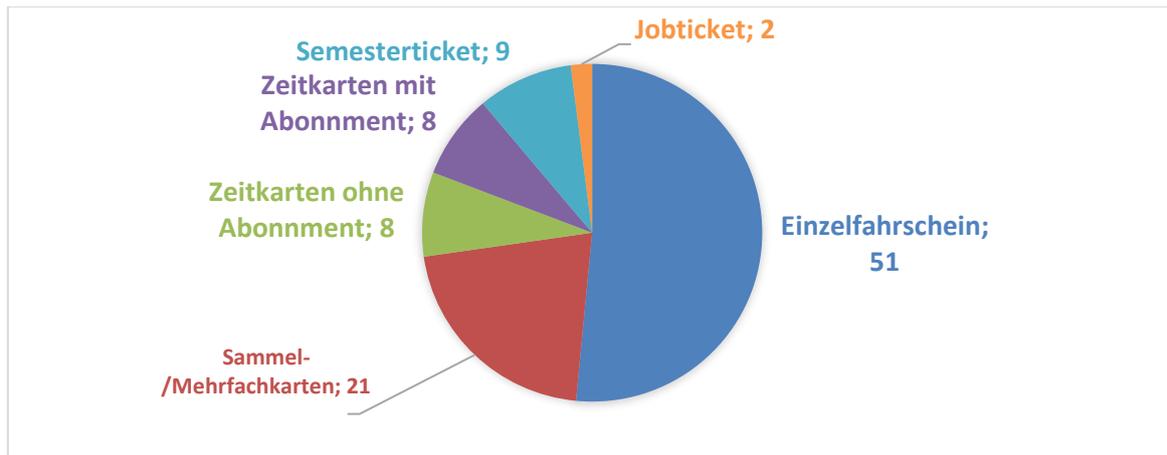
### 2.3.4 Ticketnutzung

Das deutsche Verkehrsforum hat im Jahr 2003 eine Befragung zum Thema Zufriedenheit mit öffentlichen Verkehrsmitteln in deutschen mittleren Großstädten durchgeführt. Die ausgewählte Methodik waren Interviews mit den Fahrgästen nach Zufallsprinzip. Das Ziel war es, die Frage zu beantworten, wie Befragte, die keine Övs benutzen, für das Nutzen eines ÖVs animiert werden können, und welche Anforderungen die bereits bestehenden Kunden stellen. In der Abbildung 20 werden die Ergebnisse von 1803 Befragte dargestellt, die zumindest selten öffentliche Verkehrsmittel benutzt haben. Die Ergebnisse zeigten, dass 51% der Befragten Einzelfahrscheine benutzen. 21% der befragten Teilnehmer benutzen Mehrfahrtenkarten. Die übrigen Anteile entfallen auf mittel- oder langfristig gebundene Kunden (19%). Aus diesem Vergleich wird ersichtlich, dass „je öfter die Angebote an öffentlichen Verkehrsmitteln genutzt werden, desto höher wird der Anteil an Zeitkartennutzern.“<sup>54</sup>

<sup>52</sup> Vgl. (bmvit, 2014, S. 19)

<sup>53</sup> (bmvit, 2014)

<sup>54</sup> (Rainer, 2006, S. 102)



**Abbildung 20: Ticketnutzung in deutschen Städten [%] nach (Rainer, 2006, S. 102)**

„Die kostenlose Nutzung des ÖPNV ist eine drastische Maßnahme der Verkehrspolitik, die meistens keinen Erfolg garantiert.“<sup>55</sup> Für die Verkehrsmittelwahl spielen sozioökonomischen Faktoren der städtischen Bevölkerung eine wichtige Rolle, beispielsweise Einkommen, die Verfügbarkeit des ÖVs, die Nähe der Haltestelle.

### 2.3.5 Takt und Haltestellen

Eine Befragung über die Taktung in der Nähe der Haltestelle hat das deutsche Verkehrsforum durchgeführt. Nach (Rainer, 2006), wohnen 55% der Befragten in der 10-Minuten-Isochrone einer Haltestelle. Die übrige Anteile (45%) wohnen in der 5-Minuten-Isochrone der Haltestelle. Von den Befragten geben 25% an, sie haben eine ÖV – Anbindung alle 10 Minuten, rund 50% sogar alle 20 Minuten. Aus diesem Vergleich folgt logischerweise, dass „je dichter der Takt an der nächstgelegenen Haltestelle zur Hauptverkehrszeit ist, umso häufiger nutzen die Befragten die ÖV-Mittel.“<sup>56</sup>

### 2.3.6 Zufriedenheit mit den ÖV-Mitteln

Insgesamt 75 Städte haben an einer Meinungsstudie der Europäischen Union teilgenommen. Davon wurden 5 mittlere Großstädte für einen Systemvergleich ausgewählt. Das Ziel war es, die Zufriedenheit der Fahrgäste bewerten zu können und somit die Lebensqualität der städtischen Bevölkerung zu vergleichen. Die ausgewählte Methodik zur Untersuchung von 500 Befragten verlief nach dem Zufallsprinzip, solange die Befragten älter als 14 Jahren waren.<sup>57</sup>

Hierbei wird die Note „sehr zufrieden“ betrachtet. Die beste Zufriedenheit der Fahrgäste erzielte die deutsche Stadt Dortmund mit 34% (siehe Abbildung 21). Gleiche Anteile weist die niederländische Stadt Groningen auf. Der mittlere Anteil von sehr zufriedenen Fahrgästen wurde in Graz ermittelt und liegt bei 28%, was positiv bewertet wird. Ein niedrigerer Anteil an Zufriedenheit mit ÖV-Mitteln wurde in der slowenischen Stadt Ljubljana und der italienischen Stadt Bologna festgestellt. Ein Mangel dieses Städtevergleichs liegt daran, dass es wenige Informationen im Hintergrund gibt.

<sup>55</sup> (Randelhoff, zukunft-mobilitaet, 2016)

<sup>56</sup> (Rainer, 2006, S. 105)

<sup>57</sup> (Randelhoff, zukunft-mobilitaet, 2011)

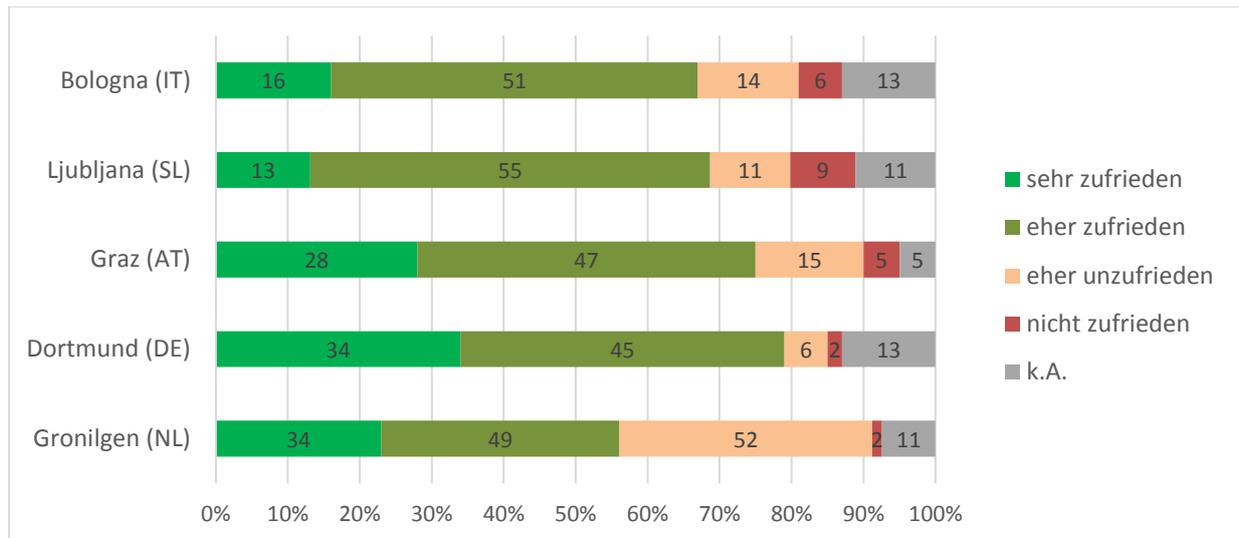


Abbildung 21: Zufriedenheit der Fahrgäste im Städtevergleich nach (Hahn, 2010, S. 61)

### 2.3.7 Verkehrsleistung

Diese wichtige Kenngröße im öffentlichen Verkehr „ergibt sich aus der Zahl der Fahrgäste, die befördert wurden, multipliziert mit der durchschnittlich zurückgelegten Strecke.“<sup>58</sup> Die Einheit ist Personenkilometer (Pkm). Die Leistung des öffentlichen Personenverkehrs wird meistens in Milliarden oder Millionen Fahrgastkilometern angegeben. Da nachhaltige Mobilität gestärkt werden soll, steigen die Ansprüche an die Verkehrsleistungen immer weiter. „Ist allein durch eigenwirtschaftliche Verkehre die ausreichende Bedienung der Bevölkerung mit ÖV nicht sichergestellt, kann die zuständige Behörde gemeinwirtschaftliche Verkehre unter Berücksichtigung der Interessen des Mittelstandes vergeben.“<sup>59</sup> Die Untersuchung der Verkehrsleistung hat das Ziel, die Maßnahmen im Bereich der städtischen Verkehrsplanung rechtzeitig einleiten zu können.

Verkehrsleistung kann auch nach Modal Split-Anteilen im Berufsverkehr betrachtet werden, weil die Arbeitsverhältnisse der städtischen Bevölkerung unterschiedlich sind. Beispielweise müssen bei der Veränderung des Arbeitsortes von der Stadt ins Umland viel mehr Kilometerwege zurückgelegt werden. Dabei treffen die Berufstätigen eine Entscheidung mit welchem Verkehrsmittel der neue Zielort zu erreichen ist. Dies bedeutet, dass die Verkehrsunternehmen und auch dieses Mobilitätsverhalten durch eine Fahrgastbefragung erfasst werden sollen. Bei größeren Entfernungen zwischen Arbeitsort und Wohnort kann das Fahrrad nur in Kombination mit anderen öffentlichen Verkehrsmitteln erfolgen (z.B. die Kombination Fahrrad - Bus). In diesem Fall wird empfohlen, die Fahrradmitnahme im Bus zu ermöglichen.

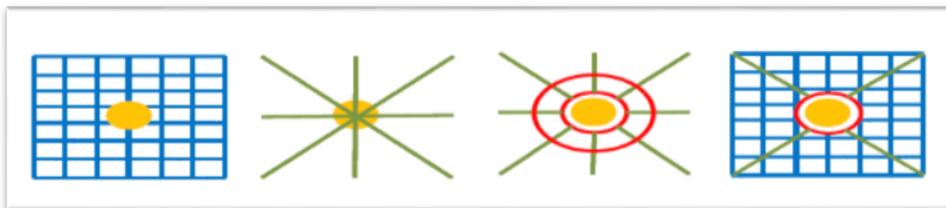
<sup>58</sup> (mobi-wissen)

<sup>59</sup> (Stadtwerke Münster GmbH, 2015, S. 16)

### 2.3.8 Netzstrukturen

In diesem Abschnitt werden die Netzstrukturen dargestellt, welche die Verkehrsachsen bilden. Nach (Fellendorf M. , 2016) werden die folgende Netzstrukturen (Straße) wie folgt definiert:

- „Rasternetz
- Radialnetz
- Radial-Ringnetz
- Radial-Rasternetz.“<sup>60</sup> Diese 4 Netzstrukturen werden in der Abbildung unten dargestellt sowie in der Abschnitt 5.1.16 weiter verwendet.



**Abbildung 22: Netzstrukturen – Straßen nach (Fellendorf M. , 2016, S. 13)**

„Allgemein betrachtet erlaubt die gewachsene Stadtstruktur keinen wesentlichen Neubau von Verkehrsflächen, wobei das Fahrrad auf kurzen Distanzen (bis circa fünf Kilometer) das schnellste Verkehrsmittel ist.“<sup>61</sup> Dies bedeutet nicht anderes, als dass das Fahrrad eine gute Lösung der städtischen Verkehrsprobleme ist.

## 2.4 Kennziffern zur Verkehrsnachfrage

„Unter Verkehrsnachfrage versteht man die Verkehrsbedürfnisse von Menschen, potenziell den Wunsch und praktisch die Durchführung von Ortsveränderungen.“<sup>62</sup> Dabei sind die Zwecke der Ortsveränderung: Arbeit, Ausbildung, Einkauf oder Freizeit.

„Eine zentrale Kennziffer der Mobilität stellt der Modal Split dar, gemessen mittels der Wegehäufigkeit.“<sup>63</sup> Dieser Indikator zeigt die Veränderung des Mobilitätsverhalten der Menschen nach Verkehrsmittelwahl: Fuß, Rad, Öffentlicher Verkehr und Motorisierter Individualverkehr. Dabei ist zu beachten, dass nachhaltige Verkehrsmittelwahl (Fuß, Rad, ÖV) positive Veränderungen bedeuten. Wegen dem Platzmangel in der Stadt wirken sich die Anteile des motorisierten Individualverkehrs negativ aus. Ein weiterer Grund, der dagegen spricht sind die schlechten Abgase. Diese wirken negativ auf die Umwelt und menschliche Gesundheit im urbanen Raum. Ein wichtiger Punkt ist auch, dass der Radverkehrsanteil erhöht werden soll, um die Verkehrsprobleme zu mildern. Die Ergebnisse des Modal-Splits zeigen wie gut das nachhaltige Mobilitätsverhalten der Bevölkerung in der Stadt bzw. Stadtumgebung ist.

<sup>60</sup> (Fellendorf M. , 2016, S. 13)

<sup>61</sup> (Stadtentwicklung Wien)

<sup>62</sup> (Meschik, 2008, S. 20)

<sup>63</sup> (Sammer, 2017, S. 10)

Die Sammlung der Daten erfolgt durch folgende Erhebungsarten: Interview, Online, schriftlich und/oder telefonisch. Die Methodik zur Datenerhebung kann unterschiedlich sein und deshalb liefern die Ergebnisse mit den Abweichungen in betrachteten Raum. Ein Beispiel davon ist der Modal-Split im Zeitvergleich in Wien (siehe Tabelle 5). Ein Vergleich zwischen ÖU 2013/14 und der städtischen Erhebung in Wien zeigt methodische Probleme, wobei Differenzwerte in Modal Split entstehen: Radverkehr unterscheidet sich in 3 % sowie motorisierten Individualverkehr-Anteile für 5 %. Ein Grund dieser methodischen Probleme liegt vor, wenn unterschiedliche Gruppe am gleichen Ort mit der unterschiedlichen Methode gefragt wird. Das liefert die Ergebnisse in Modal Split nach Verkehrsmittelwahl Rad und ÖV mit den gewissen Abweichungen.

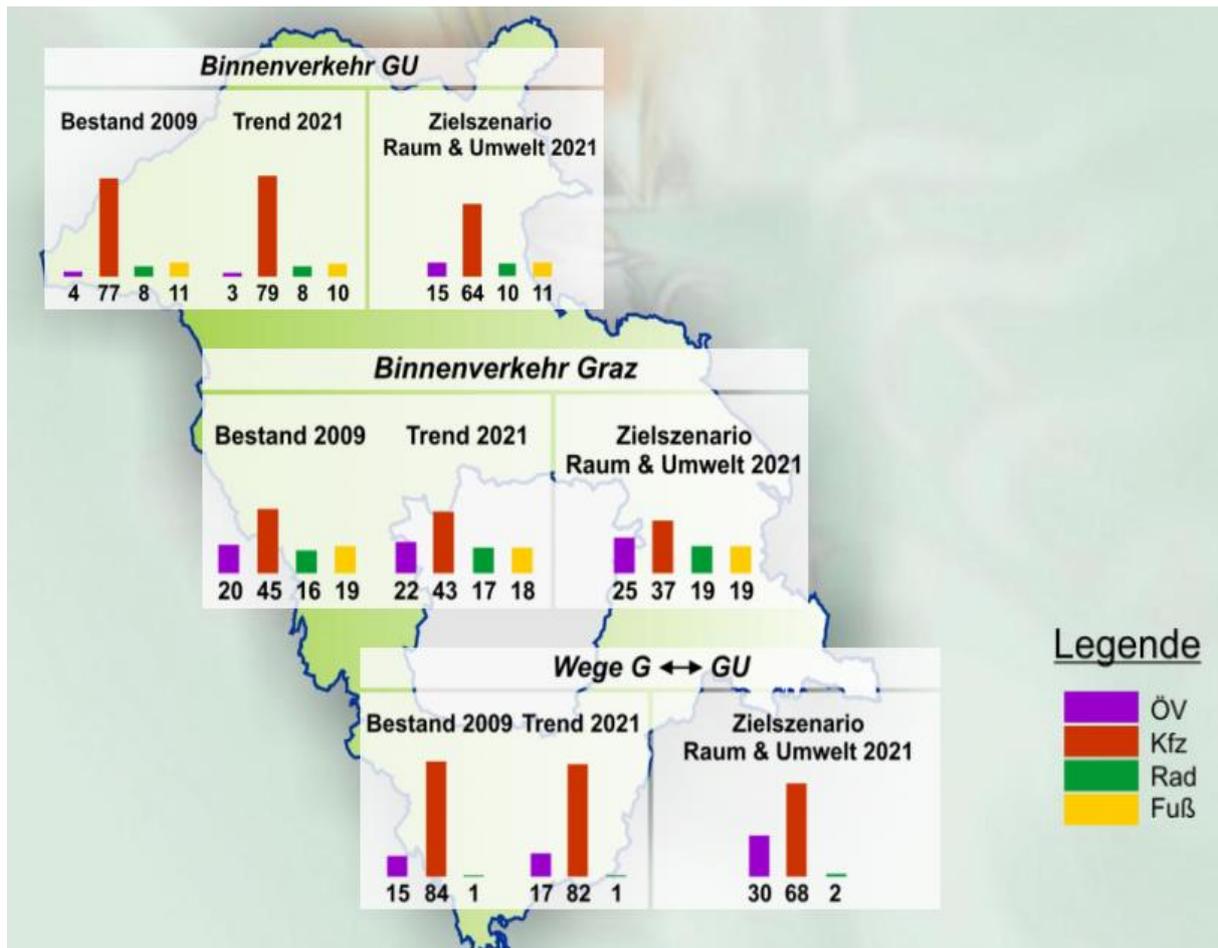
**Tabelle 5: Beispiel für den Erhebungsprobleme, Modal Split der Wege in Wien<sup>64</sup>**

| Modal Split der Wege – werktags | ÖU 2013/14 | Wiener Linien |
|---------------------------------|------------|---------------|
| Fußgänger                       | 25         | 26            |
| Radverkehr                      | <b>4</b>   | <b>7</b>      |
| ÖV                              | 38         | 39            |
| MIV                             | <b>33</b>  | <b>28</b>     |
| Gesamt                          | 100        | 100           |

Die Radverkehrsmobilität kann nicht allein beschrieben werden, sondern nur in Kombination mit mehreren Indikatoren, die statistisch betrachtet werden sollen. Diese Mobilität hängt stark von Altersstruktur, Wegeaufkommen und Reisezweckverteilungen ab. Modal Split – Anteile werden meistens nach Raumtypen, Wegezwecken, Alter, Jahreszeit usw. gruppiert. In diesem Abschnitt ist es wichtig das Modal Split in Abhängigkeit von Raumtypen zu beschreiben. Das ausgewählte Beispiel ist Graz, die als reines Stadtgebiet und Stadtgebiet mit Umland nach Modal Split der Wege Anteile verglichen wird. Nach den Ergebnissen der Mobilitätserhebung im Jahr 2009 der Grazer Wohnbevölkerung (siehe Abbildung 23) zeigt es sich, dass der Radverkehrsanteil in Graz Umgebung 8 % beträgt, während der Wert in der Stadt doppelt so hoch ist. Der Anteil der Wege in der Grazer Stadt die mit dem Fahrrad zurückgelegt werden, hat einen steigenden Trend. In „Verkehrskonzept Graz – Graz Umgebung“ werden die Ziele für die Entwicklung der Verkehrsinfrastruktur so definiert, dass der Radverkehrsanteil bis 2021 auf 19 % erhöht wird. Im Grazer Umland ist das Ziel die Radverkehrsmobilität von 8 % auf 10 % zu erhöhen.

Obige Werte beziehen sich auf Modal Split – Radverkehrsanteile innerhalb eines Gebietes, was als Binnenverkehr bezeichnet wird. Die Fahrt von Graz zu Graz Umgebung und umgekehrt wird auch mittels beidseitigem Binnenverkehr beschrieben. Im Vergleich Bestand 2009 und Trend 2021 ist zu beachten, dass die Radverkehrsanteile konstant bei 1 % liegen. Das Zielszenario ist es diesen Wert auf 2 % im Jahr 2021 zu erhöhen.

<sup>64</sup> (Sammer, 2017, S. 5)

Abbildung 23: Regionales Verkehrskonzept Graz – Graz Umgebung<sup>65</sup>

Der Anteil des motorisierten Individualverkehrs in der Grazer Stadt beträgt 45 % und hat den fallenden Trend um 2 % Prozentpunkte. Dieses Szenario wirkt sich im Sinne der verkehrspolitischen Leitlinie negativ aus. Deshalb legt das Ziel im Verkehrskonzept fest, die nachhaltige Mobilität zu fördern und damit der Kfz-Anteil von 45% im Jahr 2009 bis Jahr 2021 auf 37% sich zu reduzieren. Im Vergleich Bestand 2009 und Trend 2021 der Grazer Umgebung zeigt es sich, dass das Modal Split der Wege für motorisierten Individualverkehr eine zunehmende Tendenz hat: von rund 77 % auf 79% sich zu erhöhen. Das Ziel des Regionalen Verkehrskonzeptes Graz Umgebung ist die Reduzierung des Kfz-Anteils in Modal Split auf 64 %. Wenn man das Modal-Splits der Wege für den Kfz-Anteil betrachtet, zeigt es sich dass, das Bestand im Vergleich mit dem zunehmenden Trend sich um 2% unterscheidet, ähnlich wie in der Stadt. Die Kfz Anteile in Modal Split (Zielszenario Graz-Graz Umgebung) müssen auf 68 % reduziert werden.

<sup>65</sup> (LandSteiermark, 2010, S. 11)

Allgemein betrachtet, das Ziel der Grazer Verkehrskonzeptes „ist dabei nicht die Einschränkung der Mobilität der Grazerinnen und Grazer, sondern eine Verschiebung der Anteile des Kfz-Verkehrs hin zum Öffentlichen Verkehr (ÖV), Rad- und Fußgängerverkehr.“<sup>66</sup> Im Zeitraum von 2009 bis 2021 bleibt der Fußgängerverkehr in Grazer Stadt und Graz Umgebung ähnlich. Das Ziel ist es auch den Anteil des Fußgängerverkehrs konstant zu halten. Auch der Anteil des öffentlichen Verkehrs wird betrachtet. Dieser Anteil soll in Grazer Stadt von 20% auf 25% und Graz Umgebung von 4% auf 15% steigen.

„Der Anteil an Wegen, welche mit dem Fahrrad zurückgelegt werden, sagt viel darüber aus, wie gut die Voraussetzungen für das Radfahren sind und wie populär das Fahrrad in einer Region oder Gemeinde ist.“<sup>67</sup> Die Werte des Radverkehrsanteils in Modal Split unter 10 % entsprechen einem niedrigen Radverkehrsanteils, sowie z.B. Linz (7%). Die Werte von 10% bis 20 % entsprechen einem mittleren Radverkehrsanteil, z.B. Graz (16 %). Die Werte über 20 % entsprechen einem hohen Radverkehrsanteil, die als fahrradfreundliche Städte genannt werden. Beispielsweise niederländische Städte haben den hohen Radverkehrsanteil wegen einer flachen Topografie wie in Graz sowie gut ausgebauten Radinfrastruktur.

Münster ist eine Fahrradmetropole in Deutschland mit dem Radverkehrsanteil von 39%, was als sehr hoch bezeichnet wird. Das Ergebnis liegt in langjährigen Radverkehrsplanung. Der erste Radweg wurde im Jahr 1928 gebaut. In den frühen 50er Jahren wurde ein ganzes Netz an Radwegen angelegt. In den 60er Jahren wurden öffentliche Fahrradabstellplätze gebaut, um hohe Verkehrsnachfrage zu schaffen. Anfang der 90er kamen eigene Fahrradstraßen hinzu. Nach (Oenick, 2017) sprechen zahlreiche Gründe für Münster als Fahrradstadt:

- „Die Promenade als autofreier, rund 4,5 km Verteilerring um die Innenstadt,
- Die mit 3.300 Stellplätzen größte Radstation Deutschlands am Hauptbahnhof,
- Über 500.000 Fahrräder bei 300.000 Einwohner.“<sup>68</sup>

Weil Münster einen hohen Studentenanteil, flache Topografie, sowie die Nähe zu den Niederlanden besitzt, beeinflusst dies den Radfahreranteil positiv. Für Pendler werden auch einige „bike&ride“-Anlagen eingerichtet. Die Fußgängerzonen werden für Radfahrer freigegeben, um die Fahrt durch die Stadt zu erleichtern.

In der Abbildung 24 wird das Modal Splits der Wege differenziert nach Innenstadt und Außenstadtteilen. Die Bevölkerung der Innenstadt hat Gesamtwert der Mobilität von 3,9 Fahrten pro Werktag. Dieser Wert in den Außenstadtteilen ist niedriger. Der Hauptgrund dafür liegt in der Tatsache, dass Münster die Stadt der kurzen Wege ist. Dies bedeutet, dass kürzere Entfernungen zum Zweck Einkauf, Arbeit usw, leichter zu Fuß, mit dem Fahrrad oder mit den ÖV-Mitteln in Innenstadt erreicht werden können.

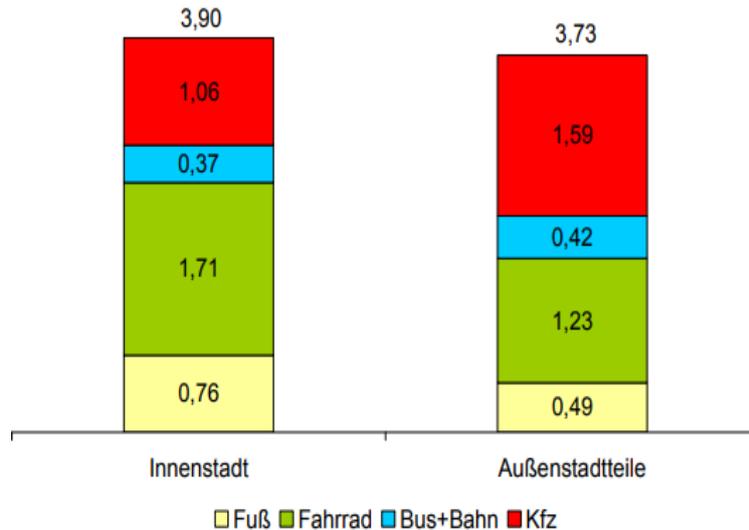
Im Vergleich mit der Innenstadt ist die Kfz-Nutzung in Außenstadtteile viel höher aufgrund von längeren Entfernungen.

---

<sup>66</sup> (Bauer S. e., 2012, S. 4)

<sup>67</sup> (Meschik, 2008, S. 17)

<sup>68</sup> (Oenick, 2017)



**Abbildung 24: Mobilität in Münster differenziert nach Innenstadt und Außenstadtteilen<sup>69</sup>**

Zum Thema „Radfahren – ein Systemvergleich“ existiert eine riesige Menge an Literatur. Als Basis für die visuelle Interpretation der Mobilität in den Städten dient das Modal Split der Wege. Bei der Interpretation der Abbildung 25 ist zu beachten, welche Städte einen hohen Radverkehrsanteil haben, was ein Ergebnis der langjährigen Investitionen in Radinfrastruktur ist. Hierbei wurde das Modal Split der Wege nach dem Raumtyp reines Stadtgebiet ausgewählt. Von dem Interesse sind die Ergebnisse im Modal Split ohne Umland, weil die Mobilität der innerstädtische Bevölkerung viel größer im Vergleich mit dem Umland ist, was am Beispiel Verkehrskonzept Graz – Graz Umgebung festgestellt wurde. Folgende fahrradfreundliche Städte zeigen eine gute Akzeptanz für den Radverkehr in Modal Split:

- niederländische Städte: Eindhoven (40%), Groningen (39%), Tilburg (29%), Utrecht (26%),
- deutsche Städte: Münster (39%), Freiburg (34%), Bremen (25%), Karlsruhe (25%), Hannover (20%),
- dänische Stadt Kopenhagen (30%).

Die umweltfreundlichen Verkehrsmittel wie Fuß, Fahrrad und öffentliche Verkehrsmittel werden in der Summe als Akzeptanz in einer Stadt bezeichnet. Wenn diese Akzeptanz den Wert höher als 60 % hat, spricht man von einer nachhaltigen Mobilität wie am Beispiel Münster festgestellt wurde. In den obigen 10 Städten kommt laut Modal Split die Summe von Fahrrad-, ÖV- und Fuß-Verkehr auch auf mehr als 60%, welches Dank dem hohen Radfahreranteil diese guten Ergebnisse liefert. Nach (Linder, 2015), um Nahmobilität in deutschen Städte zu erhöhen „wurden neue Richtwerte für einen nachhaltigen, umweltfreundlichen und auch gesundheitsfördernden kommunalen Modal Split formuliert: Fußverkehr 20 – 30%, Radverkehr 15 – 40%, ÖV 5 – 20% und MIV 20 – 35%.“<sup>70</sup>

<sup>69</sup> (Münster, 2009, S. 19)

<sup>70</sup> (Linder, 2015, S. 40)

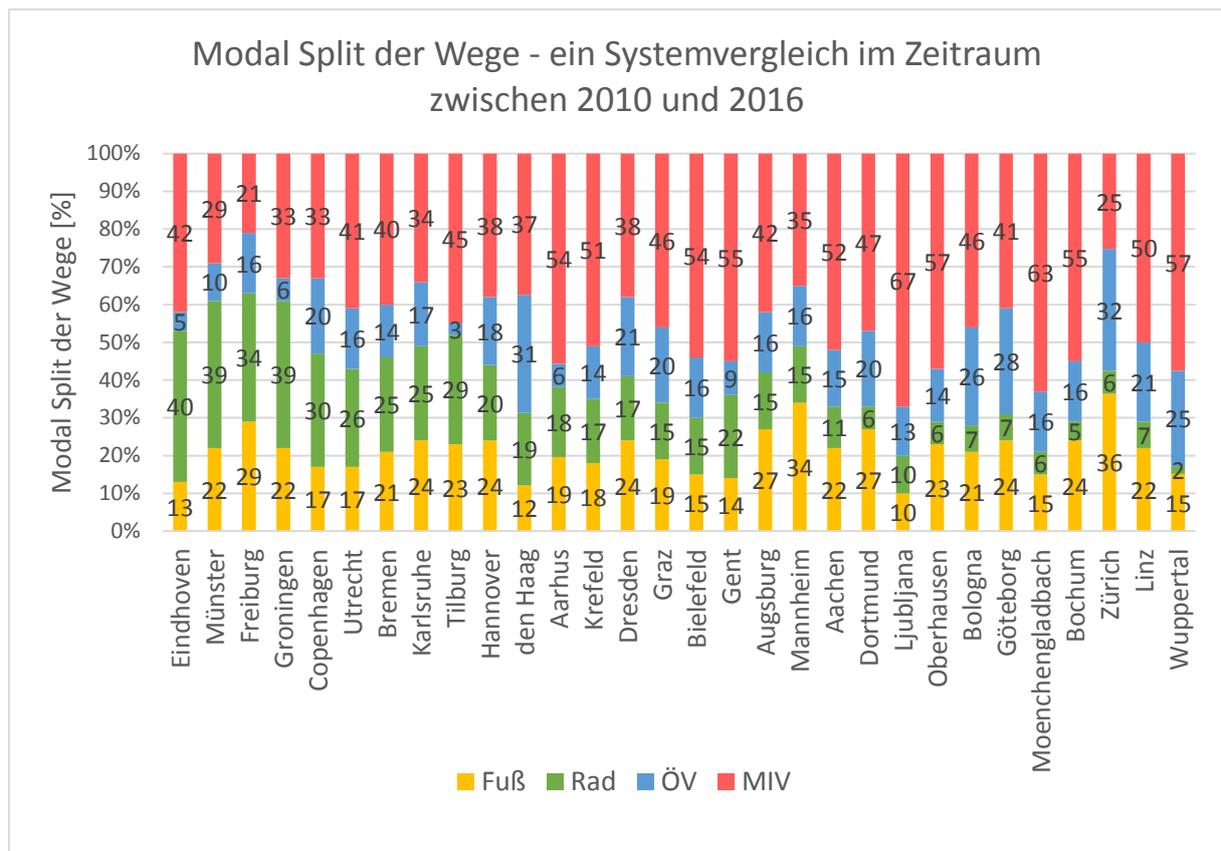


Abbildung 25: Modal Split in Städtevergleich: Wegeanteil an allen Verkehrsmitteln von (EPOMM, 2017)

Ein weiteres Beispiel kommt aus Freiburg, deutsche Fahrradstadt, wobei Verkehrskonzept mit dem großen Erfolg realisiert wurde (siehe Abbildung 26). Im Zeitraum zwischen 1982 und 2016 die Akzeptanz des Radverkehrs wurde von 15%, was der optimale Wert ist, auf 34 % erhöht. Somit wurden die Kfz-Anteile von 39 % auf 21 % abgenommen.



Abbildung 26: Modal-Split im Binnenverkehr (Wege innerhalb Freiburgs)<sup>71</sup>

<sup>71</sup> (Garten- und Tiefbauamt, 2012)

### 3 Datenerhebung von 30 ausgewählten EU-Städten

In diesem Kapitel möchte ich die Daten von 30 Städte präsentieren, welche ich recherchiert habe. Für jede Stadt werden 9 ausgewählte Indikatoren und ihre Werte betrachtet. Um eine bessere Übersichtlichkeit für den Leser zu erzielen, wurden hierbei die Daten tabellarisch und die Stadtgrenzen grafisch dargestellt (siehe Tabellen unten). Die Datenerhebung wurde im Zeitraum zwischen Juni 2017 bis Oktober 2017 durchgeführt. Sie besteht aus einer Kombination aus Internetrecherche, Befragung an Stadtplanungsämtern und Verkehrsbetriebe.

**Tabelle 6: Eindhoven (NLD)<sup>72</sup>**

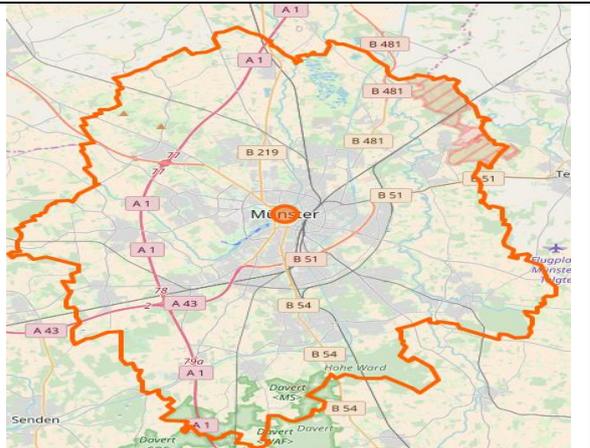
| Die Indikatoren in der Stadt ohne ihr Umland:      | Die Werte: |
|--|------------|
| Radverkehrsanteil [%]                              | 40         |
| Radwegelänge [km]                                  | 275        |
| Einwohnerzahl                                      | 225 020    |
| Einwohnerdichte im Baugebiet [EW/km <sup>2</sup> ] | 0,51       |
| Liniennetzlänge: Straßenbahn [km]                  | 0          |
| Liniennetzlänge: Bus [km]                          | k.a.       |
| Motorisierungsgrad [Pkw/1000 EW]                   | 416        |
| Stadtfläche [km <sup>2</sup> ]                     | 88,8       |
| Straßennetzlänge ohne Autobahn [km]                | 816        |
| Verkehrsfläche [%]                                 | 8,8        |



**Bildquelle 1: (OpenStreetMap-Mitwirkende)**

**Tabelle 7: Münster (DEU)<sup>73</sup>**

| Die Indikatoren in der Stadt ohne ihr Umland:      | Die Werte: |
|--|------------|
| Radverkehrsanteil [%]                              | 39         |
| Radwegelänge [km]                                  | 471,4      |
| Einwohnerzahl                                      | 310 039    |
| Einwohnerdichte im Baugebiet [EW/km <sup>2</sup> ] | 0,53       |
| Liniennetzlänge: Straßenbahn [km]                  | 0          |
| Liniennetzlänge: Bus [km]                          | 519,7      |
| Motorisierungsgrad [Pkw/1000 EW]                   | 452        |
| Stadtfläche [km <sup>2</sup> ]                     | 303,3      |
| Straßennetzlänge ohne Autobahn [km]                | 1200       |
| Verkehrsfläche [%]                                 | 9,0        |



**Bildquelle 2: (OpenStreetMap-Mitwirkende)**

<sup>72</sup> (EPOMM, 2017), (Goedhart, 2011, S. 43), (Statistics Netherlands, 2017), (Eurostat, 2011), (Central Bureau voor de Statistiek, 2017)

<sup>73</sup> (Stadt Münster, 2013), (Oenick, 2017), (IT.NRW, 2016), (Roes, 2017), (Ministerium für Bauen, Wohnen, Stadtentwicklung und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen, 2016, S. 67), (Abteilung für die Verkehrsplanung Münster, 2009, S. 45)

**Tabelle 8: Groningen (NLD)<sup>74</sup>**

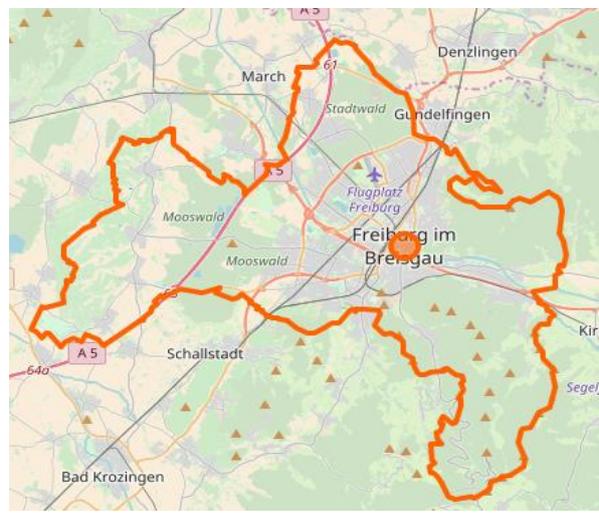
| Die Indikatoren in der Stadt ohne ihr Umland:      | Die Werte: |
|--|------------|
| Radverkehrsanteil [%]                              | 39         |
| Radwegelänge [km]                                  | 410        |
| Einwohnerzahl                                      | 200 487    |
| Einwohnerdichte im Baugebiet [EW/km <sup>2</sup> ] | 0,65       |
| Liniennetzlänge: Straßenbahn [km]                  | 0          |
| Liniennetzlänge: Bus [km]                          | k.a.       |
| Motorisierungsgrad [Pkw/1000 EW]                   | 289        |
| Stadtfläche [km <sup>2</sup> ]                     | 83,7       |
| Straßennetzlänge ohne Autobahn [km]                | 657        |
| Verkehrsfläche [%]                                 | 6,2        |



**Bildquelle 3: (OpenStreetMap-Mitwirkende)**

**Tabelle 9: Freiburg (DEU)<sup>75</sup>**

| Die Indikatoren in der Stadt ohne ihr Umland:      | Die Werte: |
|--|------------|
| Radverkehrsanteil [%]                              | 34         |
| Radwegelänge [km]                                  | 410        |
| Einwohnerzahl                                      | 226 393    |
| Einwohnerdichte im Baugebiet [EW/km <sup>2</sup> ] | 0,81       |
| Liniennetzlänge: Straßenbahn [km]                  | 36         |
| Liniennetzlänge: Bus [km]                          | 270        |
| Motorisierungsgrad [Pkw/1000 EW]                   | 500        |
| Stadtfläche [km <sup>2</sup> ]                     | 153,1      |
| Straßennetzlänge ohne Autobahn [km]                | 540        |
| Verkehrsfläche [%]                                 | 9,8        |

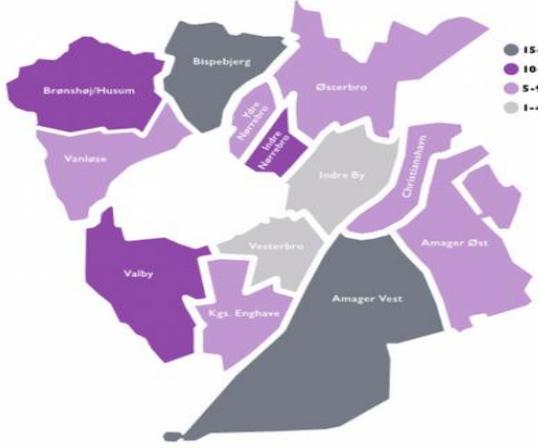


**Bildquelle 4: (OpenStreetMap-Mitwirkende)**

<sup>74</sup> (Infogram, Modal Split Groningen, 2017), (Cycling in the Netherlands), (Statistics Netherlands, 2017), (Qbuzz, 2018), (Douma, 2017), (statistiek, 2017)

<sup>75</sup> (EPOMM, 2017), (Schade, S. 3), (Willmann, 2017, S. 1), (Freiburger Verkehrs AG),

**Tabelle 10: Kopenhagen (DNK)<sup>76</sup>**

| Die Indikatoren in der Stadt ohne ihr Umland:      | Die Werte: |  <p><b>Bildquelle 5: (Thrygheds undersogelse)</b></p> |
|--|------------|---|
| Radverkehrsanteil [%]                              | 30         |   |
| Radwegelänge [km]                                  | 454        |   |
| Einwohnerzahl                                      | 591 481    |   |
| Einwohnerdichte im Baugebiet [EW/km <sup>2</sup> ] | 2,07       |   |
| Liniennetzlänge: Straßenbahn [km]                  | 0          |   |
| Liniennetzlänge: Bus [km]                          | k.a.       |   |
| Motorisierungsgrad [Pkw/1000 EW]                   | 220        |   |
| Stadtfläche [km <sup>2</sup> ]                     | 86,2       |   |
| Straßennetzlänge ohne Autobahn [km]                | 451,8      |   |
| Verkehrsfläche [%]                                 | 23,4       |   |

**Tabelle 11: Tilburg (NLD)<sup>77</sup>**

| Die Indikatoren in der Stadt ohne ihr Umland:      | Die Werte: |  <p><b>Bildquelle 6: (OpenStreetMap-Mitwirkende)</b></p> |
|--|------------|--|
| Radverkehrsanteil [%]                              | 29         |  |
| Radwegelänge [km]                                  | 340        |  |
| Einwohnerzahl                                      | 212 943    |  |
| Einwohnerdichte im Baugebiet [EW/km <sup>2</sup> ] | 0,52       |  |
| Liniennetzlänge: Straßenbahn [km]                  | 0          |  |
| Liniennetzlänge: Bus [km]                          | k.a.       |  |
| Motorisierungsgrad [Pkw/1000 EW]                   | 390        |  |
| Stadtfläche [km <sup>2</sup> ]                     | 118,9      |  |
| Straßennetzlänge ohne Autobahn [km]                | 907        |  |
| Verkehrsfläche [%]                                 | 5,2        |  |

<sup>76</sup> (EPOMM, 2017), (Cycling Embassy of Denmark, 2015, S. 2), (Statistics Denmark, 2017), (Anderson H. , 2017), (London School of Economics and Political Science, 2014, S. 36), (Flemming, Clausen)

<sup>77</sup> (Jacobs, 2016, S. 16), (Statistics Netherlands, 2017), (Central Bureau voor de Statistiek, 2017)

**Tabelle 12: Utrecht (NLD)<sup>78</sup>**

| Die Indikatoren in der Stadt ohne ihr Umland:      | Die Werte: |  |
|--|------------|--|
| Radverkehrsanteil [%]                              | 26         |  |
| Radwegelänge [km]                                  | 280        |  |
| Einwohnerzahl                                      | 339 946    |  |
| Einwohnerdichte im Baugebiet [EW/km <sup>2</sup> ] | 0,81       |  |
| Liniennetzlänge: Straßenbahn [km]                  | 0          |  |
| Liniennetzlänge: Bus [km]                          | k.A.       |  |
| Motorisierungsgrad [Pkw/1000 EW]                   | 390        |  |
| Stadtfläche [km <sup>2</sup> ]                     | 99,3       |  |
| Straßennetzlänge ohne Autobahn [km]                | 978        |  |
| Verkehrsfläche [%]                                 | 9,6        |  |

**Bildquelle 7: (OpenStreetMap-Mitwirkende)**

**Tabelle 13: Bremen (DEU)<sup>79</sup>**

| Die Indikatoren in der Stadt ohne ihr Umland:      | Die Werte: |  |
|--|------------|--|
| Radverkehrsanteil [%]                              | 25         |  |
| Radwegelänge [km]                                  | 720        |  |
| Einwohnerzahl                                      | 557 464    |  |
| Einwohnerdichte im Baugebiet [EW/km <sup>2</sup> ] | 0,52       |  |
| Liniennetzlänge: Straßenbahn [km]                  | 121        |  |
| Liniennetzlänge: Bus [km]                          | 527        |  |
| Motorisierungsgrad [Pkw/1000 EW]                   | 280        |  |
| Stadtfläche [km <sup>2</sup> ]                     | 325,6      |  |
| Straßennetzlänge ohne Autobahn [km]                | 1270       |  |
| Verkehrsfläche [%]                                 | 12,7       |  |

**Bildquelle 8: (OpenStreetMap-Mitwirkende)**

<sup>78</sup> (EPOMM, 2017), (Douma, 2017), (Statistics Netherlands, 2017), (Douma, 2017), (Central Bureau voor de Statistiek, 2017)

<sup>79</sup> (Havers, 2014, S. 5), (Pieper), (Stadt Bremen, 2016), (Bremer Straßenbahn AG), (Ministerium für Bauen, Wohnen, Stadtentwicklung und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen, 2016), (Kraftfahrt-Bundesamt (KBA), 2017), (Amt für Strassen und Verkehr (ASV))

**Tabelle 14: Karlsruhe (DEU)<sup>80</sup>**

| Die Indikatoren in der Stadt ohne ihr Umland:      | Die Werte: |  |
|--|------------|--|
| Radverkehrsanteil [%]                              | 25         |  |
| Radwegelänge [km]                                  | 203,7      |  |
| Einwohnerzahl                                      | 307 755    |  |
| Einwohnerdichte im Baugebiet [EW/km <sup>2</sup> ] | 0,66       |  |
| Liniennetzlänge: Straßenbahn [km]                  | 71,5       |  |
| Liniennetzlänge: Bus [km]                          | 172,6      |  |
| Motorisierungsgrad [Pkw/1000 EW]                   | 449        |  |
| Stadtfläche [km <sup>2</sup> ]                     | 173,5      |  |
| Straßennetzlänge ohne Autobahn [km]                | 1338       |  |
| Verkehrsfläche [%]                                 | 12,5       |  |

**Bildquelle 9: (OpenStreetMap-Mitwirkende)**

**Tabelle 15: Gent (BEL)<sup>81</sup>**

| Die Indikatoren in der Stadt ohne ihr Umland:      | Die Werte: |  |
|--|------------|--|
| Radverkehrsanteil [%]                              | 22         |  |
| Radwegelänge [km]                                  | 470        |  |
| Einwohnerzahl                                      | 257 029    |  |
| Einwohnerdichte im Baugebiet [EW/km <sup>2</sup> ] | 0,25       |  |
| Liniennetzlänge: Straßenbahn [km]                  | 44,7       |  |
| Liniennetzlänge: Bus [km]                          | 266,8      |  |
| Motorisierungsgrad [Pkw/1000 EW]                   | 475        |  |
| Stadtfläche [km <sup>2</sup> ]                     | 156,2      |  |
| Straßennetzlänge ohne Autobahn [km]                | 1050       |  |
| Verkehrsfläche [%]                                 | 7,5        |  |

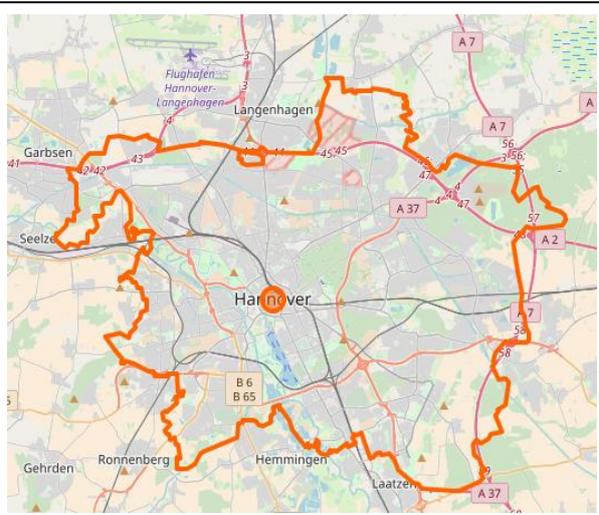
**Bildquelle 10 (OpenStreetMap-Mitwirkende)**

<sup>80</sup> (EPOMM, 2017), (Stadt Karlsruhe, 2016, S. 138), (Statistisches Bundesamt, 2017, S. 30), (KVVH GmbH, 2016, S. 66), (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, 2015), (Stadt Karlsruhe, 2016, S. 138)

<sup>81</sup> (Cauwenberge, 2012, S. 6), (Delbeke), (Delijn Gent), (Pieters), (Schweizerische Eidgenossenschaft, 2016), (Department of Communication and Promotion)

**Tabelle 16: Hannover (DEU)<sup>82</sup>**

| Die Indikatoren in der Stadt ohne ihr Umland:      | Die Werte: |
|--|------------|
| Radverkehrsanteil [%]                              | 20         |
| Radwegelänge [km]                                  | 820        |
| Einwohnerzahl                                      | 523 163    |
| Einwohnerdichte im Baugebiet [EW/km <sup>2</sup> ] | 0,78       |
| Liniennetzlänge: Straßenbahn [km]                  | 184,3      |
| Liniennetzlänge: Bus [km]                          | 510        |
| Motorisierungsgrad [Pkw/1000 EW]                   | 390        |
| Stadtfläche [km <sup>2</sup> ]                     | 204,1      |
| Straßennetzlänge ohne Autobahn [km]                | 1300       |
| Verkehrsfläche [%]                                 | 17,6       |



**Bildquelle 11: (OpenStreetMap-Mitwirkende)**

**Tabelle 17: den Haag (NLD)<sup>83</sup>**

| Die Indikatoren in der Stadt ohne ihr Umland:      | Die Werte: |
|--|------------|
| Radverkehrsanteil [%]                              | 19         |
| Radwegelänge [km]                                  | 400        |
| Einwohnerzahl                                      | 520 704    |
| Einwohnerdichte im Baugebiet [EW/km <sup>2</sup> ] | 1,09       |
| Liniennetzlänge: Straßenbahn [km]                  | 105        |
| Liniennetzlänge: Bus [km]                          | 477        |
| Motorisierungsgrad [Pkw/1000 EW]                   | 310        |
| Stadtfläche [km <sup>2</sup> ]                     | 98,2       |
| Straßennetzlänge ohne Autobahn [km]                | 896        |
| Verkehrsfläche [%]                                 | 6,3        |



**Bildquelle 12: (OpenStreetMap-Mitwirkende)**

<sup>82</sup> (EPOMM, 2017), (Efkes), (Statistisches Bundesamt, 2017, S. 30), (Hannoversche Verkehrsbetriebe AG - ÜSTRA, 2016), (Geschwinder, 2015, S. 40), (Landeshauptstadt Thüringen, 2016, S. 16)

<sup>83</sup> (Gemeente den Haag, 2016, S. 78), (Botma, 2016, S. 27), (Statistics Netherlands, 2017), (El Aissati), (Douma, 2017), (Central Bureau voor de Statistiek, 2017)

Tabelle 18: Aarhus (DNK)<sup>84</sup>

| Die Indikatoren in der Stadt ohne ihr Umland:      | Die Werte: |
|--|------------|
| Radverkehrsanteil [%]                              | 19         |
| Radwegelänge [km]                                  | 78         |
| Einwohnerzahl                                      | 269 022    |
| Einwohnerdichte im Baugebiet [EW/km <sup>2</sup> ] | 0,34       |
| Liniennetzlänge: Straßenbahn [km]                  | 0          |
| Liniennetzlänge: Bus [km]                          | 450        |
| Motorisierungsgrad [Pkw/1000 EW]                   | 458        |
| Stadtfläche [km <sup>2</sup> ]                     | 91         |
| Straßennetzlänge ohne Autobahn [km]                | 150        |
| Verkehrsfläche [%]                                 | 6,4        |



**Bildquelle 13: (Aarhus Kommune)**

Tabelle 19: Krefeld (DEU)<sup>85</sup>

| Die Indikatoren in der Stadt ohne ihr Umland:      | Die Werte: |
|--|------------|
| Radverkehrsanteil [%]                              | 17         |
| Radwegelänge [km]                                  | 250        |
| Einwohnerzahl                                      | 225 144    |
| Einwohnerdichte im Baugebiet [EW/km <sup>2</sup> ] | 0,37       |
| Liniennetzlänge: Straßenbahn [km]                  | 45,9       |
| Liniennetzlänge: Bus [km]                          | 500,5      |
| Motorisierungsgrad [Pkw/1000 EW]                   | 500        |
| Stadtfläche [km <sup>2</sup> ]                     | 137,8      |
| Straßennetzlänge ohne Autobahn [km]                | 760        |
| Verkehrsfläche [%]                                 | 11,8       |



**Bildquelle 14: (OpenStreetMap-Mitwirkende)**

<sup>84</sup> (EPOMM, 2017), (Friis, 2017), (Statistics Denmark, 2017), (Friis, 2017), (Trafiktal Aarhus, 2014), (Hoeberg)

<sup>85</sup> (VCD, 2014, S. 19), (Renner, 2013), (Statistisches Bundesamt, 2017, S. 30), (Verband deutscher Verkehrsunternehmen, 2016), (Ministerium für Bauen, Wohnen, Stadtentwicklung und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen, 2016, S. 63), (Fachbereich Tiefbau Krefeld)

**Tabelle 20: Dresden (DEU)<sup>86</sup>**

| Die Indikatoren in der Stadt ohne ihr Umland:      | Die Werte: |  <p><b>Bildquelle 15: (OpenStreetMap-Mitwirkende)</b></p> |
|--|------------|---|
| Radverkehrsanteil [%]                              | 17         |   |
| Radwegelänge [km]                                  | 266        |   |
| Einwohnerzahl                                      | 543 825    |   |
| Einwohnerdichte im Baugebiet [EW/km <sup>2</sup> ] | 0,67       |   |
| Liniennetzlänge: Straßenbahn [km]                  | 212,9      |   |
| Liniennetzlänge: Bus [km]                          | 339        |   |
| Motorisierungsgrad [Pkw/1000 EW]                   | 668        |   |
| Stadtfläche [km <sup>2</sup> ]                     | 328,5      |   |
| Straßennetzlänge ohne Autobahn [km]                | 1400       |   |
| Verkehrsfläche [%]                                 | 10,2       |   |

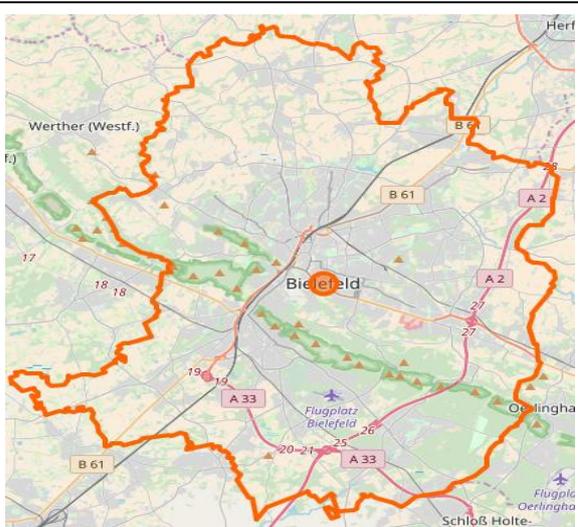
**Tabelle 21: Graz (AUT)<sup>87</sup>**

| Die Indikatoren in der Stadt ohne ihr Umland:      | Die Werte: |  <p><b>Bildquelle 16 (OpenStreetMap-Mitwirkende)</b></p> |
|--|------------|--|
| Radverkehrsanteil [%]                              | 16         |  |
| Radwegelänge [km]                                  | 128        |  |
| Einwohnerzahl                                      | 283 869    |  |
| Einwohnerdichte im Baugebiet [EW/km <sup>2</sup> ] | 0,50       |  |
| Liniennetzlänge: Straßenbahn [km]                  | 70         |  |
| Liniennetzlänge: Bus [km]                          | 300        |  |
| Motorisierungsgrad [Pkw/1000 EW]                   | 473        |  |
| Stadtfläche [km <sup>2</sup> ]                     | 127,5      |  |
| Straßennetzlänge ohne Autobahn [km]                | 996        |  |
| Verkehrsfläche [%]                                 | 7,5        |  |

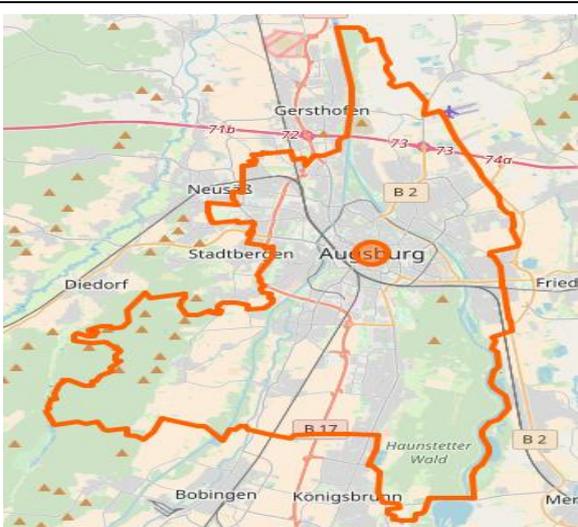
<sup>86</sup> (Riepl, Statistik Dresden, Verkehrsmittelwahl in Dresden, 2014), (Illek, 2013, S. 136), (Statistisches Bundesamt, 2017, S. 30), (Dresdener Verkehrsbetriebe AG, 2013), (Riepl, statistik-dresden, 2012), (Auto Club Europa, S. 1)

<sup>87</sup> (Helmerich, 2015, S. 3), (Helmut, 2017), (Tittel, 2017), (Abteilung für Verkehrsplanung der Stadt Graz, 2014), (gestrata.at)

**Tabelle 22: Bielefeld (DEU)<sup>88</sup>**

| Die Indikatoren in der Stadt ohne ihr Umland:      | Die Werte: |  |
|--|------------|--|
| Radverkehrsanteil [%]                              | 15         |  <p><b>Bildquelle 17 (OpenStreetMap-Mitwirkende)</b></p> |
| Radwegelänge [km]                                  | 405        |  |
| Einwohnerzahl                                      | 333 090    |  |
| Einwohnerdichte im Baugebiet [EW/km <sup>2</sup> ] | 0,40       |  |
| Liniennetzlänge: Straßenbahn [km]                  | 71,6       |  |
| Liniennetzlänge: Bus [km]                          | k.A.       |  |
| Motorisierungsgrad [Pkw/1000 EW]                   | 475        |  |
| Stadtfläche [km <sup>2</sup> ]                     | 258,8      |  |
| Straßennetzlänge ohne Autobahn [km]                | 1367,7     |  |
| Verkehrsfläche [%]                                 | 10         |  |

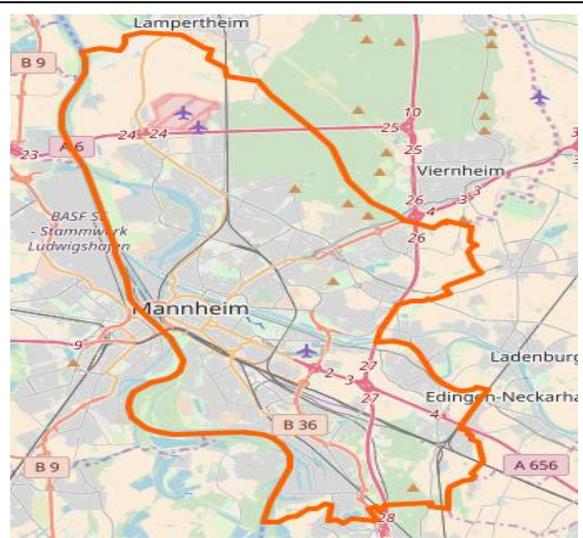
**Tabelle 23: Augsburg (DEU)<sup>89</sup>**

| Die Indikatoren in der Stadt ohne ihr Umland:      | Die Werte: |  |
|--|------------|--|
| Radverkehrsanteil [%]                              | 15         |  <p><b>Bildquelle 18 (OpenStreetMap-Mitwirkende)</b></p> |
| Radwegelänge [km]                                  | 415,8      |  |
| Einwohnerzahl                                      | 286 374    |  |
| Einwohnerdichte im Baugebiet [EW/km <sup>2</sup> ] | 0,60       |  |
| Liniennetzlänge: Straßenbahn [km]                  | 45,2       |  |
| Liniennetzlänge: Bus [km]                          | 134        |  |
| Motorisierungsgrad [Pkw/1000 EW]                   | 455        |  |
| Stadtfläche [km <sup>2</sup> ]                     | 146,8      |  |
| Straßennetzlänge ohne Autobahn [km]                | 570        |  |
| Verkehrsfläche [%]                                 | 10,8       |  |

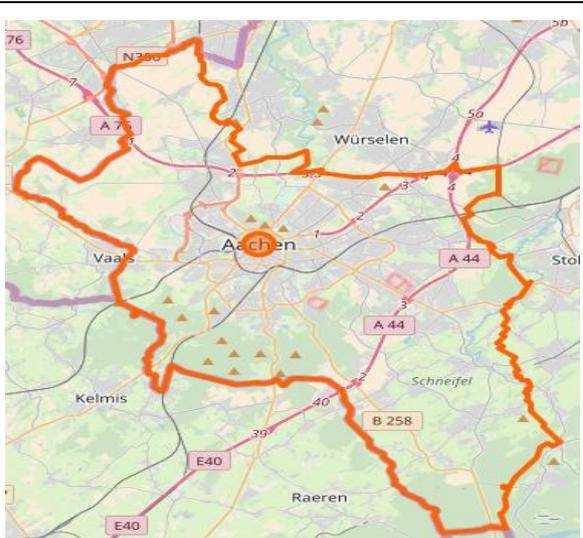
<sup>88</sup> (Stadt Bielefeld, 2010, S. 15), (Spree, 2017), (Statistisches Bundesamt, 2017, S. 30), (Mobilitätsdienstleisterin in Bielefeld, 2016), (Ministerium für Bauen, Wohnen, Stadtentwicklung und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen, 2016, S. 39-68),

<sup>89</sup> (Merkle, 2015, S. 3), (Hertha, 2017), (Statistisches Bundesamt, 2017, S. 30), (Stadt Augsburg, 2017, S. 17), (Krog, 2017), (Stadt Augsburg, 2017, S. 3),

**Tabelle 24: Mannheim (DEU)<sup>90</sup>**

| Die Indikatoren in der Stadt ohne ihr Umland:      | Die Werte: |  |
|--|------------|--|
| Radverkehrsanteil [%]                              | 15         |  <p><b>Bildquelle 19 (OpenStreetMap-Mitwirkende)</b></p> |
| Radwegelänge [km]                                  | 287,6      |  |
| Einwohnerzahl                                      | 305 780    |  |
| Einwohnerdichte im Baugebiet [EW/km <sup>2</sup> ] | 0,51       |  |
| Liniennetzlänge: Straßenbahn [km]                  | 82,3       |  |
| Liniennetzlänge: Bus [km]                          | 452        |  |
| Motorisierungsgrad [Pkw/1000 EW]                   | 478        |  |
| Stadtfläche [km <sup>2</sup> ]                     | 145        |  |
| Straßennetzlänge ohne Autobahn [km]                | 714,57     |  |
| Verkehrsfläche [%]                                 | 16,4       |  |

**Tabelle 25: Aachen (DEU)<sup>91</sup>**

| Die Indikatoren in der Stadt ohne ihr Umland:      | Die Werte: |  |
|--|------------|--|
| Radverkehrsanteil [%]                              | 11         |  <p><b>Bildquelle 20 (OpenStreetMap-Mitwirkende)</b></p> |
| Radwegelänge [km]                                  | 318,52     |  |
| Einwohnerzahl                                      | 245 885    |  |
| Einwohnerdichte im Baugebiet [EW/km <sup>2</sup> ] | 0,63       |  |
| Liniennetzlänge: Straßenbahn [km]                  | 0          |  |
| Liniennetzlänge: Bus [km]                          | k.A.       |  |
| Motorisierungsgrad [Pkw/1000 EW]                   | 443        |  |
| Stadtfläche [km <sup>2</sup> ]                     | 160,9      |  |
| Straßennetzlänge ohne Autobahn [km]                | 773,7      |  |
| Verkehrsfläche [%]                                 | 10,2       |  |

<sup>90</sup> (AGFK Baden Württemberg, 2017), (Johanno, 2017), (Statistisches Bundesamt, 2017, S. 30), (Kettler), (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, 2015), (Dorn, 2017)

<sup>91</sup> (Stadt Aachen, 2011), (Larscheid, 2017), (Statistisches Bundesamt, 2017, S. 30), (Aachener Straßenbahn und Energieversorgungs-AG, 2016), (Ministerium für Bauen, Wohnen, Stadtentwicklung und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen, 2016, S. 35-64),

**Tabelle 26: Ljubljana (SVN)<sup>92</sup>**

| Die Indikatoren in der Stadt ohne ihr Umland:      | Die Werte: |  <p><b>Bildquelle 21 (OpenStreetMap-Mitwirkende)</b></p> |
|--|------------|--|
| Radverkehrsanteil [%]                              | 10         |  |
| Radwegelänge [km]                                  | 130        |  |
| Einwohnerzahl                                      | 287 218    |  |
| Einwohnerdichte im Baugebiet [EW/km <sup>2</sup> ] | 0,43       |  |
| Liniennetzlänge: Straßenbahn [km]                  | 0          |  |
| Liniennetzlänge: Bus [km]                          | 345        |  |
| Motorisierungsgrad [Pkw/1000 EW]                   | 434        |  |
| Stadtfläche [km <sup>2</sup> ]                     | 275        |  |
| Straßennetzlänge ohne Autobahn [km]                | k.A.       |  |
| Verkehrsfläche [%]                                 | 7,0        |  |

**Tabelle 27: Dortmund (DEU)<sup>93</sup>**

| Die Indikatoren in der Stadt ohne ihr Umland:      | Die Werte: |  <p><b>Bildquelle 22 (OpenStreetMap-Mitwirkende)</b></p> |
|--|------------|--|
| Radverkehrsanteil [%]                              | 6          |  |
| Radwegelänge [km]                                  | 670        |  |
| Einwohnerzahl                                      | 586 181    |  |
| Einwohnerdichte im Baugebiet [EW/km <sup>2</sup> ] | 0,57       |  |
| Liniennetzlänge: Straßenbahn [km]                  | 102,8      |  |
| Liniennetzlänge: Bus [km]                          | k.A.       |  |
| Motorisierungsgrad [Pkw/1000 EW]                   | 461        |  |
| Stadtfläche [km <sup>2</sup> ]                     | 280,7      |  |
| Straßennetzlänge ohne Autobahn [km]                | 1676,9     |  |
| Verkehrsfläche [%]                                 | 14,8       |  |

<sup>92</sup> (Granzer, 2013, S. 4), (CIVITAS Ljubljana, S. 10), (Brezina, 2012, S. 9), (Schweizerische Eidgenossenschaft, 2016),

<sup>93</sup> (Masterplan Mobilität 2030, 2013), (Herter), (Statistisches Bundesamt, 2017, S. 30), (Dortmund Straßenbahn), (Ministerium für Bauen, Wohnen, Stadtentwicklung und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen, 2016, S. 35-70),

**Tabelle 28: Oberhausen (DEU)<sup>94</sup>**

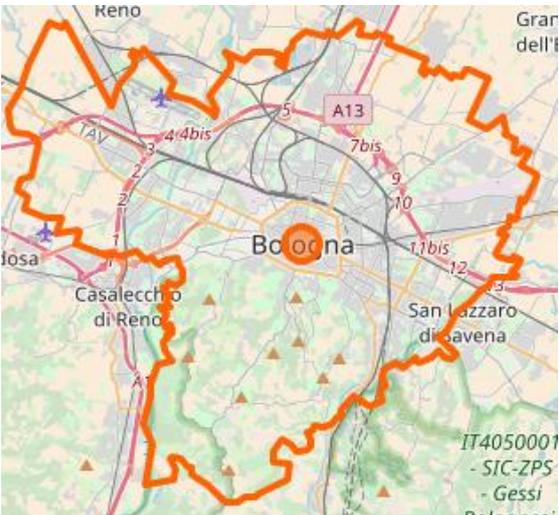
| Die Indikatoren in der Stadt ohne ihr Umland:      | Die Werte: |
|--|------------|
| Radverkehrsanteil [%]                              | 8          |
| Radwegelänge [km]                                  | 210        |
| Einwohnerzahl                                      | 210 934    |
| Einwohnerdichte im Baugebiet [EW/km <sup>2</sup> ] | 0,64       |
| Liniennetzlänge: Straßenbahn [km]                  | 7          |
| Liniennetzlänge: Bus [km]                          | 581        |
| Motorisierungsgrad [Pkw/1000 EW]                   | 501        |
| Stadtfläche [km <sup>2</sup> ]                     | 77,1       |
| Straßennetzlänge ohne Autobahn [km]                | 479,3      |
| Verkehrsfläche [%]                                 | 17,7       |



**Bildquelle 23 (OpenStreetMap-Mitwirkende)**

**Tabelle 29: Bologna (ITA)<sup>95</sup>**

| Die Indikatoren in der Stadt ohne ihr Umland:      | Die Werte: |
|--|------------|
| Radverkehrsanteil [%]                              | 7          |
| Radwegelänge [km]                                  | 700        |
| Einwohnerzahl                                      | 386 663    |
| Einwohnerdichte im Baugebiet [EW/km <sup>2</sup> ] | 1,23       |
| Liniennetzlänge: Straßenbahn [km]                  | 0          |
| Liniennetzlänge: Bus [km]                          | 125        |
| Motorisierungsgrad [Pkw/1000 EW]                   | 522        |
| Stadtfläche [km <sup>2</sup> ]                     | 140        |
| Straßennetzlänge ohne Autobahn [km]                | 1134       |
| Verkehrsfläche [%]                                 | 26,5       |



**Bildquelle 24 (OpenStreetMap-Mitwirkende)**

<sup>94</sup> (Marißen, 2014, S. 43), (Baum), (Statistisches Bundesamt, 2017, S. 30), (STOAG, 2017, S. 7), (Ministerium für Bauen, Wohnen, Stadtentwicklung und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen, 2016, S. 34-63),

<sup>95</sup> (Carlini, 2014, S. 3), (Carnevali, 2016), (Provinciale di bologna, 2015, S. 20), (Schweizerische Eidgenossenschaft, 2016), (Automobile Club d'Italia, 2011, S. 14)

Tabelle 30: Göteborg (SWE)<sup>96</sup>

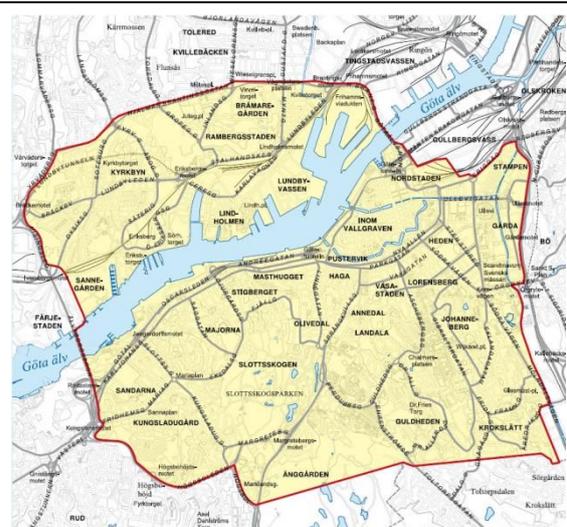
| Die Indikatoren in der Stadt ohne ihr Umland:      | Die Werte: |  <p>Bildquelle 25 (Urban Access Regulations in Europe, 2017)</p> |
|--|------------|--|
| Radverkehrsanteil [%]                              | 7          |  |
| Radwegelänge [km]                                  | 636        |  |
| Einwohnerzahl                                      | 572 799    |  |
| Einwohnerdichte im Baugebiet [EW/km <sup>2</sup> ] | 0,72       |  |
| Liniennetzlänge: Straßenbahn [km]                  | 203        |  |
| Liniennetzlänge: Bus [km]                          | k.A.       |  |
| Motorisierungsgrad [Pkw/1000 EW]                   | 343        |  |
| Stadtfläche [km <sup>2</sup> ]                     | 215,1      |  |
| Straßennetzlänge ohne Autobahn [km]                | 1400       |  |
| Verkehrsfläche [%]                                 | 12,2       |  |

Tabelle 31: Moenchengladbach (DEU)<sup>97</sup>

| Die Indikatoren in der Stadt ohne ihr Umland:      | Die Werte: |  <p>Bildquelle 26 (OpenStreetMap-Mitwirkende)</p> |
|--|------------|---|
| Radverkehrsanteil [%]                              | 6          |   |
| Radwegelänge [km]                                  | 420        |   |
| Einwohnerzahl                                      | 259 996    |   |
| Einwohnerdichte im Baugebiet [EW/km <sup>2</sup> ] | 1,06       |   |
| Liniennetzlänge: Straßenbahn [km]                  | 0          |   |
| Liniennetzlänge: Bus [km]                          | 456        |   |
| Motorisierungsgrad [Pkw/1000 EW]                   | 501        |   |
| Stadtfläche [km <sup>2</sup> ]                     | 170,5      |   |
| Straßennetzlänge ohne Autobahn [km]                | 772,8      |   |
| Verkehrsfläche [%]                                 | 8,7        |   |

<sup>96</sup> (Ivari, S. 6), (Haukson, 2014, S. 1), (Schweizerische Eidgenossenschaft, 2016), (Anderson M. , 2016, S. 2)

<sup>97</sup> (Spiekermann AG consulting engineers , 2012, S. 20), (Blase, 2016, S. 14), (Statistisches Bundesamt, 2017, S. 30), (Verband deutscher Verkehrsunternehmen, 2016, S. 72), (Ministerium für Bauen, Wohnen, Stadtentwicklung und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen, 2016, S. 34-63)

**Tabelle 32: Bochum (DEU)<sup>98</sup>**

| Die Indikatoren in der Stadt ohne ihr Umland:      | Die Werte: |  |
|--|------------|--|
| Radverkehrsanteil [%]                              | 5          |  <p><b>Bildquelle 27 (OpenStreetMap-Mitwirkende)</b></p> |
| Radwegelänge [km]                                  | 69         |  |
| Einwohnerzahl                                      | 364 742    |  |
| Einwohnerdichte im Baugebiet [EW/km <sup>2</sup> ] | 0,56       |  |
| Liniennetzlänge: Straßenbahn [km]                  | 116        |  |
| Liniennetzlänge: Bus [km]                          | k.A.       |  |
| Motorisierungsgrad [Pkw/1000 EW]                   | 508        |  |
| Stadtfläche [km <sup>2</sup> ]                     | 145,7      |  |
| Straßennetzlänge ohne Autobahn [km]                | 943,1      |  |
| Verkehrsfläche [%]                                 | 36,9       |  |

**Tabelle 33: Zürich (CHE)<sup>99</sup>**

| Die Indikatoren in der Stadt ohne ihr Umland:      | Die Werte: |  |
|--|------------|--|
| Radverkehrsanteil [%]                              | 6          |  <p><b>Bildquelle 28 (OpenStreetMap-Mitwirkende)</b></p> |
| Radwegelänge [km]                                  | 205        |  |
| Einwohnerzahl                                      | 396 027    |  |
| Einwohnerdichte im Baugebiet [EW/km <sup>2</sup> ] | 3,63       |  |
| Liniennetzlänge: Straßenbahn [km]                  | 113        |  |
| Liniennetzlänge: Bus [km]                          | 157        |  |
| Motorisierungsgrad [Pkw/1000 EW]                   | 365        |  |
| Stadtfläche [km <sup>2</sup> ]                     | 91,9       |  |
| Straßennetzlänge ohne Autobahn [km]                | 635        |  |
| Verkehrsfläche [%]                                 | 13,9       |  |

<sup>98</sup> ( ADFC Kreisverband Bochum e. V., 2014), (Bikemap), (Statistisches Bundesamt, 2017, S. 30), (Tobies, 2016), (Ministerium für Bauen, Wohnen, Stadtentwicklung und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen, 2016, S. 41-70),

<sup>99</sup> (Planungsbüro Jud, 2012, S. 6-10), (Arnet, 2015), (Schweizerische Eidgenossenschaft, 2016), (Stadt Zürich, Tiefbauamt)

**Tabelle 34: Linz (AUT)<sup>100</sup>**

| Die Indikatoren in der Stadt ohne ihr Umland:      | Die Werte: |  <p><b>Bildquelle 29 (Stadtgebiet Linz, 2014)</b></p> |
|--|------------|---|
| Radverkehrsanteil [%]                              | 7          |   |
| Radwegelänge [km]                                  | 130,5      |   |
| Einwohnerzahl                                      | 203 012    |   |
| Einwohnerdichte im Baugebiet [EW/km <sup>2</sup> ] | 0,53       |   |
| Liniennetzlänge: Straßenbahn [km]                  | 45,6       |   |
| Liniennetzlänge: Bus [km]                          | 541        |   |
| Motorisierungsgrad [Pkw/1000 EW]                   | 504        |   |
| Stadtfläche [km <sup>2</sup> ]                     | 96         |   |
| Straßennetzlänge ohne Autobahn [km]                | 614        |   |
| Verkehrsfläche [%]                                 | 7,7        |   |

**Tabelle 35: Wuppertal (DEU)<sup>101</sup>**

| Die Indikatoren in der Stadt ohne ihr Umland:      | Die Werte: |  <p><b>Bildquelle 30 (OpenStreetMap-Mitwirkende)</b></p> |
|--|------------|--|
| Radverkehrsanteil [%]                              | 2          |  |
| Radwegelänge [km]                                  | 67         |  |
| Einwohnerzahl                                      | 350 046    |  |
| Einwohnerdichte im Baugebiet [EW/km <sup>2</sup> ] | 0,56       |  |
| Liniennetzlänge: Straßenbahn [km]                  | 49,9       |  |
| Liniennetzlänge: Bus [km]                          | 621,2      |  |
| Motorisierungsgrad [Pkw/1000 EW]                   | 466        |  |
| Stadtfläche [km <sup>2</sup> ]                     | 168,4      |  |
| Straßennetzlänge ohne Autobahn [km]                | 906,5      |  |
| Verkehrsfläche [%]                                 | 11,8       |  |

Die Daten der 30 Städte, welche hier präsentiert wurden, werden im Kapitel für die Analyse von Werten verschiedener Indikatoren benützt (siehe Kapitel 5.1) sowie im Anhang übersichtlich dargestellt (siehe Tabelle 145). So wie sich die Stadtgrenzen voneinander unterscheiden, so variieren auch die 9 Indikatoren in ihrem Wert von Stadt zu Stadt. Hier wurden besonders interessante Städte ausgewählt: Münster und Freiburg in Deutschland, Groningen in den Niederlanden und abschließend Graz in Österreich, weil diese als Fahrradstädte genannt wurden.

<sup>100</sup> (Pfeiffer, 2014, S. 4), (Wilfried, 2017), (Minke), (Mobilität mit Zukunft, 2016), (Stadtforschung Linz, 2013, S. 32)

<sup>101</sup> (Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH, 2006, S. 15), (Rathaus und Bürgerservice, 2010), (Statistisches Bundesamt, 2017, S. 30), (WSW mobil GmbH, 2014, S. 85), (Ministerium für Bauen, Wohnen, Stadtentwicklung und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen, 2016, S. 34-63),

## 4 Methodische Ansatz (Regressionsanalyse)

In diesem Kapitel wird die Methodik beschrieben, die benützt wurde um einen Systemvergleich für 30 ausgewählte, mittlere, europäische Städte, zwischen Radinfrastruktur und deren Nutzung zu machen und zu analysieren. Davon wurden 10 Städte ausgesucht, um eine detaillierte Analyse durchführen zu können. Solche Daten müssen zuerst richtig gesammelt werden um einen Systemvergleich schaffen zu können. Insgesamt wurden 330 Daten gesammelt. Die Daten wurden primär durch die Befragung an Tiefbauämtern und Statistikstellen in den ausgewählten Städten erhoben und sekundär wurde zur Datenerfassung eine Literaturrecherche aus Mobilitäts- und Statistischen Berichten benützt.

Es wurden Daten über 30 Städte erhoben, davon wurden 85% der Daten durch Internetrecherche gewonnen (siehe Abbildung 27). Diese 85% werden als sekundäre Daten bezeichnet. Für die primären Daten wurden von diesen 30 Städten 10 Städte ausgewählt. Von diesen 10 Städten wurden 87% der Daten durch Befragungen erhoben. Der Hauptgrund hierfür liegt daran, dass die Daten noch nicht im Internet veröffentlicht wurden.

Das Ziel der Datenerhebung ist es nun die technischen beziehungsweise baulichen Indikatoren zu finden, bezüglich auf den Radverkehrsanteil im Modal Split. Die psychologischen Faktoren, wie beispielsweise, ob das Radfahren sympatisch ist und ob die Bevölkerung affin zum Radfahren ist, scheint nicht weiter interessant zu sein. Aus der Literatur heraus ergibt sich, dass die Daten relativ schlecht zur Verfügung stehen (z.B. es fehlt die Ursprungquelle). Daher müssen diese Faktoren ausgegrenzt werden.

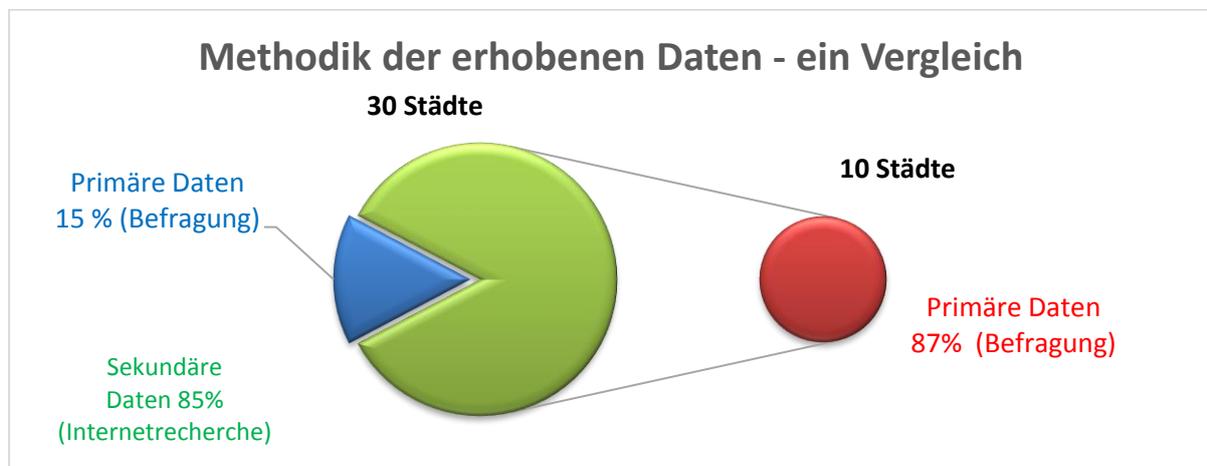


Abbildung 27: Methodik der erhobenen Daten – ein Vergleich

### 4.1.1 Einzelne Vorgänge zur Datenerhebung

Die Daten wurden zuerst im Internet recherchiert. Falls diese in einzelnen Städten nicht vorhanden waren, dann wurde für den übrigen Teil die Befragung soweit als möglich per E-Mail durchgeführt, ansonsten wurden die Teilnehmer telefonisch kontaktiert. Für die Analyse von 30 Städten wurden für jede davon 9 Indikatoren untersucht und somit wurden insgesamt 270 Daten gesammelt. Das vorliegende Zahlenmaterial wurde für die folgenden Indikatoren gefunden:

- Modal Split der Wege
- Einwohnerzahl
- Einwohnerdichte

- Motorisierungsgrad
- Radwegnetzlänge
- ÖV-Netzlänge (Straßenbahn, Bus)
- Takthäufigkeit im ÖV (Straßenbahn, Bus)
- Stadtstruktur (% an Verkehrsflächen, % an Gebäudeflächen).
- Straßennetzlänge.

Von den 9 beobachteten Indikatoren befinden sich 8 Indikatoren in der Aufgabenstellung. Die beiden letztgenannten, also Stadtstruktur und Straßennetzlänge, sind neu dazugekommen. Davon sind die Daten im Internet verfügbar und es ist zu analysieren, ob diese einen Einfluss auf die Radverkehrsanteile haben können. Dies wird auch im Kapitel 5.1 geprüft.

Das methodische Vorgehen wird für die obigen Indikatoren in der Tabelle 36 angegeben.

**Tabelle 36: Methodisches Vorgehen – 30 Städte**

| Indikatoren          | die Quellen:                       | Anzahl |
|----------------------|------------------------------------|--------|
| Modal Split          | EPOMM-Datenbank                    | 8      |
|                      | Statistik-/Mobilitätsberichte      | 22     |
| EW-Zahl              | Statistikbroschüren                | 30     |
| EW-Dichte            | Statistikbroschüren                | 30     |
| Motorisierungsgrad   | E-Mails an Stadtämter              | 5      |
|                      | Statistik-/Mobilitätsberichte      | 25     |
| Radwegnetzlänge      | E-Mails an Stadtämter/Bootschaften | 11     |
|                      | Statistik-/Mobilitätsberichte      | 19     |
| Straßennetzlänge     | E-Mails an Tiefbauämter            | 5      |
|                      | Statistik-/Mobilitätsberichte      | 25     |
| ÖV - Netzlänge       | E-Mails an Verkehrsbetriebe        | 6      |
|                      | Verkehrsverbundbroschüren          | 24     |
| Stadtstruktur        | E-Mails an Statistikstellen        | 2      |
|                      | E-Mails an Zentren für Mobilität   | 2      |
|                      | Statistik-/Mobilitätsberichte      | 26     |
| Takthäufigkeit im ÖV | Verkehrsverbundbroschüren          | 30     |
| SUMME:               |                                    | 270    |

Dank der Analyse von 6 Indikatoren in 10 Städten wurden detaillierte Informationen gewonnen. Die 70 Daten wurden gesammelt und verglichen. Es wurden folgende Indikatoren entwickelt: Preisangebot in ÖV (Jahreskarte), Länge des reinen Radwegnetzes, Straßennetzlänge (Tempo 30), Länge der Fußgängerzonen, Verkehrsleistung (Personenkilometer) und abschließend Netzstrukturen (Straßen). Die beiden letzten Indikatoren befinden sich nicht in der Aufgabenstellung, sondern stellen neue Indikatoren dar. Hierbei wurde auch festgestellt, dass neben dem Einfluss auf die hohe Fahrradakzeptanz in den Städten auch andere Faktoren, wie die Topographie, eigene mentale Barrieren der Nutzer, usw., ausschlaggebend sein können. Diese werden in Kapitel 5 auch nicht erfasst. Aus der Literatur heraus wurde festgestellt, dass die Topografie einen geringen Einfluss auf die Radverkehrsanteile hat.

Selektierte Quellen zur Datenerhebung werden In der Tabelle 37 aufgelistet. Mehr als 2/3 der Befragten sind Experten im Radverkehr, öffentlichen Verkehr oder haben Führungsfunktionen im Infrastrukturbereich.

**Tabelle 37: Methodisches Vorgehen – 10 Städte**

| Indikatoren:                  | die Quellen:                     | Anzahl |
|-------------------------------|----------------------------------|--------|
| Preisangebot Im ÖV            | Berichte von Verkehrsbetrieben   | 10     |
| Länge des reinen Radwegnetzes | Befragung von Radbeauftragten    | 10     |
| Straßennetzlänge (Tempo 30)   | Befragung an Tiefbauämtern       | 8      |
|                               | statistische Berichte            | 2      |
| Länge der Fußgängerzonen      | Befragung an Katasterämtern      | 1      |
|                               | Befragung an Stadtplanungsämtern | 3      |
|                               | statistische Berichte            | 6      |
| Verkehrsleistung              | Befragung von Verkehrsbetriebe   | 4      |
|                               | Berichte von Verkehrsbetrieben   | 6      |
| Netzstrukturen (Straßen)      | Befragung an Vermessungsämtern   | 10     |
| SUMME:                        |                                  | 60     |

Abschließend kann gesagt werden, dass ich nur Bezug auf die bauliche Faktoren zum Modal Split genommen habe. Hier konnte ich feststellen, wie viele Daten gesammelt wurden und woher diese kommen. Diese werden in den Kapiteln **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** und 5 weiter verwendet.

#### 4.1.2 Netzstrukturen basierend auf GIS-Daten

Um auf das Thema „Stadtstruktur und Fahrradnutzung“ eingehen zu können, müssen in den folgenden Städten: Österreich, Deutschland, die Niederlande und Dänemark, die GIS-basierten Daten gesammelt werden. Die Stadtbemessungsämter wurden über die Geodaten befragt, da im Internet die Katastergrenze von Stadtbereiche meistens nicht verfügbar ist. Die Verkehrsachsen werden aus der Datenbank „OpenStreetMap“ erhoben. Die Daten werden danach in das „ArcMap“ eingefügt und bearbeitet. ArcMap wird als ein Softwareprodukt des Geoinformationssystems bezeichnet. Für die Untersuchungsstädte werden die Karten in ArcMap erstellt.

Die Fahrradnutzung wird durch fahrradfreundliche Verkehrsregelungen maximiert, welche in den zehn ausgewählten Städten erfasst werden.<sup>102</sup> Um die Fahrradsakzeptanzanteile mit Graz als Referenzstadt vergleichen zu können, wird eine Funktion, die aus Fahrradnutzung (in %) und Netzstrukturen (Straßen) besteht, verwendet.

<sup>102</sup> Vgl. (Meschik, 2008, S. 19)

## Lineare Regressionsmodelle

Dieser Abschnitt beschreibt wie die gesammelten Daten von Kapitel 3 analysiert werden können. Dafür wird eine statistische Analyse verwendet, die lineare Regression heißt. Das Ziel ist es, die Zusammenhänge zwischen Indikatoren zu finden. Hierbei ist es wichtig zu verstehen, wie genau die statistischen Formeln funktionieren, also Schritt für Schritt. Da ich keine Mathematikerin bin, habe ich die Formeln aus 3 statistischen Büchern gesammelt. In den weiteren Abschnitten habe ich mich um externen Quellen nach: (Fellendorf e. a., 2017), (Cik, 2017) und (Zucchini, 2009) bedient, weil dort die Lineare Regression gut erklärt wurde. Diese Statistik habe ich als Basis für die Datenanalyse in Kapitel 5 verwendet.

Die Formeln, die im Text unten verwendet werden, habe ich logisch nach 2 Gruppen aufgeteilt:

- einzelne Formeln, um die Hauptformel Schritt für Schritt zu erläutern
- Hauptformeln, die ich in den Tabellen verwendet habe (siehe Anhang 22).

### 4.1.3 Einfache Regression

Das Modell der linearen Regression besteht aus drei Schritten:

- Schätzung der Parameter ( $\beta_0, \beta_1$ )
- Bestimmtheitsmaß ( $R^2, R_{\text{kor}}^2$ )
- Hypothesentest.

Die erhobenen Daten habe ich zuerst in einem einfachen Punkt-Diagramm dargestellt. Durch die lineare Regressionsanalyse werden die Zusammenhänge zwischen den Indikatoren, die für das Radfahrverhalten relevant sind, statistisch betrachtet.

Das Modell der einfachen linearen Regressionsanalyse, besteht aus drei Merkmalen:<sup>103</sup>

- einem Merkmal Y = abhängige Variable,
- einem Merkmal X = unabhängige Variable,
- unter der Voraussetzung, dass zwischen den beiden Merkmalen ein funktionaler Zusammenhang  $Y=f(X)$  existiert.

Bei einer einfachen Regression wird nur eine Variable betrachtet. Als „die abhängige Variable“ (Merkmal Y) werden die Radverkehrsanteile nach Modal Split bezeichnet. Die Indikatorwerte wie z.B. Einwohnerzahl, Einwohnerdichte, Motorisierungsgrad usw. übernehmen die Rolle des Merkmals X, welche als unabhängige Variable bezeichnet wird.

Mit diesem Modell wird ein Zusammenhang zwischen zwei Variablen durch eine Gerade dargestellt. Ihre Formel lautet:<sup>104</sup>

$$y_i = h(x_i) + \varepsilon_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot x_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

Wobei:

$h(x_i)$  bedeutet einen Zusammenhang zwischen  $x_i$  und  $y_i$

$\varepsilon_i$  bedeutet Fehler, bzw. die Abweichung zur Regressionsgerade.

<sup>103</sup> (Hudec, 2015, S. 6)

<sup>104</sup> (Fellendorf e. a., 2017, S. 78)

Zuerst habe ich die Regressionsgerade in Excel gezeichnet. Sie besteht aus den Koeffizienten des Modells  $\beta_0$  und  $\beta_1$ , wobei  $\beta_0$  dem Schnittpunkt der Geraden mit der y-Achse entspricht und  $\beta_1$  die Steigung der Gerade ist (siehe Abbildung 28). Dann habe ich alle 3 Fälle visuell abgeschätzt, wie folgt: Falls die Gerade:

- einen aufwärts Trend hat, dann interpretiert man so: je mehr der Indikatorenwerte auf x-Achse, desto mehr Radverkehrsanteile.
- einen abwärts Trend hat, bedeutet dies: je mehr Indikatorenwerte auf der x-Achse, desto weniger Radverkehrsanteile.
- horizontal ist, dann existiert kein Zusammenhang zwischen den betrachteten Indikatoren.

Alle 3 Fälle, die vom Trend der Regressionsgerade sprechen, habe ich in den Kapiteln: 5.1.1 bis 5.1.10 und 5.1.15 bis 5.1.20 benützt.

### **Schätzung der Parameter ( $\beta_0, \beta_1$ )**

Die Aufgabe der Regressionsrechnung ist die Summe der Abweichungsquadrate zwischen den analysierten y-Werten zu minimieren. Die Abschätzung erfolgt durch die Methode der kleinsten Quadrate. Dafür ist es notwendig, Mittelwert, Varianz und Standardabweichung zu berechnen. Die Berechnung habe in Excel durchgeführt.

Nach (Zucchini, 2009): „Die Anpassung ist umso besser, je kleiner die Residuen sind.“<sup>105</sup> Das Ziel der Formeln im unteren Text ist es, die Gerade an die Beobachtungen der 30 bzw. 10 Städte anzupassen. Deshalb müssen die Residuen, sogenannte Fehler, berechnet werden. Sie werden aus der Formel (1) nach (Fellendorf e. a., 2017) hergeleitet:

$$\varepsilon_i = y_i - \beta_0 - \beta_1 \cdot x_i \quad (2)$$

Hier bediene ich mich bei einer externen Quelle (Zucchini, 2009), weil er ohne Sprünge beschrieben hat, wie die Formel (2) weiter hergeleitet wird. Die Gleichung (2) wird quadriert und über alle Indizes i aufsummiert und somit erhält man die Summe der quadrierten Fehler in Abhängigkeit von  $\beta_0$  und  $\beta_1$ , wie folgt:<sup>106</sup>

$$SQ(\beta_0, \beta_1) = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2(\beta_0, \beta_1) \quad (3)$$

Nach (Zucchini, 2009) der Funktion (3) wird auch nach  $\beta_0$  und  $\beta_1$  partiell differenziert und Null gesetzt. Die Berechnung der Steigung  $\beta_1$  und des Achsenabschnitts  $\beta_0$  habe ich aus der Excel – Datenanalyse übernommen. Dann habe ich überlegt, wie die Steigung  $\beta_1$  und der Achsenabschnitt  $\beta_0$  zu berechnen ist. Eine gute Erklärung bietet Fellendorf, weil er ein Experte in diesem Bereich ist, wie folgt:

Nach dem Subtrahieren beider Gleichungen ergibt sich die Steigung  $\beta_1$  und der Achsenabschnitt  $\beta_0$  (siehe Formeln (4) und (5)).<sup>107</sup>

$$\hat{\beta}_1 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \cdot y_i - n\bar{x}\bar{y}}{\sum_{i=1}^n x_i^2 - n\bar{x}^2} = \frac{SS_{xy}}{SS_{xx}} \quad (4)$$

<sup>105</sup> (Zucchini, 2009, S. 354)

<sup>106</sup> (Zucchini, 2009, S. 356)

<sup>107</sup> (Fellendorf e. a., 2017, S. 81)

$$\hat{\beta}_0 = \bar{y} - \hat{\beta}_1 \bar{x} \quad (5)$$

Die folgenden Werte: Steigung  $\beta_1$  und Achsenabschnitt  $\beta_0$  habe ich in den Kapiteln 5.1.11, 5.1.21 sowie im Anhang weiter verwendet.

**Bestimmtheitsmaß ( $R^2$ ,  $R_{\text{kor}}^2$ )**

Das Bestimmtheitsmaß stellt eine Hauptformel dar, die in den folgenden Kapiteln verwendet wird. Die Stärke des linearen Zusammenhangs zwischen zwei Variablen wird anhand des Bestimmtheitsmaßes „ $R^2$ “ gemessen:<sup>108</sup>

$$R^2 = \frac{\text{erklärte Varianz}}{\text{Gesamtvarianz}} = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (6)$$

Wobei:

Erklärte Varianz: durch die Regression erklärte Schätzwerte ( $\hat{y}_i$ )

Die Gesamtvarianz: Variation der Messwerte  $y_i$

$y_i$  – sind die Messpunkte oder Beobachtungen

$\bar{y}$  – Mittelwert der  $y_i$

$\hat{y}_i$  – geschätzter Regresswert oder nicht optimaler Wert (wird mit dem Dach bezeichnet). Ich habe es hier genauer beschrieben wie ein Bestimmtheitsmaß am Beispiel der Tabelle 84 interpretiert wird. In diesem Fall der einfachen Regression ist der betrachtete Indikator zum Beispiel die Fahrradwege pro Einwohner. Sein  $R^2$ -Wert beträgt 44,7% und liegt im mittleren Bereich. Meiner Meinung nach ist dieser Wert gut, weil ich die maximale Stärke des linearen Zusammenhangs von 100% nicht finden konnte.

Das Prinzip der Zerlegung der Varianz auf Variation der Residuen und der Variation der Regresswerte wird in der Abbildung 28 dargestellt:

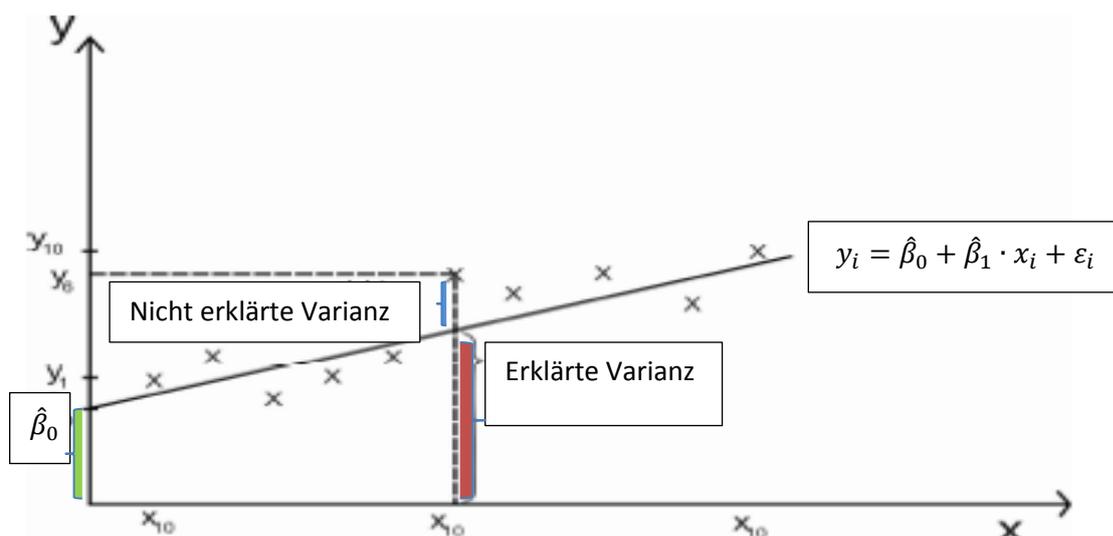


Abbildung 28: Prinzip der Varianzzerlegung bei der einfachen linearen Regression<sup>109</sup>

<sup>108</sup> (Fellendorf e. a., 2017, S. 81)

Nach Fellendorf das Bestimmtheitsmaß wird anders wahrgenommen als das Quadrat des Pearson'schen Korrelationskoeffizienten mit:<sup>110</sup>

$$R^2 = 1 - \frac{SSE}{SSY} \quad (7)$$

Wobei:

SSE: nicht erklärte Varianz oder Fehlersumme (engl. Sum of squared errors)

SSY: Gesamtvarianz. Diese wird am Beispiel der Tabelle 84 als multipler Korrelationskoeffizient bezeichnet, deren Wert 0,69 beträgt. Ich habe dabei bemerkt, dass die Formel (7) nur bei der einfachen Regression verwendet wird, während man bei der multiplen Regression vorsichtig sein muss.

### **Test für die Koeffizienten**

Als Test für die Koeffizienten wird der T-Test verwendet mit folgenden Hypothesen:

H<sub>0</sub>:  $\beta_1=0$  X hat keinen Einfluss auf Y

H<sub>1</sub>:  $\beta_1 \neq 0$  X hat einen Einfluss auf Y. Das Ziel ist es, die Signifikanz für das ausgewählte Modell zu testen. Diese Teststatistik ist mir wichtig, da sie in den folgenden Kapiteln verwendet wurde. Die Werte für Standardfehler und Teststatistik wurden aus der Excel-Datenanalyse übernommen. Wie berechnet man diese Werte, wird im unteren Text genauer beschrieben.

Nach (Fellendorf e. a., 2017), die Standardfehler oder Stichprobenfehler berechnet sich zu:

$$se^{(\beta_1)} = \frac{\hat{\sigma}}{\sqrt{SSX}} = \frac{\hat{\sigma}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}} \quad (8)$$

Wobei

$\hat{\sigma}$  – Varianz der Abweichungen  $\epsilon_i$ .

Formel (8) wird in die folgende Formel eingesetzt, welches als Eingabe für die Hauptformel (Testgröße) benötigt wird.

Die Standardisierte Testgröße:<sup>111</sup>

$$T^{(\beta_1)} = \frac{(\hat{\beta}_1 - \beta)}{se^{(\beta_1)}} \quad (9)$$

Wobei die Testgröße t-verteilt ist und  $se^{(\beta_1)}$  der geschätzte Standardfehler von  $\hat{\beta}_1$  ist.

Nach der Berechnung, werden diese zum Signifikanzniveau 90%, 95% und 99% überprüft. Die Modellergebnisse werden so interpretiert: H<sub>0</sub> ist wahr, wenn der t-Wert bei eine Irrtumswahrscheinlichkeit von  $\alpha/2$  (zweiseitig) größer als Teststatistik  $T^{(\beta)}$  ist. Am Beispiel der Tabelle 84 werde ich ausführlicher erläutern, wie der Koeffiziententest verwendet wird. Der Student-t-Wert habe ich aus der Tabelle 10.2 für den 2-seitigen Test ( $t_{n-2, \frac{\alpha}{2}}$ ) übernommen. Der Wert, der im Index steht (n-2) bezieht sich auf die 10 Städte Minus 2 Freiheitsgrade. Die Werte für die Teststatistik  $T^{(\beta_1)}$ , habe ich aus der Excel-Datenanalyse bekommen. Daraus folgt, dass der t-Wert bei dem Signifikanzniveau von 90 % das folgende Ergebnis liefert:

---

<sup>109</sup> (Fellendorf e. a., 2017, S. 79)

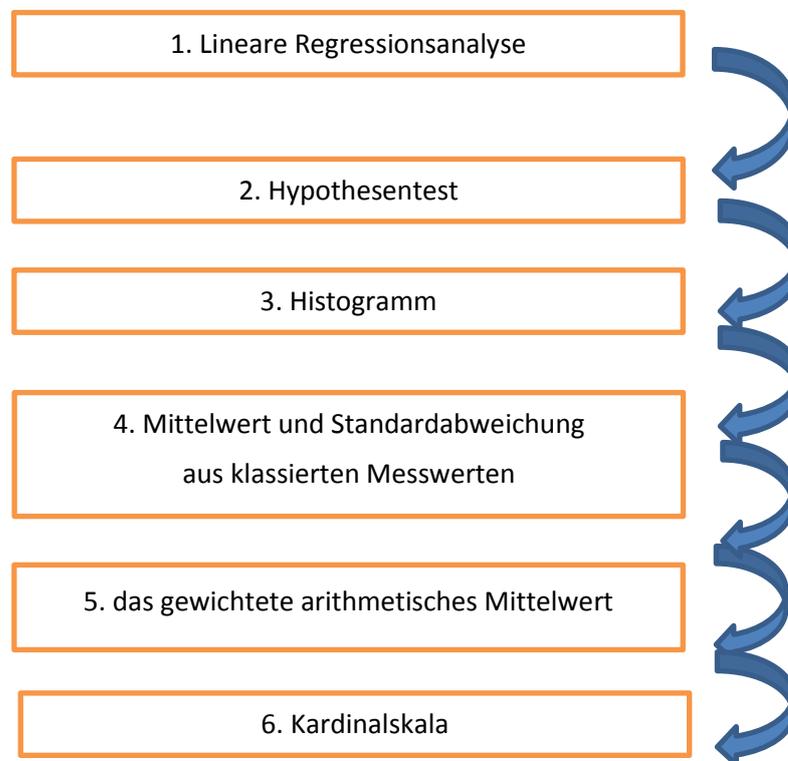
<sup>110</sup> (Fellendorf e. a., 2017, S. 81)

<sup>111</sup> (Fellendorf e. a., 2017, S. 82)

$t_{8, 0.95} = 1,860$ , was bedeutet, dass er geringer ist als der Wert aus der Teststatistik ( $T^{(\beta_1)}=2,7$ ). Daraus folgt, dass die Nullhypothese ( $H_0$ ) verworfen wird.

#### 4.1.4 Vorgehensweise bei der einfachen linearen Regression

Im Weiteren wird beschrieben, welche Vorgehensweise bei der einfachen Regression in Betracht genommen werden können. Die Klassen sollen im Voraus genannt werden. Statistisch betrachtet, falls das eindimensionale Modell kein Ergebnis liefert, wird ein Indikator nicht nach Klassen aufgeteilt. Ich bediene mich an externen Quellen nach: (Fellendorf e. a., 2017), (Hedderich, 2015) und (Randelhoff, Zukunft Mobilität , 2013), um das eindimensionale Modell berechnen zu können sowie nach Klassen aufzuteilen. Dies besteht aus 6 Schritte (siehe Abbildung 29):



**Abbildung 29: das Modell für den Städtevergleich**

Die ersten zwei Schritte beziehen sich auf metrisch skalierte Indikatoren. Dann wird ein Histogramm gezeichnet, wo der betrachtete Indikator in 3 Klassen eingeteilt wird. Die Schritte vier und fünf beziehen sich auf die Arbeit mit den entsprechenden Klassen. Abschließend wird eine Kardinalskala eingeführt, wo die zwei Variablen einfärbig nach Klassen in einer Tabelle dargestellt werden. Im Abschnitt 4.1.6 werden die obige Schritte am Beispiel des Indikators: Straßenbahnnetzlänge detailliert beschrieben.

### 4.1.5 Multiple Regression

Die Grundidee ist, eine abhängige Variable (in diesem Fall Radverkehrsanteil im Modal Split) mittels Linearer Kombination der mehrerer unabhängiger Variablen (z.B. Radwegelänge, Einwohnerdichte, Motorisierungsgrad) und seines Fehlerterms zu erklären.

Die Aufgabe beinhaltet eine abhängige Variable  $y$  und beispielsweise 3 unabhängige Variablen  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$ . Zuerst soll ein eindimensionales Modell mittels einfacher linearer Regression berechnet werden und danach das multiple Modell wie folgt:

- 3 zweidimensionale Modelle:  $y = f(x_1, x_2)$ ,  $y = f(x_1, x_3)$ ,  $y = f(x_2, x_3)$ ,
- ein dreidimensionales Modell  $y = f(x_1, x_2, x_3)$ .

Problemstellung hängt ab von einer abhängigen Variable (Radverkehrsanteil) und mehreren unabhängigen Variablen:<sup>112</sup>

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot x_1 + \beta_2 \cdot x_2 + \beta_3 \cdot x_3 + \varepsilon_i \quad (10)$$

Ich bin der Meinung, dass mehr als 3 Variablen zu kombinieren nicht so interessant ist. Ich habe zuerst die multiplen Modelle ausprobiert und dann festgestellt, dass keine hohe Signifikanz ( $0,001 > p$ ) festgestellt werden konnte. Deshalb habe ich die Formel auf 3 Variablen:  $x_1$ ,  $x_2$  und  $x_3$  beschränkt (siehe Formel 10).

Der weitere Schritt war das korrigierte Bestimmtheitsmaß zu formulieren. Es ist auch wichtig abzuklären, warum dies verwendet wird. Nach (Cik, 2017) ist es das Ziel, die Anzahl der Freiheitsgrade für die unverzerrte Schätzer wie folgt zu korrigieren:<sup>113</sup>

$$R_{korr}^2 = 1 - (1 - R^2) \cdot \frac{(n - 1)}{(n - m - 1)} \quad (11)$$

Wobei

$n$  - Stichprobengröße,

$m$  - Anzahl der unabhängigen Variablen,

$(n - m - 1)$  zusammen genommen sind Freiheitsgrade (engl. Degrees of freedom). Er bemerkte, dass es zu falschen Interpretation der Modellergebnisse zu führen kann, wenn die Anzahl an unabhängigen Variablen nur mit  $R^2$  (siehe Formel 7) betrachtet wird. Deshalb wird noch das korrigierte Bestimmtheitsmaß eingeführt (siehe Formel 11). Es wird z.B. in der Tabelle 84 verwendet und wird auch als adjustiertes Bestimmtheitsmaß bezeichnet.

Allgemein betrachtet, das Statistikpaket „MS Excel – Datenanalyse“ erlaubt es, die Werte in die Tabelle einzutragen indem sie automatisch vom Programm berechnet werden. Das Ziel ist es, unter Berücksichtigung aller Modelle, das beste Modell zu finden, um den Radverkehrsanteil zu erklären. Um die Entscheidung zu treffen, welches Modell das Beste ist, sollen die Teststatistiken durchgeführt werden, wie folgt: Signifikanztest für Bestimmtheitsmaß mit F – Test und Signifikanztest für Regressionskoeffizienten mit t – Test (siehe Text unten).

---

<sup>112</sup> (Fellendorf e. a., 2017), Seite 85

<sup>113</sup> (Cik, 2017), Seite 58

**Signifikanztest für Bestimmtheitsmaß mit F – Test**

Zuerst wird getestet, ob das gesamte Modell signifikant ist, wie folgt:<sup>114</sup>

$$T = \frac{SSR}{m} \cdot \frac{(n - m - 1)}{SSE} \quad (12)$$

Wobei

T - Testgröße die F - Verteilt ist

m ist Anzahl der Koeffizienten

(n-m-1) ist Anzahl der Freiheitsgrade

SSR – erklärte Varianz (Residuum)

SSE – nicht erklärte Varianz (Fehlerterm).

Diese empirische Testgröße wird dem mit F - Wert aus der Tabelle 10.5 verglichen. Daraus folgt: „Wenn die empirische Testgröße T größer ist als die aus der Tabelle ermittelte F – Statistik, dann wird die Nullhypothese verworfen.“<sup>115</sup> Falls nicht, dann gibt es mindestens eine unabhängige Variable (der Indikatorwert oder  $x_i$ ), die den Wert der abhängigen Variable (Radverkehrsanteile oder  $y_i$ ) erklärt.

Hier habe ich festgestellt, dass mit dem F - Test zumindestens eine Abhängigkeit gefunden wurde, aber es ist unbekannt welche. Deshalb muss noch eine Teststatistik eingeführt werden, die die unabhängigen Variablen prüft. Das Ziel ist es herauszufinden, welche davon eine Erklärung leistet (siehe Text unten).

**Signifikanztest für Regressionskoeffizienten mit t - Test**

Für jede unabhängige Variable z.B.:  $x_1, x_2, x_3$  wird die Testgröße (siehe die Formel 13) zum beidseitigen Signifikanzniveau ( $t_{n-m-1, \frac{\alpha}{2}}$ ) getestet, wie folgt: 90%, 95% und 99%. Die Formel für die Testgröße  $T^{(\beta_1)}$  lautet:<sup>116</sup>

$$\frac{\hat{\beta}_j - \beta_1}{se^j} \quad \text{für } j = 1, 2, \dots, m \quad (13)$$

Wobei

1,...m: die Anzahl von unabhängigen Variablen;

$se^j$ : der Standardfehler (siehe die Formel 8). Meiner Meinung nach nimmt (Cik, 2017) die beta-Wert Minus der t-Wert und multipliziert sie mit dem Standardfehler. Das macht er für den unteren Schranken und für den oberen Schranken. Dann habe ich geprüft, ob die Null innerhalb des Bereiches liegt. Beispielsweise das multiple Modell 18 (siehe Tabelle 134) hat die Ergebnisse in folgenden Bereichen: Plus und Minus, Minus und Minus sowie Plus und Plus. Ich habe folgendes festgestellt: Falls die Null zwischen Plus und Minus liegt und umgekehrt gilt die Antwort nein. Falls Plus und Plus oder Minus und Minus, dann gilt ja.

Abschließend wird noch ein statistische Wert: der P-Wert eingeführt, welcher dieselbe Bedeutung wie die Ergebnisse des t-Tests hat. Ich bin der Meinung, dass je kleiner der P-Wert ( $< 0,1$ ) ist, desto besser das Modell ist.

---

<sup>114</sup> (Cik, 2017), Seite 58

<sup>115</sup> (Cik, 2017), Seite 58

<sup>116</sup> (Cik, 2017), Seite 56

#### 4.1.6 Datenanalyse

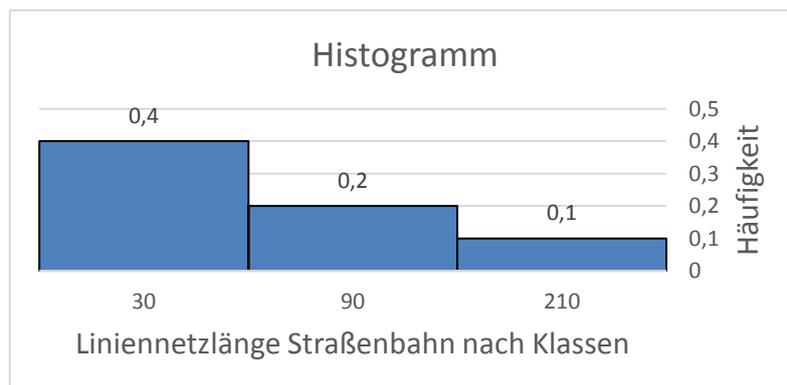
Die Merkmalsausprägungen sollen nach einer Häufigkeitsverteilung zugeordnet werden. Dabei wird ein Histogramm, eine spezielle graphische Darstellung, verwendet um die Fehlerinterpretationen einer Verteilung zu vermeiden. Die nach Klassen geordneten  $n$  – Beobachtungen werden in Excel in eine bedingte Formatierung eingegeben. Ziel ist es eine Farbskala in drei Farben, also in drei Klassen anzupassen.

Im Zuge dieser Arbeit wird die Häufigkeitsverteilung (siehe Abbildung 30) die für die X - Variable verwendet wurde, ermittelt.

Z.B. für die Liniennetzlänge der Straßenbahn wurden die Klassen so ausgewählt:

- Klasse A von 0 bis 30 km,
- Klasse B von 30 km bis 90 km
- Klasse C von 90 km bis 210 km.

Die Klassenbreite von A ist 30 km, von B sind 60 km und abschließend von C sind 120 km. Dann wird eruiert, wie viele Städte jeder Klasse angehören. Aus der Division der Klassenhäufigkeit durch die Klassenbreite jeder Klasse (Merkmalausprägung: 12, 10, 8) ergibt sich die Rechteckhöhe. Dabei kann man ablesen, z.B. Klasse 1 hat die Breite 30 km, die Höhe 0,4.



**Abbildung 30: Histogramm nach Klassen der Liniennetzlänge: Straßenbahn**

„Die Beschreibung metrischer Daten prinzipiell kann auch nach den Maßzahlen erfolgen, die im vorangehenden Abschnitt für kardinalskalierte Beobachtungen genannt sind und bestehen aus:

- Mittelwert
- Standardabweichung, Varianz
- Der Bereich zwischen  $X_m \pm S$
- Klassierte Messwerte
- Gewichtetes arithmetisches Mittel.<sup>117</sup>

Das arithmetische Mittel ist die Summe aller Werte (z.B. Indikatoren) dividiert durch die Anzahl der Werte (Indikatoren) nach der Formel:

<sup>117</sup> (Hedderich, 2015, S. 86)

$$Y_m = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n Y_i \tag{6}$$

Wobei sich n auf die Anzahl der betrachteten Werte bezieht.

Am Beispiel der Bewertung der Liniennetzlänge: Straßenbahn erfolgt durch n-betrachteten Werte (die Städte) in 3 Klassen:

**Tabelle 38: Beispiel aus Bewertung des Straßennetzes nach 3 Klassen**

| Klasse | Bereich (km) | N - Werte | Ym (%) | Sy   | Ym-S | Ym+S |
|--------|--------------|-----------|--------|------|------|------|
| A      | < 30         | 12        | 22,1   | 13,3 | 9    | 35   |
| B      | 30 - 90      | 10        | 15,3   | 9,9  | 5    | 25   |
| C      | > 90         | 8         | 11,6   | 8,7  | 3    | 20   |

Der arithmetische Mittelwert erfolgt mittels Y – Variable (Modal Split: Radverkehrsanteile) welche in Klassen sowie für die X –Variablen eingeteilt. Danach werden die Ausreißer in jeder Klasse identifiziert und als Extremwerte aus dem Bereich Ym+/-S, entfernt.

Die Berechnung des arithmetischen Mittelwertes verläuft in Excel mittels der Funktion (=AVERAGE), die Berechnung der Standardabweichung mittels der Funktion (=STABW).

„Die Standardabweichung ergibt sich nach der Formel:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y - Y_m)^2}{n - 1}} \tag{7}$$

Wobei sind

Ym - Mittelwert,

n – Anzahl der Beobachtungen,

Y – Merkmal.“<sup>118</sup>

Die Varianz ist das Quadrat der Standardabweichung, die in Excel mithilfe der Funktion (=STDEW) erfolgt.

Die Mittelwerte und Standardabweichungen können im „Fehlerbalkendiagramm“ oder tabellarisch dargestellt werden. In Züge dieser Arbeit werden z.B. die Liniennetzlänge Straßenbahn nach 3 Klassen aufgeteilt sowie die Standardabweichung und der Mittelwert (siehe Tabelle 38). „Werden die Daten klassiert, so wird der Rechenaufwand vereinfacht, da man alle Werte in einer Klasse vereinigt und die Streuung innerhalb der Klassen vernachlässigt.“<sup>119</sup>

Weiteres wird geprüft, welche die beste Klasse für Y – Variable (das heisst, wo der Radverkehrsanteil hoch in Modal Split) ist. Dabei sollen die bewertenden Variablen in eine Rangfolge gebracht werden.

„Anhand der Formel für das gewichtete arithmetische Mittel wird die beste Klasse ermittelt:

$$Y_G = a + \frac{\sum w_i z_i}{\sum w_i} \tag{8}$$

<sup>118</sup> (Hedderich, 2015, S. 89)

<sup>119</sup> (Hedderich, 2015, S. 92)

Wobei sind:

$w_i$  – unterschiedliche Gewichte

$a$  – geringste Wert nach klassierte Mittelwerte.<sup>120</sup>

Wie am Beispiel des Vergleichs Liniennetzlänge: Straßenbahn und Radverkehrsanteile in Modal Split zu erkennen ist, wird aus dem höchsten Wert der Produktsummen „ $w_i z_i$ “ die beste Klasse für das Modal Split: Rad ermittelt. Zuerst müssen die Werte der Radverkehrsanteile entsprechende Gewichte zugeordnet werden. Die Großzahl der Punktwolke (in diesen Fall die Städte) die sich in der Klasse in Modal Split: Radverkehrsanteil hoch befinden, haben den höchsten Gewichtwert ( $w_i = 2$ ). Nach (Hedderich, 2015) wenn die Korrelation hoch signifikant ist, dann dieser Gewichtwert ist ( $w_{i+1} = 2$ ).

**Tabelle 39: Drei unterschiedlich gewichtete Messwerte nach Modal Split: Rad**

| Straßennetzlänge nach Klassen: | Modal Split: Rad "Ymi" | Gewichte "wi" | Abweichungen in Modal Split: Rad $(y_i - a) = z_i$ | Radakzeptanz: $w_i * (y_i - a)$ |
|--------------------------------|------------------------|---------------|--|---------------------------------|
| C                              | 22,1                   | 2             | 10,5   | 21,1                            |
| B                              | 15,3                   | 1             | 3,7  | 3,7                             |
| A                              | $a = 11,6$             | 1             | 0  | 0,0                             |

„a“ ist Referenzwert.

Um die Ergebnisse (z.B. Vergleich Liniennetzlänge: Straßenbahn und Modal Split: Rad) besser interpretieren zu können, wird eine Ordinalskala für  $n = 30$  (Städte) tabellarisch eingeführt. Das bedeutet, dass jeder Merkmalausprägung eine Kategorie zugeordnet wird. Die Variablen werden auf Klassen in: A = gut, B = mittel und C = schlecht eingeteilt. Anstatt die A, B, C Klassen zu betrachten, werden die Unterschiede zwischen den Merkmalen farblich hervorgehoben (grün, gelb, rot).

Dieser Systemvergleich, der 30 mittleren europäischen Städte, hat das Ziel, die Indikatoren für hohe Akzeptanz herauszufinden. Die Radakzeptanz wird als eine Funktion von der unabhängigen Variable X in Abhängigkeit von der abhängigen Variablen Y, ermittelt. Falls in dieser Funktion noch ein dritter Indikator einfließt, werden jeweils zwei miteinander verglichen, um die Ergebnisse interpretieren zu können. Die Einheiten müssen berücksichtigt werden (z.B. Einwohnerzahl durch die Fläche). Falls keine Einheit vorhanden ist, wird die unabhängige Variable als Faktor betrachtet (z.B. 1/km).

Abschließend muss man begründen, warum man diese Indikatoren so gewählt hat.

<sup>120</sup> (Hedderich, 2015) Seite 94

## 5 Auswertung der Modelergebnisse von den 30 ausgewählten Städten

Die Städte, die analysiert werden, wurden nach den folgenden Kriterien ausgesucht: Einwohnerzahl (von 200.000 bis 600.000) und den Radverkehrsanteilen in Modal Split. Die Daten werden nach der Tabelle 40 gestaltet, mit den beiden Parametern.

**Tabelle 40: Auswahlkriterien für 30 Städte nach Einwohnerzahl und Modal Split: Rad<sup>121</sup>**

| Städte Nr | ausgewählte 30 mittel Großstädte | Modal Split:Rad | Einwohnerzahl |
|-----------|----------------------------------|-----------------|---------------|
| 1         | Eindhoven (NLD)                  | 40              | 225.020       |
| 2         | Münster (DEU)                    | 39              | 310.039       |
| 3         | Groningen (NLD)                  | 39              | 200.487       |
| 4         | Freiburg (DEU)                   | 34              | 226.393       |
| 5         | Kopenhagen (DNK)                 | 30              | 591.481       |
| 6         | Tilburg (NLD)                    | 29              | 212.943       |
| 7         | Utrecht (NLD)                    | 26              | 339.946       |
| 8         | Bremen (DEU)                     | 25              | 557.464       |
| 9         | Karlsruhe (DEU)                  | 25              | 307.755       |
| 10        | Gent (BEL)                       | 22              | 257.029       |
| 11        | Hannover (DEU)                   | 20              | 532.163       |
| 12        | den Haag (NLD)                   | 19              | 520.704       |
| 13        | Aarhus (DNK)                     | 19              | 269.022       |
| 14        | Krefeld (DEU)                    | 17              | 225.144       |
| 15        | Dresden (DEU)                    | 17              | 543.825       |
| 16        | Graz (AUT)                       | 16              | 283.869       |
| 17        | Bielefeld (DEU)                  | 15              | 333.090       |
| 18        | Augsburg (DEU)                   | 15              | 286.374       |
| 19        | Mannheim (DEU)                   | 15              | 305.780       |
| 20        | Aachen (DEU)                     | 11              | 245.885       |
| 21        | Ljubljana (SVN)                  | 10              | 287.218       |
| 22        | Dortmund (DEU)                   | 6               | 586.181       |
| 23        | Oberhausen (DEU)                 | 8               | 210.934       |
| 24        | Bologna (ITA)                    | 7               | 386.663       |
| 25        | Göteborg (SWE)                   | 7               | 572.799       |
| 26        | Moenchengl. (DEU)                | 6               | 259.996       |
| 27        | Bochum (DEU)                     | 5               | 364.742       |
| 28        | Zürich (CHE)                     | 6               | 396.027       |
| 29        | Linz (AUT)                       | 7               | 203.012       |
| 30        | Wuppertal (DEU)                  | 2               | 350.046       |

**Legende:**

Radverkehrsanteil niedrig

Radverkehrsanteil mittel

Radverkehrsanteil hoch

Klasse

< 10 %

10% - 20 %

> 20 %

Abschließend kann man sagen, dass das Modal Split: Rad der wichtigste Parameter ist, der als Eingangsparameter in den folgenden Kapiteln verwendet wird.

<sup>121</sup> (EPOMM, 2017)

## 5.1 Analyse von Indikatoren im Vergleich mit Modal Split: Rad

In diesem Unterkapitel werden insgesamt 9 Indikatoren mit dem Radverkehrsanteil in Modal Split kombiniert. Für jede Kombination von zwei Indikatoren wird geprüft, ob es eine signifikante Korrelation existiert. Falls die Antwort ist ja, dann wird es weiter analysiert. Aus dieser Analyse entstehen neue Klassen der betrachteten Parameter, die die Relevanz für die Fahrradakzeptanz in die jeweiligen Städte wiedergeben sollen.

### 5.1.1 Der Faktor, Radwegelänge durch gesamte Verkehrsfläche

Als erstes wird geprüft, welcher Anteil die Radwegelänge an die gesamte Verkehrsfläche hat. Die Funktion besteht aus 3 Indikatoren: Modal Split: Rad, Radwegelänge und die gesamte Verkehrsfläche. Da die Funktion Werte mit der Einheit 1/km liefert kann die Länge der Radwege nur durch einen Faktor ausgedrückt werden. In der Summe fliesen nicht nur die reinen Radwege, sondern auch andere Wege wie z.B.: die gemischten Radwege (Geh- und Radweg), usw.

Es ist wichtig zu überprüfen, ob es einen Zusammenhang zwischen betrachteten Indikatoren existiert. Die Nullhypothese wird bei 1% Irrtumswahrscheinlichkeit verworfen, d.h. es besteht ein sehr signifikanter Zusammenhang zwischen x und y ( $0,01 > p > 0,001$ ). Der P-Wert für diese Funktion beträgt 0,004 und das korrigierte Bestimmtheitsmaß beträgt 0,239.

Der Korrelationskoeffizient (R) nach Pearson beträgt für diese Funktion hat einen Wert von 0.515 (siehe Abbildung 31). Laut t-Test ist aus diesem Wert herauszulesen, dass es einen positiven Zusammenhang gibt. Je höher der Faktor der gesamten Radwegelänge an Gesamtverkehrsfläche ist, desto höher sind die Radwegeanteile in Modal Split.

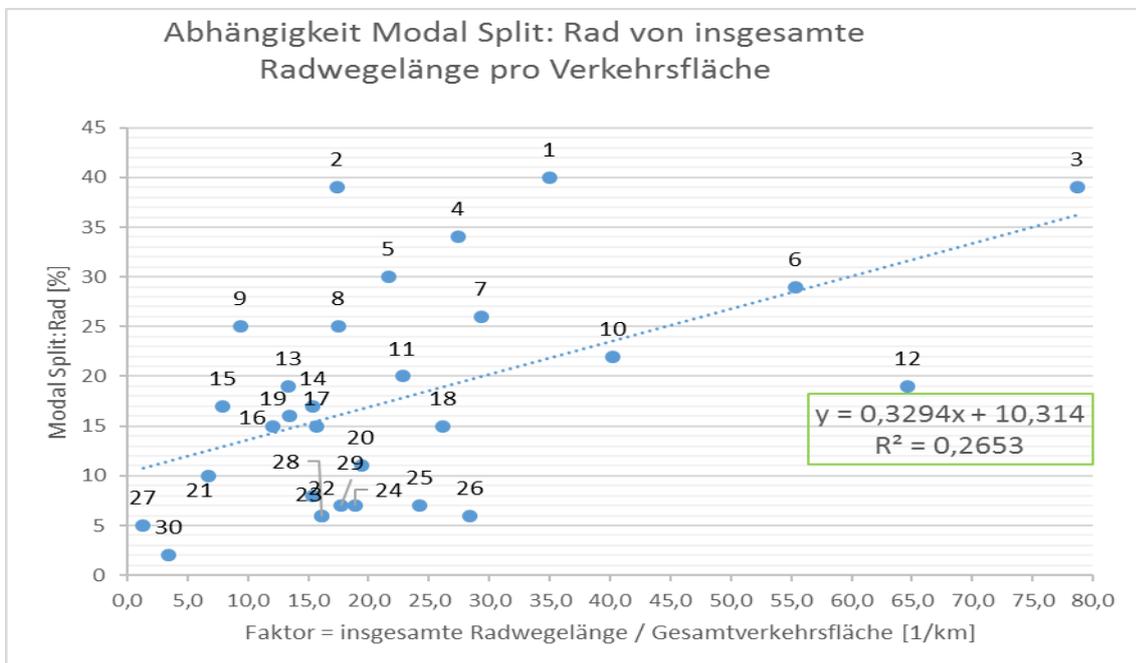


Abbildung 31: Abhängigkeit Modal Split: Rad von Radwegelänge pro Verkehrsfläche

Nach Histogramm wird der Faktor Radwegelänge an Verkehrsfläche auf 3 Klassen aufgeteilt, die nach dem Wert der Häufigkeitsverteilung der betrachteten Punktwolke ermittelt wurden (siehe Abbildung 32).

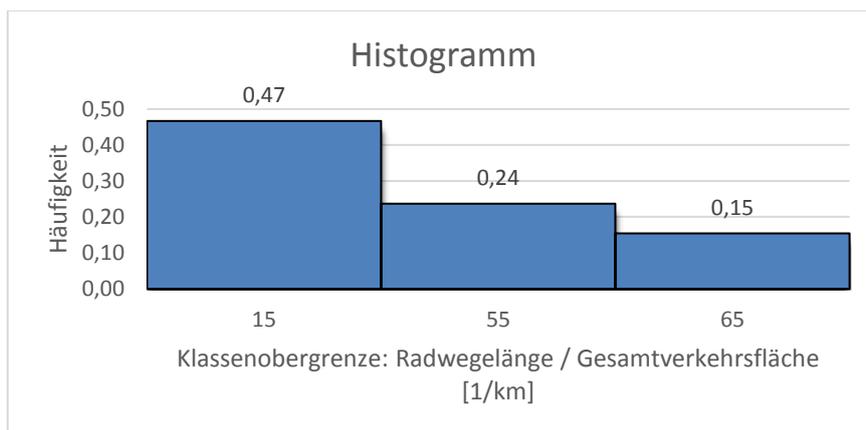


Abbildung 32: Histogramm der Radwegelänge an Verkehrsfläche von 30 Städte

Die Werte die aus dem Intervall Mittelwert von Modal Split: Rad +/- Standardabweichung ( $Y_m \pm S$ ) herausfallen sind Ausreißer die eliminiert werden müssen. (siehe Tabelle 41 und Tabelle 42).

Tabelle 41: Bewertung des Indikators nach Modal Split: Rad

| Klasse | Bereich (1/km) | X  | $Y_m$ (%) | $S_y$ | $Y_m - S$ | $Y_m + S$ |
|--------|----------------|----|-----------|-------|-----------|-----------|
| C      | <15            | 8  | 12,71     | 8,3   | 4         | 21        |
| B      | 15 bis 25      | 13 | 14,1      | 8,3   | 6         | 22        |
| A      | >25            | 9  | 24,20     | 11,2  | 13        | 35        |

Tabelle 42: Ausreißer die in jeder Klasse ermittelt wurden

| Klasse | die Städte Nr. nach Klassen       | Ausreißer |
|--------|-----------------------------------|-----------|
| C      | 27,30,22,15,9,19,16,13            | 27,30,9   |
| B      | 14,17,23,28,29,24,20,8,5,11,25,22 | 8,5,2     |
| A      | 18,26,4,7,1,10,6,12,3             | 26,1      |

Aus dem Vergleich der Daten der beobachteten Städte, zeigt sich, dass diese Faktoren kleiner als 15 weisen, was einen mittleren Radverkehrsanteil zwischen 10 % und 20 % entspricht. In Klasse C sind die Städte Nummer 27, 30 und 8 Ausreißer. Die Städte mit einem mittleren Radverkehrsanteil von 10 % bis 20 % sind: Graz in Österreich, Aarhus in Dänemark, 3 deutsche Städte: Krefeld, Dresden und Mannheim und abschließend Ljubljana in Slowenien.

Die Städte wo die Radwegelänge an Gesamtverkehrsfläche einen Faktor zwischen 15 - 25 weist, haben meistens einen Radverkehrsanteil niedrig. In der Klasse B sind die Städte Nummer 7, 5, 2 Ausreißer. Die Städte mit einem Radverkehrsanteil zwischen 5 % und 10 % sind: Zürich in der Schweiz, Göteborg in Schweden, Bologna in Italien, Linz in Österreich und Dortmund, Oberhausen in Deutschland.

Die Klasse A mit dem Faktor von 25 (1/km) ist grün eingefärbt, wobei der Radverkehrsanteil meistens hoch liegt. In dieser Klasse sind die Städte Nummer 26 und 1 Ausreißer. Die übrigen Städte mit einem Radverkehrsanteil hoch sind: Kopenhagen in Dänemark, Utrecht in den Niederlanden, Hannover und Freiburg in Deutschland (die Städtenummer: 5, 6, 7 und 3).

Nach der Methode der gewichteten Mittelwerte werden die Klassen der Radwegelänge an Gesamtverkehrsfläche in Verbindung mit den Klassen des Modal Splits: Rad kombiniert (siehe Tabelle 43). Aus den Produktsummen der Mittelwerte nach Klasse Radverkehrsanteile in Modal Split und Gewichte folgt, dass die Radakzeptanz: für Klasse A: hoch (grün – grün) ist.

**Tabelle 43: Drei unterschiedlich gewichtete Messwerte nach Modal Split: Rad**

| Radwegelänge an Verkehrsfläche nach Klassen: | Modal Split: Rad (Ymi) | Gewichte (wi) | Abweichungen Yi-a | Radakzeptanz wi * (Ymi-a) |
|--|------------------------|---------------|-------------------|---------------------------|
| C  | a = 12,9               | 1             | 0                 | 0,4                       |
| B  | 13,3                   | 1             | 0                 | 0,0                       |
| A  | 24,9                   | 2             | 12                | 24,1                      |

Die Werte für die gesamte Radwegelänge und für Modal Split: Rad der 30 ausgewählten Städte werden in einer Excel-Tabelle eingetragen wo sie anhand der eingegebenen Grenzwerte den drei Klassen zugeteilt werden.

Die Datenanalyse wird anhand einer Ordinalskala durchgeführt (siehe Tabelle 45). Die neuen Klassen der Indikatoren haben folgende Farben im Vergleich mit Modal Split - Anteile:

- In der Klasse A des Faktors Radwegelänge an Gesamtverkehrsfläche entsprechen die Städte: Eindhoven, Kopenhagen, Utrecht, Hannover und Freiburg (grügelbe Farbe) einen Radverkehrsanteil hoch (grüne Farbe).
- In der Klasse B des Faktors Radwegelänge an Gesamtverkehrsfläche entsprechen die Städte: Zürich, Bologna, Linz, Dortmund, Oberhausen (rote Farbe) einen Radverkehrsanteil niedrig (rote Farbe). Es besteht keinen Zusammenhang, zwischen diesen Indikatoren.
- In der Klasse C des Faktors Radwegelänge an Gesamtverkehrsfläche entsprechen die Städte: Graz, Aarhus, Krefeld, Dresden, Mannheim, Bielefeld (rote Farbe) einen Radverkehrsanteil mittel (gelbe farbe).

Die Funktion für die hohe Radakzeptanz besteht aus den Indikatoren: Faktor der Radwegelänge an Verkehrsfläche (< 25) und Modal Split: Radverkehrsanteil hoch (> 20 %), siehe Tabelle 44.

**Tabelle 44: Neue Regeln für die bedingte Formatierung**

| Klasse | Faktor Radwege an Gesamtverkehrsfläche | Modal Split: Rad     | Klasse (%) |
|--------|--|----------------------|------------|
| C      | < 15                                   | Mittel (10 % - 20 %) | B          |
| B      | 15 bis 25                              | niedrig (< 10 %)     | C          |
| A      | > 25                                   | hoch (> 20 %)        | A          |

**Tabelle 45: Kardinalskalierte Werte des Indikators**

| Städte Nr | ausgewählte 30 mittel Großstädte | Faktor insgesamt Radwegelänge / Gesamtverkehrsfläche | Modal Split: Rad |
|-----------|----------------------------------|--|------------------|
| 1         | Eindhoven (NLD)                  | 35,0   | 40               |
| 2         | Münster (DEU)                    | 17,4   | 39               |
| 3         | Groningen (NLD)                  | 78,7   | 39               |
| 4         | Freiburg (DEU)                   | 27,4   | 34               |
| 5         | Kopenhagen (DNK)                 | 21,7   | 30               |
| 6         | Tilburg (NLD)                    | 55,4   | 29               |
| 7         | Utrecht (NLD)                    | 29,3   | 26               |
| 8         | Bremen (DEU)                     | 17,5   | 25               |
| 9         | Karlsruhe (DEU)                  | 9,4  | 25               |
| 10        | Gent (BEL)                       | 40,2   | 22               |
| 11        | Hannover (DEU)                   | 22,8   | 20               |
| 12        | den Haag (NLD)                   | 64,6   | 19               |
| 13        | Aarhus (DNK)                     | 13,5   | 19               |
| 14        | Krefeld (DEU)                    | 15,4   | 17               |
| 15        | Dresden (DEU)                    | 7,9  | 17               |
| 16        | Graz (AUT)                       | 13,4   | 16               |
| 17        | Bielefeld (DEU)                  | 15,7   | 15               |
| 18        | Augsburg (DEU)                   | 26,2   | 15               |
| 19        | Mannheim (DEU)                   | 12,1   | 15               |
| 20        | Aachen (DEU)                     | 19,4   | 11               |
| 21        | Ljubljana (SVN)                  | 6,8  | 10               |
| 22        | Dortmund (DEU)                   | 16,1   | 6                |
| 23        | Oberhausen (DEU)                 | 15,4   | 8                |
| 24        | Bologna (ITA)                    | 18,9   | 7                |
| 25        | Göteborg (SWE)                   | 24,2   | 7                |
| 26        | Moenchengl. (DEU)                | 28,4   | 6                |
| 27        | Bochum (DEU)                     | 1,3  | 5                |
| 28        | Zürich (CHE)                     | 16,1   | 6                |
| 29        | Linz (AUT)                       | 17,7   | 7                |
| 30        | Wuppertal (DEU)                  | 3,4  | 2                |

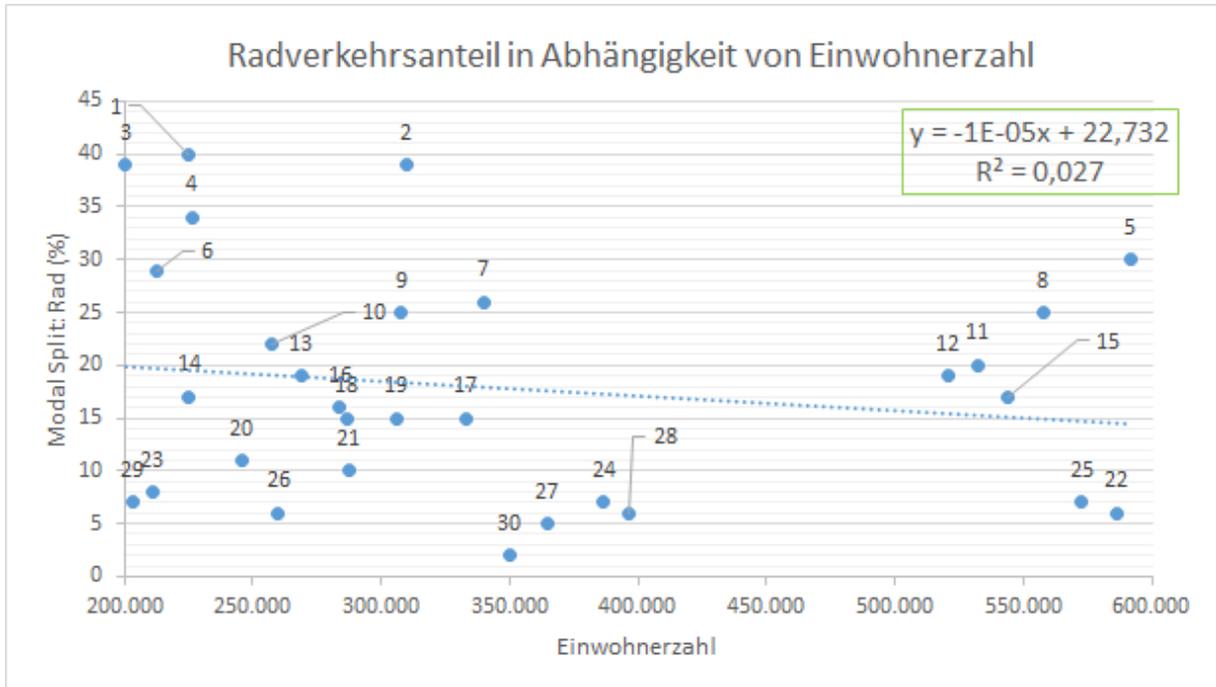
| Legende:       | Klasse  | Legende:                  | Klasse     |
|----------------|---------|---------------------------|------------|
| Faktor niedrig | < 15    | Radverkehrsanteil niedrig | < 10 %     |
| Faktor mittel  | 15 - 25 | Radverkehrsanteil mittel  | 10% - 20 % |
| Faktor hoch    | > 25    | Radverkehrsanteil hoch    | > 20 %     |

Abschließend kann ich sagen, dass der Faktor: Radwegelänge durch gesamte Verkehrsfläche einen positiven Effekt auf die Radverkehrsanteile im Modal Split hat.

### 5.1.2 Die Einwohnerzahl

Die Funktion besteht aus 2 Indikatoren: Modal Split: Rad und Einwohnerzahl.

Der Korrelationskoeffizient (R) nach Pearson beträgt für diese Funktion einen Wert von -0,16. Die lineare Regressionsanalyse zeigt einen abwärts Trend (siehe Abbildung 33). Eine solche Korrelation ist nicht signifikant, weil der P-Wert 0,385 beträgt, was sehr hoch ist.



**Abbildung 33: Radverkehrsanteil in Abhängigkeit von Einwohnerzahl**

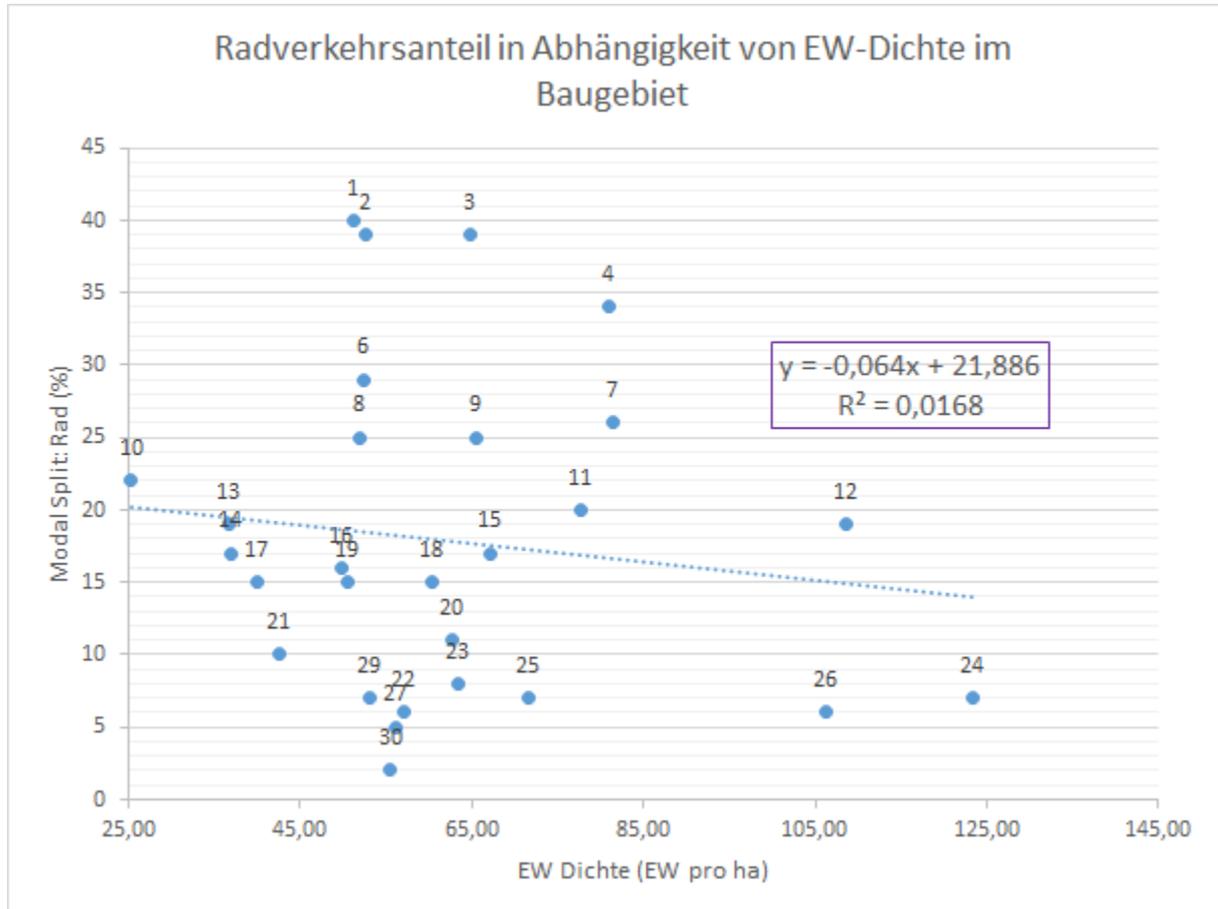
Nach (Randelhoff, Zukunft Mobilität , 2013), „ein Großteil der Städte mit einem Radverkehrsanteil von 20-30 Prozent am Gesamtverkehrsaufkommen zwischen 100.000 – 300.000 Einwohnern aufweist.“<sup>122</sup> Hier werden die Städte mit der Einwohnerzahl zwischen 200.000 – 600.000 betrachtet. Es zeigt sich die Großzahl der Städte von 200.000 bis 250.000 weist einen Radverkehrsanteil von 20 % bis 40 % auf. In diesem Bereich befinden sich 3 niederländische Städte Eindhoven, Groningen, Tilburg, dann deutsche Stadt Freiburg. Im Bereich von 350.000 bis 400.000 sind 4 Städte mit einem niedrigen Radverkehrsanteil: Bochum und Wuppertal in Deutschland, Zürich in der Schweiz und Bologna in Italien.

<sup>122</sup> (Randelhoff, Zukunft Mobilität , 2013)

### 5.1.3 Die Einwohnerdichte

Die Funktion besteht aus 2 Indikatoren: Modal Split: Rad und Einwohnerdichte.

Der Korrelationskoeffizient (R) nach Pearson beträgt für diese Funktion einen Wert von -0,13. Die lineare Regressionsanalyse zeigt einen abwärts Trend (siehe Abbildung 34). Eine solche Korrelation ist nicht signifikant, weil der P-Wert 0,490 beträgt, was sehr hoch ist.



**Abbildung 34: Radverkehrsanteil in Abhängigkeit von EW-Dichte im Baugebiet**

Bei den meisten Städten liegt die Einwohnerdichte zwischen: 25 – 75 Einwohner pro Hektar, weisen aber einen sehr unterschiedlichen Radverkehrsanteil in Modal Split. Nach (Randelhoff, Zukunft Mobilität , 2013) die Städte mit der "hohen Bevölkerungsdichte und somit ein effektives und gut ausgebautes öffentliches Verkehrsangebot besitzen, liegt der Radverkehrsanteil hier meistens geringer."<sup>123</sup> Im Diagramm (Abbildung 34) ist zu beobachten, dass die Stadt Zürich zwar eine sehr hohe Bevölkerungsdichte (362) hat, der Radverkehrsanteil an Gesamtverkehrsaufkommen in Modal Split ist niedrig (6 %). Zürich ist ein Ausreißer und wurde entfernt.

<sup>123</sup> (Randelhoff, Zukunft Mobilität , 2013)

### 5.1.4 Die Liniennetzlänge: Straßenbahn

Dieser Vergleich hat das Ziel, einen Zusammenhang zwischen Modal Split-Rad und den öffentlichen Verkehr Angebot (Straßenbahnnetz) zu analysieren.

Die Funktion besteht aus 2 Indikatoren: Modal Split: Rad und Liniennetzlänge: Straßenbahn.

Der Korrelationskoeffizient (R) nach Pearson beträgt für diese Funktion einen Wert von -0,343. Die lineare Regressionsanalyse zeigt einen abwärts Trend (siehe Abbildung 35). Der P-Wert beträgt 0,063. Die Nullhypothese  $H_0$  wird bei 1% Irrtumswahrscheinlichkeit verworfen, d.h. es besteht den schwachen signifikanten Zusammenhang zwischen x und y.

Anders gesagt hat das Straßenbahnnetz wenig Einfluss auf das Radfahrverhalten. Wo kein Straßenbahnnetz vorhanden ist, liegt der Radverkehrsanteil meistens höher. Je kürzer die Länge des Straßenbahnnetzes, desto höher der Radverkehrsanteil. Die Verteilung der Liniennetzlänge in öffentlicher Verkehr der Städte wurde in drei Klassen dargestellt (siehe Abbildung 36).

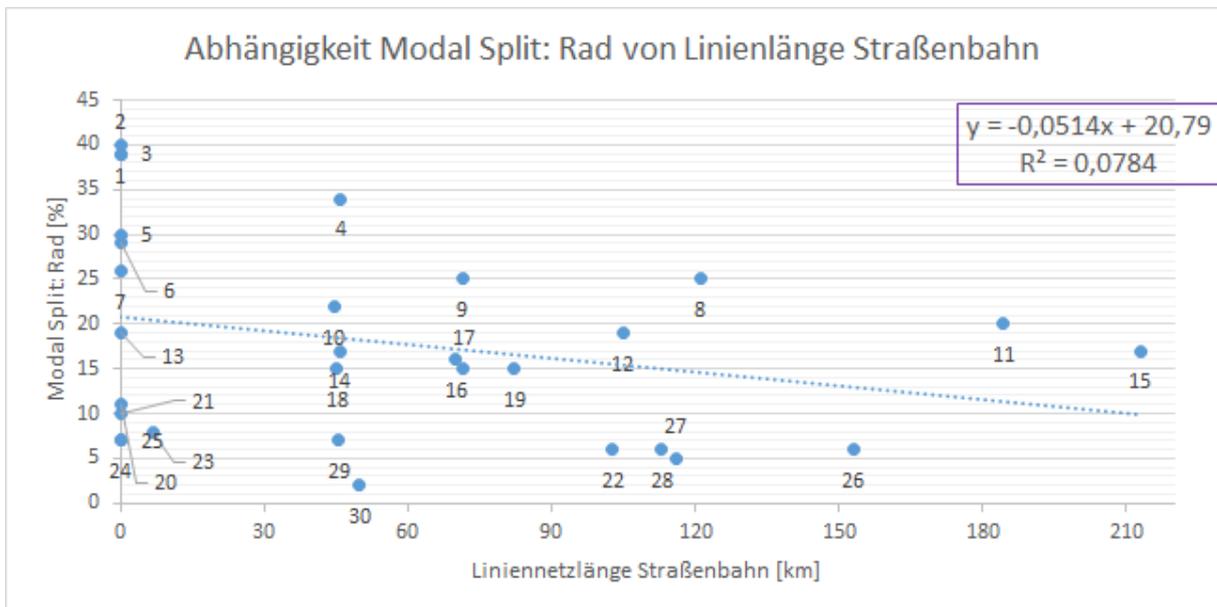


Abbildung 35: Abhängigkeit Modal Split: Rad von liniennetzlänge Straßenbahn

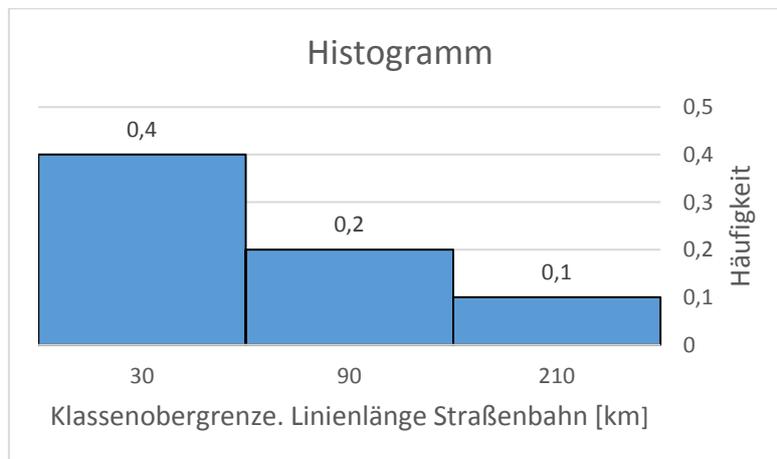


Abbildung 36: Histogramm der Liniennetzlänge Straßenbahn von 30 Städte

Die Werte die aus dem Intervall Mittelwert von Modal Split: Rad +/- Standardabweichung ( $Y_m \pm S$ ) herausfallen sind Ausreißer die eliminiert werden müssen. (siehe Tabellen Tabelle 46 und Tabelle 47).

**Tabelle 46: Bewertung des Indikators nach Modal Split: Rad**

| Liniennetzlänge:<br>Straßenbahn<br>nach Klassen | Bereich (km) | X  | $Y_m$ (%) | S    | $Y_m - S$ | $Y_m + S$ |
|---|--------------|----|-----------|------|-----------|-----------|
| C   | < 30         | 12 | 22,1      | 13,3 | 9         | 35        |
| B   | 30 - 90      | 10 | 15,3      | 9,9  | 5         | 25        |
| A   | > 90         | 8  | 11,6      | 8,7  | 3         | 20        |

**Tabelle 47: Ausreißer die in jeder Klasse detektiert wurden**

| Klasse | die Städte Nr. nach Klassen   | Ausreißer      |
|--------|-------------------------------|----------------|
| C      | 24,25,23,21,20,13,7,5,6,3,1,2 | 24,23,25,1,2,3 |
| B      | 30,29,18,14,10,4,9,16,17,19   | 30,4           |
| A      | 12,8,22,28,27,26,11,15        | 8              |

In der Klasse A, wo die Liniennetzlänge: Straßenbahn länger als 90 km sind, befinden sich: den Haag, Dortmund, Zürich, Bochum, Mönchengladbach, die einen niedrigen Radverkehrsanteil haben. Die deutsche Stadt Dresden (die Stadtnummer 14) gehört zur Klasse A, mit einer Linienlänge des Straßenbahnnetzes von ca. 213 km, doch wegen der schlechten Straßenbahnbindung weist es einen Radverkehrsanteil von 17 % (mittel). Weil auf kürzere Entfernungen in Dresden mehrmals umgestiegen wegen muss, ist für die Entfernung von ca. 2 km besser mit dem Rad zu fahren.

In Klasse B (siehe Tabelle 47) befinden sich 5 deutsche Städte: Augsburg, Krefeld, Karlsruhe, Mannheim, Bielefeld, belgische Stadt Gent und Österreicher Stadt Graz. In diesen Städten ist der Radverkehrsanteil meistens mittel.

Unter den ersten 10 fahrradfreundlichste Städte (Klasse C) ohne Straßenbahnnetz finden sich deutsche Stadt Münster, dänische Stadt Kopenhagen und 4 niederländische Städte Eindhoven, Groningen, Utrecht und Tilburg, mit einem Radverkehrsanteil ab 25 %. Die Nutzung des Radverkehrs hängt davon stark ab, wie gut Alternativen in ÖV sind.

Aus den Produktsummen der Mittelwert nach Klasse Radverkehrsanteile in Modal Split: Rad und Gewichtung folgt, dass Klasse C einer hohen Radakzeptanz entspricht, gefolgt B und A (siehe Tabelle 48).

**Tabelle 48: Drei unterschiedlich gewichtete Messwerte nach Modal Split: Rad**

| Liniennetzlänge:<br>Straßenbahn<br>nach Klassen | Modal Split (Rad) $Y_{mi}$ | Gewichte $w_i$ | Abweichungen<br>$Y_i - a$ | Radakzeptanz<br>$w_i * (x_i - a)$ |
|---|----------------------------|----------------|---------------------------|-----------------------------------|
| C   | 22                         | 2              | 10,5                      | 21,1                              |
| B   | 15                         | 1              | 3,7                       | 3,7                               |
| A   | $a = 12$                   | 1              | 0,0                       | 0,0                               |

Die Werte für die Liniennetzlänge: Straßenbahn und für Modal Split: Rad der 30 ausgewählten Städte werden in einer Excel-Tabelle eingetragen wo sie anhand der eingegebenen Grenzwerte den drei Klassen zugeteilt werden.

Die Datenanalyse wird in einer Kardinalskala durchgeführt (siehe Tabelle 50). Die neuen Klassen der Indikatoren haben folgende Farben im Vergleich mit Modal Split - Anteile:

- In der Klasse C Liniennetzlänge Straßenbahn sind: Münster, Freiburg, Kopenhagen, Eindhoven, Groningen, Utrecht, Tilburg (rote Farbe) weisen einen Radverkehrsanteil hoch (grüne Farbe) auf,
- In der Klasse B Liniennetzlänge Straßenbahn sind: Augsburg, Krefeld, Mannheim, Gent, Graz (rote Farbe) weisen einen Zusammenhang, mit dem Radverkehrsanteil mittel (gelbe Farbe) auf,
- In der Klasse A, wo die Liniennetzlänge: Straßenbahn länger als 90 km sind, befinden sich: den Haag, Dortmund, Zürich, Bochum, Göteborg (gelbe Farbe), die einen niedrigen Radverkehrsanteil haben (rote Farbe).

Die Funktion für die hohe Radakzeptanz besteht aus den Indikatoren: Liniennetzlänge: Straßenbahn (< 30) und Modal Split: Radverkehrsanteil hoch (> 20 %).

**Tabelle 49: Neue Regeln für die bedingte Formatierung**

| Liniennetzlänge:<br>Straßenbahn<br>nach Klassen | Liniennetzlänge:<br>Straßenbahn (km) | Modal Split: Rad    | Modal Split: Rad<br>nach Klassen |
|---|--------------------------------------|---------------------|----------------------------------|
| C   | < 30                                 | hoch (> 20 %)       | A                                |
| B   | 30 - 90                              | mittel (10% - 20 %) | B                                |
| A   | > 90                                 | niedrig (< 10 %)    | C                                |

**Tabelle 50: Kardinalskalierte Werte des Liniennetzlänge Straßenbahn<sup>124</sup>**

| Städte Nr | ausgewählte 30 mittel Großstädte | Linienlänge: Straßenbahn (km) | Modal Split: Rad |
|-----------|----------------------------------|-------------------------------|------------------|
| 1         | Eindhoven (NLD)                  | 0                             | 40               |
| 2         | Münster (DEU)                    | 0                             | 39               |
| 3         | Groningen (NLD)                  | 0                             | 39               |
| 4         | Freiburg (DEU)                   | 46                            | 34               |
| 5         | Kopenhagen (DNK)                 | 0                             | 30               |
| 6         | Tilburg (NLD)                    | 0                             | 29               |
| 7         | Utrecht (NLD)                    | 0                             | 26               |
| 8         | Bremen (DEU)                     | 121                           | 25               |
| 9         | Karlsruhe (DEU)                  | 71,5                          | 25               |
| 10        | Gent (BEL)                       | 44,7                          | 22               |
| 11        | Hannover (DEU)                   | 184,3                         | 20               |
| 12        | den Haag (NLD)                   | 105                           | 19               |
| 13        | Aarhus (DNK)                     | 0                             | 19               |
| 14        | Krefeld (DEU)                    | 45,9                          | 17               |
| 15        | Dresden (DEU)                    | 212,9                         | 17               |
| 16        | Graz (AUT)                       | 70                            | 16               |
| 17        | Bielefeld (DEU)                  | 71,6                          | 15               |
| 18        | Augsburg (DEU)                   | 45,2                          | 15               |
| 19        | Mannheim (DEU)                   | 82,3                          | 15               |
| 20        | Aachen (DEU)                     | 0                             | 11               |
| 21        | Ljubljana (SVN)                  | 0                             | 10               |
| 22        | Dortmund (DEU)                   | 102,8                         | 6                |
| 23        | Oberhausen (DEU)                 | 7                             | 8                |
| 24        | Bologna (ITA)                    | 0                             | 7                |
| 25        | Moenchengl. (DEU)                | 0                             | 7                |
| 26        | Göteborg (SWE)                   | 203                           | 6                |
| 27        | Bochum (DEU)                     | 116                           | 5                |
| 28        | Zürich (CHE)                     | 113                           | 6                |
| 29        | Linz (AUT)                       | 45,6                          | 7                |
| 30        | Wuppertal (DEU)                  | 49,9                          | 2                |

| Legende:                   | Klasse  | Legende:                  | Klasse     |
|----------------------------|---------|---------------------------|------------|
| Linienlänge Straß. niedrig | < 30    | Radverkehrsanteil niedrig | < 10 %     |
| Linienlänge Straß. mittel  | 30 - 60 | Radverkehrsanteil mittel  | 10% - 20 % |
| Linienlänge Straß. hoch    | > 90    | Radverkehrsanteil hoch    | > 20 %     |

Abschließend kann ich sagen, dass der Parameter Liniennetzlänge: Straßenbahn einen geringen negativen Einfluss auf die Radverkehrsanteile im Modal Split hat.

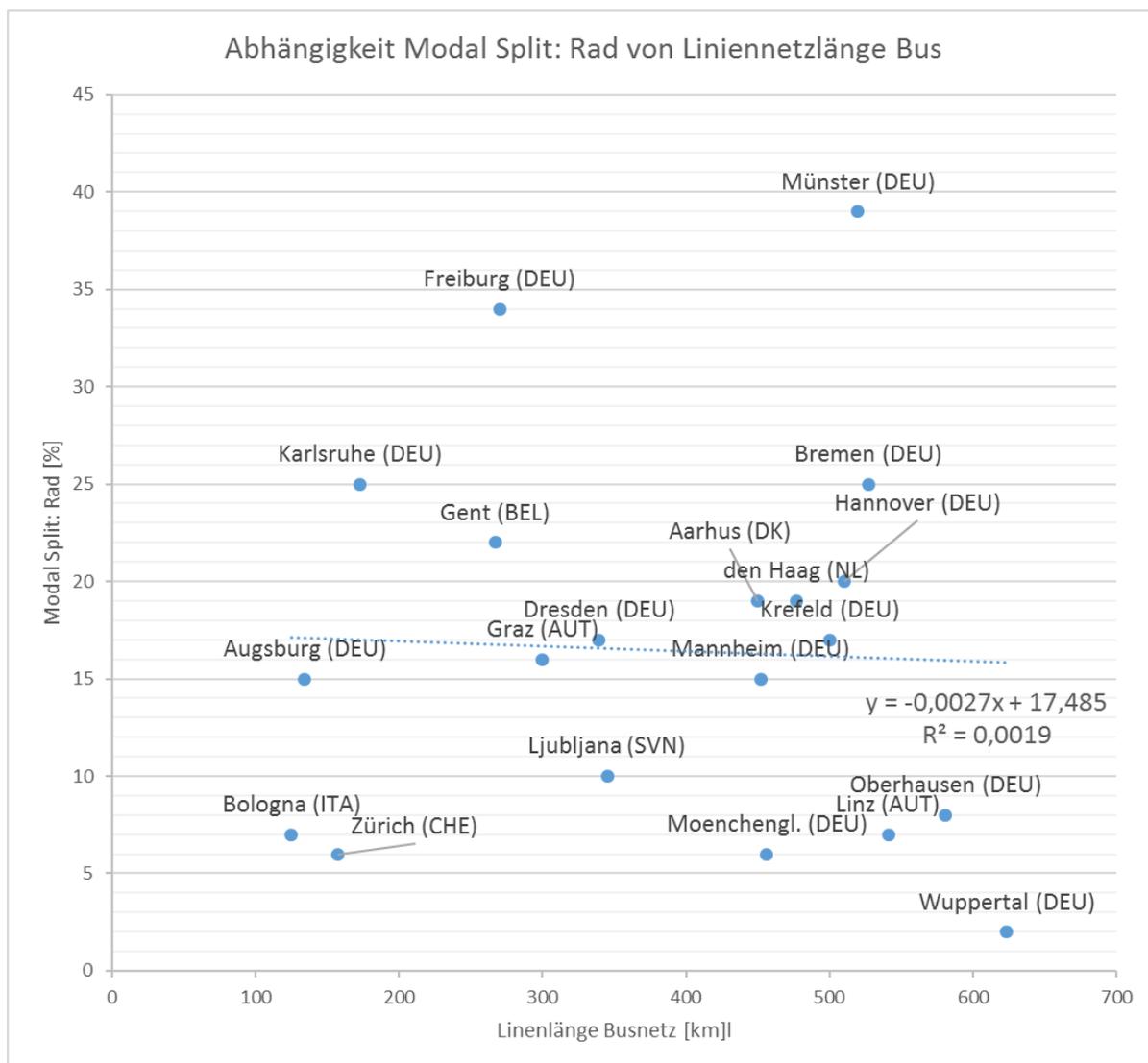
<sup>124</sup> (EPOMM, 2017)

### 5.1.5 Die Liniennetzlänge: Bus

Das Ziel des Vergleiches ist es herauszufinden welchen Einfluss das öffentlichen Verkehrs Angebot auf das Radfahren hat, dabei wird die Linienlänge des Busnetzes als Indikator gewählt.

Der Koeffizient nach Pearson beträgt 0,04. Der P-Wert für diese Funktion ist sehr hoch und deshalb gilt diese Korrelation als nicht signifikant.

Die Städte mit einem Busliniennetz länger als 420 km weisen gleichzeitig hohe bzw. niedrige Radverkehrsanteile auf (siehe Abbildung 37). Deshalb ist es schwierig zu beurteilen, welche Klasse für hohe Radakzeptanz steht.



**Abbildung 37: Abhängigkeit Modal Split: Rad von Liniennetzlänge Bus**

Die Städte, wo die Länge der Busliniennetze auch die Lineiennetze der Umgebung beinhalten, werden nicht in Betracht gezogen. Die Verkehrsbetriebe dieser Städte haben die Länge der städtische Busliniennetz nicht erhoben. z.B.: die schwedische Stadt Göteborg und drei deutsche Städte Aachen, Dortmund und Bochum. Solche Städte haben ein gut ausgebautes Busliniennetz, aber der Radverkehrsanteil liegt niedrig.

### 5.1.6 Der Motorisierungsgrad

Hierbei wird geprüft, ob der Motorisierungsgrad in einem Zusammenhang mit dem Modal Split: Rad steht. Es soll herausgefunden werden welcher Motorisierungsgrad bei hohem Radverkehrsanteil in Modal Split vorliegt.

Die Funktion besteht aus 2 Indikatoren: Modal Split: Rad und Motorisierungsgrad.

Der Korrelationskoeffizient (R) nach Pearson beträgt für diese Funktion einen Wert von -0,36. Die lineare Regressionsanalyse zeigt einen abwärts Trend (siehe Abbildung 38). Die Nullhypothese wird bei 1% Irrtumswahrscheinlichkeit verworfen. Eine solche Korrelation ist signifikant (P-Wert=0,047).

Es ist sichtbar, dass eine Großzahl der betrachteten Städte im Bereich 420 – 520 Pkw pro 1000 Einwohner liegen. Es stellte sich heraus, dass je niedriger der Motorisierungsgrad, desto höher ist meistens der Radfahreranteil.

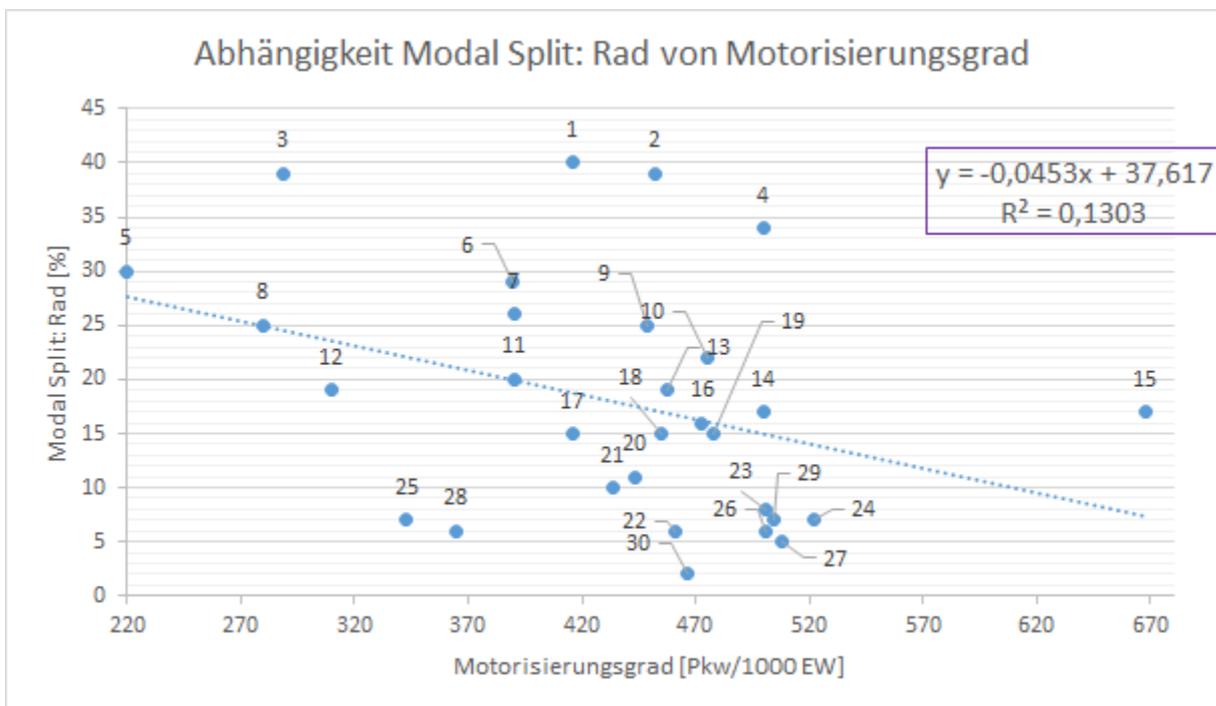


Abbildung 38. Abhängigkeit Modal Split: Rad von Motorisierungsgrad

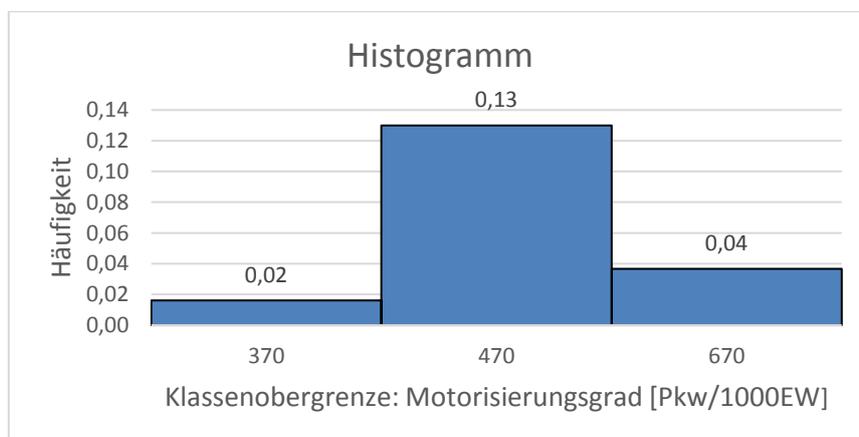


Abbildung 39: Histogramm des Motorisierungsgrad von 30 Städte

Die Werte die aus dem Intervall Mittelwert von Modal Split: Rad +/- Standardabweichung ( $Y_m \pm S$ ) herausfallen sind Ausreißer die eliminiert werden müssen. (siehe Tabelle 51 Tabelle 52).

**Tabelle 51: Bewertung des Indikators nach Modal Split: Rad**

| Klasse | Bereich (Pkw/1000) | X  | $Y_m$ (%) | $S_y$ | $Y_m - S$ | $Y_m + S$ |
|--------|--------------------|----|-----------|-------|-----------|-----------|
| A      | < 370              | 6  | 21        | 13    | 8         | 34        |
| B      | 370 - 470          | 13 | 20        | 12    | 8         | 32        |
| C      | > 470              | 11 | 14        | 9     | 5         | 23        |

**Tabelle 52: Ausreißer die in jeder Klasse detektiert wurden**

| Klasse | die Städte Nr. nach Klassen       | Ausreißer |
|--------|-----------------------------------|-----------|
| A      | 28,25,12,8,5,3                    | 25,28,3   |
| B      | 11,6,7,1,2,9,13,17,18,20,21,22,30 | 30,22,1,2 |
| C      | 10,16,4,19,14,23,24,26,27,29,15   | 4         |

Die Werte des Motorisierungsgrads werden in 3 Klassen geteilt (siehe Abbildung 39).

Die Klasse C hat einen Motorisierungsgrad von weniger als 370, wobei der Radverkehrsanteil meistens hoch liegt. In dieser Klasse befinden sich niederländische Stadt den Haag, dänische Stadt Kopenhagen und deutsche Stadt Bremen.

Klasse B hat Motorisierungsgrad zwischen 370 - 470, wobei der Radverkehrsanteil nach Modal Split meistens mittel liegt. Beispiel dafür sind: die dänische Stadt Århus, 3 deutsche Städte Augsburg, Hannover, Bielefeld. Die Ausreißer in dieser Klasse sind: Groningen (NL), Eindhoven (NL), Münster und Freiburg in Deutschland, mit einem Motorisierungsgrad über 370 und einen Radverkehrsanteil: hoch.

In der Klasse A, mit einem Motorisierungsgrad grösser als 470, befinden sich eine Gruppe von Städten mit einem niedrigen Radverkehrsanteil zwischen 6% und 8 %, wie z.B.: Linz (AT), Bologna in Italien, Oberhausen, Mönchengladbach, Bochum in Deutschland. Die deutsche Stadt Dresden, die den höchsten Motorisierungsgrad von 668 Pkw pro 1000 EW besitzt hat mittleren Radverkehrsanteil.

Nach der Methode gewichtete Mittelwerte (siehe Tabelle 53) werden die Klasse des Motorisierungsgrades in Verbindung mit den Klassen des Modal Splits: Rad gesetzt. Aus den Produktsummen Mittelwert nach Klasse Radverkehrsanteile in Modal Split und Gewichte folgt, dass Klasse C die beste für die hohe Radakzeptanz ist.

**Tabelle 53: Drei unterschiedlich gewichtete Messwerte nach Modal Split: Rad**

| Klasse | Motorisierungsgrad (Pkw/1000) | X  | $Y_m$ (%) | $S_y$ | $Y_m - S$ | $Y_m + S$ |
|--------|-------------------------------|----|-----------|-------|-----------|-----------|
| C      | < 370                         | 6  | 21        | 13    | 8         | 34        |
| B      | 370 - 470                     | 13 | 20        | 12    | 8         | 32        |
| A      | > 470                         | 11 | 14        | 9     | 5         | 23        |

Die Werte für den Motorisierungsgrad und für Modal Split: Rad der 30 ausgewählten Städte werden in einer Excel-Tabelle eingetragen wo sie anhand der eingegebenen Grenzwerte den drei Klassen zugeteilt werden.

Die Datenanalyse wird in einer Kardinalskala durchgeführt (siehe Tabelle 55). Die neuen Klassen für die Indikatoren haben folgende Farben im Vergleich mit Modal Split Anteile:

- In der Klasse C des Motorisierungsgrads entsprechen die Städte: Groningen, Kopenhagen, Utrecht, Bremen, Karlsruhe, Tilburg (rote Farbe) einen Radverkehrsanteil hoch (grüne Farbe).
- In der Klasse B des Motorisierungsgrads entsprechen die Städte: Graz, Augsburg, Mannheim (gelbe Farbe) einen Radverkehrsanteil mittel (grüne Farbe).
- In der Klasse A des Motorisierungsgrads entsprechen die Städte: Linz, Bologna, Oberhausen, Mönchengladbach, Bochum, Aachen, Dortmund (gelbe Farbe) einen Radverkehrsanteil hoch (rote Farbe).

Die Funktion für die hohe Radakzeptanz besteht aus den Indikatoren: Modal Split: Radverkehrsanteil hoch (> 20 %) und Motorisierungsgrad (< 370), siehe Tabelle 54.

**Tabelle 54: Drei unterschiedlich gewichtete Messwerte nach Modal Split: Rad**

| Klasse | Modal Split (Rad)<br>$X_{mi}$ | Gewichte $w_i$ | Abweichungen $x_i - a$ | Radakzeptanz<br>$w_i * (x_i - a)$ |
|--------|-------------------------------|----------------|------------------------|-----------------------------------|
| C      | 21                            | 2              | 7,0                    | 14,0                              |
| B      | 20                            | 1              | 5,8                    | 5,8                               |
| A      | 14                            | 1              | 0,0                    | 0,0                               |

**Tabelle 55: Kardinalskalierte Werte des Motorisierungsgrads<sup>125</sup>**

| Städte Nr | ausgewählte 30 mittel Großstädte | Motorisierungsgrad:<br>(2011 -2017) | Modal Split: Rad |
|-----------|----------------------------------|-------------------------------------|------------------|
| 1         | Eindhoven (NL)                   | 416                                 | 40               |
| 2         | Münster (DEU)                    | 452                                 | 39               |
| 3         | Groningen (NL)                   | 289                                 | 39               |
| 4         | Freiburg (DEU)                   | 500                                 | 34               |
| 5         | Kopenhagen (DK)                  | 220                                 | 30               |
| 6         | Tilburg (NL)                     | 390                                 | 29               |
| 7         | Utrecht (NL)                     | 390                                 | 26               |
| 8         | Bremen (DEU)                     | 280                                 | 25               |
| 9         | Karlsruhe (DEU)                  | 449                                 | 25               |
| 10        | Gent (BEL)                       | 475                                 | 22               |
| 11        | Hannover (DEU)                   | 390                                 | 20               |
| 12        | den Haag (NL)                    | 310                                 | 19               |
| 13        | Aarhus (DK)                      | 458                                 | 19               |
| 14        | Krefeld (DEU)                    | 500                                 | 17               |
| 15        | Dresden (DEU)                    | 668                                 | 17               |
| 16        | Graz (AUT)                       | 473                                 | 16               |
| 17        | Bielefeld (DEU)                  | 416                                 | 15               |
| 18        | Augsburg (DEU)                   | 455                                 | 15               |
| 19        | Mannheim (DEU)                   | 478                                 | 15               |
| 20        | Aachen (DEU)                     | 443                                 | 11               |
| 21        | Ljubljana (SVN)                  | 434                                 | 10               |
| 22        | Dortmund (DEU)                   | 461                                 | 6                |
| 23        | Oberhausen (DEU)                 | 501                                 | 8                |
| 24        | Bologna (ITA)                    | 522                                 | 7                |
| 25        | Göteborg (SWE)                   | 343                                 | 7                |
| 26        | Moenchengl. (DEU)                | 501                                 | 6                |
| 27        | Bochum (DEU)                     | 508                                 | 5                |
| 28        | Zürich (CHE)                     | 365                                 | 6                |
| 29        | Linz (AUT)                       | 504                                 | 7                |
| 30        | Wuppertal (DEU)                  | 466                                 | 2                |

| Legende:                   | Klasse    | Legende:                  | Klasse     |
|----------------------------|-----------|---------------------------|------------|
| Motorisierungsgrad niedrig | < 370     | Radverkehrsanteil niedrig | < 10 %     |
| Motorisierungsgrad mittel  | 370 - 470 | Radverkehrsanteil mittel  | 10% - 20 % |
| Motorisierungsgrad hoch    | > 470     | Radverkehrsanteil hoch    | > 20 %     |

Abschließend kann ich sagen, dass der Motorisierungsgrad einen negativen Effekt auf die Radverkehrsanteile im Modal Split hat.

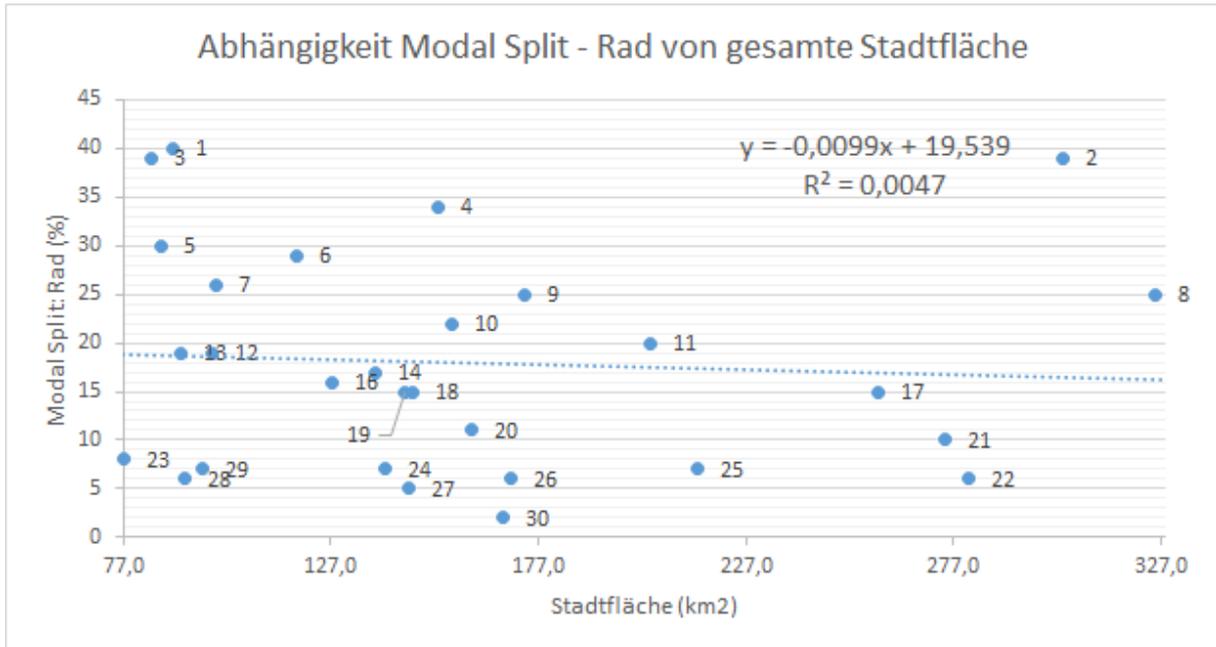
<sup>125</sup> (EPOMM, 2017)

### 5.1.7 Gesamte Stadtfläche

In diesem Abschnitt soll beurteilt werden, ob die innerstädtische Fläche einen Einfluss auf das Radfahren hat.

Die Funktion besteht aus 2 Indikatoren: Modal Split: Rad und Stadtfläche.

Der Korrelationskoeffizient (R) nach Pearson beträgt für diese Funktion einen Wert von Null. Die lineare Regressionsanalyse ergibt eine Horizontale dabei kann man über den Trend der Funktion keine Aussage machen (siehe Abbildung 40). Diese Korrelation zeigt, dass keinen Zusammenhang zwischen der Stadtfläche und dem Modal Split: Rad existiert.



**Abbildung 40: Abhängigkeit Modal Split: Rad von gesamte Stadtfläche**

Nach (Randelhoff, Zukunft Mobilität , 2013) keinen Zusammenhang zwischen zwei Bezugsgröße wird so interpretiert: „Es zeigt sich, dass die Stadtfläche auf den Radverkehrsanteil keinen großen Einfluss zu haben scheint. Dies kann zum einen an der Schwäche der Bezugsgröße und zum anderen an den Wegebeziehungen innerhalb von größeren Städten liegen.“<sup>126</sup> In Städte mit unterschiedliche Flächengröße kann einen hohen Radverkehrsanteil auftreten.

<sup>126</sup> (Randelhoff, Zukunft Mobilität , 2013)

### 5.1.8 Die Straßennetzlänge

Hier wird geprüft ob es einen Zusammenhang zwischen Modal Split und Straßennetzlänge existiert.

Die Funktion besteht aus 2 Indikatoren: Modal Split: Rad und Straßennetzlänge.

Der Korrelationskoeffizient (R) nach Pearson beträgt für diese Funktion einen Wert von Null. Die lineare Regressionsanalyse ergibt eine Horizontale was zur Folge hat, dass man keine Aussage über den Trend der Funktion machen kann (siehe Abbildung 41). Diese Korrelation zeigt, dass keinen Zusammenhang zwischen der Straßennetzlänge und dem Modal Split: Rad existiert. Das Modell ist sehr schlecht, weil der P-Wert 0,893 beträgt, was hoch ist.

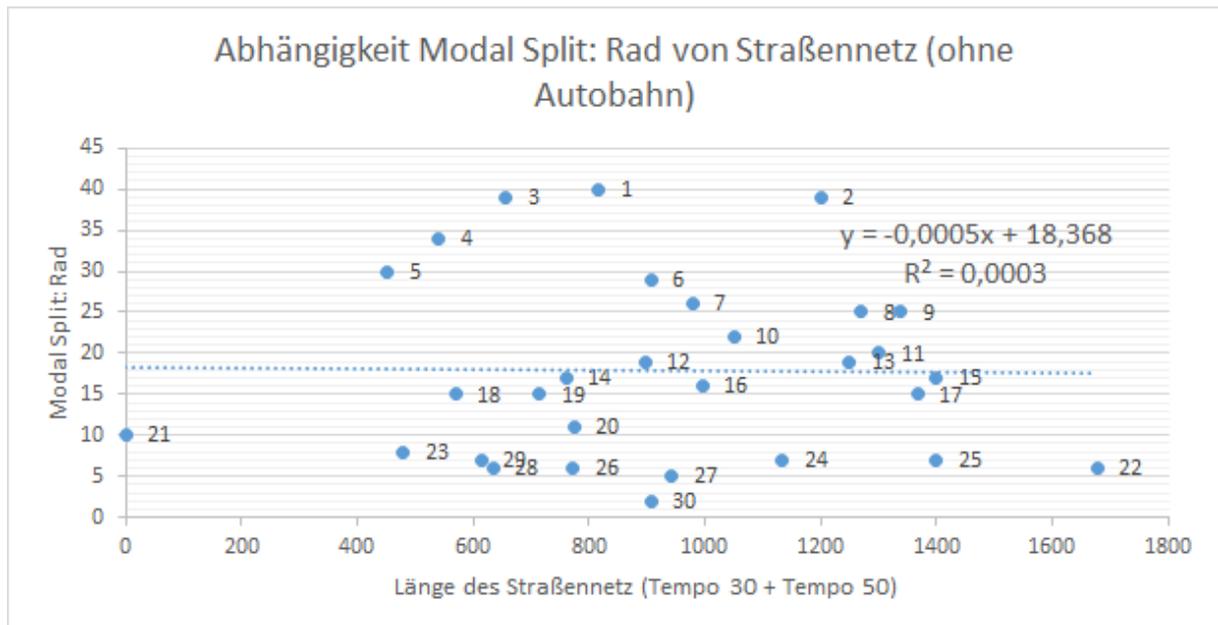


Abbildung 41: Abhängigkeit Modal Split: Rad von Straßennetz

Das betrachtete Straßennetz, am Beispiel Graz umfasst das Tempo 30 Straßennetz und das Tempo 50 Straßennetz. Es stellte sich heraus, dass verkehrsberuhigte Bereiche, wie Tempo 30 Straßen, einen positiven Einfluss auf das Radfahren im Alltag haben. Deshalb wird in nächsten Abschnitt noch ein Indikator in der Funktion eingeführt, was die Zusammenhänge erklärt kann.

### 5.1.9 Anteile Radwege an Straßennetz

In diesem Abschnitt wird überprüft ob die Mehrzahl an verkehrsberuhigten Bereichen einen positiven Einfluss auf das Radfahren hat.

Das Straßennetz in den betrachteten Städten umfasst die verkehrsberuhigten Stadtbereiche wie am Beispiel Graz: Tempo 30 Straßennetz und Tempo 50 Straßennetz.

Die Funktion besteht aus: Radwegelänge, Straßennetzlänge, Modal Split: Rad.

Die Nullhypothese wird bei 1% Irrtumswahrscheinlichkeit verworfen, d.h. es besteht ein schwach signifikanter Zusammenhang zwischen x und y. Der P-Wert für diese Funktion beträgt 0,07 und das korrigierte Bestimmtheitsmaß beträgt 0,073.

Der Korrelationskoeffizient (R) nach Pearson beträgt für diese Funktion einen Wert von 0,338. Die lineare Regressionsanalyse zeigt einen positiven Trend (siehe Abbildung 42). Je höher der Anteil Radwegelänge an Straßennetzlänge, desto höher liegt der Radfahreranteil.

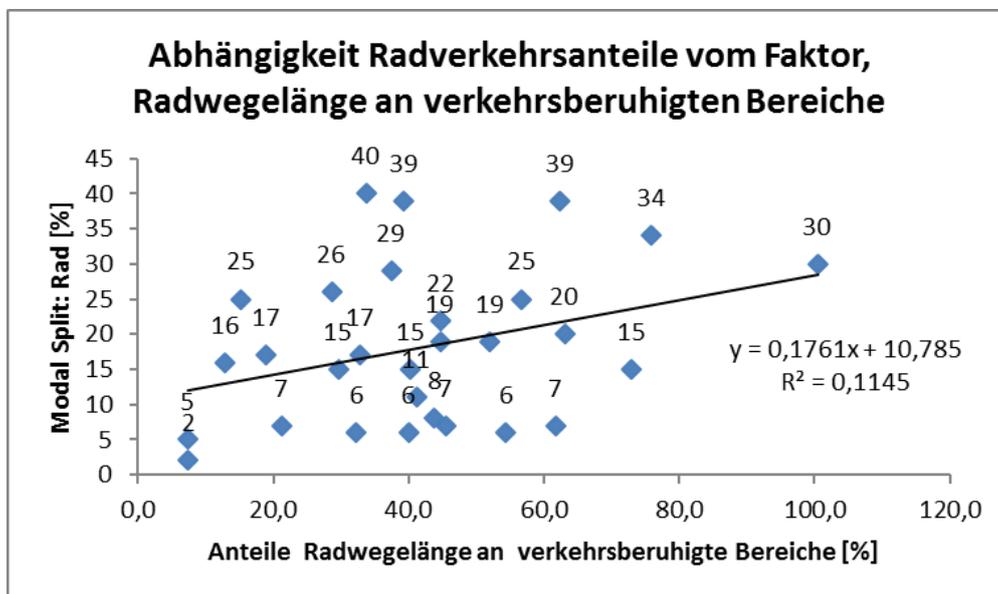


Abbildung 42: Abhängigkeit Modal Split: Rad und Anteile Radwegelänge an Straßennetzlänge

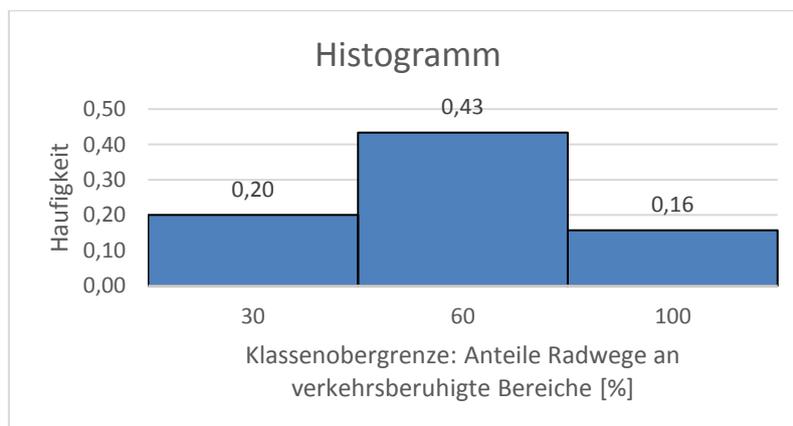


Abbildung 43: Histogramm der Anteile Radwege an Straßennetz nach Klassen

Die Werte die aus dem Intervall Mittelwert von Modal Split: Rad +/- Standardabweichung ( $Y_m \pm S$ ) herausfallen sind Ausreißer die eliminiert werden müssen. (siehe Tabelle 56 und Tabelle 57).

**Tabelle 56: Bewertung des Indikators nach Modal Split: Rad**

| Klasse | Bereich (%) | X  | Ym (%) | Sy | Ym-S | Ym+S |
|--------|-------------|----|--------|----|------|------|
| C      | < 30        | 9  | 15     | 10 | 6    | 25   |
| B      | 30 - 60     | 13 | 16     | 11 | 5    | 28   |
| A      | > 60        | 8  | 27     | 13 | 14   | 41   |

**Tabelle 57: Ausreißer die in jeder Klasse ermittelt wurden**

| Klasse | die Städte Nr. nach Klassen           | Ausreißer  |
|--------|---------------------------------------|------------|
| C      | 7,9,15,16,29,27,21                    | 25,27,29,7 |
| B      | 14,1,2,6,10,12,19,20,28,22,23,25,26,8 | 1,2,6      |
| A      | 3,11,18,4,3,2,17,24,13                | 24         |

Die fahrradfreundlichen Städte Kopenhagen in Dänemark und Freiburg in Deutschland haben einen hohen Anteil an Tempo 30 bzw. Tempo 50 Straßen. Es stellte sich heraus, dass gut ausgebaute innerstädtische Verkehrsberuhigte Bereiche sich gut für das sichere Radfahren durch die Stadt eignen. Die Indikatorwerte: Anteile Radwege an Straßennetz werden in 3 Klassen geteilt (siehe Abbildung 43).

In der Klasse A, wo die Radweglänge/Straßennetzlänge größer als 60 % ist, liegt der Radverkehrsanteil meistens hoch. In dieser Klasse befinden sich die Städte mit einem Radverkehrsanteil ab 20 %, wie folgt: Groningen in den Niederlanden, Kopenhagen in Dänemark, Freiburg, Bremen und Hannover in Deutschland.

In der Klasse B, wo die Radweglänge/Straßennetzlänge zwischen 30% und 60% ist, liegt der Radverkehrsanteil meistens niedrig. In dieser Klasse mit dem Radverkehrsanteil unter 10 % befinden sich folgende Städte: schweizerische Stadt Zürich, schwedische Stadt Göteborg, und abschließend 4 deutsche Städte Aachen, Dortmund, Oberhausen, Mönchengladbach.

In der Klasse C, wo die Radweglänge/Straßennetzlänge kleiner als 30 % ist, liegt der Radverkehrsanteil meistens mittel. In dieser Klasse befinden die Österreicher Stadt Graz und deutsche Stadt Dresden.

Nach der Methode gewichtete Mittelwerte werden die Anteile der Radwege an Straßennetz nach 3 Klassen in Verbindung mit den Klassen des Modal Splits: Rad gesetzt (siehe Tabelle 58). Aus den Produktsummen Mittelwert nach Klasse Radverkehrsanteile in Modal Split und Gewichte folgt, dass Klasse A die beste für eine hohe Radakzeptanz ist.

**Tabelle 58: Drei unterschiedlich gewichtete Messwerte nach Modal Split: Rad**

| Anteile der Radwege an Straßennetz nach Klassen: | Modal Split: Rad (Ymi) | Gewichte wi | Abweichungen Yi-a | Radakzeptanz $w_i * (Y_i - a)$ |
|--|------------------------|-------------|-------------------|--------------------------------|
| C  | 15                     | 1           | 0,0               | 0,0                            |
| B  | 17                     | 1           | 7,9               | 7,9                            |
| A  | 25                     | 2           | 9,4               | 18,7                           |

Die Werte für die Anteile der Radwege an Straßennetz und für Modal Split: Rad der 30 ausgewählten Städte werden in einer Excel-Tabelle eingetragen wo sie anhand der eingegebenen Grenzwerte den drei Klassen zugeteilt werden.

Die Datenanalyse wird in einer Kardinalskala durchgeführt (siehe Tabelle 60). Die neuen Indikatoren haben folgende Farben im Vergleich mit Modal Split Anteile:

- In der Klasse A Anteile Radwege an verkehrsberuhigte Bereiche sind: Freiburg, Kopenhagen, Bremen und Hannover (grünelbe Farbe) weisen einen Radverkehrsanteil hoch (grüne Farbe) auf.
- In der Klasse B Anteile Radwege an verkehrsberuhigte Bereiche sind: Göteborg, Aachen, Dortmund, Oberhausen, Mönchengladbach, Bologna (gelbe Farbe) weisen einen Radverkehrsanteil mittel (rote Farbe) auf
- In der Klasse C Anteile Radwege an verkehrsberuhigte Bereiche sind: Graz, Bielefeld, Krefeld, Dresden (rote Farbe) weisen einen Radverkehrsanteil niedrig (gelb Farbe) auf.

Die Funktion für die hohe Radakzeptanz besteht aus neuen Indikatoren: Modal Split: Radverkehrsanteil hoch (> 20 %) und Anteile Radwege an verkehrsberuhigte Bereiche (> 60 %), siehe Tabelle 59.

**Tabelle 59: Neue Regeln für die bedingte Formatierung**

| Anteile Radwege an Straßennetz nach Klassen | Bereiche [%] | Modal Split: Rad    | Klasse (%) |
|---|--------------|---------------------|------------|
| C   | < 30         | Mittel (10% - 20 %) | B          |
| B   | 30 - 60      | Niedrig (< 10%)     | C          |
| A   | > 60         | Hoch (> 20%)        | A          |

Zusammenfassend kann zum Thema verkehrsberuhigte Bereiche allgemein gesagt werden, dass diese das Radfahren im Mischverkehr begünstigen. Die Reduzierung der Geschwindigkeit erhöht die Verkehrssicherheit für Radfahrer.

**Tabelle 60: Kardinalskalierte Werte des Anteile Radwege an Straßennetz<sup>127</sup>**

| Städte Nr | ausgewählte 30 mittel Großstädte | Radwegelänge/<br>Straßennetzlänge<br>(%) | Modal Split: Rad |
|-----------|----------------------------------|--|------------------|
| 1         | Eindhoven (NLD)                  | 34                                       | 40               |
| 2         | Münster (DEU)                    | 39                                       | 39               |
| 3         | Groningen (NLD)                  | 62                                       | 39               |
| 4         | Freiburg (DEU)                   | 76                                       | 34               |
| 5         | Kopenhagen (DNK)                 | 100                                      | 30               |
| 6         | Tilburg (NLD)                    | 37                                       | 29               |
| 7         | Utrecht (NLD)                    | 29                                       | 26               |
| 8         | Bremen (DEU)                     | 57                                       | 25               |
| 9         | Karlsruhe (DEU)                  | 15                                       | 25               |
| 10        | Gent (BEL)                       | 45                                       | 22               |
| 11        | Hannover (DEU)                   | 63                                       | 20               |
| 12        | den Haag (NLD)                   | 45                                       | 19               |
| 13        | Aarhus (DNK)                     | 52                                       | 19               |
| 14        | Krefeld (DEU)                    | 33                                       | 17               |
| 15        | Dresden (DEU)                    | 19                                       | 17               |
| 16        | Graz (AUT)                       | 13                                       | 16               |
| 17        | Bielefeld (DEU)                  | 30                                       | 15               |
| 18        | Augsburg (DEU)                   | 73                                       | 15               |
| 19        | Mannheim (DEU)                   | 40                                       | 15               |
| 20        | Aachen (DEU)                     | 45                                       | 11               |
| 21        | Ljubljana (SVN)                  | k.A.                                     | 10               |
| 22        | Dortmund (DEU)                   | 40                                       | 6                |
| 23        | Oberhausen (DEU)                 | 44                                       | 8                |
| 24        | Bologna (ITA)                    | 62                                       | 7                |
| 25        | Göteborg (SWE)                   | 45                                       | 7                |
| 26        | Moenchengl. (DEU)                | 54                                       | 6                |
| 27        | Bochum (DEU)                     | 7  | 5                |
| 28        | Zürich (CHE)                     | 32                                       | 6                |
| 29        | Linz (AUT)                       | 21                                       | 7                |
| 30        | Wuppertal (DEU)                  | 7  | 2                |

| Legende:                               | Klasse  | Legende:                  | Klasse     |
|--|---------|---------------------------|------------|
| Anteile Radwege an Straßennetz niedrig | < 30    | Radverkehrsanteil niedrig | < 10 %     |
| Anteile Radwege an Straßennetz niedrig | 30 - 60 | Radverkehrsanteil mittel  | 10% - 20 % |
| Anteile Radwege an Straßennetz niedrig | > 60    | Radverkehrsanteil hoch    | > 20 %     |

Abschließend kann ich sagen, dass Anteile Radwege an Straßennetz einen positiven Einfluss auf die Radverkehrsanteile im Modal Split haben.

<sup>127</sup> (EPOMM, 2017)

### 5.1.10 Takthäufigkeit

Die Takthäufigkeit wird anhand der gesamte Anzahl an Straßenbahnlinien erhoben. Im Zuge dieser Masterarbeit werden die Daten als Literaturrecherche auf Internetseiten der zuständigen Verkehrsbetrieben in jeder Stadt übernommen.

Die Methodik basiert auf den Fahrplänen der zuständigen Verkehrsbetriebe. Beispielsweise Graz hat 6 Straßenbahnlinien, wie folgt:

- 4 Straßenbahnlinien im 7,5 Minuten-Takt
- Eine Straßenbahnlinie im 5 Minuten-Takt
- Eine Straßenbahnlinie im 10 Minuten-Takt
- Der durchschnittliche Wert liegt bei 7,5 Minuten in der Hauptverkehrszeit

$$\frac{(4 \cdot 7,5) + (1 \cdot 5) + (1 \cdot 10)}{6} = 7,5 \text{ Minuten Takt}$$

Die Takthäufigkeit wird in 4 Klassen unterteilt. Anhand dieser Wert wird geprüft, welche Qualität das ÖV-Angebot in den Städten besitzt. Nach dieser Einteilung hätte Graz z.B. einen ÖV Qualität von 3 (siehe Tabelle 63).

Die t-Werte et. Tabelle 10.2, 2-seitig  $t_{n-2, \frac{\alpha}{2}}$  liefern folgende Ergebnisse:

- Für das Straßenbahnnetz ist  $t_{8, 0,95} = 1,701 > -1,767$  (siehe Tabelle 61);
- Für das Busnetz ist  $t_{8, 0,95} = 1,701 > -2,024$  (siehe Tabelle 62);

$H_0$  wird mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 10 % nicht verworfen, d.h. mit 10 % Irrtumswahrscheinlichkeit existiert das lineare Modell nicht.

**Tabelle 61: Datenanalyse der einfachen linearen Regression**

|                                   | Standardfehler | t-Statistik | P-Wert |
|-----------------------------------|----------------|-------------|--------|
| Takthäufigkeit: Straßenbahnnetz   | 0,363          | -1,767      | 0,088  |
| Multipler Korrelationskoeffizient | 0,317          |             |        |
| Bestimmtheitsmaß                  | 0,100          |             |        |
| Adjustiertes Bestimmtheitsmaß     | 0,068          |             |        |

**Tabelle 62: Datenanalyse der einfachen linearen Regression**

|                                   | Standardfehler | t-Statistik | P-Wert |
|-----------------------------------|----------------|-------------|--------|
| Takthäufigkeit: Busnetz           | 0,304          | -2,024      | 0,053  |
| Multipler Korrelationskoeffizient | 0,357          |             |        |
| Bestimmtheitsmaß                  | 0,128          |             |        |
| Adjustiertes Bestimmtheitsmaß     | 0,096          |             |        |

Anhand von Tabelle 61 und Tabelle 62 lässt sich zeigen, je schlechtere die Qualität des ÖV-Angebots ist, desto höher liegt der Radverkehrsanteil. Es ist nicht genug die Straßenbahn alleine zu betrachten, sondern in Kombination mit dem Busverkehr, hierbei liefert es einen deutlich Veränderung im Zusammenhang mit dem Radverkehr (siehe das multiple Modell 18.6).

**Tabelle 63: Bedienung im Tag- und Nachtzeit: Straßenbahn**

| Städte Nr | ausgewählte 30 mittel Großstädte | Takt: Straßenbahn |        |                  | Klasse des ÖVs |
|-----------|----------------------------------|-------------------|--------|------------------|----------------|
|           |                                  | tags              | nachts | nachts (Uhrzeit) |                |
| 1         | Eindhoven (NLD)                  | 0                 | 0      | -                | -              |
| 2         | Münster (DEU)                    | 0                 | 0      | -                | -              |
| 3         | Groningen (NLD)                  | 0                 | 0      | -                | -              |
| 4         | Freiburg (DEU)                   | 6                 | 30     | 23               | 2              |
| 5         | Kopenhagen (DK)                  | 0                 | 0      | -                | -              |
| 6         | Tilburg (NLD)                    | 0                 | 0      | -                | -              |
| 7         | Utrecht (NLD)                    | 0                 | 0      | -                | -              |
| 8         | Bremen (DEU)                     | 10                | 20     | 23               | 2              |
| 9         | Karlsruhe (DEU)                  | 10                | 20     | 23               | 2              |
| 10        | Gent (BEL)                       | 6                 | 15     | 23               | 2              |
| 11        | Hannover (DEU)                   | 7,5               | 10     | 01               | 4              |
| 12        | den Haag (NLD)                   | 10                | 15     | 01               | 3              |
| 13        | Aarhus (DNK)                     | 0                 | 0      | -                | -              |
| 14        | Krefeld (DEU)                    | 10                | 30     | 01               | 3              |
| 15        | Dresden (DEU)                    | 15                | 30     | 01               | 1              |
| 16        | Graz (AUT)                       | 7,5               | 15     | 23               | 2              |
| 17        | Bielefeld (DEU)                  | 10                | 20     | 01               | 3              |
| 18        | Augsburg (DEU)                   | 5                 | 15     | 01               | 4              |
| 19        | Mannheim (DEU)                   | 10                | 30     | 01               | 3              |
| 20        | Aachen (DEU)                     | 0                 | 0      | -                | -              |
| 21        | Ljubljana (SVN)                  | 0                 | 0      | -                | -              |
| 22        | Dortmund (DEU)                   | 0                 | 0      | -                | -              |
| 23        | Oberhausen (DEU)                 | 15                | 30     | 23               | 1              |
| 24        | Bologna (ITA)                    | 0                 | 0      | -                | -              |
| 25        | Göteborg (SWE)                   | 7,5               | 15     | 23               | 2              |
| 26        | Moenchengl. (DEU)                | 0                 | 0      | -                | -              |
| 27        | Bochum (DEU)                     | 15                | 30     | 23               | 1              |
| 28        | Zürich (CHE)                     | 7,5               | 15     | 01               | 3              |
| 29        | Linz (AUT)                       | 7,5               | 30     | 23               | 2              |
| 30        | Wuppertal (DEU)                  | 7                 | 15     | 23               | 2              |

**Tabelle 64: Klassifizierte Einstufung der ÖV-Qualität**

| die Klassen       | Beschreibung   |
|-------------------|--|
| sehr guter ÖV = 4 | umfangreiches Liniennetz, Taktzeiten < 5 min tags u. < 15min nachts bis mind 1.00            |
| guter ÖV = 3      | umfangreiches Liniennetz, Taktzeiten <10min tags u. < 30 nachts bis 01:00                    |
| mittlerer ÖV = 2  | grosses aber nicht vollständiges Liniennetz, Taktzeiten < 10 min tags u. 30 nachts bis 23:00 |
| schlechter ÖV = 1 | der Rest   |

**Tabelle 65: Bedienung im Tag- und Nachtzeit: Bus**

| Städte Nr | ausgewählte 30 mittel Großstädte | Takt: Bus |        |                  | Klasse des ÖVs |
|-----------|----------------------------------|-----------|--------|------------------|----------------|
|           |                                  | tags      | nachts | nachts (Uhrzeit) |                |
| 1         | Eindhoven (NLD)                  | 15        | 30     | 01               | 1              |
| 2         | Münster (DEU)                    | 10        | 30     | 23               | 2              |
| 3         | Groningen (NLD)                  | 15        | 30     | 01               | 1              |
| 4         | Freiburg (DEU)                   | 15        | 30     | 23               | 1              |
| 5         | Kopenhagen (DK)                  | 15        | 20     | 01               | 1              |
| 6         | Tilburg (NLD)                    | 10        | 30     | 23               | 2              |
| 7         | Utrecht (NLD)                    | 15        | 30     | 01               | 1              |
| 8         | Bremen (DEU)                     | 20        | 30     | 01               | 1              |
| 9         | Karlsruhe (DEU)                  | 10        | 20     | 23               | 3              |
| 10        | Gent (BEL)                       | 10        | 20     | 01               | 3              |
| 11        | Hannover (DEU)                   | 20        | 30     | 01               | 1              |
| 12        | den Haag (NLD)                   | 10        | 30     | 01               | 3              |
| 13        | Aarhus (DNK)                     | 30        | 40     | 01               | 1              |
| 14        | Krefeld (DEU)                    | 15        | 30     | 23               | 1              |
| 15        | Dresden (DEU)                    | 15        | 30     | 01               | 1              |
| 16        | Graz (AUT)                       | 10        | 20     | 01               | 3              |
| 17        | Bielefeld (DEU)                  | 30        | 30     | 23               | 1              |
| 18        | Augsburg (DEU)                   | 15        | 30     | 23               | 1              |
| 19        | Mannheim (DEU)                   | 15        | 30     | 01               | 1              |
| 20        | Aachen (DEU)                     | 7,5       | 30     | 01               | 3              |
| 21        | Ljubljana (SVN)                  | 15        | 20     | 23               | 1              |
| 22        | Dortmund (DEU)                   | 30        | 45     | 01               | 1              |
| 23        | Oberhausen (DEU)                 | 20        | 30     | 23               | 1              |
| 24        | Bologna (ITA)                    | 15        | 30     | 01               | 1              |
| 25        | Göteborg (SWE)                   | 20        | 30     | 23               | 1              |
| 26        | Moenchengl. (DEU)                | 20        | 30     | 23               | 1              |
| 27        | Bochum (DEU)                     | 20        | 30     | 01               | 1              |
| 28        | Zürich (CHE)                     | 10        | 20     | 01               | 3              |
| 29        | Linz (AUT)                       | 15        | 30     | 01               | 1              |
| 30        | Wuppertal (DEU)                  | 30        | 30     | 01               | 1              |

**Tabelle 66: Klassifizierte Einstufung der ÖV-Qualität**

| die Klassen       | Beschreibung   |
|-------------------|--|
| sehr guter ÖV = 4 | umfangreiches Liniennetz, Taktzeiten < 5 min tags u. < 15min nachts bis mind 1.00            |
| guter ÖV = 3      | umfangreiches Liniennetz, Taktzeiten <10min tags u. < 30 nachts bis 01:00                    |
| mittlerer ÖV = 2  | grosses aber nicht vollständiges Liniennetz, Taktzeiten < 10 min tags u. 30 nachts bis 23:00 |
| schlechter ÖV = 1 | der Rest   |

Abschließend kann ich sagen, dass eine gute Bedienungsqualität im öffentlichen Verkehr beeinflusst die Senkung der Radverkehrsanteiles.

### 5.1.11 Multiple Modelle

Im Kapitel 4 (siehe Tabellen auf Seite **Fehler! Textmarke nicht definiert.**) habe ich die Indikatoren für die 30 Städte festgehalten. Die Daten wurden präsentiert und dann in diesem Abschnitt weiter verwendet. Ich habe 18 verschiedene Modelle ausprobiert. Diese Modelle haben sich nach folgender Tabelle gestaltet, mit den verschiedenen Parametern (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Zuerst wurden die Modelle mit 2 Prädikatoren  $y=f(x_1, x_2)$ ,  $y=f(x_1, x_3)$  und  $y=f(x_2, x_3)$  berechnet und dann wurde das dreidimensionale Modell  $y=f(x_1, x_2, x_3)$  angewendet. Dann wurde versucht, ob die Aussagen logisch sind oder nicht. Die Ergebnisse der 18 Modellen sind im Anhang detailliert dargestellt, also jeweils einzeln. (siehe Tabellen auf den Seiten 152 bis 169).

#### **Das Modell 1**

Dieses Modell beinhaltet drei Variablen: insgesamte Radwegelänge, Einwohnerdichte im Bauland und Motorisierungsgrad. Es wurde keine Signifikanz gefunden (siehe Tabelle 100). Das Ergebnis ist nicht eindeutig, weil das Radfahren die Senkung des Motorisierungsgrades beeinflusst.

#### **Das Modell 2**

Dieses Modell beinhaltet drei Variablen: insgesamte Radwegelänge, Motorisierungsgrad und Straßennetzlänge ohne Autobahn. Es wurde keine Signifikanz gefunden (siehe Tabelle 102). Das stimmt nicht so ganz, weil das Straßennetz ohne Autobahn meistens aus T30 und T50-Straßen besteht, begünstigen das Radfahren. Je mehr ausgebaute Straßen (ohne Autobahn), desto mehr Platz ist vorhanden um Radwege zu bauen. Allgemein betrachtet haben die Radwegelänge und das Straßennetz ohne Autobahn einen positiven Einfluss auf die Radverkehrsanteile, wohingegen der Motorisierungsgrad einen negativen Einfluss hat.

#### **Das Modell 3**

Dieses Modell beinhaltet drei Variablen: insgesamte Radwegelänge, Linienlänge: Straßenbahnnetz und Linienlänge: Busnetz. Es wurde keine Signifikanz gefunden (siehe Tabelle 104). Dieses Ergebnis ist allerdings nicht sinnvoll. Die Liniennetzlänge des ÖV-Mittels gibt an, wie gut das ÖV-Angebot in der Stadt ist. Dort wo das ÖV-Angebot besser ausgebaut ist, ist der Radverkehrsanteil niedriger.

#### **Das Modell 4**

Dieses Modell hat schon die Ergebnisse, welches drei Variablen: insgesamte Radwegelänge, Einwohnerzahl und Einwohnerdichte beinhaltet.

Modell 4.4 mit  $y = 10,712 + 0,004 * \text{Radwegelänge} - 0,00003 * \text{Einwohnerzahl}$  mit dem korrigierten Bestimmtheitsmaß von 6 % und eine Signifikanz der Indikatoren von 0,095 und 0,105 (schwach signifikant). Die Modelle 4.5, 4.6 und 4.7 sind sehr schlecht (geringe  $R^2_{\text{kor}}$  und hohe p-Werte) und als solche abzulehnen (siehe Tabelle 67 und Tabelle 106Tabelle 67). Je besser die ausgebauten Radwege sind, desto größer ist der Anteil am Radverkehr, d.h. mehr Menschen nutzen das Fahrrad.

Das Modell 4 in der einfachen Regression besteht wie folgt aus 3 eindimensionalen Modellen:

- Das Modell 4.1:  $R^2_{\text{korr}}=-0,006$ ;  $p=0,370$ ;
- Das Modell 4.2:  $R^2_{\text{korr}}=-0,008$ ;  $p=0,386$ ;
- Das Modell 4.3:  $R^2_{\text{korr}}=-0,018$ ;  $p=0,490$ .

**Tabelle 67: Das multiple Modell 4**

| Modell Nr.   | 4.4                             |                                 | 4.5                             |                                 | 4.6                             |                                 | 4.7  |                                 |                                 |
|--|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--|---------------------------------|---------------------------------|
| Parameter  | x1 Radweg<br>x2 Einwohner       |                                 | x1 Radweg<br>x3 EW-Dichte       |                                 | x2 Einwohner<br>x3 EW-Dichte    |                                 | x1 Radweglänge<br>x2 Einwohnerzahl<br>x3 EW-Dichte |                                 |                                 |
| geschätzt $\beta_0$ (=est $\beta_0$ )                  | 20,8183                         |                                 | 13,527                          |                                 | 21,5223                         |                                 | 18,625   |                                 |                                 |
| Koeffizienten  | <i>est <math>\beta_1</math></i> | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_1</math></i> | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_1</math></i> | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_1</math></i>                    | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_3</math></i> |
|  | 0,0204                          | -0,00003                        | 0,010                           | 0,0003                          | 0,0000                          | 0,0013                          | 0,023  | 0,000                           | 0,002                           |
| Bestimmtheitsmaß $R^2$                                 | 0,124                           |                                 | 0,034                           |                                 | 0,045                           |                                 | 0,167  |                                 |                                 |
| korr Bestimmtheitsmaß                                  | 0,059                           |                                 | -0,038                          |                                 | -0,026                          |                                 | 0,070  |                                 |                                 |
| Standardfehler   | 10,712                          |                                 | 11,251                          |                                 | 11,185                          |                                 | 10,647   |                                 |                                 |
| <b>Signifikanztest für Bestimmtheitsmaß mit F-Test</b> |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |  |                                 |                                 |
| Prüfgröße F-Statistik                                  | 1,910                           |                                 | 0,47                            |                                 | 0,636                           |                                 | 1,73   |                                 |                                 |
| F-Wert für 90%   | F (2, 30-2-1, .95) = 3,369      |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 | 2,992  |                                 |                                 |
| akzeptiert 10% Irrtum                                  | nein                            |                                 | nein                            |                                 | nein                            |                                 | nein   |                                 |                                 |
| F-Wert für 95%   | 4,266                           |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 | 3,697  |                                 |                                 |
| akzeptiert 5% Irrtum                                   | nein                            |                                 | nein                            |                                 | nein                            |                                 | nein   |                                 |                                 |
| F-Wert für 99%   | 6,544                           |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 | 5,471  |                                 |                                 |
| akzeptiert 1% Irrtum                                   | nein                            |                                 | nein                            |                                 | nein                            |                                 | nein   |                                 |                                 |
| p-Wert   | 0,0953                          | 0,1047                          | 0,357                           | 0,861                           | 0,2807                          | 0,4821                          | 0,062  | 0,052                           | 0,259                           |

**Das Modell 5**

Dieses Modell beinhaltet drei Variablen: insgesamt Radweglänge, Einwohnerdichte im Bauland, Straßennetzlänge ohne Autobahn. Es wurde keine Signifikanz gefunden (siehe Tabelle 108). Logisch folgt, dass gemeinsame Geh- und Radwege in Kombination mit der Einwohnerdichte lediglich einen geringen Einfluss auf das Radfahren haben sollen.

**Das Modell 6**

Dieses Modell beinhaltet drei Variablen: insgesamt Radweglänge, Verkehrsfläche, Einwohnerdichte im Bauland. Als schwach signifikant ist nur das Modell Nummer 6.4 ( $x_1, x_2$ ), da das korrigierte Bestimmtheitsmaß  $R^2_{\text{korr}}$  einen Wert von 0,115 und die P-Werte betragen 0,097 und 0,039. Die Beschreibung durch die Modelle 6.5, 6.6 und 6.7 sind nicht zufriedenstellend, da keine Signifikanz erkannt wurde (sehr hohe p-Werte) und die Modelle sind daher als solche abzulehnen (siehe Tabelle 110 und Tabelle 68).

Es ist logisch, dass ein Zusammenhang zwischen den Radverkehrsanteilen, der insgesamt Radweglänge und der Verkehrsfläche existiert. Je größer die Anteile an Verkehrsflächen, desto mehr Möglichkeit zum Ausbau der Radwege.

Das Modell 6 in der einfachen Regression besteht wie folgt aus 3 eindimensionalen Modellen:

- Das Modell 6.1:  $R^2_{\text{korr}}=-0,006$ ;  $p=0,370$ ;
- Das Modell 6.2:  $R^2_{\text{korr}}=-0,018$ ;  $p=0,490$ ;
- Das Modell 6.3:  $R^2_{\text{korr}}= 0,103$ ;  $p=0,047$ .

**Tabelle 68: Das multiple Modell 6**

| Modell Nr.   | 6.4                                  |                                 | 6.5                             |                                 | 6.6                                  |                                 | 6.7   |                                 |                                 |
|--|--------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|---|---------------------------------|---------------------------------|
| Parameter  | x1 Radwegelänge<br>x2 Verkehrsfläche |                                 | x1 Radwegelänge<br>x3 EW-Dichte |                                 | x2<br>Verkehrsfläche<br>x3 EW-Dichte |                                 | x1 Radwegelänge<br>x2 EW-Dichte,<br>x3 Motorisierungsgrad |                                 |                                 |
| geschätzt $\beta_0$ (=est $\beta_0$ )                  | 18,505                               |                                 | 15,946                          |                                 | 25,255                               |                                 | 20,691  |                                 |                                 |
| Koeffizienten  | <i>est <math>\beta_1</math></i>      | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_1</math></i> | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_1</math></i>      | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_1</math></i>                           | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_3</math></i> |
|  | 0,018                                | -0,359                          | 0,010                           | -2,283                          | -0,268                               | -2,574                          | 0,018   | -0,368                          | -2,705                          |
| Bestimmtheitsmaß $R^2$                                 | 0,176                                |                                 | 0,050                           |                                 | 0,108                                |                                 | 0,201   |                                 |                                 |
| korr Bestimmtheitsmaß                                  | 0,115                                |                                 | -0,021                          |                                 | 0,042                                |                                 | 0,109   |                                 |                                 |
| Standardfehler   | 10,386                               |                                 | 11,156                          |                                 | 10,809                               |                                 | 10,427  |                                 |                                 |
| <b>Signifikanztest für Bestimmtheitsmaß mit F-Test</b> |                                      |                                 |                                 |                                 |                                      |                                 |   |                                 |                                 |
| Prüfgröße F-Statistik                                  | 2,893                                |                                 | 0,708                           |                                 | 1,636                                |                                 | 2,177   |                                 |                                 |
| F-Wert für 90%   | F(2, 30-2-1, .95) = 3,369            |                                 |                                 |                                 |                                      |                                 | 2,952   |                                 |                                 |
| akzeptiert 10% Irrtum                                  | nein                                 |                                 | nein                            |                                 | nein                                 |                                 | nein  |                                 |                                 |
| F-Wert für 95%   | 4,266                                |                                 |                                 |                                 |                                      |                                 | 3,697   |                                 |                                 |
| akzeptiert 5% Irrtum                                   | ja                                   |                                 | ja                              |                                 | ja                                   |                                 | ja  |                                 |                                 |
| F-Wert für 99%   | 6,544                                |                                 |                                 |                                 |                                      |                                 | 5,471   |                                 |                                 |
| akzeptiert 1% Irrtum                                   | ja                                   |                                 | ja                              |                                 | ja                                   |                                 | ja  |                                 |                                 |
| p-Wert   | 0,097                                | 0,039                           | 0,344                           | 0,488                           | 0,109                                | 0,422                           | 0,094   | 0,036                           | 0,382                           |

**Das Modell 7**

Dieses Modell beinhaltet drei Variablen: Einwohnerzahl, Linienlänge: Straßenbahn und Linienlänge: Bus. Es wurde keine Signifikanz gefunden (siehe Tabelle 112). Es wurde schon festgelegt, dass das ÖV-Angebot einen Einfluss auf das Radfahren hat.

**Das Modell 8**

Dieses Modell beinhaltet drei Variablen: Einwohnerzahl, Motorisierungsgrad und Stadtfläche. Es wurde keine Signifikanz gefunden (siehe Tabelle 114). Es ist zu erwarten, dass ein Zusammenhang zwischen Einwohnerzahl und Pkw-Besitz existiert. Die Stadtfläche hat keinen Einfluss auf die Radverkehrsanteile, weil die Städte unterschiedlicher Größen unterschiedliche Radverkehrsanteile aufweisen. Die Topografie der Stadt spielt auch eine gewisse Rolle.

**Das Modell 9**

Dieses Modell beinhaltet drei Variablen: Einwohnerzahl, Stadtfläche und Straßennetzlänge ohne Autobahn. Es wurde keine Signifikanz gefunden (siehe Tabelle 116). Die Stadtfläche hat keinen Einfluss auf die Radverkehrsanteile, weil die Länge der Wege in der Stadt einen Einfluss auf die Radverkehrsanteile haben. Je größer die Straßennetzlänge (ohne Autobahn), umso größer die Stadtfläche. Daraus folgt mehr Platz für den Radwegeausbau.

### **Das Modell 10**

Dieses Modell beinhaltet drei Variablen: Einwohnerdichte im Bauland, Linienlänge: Straßenbahn und Linienlänge: Bus. Es wurde keine Signifikanz gefunden (siehe Tabelle 118). Das Ergebnis stimmt nicht, weil sich das gute ÖV-Angebot negativ auf die Radverkehrsanteile auswirkt.

### **Das Modell 11**

Dieses Modell beinhaltet drei Variablen: Einwohnerdichte im Bauland, Motorisierungsgrad und Stadtfläche. Es wurde keine Signifikanz gefunden (siehe Tabelle 120). Ein zweidimensionales Modell, also Einwohnerdichte und Motorisierungsgrad, sollte die besseren Ergebnisse liefern.

### **Das Modell 12**

Dieses Modell beinhaltet drei Variablen: Einwohnerdichte im Bauland, Stadtfläche und Straßennetzlänge ohne Autobahn. Es wurde keine Signifikanz gefunden (siehe Tabelle 122). Das Ergebnis stimmt teilweise. Wenn man Bevölkerungsdichte und Stadtgröße beobachtet, ist die Bevölkerungsdichte umso höher, je weniger Platz und Fahrradwege vorhanden sind und desto wahrscheinlicher wird das Fahrrad genutzt.

### **Das Modell 13**

Dieses Modell beinhaltet drei Variablen: Linienlänge: Straßenbahn, Linienlänge: Bus, Motorisierungsgrad. Es wurde keine Signifikanz gefunden (siehe Tabelle 124). Das Ergebnis stimmt nicht, weil alle drei Variable die Senkung der Radverkehrsanteile beeinflussen.

### **Das Modell 14**

Dieses Modell beinhaltet drei Variablen: Motorisierungsgrad, Stadtfläche und Straßennetzlänge ohne Autobahn. Es wurde keine Signifikanz gefunden (siehe Tabelle 126). Das Ergebnis stimmt teilweise. Der Motorisierungsgrad wirkt sich negativ auf den Radverkehr aus, während die Länge des Straßennetzes (T30+T50) positiv beeinflusst wird.

### **Das Modell 15**

Dieses Modell beinhaltet drei Variablen: Linienlänge: Straßenbahn, Linienlänge: Bus und Stadtfläche. Schwach signifikant ist nur das Modell Nummer 15.6 ( $x_2, x_3$ ), da das korrigierte Bestimmtheitsmaß  $R^2_{\text{korrr}}$  einen Wert von 0,144 und die P-Werte einen Wert 0,065 und 0,078 (siehe Tabelle 69 und Tabelle 128) aufweisen. Die Werte für die Modelle 15.4, 15.5 und 15.7 sind sehr schwach (hohe p-Werte und als solche abzulehnen). Dort wo ein besseres ÖV-Angebot herrscht ist der Radverkehrsanteil niedriger.

Das Modell 15 in der einfachen Regression besteht wie folgt aus 3 eindimensionalen Modellen:

- Das Modell 15.1:  $R^2_{\text{korrr}} = 0,045$ ;  $p = 0,103$ ;
- Das Modell 15.2:  $R^2_{\text{korrr}} = 0,050$ ;  $p = 0,140$ ;
- Das Modell 15.3:  $R^2_{\text{korrr}} = -0,030$ ;  $p = 0,720$ .

**Tabelle 69: Das multiple Modell 15**

| Modell Nr.   | 15.4                            |                                 | 15.5                             |                                 | 15.6                            |                                 | 15.7   |                                 |                                 |
|--|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--|---------------------------------|---------------------------------|
| Parameter  | x1 Straßenbahn<br>x2 Bus        |                                 | x3 Stadtfläche<br>x1 Starßenbahn |                                 | x2 Bus<br>x3 Stadtfläche        |                                 | x1 Linienlänge. Straßenb.<br>x2 Linienlänge: Bus<br>x3 Stadtfläche |                                 |                                 |
| geschätzt $\beta_0$ (=est $\beta_0$ )                  | 19,655                          |                                 | 9,212                            |                                 | 11,584                          |                                 | 13,007   |                                 |                                 |
| Koeffizienten  | <i>est <math>\beta_1</math></i> | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_1</math></i>  | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_1</math></i> | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_1</math></i>                                    | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_3</math></i> |
|  | -0,014                          | -0,007                          | 0,039                            | -0,018                          | -0,008                          | 0,043                           | -0,035   | -0,009                          | 0,052                           |
| Bestimmtheitsmaß $R^2$                                 | 0,101                           |                                 | 0,093                            |                                 | 0,216                           |                                 | 0,259  |                                 |                                 |
| korr Bestimmtheitsmaß                                  | 0,019                           |                                 | 0,011                            |                                 | 0,144                           |                                 | 0,154  |                                 |                                 |
| Standardfehler   | 9,143                           |                                 | 9,184                            |                                 | 8,540                           |                                 | 8,494  |                                 |                                 |
| <b>Signifikanztest für Bestimmtheitsmaß mit F-Test</b> |                                 |                                 |                                  |                                 |                                 |                                 |  |                                 |                                 |
| Prüfgröße F-Statistik                                  | 1,236                           |                                 | 1,128                            |                                 | 3,025                           |                                 | 2,453  |                                 |                                 |
| F-Wert für 90%   | F (2, 25-2-1,,95) = 3,422       |                                 |                                  |                                 |                                 |                                 | 3,080  |                                 |                                 |
| akzeptiert 10% Irrtum                                  | nein                            |                                 | nein                             |                                 | nein                            |                                 | nein   |                                 |                                 |
| F-Wert für 95%   | 4,349                           |                                 |                                  |                                 |                                 |                                 | 3,832  |                                 |                                 |
| akzeptiert 5% Irrtum                                   | nein                            |                                 | nein                             |                                 | nein                            |                                 | nein   |                                 |                                 |
| F-Wert für 99%   | 6,734                           |                                 |                                  |                                 |                                 |                                 | 5,760  |                                 |                                 |
| akzeptiert 1% Irrtum                                   | nein                            |                                 | nein                             |                                 | nein                            |                                 | nein   |                                 |                                 |
| p-Wert   | 0,675                           | 0,132                           | 0,149                            | 0,594                           | 0,065                           | 0,078                           | 0,278  | 0,041                           | 0,046                           |

**Das Modell 16**

Dieses Modell beinhaltet drei Variablen: Linienlänge: Straßenbahn, Linienlänge: Bus und Straßennetzlänge ohne Autobahn. Es wurde keine Signifikanz gefunden (siehe Tabelle 130). Ein gutes ÖV-Angebot in Kombination mit dem Tempo 30- und Tempo 50-Straßennetz hat einen Einfluss auf das Radfahren. Das statistische Ergebnis stimmt nicht.

**Das Modell 17**

Dieses Modell beinhaltet drei Variablen: Linienlänge: Straßenbahn, Linienlänge: Bus und Verkehrsfläche. Es wurde keine Signifikanz gefunden (siehe Tabelle 132). Das statistische Ergebnis stimmt nicht. Es wurde schon festgelegt, dass ein gutes ÖV-Angebot auf die Senkung der Radverkehrsanteile Einfluss nimmt.

**Das Modell 18**

Dieses Modell ist interessant, weil die statistische Signifikanz gefunden wurde. Sie beinhaltet drei Variablen: Einwohnerdichte im Bauland, Takthäufigkeit im Busverkehr und Takthäufigkeit im Straßenbahnverkehr (siehe Tabelle 70 und Tabelle 134).

Beim Vergleich mehrerer Modelle mit unterschiedlichen Indikatoren werden die korrigierten Bestimmtheitsmaße und P-Werte betrachtet. Es handelt sich um folgende Modelle:

- Das Modell 18.6 mit  $y = 9,8 - (0,58 \cdot \text{Takt im Busnetz}) - (0,75 \cdot \text{Takt im Straßenbahnnetz})$  mit korrigierten Bestimmtheitsmaß von 20 % und eine Signifikanz der Parameter zwischen 0,05 und 0,01 (signifikant).

- Das Modell 18.7 mit  $y = 9,6 - (4,61 \cdot \text{Einwohnerdichte}) - (0,68 \cdot \text{Takt im Busnetz}) - (0,80 \cdot \text{Takt im Straßenbahnnetz})$  mit korrigierten Bestimmtheitsmaß von 24,4 % und eine Signifikanz der Parameter von 0,02 (signifikant) und von 0,11 (schwach signifikant).

Dieses Modell ist bereits schlechter, obwohl die korrigierte Bestimmtheitsmaße

$R^2_{\text{korr}}(\text{Modell7}) = 0,244 \sim 0,201 = R^2_{\text{korr}}(\text{Modell6})$  vergleichbar sind. Der Parameter Einwohnerdichte ist schwach signifikant.

- Die Modelle 18.4 und 18.5 sind schlecht, weil die Variable Einwohnerdichte hohe P-Werte hat: 0,22 beim Modell 4 und 0,33 beim Modell 5, liefert.

Das Modell 18 in der einfachen Regression besteht wie folgt aus 3 eindimensionellen Modellen:

- Das Modell 18.1:  $R^2_{\text{korr}} = -0,018$ ;  $p = 0,490$ ;
- Das Modell 18.2:  $R^2_{\text{korr}} = 0,068$ ;  $p = 0,088$ ;
- Das Modell 18.3:  $R^2_{\text{korr}} = 0,096$ ;  $p = 0,053$ .

**Tabelle 70: Das multiple Modell 18**

| Modell Nr.   | 18.4   |                                 | 18.5                               |                                 | 18.6                                  |                                 | 18.7  |                                 |                                 |
|--|--|---------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|---|---------------------------------|---------------------------------|
| Parameter  | x1 EW-Dichte im Bauland<br>x2 Takt im Busverk. |                                 | x3 Takt: Straßenb.<br>x1 EW-Dichte |                                 | x2 Takt im Busv.<br>x3 Takt im Straß. |                                 | x1 EW-Dichte im Bauland<br>x2 Takt: Bus<br>x3 Takt im Straßenbahnv. |                                 |                                 |
| geschätzt $\beta_0$ (=est $\beta_0$ )                  | 32,42  |                                 | 25,15                              |                                 | 32,06                                 |                                 | 37,67   |                                 |                                 |
| Koeffizienten  | <i>est <math>\beta_1</math></i>                | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_1</math></i>    | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_1</math></i>       | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_1</math></i>                                     | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_3</math></i> |
|  | -3,91  | -0,69                           | -0,81                              | -3,00                           | -0,58                                 | -0,75                           | -4,61   | -0,68                           | -0,80                           |
| Bestimmtheitsmaß $R^2$                                 | 0,172  |                                 | 0,171                              |                                 | 0,256                                 |                                 | 0,322   |                                 |                                 |
| korr Bestimmtheitsmaß                                  | 0,111  |                                 | 0,110                              |                                 | 0,201                                 |                                 | 0,244   |                                 |                                 |
| Standardfehler   | 10,412   |                                 | 10,419                             |                                 | 9,873                                 |                                 | 9,601   |                                 |                                 |
| <b>Signifikanztest für Bestimmtheitsmaß mit F-Test</b> |  |                                 |                                    |                                 |                                       |                                 |   |                                 |                                 |
| Prüfgröße F-Statistik                                  | 2,813  |                                 | 2,79                               |                                 | 4,64                                  |                                 | 4,12  |                                 |                                 |
| F-Wert für 90%   | F (2, 30-2-1, .95) = 3,369                     |                                 |                                    |                                 |                                       |                                 | 2,992   |                                 |                                 |
| akzeptiert 10% Irrtum                                  | nein   |                                 | nein                               |                                 | ja                                    |                                 | ja  |                                 |                                 |
| F-Wert für 95%   | 4,266  |                                 |                                    |                                 |                                       |                                 | 3,697   |                                 |                                 |
| akzeptiert 5% Irrtum                                   | nein   |                                 | nein                               |                                 | ja                                    |                                 | ja  |                                 |                                 |
| F-Wert für 99%   | 6,544  |                                 |                                    |                                 |                                       |                                 | 5,471   |                                 |                                 |
| akzeptiert 1% Irrtum                                   | nein   |                                 | nein                               |                                 | ja                                    |                                 | nein  |                                 |                                 |
| p-Wert   | 0,22   | 0,03                            | 0,03                               | 0,33                            | 0,05                                  | 0,03                            | 0,11  | 0,02                            | 0,02                            |

Von den insgesamt 18 Modellen wurden 4 Modelle mit folgenden Ergebnissen gefunden: das multiple Modell, das multiple Modell 6, das multiple Modell 15 und das multiple Modell 18. Die Indikatoren, die statistisch betrachtet wurden, zeigten schwach signifikante bzw. signifikante Ergebnisse. Abschließend kann ich sagen, dass allzu große Signifikanz nicht herausgefunden wurde (für eine genauere Beschreibung siehe Abschnitt: Zusammenfassung und ).

Insgesamt 14 Modelle zeigten keine Ergebnisse. Dies bedeutet, dass 2 oder 3 Parameter in Kombination keinen Einfluss auf die Radverkehrsanteile haben. Meiner Meinung nach, wird der

Radverkehrsanteil sicherlich beeinflusst, wenn man 2 oder 3 Indikatoren in Kombination betrachtet, was im obigen Text für jedes Modell einzeln detailliert beschrieben wird.

### 5.1.12 Einfache Regression vs. multiple Regression

Bei der Interpretation der multiplen Modelsergebnisse muss man vorsichtig sein. Daraus resultieren dann drei Behauptungen:

*„Variablen, die in der einfachen Regression nicht-signifikant sind, können in der multiplen Regression durchaus einen signifikanten Einfluss zeigen.“*<sup>128</sup> Beispielsweise wurde die Variable Einwohnerdichte im Bauland in der einfachen linearen Regression nicht als signifikant beurteilt. Im Modell Nr. 18 wurde die gleiche Variable als schwach signifikant beurteilt. Dieses Modell beinhaltet noch zwei Variablen: Takthäufigkeit im Busverkehr und Takthäufigkeit im Straßenbahnverkehr, die einen signifikanten Einfluss zeigen.

*„Falls zwei oder mehrere unabhängige Variable korrelieren, so kann es sein, dass in der multiplen Regression eine Variable sich nicht durchsetzen kann, da sie keine Information zur Regression beiträgt.“*<sup>129</sup> Die folgenden Beispiele bestätigen diese Aussage. Das Modell Nr. 13 beinhaltet drei Variablen: Linienlänge: Straßenbahn, Linienlänge: Bus, Motorisierungsgrad. Es wurde keine Signifikanz gefunden. Trotzdem wurden zwei Variablen davon in der einfachen Regression nach Signifikanzniveaus wie folgt beurteilt: Motorisierungsgrad (signifikant) und Liniennetzlänge: Straßenbahn (schwach signifikant).

*„Ist eine erklärende Variable nicht signifikant, heißt das nicht unbedingt, dass sie keinen Einfluss auf die abhängige Variable (y) besitzt.“*<sup>130</sup> Nach der Interpretation der Modelsergebnisse, wurde geprüft, ob die Aussagen logisch sind oder nicht.

---

<sup>128</sup> (Aydemir, 2013, S. 19)

<sup>129</sup> (Aydemir, 2013, S. 19)

<sup>130</sup> (Aydemir, 2013, S. 19)

## Auswertung der Modellergebnisse von 10 Städten

Die 10 ausgewählten Städte wurden anhand der ähnlichen Einwohnerzahl ausgewählt und mit der Referenzstadt Graz verglichen (siehe Tabelle 71). Die Methodik der erhobenen Daten bezieht sich auf die neuesten Daten, die per E-Mail von den Radbeauftragten Beamten der jeweiligen Stadt erhalten wurden oder die Daten, die für alle Öffentlichkeit zur Verfügung stehen (statistisches Jahrbuch, Statistikstellen, usw.).

Ziel der Untersuchung ist es herauszufinden warum sich der Radfahreranteil im Vergleich zu Graz unterscheidet. Um diese Frage beantworten zu können müssen zuerst die Verhältnisse der Radwegeanteile zu dem Grazer Radwegeanteile eruiert werden.

**Tabelle 71: Differenz zwischen Modal Splits: Rad und dem Wert der Stadt Graz<sup>131</sup>**

| Stadt                  | Modal Split: Rad | Differenz |
|------------------------|------------------|-----------|
| Münster (DEU)          | 39               | 23        |
| Groningen (NLD)        | 39               | 23        |
| Karlsruhe (DEU)        | 25               | 9         |
| Aarhus (DNK)           | 19               | 3         |
| Graz (AUT)             | 16               | 0         |
| Augsburg (DEU)         | 15               | -1        |
| Mannheim (DEU)         | 15               | -1        |
| Aachen (DEU)           | 11               | -5        |
| Moenchengladbach (DEU) | 6                | -10       |
| Linz (AUT)             | 7                | -9        |

Legende:

Gelb → Zusammenhang existiert (Radanteil niedriger als Graz),

Grün → Zusammenhang existiert (Radanteil höher als Graz)

Orange → Graz als Referenzstadt.

In der Tabelle 71 wurden Radverkehrsanteile präsentiert, die in den weiteren Unterkapiteln analysiert werden müssen.

### 5.1.13 Vergleichbare Darstellung der reinen Radwege

Um besser zu verstehen, welche Radwegearten in jeder Stadt in der Summe reine Radwege eingeschlossen sind, werden die Daten anhand der Befragung an Radbeauftragte in jeder Stadt erhoben, wie folgt:

- „Das Radverkehrsnetz in Münster hat – über alle Infrastruktur-Angebote (Radwege, Radfahrstreifen, Fahrradstraßen etc.) gerechnet – eine Länge von 471,2 km. Davon sind 211,9 km reine Radwege im Einrichtungsradverkehr.“<sup>132</sup> Die Daten wurden in der Tabelle 72 präsentiert.

<sup>131</sup> (EPOMM, 2017)

<sup>132</sup> (Oenick, 2017)

**Tabelle 72: Arten der Radwege und seiner Längen in Münster (DEU)<sup>133</sup>**

| Art der Radverkehrsanlage                       | Länge in Kilometer |
|---|--------------------|
| kombinierte Geh- und Radwege                    | 68,5               |
| kombinierte Geh- und Radwege in zwei Richtungen | 131,6              |
| Fahrradstraße                                   | 9,53               |
| Einrichtungsrادweg                              | 211,9              |
| Zweirichtungsrادweg                             | 13,2               |
| Radfahrstreifen                                 | 6,9                |
| Schutzstreifen                                  | 14,7               |
| andere Radwege                                  | 14,9               |
| Summe   | 471,23             |

- Groningen hat 248,5 km reine Radwege. In dieser Summe sind 90 km Zweirichtungsrادweg, Radfahrstreifen 46 km und 112,5 km Einrichtungsrادweg (siehe Tabelle 73).<sup>134</sup>

**Tabelle 73: Arten der Radwege in: Utrecht, Groningen und den Haag (NLD)<sup>135</sup>**

| Arten der Radwege                      | Länge [km] |
|--|------------|
| <b>Utrecht</b>                         |            |
| total length of cycling infrastructure | 274        |
| and Fietsstraat                        | 26         |
| <b>Groningen</b>                       |            |
| total length of cycling infrastructure | 248,5      |
| dedicated cycle paths                  | 90         |
| cycle lanes                            | 46         |
| cycle paths along road                 | 112,5      |
| <b>the Hague</b>                       |            |
| total length of cycling infrastructure | ca. 400    |

- Für Karlsruhe ist nur die Summe der reinen Radwege bekannt, die Länge von 203,7 km.<sup>136</sup>
- Århus hat 78 km Radfahrstreifen in der Stadt (siehe Tabelle 74).

**Tabelle 74: Arten der Radwege in Aarhus (DNK)<sup>137</sup>**

| Municipality of Aarhus in total |             | Aarhus City (91 km <sup>2</sup> ) |             |
|---------------------------------|-------------|-----------------------------------|-------------|
| Type of road                    | Length [km] | Type of road                      | Length [km] |
| Public road                     | 1235        | Public road                       | 105         |
| Privat common road              | 675         | Privat common road                | 25          |
| Privat road (one owner)         | 560         | Privat road (one owner)           | 33          |
| Public bicycle path             | 450         | Public bicycle path               | 78          |

<sup>133</sup> (Stadt Muenster, 2017, S. 9)

<sup>134</sup> (Douma, 2017)

<sup>135</sup> (Douma, 2017)

<sup>136</sup> (Stadt Karlsruhe, 2016)

<sup>137</sup> (Hoeberg)

- Das Grazer Radwegenetz ist 128 km lang und besteht aus gemischt und getrennt geführten Radwegen, Mehrzweckstreifen, Radstreifen und Busspuren. Eine genaue Aufteilung der unterschiedlichen Wegführungen ist nicht vorhanden und wird derzeit nicht erhoben.<sup>138</sup>
- Augsburg hat 273,8 km reine Radwege. In der Summe fließen 2,5 km Fahrradstraße, 143 km Einrichtungsradweg, 103,32 km Zweirichtungsradweg, 16,5 km Radfahrstreifen, 8,6 km Schutzstreifen ein.<sup>139</sup> Die Daten wurden in der Tabelle 75 dargestellt.

**Tabelle 75: Arten der Radwege und seiner Längen in Augsburg (DEU)<sup>140</sup>**

| Arten der Radwege                     | Länge in Kilometer |
|---------------------------------------|--------------------|
| Asphaltierter Geh- Radweg             | ca. 24,0           |
| Unbefestigter Geh- Radweg             | ca. 118,7          |
| Fahrradstraße bzw. Hauptachse         | ca. 2,5            |
| Einrichtungsradweg                    | ca. 143,0          |
| Gehweg - Radfahrer frei               | ca. 12,1           |
| Zweirichtungsradweg                   | ca. 103,2          |
| Radfahrstreifen                       | ca. 16,5           |
| Angebots- bzw. Schutzstreifen         | ca. 8,6            |
| Mitfahren im Verkehr 30 km/h          | ca. 212,0          |
| Mitfahren im Verkehr außerorts        | ---                |
| Mitfahren im Verkehr 50 km/h          | ca. 69,4           |
| Fußgängerzone - Radfahrer frei        | ca. 1,0            |
| Fußgängerzone - Radfahrer zeitw. frei | ca. 1,1            |

- Mannheim hat 152,3 km reine Radwege. In der Summe fließen 9,2 km Schutzstreifen, 12 km Radfahrstreifen, 11,8 km Benutzung Pflicht Radweg, 113,5 getrennter Geh- und Radweg ein.<sup>141</sup> Die Daten wurden in der Tabelle 76 präsentiert.

**Tabelle 76: Arten der Radwege und seiner Längen in Mannheim (DEU)<sup>142</sup>**

| Radverkehrsanlagen nach Führungsform | Länge in Kilometer |
|--------------------------------------|--------------------|
| Schutzstreifen                       | 9,2                |
| Radfahrstreifen                      | 12                 |
| anderer Radweg                       | 11,8               |
| benutzungspfl. Radweg                | 5,8                |
| getrennter Geh- und Radweg           | 113,5              |
| gemeinsamer Geh- und Radweg          | 124,4              |
| Gehweg Radfahrer frei                | 10,9               |

<sup>138</sup> (Helmut, 2017)

<sup>139</sup> (Hertha, 2017)

<sup>140</sup> (Hertha, 2017)

<sup>141</sup> (Johanno, 2017)

<sup>142</sup> (Johanno, 2017)

- Aachen hat 150,9 km reine Radwege. In der Summe fließen 17,6 km unabhängige Radwege, 4,4 km Radweg, 39,74 km getrennter Geh- und Radweg, 31,25 km nicht benutzungspflichtiger Radweg, und 57,91 km Radverkehrsanlage auf der Fahrbahn ein (siehe Tabelle 77).<sup>143</sup>

**Tabelle 77: Arten der Radwege und seiner Längen in Aachen (DEU)<sup>144</sup>**

| Art der Radverkehrsanlage          | Länge in Kilometer |
|------------------------------------|--------------------|
| gemeinsamer Geh- und Radweg        | 17,6               |
| Radweg                             | 4,4                |
| getrennter Geh- und Radweg         | 39,74              |
| Einrichtungsverkehr                | 33,84              |
| Zweirichtungsverkehr               | 5,9                |
| nicht benutzungspflichtiger Radweg | 31,25              |
| gemeinsamer Geh- und Radweg        | 75,29              |
| Einrichtungsverkehr                | 36,89              |
| Zweirichtungsverkehr               | 38,4               |
| Gehweg (Radfahrer frei)            | 92,33              |
| Einrichtungsverkehr                | 35,49              |
| Zweirichtungsverkehr               | 56,84              |
| auf der Fahrbahn                   | 57,91              |
| Radfahrstreifen                    | 27,28              |
| Radfahrstreifen (Busse frei)       | 0,25               |
| Schutzstreifen                     | 28,05              |
| Fahrradstraße                      | 0,38               |
| Busspur (Radfahrer frei)           | 1,95               |
| Summe                              | 318,52             |

- Mönchengladbach hat 60 km reine Radwege.<sup>145</sup> Die Daten wurden in der Tabelle 78 dargestellt.

**Tabelle 78: Radverkehrsnetze in Mönchengladbach (DEU)<sup>146</sup>**

| Art der Radverkehrsnetze | Länge in Kilometer |
|--------------------------|--------------------|
| das Alltagsnetz          | ca. 280            |
| Schnellverbindung        | ca. 25             |
| Hauptverbindung          | ca. 200            |
| Verbindung               | ca. 60             |
| Freizeitnetz             | ca. 270            |
| Hauptverbindung          | ca. 190            |
| Verbindung               | ca. 80             |
| das Gesamtnetz:          | ca. 420            |

<sup>143</sup> (Larscheid, 2017)

<sup>144</sup> (Larscheid, 2017)

<sup>145</sup> (Blase, 2016, S. 13)

<sup>146</sup> (Blase, 2016, S. 13)

- Linz hat 75,8 km reine Radwege. Dazu zählt man 19,89 km getrennter Radweg und 56,75 km sonstige Radfahranlage wie z.B. geöffnete Einbahnen, Busspur.<sup>147</sup> Die Daten sind in folgender Tabelle dargestellt:

**Tabelle 79: Arten der Radwege und seiner Längen in Linz (AUT)<sup>148</sup>**

| Infrastrukturtyp        | Bezeichnung   | Länge [km] |
|-------------------------|---|------------|
| Bauliche Infrastruktur  | Radweg baulich von anderen Verkehrsteilnehmern getrennt         | 130,57     |
| Markierte Infrastruktur | Radweg optisch von anderen Verkehrsteilnehmern getrennt         | 19,89      |
| Sonstige Radfahranlagen | Radfahren gestattet (geöffnete Einbahnen, Busspur, Fahrverbot,) | 56,75      |
| Radrouten               | Nur Beschilderung - keine baulichen Maßnahmen                   | 54,77      |

Hier habe ich festgestellt, die 10 Städte, deren Radwegearten präsentiert wurden und dann wurden in folgenden Unterkapiteln: 5.1.14 und 5.1.15 analysiert sowie mit der Graz als Referenzstadt verglichen.

---

<sup>147</sup> (Wilfried, 2017)

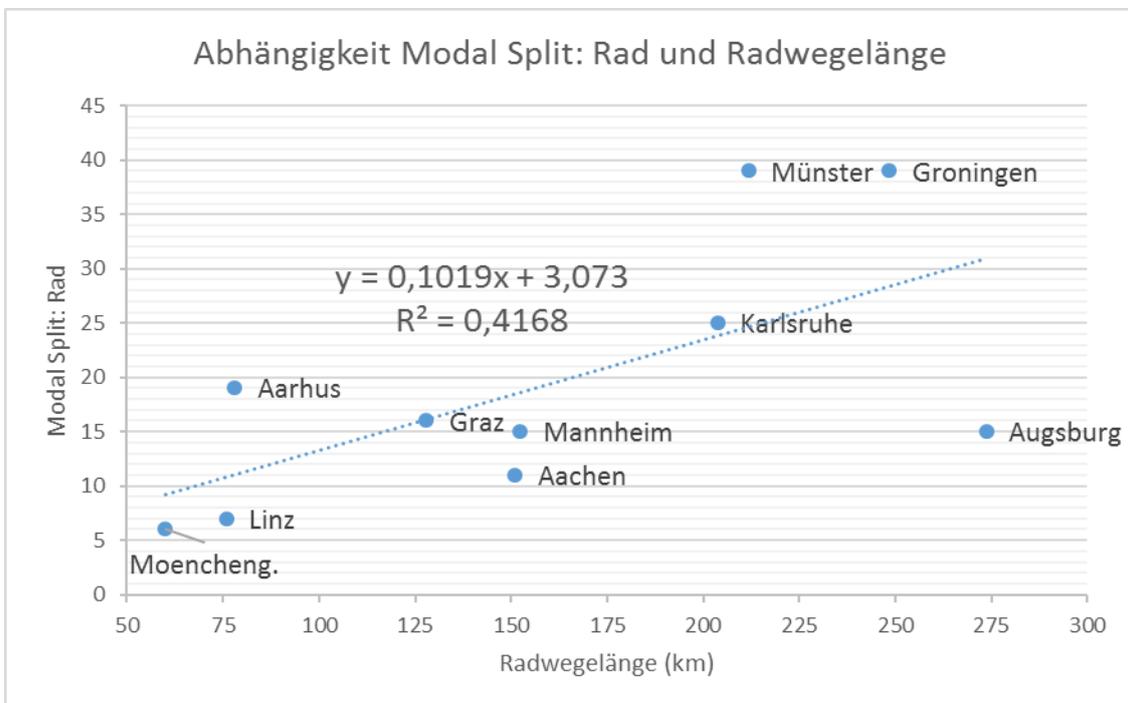
<sup>148</sup> (Wilfried, 2017)

### 5.1.14 Vergleich die Länge der reinen Radwege

Das Ziel ist herauszufinden ob es einen Zusammenhang zwischen Modal Split: Radverkehrsanteil und Länge der reinen Radwege gibt. Anhand der Differenz reiner Radwegelängen soll man beurteilen, warum sich der Radfahreranteil im Vergleich mit Graz unterscheidet?

Die Funktion besteht aus folgende Indikatoren: Länge der reinen Radwege, Modal Split: Rad. Die Aufteilung der unterschiedlichen Wegführungen in Graz ist nicht vorhanden und wird derzeit nicht erhoben. Deshalb ist einen Systemvergleich mit anderen Städte nur anhand gesamte Länge der reinen Radwege möglich. Allgemein betrachtet, je länger die Länge der reinen Radwege in der inneren Stadt sind, desto höher ist der Radfahreranteil.

Der Korrelationskoeffizient nach lineare Regressionsanalyse beträgt  $R = 0,646$ . Die Gerade zeigt einen aufwärts Trend (siehe Abbildung 44). Je besser die Radwege ausgebaut sind, desto höher liegt der Radverkehrsanteil.



**Abbildung 44: Abhängigkeit Modal Split: Rad von Radwegelänge**

Die t-Werte et. Tabelle 10.2, 2-seitig  $t_{n-2, \frac{\alpha}{2}}$  liefern folgende Ergebnisse:

$t_{8, 0,975} = 2,306 \rightarrow$  t-Statistik 2,391 liegt knapp über den 5% Signifikanzniveau, d.h. mit Irrtumswahrscheinlichkeit von 4,4 % (P-Wert) wird der lineare Zusammenhang zwischen den reinen Radwege und den Radverkehrsanteile in Modal Split angenommen. Bei diesem Modell (siehe Tabelle 80) ist der Parameter reine Radwege signifikant, weil der p-Wert zwischen  $0,05 > p > 0,01$  liegt.

**Tabelle 80: Datenanalyse der einfachen linearen Regression**

|                                   | Standardfehler | t-Statistik | P-Wert |
|-----------------------------------|----------------|-------------|--------|
| Die Länge der reinen Radwege      | 0,043          | 2,391       | 0,044  |
| Multipler Korrelationskoeffizient |                | 0,646       |        |
| Bestimmtheitsmaß                  |                | 0,417       |        |
| Adjustiertes Bestimmtheitsmaß     |                | 0,344       |        |

Die 3 Klassen des betrachteten Indikators wurden zuerst nach Histogramm aufgeteilt (siehe Abbildung 45) und dannach in der Tabelle 81 weiter bearbeitet.

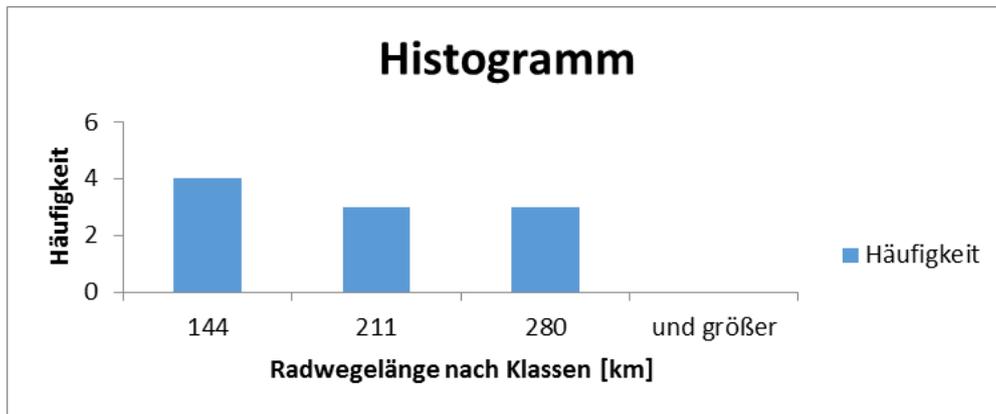


Abbildung 45: Die Klasse der reinen Radwege

Die Werte die aus dem Intervall Mittelwert von Modal Split: Rad +/- Standardabweichung ( $Y_m \pm S$ ) herausfallen müssen in diesem Fall nicht eliminiert werden, weil Städte, die zu einer Klasse gehören, leicht erfasst werden können.

Tabelle 81: Länge der reinen Radwege nach Klassen

| Klasse   | Bereich [km] | Y | Y <sub>m</sub> (%) | S  | Y <sub>m</sub> -S | Y <sub>m</sub> +S |
|----------|--------------|---|--------------------|----|-------------------|-------------------|
| B (Graz) | 144          | 4 | 12                 | 6  | 6                 | 18                |
| C        | 211          | 3 | 13                 | 10 | 2                 | 23                |
| A        | 280          | 3 | 25                 | 17 | 8                 | 42                |

Legende:

Gelb → Zusammenhang existiert (Radanteil niedriger als Graz),

Grün → Zusammenhang existiert (Radanteil höher als Graz)

Aus dem Systemvergleich, werden folgende Zusammenhänge festgelegt (siehe Tabelle 82):

- Mönchengladbach und Linz sind schlechter ausgebaut im Vergleich mit Graz und somit der Radverkehrsanteil liegt niedriger
- Städte wie Aachen und Mannheim weisen einen niedrigen Radverkehrsanteil im Vergleich mit Graz auf, trotz der Radwegelänge die um ca. 24 km besser ausgebaut sind.
- Münster und Groningen haben ein viel besser ausgebautes Radwegnetz im Vergleich zu Graz, der Radverkehrsanteil ist höher.

**Tabelle 82: Differenz zwischen der Länge der reinen Radwege und dem Wert der Stadt Graz<sup>149</sup>**

| Städte           | Radwegelänge (km) | Modal Split: Rad (%) | Klasse (nach km) | Differenz (km) |
|------------------|-------------------|----------------------|------------------|----------------|
| Münster (DEU)    | 211,9             | 39                   | A                | 84             |
| Groningen (NLD)  | 248,5             | 39                   | A                | 121            |
| Karlsruhe (DEU)  | 203,7             | 25                   |                  | 75,7           |
| Aarhus (DNK)     | 78                | 19                   |                  | -50            |
| Graz (AUT)       | 128               | 16                   | B                | 0              |
| Augsburg (DEU)   | 273,8             | 15                   |                  | 146            |
| Mannheim (DEU)   | 152,3             | 15                   | C                | 24             |
| Aachen (DEU)     | 150,9             | 11                   | C                | 23             |
| Moencheng. (DEU) | 60                | 6                    | B                | -68            |
| Linz (AUT)       | 75,8              | 7                    | B                | -52            |

Legende:

Gelb → Zusammenhang existiert (Radanteil niedriger als Graz),

Grün → Zusammenhang existiert (Radanteil höher als Graz)

Rot → Ausreißer (passen nicht zur ausgewählte Klasse)

Orange → Graz als Referenzstadt.

Abschließend kann gesagt werden, dass die Länge der reinen Radwege einen positiven Einfluss auf die Radverkehrsanteile hat.

<sup>149</sup> (Celis, 2017), (Douma, 2017), (Helmut, 2017), (Hertha, 2017), (Johanno, 2017), (Oenick, 2017),

### 5.1.15 Vergleich der Fahrradwege pro Einwohner

Das Ziel ist herauszufinden wie viele Fahrradwege in Meter pro Einwohner verfügbar sind? Anhand der Differenz solcher Faktoren soll man beurteilen, warum sich der Radfahreranteil im Vergleich mit Graz unterscheidet?

Die Funktion besteht ausfolgende Indikatoren: Länge der reinen Radwege, Einwohnerzahl, Fläche im Bauland. Anhand der Proportion Radwegelänge und Einwohnerzahl im Bauland wird die Länge der reinen Radwege pro Einwohnerzahl ermittelt. Die Kilometerlänge der reinen Radwege wird in Meter umgerechnet. Es zeigt sich, dass in Graz etwa 26 m reine Radwege pro Einwohnerzahl verfügbar sind. Dann wird eine Differenz der reinen Radwegelänge pro Einwohnerzahl mit Graz berechnet. Je länger die Radwege in der Stadt sind, desto besser ist das für das Radfahren (siehe Abbildung 46).

Nächste Funktion betrachtet zwei Indikatoren: Faktor reine Radwegelänge pro Einwohnerzahl und Klasse der Radfahreranteil. Dabei wurden alle Faktoren vom Faktor in Graz abgezogen sowie mit der Klasse von Radfahreranteile verbunden. Dort wo reine Radwege im Vergleich mit Graz besser ausgebaut sind, dort liegt der Radfahreranteil meistens höher. Falls der Faktor der Differenz im Vergleich mit Graz in Minus ist, folgt daraus, dass der Radfahreranteil meistens niedriger ist (siehe Tabelle 83).

**Tabelle 83: Differenz zwischen den Fahrradwegen und dem Wert der Stadt Graz<sup>150</sup>**

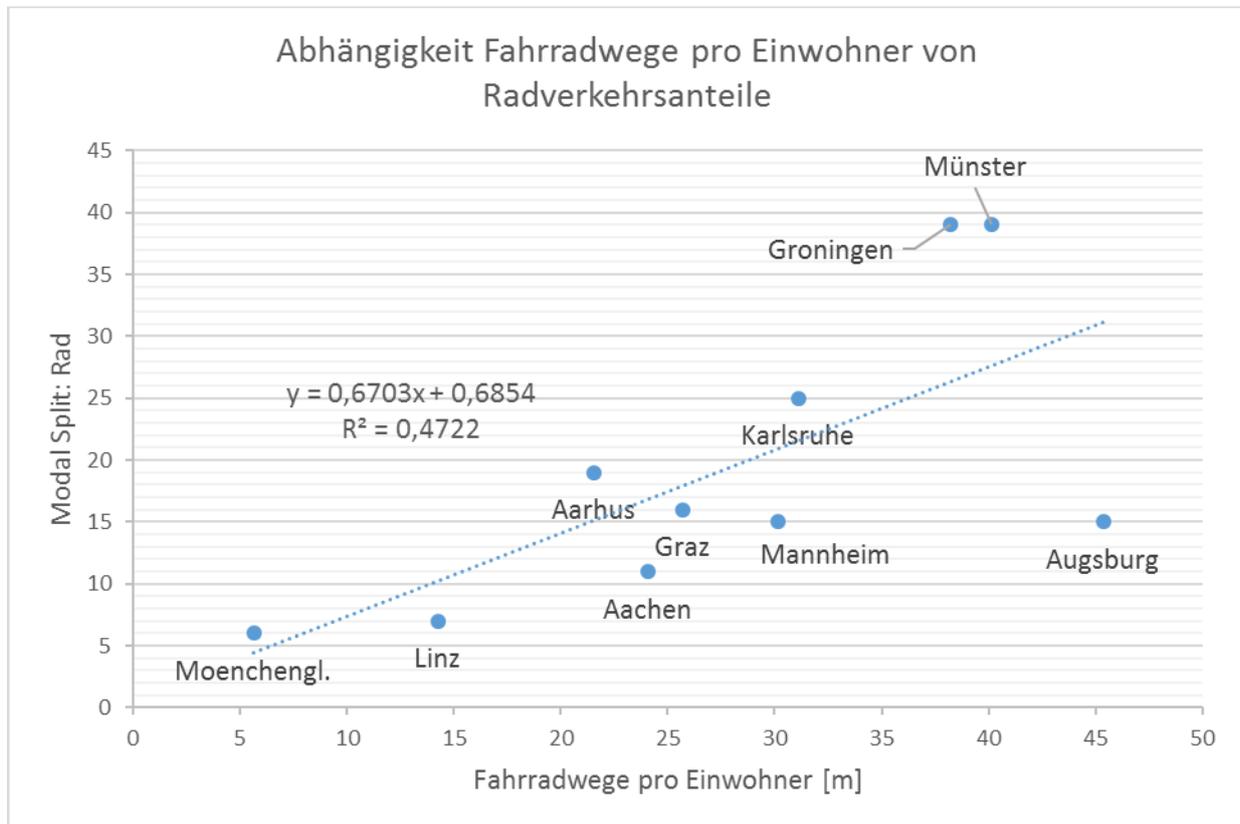
| Städte    | Länge der reinen Radwege (km) | Einwohnerzahl | Fläche im Bauland (ha) | Fläche im Bauland (km <sup>2</sup> ) | Einwohnerdichte (EW/km <sup>2</sup> ) | Wie viele Fahrradwege in Kilometer pro Einwohner sind verfügbar? | Wie viele Fahrradwege in Meter pro Einwohner sind verfügbar? | Differenz im Vergleich mit Graz | Klasse des Radfahreranteils |
|-----------|-------------------------------|---------------|------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--|--|---------------------------------|-----------------------------|
| Augsburg  | 273,8                         | 286.374       | 4744,3                 | 47,4                                 | 6036                                  | 0,04536  | 45   | 20                              | B                           |
| Münster   | 211,9                         | 310.039       | 5877,0                 | 58,8                                 | 5275                                  | 0,04017  | 40   | 14                              | A                           |
| Groningen | 247,5                         | 200.487       | 3096,0                 | 31,0                                 | 6476                                  | 0,03822  | 38   | 13                              | A                           |
| Karlsruhe | 203,7                         | 307.755       | 4700,8                 | 47,0                                 | 6547                                  | 0,03111  | 31   | 5                               | A                           |
| Mannheim  | 152,3                         | 305.780       | 6049,0                 | 60,5                                 | 5055                                  | 0,03013  | 30   | 4                               | B                           |
| Graz      | 128                           | 283.869       | 5700,0                 | 57,0                                 | 4980                                  | 0,02570  | 26   | 0                               | B                           |
| Aachen    | 150,9                         | 245.885       | 3920,0                 | 39,2                                 | 6273                                  | 0,02406  | 24   | -2                              | B                           |
| Aarhus    | 78                            | 264.716       | 7313,0                 | 73,1                                 | 3620                                  | 0,02155  | 22   | -4                              | B                           |
| Linz      | 75,8                          | 203.012       | 3818,0                 | 38,2                                 | 5317                                  | 0,01426  | 14   | -11                             | C                           |
| Moench.   | 60                            | 259.996       | 2448,8                 | 24,5                                 | 10617                                 | 0,00565  | 6  | -20                             | C                           |

Legende:

Gelb → Zusammenhang existiert (Radanteil niedriger als Graz),

Grün → Zusammenhang existiert (Radanteil höher als Graz)

<sup>150</sup> (Celis, 2017), (Johanno, 2017), (Larscheid, 2017), (Hertha, 2017)



**Abbildung 46: Abhängigkeit Fahrradwege pro Einwohner von Radverkehrsanteile**

Die t-Werte et. Tabelle 10.2, 2-seitig  $t_{n-2, \frac{\alpha}{2}}$  liefern folgende Ergebnisse:

$$t_{8, 0,95} = 1,860 < 2,7 \rightarrow H_0 \text{ wird verworfen,}$$

$$t_{8, 0,975} = 2,306 < 2,7 \rightarrow H_0 \text{ wird verworfen,}$$

$$t_{8, 0,995} = 3,355 > 2,7 \rightarrow H_0 \text{ wird mit Irrtumswahrscheinlichkeit von 1\% nicht verworfen.}$$

Mit Irrtumswahrscheinlichkeit von 2,7% (P-Wert) wird der lineare Zusammenhang zwischen Fahrradwege pro Einwohner und Radverkehrsanteile in Modal Split angenommen. Bei diesem Modell ist der Parameter Fahrradwege pro Einwohner signifikant, weil der p-Wert zwischen  $0,05 > p > 0,01$  liegt (siehe Tabelle 84).

**Tabelle 84: Datenanalyse der einfachen linearen Regression**

|                                   | Standardfehler | t-Statistik | P-Wert |
|-----------------------------------|----------------|-------------|--------|
| Fahrradwege pro Einwohner         | 0,253          | 2,700       | 0,027  |
| Multipler Korrelationskoeffizient | 0,690          |             |        |
| Bestimmtheitsmaß                  | 0,477          |             |        |
| Adjustiertes Bestimmtheitsmaß     | 0,411          |             |        |

Abschließend kann gesagt werden, dass der Indikator: Fahrradwege pro Einwohner einen positiven Einfluss auf die Radverkehrsanteile hat.

### 5.1.16 Vergleich der Netzstrukturen – Straßennetz

Das Ziel ist herauszufinden welche Netzstrukturen in jeder Stadt verfügbar sind. Anhand der Differenz von Modal Split: Rad soll man beurteilen, welche der Netzstrukturen einen hohen bzw. niedrigen Radverkehrsanteil im Vergleich zu Graz entsprechen.

Die Funktion besteht aus folgende Indikatoren: Netzstruktur – Straßen, Modal Split: Rad.

Graz hat Radial - Rasternetz und wird als Referenzstadt betrachtet. Die Städte, die Radial-Ringnetz haben, haben eine höhere Fahrradnutzung als Graz (siehe Tabelle 85). Das Rasternetz bewirkt die Senkung der Fahrradnutzung, die Differenz zu Graz ist somit negativ.

**Tabelle 85: Netzstruktur – Straßen in 10 Städten<sup>151</sup>**

| die Städte       | Modal Split: Rad | Differenz | Netzstruktur -Straße |
|------------------|------------------|-----------|----------------------|
| Münster (DEU)    | 39               | 23        | Radial - Ringnetz    |
| Groningen (NLD)  | 39               | 23        | Radial - Ringnetz    |
| Karlsruhe (DEU)  | 25               | 9         | Radial - Rasternetz  |
| Aarhus (DNK)     | 19               | 3         | k.a.                 |
| Graz (AUT)       | 16               | 0         | Radial - Rasternetz  |
| Augsburg (DEU)   | 15               | -1        | Rasternetz           |
| Mannheim (DEU)   | 15               | -1        | Radial - Rasternetz  |
| Aachen (DEU)     | 11               | -5        | Radial - Ringnetz    |
| Moencheng. (DEU) | 6                | -10       | Rasternetz           |
| Linz (AUT)       | 7                | -9        | Rasternetz           |

Legende:

Gelb → Zusammenhang existiert (Radanteil niedriger als Graz),

Grün → Zusammenhang existiert (Radanteil höher als Graz)

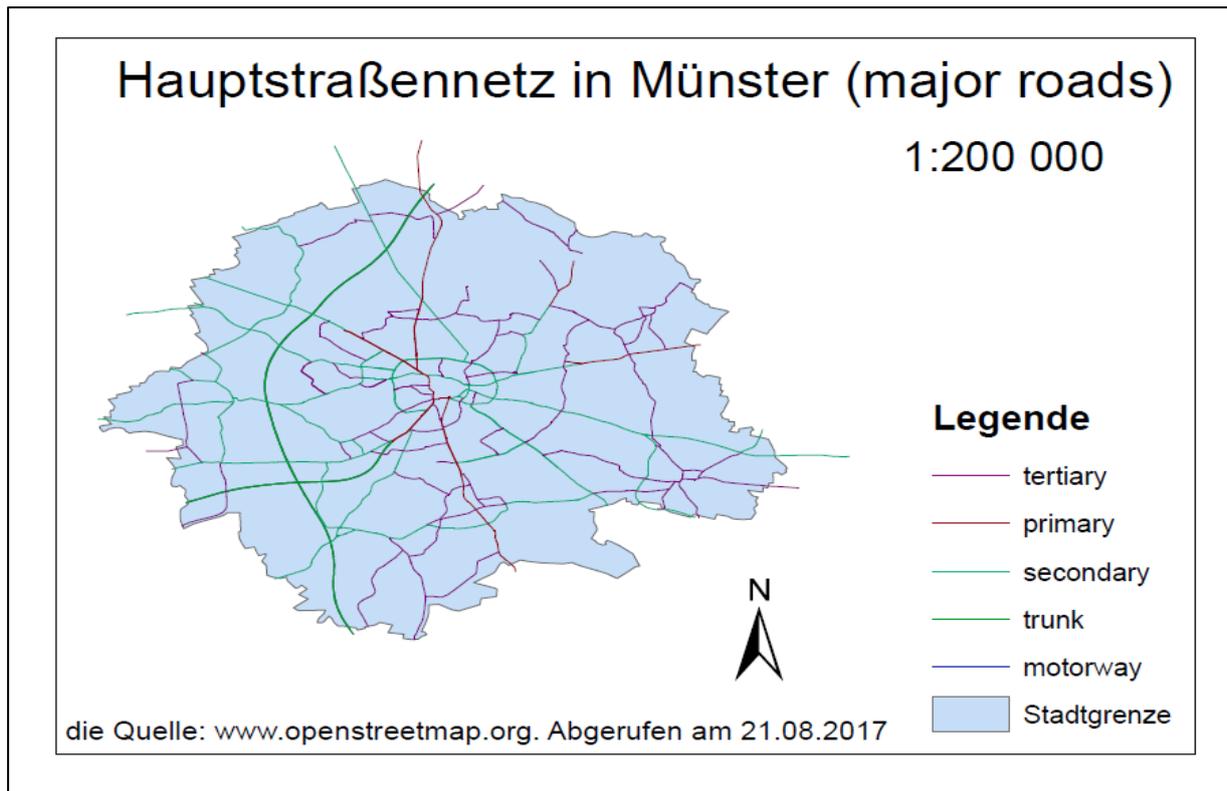
Orange → Referenzstadt

Die Fahrradnutzung in Münster ist hoch und liegt bei 39 %. Diese Stadt besitzt Radial – Ringnetz (siehe Abbildung 47), die eine gute Erschließung der inneren Bereiche für Radfahrer bietet. Nach (Fellendorf M. , 2016) ist die Erschließung durch Innenringnetz vorteilhaft:

- „verkehrsberuhigter Bereich im Zentrum,
- geringer Durchgangsverkehr,
- die Trennung der Verkehrsarten möglich.“<sup>152</sup> Es hat sich gezeigt, dass das Radial-Ringnetz einen positiven Effekt auf den Radverkehrsanteile hat, hier gezeigt am Beispiel Münster und Groningen.

<sup>151</sup> (EPOMM, 2017)

<sup>152</sup> (Fellendorf M. , 2016, S. 17)



**Abbildung 47: Radial – Ringnetz in Münster<sup>153</sup>**

In Linz ist die Fahrradnutzung wesentlich geringer als in Graz (Rasternetz – Struktur) und liegt bei nur 7%. Für die Fahrräder fallen die kurzen Wege weg. Diese Struktur (siehe Abbildung 48) bringt folgende Nachteile mit sich:

- „Verbindungen Stadtgebiete Zentrum oft mit Umwegen verbunden,
- zahlreiche Wahlmöglichkeiten Verkehrsteilnehmer erschweren bewusste,
- Einflussnahme auf die Routenwahl, z.B. zur Entlastung bestimmter Strecken.“<sup>154</sup> Diese Nachteile haben einen negativen Effekt auf die Radverkehrsanteile, hier gezeigt am Beispiel Mönchengladbach und Linz.

<sup>153</sup> (OpenStreetMap-Mitwirkende)

<sup>154</sup> (Gerike, S. 71),

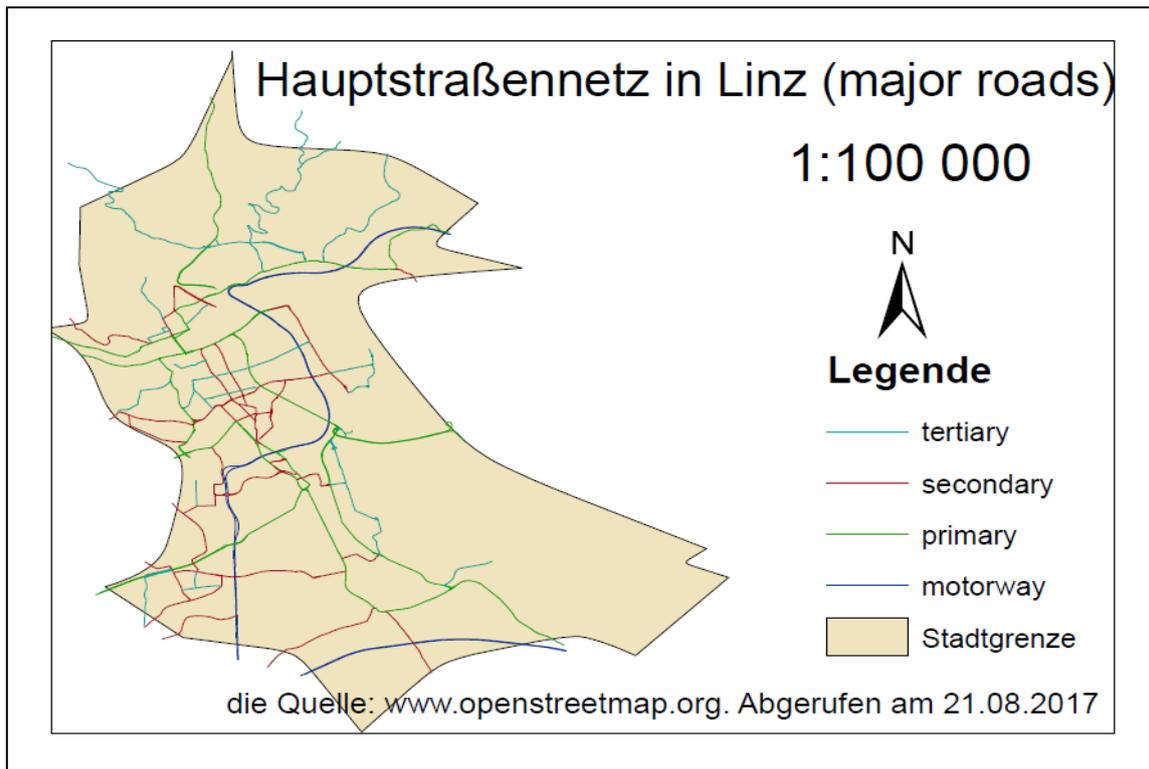


Abbildung 48: Rasternetz in Linz<sup>155</sup>

Laut Tabelle 85 liegt die Fahrradnutzung in Graz in einem mittleren Bereich mit 16%. Das Verkehrsnetz entspricht der Radial-Rasternetz-Struktur, wobei die Radialen direkt durch das Zentrum geführt werden (siehe Abbildung 49).

„Das Stadtgebiet in Graz besteht aus zwölf radial verlaufenden Hauptradrouten, die allerdings nicht durchgängigen geführt werden.“<sup>156</sup> Meiner Meinung nach, besitzt diese Radinfrastruktur mittlere Attraktivität für Radfahrer, was anhand des Modal-Splits schon festgestellt wurde.

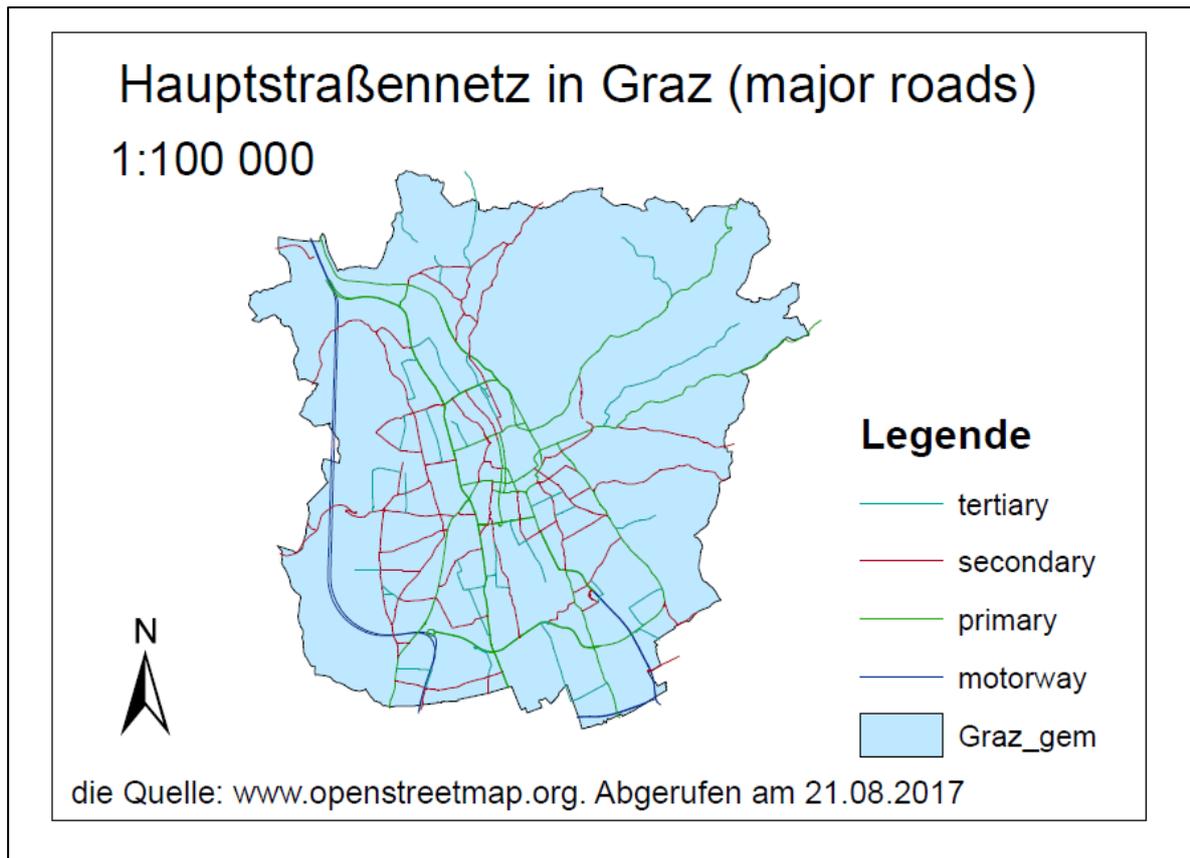
Die Vorteile dieser Netzstruktur sind:

- „kurze Wege für alle Verkehrsarten
- flexibel bei Störungen
- gute ÖV-Erschließung möglich
- einfache Orientierung.“<sup>157</sup> Es hat sich gezeigt, dass das Radial-Rasternetz am Beispiel Graz bietet viele Vorteile im Vergleich mit dem Rasternetz in Linz.

<sup>155</sup> (OpenStreetMap-Mitwirkende)

<sup>156</sup> (Baumgartner, 2017, S. 18)

<sup>157</sup> (Fellendorf M. , 2016, S. 14)



**Abbildung 49: Radial - Rasternetz in Graz<sup>158</sup>**

In diesem Abschnitt der Arbeit werden nur drei repräsentative Beispiele des Verkehrsnetzes dargestellt und die Vorteile beschrieben.

Abschließend kann ich sagen, dass die Netzstrukturen beeinflussen auf den Radverkehrsanteile.

<sup>158</sup> (OpenStreetMap-Mitwirkende)

### 5.1.17 Vergleich der Länge die T30 -Straßennetze

Das Ziel ist herauszufinden ob es einen Zusammenhang zwischen der Länge des Straßennetzes in der Stadt und der Modal Split-Radverkehrsanteile existiert.

Graz hat ca. 1000 km Gemeindestraßen ohne Autobahn. Dazu zählt man 800 km Tempo 30 Straßen und 200 km Tempo 50 Straßen.<sup>159</sup> Die anderen Städte wurden anhand der Ähnlichkeit der Straßennetzkategorie mit Graz ausgewählt. Die Funktion besteht aus folgende Indikatoren: Länge die T30 - Straßennetze, Modal-Split: Rad. Dann wird eine Differenz der Straßennetzlänge zwischen den anderen Städten mit Graz ausgerechnet. Je länger die verkehrsberuhigten Straßennetze in der Stadt sind, desto besser ist das für das Radfahren.

Korrelationskoeffizient nach lineare Regressionsanalyse beträgt 0,587. Die Gerade hat einen aufwärts Trend (siehe Abbildung 50). Je länger das Tempo 30 - Straßennetz ist, desto hoher Radverkehrsanteil.

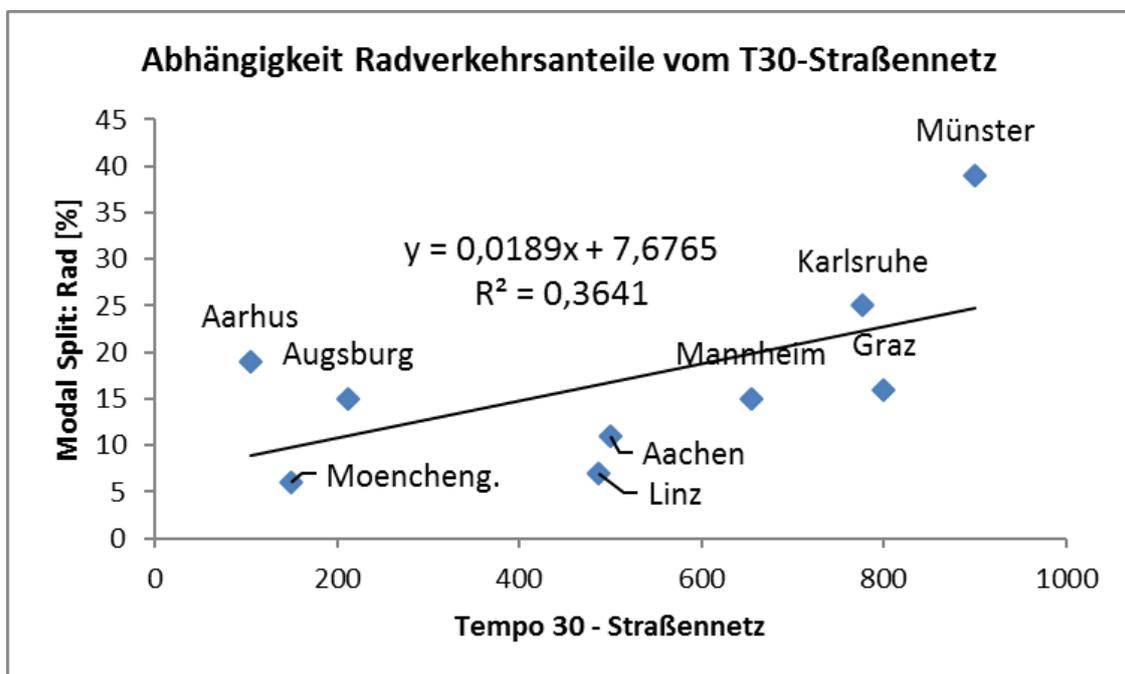


Abbildung 50: Abhängigkeit Modal Split: Rad von Länge des Straßennetzes

Die t-Werte et. Tabelle 10.2, 2-seitig  $t_{n-2, \frac{\alpha}{2}}$  liefern folgende Ergebnisse:

$$t_{7, 0.95} = 1,895 < 1,920 \rightarrow H_0 \text{ wird verworfen}$$

$$t_{7, 0.975} = 2,365 > 1,920; \text{ d.h. } H_0 \text{ wird mit Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 \% nicht verworfen.}$$

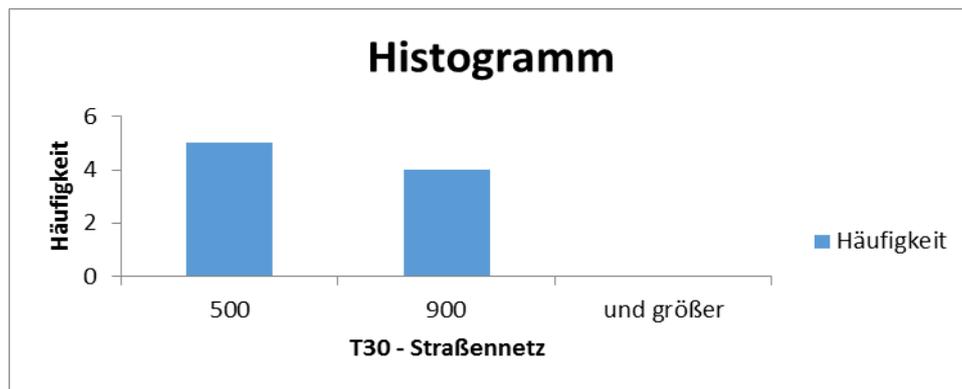
Bei diesem Modell ist der Parameter Straßennetzlänge schwach signifikant, weil der p-Wert zwischen  $0,1 > p > 0,05$  liegt (siehe Tabelle 86).

<sup>159</sup> (graz.at, Fakten zur Mobilität, 2016)

**Tabelle 86: Datenanalyse der einfachen linearen Regression**

|                                   | Standardfehler | t-Statistik | P-Wert |
|-----------------------------------|----------------|-------------|--------|
| Die Länge der Straßennetze        | 0,010          | 1,920       | 0,096  |
| Multipler Korrelationskoeffizient | 0,587          |             |        |
| Bestimmtheitsmaß                  | 0,345          |             |        |
| Adjustiertes Bestimmtheitsmaß     | 0,251          |             |        |

Nach Histogramm ergeben sich zwei Klassen, wobei der Grenzwert bei 500 km Straßennetzlänge liegt (siehe Abbildung 51).



**Abbildung 51: Die Klasse des T30 - Straßennetzes**

Alle Werte in Minus im Vergleich mit Graz, beziehen sich auf niedrigen Radverkehrsanteil, wo das Straßennetz weniger ausgebaut ist im Vergleich mit Graz (siehe Tabelle 87). Karlsruhe allein zu betrachten ist nicht aussagekräftig genug.

**Tabelle 87: Differenz zwischen der Straßennetzlänge und dem Wert der Stadt Graz**

| Städte           | Straßennetz (km) | Modal Split: Rad (%) | Differenz (km) |
|------------------|------------------|----------------------|----------------|
| Münster (DEU)    | 900              | 39                   | 100            |
| Karlsruhe (DEU)  | 776,8            | 25                   | -23            |
| Aarhus (DNK)     | 105              | 19                   | -695           |
| Graz (AUT)       | 800              | 16                   | 0              |
| Augsburg (DEU)   | 212              | 15                   | -588           |
| Mannheim (DEU)   | 654              | 15                   | -146           |
| Aachen (DEU)     | 500              | 11                   | -300           |
| Moencheng. (DEU) | 150              | 6                    | -650           |
| Linz (AUT)       | 487,5            | 7                    | -313           |

Legende:

Gelb → Zusammenhang existiert (Radanteil niedriger als Graz),

Grün → Zusammenhang existiert (Radanteil höher als Graz)

Rot → Ausreißer (passen nicht zur ausgewählte Klasse)

Orange → Graz als Referenzstadt.

Abschließend kann gesagt werden, dass der Indikator: Länge der T30 – Zonen einen positiven Einfluss auf die Radverkehrsanteile hat.

### 5.1.18 Vergleich die Länge der Fußgängerzone

Das Ziel ist herauszufinden wie viele Fußgängerzonen in jeder Stadt im Vergleich mit Graz einen Einfluss auf dem Radfahrer Anteil haben? Anhand der Differenz Fußgängerzone (Stadt X) – Stadt Graz der Radfahreranteil im Vergleich mit Graz unterscheidet?

Die Funktion besteht ausfolgende Indikatoren: Länge der Fußgängerzone, Modal Split: Rad.

Anhand Lineare Regressionsanalyse wird statistisch geprüft ob einen Zusammenhang zwischen 2 Indikatoren existiert.

Der Korrelationskoeffizient beträgt 0,196. Je hoher die Gesamtlänge der Fußgängerzone in einer Stadt ist, desto niedriger liegt meistens der Radverkehrsanteil (siehe Abbildung 52). Je kürzer die Fußgängerzone ist desto kleiner das Hemmnis diese illegal zu durchfahren.

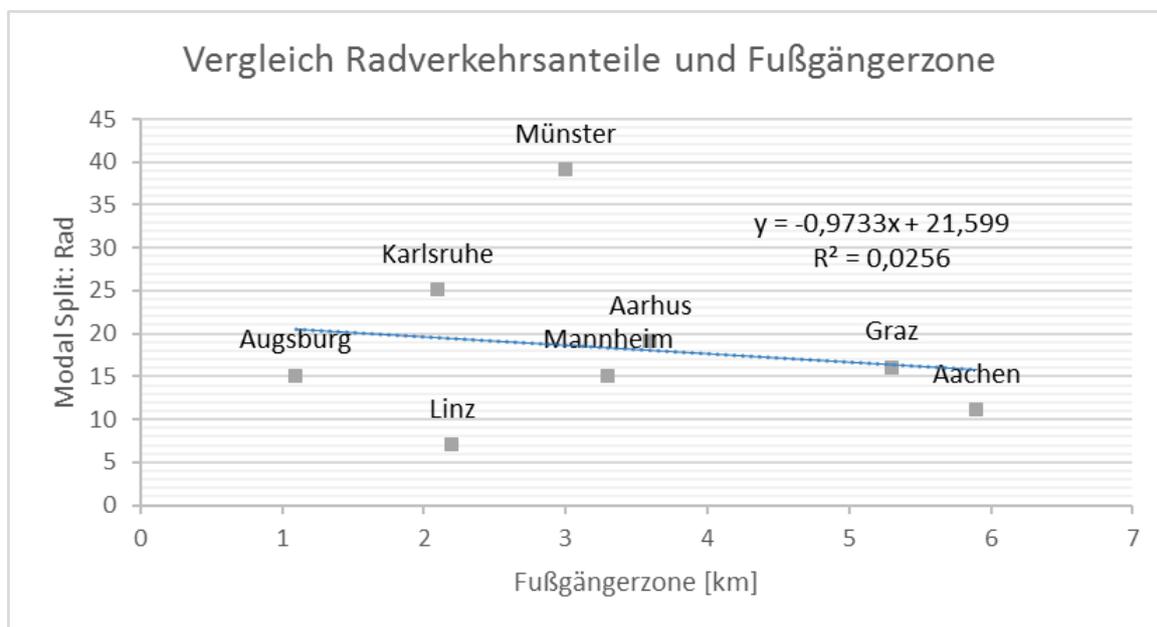


Abbildung 52: Abhängigkeit Modal Split: Rad von Länge der Fußgängerzone

Die t-Werte et. Tabelle 10.2, 2-seitig  $t_{n-2, \frac{\alpha}{2}}$  liefern folgende Ergebnisse:

$t_{6, 0.95} = 1,943 > -0,397$ ; d.h.  $H_0$  wird mit Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % nicht verworfen. Beim Modell ist der Parameter die Länge der Fußgängerzone nicht signifikant, weil der p-Wert von 0,705 sehr hoch ist (siehe Tabelle 88).

Tabelle 88: Datenanalyse der einfachen linearen Regression

|                                   | Standardfehler | t-Statistik | P-Wert |
|-----------------------------------|----------------|-------------|--------|
| Die Länge der Fußgängerzone       | 2,451          | -0,397      | 0,705  |
| Multipler Korrelationskoeffizient |                | 0,160       |        |
| Bestimmtheitsmaß                  |                | 0,026       |        |
| Adjustiertes Bestimmtheitsmaß     |                | -0,137      |        |

In der Tabelle 89 steht die Länge der Fußgängerzone nach Klasse. Lange Fußgängerzonen ohne Freigabezeiten für Radfahrende wirken sich negativ aus. Daher gibt es eine erlaubte Durchfahrbarkeit der meisten Bereiche in betrachteten Städte. Statistisch betrachtet, sind Städte wie Linz und Münster

Ausreißer. Alle betrachteten Städte haben kürzere Fußgängerzone im Vergleich mit Graz, wobei Radverkehrsanteile entweder niedrig oder hoch im Vergleich mit Graz sind. Deshalb gibt es keinen Zusammenhang zwischen Graz und andere Städte.

**Tabelle 89: Länge der Fußgängerzone nach Klasse**

| Klasse | Bereich (km) | X | Ym (%) | S    | Ym-S | Ym+S |
|--------|--------------|---|--------|------|------|------|
| A      | 1,1 - 2,7    | 4 | 21,5   | 13,8 | 7,7  | 35,3 |
| C      | 2,7 - 4,3    | 2 | 17,00  | 3    | 14,2 | 19,8 |
| B      | 4,3 - 5,9    | 2 | 9      | 8,2  | 0,8  | 17,2 |

Legende:

Gelb → Zusammenhang existiert (Radanteil niedriger als Graz),

Grün → Zusammenhang existiert (Radanteil höher als Graz).

Abschließend kann gesagt werden, dass der Indikator: Länge der Fußgängerzonen keinen Einfluss auf die Radverkehrsanteile hat.

### 5.1.19 Vergleich der Preise die Jahreskarte

Hierbei werden Kosten für die Jahreskarte für die ÖV in Städten im Vergleich mit Graz ermittelt. Zuerst wird mittels lineare Regressionsanalyse die Abhängigkeit Modal-Split: Rad und Preisangebot überprüft. Der Korrelationskoeffizient nach lineare Regression Analyse beträgt  $R = 0,557$ . Die Gerade zeigt einen aufwärts Trend (siehe Abbildung 53). Je höher das Preisangebot ist, desto höher Radverkehrsanteil.

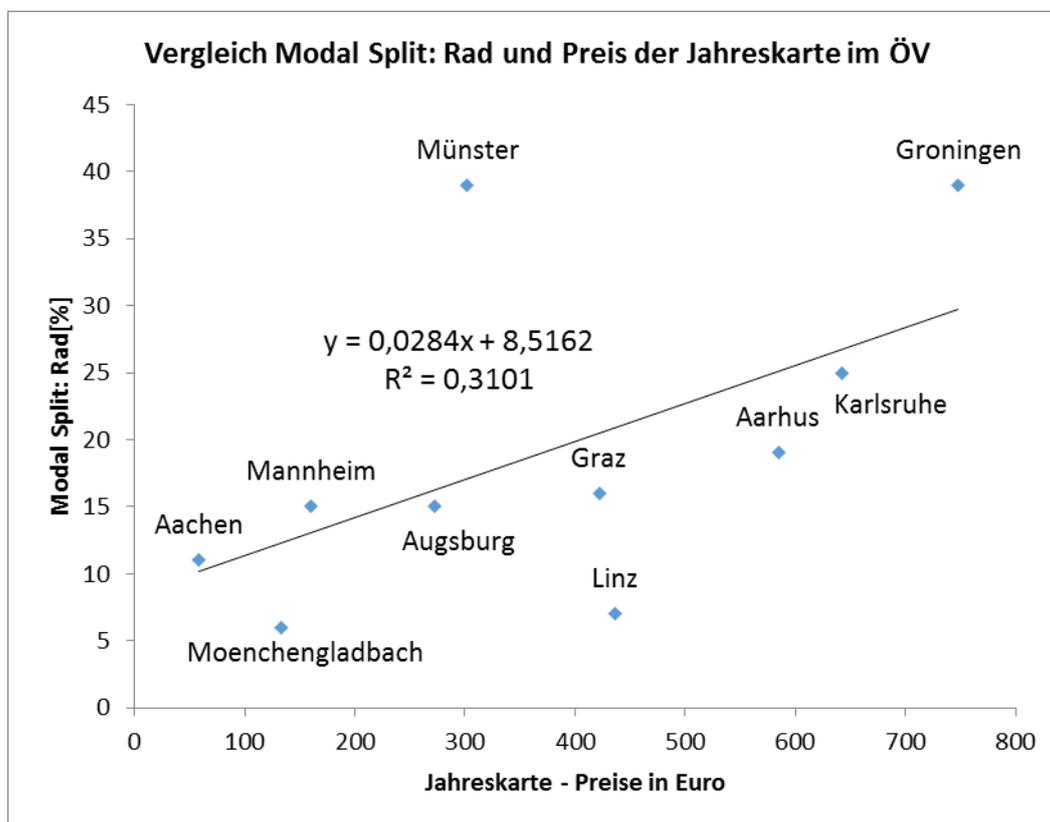


Abbildung 53: Vergleich Modal Split: Rad und Preis der Jahreskarte im ÖV

Die t-Werte et. Tabelle 10.2, 2-seitig  $t_{n-2, \frac{\alpha}{2}}$  liefern folgende Ergebnisse (siehe Tabelle 90):

- $t_{8, 0,95} = 1,860 < 1,90$ ;  $H_0$  wird mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 10 % verworfen. Bei diesem Modell ist der Parameter: der Preis der Jahreskarte schwach signifikant (p-Wert von 0,09), d.h. existiert das lineare Modell,
- $t_{8, 0,975} = 2,306 > 1,90$ ;  $H_0$  wird mit der Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % nicht verworfen.

Tabelle 90: Datenanalyse der einfachen linearen Regression

|                                   | Standardfehler | t-Statistik | P-Wert |
|-----------------------------------|----------------|-------------|--------|
| Die Länge der Fußgängerzone       | 0,01           | 1,90        | 0,09   |
| Multipler Korrelationskoeffizient | 0,557          |             |        |
| Bestimmtheitsmaß                  | 0,310          |             |        |
| Adjustiertes Bestimmtheitsmaß     | 0,224          |             |        |

Nach Histogramm wurden die Daten in 3 Klassen aufgeteilt (siehe Abbildung 54).

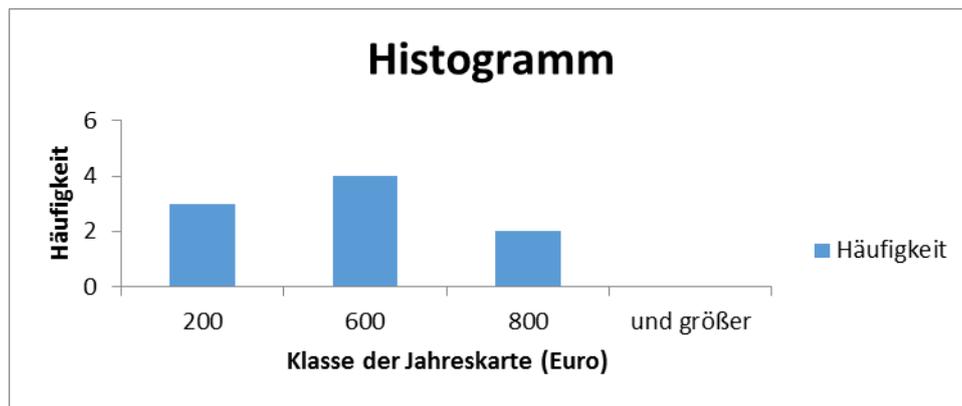


Abbildung 54: Klasse der Jahreskarte

Danach wurden die Klassen nach Preisangebot angegeben und anhand Mittelwert und Standardabweichung wurden die Ausreißer entfernt (siehe Tabelle 91).

Tabelle 91: Preis der Jahreskarte im ÖV nach Klasse

| Klasse   | Bereich (Euro) | X | Ym (%) | S  | Ym-S | Ym+S |
|----------|----------------|---|--------|----|------|------|
| C        | 200            | 3 | 11     | 5  | 6    | 15   |
| B (Graz) | 600            | 5 | 19     | 12 | 7    | 31   |
| A        | 800            | 2 | 32     | 10 | 22   | 42   |

Legende:

Gelb --> Zusammenhang (Radanteil niedriger als Graz),

Grün--> Zusammenhang (Radanteil höher als Graz)

Nach den Vergleichen einzelner Städte mit Graz, werden diejenigen die einen Zusammenhang Modal Split: Rad und Preisangebot in dem Graph erfasst und die Ausreißer wie z.B.: Münster und Aarhus entfernt. Die Werte der Ausreißer liegen außerhalb des Mittelwertes "Ym" +/- Standardabweichung "s". Die Städte wie Groningen und Karlsruhe weisen einen hohen Radverkehrsanteil im Vergleich mit Graz auf. Mannheim Aachen und Mönchengladbach weisen einen niedrigen Radverkehrsanteil im Vergleich mit Graz. Aus der Differenz: Preisangebot der jeweiligen Stadt minus Preisangebot in Graz, kann man folgendes feststellen (siehe Tabelle 92):

- alle positive Differenz-Werte im Vergleich mit Graz weisen meistens einen hohen Radverkehrsanteil,
- alle negativen Differenz-Werte im Vergleich mit Graz weisen meistens einen niedrigen Radverkehrsanteil.

**Tabelle 92: Differenz der Preisangebote für die ÖV und dem Wert der Stadt Graz<sup>160</sup>**

| Städte                | Preisangebot [Euro] | Modal Split: Rad | Klasse [Euro] | Differenz [Euro] |
|-----------------------|---------------------|------------------|---------------|------------------|
| Münster (DEU)         | 302,2               | 39               |               | -119,8           |
| Groningen (NLD)       | 747,65              | 39               | A             | 325,65           |
| Karlsruhe (DEU)       | 642                 | 25               | A             | 220              |
| Aarhus (DNK)          | 584,6               | 19               |               | 162,6            |
| Graz (AUT)            | 422                 | 16               | B             | 0                |
| Augsburg (DEU)        | 272                 | 15               | B             | -150             |
| Mannheim (DEU)        | 160                 | 15               | C             | -262             |
| Aachen (DEU)          | 58,22               | 11               | C             | -363,78          |
| Moenchengladbach(DEU) | 133,2               | 6                | C             | -288,8           |
| Linz (AUT)            | 436                 | 7                | B             | 14               |

Legende:

Gelb → Zusammenhang existiert (Radanteil niedriger als Graz),

Grün → Zusammenhang existiert (Radanteil höher als Graz)

Rot → Ausreißer (passen nicht zur ausgewählte Klasse).

Orange → Graz als Referenzstadt.

Abschließend kann gesagt werden, dass das Preisangebot im öffentlichen Verkehr als Indikator einen positiven Einfluss auf die Radverkehrsanteile hat. Die Entscheidung über die Höhe des Preises der Jahreskarte im öffentlichen Verkehr hängt von der städtischen Verkehrspolitik ab. In Städten mit teureren Fahrkarten für Bus und Straßenbahn ist eine höhere Anzahl von Fahrradnutzern zu erwarten.

<sup>160</sup> (Graz Holding, 2017), (LINZ AG, Kundenzentrum, 2018), (ASEG, 2017), (KVV, 2017), (Ungdomskort, 2018), (ASEG, 2018), (qbuzz, 2018)

### 5.1.20 Vergleich der Verkehrsleistungen

Die Bewertung des ÖV Angebots wird anhand Verkehrsleistung sowie die Anzahl an Fahrgäste pro Streckenlänge bewertet.

Nach Definition, die Verkehrsleistung ist die Anzahl an beförderte Personen mal durchschnittliche Reiseweite, welche Einheit Personenkilometer pro Jahr ist.<sup>161</sup> Hierbei wird es in Tsd. Personen pro Kilometer im Jahr, gemessen. Am Beispiel Münster die Formel lautet:  $VL = 41,6 \text{ Mio.} \times 4,9 \text{ km} = 203,8 \text{ Mio. Pkm.}$

Die Verkehrsleistung als Indikator ist es wichtig, weil einen Einfluss auf den Radverkehrsanteile haben könnte, was hierbei geprüft wird. Diese Daten werden von Verkehrsbetriebe am Ende jedes Jahres erhoben. Die Methodik zur Erhebung der Fahrgastzahl ist: Anzahl der verkauften Karten. Weitere Methodik zur Erhebung der durchschnittlichen Reiseweite wird durch die Befragung der Fahrgäste ermittelt.

Das Ziel ist das ÖV-Angebot in den Städten mit Graz zu vergleichen. Die Frage ist, welchen Einfluss ein gutes ÖV-Angebot auf die Radverkehrsanteile hat. Von der Qualität des ÖV - Angebots spricht auch die Anzahl der Fahrgäste und die Länge der gesamten ÖV-Netzes. In der Tabelle 93 werden die Daten dargestellt, die durch Befragung an Verkehrsbetriebe in jeder Stadt erhoben wurden.

**Tabelle 93: Differenz der Verkehrsleistungen für die ÖV und dem Wert der Stadt Graz<sup>162</sup>**

| 10 ausgewählten Städte | Verkehrsbetrieb | Verkehrsleistung<br>[Tsd. Personenkilometer] | Modal Split: Rad |
|------------------------|-----------------|--|------------------|
| Münster (DEU)          | STW Münster     | 203.840                                      | 39               |
| Groningen (NLD)        | Qbuzz           | 33.472                                       | 39               |
| Karlsruhe (DEU)        | AFSTA           | 245.992                                      | 25               |
| Aarhus (DNK)           | midttrafik      | 90.000                                       | 19               |
| Graz (AUT)             | Graz Holding    | 560.385                                      | 16               |
| Augsburg (DEU)         | SWA             | 273.188                                      | 15               |
| Mannheim (DEU)         | RNV             | 669.353                                      | 15               |
| Aachen (DEU)           | ASEAG           | 404.490                                      | 11               |
| Moencheng. (DEU)       | NEW MöBus       | 239.575                                      | 6                |
| Linz (AUT)             | Linz AG         | 454.570                                      | 7                |

Zuerst ist zu überprüfen, gibt es einen Zusammenhang zwischen Radverkehrsanteil in Modal Split und Verkehrsleistung. Korrelationskoeffizient nach Pearson beträgt  $R = -0,544$ . Die Gerade hat einen abwärts Trend (siehe Abbildung 55). Je besser Verkehrsleistung in einer Stadt ist, desto weniger Radverkehrsanteile in Modal Split. D.h. je mehr Fahrgäste pro Jahr die durchschnittlichen Reisewege zurücklegen, desto bessern sind die ÖV-Angebot in einer Stadt.

<sup>161</sup> (Allianz pro Schiene)

<sup>162</sup> (Graz Holding, 2017), (LINZ AG, Kundenzentrum, 2018), (ASEG, 2017), (KVV, 2017), (Qbuzz, 2017), (Verband deutscher Verkehrsunternehmen, 2016, S. 56-60), (Ovbureau, 2017), (Roes, 2017)

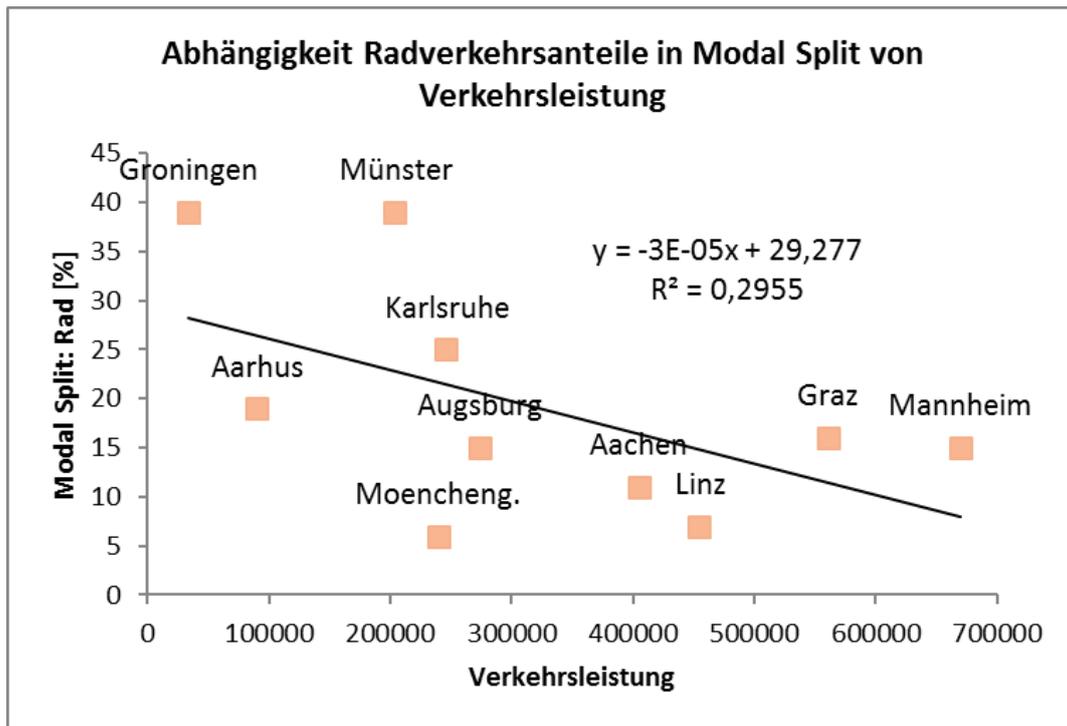


Abbildung 55: Abhängigkeit Modal Split: Rad von Verkehrsleistung

Die t-Werte et. Tabelle 10.2, 2-seitig  $t_{n-2, \frac{\alpha}{2}}$  liefern folgende Ergebnisse:

$t_{8, 0.95} = 1,895 > -1,832$  ; d.h.  $H_0$  wird mit Irrtumswahrscheinlichkeit von 10 % nicht verworfen. Beim Modell ist der Parameter die Verkehrsleistung schwach signifikant, weil der p-Wert zwischen  $0,1 \geq p > 0,05$  liegt (siehe Tabelle 94).

Tabelle 94: Datenanalyse der einfachen linearen Regression

|                                   | Standardfehler | t-Statistik | P-Wert |
|-----------------------------------|----------------|-------------|--------|
| Die Länge der Fußgängerzone       | 0,00002        | 1,832       | 0,104  |
| Multipler Korrelationskoeffizient | 0,544          |             |        |
| Bestimmtheitsmaß                  | 0,295          |             |        |
| Adjustiertes Bestimmtheitsmaß     | 0,207          |             |        |

Nach der linearen Regressionsanalyse, es ist zu erkennen, dass die meisten Städte im Vergleich mit Graz einen niedrigen Radverkehrsanteil aufweisen. Das bedeutet nichts Anderes als: Graz ist eine Universitätsstadt, die gute ÖV - Anbindung hat, Stadt der kurzen Wege. Allgemein betrachtet, der Indikator: Verkehrsleistung beeinflusst die Senkung der Radverkehrsanteiles.

### 5.1.21 Multiple Modelle

In den Unterkapiteln 5.1.13 bis 5.1.16 haben ich die Daten aus 10 Städten genommen, die ebenfalls mittels einfacher Regression statistisch analysiert wurden. Um bessere Ergebnisse zu erzielen, sollen diese neuen Parameter mit einer multiplen Regression kombiniert werden. Deshalb wurden in diesem Unterkapitel insgesamt 4 Modelle ausprobiert, die übersichtlich dargestellt wurden (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Die Ergebnisse der Modelle werden nachfolgend beschrieben sowie logisch betrachtet. Die wichtigsten Ergebnisse jedes Modells sind im Anhang ebenfalls detailliert dargestellt, also jeweils einzeln. (siehe Tabellen auf den Seiten 170 bis 173).

#### Das Modell A

Dieses Modell beinhaltet drei Variablen: Preisangebot der Jahreskarte im ÖV, Länge der reinen Radwege und Länge der T30-Zonen (siehe Tabelle 95). Modell A.4 mit  $y = 8,843 + 0,022 * \text{Preisangebot} + 0,087 * \text{Radwegelänge}$  mit dem korrigierten Bestimmtheitsmaß von 48 % und eine Signifikanz der Indikatoren von 0,109 und 0,060 (schwach signifikant).

Die Modelle A.5, A.6 und A.7 sind schlecht, weil die korrigierte Bestimmtheitsmaße kleiner als Modell A.4 sind sowie hohe P-Werte aufweisen.

Der Parameter Radwegelänge (einfache Regression) hat den p-Wert 0,044. Dieser ist kleiner als beide p-Werte im multiplen Modell und somit ist die Abhängigkeit besser als Modell A.4.

Das Modell A in der einfachen Regression besteht wie folgt aus 3 eindimensionalen Modellen:

- Das Modell A.1:  $R^2_{\text{korr}} = 0,224$ ;  $p = 0,090$ ; (siehe Tabelle 90)
- Das Modell A.2:  $R^2_{\text{korr}} = 0,344$ ;  $p = 0,044$ ; (siehe Tabelle 80)
- Das Modell A.3:  $R^2_{\text{korr}} = 0,251$ ;  $p = 0,096$  (siehe Tabelle 86).

**Tabelle 95: Das multiple Modell A**

| Modell Nr.   | A.4                                |                                 | A.5                                 |                                 | A.6                             |                                 | A.7  |                                 |                                 |
|--|------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--|---------------------------------|---------------------------------|
| Parameter  | x1 Preisangebot<br>x2 Radwegelänge |                                 | x3 Tempo 30 Zone<br>x1 Preisangebot |                                 | x2 Radwegel.<br>x3 EW-Zahl      |                                 | x1 Preisangebot<br>x2 Radwegelänge<br>x3 Tempo 30 Zone |                                 |                                 |
| geschätzt $\beta_0$ (=est $\beta_0$ )                  | -2,915                             |                                 | 2,965                               |                                 | 1,098                           |                                 | -3,566   |                                 |                                 |
| Koeffizienten  | <i>est <math>\beta_1</math></i>    | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_1</math></i>     | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_1</math></i> | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_1</math></i>                        | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_3</math></i> |
|  | 0,022                              | 0,087                           | 0,019                               | 0,013                           | 0,054                           | 0,015                           | 0,015  | 0,057                           | 0,014                           |
| Bestimmtheitsmaß $R^2$                                 | 0,598                              |                                 | 0,415                               |                                 | 0,476                           |                                 | 0,561  |                                 |                                 |
| korr Bestimmtheitsmaß                                  | 0,483                              |                                 | 0,220                               |                                 | 0,301                           |                                 | 0,298  |                                 |                                 |
| Standardfehler   | 8,483                              |                                 | 8,932                               |                                 | 8,455                           |                                 | 8,471  |                                 |                                 |
| <b>Signifikanztest für Bestimmtheitsmaß mit F-Test</b> |                                    |                                 |                                     |                                 |                                 |                                 |  |                                 |                                 |
| Prüfgröße F-Statistik                                  | 5,21                               |                                 | 2,127                               |                                 | 2,721                           |                                 | 2,133  |                                 |                                 |
| F-Wert für 90%   | F(2, 10-2-1, .95) = 4,737          |                                 |                                     |                                 |                                 |                                 | 4,757  |                                 |                                 |
| akzeptiert 10% Irrtum                                  | ja                                 |                                 | nein                                |                                 | nein                            |                                 | nein   |                                 |                                 |
| F-Wert für 95%   | 6,542                              |                                 |                                     |                                 |                                 |                                 | 6,599  |                                 |                                 |
| akzeptiert 5% Irrtum                                   | nein                               |                                 | nein                                |                                 | nein                            |                                 | nein   |                                 |                                 |
| F-Wert für 99%   | 12,40                              |                                 |                                     |                                 |                                 |                                 | 12,92  |                                 |                                 |
| akzeptiert 1% Irrtum                                   | nein                               |                                 | nein                                |                                 | nein                            |                                 | nein   |                                 |                                 |
| p-Wert   | 0,109                              | 0,060                           | 0,129                               | 0,429                           | 0,267                           | 0,198                           | 0,368  | 0,253                           | 0,254                           |

**Das Modell B**

Dieses Modell beinhaltet drei Variablen: Länge der reinen Radwege, Länge der T30-Zonen und Länge der Fußgängerzonen. Es wurde keine Signifikanz gefunden (siehe Tabelle 96). Diese Aussage scheint auf den ersten Blick logisch, weil die Länge der Fußgängerzonen keinen Einfluss auf die Radverkehrsanteile hat. Insbesondere wenn man die Länge der reinen Radwege und Tempo 30-Zonen betrachtet, scheint es logisch, dass diese einen sehr guten Einfluss auf die Radverkehrsanteile haben.

Das Modell B in der einfachen Regression besteht wie folgt aus 3 eindimensionalen Modellen:

- Das Modell B.1:  $R^2_{\text{korr}} = 0,344$ ;  $p = 0,044$ ; (siehe Tabelle 80)
- Das Modell B.2:  $R^2_{\text{korr}} = 0,251$ ;  $p = 0,096$ ; (siehe Tabelle 86)
- Das Modell B.3:  $R^2_{\text{korr}} = -0,371$ ;  $p = 0,705$  (siehe Tabelle 88).

**Tabelle 96: Das multiple Modell B**

| Modell Nr.   | B.4                             |                                 | B.5                                 |                                 | B.6                             |                                 | B.7  |                                 |                                 |
|--|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--|---------------------------------|---------------------------------|
| Parameter  | x1 Radwegelänge<br>x2 T30 Zone  |                                 | x3 Fußgängerzone<br>x1 Radwegelänge |                                 | x2 T30 Zone<br>x3 Fußgängerz.   |                                 | x1 Radwegelänge<br>x2 T30 Zone<br>x3 Fußgängerzone |                                 |                                 |
| geschätzt $\beta_0$ (=est $\beta_0$ )                  | 1,684                           |                                 | -1,067                              |                                 | 8,863                           |                                 | 0,062  |                                 |                                 |
| Koeffizienten  | <i>est <math>\beta_1</math></i> | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_1</math></i>     | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_1</math></i> | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_1</math></i>                    | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_3</math></i> |
|  | 0,052                           | 0,015                           | 1,998                               | 0,077                           | 0,017                           | -0,004                          | 0,062  | 0,012                           | 1,018                           |
| Bestimmtheitsmaß $R^2$                                 | 0,372                           |                                 | 0,301                               |                                 | 0,245                           |                                 | 0,394  |                                 |                                 |
| korr Bestimmtheitsmaß                                  | 0,121                           |                                 | 0,021                               |                                 | -0,058                          |                                 | -0,060   |                                 |                                 |
| Standardfehler   | 9,255                           |                                 | 9,763                               |                                 | 10,150                          |                                 | 10,160   |                                 |                                 |
| <b>Signifikanztest für Bestimmtheitsmaß mit F-Test</b> |                                 |                                 |                                     |                                 |                                 |                                 |  |                                 |                                 |
| Prüfgröße F-Statistik                                  | 1,481                           |                                 | 1,077                               |                                 | 0,809                           |                                 | 0,87   |                                 |                                 |
| F-Wert für 90%   | F(2, 8-2-1, .95) = 5,786        |                                 |                                     |                                 |                                 |                                 | 6,591  |                                 |                                 |
| akzeptiert 10% Irrtum                                  | nein                            |                                 | nein                                |                                 | nein                            |                                 | nein   |                                 |                                 |
| F-Wert für 95%   | 8,434                           |                                 |                                     |                                 |                                 |                                 | 9,979  |                                 |                                 |
| akzeptiert 5% Irrtum                                   | nein                            |                                 | nein                                |                                 | nein                            |                                 | nein   |                                 |                                 |
| F-Wert für 99%   | 18,31                           |                                 |                                     |                                 |                                 |                                 | 24,26  |                                 |                                 |
| akzeptiert 1% Irrtum                                   | nein                            |                                 | nein                                |                                 | nein                            |                                 | nein   |                                 |                                 |
| p-Wert   | 0,360                           | 0,282                           | 0,413                               | 0,229                           | 0,296                           | 0,999                           | 0,376  | 0,476                           | 0,720                           |

**Das Modell C**

Dieses Modell beinhaltet drei Variablen: Länge der T30-Zonen, Länge der Fußgängerzonen und Verkehrsleistung (siehe Tabelle 97).

Modell C.5 hat eine Kombination aus  $R^2_{\text{korr}}$  und P-Werten. Beim Modell sind die betrachteten Indikatoren signifikant ( $0,05 \geq p > 0,01$ ).

Modelle C.4, C.6 und C.7 sind schlecht (geringe  $R^2_{\text{korr}}$  und hohe p-Werte) und als solche abzulehnen. Der Parameter T30-Zone (einfache Regression) hat den p-Wert 0,096. Dieser ist größer als beide p-Werte im multiplen Modell und somit ist die Abhängigkeit schlechter als Modell A.4.

Das Modell C in der einfachen Regression besteht wie folgt aus 3 eindimensionalen Modellen:

- Das Modell C.1:  $R^2_{\text{korr}} = 0,251$ ;  $p = 0,096$ ; (siehe Tabelle 86)
- Das Modell C.2:  $R^2_{\text{korr}} = -0,137$ ;  $p = 0,705$ ; (siehe Tabelle 88)
- Das Modell C.3:  $R^2_{\text{korr}} = 0,207$ ;  $p = 0,104$  (siehe Tabelle 94).

**Tabelle 97: Das multiple Modell C**

| Modell Nr.   | C.4                                |                                 | C.5                                |                                 | C.6                             |                                 | C7   |                                 |                                 |
|--|------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--|---------------------------------|---------------------------------|
| Parameter  | x1 T30 Zone<br>x2<br>Fußgängerzone |                                 | x3 Verkehrsleistung<br>x1 T30-Zone |                                 | x2 Fußgängerz<br>x3 Verkehrsrl. |                                 | x1 T30 - Zone<br>x2 Fußgängerzone<br>x3 Verkehrsleistung |                                 |                                 |
| geschätzt $\beta_0$ (=est $\beta_0$ )                  | 8,863                              |                                 | 17,850                             |                                 | 22,655                          |                                 | 17,637   |                                 |                                 |
| Koeffizienten  | <i>est <math>\beta_1</math></i>    | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_1</math></i>    | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_1</math></i> | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_1</math></i>                          | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_3</math></i> |
|  | 0,017                              | -0,004                          | -0,00004                           | 0,027                           | 1,653                           | -0,00003                        | 0,027  | 0,097                           | -0,00004                        |
| Bestimmtheitsmaß $R^2$                                 | 0,245                              |                                 | 0,792                              |                                 | 0,335                           |                                 | 0,792  |                                 |                                 |
| korr Bestimmtheitsmaß                                  | -0,058                             |                                 | 0,709                              |                                 | 0,069                           |                                 | 0,636  |                                 |                                 |
| Standardfehler   | 10,150                             |                                 | 5,327                              |                                 | 9,522                           |                                 | 5,952  |                                 |                                 |
| <b>Signifikanztest für Bestimmtheitsmaß mit F-Test</b> |                                    |                                 |                                    |                                 |                                 |                                 |  |                                 |                                 |
| Prüfgröße F-Statistik                                  | 0,809                              |                                 | 9,52                               |                                 | 1,260                           |                                 | 5,083  |                                 |                                 |
| F-Wert für 90%   | F(2, 8-2-1, .95) = 5,786           |                                 |                                    |                                 |                                 |                                 | 6,591  |                                 |                                 |
| akzeptiert 10% Irrtum                                  | nein                               |                                 | ja                                 |                                 | nein                            |                                 | nein   |                                 |                                 |
| F-Wert für 95%   | 8,434                              |                                 |                                    |                                 |                                 |                                 | 9,979  |                                 |                                 |
| akzeptiert 5% Irrtum                                   | nein                               |                                 | ja                                 |                                 | nein                            |                                 | nein   |                                 |                                 |
| F-Wert für 99%   | 18,31                              |                                 |                                    |                                 |                                 |                                 | 24,26  |                                 |                                 |
| akzeptiert 1% Irrtum                                   | nein                               |                                 | nein                               |                                 | nein                            |                                 | nein   |                                 |                                 |
| p-Wert   | 0,296                              | 0,999                           | 0,015                              | 0,016                           | 0,471                           | 0,196                           | 0,041  | 0,949                           | 0,031                           |

### Das Modell D

Dieses Modell beinhaltet drei Variablen: Preisangebot der Jahreskarte im ÖV, Länge der reinen Radwege und Verkehrsleistung (siehe Tabelle 98).

Interpretation der Modellergebnisse:

- Modell D.4 mit  $y = 8,483 + (0,02 * \text{Preisangebot}) + (0,09 * \text{Radwegelänge})$  mit dem korrigierten Bestimmtheitsmaß von 48 % und eine Signifikanz der Indikatoren von 0,12 und 0,06 (schwach signifikant).
- Die Modelle D.6 und D.7 sind vergleichbar, weil das korrigierte Bestimmtheitsmaß mit 44% sehr ähnlich ist. Beim Modell D.7 ist ein P-Wert niedrig, d.h.  $x_2$  hat eine Abhängigkeit. Allgemein betrachtet, die Modelle D.5, D.6 und D.7 sind schlecht (hohe p-Werte) und als solche abzulehnen.
- Der Parameter Preisangebot im ÖV (einfache Regression) hat den p-Wert 0,09 zwischen beiden p-Werten im multiplen Modell. Er zeigt eine ähnliche Abhängigkeit zwischen den Prädikatoren: Preisangebot im ÖV und die Radwegelängen.

Das Modell D in der einfachen Regression besteht wie folgt aus 3 eindimensionalen Modellen:

- Das Modell D.1:  $R^2_{\text{korr}} = 0,224$ ;  $p=0,090$ ; (siehe Tabelle 90)
- Das Modell D.2:  $R^2_{\text{korr}} = 0,344$ ;  $p= 0,044$ ; (siehe Tabelle 80)
- Das Modell C.3:  $R^2_{\text{korr}} = 0,207$ ;  $p=0,104$  (siehe Tabelle 94).

**Tabelle 98: Das multiple Modell D**

| Modell Nr.   | D.4                                |                                 | D.5                             |                                 | D.6                             |                                 | D.7   |                                 |                                 |
|--|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---|---------------------------------|---------------------------------|
| Parameter  | x1 Preisangebot<br>x2 Radwegelänge |                                 | x3 Verkeghrsl. x1 Preisangebot  |                                 | x2 Radwegel. x3 Verkehrsl.      |                                 | x1 Preisangebot<br>x2 Radwegelänge<br>x3 Verkehrsleistung |                                 |                                 |
| geschätzt $\beta_0$ (=est $\beta_0$ )                  | -2,92                              |                                 | 18,43                           |                                 | 13,158                          |                                 | 4,769   |                                 |                                 |
| Koeffizienten  | <i>est <math>\beta_1</math></i>    | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_1</math></i> | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_1</math></i> | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_1</math></i>                           | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_3</math></i> |
|  | 0,02                               | 0,09                            | -0,00002                        | 0,02                            | 0,085                           | -0,00002                        | 0,016   | 0,081                           | -0,00001                        |
| Bestimmtheitsmaß $R^2$                                 | 0,598                              |                                 | 0,395                           |                                 | 0,568                           |                                 | 0,638   |                                 |                                 |
| korr Bestimmtheitsmaß                                  | 0,483                              |                                 | 0,222                           |                                 | 0,444                           |                                 | 0,458   |                                 |                                 |
| Standardfehler   | 8,483                              |                                 | 10,409                          |                                 | 8,800                           |                                 | 8,693   |                                 |                                 |
| <b>Signifikanztest für Bestimmtheitsmaß mit F-Test</b> |                                    |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |   |                                 |                                 |
| Prüfgröße F-Statistik                                  | 5,21                               |                                 | 2,285                           |                                 | 4,593                           |                                 | 3,530   |                                 |                                 |
| F-Wert für 90%   | F(2, 10-2-1,.95) = 4,737           |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 | 4,757   |                                 |                                 |
| akzeptiert 10% Irrtum                                  | ja                                 |                                 | nein                            |                                 | nein                            |                                 | nein  |                                 |                                 |
| F-Wert für 95%   | 6,542                              |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 | 6,599   |                                 |                                 |
| akzeptiert 5% Irrtum                                   | nein                               |                                 | nein                            |                                 | nein                            |                                 | nein  |                                 |                                 |
| F-Wert für 99%   | 12,40                              |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 | 12,92   |                                 |                                 |
| akzeptiert 1% Irrtum                                   | nein                               |                                 | nein                            |                                 | nein                            |                                 | nein  |                                 |                                 |
| p-Wert   | 0,102                              | 0,06                            | 0,35                            | 0,32                            | 0,074                           | 0,162                           | 0,320   | 0,091                           | 0,446                           |

Von den 4 Modellen ergab nur ein Modell kein Ergebnis (siehe Tabelle 96). Die anderen 3 Modelle bringen Ergebnisse von geringer Bedeutung. Ich habe in der Analyse im Kapitel 5.1.11, sowie im Kapitel 5.1.21 festgestellt, dass eine hohe Signifikanz nicht erreicht werden kann.

Im Vergleich zur einfachen Regression kann man am Ende sagen, dass das Modell 4 der multiplen Regression den Anteil der Radfahrer im Verkehr am besten erklärt (für eine genauere Beschreibung siehe Abschnitt unten).

## Zusammenfassung und Ausblick

In dieser Masterarbeit wurde eine vergleichbare Darstellung der recherchierten Daten für 30 bzw. 10 europäische Städte sowie seine vergleichbare Auswertung durchgeführt. Die Indikatoren wie z.B.: Stadtstruktur, Einwohnerdichte, Netzlänge usw. wurden in Verbindung mit dem Modal Split eingesetzt. Dann wurde eine vollständige Tabelle mit allen Attributen für die 30 und 10 Städte angefertigt. Insgesamt 38 Modelle wurden auf Signifikanz getestet und eine allzu hohe Signifikanz (P-Wert größer als 0,001) könnte nicht herausgefunden wurden.

Dazu gehört eine verbale Beschreibung zwischen den Prädikatoren und Radverkehrsanteile, dass die Nullhypothese abzulehnen ist, wie folgt:

- Für den 30 Städte, einfache Regression:
  - Der Faktor, Radwegelänge durch gesamte Verkehrsfläche (sehr signifikant)
  - Der Motorisierungsgrad (signifikant)
  - Liniennetzlänge: Straßenbahn (schwach signifikant)
  - Anteile Radwege an Straßennetz (schwach signifikant).
- Für den 10 Städte, einfache Regression:
  - Die Länge der reinen Radwege (signifikant)
  - Fahrradwege pro Einwohner (signifikant)
  - Preis der Jahreskarte im ÖV (schwach signifikant)
  - Die Länge von T30 – Straßennetz (schwach signifikant)
  - Verkehrsleistungen im ÖV (schwach signifikant).

Folgende multiple Modelle bis zu den drei Variablen wurden in Zusammenhang mit den Radverkehrsanteile gebracht:

- Für den 30 Städte
  - Modell Nr.4.: Radwegelänge und Einwohnerzahl (schwach signifikant)
  - Modell Nr.6: Radwegelänge und Verkehrsfläche (schwach signifikant)
  - Modell Nr. 15: Liniennlänge des Busnetzes und Stadtfläche (schwach signifikant)
  - Modell Nr.18 hat die Kombination aus den 3 Variablen  $y=f(x_1, x_2, x_3)$ :
    - Bedienungshäufigkeit des ÖV-Angebots: Straßenbahn (signifikant)
    - Bedienungshäufigkeit des ÖV-Angebots: Bus (signifikant)
    - Einwohnerdichte im Bauland (schwach signifikant)
- Für den 10 Städte
  - Modell A.4: Preisangebot und Radwegelänge (schwach signifikant)
  - Modell C.5: Verkehrsleistung und T30 – Straßennetz (signifikant).

Abschließend kann ich sagen, dass das lineare Modell „Radwegelänge durch gesamte Verkehrsfläche“ das beste Ergebnis geliefert wurde (P-Wert beträgt 0,004;  $R^2_{\text{kor}}=0,239$ ).

In der Analyse von 10 Städten erklärt das lineare Modell: Fahrradwege pro Einwohner am besten die Zielgröße Radverkehrsanteil (P-Wert beträgt 0,027;  $R^2_{\text{kor}}=0,477$ ). Dieses Modell wird als signifikant

bezeichnet. In der Analyse von 10 Städten, besteht das beste multiple Modell, zur Bestimmung des Radfahreranteils, aus einer Kombination aus: Verkehrsleistung und Tempo-30-Zonen (P-Wert zwischen 0,015 und 0,016;  $R^2_{\text{kor}}=0,7$ ).

Um die Frage zu beantworten, warum sich der Radverkehrsanteil im Vergleich mit Graz unterscheidet, wurden 10 verschiedene Städte betrachtet. Im folgenden Text sind Aussagen dazu zusammenfassend angeführt.

Dort wo reine Radwege im Vergleich mit Graz besser ausgebaut sind, dort liegt der Radfahreranteil meistens höher. Alle Werte die im Vergleich mit Graz niedriger sind, beziehen sich auf weniger Radverkehrsanteil, wo das T30-Sträßennetz geringer ausgebaut ist als im Vergleich zu Graz.

Alle 10 betrachteten Städte haben kürzere Fußgängerzone im Vergleich mit Graz, wobei Radverkehrsanteile entweder niedrig oder höher als Graz sind. Deshalb gibt es keinen Zusammenhang.

Alle positiven Differenz-Werte der Jahreskarte im Vergleich mit Graz weisen meistens einen hohen Radverkehrsanteil auf und umgekehrt.

Wenn man betrachtet der Indikator Verkehrsleistung im öffentlichen Verkehr, daraus folgt, dass die meisten Städte im Vergleich mit Graz weisen einen niedrigen Radverkehrsanteil auf.

Die Städte, die Radial-Ringnetz haben, haben eine höhere Fahrradnutzung als Graz. Das Rasternetz bewirkt die Senkung der Fahrradnutzung, weil die Differenz der Radverkehrsanteile zu Graz geringer ist.

### *Ausblick*

Abschließend ist es wichtig anzumerken, warum Graz sich im mittleren Bereich bezüglich des Radverkehrsanteil befindet. Graz hat ideale Voraussetzungen für das Radfahren wie beispielsweise flache Topografie und hohen Studentenanteil, was charakteristisch für eine Fahrradstadt wie Münster ist. Aus dem Städtevergleich habe ich festgestellt, dass Graz meistens die Indikatorwerte hat welche dem mittleren Klassenbereich entsprechen. Es ist gut, aber könnte noch besser sein.

Ein Ziel meiner Untersuchung war, den baulichen Indikatorwert herauszufinden der den Radverkehrsanteil am besten erklären kann. Ich kam zu dem Schluss das der Indikator „Fahrradwege pro Einwohner“ sich gut dafür eignet. Es hat sich gezeigt, dass in Graz etwa 26 m Radwegelänge pro Kopf zur Verfügung stehen. Graz befindet sich hier im mittleren Bereich im Vergleich zu anderen Städten. Dieser Wert kann auch höher sein, wie in Münster, wo mit 40 m Radwegelänge pro Einwohner ein Radverkehrsanteil von etwa 40 % erreicht.

Wenn man die Länge des Tempo 30-Sträßennetzes betrachtet so hat Graz ein sehr gut ausgebautes Netz im Vergleich zu anderen Mittelgroßstädten. Dies ist so gut ausgebaut wie in Münster, was auch eine gute Voraussetzung für höheren Radverkehrsanteil in der Zukunft ist. Nach meiner Meinung befindet sich Graz in einer Übergangsphase und zeigt gute bauliche Indikatorwerte für eine mögliche Zunahme des Radverkehrsanteils. Um in Zukunft eine bessere Fahrradstadt zu sein ist es empfehlenswert weiter in Radinfrastruktur zu investieren.

## Literaturverzeichnis

- ADFC Kreisverband Bochum e. V. (12. 05 2014). Von <https://www.adfc-nrw.de/kreisverbaende/kv-bochum/aktuelles/aktuelles/article/welchen-zielwert-fuer-den-radverkehrsanteil-im-mod.html> [03.09.2017] abgerufen
- Aachener Straßenbahn und Energieversorgungs-AG. (31. 12 2016). ASEAG. Von <https://www.aseag.de/die-aseag/ueber-uns/> [22.09.2017] abgerufen
- Aarhus Kommune. (kein Datum). Abgerufen am 26. 12 2017 von [http://webgis.aarhus.dk/kommuneatlas/bygninger\\_bevaringsvaerdier/Bygninger\\_bevaringsvaerdier\\_%2024.htm](http://webgis.aarhus.dk/kommuneatlas/bygninger_bevaringsvaerdier/Bygninger_bevaringsvaerdier_%2024.htm)
- Abteilung für die Verkehrsplanung Münster. (01 2009). *muenster.de*. (S. Münster, Hrsg.) Von [https://www.muenster.de/stadt/stadtplanung/pdf/Verkehrsentwicklungsplan2025\\_zwischenbericht.pdf](https://www.muenster.de/stadt/stadtplanung/pdf/Verkehrsentwicklungsplan2025_zwischenbericht.pdf) [14.10.2017] abgerufen
- Abteilung für Verkehrsplanung der Stadt Graz. (2014). *graz.at*. Von [https://www.graz.at/cms/beitrag/10192602/8032890/Fakten\\_zur\\_Mobilitaet.html](https://www.graz.at/cms/beitrag/10192602/8032890/Fakten_zur_Mobilitaet.html) [18.07.2017] abgerufen
- AGFK Baden Württemberg. (07. 02 2017). Von <https://www.agfk-bw.de/blog/news-single/mannheimer-sind-umweltfreundlich-unterwegs/vom/7/2/2014/> [28.12.2017] abgerufen
- Allianz pro Schiene. (kein Datum). Abgerufen am 01. 11 2017 von <https://www.allianz-proschiene.de/glossar/verkehrsleistung>
- Amt für Strassen und Verkehr (ASV). (kein Datum). *asv.bremen.de*. Von [https://www.asv.bremen.de/das\\_amt-1464](https://www.asv.bremen.de/das_amt-1464) [14.10.2017] abgerufen
- Andersen, P. (13. 04 2014). *youtube*. Von Students t-test: <https://www.youtube.com/watch?v=pTmLQvMM-1M> [03.11.2017] abgerufen
- Anderson, H. (2017). *Metroselskabet og Hovestadens Letbane*. Von Email: han@m.dk [28.07.2017] abgerufen
- Anderson, M. (2016). *polisnetwork.eu*. (C. o. Gothenburg, Hrsg.) Von <https://www.polisnetwork.eu/publicdocuments/download/2014/document/gothenburg-and-the-west-swedish-agreement.pdf> [21.08.2017] abgerufen
- Anderson, T. e. (2012). *Cycling Embassy of Denmark*. Von Collection of cycle concepts: <http://www.cycling-embassy.dk/wp-content/uploads/2013/12/Collection-of-Cycle-Concepts-2012.pdf> [05.12.2017 - 15:37] abgerufen
- Angerer, H. (2005). *Stadtverkehrsplanung*. (G. S. et.al., Hrsg.) Berlin: © Springer-Verlag.
- Arnet, H. (13. 07 2015). *Tages Anzeiger*. Von <https://www.tagesanzeiger.ch/zuerich/stadt/neun-schwellen-um-mit-dem-velo-eine-einzige-strasse-zu-ueberqueren/story/16257286?track> [15.10.2017] abgerufen
- ASEG. (2017). Abgerufen am 21. 10 2017 von <https://www.aseag.de/tickets/zeit-und-abo-tickets/erwachsene/avv-abo/>
- ASEG. (2018). Von <https://www.aseag.de/tickets/zeit-und-abo-tickets/erwachsene/avv-abo/> [20.01.2018] abgerufen

- Auto Club Europa. (kein Datum). *ace.de*. Von [https://www.ace.de/fileadmin/user\\_uploads/Der\\_Club/Dokumente/Presse/2010/Daten\\_und\\_Fakten\\_Streusalz.pdf](https://www.ace.de/fileadmin/user_uploads/Der_Club/Dokumente/Presse/2010/Daten_und_Fakten_Streusalz.pdf) [14.10.2017] abgerufen
- Automobile Club d'Italia. (2011). *aci.it*. (A. c. Statistica, Hrsg.) Von [http://www.aci.it/fileadmin/documenti/studi\\_e\\_ricerche/dati\\_statistiche/Infrastrutture\\_stradali\\_in\\_Italia/Dotazione\\_di\\_infrastrutture\\_stradali\\_in\\_Italia.pdf](http://www.aci.it/fileadmin/documenti/studi_e_ricerche/dati_statistiche/Infrastrutture_stradali_in_Italia/Dotazione_di_infrastrutture_stradali_in_Italia.pdf) [15.10.2017] abgerufen
- Aydemir, S. (2013). *Staedtestatistik.de*. (W. VDSt, Hrsg.) Von Statistisches Amt München: [http://www.staedtestatistik.de/fileadmin/vdst/Wolfsburg\\_2013/WOB130\\_Fr.Aydemir.pdf](http://www.staedtestatistik.de/fileadmin/vdst/Wolfsburg_2013/WOB130_Fr.Aydemir.pdf) [28.01.2017] abgerufen
- Bauer, M. (2017). *Abteilung für Verkehrsplanung Stadt Graz*. Von E-Mail: martin.bauer@stadt.graz.at [06.11.2017] abgerufen
- Bauer, S. e. (2012). *Mobilitätsstrategie der Stadt Graz*. Von Magistrat der Stadt Graz - Abteilung für Verkehrsplanung: [https://www.graz.at/cms/dokumente/10191191\\_8038228/e8c23751/Ziele\\_einzelseiten\\_klein.pdf](https://www.graz.at/cms/dokumente/10191191_8038228/e8c23751/Ziele_einzelseiten_klein.pdf) [14.11.2017] abgerufen
- Baum, D. (kein Datum). *Stadt Oberhausen, Stadtentwicklung und vorbereitende Bauleitplanung, Grundlagenplanung und Koordination Radverkehrsförderung*. Von E-Mail: dieter.baum@oberhausen.de [26.07.2017] abgerufen
- Baumgartner, M. e. (2017). *FH joanneum*. Von Raumplanung neu denken, Schwerpunkt Mobilität & Verkehr: <http://www.gat.st/sites/default/files/raumplanungneudenken2017online.pdf> [01.12.2017 - 19:21] abgerufen
- Bikemap. (kein Datum). *Radverkehrsnetz NRW, Stadt Bochum*. Von <https://www.bikemap.net/de/o/215032/> [15.10.2017] abgerufen
- Blase, A. e. (2016). In *Planungs- und Bauausschuss (2016)* (S. 13). Mönchengladbach: AB Stadtverkehr.
- bmvit. (2014). *"Österreich unterwegs 2013/14"*. (VCÖ, Hrsg.) Von "Ausgeblendete Kosten des Verkehrs", Mobilität mit Zukunft, Wien: <https://www.vcoe.at/news/details/vcoe-factsheet-2017-05-klimavertraegliche-mobilitaet-senkt-kosten-des-verkehrs> [25.11.2017] abgerufen
- Botma, F. (08. 04 2016). *Department of Urban Development/Traffic*. Von [https://www.palmersgreencommunity.org.uk/pgc/images/2016/documents/cycling\\_conference/Cycling\\_Investment\\_in\\_the\\_Hague.pdf](https://www.palmersgreencommunity.org.uk/pgc/images/2016/documents/cycling_conference/Cycling_Investment_in_the_Hague.pdf) [05.09.2017] abgerufen
- Bremer Straßenbahn AG. (kein Datum). *BSAG*. Von <https://www.bsag.de/de/unternehmen/ueberuns/aus-der-geschichte-der-bsag.html> [19.07.2017] abgerufen
- Brezina, T. e. (2012). *ivv.tuwien*. Von [http://www.ivv.tuwien.ac.at/uploads/media/%C3%96V\\_Ljubljana\\_Hammerschmidt\\_.pdf](http://www.ivv.tuwien.ac.at/uploads/media/%C3%96V_Ljubljana_Hammerschmidt_.pdf) [22.08.2017] abgerufen
- Bubenhofer, J. (2014). *vcoe*. (V. 2015, Herausgeber) Von <https://www.vcoe.at/news/details/mobilitaet-und-wohnen-gemeinsam-planen> [25.11.2017] abgerufen
- Carlini, C. (10. 04 2014). *CIVITAS MIMOSA STUDY TOUR*. Von Mobility Department - Municipality of Bologna: [http://civitas.eu/sites/default/files/study\\_visit\\_civitas\\_-\\_carlini\\_1.pdf](http://civitas.eu/sites/default/files/study_visit_civitas_-_carlini_1.pdf) [03.09.2017] abgerufen

- Carnevali, F. e. (19. 02 2016). *Salvaiciclisti-Bologna*. Von <https://salvaiciclisti.bologna.it/news/il-nostro-2015-i-10-migliori-momenti-per-chi-va-in-bici-a-bologna> [26.07.2017] abgerufen
- Cauwenberge, B. v. (2012). *Mobiliteit in Gent*. Von <https://stad.gent/sites/default/files/page/documents/Sessie%201%20-%20Begna%20Van%20Cauwenberge.pdf> [02.09.2017] abgerufen
- Celis, P. (2017). *MTM-ByudviklingogMobilitet*. Von E-Mail: [pace@aarhus.dk](mailto:pace@aarhus.dk) [28.09.2017] abgerufen
- Central Bureau voor de Statistiek. (06. 07 2017). *statline.cbs.nl*. Von <http://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?VW=T&DM=SLNL&PA=70806NED&D1=a&D2=190,225,229,508,518&D3=14-16&HD=171016-1333&HDR=T&STB=G1,G2> [16.10.2017] abgerufen
- Cik, M. e. (2017). *Statistik Infrastruktur*. Graz: Institut für Straßen und Verkehrswesen.
- CIVITAS Ljubljana*. (kein Datum). Von [http://www.civitasljubljana.si/uploads/datoteke/Strategija-osnutek1-2\(slo\).pdf](http://www.civitasljubljana.si/uploads/datoteke/Strategija-osnutek1-2(slo).pdf) [16.08.2017] abgerufen
- Country Codes List*. (kein Datum). Abgerufen am 27. 12 2017 von [http://www.nationsonline.org/oneworld/country\\_code\\_list.htm](http://www.nationsonline.org/oneworld/country_code_list.htm)
- Cycling Embassy of Denmark. (2015). Von [http://www.cycling-embassy.dk/wp-content/uploads/2009/03/Fact-sheet\\_English.pdf](http://www.cycling-embassy.dk/wp-content/uploads/2009/03/Fact-sheet_English.pdf) [05.09.2017] abgerufen
- Cycling in the Netherlands*. (kein Datum). Von <http://holland.cyclingaroundtheworld.nl/Wheretogo/WhereToGo-LongDistance.html> [05.09.2017] abgerufen
- Das Citybike Wien. (kein Datum). *pensionvitis*. Von <http://www.pensionvitis.at/pensionvitis/zusatzleistungen/45-das-citybike-wien> [10.12.2017] abgerufen
- Delbeke, J. (kein Datum). *Gentinfo - Department of Communication and Promotion*. Von E-Mail: [gentinfo@stad.gent](mailto:gentinfo@stad.gent) [16.08.2017] abgerufen
- Delijn Gent. (kein Datum). *Straßenbahn Online*. Von <http://strassenbahn-online.de/Betriebe/BE/Gent/index.html> [24.08.2017] abgerufen
- Department of Communication and Promotion. (kein Datum). *gentinfo*. Von Email: [gentinfo@stad.gent](mailto:gentinfo@stad.gent) [19.10.2017] abgerufen
- Dorn, E. (2017). *Stadt Mannheim, Fachbereich Tiefbau*. Von E-Mail: [elke.dorn@mannheim.de](mailto:elke.dorn@mannheim.de) [19.10.2017] abgerufen
- Dortmund Straßenbahn. (kein Datum). *public-transport.de*. Von <http://public-transport.net/a/Dortmund/> [22.09.2017] abgerufen
- Douma, E. (2017). *Dutch Cycling Embassy*. Von E-Mail: [Info@dutchcycling.nl](mailto:Info@dutchcycling.nl) [02.10.2017] abgerufen
- Dresdener Verkehrsbetriebe AG. (10. 09 2013). *DVB*. Von <https://www.dvb.de/de-de/liniennetz/linienubersicht/> [22.09.2017] abgerufen
- Efkes, H. (kein Datum). *Das offizielle Portal der Region und der Landeshauptstadt Hannover, Bereich Planen und Bauen*. Von Email: [Heiko.Efkes@hannover-stadt.de](mailto:Heiko.Efkes@hannover-stadt.de) [05.09.2017] abgerufen
- El Aissati, H. (kein Datum). (Openbaar Vervoer den Haag) Von Email: [h.elaissati@mrdh.nl](mailto:h.elaissati@mrdh.nl) [24.08.2017] abgerufen
- EPOMM*. (2017). (Forschungsgesellschaft Mobilität (FGM AMOR GmbH)) Von <http://www.epomm.eu/tems/cities.phtml> [02.11.2017 - 09:46] abgerufen

- Eurostat. (2011). *ons.gov.* (O. f. Statistics, Hrsg.) Von <https://www.ons.gov.uk/ons/rel/regional-analysis/urban-audit/comparing-uk-and-european-towns-and-cities--2010-2012/chd-figure-1-motorisation-rate.xls&prev=search> [14.07.2017] abgerufen
- Fachbereich Tiefbau Krefeld. (kein Datum). *krefeld.de.* Von <https://www.krefeld.de/de/tiefbau/verkehrsberuhigung-und-tempo-30-zonen/> [14.10.2017] abgerufen
- Fellendorf, e. a. (2017). *Mathematik 3 für Bauingenieure.* Graz: TU Graz.
- Fellendorf, M. (2016). Lehrveranstaltung Verkehrsplanung (209.477). *Verkehrsnetze.* Graz, Österreich: Technische Universität Graz, Institut für Straßen- u. Verkehrswesen.
- FGSV. ERA. (1995). *Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Empfehlungen für Radverkehrsanlagen (ERA).* Köln: FGSV GmbH.
- FGSV. ERA. (2010). *Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Empfehlungen für Radverkehrsanlagen (ERA).* Köln: FGSV Verlag GmbH.
- FGSV. RASt, Abschnitt 6.1.7.5. (2006). *Forschungsgesellschaft für das Straßen- und Verkehrswesen FGSV: Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen (RASt 06).* Köln: FGSV.
- Flemming, Clausen. (kein Datum). *flc.dk.* Von Email: [flc@vd.vk](mailto:flc@vd.vk) [15.10.2017] abgerufen
- Freiburger Verkehrs AG. (kein Datum). *strassenbahn-online.* Von <http://strassenbahn-online.de/Betriebe/DE/Freiburg/index.html> [02.08.2017] abgerufen
- Friis, G. (2017). *Smart Mobilitet Aarhus.* Von E-Mail: [guf@aarhus.dk](mailto:guf@aarhus.dk) [23.10.2017] abgerufen
- FSV. RVS 03.02.13. (2011). *Forschungsgesellschaft Straße, Schiene und Verkehr: Richtlinie RVS 03.02.13, Anlagen für den nichtmotorisierter Verkehr, Radverkehr.* Wien: FSV.
- Gansterer, M. (12. 05 2015). Der Standard. *In Österreich wird noch wenig Rad gefahren, S. 1.* Von <http://derstandard.at/2000015617243/In-Oesterreich-wird-noch-wenig-Rad-gefahren> [29.11.2017] abgerufen
- Garten- und Tiefbauamt. (2012). *Freiburg.* Von <http://www.freiburg.de/pb/,Lde/231648.html> [16.11.2017] abgerufen
- Gemeente den Haag.* (14. 11 2016). Von Verkeersvisie Scheveningen 2025: [https://denhaag.raadsinformatie.nl/document/4624533/1/RIS295689\\_bijlage\\_Verkeersvisie\\_Scheveningen\\_2025](https://denhaag.raadsinformatie.nl/document/4624533/1/RIS295689_bijlage_Verkeersvisie_Scheveningen_2025) [09.09.2017] abgerufen
- Gerike, R. (kein Datum). *Technische Universität Dresden, Institut für Verkehrsplanung und Straßenverkehr.* Von Verkehrswegenetze und städtische Straßennetze: [https://tu-dresden.de/bu/verkehr/ivs/ressourcen/dateien/vip/lehre/ws/Verkehrspl\\_ws1516/BIW2\\_07\\_Staedtische\\_Strassennetze.pdf?lang=de](https://tu-dresden.de/bu/verkehr/ivs/ressourcen/dateien/vip/lehre/ws/Verkehrspl_ws1516/BIW2_07_Staedtische_Strassennetze.pdf?lang=de)[01.12.2017] abgerufen
- Geschwinder, K. e. (09 2015). *Hannover.* (T. M. Post, Hrsg.) Von <https://www.hannover.de/Leben-in-der-Region-Hannover/Mobilit%C3%A4t/Verkehrsplanung-entwicklung/Der-Nahverkehrsplan2> [15.08.2017] abgerufen
- gestrata.at.* (kein Datum). Von <http://www.gestrata.at/publikationen/archiv-journal-beitrage/gestrata-journal-124/gehweg-radweg-und-strasenerhaltung-in-graz> [14.10.2017] abgerufen
- Goedhart, W. e. (28. 02 2011). *fietssnelwegen.nl.* Von <https://www.fietssnelwegen.nl/Links/WorkshopFietssnelwegen.pdf> [29.12.2017] abgerufen

- Granzer, I. e. (05 2013). *Stadtplanung und Verkehr in Ljubljana*. Von [http://www.ivv.tuwien.ac.at/uploads/media/Stadtplanung\\_Verkehr\\_Ljubljana\\_Granzer\\_Terzi\\_c.pdf](http://www.ivv.tuwien.ac.at/uploads/media/Stadtplanung_Verkehr_Ljubljana_Granzer_Terzi_c.pdf) [02.09.2017] abgerufen
- Graz Holding. (2017). Abgerufen am 19. 01 2018 von <http://www.holding-graz.at/grazlinien/tickets/halbjahres-jahreskarte.html>
- graz.at, *Fakten zur Mobilität*. (2016). Von [https://www.graz.at/cms/beitrag/10192602/8032890/Fakten\\_zur\\_Mobilitaet.html](https://www.graz.at/cms/beitrag/10192602/8032890/Fakten_zur_Mobilitaet.html) [01.11.2017] abgerufen
- Hahn, J. e. (03 2010). *ec.europa*. Von [http://ec.europa.eu/regional\\_policy/sources/docgener/studies/pdf/urban/survey2009\\_de.pdf](http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/studies/pdf/urban/survey2009_de.pdf) [08.03.2017] abgerufen
- Hannoversche Verkehrsbetriebe AG - ÜSTRA. (26. 08 2016). *Tram2000*. Von [http://www.tram2000.com/Hannover/home\\_hannover.htm](http://www.tram2000.com/Hannover/home_hannover.htm) [08.08.2017] abgerufen
- Haukson, R. G. (2014). *Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden*. Von <http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/199384/199384.pdf> [15.10.2017] abgerufen
- Havers, K. (12. 11 2014). *Durchatmen: Klimaschutz und Verkehr in Städten*. Von <https://de.slideshare.net/Oeko-Institut/ws5-havers> [03.09.2017] abgerufen
- Hedderich, J. (2015). Beschreibung von metrischer Daten. In L. Sachs, *Angewandte Statistik*. Kiel: Springer-Verlag 2015.
- Helmerich, S. e. (01 2015). *Standpunkte der Wirtschaftskammer*. Von Mobilitätserhebung Graz 2013: [http://www3.wkstmk.at/iws/Positionen/Verkehr%20Gro%C3%9Fraum%20Graz\\_23\\_03\\_2015.pdf](http://www3.wkstmk.at/iws/Positionen/Verkehr%20Gro%C3%9Fraum%20Graz_23_03_2015.pdf) [28.12.2017] abgerufen
- Helmut, S. (2017). *Abteilung für Verkehrsplanung Graz*. Von E-Mail: [helmut.spinka@stadt.graz.at](mailto:helmut.spinka@stadt.graz.at) [05.09.2017] abgerufen
- HERRY Verkehrsplanung. (kein Datum). *bmvit - Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie*. Von [www.bmvit.gv.at/verkehr/gesamtverkehr/statistik/viz11/kap\\_7.html](http://www.bmvit.gv.at/verkehr/gesamtverkehr/statistik/viz11/kap_7.html) [28.11.2017] abgerufen
- Herter, A. (kein Datum). *Stadt Dortmund, Stadtplanungs- und Bauordnungsamt - Mobilitätsplanung*. Von Email: [aherter@stadtdo.de](mailto:aherter@stadtdo.de) [05.09.2017] abgerufen
- Hertha, T. (2017). *Stadt Augsburg Tiefbauamt*. Von E-Mail: [Thomas.Hertha@augzburg.de](mailto:Thomas.Hertha@augzburg.de) [07.09.2017] abgerufen
- Hoeberg, L. (kein Datum). *aarhus.dk*. Von Email: [larhoe@aarhus.dk](mailto:larhoe@aarhus.dk) [02.11.2017] abgerufen
- Hudec, M. (2015). *Regression*. Von Stat4u: <http://www.stat4u.at/download/1424/Regreges.pdf> [02.11.2017] abgerufen
- Illek, G. (08 2013). *Radverkehr in Zahlen*. Von [https://www.bmvit.gv.at/service/publikationen/verkehr/fuss\\_radverkehr/downloads/riz201503.pdf](https://www.bmvit.gv.at/service/publikationen/verkehr/fuss_radverkehr/downloads/riz201503.pdf) [05.09.2017] abgerufen
- Infogram, *Modal Split Groningen*. (2017). Von [https://infogram.com/modal\\_split-32762](https://infogram.com/modal_split-32762) [02.09.2017] abgerufen
- Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH. (2006). *Strategien zur Stärkung des Radverkehrs unter schwierigen Rahmenbedingungen*. Wuppertal: Stiftung Mercator.

- IT.NRW. (2016). Von [https://www.it.nrw.de/statistik/a/daten/bevoelkerungszahlen\\_zensus/zensus\\_rp5\\_juni16.html](https://www.it.nrw.de/statistik/a/daten/bevoelkerungszahlen_zensus/zensus_rp5_juni16.html) [03.09.2017] abgerufen
- Ivari, M. (kein Datum). *Traffic in Gothenburg, City of Gothenburg, Urban Transport Administration*. Von [http://www.sdmi-resilient-cities.com/assets/docs/presentations/gothenburg/day-three/Traffic\\_in\\_Gothenburg\\_Ivari.pdf](http://www.sdmi-resilient-cities.com/assets/docs/presentations/gothenburg/day-three/Traffic_in_Gothenburg_Ivari.pdf) [03.09.2017] abgerufen
- Jacobs, M. (14. 11. 2016). *Mobilitaet Tilburg 2040*. Von [https://www.smartwayz.nl/media/1150/tilburg-mobiliteitsaanpak\\_2040.pdf](https://www.smartwayz.nl/media/1150/tilburg-mobiliteitsaanpak_2040.pdf) [02.09.2017] abgerufen
- Johanno, S. (2017). *Fachbereich Stadtplanung Mannheim*. Von E-Mail: johanno.sauerwein@mannheim.de [05.09.2017] abgerufen
- K., B. (27. June 2014). *YouTube*. Von Der Korrelationskoeffizient einfach betrachtet: <https://www.youtube.com/watch?v=z7Ldw5an0Q0> abgerufen
- Kaiserseder, E. (2017). *Magistrat der Landeshauptstadt Linz*. Von E-Mail: edith.kaiserseder@mag.linz.at [16.10.2017] abgerufen
- Kettler, S. (kein Datum). *Rhein-Neckar-Verkehr GmbH*. Von Email: S.Kettler@rnr-online.de [01.08.2017] abgerufen
- Kraftfahrt-Bundesamt (KBA). (03. 2017). *de.statista*. Von <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/255181/umfrage/bestand-an-pkw-in-bremen/> [14.07.2017] abgerufen
- Krog, S. (16. 03. 2017). *Augsburger Allgemeine*. Von <http://www.augsburger-allgemeine.de/augsburg/In-Augsburg-gibt-es-immer-mehr-Einwohner-und-noch-mehr-Autos-id40885226.html> [14.08.2017] abgerufen
- KVV. (2017). Abgerufen am 21. 10. 2017 von <https://www.kvv.de/fahrkarten/fahrkartenpreise/jahreskarten.html>
- KVVH GmbH. (2016). *VBK - Karlsruhe Verkehrsbetrieb*. (S. GmbH, Hrsg.) Von [https://www.vbk.info/fileadmin/user\\_upload/vbk/Dateien/Unternehmen/SWK\\_GB\\_2016\\_KVVH\\_Copy.pdf](https://www.vbk.info/fileadmin/user_upload/vbk/Dateien/Unternehmen/SWK_GB_2016_KVVH_Copy.pdf) [16.07.2017] abgerufen
- Landeshauptstadt Thüringen. (06. 2016). *erfurt.de*. (L. E. Stadtentwicklung, Hrsg.) Von [http://www.erfurt.de/mam/ef/service/mediathek/publikationen/2016/a\\_2016\\_04.pdf](http://www.erfurt.de/mam/ef/service/mediathek/publikationen/2016/a_2016_04.pdf) [16.07.2017] abgerufen
- LandSteiermark. (23. 06. 2010). *Verkehr Steiermark*. Von [http://www.verkehr.steiermark.at/cms/dokumente/10553958/f222c5ad/100623\\_RVK\\_GU\\_Regionalversammlung.pdf](http://www.verkehr.steiermark.at/cms/dokumente/10553958/f222c5ad/100623_RVK_GU_Regionalversammlung.pdf) [14.11.2017] abgerufen
- Larscheid, T. (2017). *Stadtentwicklung und Verkehrsanlagen Aachen*. Von E-Mail: Tobias.Larscheid@mail.aachen.de [05.09.2017] abgerufen
- Linder, F. e. (Februar 2015). *Arbeitsgemeinschaft fußgänger- und fahrradfreundlicher Städte, Gemeinden und Kreise in Nordrhein-Westfalen*. Von [http://www.agfs-nrw.de/uploads/tx\\_ttproducts/datasheet/NM2.0\\_Broschuere\\_web\\_2015.pdf](http://www.agfs-nrw.de/uploads/tx_ttproducts/datasheet/NM2.0_Broschuere_web_2015.pdf) [16.11.2017] abgerufen
- LINZ AG, *Kundenzentrum*. (2018). Von <http://www.linzag.at/portal/portal/linzag/privatkunden/mobilitaetverkehr/fahrkartentarife> [19.01.2018] abgerufen

- London School of Economics and Political Science. (2014). *international.kk.dk*. (L. Cities, Hrsg.) Von <https://international.kk.dk/sites/international.kk.dk/files/uploaded-files/Green%20Economy%20Leader%20Report%20-%20Copenhagen.pdf> [14.07.2017] abgerufen
- Lothar Sachs, e. (2017). Empirischer Korrelationskoeffizient. In *Angewandte Statistik* (S. 119-121). Meppel, die Niederlande.
- Marißen, N. e. (2014). *Verkehrsmittelwahl und Verkehrsverhalten in Oberhausen*. Oberhausen: Bereich Statistik und Wahlen.
- Martin, R. (2017). LINZ AG. Von E-Mail: m.rodlaue@linzag.at, [30.10.2017] abgerufen
- Masterplan Mobilität 2030*. (2013). Von [https://www.dortmund.de/de/leben\\_in\\_dortmund/verkehr/masterplan\\_mobilitaet\\_2030/analyse\\_der\\_ausgangssituation\\_1/mobilitaetsverhalten/index.html](https://www.dortmund.de/de/leben_in_dortmund/verkehr/masterplan_mobilitaet_2030/analyse_der_ausgangssituation_1/mobilitaetsverhalten/index.html) [03.09.2017] abgerufen
- Merkle, G. (26. 01 2015). *Stadt Augsburg*. Von [http://www.projekt-augsburg-city.de/fileadmin/Daten/BILDMATERIAL/06-MICROSITES/Die\\_Fahrradstadt/downloads\\_fahrradstadt/20160310-stadtratsbeschluesse/Anlage\\_2\\_Fahrradstadt\\_Netzplan\\_BSV-15-02705.pdf](http://www.projekt-augsburg-city.de/fileadmin/Daten/BILDMATERIAL/06-MICROSITES/Die_Fahrradstadt/downloads_fahrradstadt/20160310-stadtratsbeschluesse/Anlage_2_Fahrradstadt_Netzplan_BSV-15-02705.pdf) [02.09.2017] abgerufen
- Meschik, M. (2008). *Planungshandbuch Radverkehr*. Wien: Springer-Verlag.
- Meschik, Michael. (2017). *Gesamtwirtschaftlicher Nutzen des Radfahrens*. Graz: Institut für Straßen und Verkehrswesen.
- Michow & Sohn GmbH. (kein Datum). *michow*. Von [http://www.michow.com/Fahrradabstellanlage-Lindau,artikel\\_link,50,229.html](http://www.michow.com/Fahrradabstellanlage-Lindau,artikel_link,50,229.html) [10.12.2017] abgerufen
- Ministerium für Bauen, Wohnen, Stadtentwicklung und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen. (2016). *Mobilität in Nordrhein-Westfalen, Daten und Fakten 2015/2016*. Düsseldorf: © MBWSV.
- Minke, R. (kein Datum). *Linz AG*. Von E-Mail: r.minke@linzag.at [03.08.2017] abgerufen
- Mobilität mit Zukunft. (2016). *vcoe*. Von <https://www.vcoe.at/news/details/vcoe-in-wien-innsbruck-graz-und-linz-ist-pkw-motorisierung-niedriger-als-im-jahr-2010> [15.07.2017] abgerufen
- Mobilitätsdienstleisterin in Bielefeld. (31. 12 2016). *moBiel*. Von <http://www.mobiel.de/unternehmen/zahlen-fakten/> [22.07.2017] abgerufen
- mobi-wissen*. (kein Datum). Von <http://www.mobi-wissen.de/Verkehr/Verkehrsleistung> [28.11.2017] abgerufen
- Münster, S. (01 2009). *Zwischenbericht VEP - Münster 2025, Amt für Stadtentwicklung, Stadtplanung, Verkehrsplanung*. Von [https://www.muenster.de/stadt/stadtplanung/pdf/Verkehrsentwicklungsplan2025\\_zwischenbericht.pdf](https://www.muenster.de/stadt/stadtplanung/pdf/Verkehrsentwicklungsplan2025_zwischenbericht.pdf) [15.11.2017] abgerufen
- Nowak, W. (03 2017). *"Nachhaltige Mobilität für regionale Zentren", Mobilität mit der Zukunft, VCÖ Wien 2017*. Von <https://www.vcoe.at/news/details/vcoe-factsheet-2016-06-regionale-zentren-brauchen-mehr-nachhaltige-mobilitaet> [25.11.2017] abgerufen
- Oenick, P. (2017). *Amt für Stadtentwicklung, Stadtplanung, Verkehrsplanung Münster*. Von [oenickp@stadt-muenster.de](mailto:oenickp@stadt-muenster.de) [21.09.2017] abgerufen

- OpenStreetMap-Mitwirkende.* (kein Datum). Von <https://www.openstreetmap.org/#map=8/47.714/13.349> abgerufen
- Ovbureau. (2017). *Ovbureau*. Von <http://ovbureau.nl/ov-cijfers/dashboard> [20.01.2017] abgerufen
- Pfeiffer, B. (01 2014). *Ergebnis der Verkehrserhebung 2012*. Von [https://www.landoberoesterreich.gv.at/Mediendateien/Formulare/Abt\\_GVoeVerk/Kurzbericht\\_Stadt\\_Linz.pdf](https://www.landoberoesterreich.gv.at/Mediendateien/Formulare/Abt_GVoeVerk/Kurzbericht_Stadt_Linz.pdf) [03.09.2017] abgerufen
- Pieper, B. (kein Datum). *Amt für Straßen und Verkehr - Bremen*. Von E-Mail: [office@asv.bremen.de](mailto:office@asv.bremen.de) [05.09.2017] abgerufen
- Pieters, I. (kein Datum). *De Lijn Oost-Vlaanderen*. Von Email: [Ine.Pieters@delijn.be](mailto:Ine.Pieters@delijn.be) [24.08.2017] abgerufen
- Planungsbüro Jud. (12 2012). *Städtevergleich Mobilität*. Von [https://skm-cvm.ch/cmsfiles/130124\\_stadtevergleich\\_mobilitat.pdf](https://skm-cvm.ch/cmsfiles/130124_stadtevergleich_mobilitat.pdf) [03.09.2017] abgerufen
- Provincia di bologna. (09 2015). *TPER - Trasporto Passeggeri Emilia Romagna*. Von [https://www.tper.it/sites/tper.it/files/cdm\\_2015\\_clean.pdf](https://www.tper.it/sites/tper.it/files/cdm_2015_clean.pdf) [25.09.2017] abgerufen
- Qbuzz*. (2017). Von 9292 NL: <https://9292.nl/en/fares-and-public-transport/bus-tram-metro-transport/season-tickets> [21.10.2017] abgerufen
- qbuzz*. (2018). Von <https://qbuzz.nl/GD/mijn-reis-betalen/abbonementen/sterabbonement/> [20.01.2018] abgerufen
- Qbuzz*. (2018). Von <https://qbuzz.nl/GD/plan-mijn-reis/ov-krant-groningen-assen/> [01.08.2017] abgerufen
- Rainer, L. e. (2006). *Wege zu einem zukunftsfähigen ÖPNV*. Berlin: Erich Schmidt Verlag GmbH & Co.
- Randelhoff, M. (16. 09 2011). *zukunft-mobilitaet*. Von öffentlicher Verkehr in europäischen Städten - ein Vergleich: <https://www.zukunft-mobilitaet.net/6404/analyse/oeffentlicher-verkehr-in-europa-staedte-vergleich/> [26.11.2017] abgerufen
- Randelhoff, M. (06. 11 2013). *Zukunft Mobilität*. Von Fahrradstädte in Europa: <https://www.zukunft-mobilitaet.net/22474/analyse/eigenschaften-fahrradstadt-radverkehr-studenten-einwohner-groesse/> [01.11.2017] abgerufen
- Randelhoff, M. (20. 03 2016). *zukunft-mobilitaet*. Von Welche Vor- und Nachteile hat ein kostenloser ÖPNV?: <https://www.zukunft-mobilitaet.net/9011/analyse/kostenloser-oepnv-vorteile-nachteile-effekte/> [24.11.2017] abgerufen
- Rathaus und Bürgerservice. (2010). *Wuppertal*. Von [https://www.wuppertal.de/rathaus-buergerservice/verkehr/mobil\\_sein/102370100000189790.php](https://www.wuppertal.de/rathaus-buergerservice/verkehr/mobil_sein/102370100000189790.php) [15.10.2017] abgerufen
- Renner, K.-H. (19. 11 2013). *RP - Online*. Von <http://www.rp-online.de/nrw/staedte/krefeld/neue-initiative-befreit-krefelder-radwege-vom-wildwuchs-aid-1.3825616> [05.09.2017] abgerufen
- Riepl, W. (21. 11 2012). *statistik-dresden*. Von <http://statistik-dresden.de/archives/4832> [14.07.2017] abgerufen
- Riepl, W. (18. 07 2014). *Statistik Dresden, Verkehrsmittelwahl in Dresden*. Von <http://statistik-dresden.de/archives/11533> [02.09.2017] abgerufen
- Roes, J. (2017). *Stadtwerkwe Münster GmbH, Nahverkehrsmanagement*. Von Email: [J.Roes@stadtwerke-muenster.de](mailto:J.Roes@stadtwerke-muenster.de) [01.08.2017] abgerufen

- Rupprecht, S. (11. 06 2013). *Velo-City*. Von Planning for People! [online]: [http://velo-city2013.com/wp-content/uploads/20130611\\_SiegfriedRupprecht.pdf](http://velo-city2013.com/wp-content/uploads/20130611_SiegfriedRupprecht.pdf) [08.10.2017] abgerufen
- Sammer, G. (2017). *Radus Que - IST Zustands des Radfahrens in Österreich*. Graz: Institut für Straßen und Verkehrswesen .
- Schade, U. (kein Datum). *Freiburger Umweltpolitik in Beispielen*. Von <http://www.cyklodoprava.cz/file/7-1-11-schade-mu-freiburg-im-breisgau-podrobne-informace-z-mesta-freiburg-im-breisgau/> [05.09.2017] abgerufen
- Schweizerische Eidgenossenschaft. (15. 08 2016). *bfs.admin.ch*. (B. f. Statistik, Hrsg.) Von <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/querschnittsthemen/city-statistics/indikatoren/motorisierungsgrad.assetdetail.530143.html> [16.07.2017] abgerufen
- Späth, R. (2017). *Amt für Stadtentwicklung, Statistikstelle, Stadt Karlsruhe*. Von E-Mail: Ralf.Spaeth@afsta.karlsruhe.de [18.10.2017] abgerufen
- Spiekermann AG consulting engineers . (25. 05 2012). *Stadt Mönchengladbach, Fachbereich Stadtentwicklung und Planzng* . Von <https://www.itk-rheinland.de/ratsinfo/moenchengladbach/8941/U2NobHVzc2JlcmljaHQgbWl0IEFubGFuZW4gMjUtMDUtMjAxMI9fLnBkZg==/12/n/77395.doc> [03.09.2017] abgerufen
- Spree, O. (05. 09 2017). *Fahrradstadt Bielefeld*. (G. Tamara, Interviewer)
- Stadt Aachen. (10. 11 2011). Von [http://www.aachen.de/DE/stadt\\_buerger/verkehr\\_strasse/verkehrskonzepte/verkehrsentwicklungsplanung/Mobilitaetserhebung/index.html](http://www.aachen.de/DE/stadt_buerger/verkehr_strasse/verkehrskonzepte/verkehrsentwicklungsplanung/Mobilitaetserhebung/index.html) [28.12.2017] abgerufen
- Stadt Augsburg. (2017). *Augsburg.de*. (R. Oberbürgermeister, Hrsg.) Von [http://www.augsburg.de/fileadmin/user\\_upload/buergerservice\\_rathaus/rathaus/statistiken\\_und\\_geodaten/statistiken/jahrbuch/2016jahrbuch\\_internet.pdf](http://www.augsburg.de/fileadmin/user_upload/buergerservice_rathaus/rathaus/statistiken_und_geodaten/statistiken/jahrbuch/2016jahrbuch_internet.pdf) [14.10.2017] abgerufen
- Stadt Bielefeld, A. f. (2010). *Das Verkehrsverhalten der Bielefelder Bevölkerung*. Von <https://www.bielefeld.de/ftp/dokumente/BAPTSHAushaltbefragung.pdf> [02.09.2017] abgerufen
- Stadt Bremen. (2016). *statistik-bremen.de*. Von [http://www.statistik-bremen.de/tabellen/kleinraum/stadt\\_ottab/1.htm](http://www.statistik-bremen.de/tabellen/kleinraum/stadt_ottab/1.htm) [06.09.2017] abgerufen
- Stadt Karlsruhe, A. f. (2016). *Statistisches Jahrbuch (2016)*. Karlsruhe: Stadt Karlsruhe.
- Stadt Muenster. (19. 04 2017). *stadt-muenster.de*. (A. f. © Stadt Münster, Hrsg.) Von [http://www.stadt-muenster.de/fileadmin/user\\_upload/stadt-muenster/61\\_stadtentwicklung/pdf/jahr/Jahres-Statistik\\_2016\\_Verkehr.pdf](http://www.stadt-muenster.de/fileadmin/user_upload/stadt-muenster/61_stadtentwicklung/pdf/jahr/Jahres-Statistik_2016_Verkehr.pdf) [21.09.2017] abgerufen
- Stadt Münster. (2013). *Von Verkehr in Zahlen*: <http://www.stadt-muenster.de/verkehrsplanung/verkehr-in-zahlen.html> [02.09.2017] abgerufen
- Stadt Zürich, Tiefbauamt. (kein Datum). *zuerich.ch*. Von Email: Robert.Dobritz@zuerich.ch [17.10.2017] abgerufen
- Stadtentwicklung Wien. (kein Datum). *wien.gv.at*. Von <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/projekte/verkehrsplanung/radwege/warumradfahren.html> [30.11.2017] abgerufen

- Stadtforschung Linz. (2013). *linz.at*. (S. Linz, Hrsg.) Von [https://www.linz.at/zahlen/020\\_Ueberblick/LIZ2013.PDF](https://www.linz.at/zahlen/020_Ueberblick/LIZ2013.PDF) [15.10.2017] abgerufen
- Stadtgebiet Linz*. (01. 01 2014). Von [https://www.linz.at/zahlen/010\\_Stadtgebiet/](https://www.linz.at/zahlen/010_Stadtgebiet/) [27.12.2017] abgerufen
- Stadtwerke Münster GmbH. (09 2015). *stadtwerke-muenster*. Von [https://www.stadtwerke-muenster.de/blog/wp-content/uploads/Anlage\\_1\\_Schlussbericht\\_2015.pdf](https://www.stadtwerke-muenster.de/blog/wp-content/uploads/Anlage_1_Schlussbericht_2015.pdf) [28.11.2017] abgerufen
- Statistics Denmark*. (2017). Von <http://www.statbank.dk/statbank5a/default.asp?w=1680> [03.09.2017] abgerufen
- Statistics Netherlands*. (2017). Von <http://statline.cbs.nl/Statweb/selection/?VW=T&DM=SLNL&PA=37230NED&D1=17-18%2c20&D2=a&D3=l&LA=EN&HDR=T&STB=G2%2cG1> [03.09.2017] abgerufen
- statistiek, C. B. (06. 07 2017). *StatLine.cbs.nl*. Von <http://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?DM=SLNL&PA=70806NED&D1=8-10&D2=5,11,190&D3=0,4,9,14,l&VW=T> [16.10.2017] abgerufen
- Statistisches Bundesamt. (01. 08 2017). *Statistisches Jahrbuch*. (W. D. Gmb, Hrsg.) Von [https://www.destatis.de/DE/Publikationen/StatistischesJahrbuch/StatistischesJahrbuch2017.pdf;jsessionid=18EEACF7DBC27FD734B042E905B6373B.InternetLive1?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Publikationen/StatistischesJahrbuch/StatistischesJahrbuch2017.pdf;jsessionid=18EEACF7DBC27FD734B042E905B6373B.InternetLive1?__blob=publicationFile) [01.09.2017] abgerufen
- Statistisches Landesamt Baden-Württemberg. (2015). *statistik-bw.de*. Von <https://www.statistik-bw.de/Verkehr/KFZBelastung/77005006.tab?R=GS212000> [15.07.2017] abgerufen
- STOAG. (20. 06 2017). *Fachforum für Verkehrsunternehmen*. Von <http://www.fachforumverkehrsunternehmen.de/files/downloads/veranstaltungen/2016/Vortrag%20Fachforum%2020.06.2017.pdf> [23.09.2017] abgerufen
- The Dutch CROW. (2016). *Design Manual for bicycle traffic*. die Niederlande: CROW.
- Thrygheds undersogelse*. (kein Datum). Abgerufen am 26. 12 2017 von <https://tryghedsundersogelsen.kk.dk/artikel/bydele-i-k%C3%B8benhavn-2017>
- Tittel, P. (24. 08 2017). Liniennetzlänge Straßenbahn und Bus in der Stadt Graz? (G. Tamara, Interviewer) Steyrergasse 113a,8010 Graz.
- Tobies, P. (2016). *BOGESTRA - Bochum-Gelsenkirchener Straßenbahnen AG*. Von Email: [dialog.bogestra.de](mailto:dialog.bogestra.de) [01.08.2017] abgerufen
- Trafiktal Aarhus. (07. 07 2014). *portal.opendata.dk*. Von <https://portal.opendata.dk/dataset/trafiktal-aarhus-kommune/resource/c4abd72c-881f-4ad9-942b-e5b8362b0793> [17.07.2017] abgerufen
- Ungdomskort. (2018). *Ungdomskort.dk*. Von <http://www.ungdomskort.dk/priser/> [20.01.2018] abgerufen
- Urban Access Regulations in Europe*. (2017). Von <http://urbanaccessregulations.eu/countries-mainmenu-147/sweden-mainmenu-248/goteborg> [27.12.2017] abgerufen
- VCD. (2014). *Verkehrsklub Deutschland*. Von VCD Städtecheck 2014: [https://www.vcd.org/fileadmin/user\\_upload/Redaktion/Publikationsdatenbank/Verkehrssicherheit/VCD\\_Hintergrund\\_Staedtecheck\\_2014.pdf](https://www.vcd.org/fileadmin/user_upload/Redaktion/Publikationsdatenbank/Verkehrssicherheit/VCD_Hintergrund_Staedtecheck_2014.pdf) [02.09.2017] abgerufen

- Verband deutscher Verkehrsunternehmen. (2016). VDV - Statistik 2015. Köln: VDV - Verband Deutscher Verkehrsunternehmen.
- Wien, D. V. (09 2017). *Radlobby Wien*. Von <https://www.radlobby.at/bikesharing> [10.12.2017 - 16:45] abgerufen
- Wilfried, H. (2017). *Magistrat der Landeshauptstadt Linz, Umweltmanagement*. Von E-Mail: Wilfried.Hager@mag.linz.at [26.07.2017] abgerufen
- Willmann, T. (2017). *Statistisches Jahrbuch 2017*. Freiburg im Breisgau: Amt für Bürgerservice und Informationsverarbeitung.
- WSW mobil GmbH. (27. 07 2014). *Wuppertaler Stadtwerke*. (W. W. GmbH, Hrsg.) Von [http://www.wsw-online.de/fileadmin/Unternehmen/Geschaeftsberichte/gb\\_2013.pdf](http://www.wsw-online.de/fileadmin/Unternehmen/Geschaeftsberichte/gb_2013.pdf) [30.08.2017] abgerufen
- Zucchini, e. a. (2009). *Statistik für Bachelor- und Masterstudenten*. Heidelberg: Springer.

## Anhang

|   |     |
|---|-----|
| Anhang 1 - die Fahrgastzahlen pro durchschnittlichen Betriebstag (Mo. bis Fr.) in Graz.....   | 139 |
| Anhang 2 - Fahrgastzahl in Linz - aller Straßenbahnlinien und Buslinien.....                  | 140 |
| Anhang 3 - Taktschema Linien in Linz.....   | 141 |
| Anhang 4 - Kombination 1: Modal Split und Faktor (Radwegelänge pro bebaute Fläche).....       | 142 |
| Anhang 5 - Kombination 2: Modal Split und Einwohnerzahl .....                                 | 143 |
| Anhang 6 - Kombination 3: Modal Split und Einwohnerdichte .....                               | 144 |
| Anhang 7 - Kombination 4: Modal Split und Liniennetzlänge Straßenbahn .....                   | 145 |
| Anhang 8 - Kombination 5: Modal Split und Liniennetzlänge Bus .....                           | 146 |
| Anhang 9 - Kombination 6: Modal Split und Motorisierungsgrad .....                            | 147 |
| Anhang 10 - Kombination 7: Modal Split und Stadtfläche .....                                  | 148 |
| Anhang 11 - Kombination 8: Modal Split und Straßennetzlänge .....                             | 149 |
| Anhang 12 - Kombination 9: Modal Split und Anteile Radwegelänge/verkehrsberuhigte Bereiche .. | 150 |
| Anhang 22 - Nicht signifikante Modellergebnisse.....  | 151 |

Anhang 1 - die Fahrgastzahlen pro durchschnittlichen Betriebstag (Mo. bis Fr.) in Graz<sup>163</sup>

| Linie       | Winter 2014<br>(297.200) | Winter 2015<br>(308.000) | Winter 2016<br>(307.700) |
|-------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1           | 22 668                   | 23 517                   | 23 692                   |
| 3           | 16 207                   | 16 973                   | 16 025                   |
| 4           | 22 726                   | 23 750                   | 24 112                   |
| 5           | 24 949                   | 26 218                   | 25 238                   |
| 6           | 24 104                   | 25 205                   | 24 302                   |
| 7           | 43 436                   | 43 284                   | 42 535                   |
| 31          | 13 560                   | 12 968                   | 12 542                   |
| 32          | 10 577                   | 10 643                   | 10 821                   |
| 33          | 8 702                    | 8 726                    | 8 628                    |
| 34          | 5 205                    | 5 665                    | 5 313                    |
| 34E         | 4 472                    | 4 379                    | 4 608                    |
| 39          | 7 450                    | 9 108                    | 8 947                    |
| 40          | 13 643                   | 13 013                   | 13 729                   |
| 41          | 5 142                    | 5 546                    | 5 875                    |
| 48          | 513                      | 545                      | 535                      |
| 50          | 3 328                    | 3 437                    | 3 494                    |
| 52          | 4 387                    | 4 507                    | 4 647                    |
| 53          | 7 420                    | 7 637                    | 7 732                    |
| 58          | 7 016                    | 7 779                    | 8 139                    |
| 60          | 1 764                    | 1 845                    | 1 870                    |
| 62          | 5 485                    | 5 744                    | 5 994                    |
| 63          | 10 511                   | 11 234                   | 11 985                   |
| 64          | 6 111                    | 6 463                    | 7 111                    |
| 65          | 2 596                    | 2 891                    | 2 840                    |
| 67          | 10 577                   | 11 002                   | 10 434                   |
| 72          | 1 311                    | 1 438                    | 1 489                    |
| 76U         | 937                      | 970                      | 1 039                    |
| 74          | 1 639                    | 1 666                    | 1 736                    |
| 77          | 2 805                    | 2 893                    | 2 965                    |
| 85          | 4 000                    | 4 278                    | 4 209                    |
| Σ pro Tag   | 296 781                  | 307 513                  | 307 059                  |
| Σ Mio./Jahr | 108 325                  | 112 242                  | 112 077                  |

<sup>163</sup> (Bauer M. , 2017)

Anhang 2 - Fahrgastzahl in Linz - aller Straßenbahnlinien und Buslinien<sup>164</sup>

## Unternehmensdaten Geschäftsjahr 2017

### 1. Oktober 2016 bis 30. September 2017

**LINZ AG**  
**L I N I E N**

**Unternehmensform:** Linz Linien GmbH für öffentlichen Personennahverkehr - ein Unternehmen der Linz AG  
 Linz Linien GmbH ist eine 100%-Tochter der Linz AG  
 Die Aktien der Linz AG befinden sich zu 100% im Besitz der Stadtgemeinde Linz (Linz Holding)

**Einflußbereich:** 231.702 Einwohner, 120 km<sup>2</sup>

**Verkehrsanteile:** Fußgänger 26,1% Linz: 203.957 Einwohner  
 (alle Wege, Radfahrer 7,8% 100.595 Einpendler  
 werktags) Öffentl. Verkehr 23,6% 500 PKW/1000 E.  
 Individualverkehr 42,5%

**Verkehrsnetz:** Haltestellenabstand 426 m (ohne Schnellbuslinien), Reisegeschwindigkeit 19,8 km/h,  
 mittlere Reiselänge 4,1 km, 445 ortsfeste Fahrscheinverkaufs- und Entwertungsautomaten,  
 415 Warteplatzüberdachungen, 391 Anzeiger dynamische Fahrgastinfo, 879 Haltepunkte

|                          | Linien | Strecken-<br>länge (km) | Platz-km |        | Personen-km |        | beförderte Pers. |        |
|--------------------------|--------|-------------------------|----------|--------|-------------|--------|------------------|--------|
|                          |        |                         | in Mio   | %      | in Mio      | %      | in Mio           | %      |
| Straßenbahn              | 4      | 30,90                   | 742,55   | 58,94  | 247,15      | 54,37  | 65,04            | 57,84  |
| Autobus (inkl. Nachtbus) | 25     | 157,16                  | 369,79   | 29,35  | 126,67      | 27,87  | 30,16            | 26,82  |
| Obus                     | 4      | 19,06                   | 137,65   | 10,93  | 77,27       | 17,00  | 16,44            | 14,62  |
| Pöstlingbergbahn         | 1      | 3,07                    | 9,80     | 0,78   | 3,48        | 0,77   | 0,81             | 0,72   |
|                          | 34     | 210,19                  | 1.259,79 | 100,00 | 454,58      | 100,00 | 112,45           | 100,00 |

| Fahrzeuge        |           | Plätze<br>lt. Zulassung              | Stand<br>30.09.17 | Ø Alter<br>(Jahre) | max.Einsatz<br>in der HVZ | Wagen-Nutz-km<br>(in 1000) |       |
|------------------|-----------|--------------------------------------|-------------------|--------------------|---------------------------|----------------------------|-------|
|                  |           |                                      |                   |                    |                           | CR                         |       |
| Straßenbahn      |           | 224                                  | 62                | 7,87               | 50                        | 3.315                      | 3.315 |
| Autobus (Diesel) | Kleinbus  | 7m ( 9 Stadteillinien fremdvergeben) |                   |                    | 11                        | 728                        |       |
| Autobus (Gas)    | Gelenkbus | 18m                                  | 74                | 8,80               | 63                        | 2.827                      |       |
|                  | Solobus   | 12m                                  | 80                | 9,50               | 10                        | 868                        | 4.423 |
| Obus             | Gelenkbus | 18m                                  | 145               | 17,50              | 18                        | 1.299                      | 1.299 |
|                  |           |                                      |                   |                    |                           |                            | 9.037 |

|                                 |  |    |     |      |     |  |
|---------------------------------|--|----|-----|------|-----|--|
| Summe Stadtnetz                 |  |    | 168 |      | 152 |  |
| Bergbahn neu                    |  | 88 | 4   | 8,50 | 3   |  |
| Bergbahn revitalisiert          |  | 52 | 3   | 8,00 |     |  |
| Fremdbusse f. Schülerverstärker |  |    |     |      | 4   |  |

#### Beförderte Personen und Verkehrseinnahmen

| Stadtnetz            | Fahrgäste  | Anteil   | Einnahmen | Anteil   |
|----------------------|------------|----------|-----------|----------|
| Einzelfahrscheine 1) | 8,42 Mio   | 7,54 %   | 8,03 Mio  | 14,06 %  |
| Mehrfahrtenkarten    | 1,88 Mio   | 1,68 %   | 1,97 Mio  | 3,45 %   |
| Sichtkarten          |            |          |           |          |
| Übertragbare         | 19,00 Mio  | 17,02 %  | 8,01 Mio  | 14,02 %  |
| Senioren             | 9,48 Mio   | 8,49 %   | 2,19 Mio  | 3,83 %   |
| Sonstige             | 45,67 Mio  | 40,91 %  | 24,21 Mio | 42,38 %  |
| Schülerfreifahrt     | 25,61 Mio  | 22,94 %  | 9,66 Mio  | 16,91 %  |
| Sonstige Karten      | 1,58 Mio   | 1,42 %   | 3,08 Mio  | 5,36 %   |
|                      | 111,64 Mio | 100,00 % | 57,13 Mio | 100,00 % |
| Pöstlingbergbahn     | 0,81 Mio   |          | 0,74 Mio  |          |
|                      | 112,45 Mio |          | 57,87 Mio |          |

#### 1) davon Anruf Sammel Taxi Linz (AST)

Fahrgäste: 67,9 Tsd. Erlöse: 216,0 Kosten: 592,4

Personalstand 580 mit anteiliger Verwaltung 593 Beschäftigte  
 (Vollzeitäquivalente, gerundete Werte)

| Werkstätten         | Fahrdienst  | Infrastruktur           |    |                         |
|---------------------|-------------|-------------------------|----|-------------------------|
| Leitung             | 3 Fahrer    | 414 Leitung             | 1  | Betriebsleitung 2       |
| Bahn                | 42 Aufsicht | 25 Infrastrukturplanung | 5  | Linienplanung, IT 5     |
| Bus- KFZ Werkstätte | 29 Leitung  | 12 Haltestellenservice  | 9  | Vertrieb 9              |
| Fuhrparkmanagement  | 5           | 45T Signalt., Gleisanl. | 2  | Infocenter 7            |
|                     | 79          | Gleisstandhaltung       | 10 | anteilige Verwaltung 13 |
|                     |             |                         | 27 | 36                      |

<sup>164</sup> (Martin, 2017)

**Anhang 3 - Taktschema Linien in Linz**

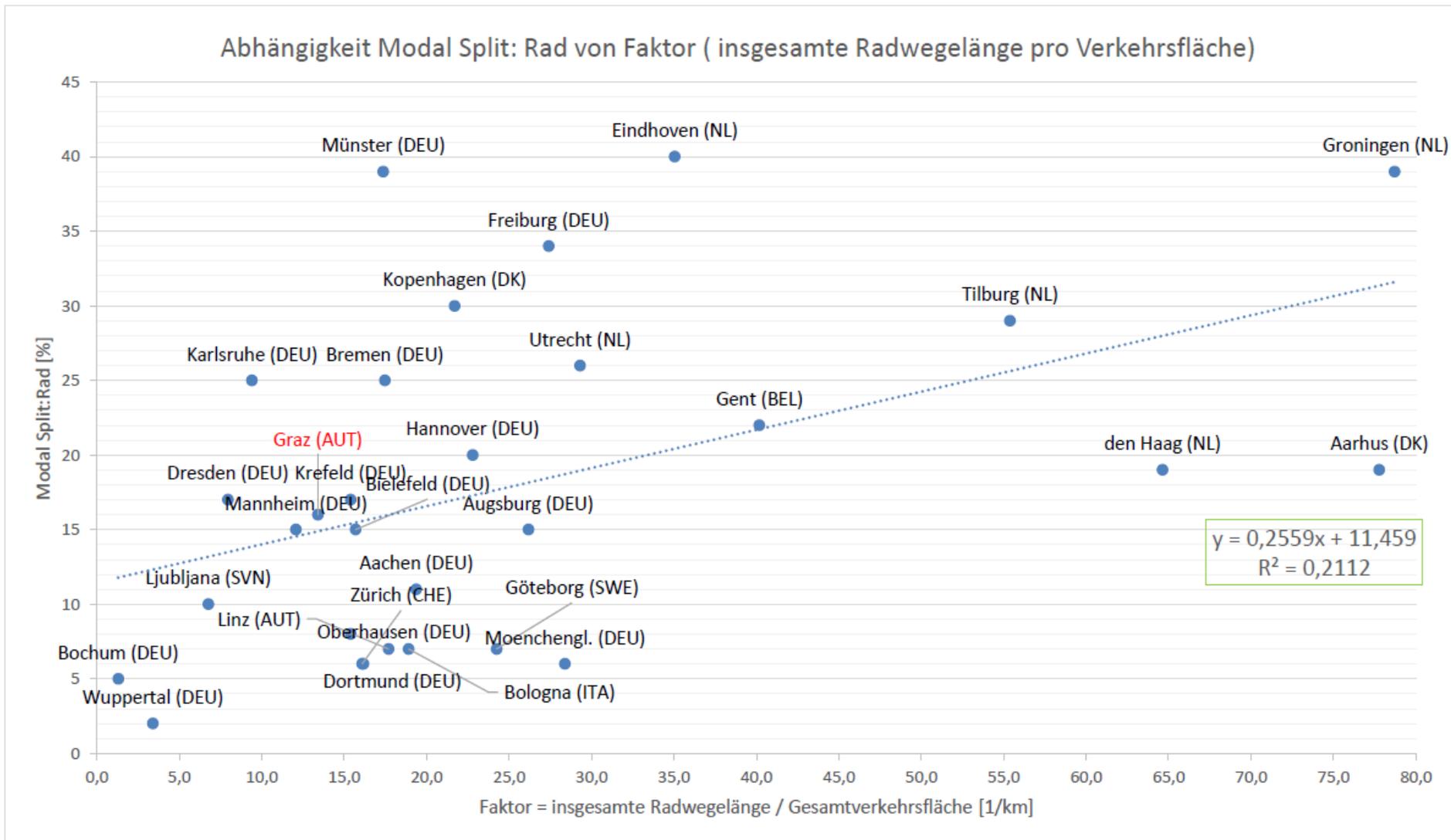
|           | Montag - Freitag |             |             | Mo-So       | Samstag     |             | Sonn- und Feiertag |             | Sa, SoF     |
|-----------|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------------|-------------|-------------|
|           | 06:30-08:00      | 08:00-15:00 | 15:00-18:00 | 20:00-24:00 | 06:00-13:00 | 13:00-19:00 | 06:00-11:00        | 11:00-19:00 | 00:00-04:30 |
| Linie 1   | 7,5              | 10          | 7,5         | 30          | 15          | 15          | 30                 | 20          |             |
| Linie 2   | 7,5              | 10          | 7,5         | 30          | 15          | 15          | 30                 | 20          |             |
| Linie 3   | 7,5              | 7,5         | 7,5         | 30          | 7,5         | 7,5         | 15                 | 10          |             |
| Linie 11  | 30               | 30          | 30          | 30          | 30          | 30          | 30                 | 30          |             |
| Linie 12  | 7,5              | 15          | 15          | 30          | 15          | 30          | 30                 | 30          |             |
| Linie 17  | 30               | 30          | 30          |             | 30          | 60          | 60                 | 60          |             |
| Linie 18  | taktlos          |             | taktlos     |             |             |             |                    |             |             |
| Linie 19  | 30               | 30          | 30          | 60          | 30          | 30          | 60                 | 30          |             |
| Linie 25  | 15               | 15          | 15          | 60          | 15          | 30          | 30                 | 30          |             |
| Linie 26  | 30               | 30          | 30          |             | 30          | 30          | 30                 | 30          |             |
| Linie 27  | 7,5              | 15          | 15          | 30          | 15          | 30          | 30                 | 30          |             |
| Linie 33  | 15               | 15          | 15          | 60          | 15          | 30          | 30                 | 30          |             |
| Linie 38  | 15               | 15          | 15          | 60          | 15          | 30          | 30                 | 30          |             |
| Linie 41  | 10               | 15          | 15          | 30          | 15          | 20          | 30                 | 20          |             |
| Linie 43  | 10               | 15          | 15          | 30          | 15          | 20          | 30                 | 20          |             |
| Linie 45  | 15               | 15          | 10          | 60          | 15          | 20          | 30                 | 20          |             |
| Linie 46  | 15               | 15          | 10          | 60          | 15          | 20          | 30                 | 20          |             |
| Linie 70  | 30               |             |             |             |             |             |                    |             |             |
| Linie 71  | 30               |             |             |             |             |             |                    |             |             |
| Linie 72  |                  |             | 30          |             |             |             |                    |             |             |
| Linie 73  |                  |             | 30          |             |             |             |                    |             |             |
| Linie 77  | 15               |             |             |             |             |             |                    |             |             |
| Linie 101 | 30               | 30          | 30          |             |             |             |                    |             |             |
| Linie 102 | 30               | 30          | 30          |             |             |             |                    |             |             |
| Linie 103 | 15               | 15          | 15          |             |             |             |                    |             |             |
| Linie 104 | 30               | 30          | 30          |             |             |             |                    |             |             |
| Linie 105 | 30               | 30          | 30          |             |             |             |                    |             |             |
| Linie 106 | 30               | 30          | 30          |             |             |             |                    |             |             |
| Linie N1  |                  |             |             |             |             |             |                    |             | 30          |
| Linie N2  |                  |             |             |             |             |             |                    |             | 30          |
| Linie N3  |                  |             |             |             |             |             |                    |             | 30          |
| Linie N4  |                  |             |             |             |             |             |                    |             | 30          |

Die Quelle Roman MINKE MSc, LINZ LINIEN GmbH für öffentlichen Personennahverkehr, am 03.08.2017

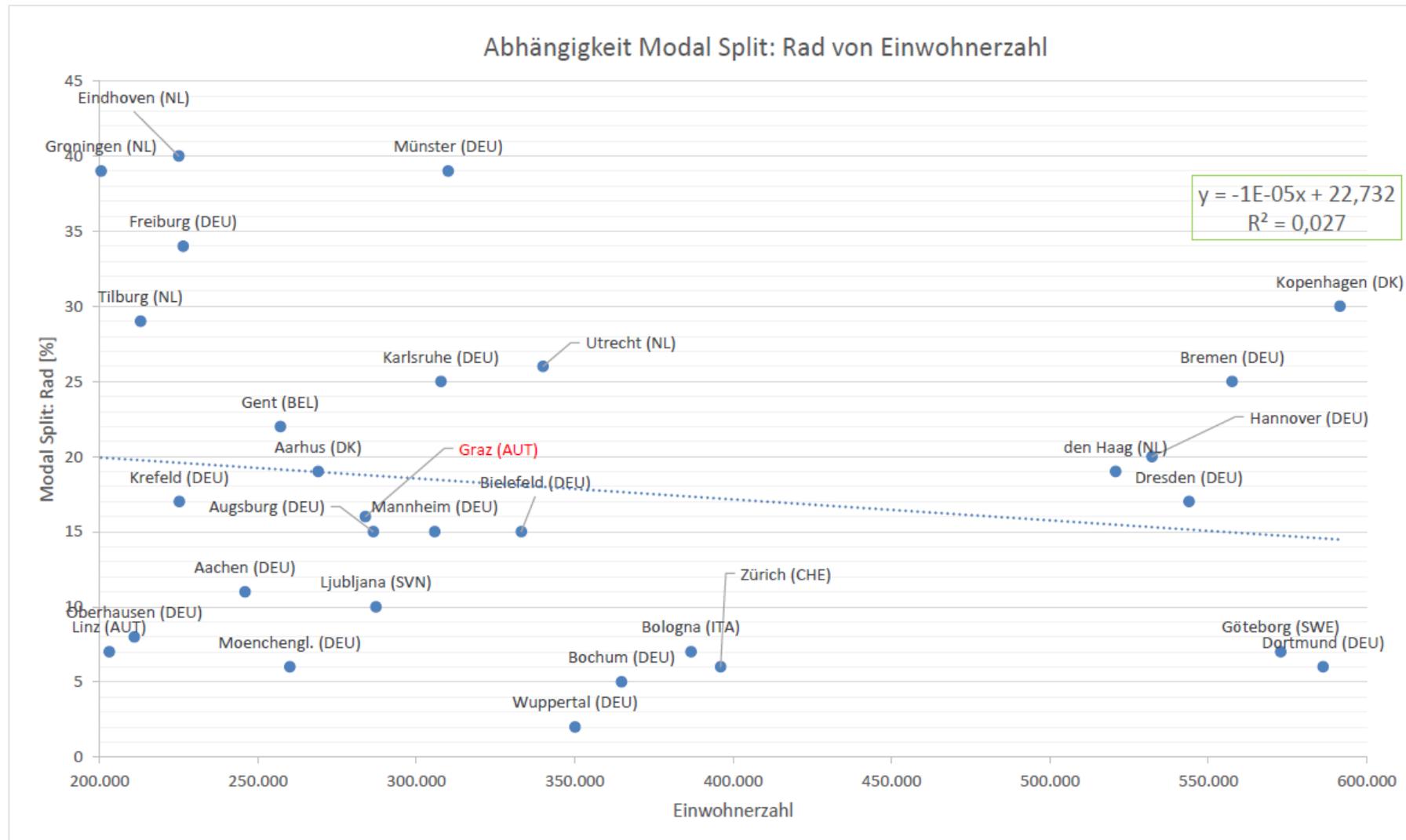
\* L12,27 nur in Teilabschnitten

(die Quelle: Roman Minke Msc, LINZ AG GmbH für öffentlichen Personennahverkehr, am 03.08.2017)

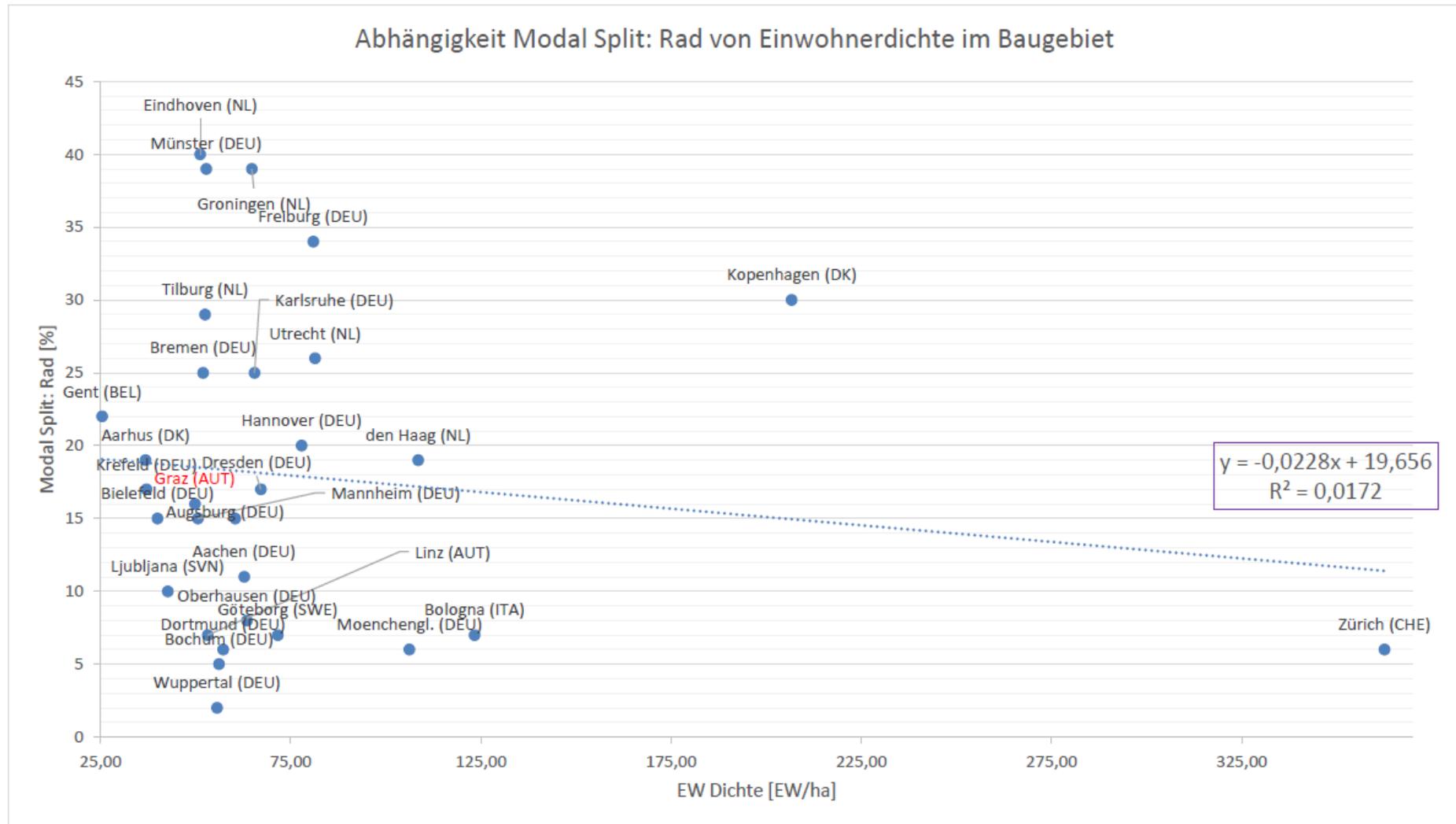
Anhang 4 - Kombination 1: Modal Split und Faktor (Radweglänge pro bebaute Fläche)



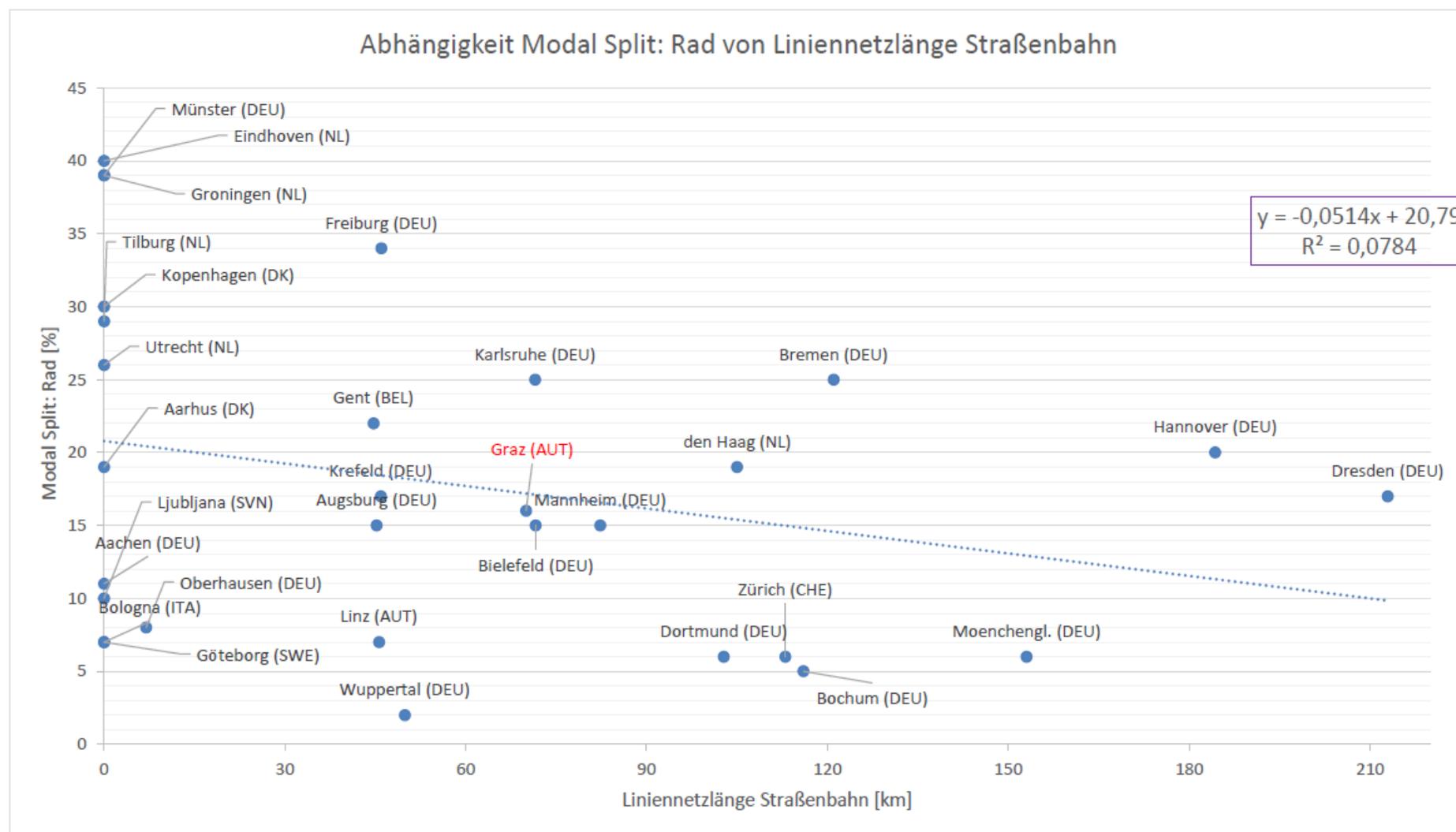
## Anhang 5 - Kombination 2: Modal Split und Einwohnerzahl



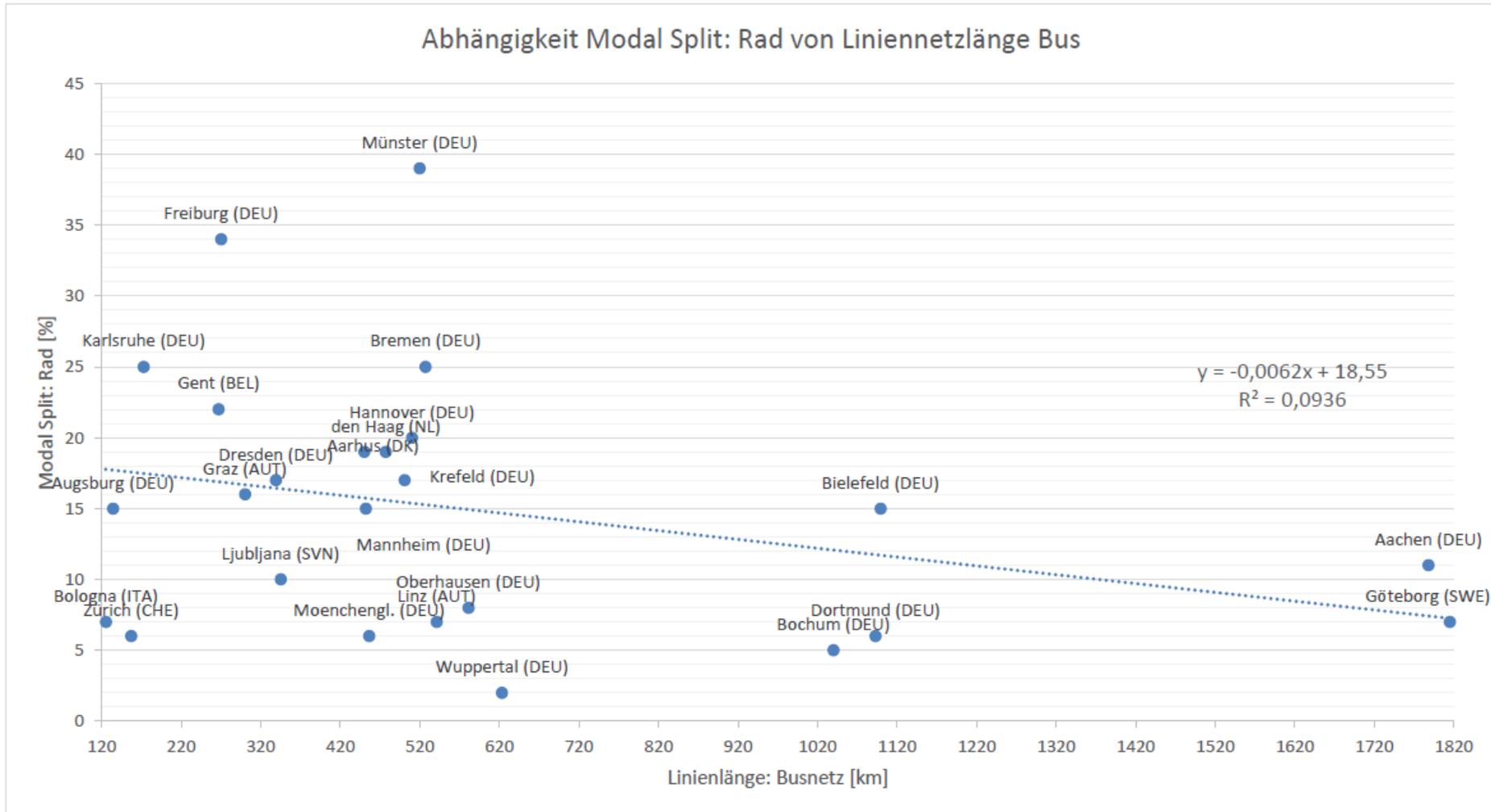
Anhang 6 - Kombination 3: Modal Split und Einwohnerdichte



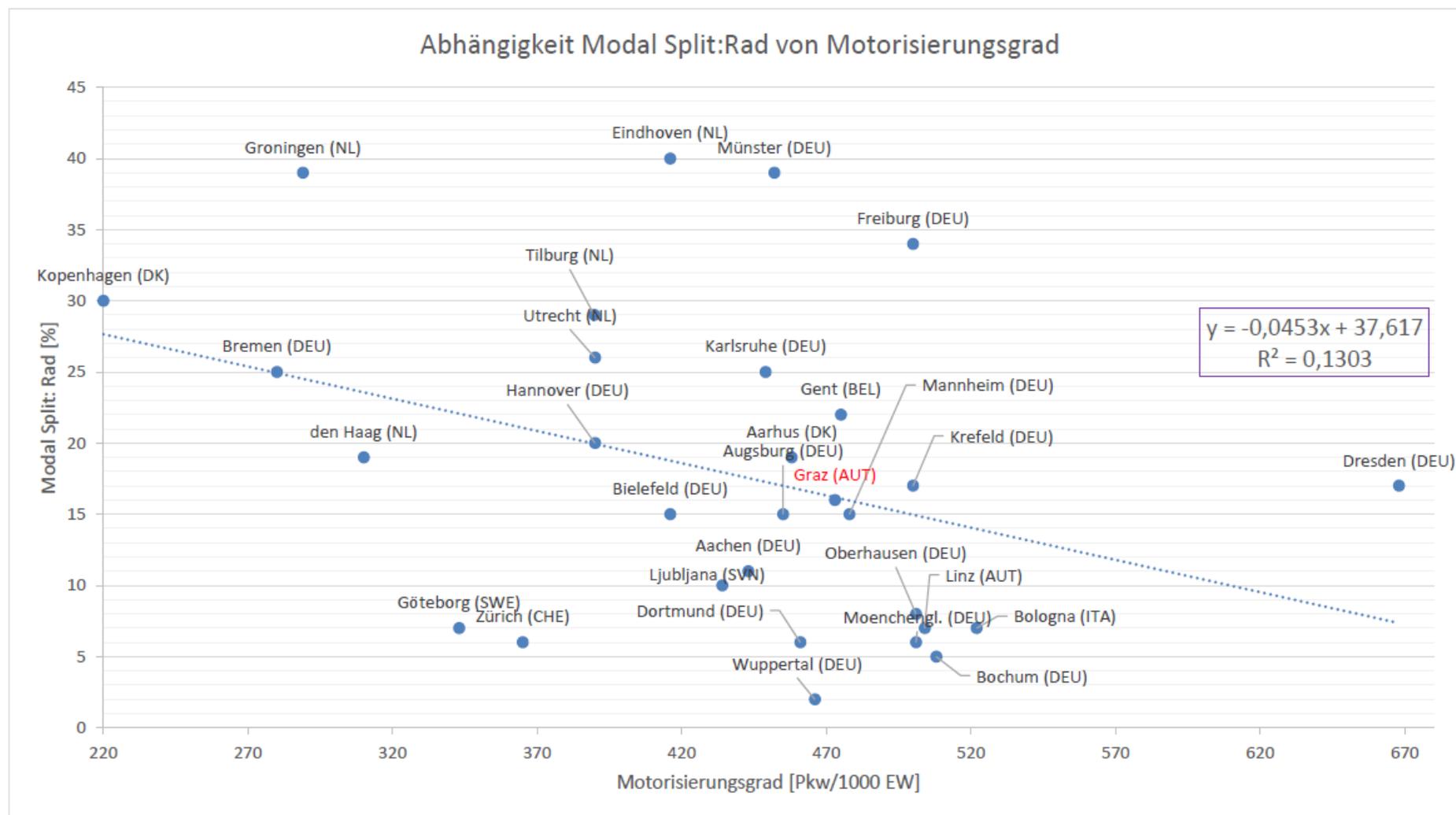
## Anhang 7 - Kombination 4: Modal Split und Liniennetzlänge Straßenbahn



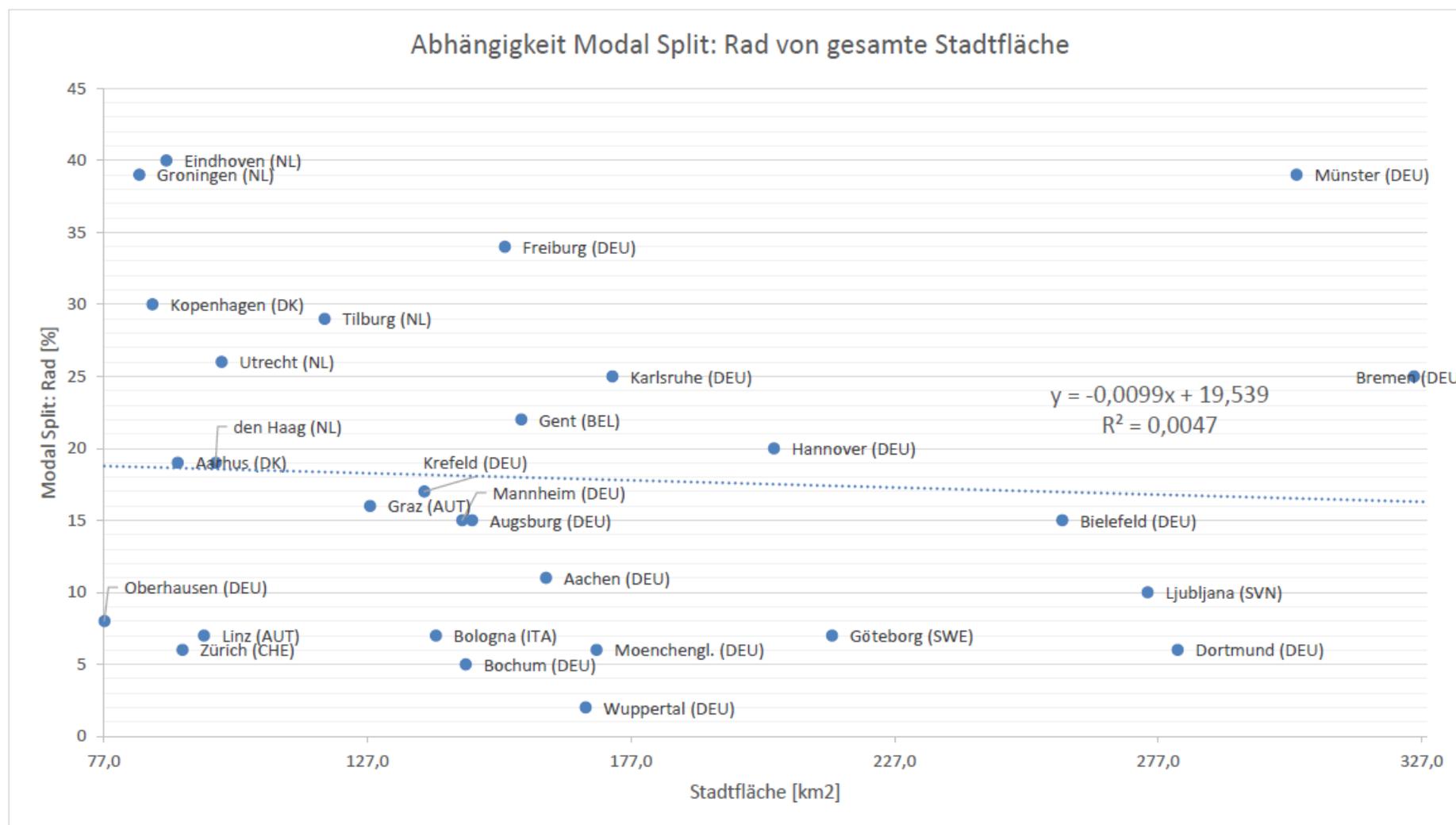
Anhang 8 - Kombination 5: Modal Split und Liniennetzlänge Bus



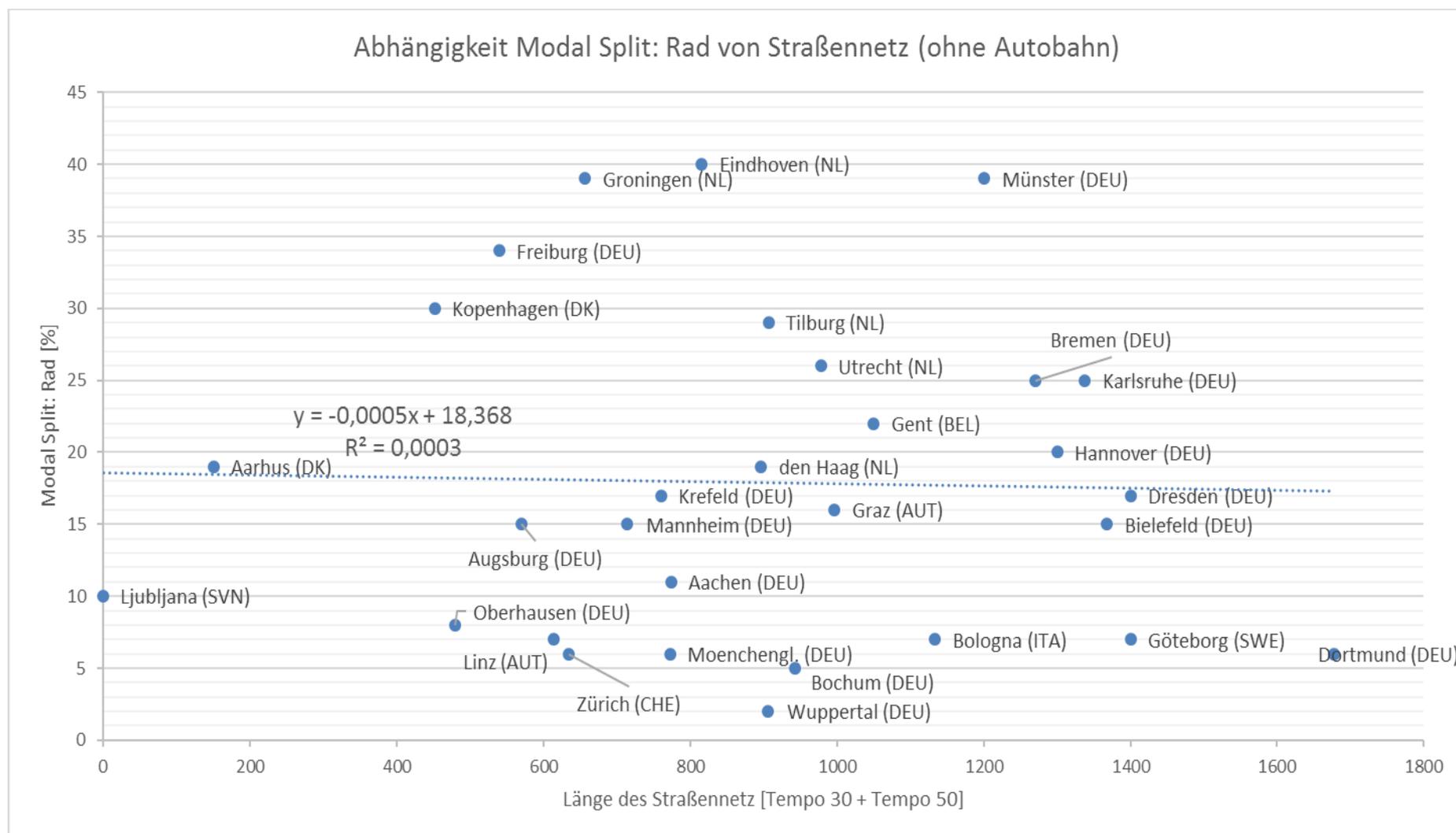
## Anhang 9 - Kombination 6: Modal Split und Motorisierungsgrad



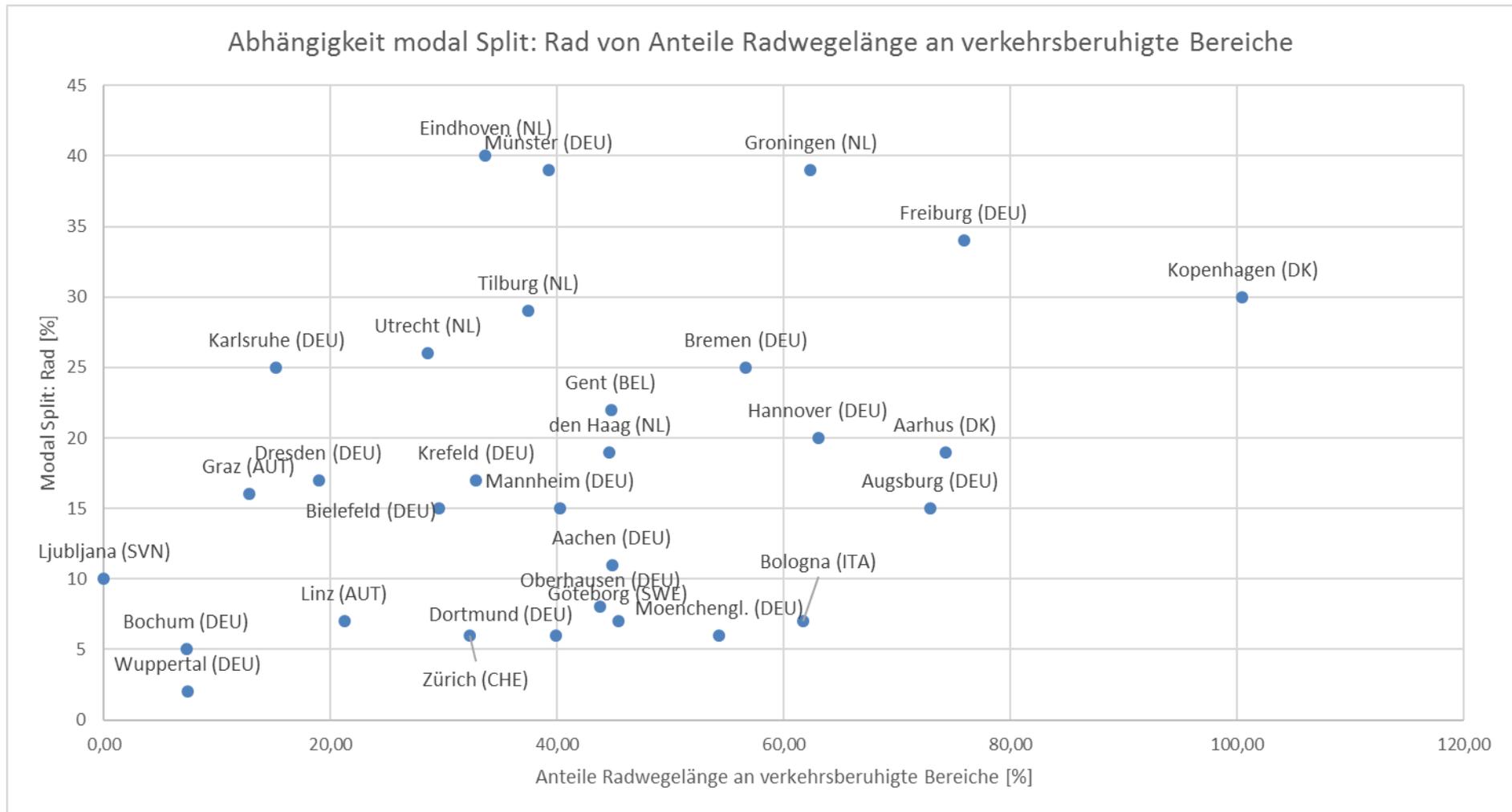
Anhang 10 - Kombination 7: Modal Split und Stadtfläche



## Anhang 11 - Kombination 8: Modal Split und Straßennetzlänge



Anhang 12 - Kombination 9: Modal Split und Anteile Radwegelänge/verkehrsberuhigte Bereiche



## **Anhang 13 - Nicht signifikante Modellergebnisse**

**Tabelle 99: Das Modell 1 – einfache Regression**

| Modell Nr. | Parameter          | korr Bestimmtheitsmaß | P-Wert |
|------------|--------------------|-----------------------|--------|
| 1.1        | Radwegelänge       | -0,006                | 0,370  |
| 1.2        | Einwohnerdichte    | -0,018                | 0,490  |
| 1.3        | Motorisierungsgrad | 0,103                 | 0,047  |

**Tabelle 100: Das multiple Modell 1**

| Modell Nr.   | 1.4  |  | 1.5  |  | 1.6  |  | 1.7   |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|
| Parameter  | x1 Radwegelänge<br>x2 Einwohnerdichte      |  | x1 Radwegelänge<br>x3 Motorisierung.       |  | x2 EW-Dichte<br>x3 Motorisierung.          |  | x1 Radwegelänge<br>x2 EW-Dichte,<br>x3 Motorisierungsgrad |  |  |
| geschätzt $\beta_0$ (=est $\beta_0$ )                          | 15,946                                     |  | 34,919                                     |  | 46,441                                     |  | 44,834  |  |  |
| Koeffizienten  | <i>est <math>\beta_1</math></i>            | <i>est <math>\beta_2</math></i>            | <i>est <math>\beta_1</math></i>            | <i>est <math>\beta_2</math></i>            | <i>est <math>\beta_1</math></i>            | <i>est <math>\beta_2</math></i>            | <i>est <math>\beta_1</math></i>                           | <i>est <math>\beta_2</math></i>            | <i>est <math>\beta_3</math></i>            |
|  | 0,010                                      | -2,283                                     | 0,004                                      | -0,042                                     | -4,869                                     | -0,057                                     | 0,002   | -4,792                                     | -0,055                                     |
| Bestimmtheitsmaß $R^2$   | 0,050                                      |  | 0,135                                      |  | 0,201                                      |  | 0,202   |  |  |
| korr Bestimmtheitsmaß  | -0,021                                     |  | 0,071                                      |  | 0,141                                      |  | 0,110   |  |  |
| Standardfehler   | 11,156                                     |  | 10,646                                     |  | 10,233                                     |  | 10,419  |  |  |
| <b>Signifikanztest für Bestimmtheitsmaß mit F-Test</b>         |  |  |  |  |  |  |   |  |  |
| Prüfgröße F-Statistik  | 2,102                                      |  | 0,708                                      |  | 3,388                                      |  | 2,193   |  |  |
| F-Wert für 90%   | F (2, 30-2-1, .95) = 3,369                 |  |  |  |  |  | 2,992   |  |  |
| akzeptiert 10% Irrtum  | nein                                       |  | nein                                       |  | nein                                       |  | nein  |  |  |
| F-Wert für 95%   | 4,266                                      |  |  |  |  |  | 3,697   |  |  |
| akzeptiert 5% Irrtum   | nein                                       |  | nein                                       |  | nein                                       |  | nein  |  |  |
| F-Wert für 99%   | 6,544                                      |  |  |  |  |  | 5,471   |  |  |
| akzeptiert 1% Irrtum   | nein                                       |  | nein                                       |  | nein                                       |  | nein  |  |  |
| <b>Signifikanztest für Regressionskoeffizienten mit t-Test</b> |  |  |  |  |  |  |   |  |  |
| Standardfehler   | <i>se<sup>(<math>\beta_1</math>)</sup></i> | <i>se<sup>(<math>\beta_2</math>)</sup></i> | <i>se<sup>(<math>\beta_1</math>)</sup></i> | <i>se<sup>(<math>\beta_2</math>)</sup></i> | <i>se<sup>(<math>\beta_1</math>)</sup></i> | <i>se<sup>(<math>\beta_2</math>)</sup></i> | <i>se<sup>(<math>\beta_1</math>)</sup></i>                | <i>se<sup>(<math>\beta_2</math>)</sup></i> | <i>se<sup>(<math>\beta_3</math>)</sup></i> |
|  | 0,011                                      | 0,024                                      | 0,011                                      | 0,024                                      | 3,158                                      | 0,023                                      | 0,010   | 3,238                                      | 0,025                                      |
| Teststatistik  | <i>T<sup><math>\beta_1</math></sup></i>    | <i>T<sup><math>\beta_2</math></sup></i>    | <i>T<sup><math>\beta_1</math></sup></i>    | <i>T<sup><math>\beta_2</math></sup></i>    | <i>T<sup><math>\beta_1</math></sup></i>    | <i>T<sup><math>\beta_2</math></sup></i>    | <i>T<sup><math>\beta_1</math></sup></i>                   | <i>T<sup><math>\beta_2</math></sup></i>    | <i>T<sup><math>\beta_3</math></sup></i>    |
|  | 0,372                                      | -1,786                                     | 0,963                                      | -0,703                                     | -1,542                                     | -2,489                                     | 0,205   | -1,480                                     | -2,226                                     |
| t-Wert für 90%?  | T (30-2-1, .95) = 1,703                    |  |  |  |  |  | 1,706   |  |  |
| beta - t-Wert * se   | -0,008                                     | -7,819                                     | -0,014                                     | -0,083                                     | -10,249                                    | -0,096                                     | -0,016  | -10,314                                    | -0,098                                     |
| beta + t-Wert * se   | 0,028                                      | 3,253                                      | 0,022                                      | -0,002                                     | 0,510                                      | -0,018                                     | 0,020   | 0,731                                      | -0,013                                     |
| akzeptiert 10% Irrtum  | nein                                       | nein                                       | nein                                       | ja   | nein                                       | ja   | nein  | nein                                       | ja   |
| t-Wert für 95%?  | 2,052                                      |  |  |  |  |  | 2,056   |  |  |
| beta - t-Wert * se   | -0,011                                     | -8,952                                     | -0,018                                     | -0,091                                     | -11,350                                    | -0,104                                     | -0,019  | -11,447                                    | -0,106                                     |
| beta + t-Wert * se   | 0,032                                      | 4,385                                      | 0,026                                      | 0,006                                      | 1,611                                      | -0,010                                     | 0,024   | 1,864                                      | -0,004                                     |
| akzeptiert 5% Irrtum   | nein                                       | nein                                       | nein                                       | nein                                       | nein                                       | ja   | nein  | nein                                       | ja   |
| t-Wert für 99%?  | 2,771                                      |  |  |  |  |  | 2,779   |  |  |
| beta - t-Wert * se   | -0,019                                     | -11,289                                    | -0,025                                     | -0,108                                     | -13,619                                    | -0,120                                     | -0,027  | -13,789                                    | -0,124                                     |
| beta + t-Wert * se   | 0,039                                      | 6,722                                      | 0,033                                      | 0,023                                      | 3,882                                      | 0,006                                      | 0,031   | 4,205                                      | 0,014                                      |
| akzeptiert 1% Irrtum   | nein  | nein                                       | nein                                       |
| p-Wert   | 0,344                                      | 0,488                                      | 0,713                                      | 0,085                                      | 0,135                                      | 0,019                                      | 0,839   | 0,151                                      | 0,035                                      |

**Tabelle 101: Das Modell 2 – einfache Regression**

| Modell Nr. | Parameter          | korr Bestimmtheitsmaß | P-Wert |
|------------|--------------------|-----------------------|--------|
| 2.1        | Radweglänge        | -0,006                | 0,370  |
| 2.2        | Motorisierungsgrad | 0,103                 | 0,047  |
| 2.3        | Straßennetzlänge   | -0,035                | 0,89   |

**Tabelle 102: Das multiple Modell 2**

| Modell Nr.   | 2.4                                   |                                 | 2.5                                |                                 | 2.6                                   |                                 | 2.7   |                                 |                                 |
|--|---------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|---|---------------------------------|---------------------------------|
| Parameter  | x1 Radweglänge<br>x2 Motorisierungsg. |                                 | x1 Radweglänge<br>x3 Straßennetzl. |                                 | x2 Motorisierung.<br>x3 Straßennetzl. |                                 | x1 Radweg<br>x2 Motorisierungsgrad<br>x3 Straßennetzlänge |                                 |                                 |
| geschätzt $\beta_0$ (=est $\beta_0$ )                          | 34,919                                |                                 | 19,676                             |                                 | 39,174                                |                                 | 36,811  |                                 |                                 |
| Koeffizienten  | <i>est <math>\beta_1</math></i>       | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_1</math></i>    | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_1</math></i>       | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_1</math></i>                           | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_3</math></i> |
|  | 0,004                                 | -0,042                          | 0,014                              | -0,007                          | -0,045                                | -0,002                          | 0,005   | -0,040                          | -0,003                          |
| Bestimmtheitsmaß $R^2$   | 0,135                                 |                                 | 0,058                              |                                 | 0,135                                 |                                 | 0,140   |                                 |                                 |
| korr Bestimmtheitsmaß  | 0,071                                 |                                 | -0,014                             |                                 | 0,069                                 |                                 | 0,037   |                                 |                                 |
| Standardfehler   | 10,646                                |                                 | 11,215                             |                                 | 10,746                                |                                 | 10,926  |                                 |                                 |
| <b>Signifikanztest für Bestimmtheitsmaß mit F-Test</b>         |                                       |                                 |                                    |                                 |                                       |                                 |   |                                 |                                 |
| Prüfgröße F-Statistik  | 2,102                                 |                                 | 0,803                              |                                 | 2,033                                 |                                 | 1,361   |                                 |                                 |
| F-Wert für 90%   | F (2, 30-2-1,,95) = 3,369             |                                 |                                    |                                 |                                       |                                 | 2,992   |                                 |                                 |
| akzeptiert 10% Irrtum  | nein                                  |                                 | nein                               |                                 | nein                                  |                                 | nein  |                                 |                                 |
| F-Wert für 95%   | 4,266                                 |                                 |                                    |                                 |                                       |                                 | 3,697   |                                 |                                 |
| akzeptiert 5% Irrtum   | nein                                  |                                 | nein                               |                                 | nein                                  |                                 | nein  |                                 |                                 |
| F-Wert für 99%   | 6.544                                 |                                 |                                    |                                 |                                       |                                 | 5,471   |                                 |                                 |
| akzeptiert 1% Irrtum   | nein                                  |                                 | nein                               |                                 | nein                                  |                                 | nein  |                                 |                                 |
| <b>Signifikanztest für Regressionskoeffizienten mit t-Test</b> |                                       |                                 |                                    |                                 |                                       |                                 |   |                                 |                                 |
| Standardfehler   | <i>se(<math>\beta_1</math>)</i>       | <i>se(<math>\beta_2</math>)</i> | <i>se(<math>\beta_1</math>)</i>    | <i>se(<math>\beta_2</math>)</i> | <i>se(<math>\beta_1</math>)</i>       | <i>se(<math>\beta_2</math>)</i> | <i>se(<math>\beta_1</math>)</i>                           | <i>se(<math>\beta_2</math>)</i> | <i>se(<math>\beta_3</math>)</i> |
|  | 0,011                                 | 0,024                           | 0,012                              | 0,007                           | 0,023                                 | 0,006                           | 0,013   | 0,026                           | 0,008                           |
| Teststatistik  | <i>T<math>\beta_1</math></i>          | <i>T<math>\beta_2</math></i>    | <i>T<math>\beta_1</math></i>       | <i>T<math>\beta_2</math></i>    | <i>T<math>\beta_1</math></i>          | <i>T<math>\beta_2</math></i>    | <i>T<math>\beta_1</math></i>                              | <i>T<math>\beta_2</math></i>    | <i>T<math>\beta_3</math></i>    |
|  | 0,372                                 | -1,786                          | 1,166                              | -0,971                          | -1,950                                | -0,264                          | 0,387   | -1,547                          | -0,425                          |
| t-Wert für 90%?  | 1,703                                 |                                 |                                    |                                 |                                       |                                 | 1,706   |                                 |                                 |
| beta - t-Wert * se   | -0,014                                | -0,083                          | -0,007                             | -0,020                          | -0,084                                | -0,012                          | -0,017  | -0,084                          | -0,016                          |
| beta + t-Wert * se   | 0,022                                 | -0,002                          | 0,035                              | 0,005                           | -0,006                                | 0,009                           | 0,028   | 0,004                           | 0,010                           |
| akzeptiert 10% Irrtum  | nein                                  | ja                              | nein                               | nein                            | ja                                    | nein                            | nein  | nein                            | nein                            |
| t-Wert für 95%?  | 2,052                                 |                                 |                                    |                                 |                                       |                                 | 2,056   |                                 |                                 |
| beta - t-Wert * se   | -0,018                                | -0,091                          | -0,011                             | -0,022                          | -0,092                                | -0,015                          | -0,022  | -0,094                          | -0,019                          |
| beta + t-Wert * se   | 0,026                                 | 0,006                           | 0,039                              | 0,008                           | 0,002                                 | 0,011                           | 0,032   | 0,013                           | 0,012                           |
| akzeptiert 5% Irrtum   | nein                                  | nein                            | nein                               | nein                            | nein                                  | nein                            | nein  | nein                            | nein                            |
| t-Wert für 99%?  | 2,771                                 |                                 |                                    |                                 |                                       |                                 | 2,779   |                                 |                                 |
| beta - t-Wert * se   | -0,029                                | -0,111                          | -0,020                             | -0,028                          | -0,108                                | -0,019                          | -0,032  | -0,112                          | -0,024                          |
| beta + t-Wert * se   | 0,033                                 | 0,023                           | 0,048                              | 0,013                           | 0,019                                 | 0,016                           | 0,042   | 0,032                           | 0,018                           |
| akzeptiert 1% Irrtum   | nein                                  | nein                            | nein                               | nein                            | nein                                  | nein                            | nein  | nein                            | nein                            |
| p-Wert   | 0,713                                 | 0,085                           | 0,254                              | 0,341                           | 0,062                                 | 0,794                           | 0,702   | 0,134                           | 0,674                           |

**Tabelle 103: Das Modell 3 – einfache Regression**

| Modell Nr. | Parameter       | korr Bestimmtheitsmaß | P-Wert |
|------------|-----------------|-----------------------|--------|
| 3.1        | Radweglänge     | -0,006                | 0,370  |
| 3.2        | Straßenbahnnetz | -0,035                | 0,890  |
| 3.3        | Busnetz         | 0,05                  | 0,140  |

**Tabelle 104: Das multiple Modell 3**

| Modell Nr.   | 3.4                                  |                      | 3.5                          |                      | 3.6                                 |                      | 3.7  |                      |                      |
|--|--------------------------------------|----------------------|------------------------------|----------------------|-------------------------------------|----------------------|--|----------------------|----------------------|
| Parameter  | x1 Radweglänge<br>x2 Straßenbahnnetz |                      | x1 Radweglänge<br>x3 Busnetz |                      | x2<br>Straßenbahnnetz<br>x3 Busnetz |                      | x1 Radweglänge<br>x2 Straßenbahnnetz<br>x3 Busnetz |                      |                      |
| geschätzt $\beta_0$ (=est $\beta_0$ )                          | 13,167                               |                      | 13,206                       |                      | 15,969                              |                      | 13,100   |                      |                      |
| Koeffizienten  | <i>est</i> $\beta_1$                 | <i>est</i> $\beta_2$ | <i>est</i> $\beta_1$         | <i>est</i> $\beta_2$ | <i>est</i> $\beta_1$                | <i>est</i> $\beta_2$ | <i>est</i> $\beta_1$                               | <i>est</i> $\beta_2$ | <i>est</i> $\beta_3$ |
|  | 0,009                                | 0,001                | 0,008                        | 0,000                | -0,005                              | 0,003                | 0,0085   | 0,0014               | 0,0002               |
| Bestimmtheitsmaß $R^2$   | 0,040                                |                      | 0,040                        |                      | 0,003                               |                      | 0,040  |                      |                      |
| korr Bestimmtheitsmaß  | -0,080                               |                      | -0,080                       |                      | -0,122                              |                      | -0,152   |                      |                      |
| Standardfehler   | 10,217                               |                      | 10,217                       |                      | 10,415                              |                      | 10,552   |                      |                      |
| <b>Signifikanztest für Bestimmtheitsmaß mit F-Test</b>         |                                      |                      |                              |                      |                                     |                      |  |                      |                      |
| Prüfgröße F-Statistik  | 0,335                                |                      | 0,335                        |                      | 0,021                               |                      | 0,210  |                      |                      |
| F-Wert für 90%   | F (2, 19-2-1, 95) = 3,642            |                      |                              |                      |                                     |                      | 3,287  |                      |                      |
| akzeptiert 10% Irrtum  | nein                                 |                      | nein                         |                      | nein                                |                      | nein   |                      |                      |
| F-Wert für 95%   | 4,704                                |                      |                              |                      |                                     |                      | 4,153  |                      |                      |
| akzeptiert 5% Irrtum   | nein                                 |                      | nein                         |                      | nein                                |                      | nein   |                      |                      |
| F-Wert für 99%   | 7,558                                |                      |                              |                      |                                     |                      | 6,476  |                      |                      |
| akzeptiert 1% Irrtum   | nein                                 |                      | nein                         |                      | nein                                |                      | nein   |                      |                      |
| <b>Signifikanztest für Regressionskoeffizienten mit t-Test</b> |                                      |                      |                              |                      |                                     |                      |  |                      |                      |
| Standardfehler   | $se^{(\beta_1)}$                     | $se^{(\beta_2)}$     | $se^{(\beta_1)}$             | $se^{(\beta_2)}$     | $se^{(\beta_1)}$                    | $se^{(\beta_2)}$     | $se^{(\beta_1)}$                                   | $se^{(\beta_2)}$     | $se^{(\beta_3)}$     |
|  | 0,011                                | 0,039                | 0,011                        | 0,016                | 0,039                               | 0,016                | 0,011  | 0,040                | 0,017                |
| Teststatistik  | $T^{\beta_1}$                        | $T^{\beta_2}$        | $T^{\beta_1}$                | $T^{\beta_2}$        | $T^{\beta_1}$                       | $T^{\beta_2}$        | $T^{\beta_1}$                                      | $T^{\beta_2}$        | $T^{\beta_3}$        |
|  | 0,811                                | 0,039                | 0,801                        | 0,019                | -0,125                              | 0,174                | 0,766  | 0,036                | 0,013                |
| t-Wert für 90%?  | 1,746                                |                      |                              |                      |                                     |                      | 1,753  |                      |                      |
| beta - t-Wert * se   | -0,010                               | -0,066               | -0,010                       | -0,028               | -0,073                              | -0,025               | -0,011   | -0,069               | -0,029               |
| beta + t-Wert * se   | 0,027                                | 0,069                | 0,027                        | 0,028                | 0,063                               | 0,031                | 0,028  | 0,072                | 0,030                |
| akzeptiert 10% Irrtum  | nein                                 | nein                 | nein                         | nein                 | nein                                | nein                 | nein   | nein                 | nein                 |
| t-Wert für 95%?  | 2,120                                |                      |                              |                      |                                     |                      | 2,131  |                      |                      |
| beta - t-Wert * se   | -0,014                               | -0,080               | -0,014                       | -0,034               | -0,087                              | -0,032               | -0,015   | -0,084               | -0,036               |
| beta + t-Wert * se   | 0,031                                | 0,083                | 0,031                        | 0,034                | 0,077                               | 0,037                | 0,032  | 0,087                | 0,036                |
| akzeptiert 5% Irrtum   | nein                                 | nein                 | nein                         | nein                 | nein                                | nein                 | nein   | nein                 | nein                 |
| t-Wert für 99%?  | 2,921                                |                      |                              |                      |                                     |                      | 2,947  |                      |                      |
| beta - t-Wert * se   | -0,022                               | -0,111               | -0,022                       | -0,047               | -0,118                              | -0,045               | -0,024   | -0,117               | -0,049               |
| beta + t-Wert * se   | 0,039                                | 0,114                | 0,039                        | 0,047                | 0,108                               | 0,050                | 0,041  | 0,120                | 0,050                |
| akzeptiert 1% Irrtum   | nein                                 | nein                 | nein                         | nein                 | nein                                | nein                 | nein   | nein                 | nein                 |
| p-Wert   | 0,429                                | 0,970                | 0,435                        | 0,985                | 0,902                               | 0,864                | 0,455  | 0,972                | 0,989                |

Tabelle 105: Das Modell 4 – einfache Regression

| Modell Nr. | Parameter       | korr Bestimmtheitsmaß | P-Wert |
|------------|-----------------|-----------------------|--------|
| 4.1        | Radweglänge     | -0,006                | 0,370  |
| 4.2        | Einwohnerzahl   | -0,008                | 0,386  |
| 4.3        | Einwohnerdichte | -0,018                | 0,490  |

Tabelle 106: Das multiple Modell 4

| Modell Nr.   | 4.4                             |                                 | 4.5                             |                                 | 4.6                             |                                 | 4.7  |                                 |                                 |
|--|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--|---------------------------------|---------------------------------|
| Parameter  | x1 Radweg<br>x2 Einwohner       |                                 | x1 Radweg<br>x3 EW-Dichte       |                                 | x2 Einwohner<br>x3 EW-Dichte    |                                 | x1 Radweglänge<br>x2 Einwohnerzahl<br>x3 EW-Dichte |                                 |                                 |
| geschätzt $\beta_0$ (=est $\beta_0$ )                          | 20,8183                         |                                 | 13,527                          |                                 | 21,5223                         |                                 | 18,625   |                                 |                                 |
| Koeffizienten  | <i>est <math>\beta_1</math></i> | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_1</math></i> | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_1</math></i> | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_1</math></i>                    | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_3</math></i> |
|  | 0,0204                          | 0,00003                         | 0,010                           | 0,0003                          | 0,0000                          | 0,0013                          | 0,023  | 0,000                           | 0,002                           |
| Bestimmtheitsmaß $R^2$   | 0,124                           |                                 | 0,034                           |                                 | 0,045                           |                                 | 0,167  |                                 |                                 |
| korr Bestimmtheitsmaß  | 0,059                           |                                 | -0,038                          |                                 | -0,026                          |                                 | 0,070  |                                 |                                 |
| Standardfehler   | 10,712                          |                                 | 11,251                          |                                 | 11,185                          |                                 | 10,647   |                                 |                                 |
| <b>Signifikanztest für Bestimmtheitsmaß mit F-Test</b>         |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |  |                                 |                                 |
| Prüfgröße F-Statistik  | 1,910                           |                                 | 0,47                            |                                 | 0,636                           |                                 | 1,73   |                                 |                                 |
| F-Wert für 90%   | F (2, 30-2-1, .95) = 3,369      |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 | 2,992  |                                 |                                 |
| akzeptiert 10% Irrtum  | nein                            |                                 | nein                            |                                 | nein                            |                                 | nein   |                                 |                                 |
| F-Wert für 95%   | 4,266                           |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 | 3,697  |                                 |                                 |
| akzeptiert 5% Irrtum   | nein                            |                                 | nein                            |                                 | nein                            |                                 | nein   |                                 |                                 |
| F-Wert für 99%   | 6,544                           |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 | 5,471  |                                 |                                 |
| akzeptiert 1% Irrtum   | nein                            |                                 | nein                            |                                 | nein                            |                                 | nein   |                                 |                                 |
| <b>Signifikanztest für Regressionskoeffizienten mit t-Test</b> |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |  |                                 |                                 |
| Standardfehler   | <i>se(<math>\beta_1</math>)</i> | <i>se(<math>\beta_2</math>)</i> | <i>se(<math>\beta_1</math>)</i> | <i>se(<math>\beta_2</math>)</i> | <i>se(<math>\beta_1</math>)</i> | <i>se(<math>\beta_2</math>)</i> | <i>se(<math>\beta_1</math>)</i>                    | <i>se(<math>\beta_2</math>)</i> | <i>se(<math>\beta_3</math>)</i> |
|  | 0,0118                          | 0,0000                          | 0,011                           | 0,002                           | 0,0000                          | 0,0019                          | 0,012  | 0,000                           | 0,002                           |
| Teststatistik  | <i>T<math>\beta_1</math></i>    | <i>T<math>\beta_2</math></i>    | <i>T<math>\beta_1</math></i>    | <i>T<math>\beta_2</math></i>    | <i>T<math>\beta_1</math></i>    | <i>T<math>\beta_2</math></i>    | <i>T<math>\beta_1</math></i>                       | <i>T<math>\beta_2</math></i>    | <i>T<math>\beta_3</math></i>    |
|  | 1,7283                          | -1,6788                         | 0,938                           | 0,177                           | -1,1009                         | 0,7127                          | 1,948  | -2,037                          | 1,154                           |
| t-Wert für 90%?  | 1,703                           |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 | 1,706  |                                 |                                 |
| beta - t-Wert * se   | 0,0003                          | -0,0001                         | -0,008                          | -0,003                          | -0,0001                         | -0,0019                         | 0,003  | -0,00008                        | -0,001                          |
| beta + t-Wert * se   | 0,0406                          | -0,00001                        | 0,028                           | 0,003                           | 0,0000                          | 0,0045                          | 0,044  | -0,00001                        | 0,005                           |
| akzeptiert 10% Irrtum  | ja                              | ja                              | nein                            | nein                            | nein                            | nein                            | ja   | ja                              | nein                            |
| t-Wert für 95%?  | 2,052                           |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 | 2,056  |                                 |                                 |
| beta - t-Wert * se   | -0,0038                         | -0,0001                         | -0,012                          | -0,003                          | -0,00010                        | -0,0025                         | -0,001   | 0,000                           | -0,002                          |
| beta + t-Wert * se   | 0,0447                          | 0,0000                          | 0,032                           | 0,004                           | 0,00002                         | 0,0052                          | 0,048  | 0,000                           | 0,006                           |
| akzeptiert 5% Irrtum   | nein   | nein                            | nein                            |
| t-Wert für 99%?  | 2,771                           |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 | 2,779  |                                 |                                 |
| beta - t-Wert * se   | -                               | -0,00008                        | -0,0195                         | -0,0044                         | -0,00007                        | -0,00386                        | -0,01000   | -0,00010                        | -0,00297                        |
| beta + t-Wert * se   | 0,05318                         | 0,00002                         | 0,0394                          | 0,0050                          | 0,00003                         | 0,00653                         | 0,05689  | 0,00002                         | 0,00719                         |
| akzeptiert 1% Irrtum   | nein   | nein                            | nein                            |
| p-Wert   | 0,0953                          | 0,1047                          | 0,357                           | 0,861                           | 0,2807                          | 0,4821                          | 0,062  | 0,052                           | 0,259                           |

**Tabelle 107: Das Modell 5 – einfache Regression**

| Modell Nr. | Parameter        | korr Bestimmtheitsmaß | P-Wert |
|------------|------------------|-----------------------|--------|
| 5.1        | Radweglänge      | -0,006                | 0,370  |
| 5.2        | Einwohnerdichte  | -0,018                | 0,400  |
| 5.3        | Straßennetzlänge | -0,035                | 0,890  |

**Tabelle 108: Das multiple Modell 5**

| Modell Nr.   | 5.4                                  |                                 | 5.5                                   |                                 | 5.6                                       |                                 | 5.7   |                                 |                                 |
|--|--------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|---|---------------------------------|---|---------------------------------|---------------------------------|
| Parameter  | x1 Radweglänge<br>x2 Einwohnerdichte |                                 | x1 Radweglänge<br>x3 Straßennetzlänge |                                 | x2<br>Einwohnerdichte<br>x3 Straßennetzl. |                                 | x1 Radweglänge<br>x2 Einwohnerdichte<br>x3 Straßennetzlänge |                                 |                                 |
| geschätzt $\beta_0$ (=est $\beta_0$ )                          | 16,868                               |                                 | 19,676                                |                                 | 25,925                                    |                                 | 25,012  |                                 |                                 |
| Koeffizienten  | <i>est <math>\beta_1</math></i>      | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_1</math></i>       | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_1</math></i>           | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_1</math></i>                             | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_3</math></i> |
|  | 0,009                                | -2,485                          | 0,014                                 | -0,007                          | -3,374                                    | -0,005                          | 0,016   | -4,036                          | -0,010                          |
| Bestimmtheitsmaß $R^2$   | 0,045                                |                                 | 0,058                                 |                                 | 0,043                                     |                                 | 0,107   |                                 |                                 |
| korr Bestimmtheitsmaß  | -0,029                               |                                 | -0,014                                |                                 | -0,030                                    |                                 | -0,001  |                                 |                                 |
| Standardfehler   | 11,295                               |                                 | 11,215                                |                                 | 11,303                                    |                                 | 11,140  |                                 |                                 |
| <b>Signifikanztest für Bestimmtheitsmaß mit F-Test</b>         |                                      |                                 |                                       |                                 |   |                                 |   |                                 |                                 |
| Prüfgröße F-Statistik  | 0,61                                 |                                 | 0,80                                  |                                 | 0,589                                     |                                 | 0,993   |                                 |                                 |
| F-Wert für 90%   | F (2, 29-2-1, .95) = 3,422           |                                 |                                       |                                 |   |                                 | 3,01  |                                 |                                 |
| akzeptiert 10% Irrtum  | nein                                 |                                 | nein                                  |                                 | nein                                      |                                 | nein  |                                 |                                 |
| F-Wert für 95%   | 4,349                                |                                 |                                       |                                 |   |                                 | 3,724   |                                 |                                 |
| akzeptiert 5% Irrtum   | nein                                 |                                 | nein                                  |                                 | nein                                      |                                 | nein  |                                 |                                 |
| F-Wert für 99%   | 6,733                                |                                 |                                       |                                 |   |                                 | 5,529   |                                 |                                 |
| akzeptiert 1% Irrtum   | nein                                 |                                 | nein                                  |                                 | nein                                      |                                 | nein  |                                 |                                 |
| <b>Signifikanztest für Regressionskoeffizienten mit t-Test</b> |                                      |                                 |                                       |                                 |   |                                 |   |                                 |                                 |
| Standardfehler   | <i>se(<math>\beta_1</math>)</i>      | <i>se(<math>\beta_2</math>)</i> | <i>se(<math>\beta_1</math>)</i>       | <i>se(<math>\beta_2</math>)</i> | <i>se(<math>\beta_1</math>)</i>           | <i>se(<math>\beta_2</math>)</i> | <i>se(<math>\beta_1</math>)</i>                             | <i>se(<math>\beta_2</math>)</i> | <i>se(<math>\beta_3</math>)</i> |
|  | 0,011                                | 3,309                           | 0,012                                 | 0,007                           | 3,484                                     | 0,007                           | 0,012   | 3,470                           | 0,008                           |
| Teststatistik  | $T^{\beta_1}$                        | $T^{\beta_2}$                   | $T^{\beta_1}$                         | $T^{\beta_2}$                   | $T^{\beta_1}$                             | $T^{\beta_2}$                   | $T^{\beta_1}$   | $T^{\beta_2}$                   | $T^{\beta_3}$                   |
|  | 0,793                                | -0,751                          | 1,166                                 | -0,971                          | -0,968                                    | -0,768                          | 1,329   | -1,163                          | -1,315                          |
| t-Wert für 90%?  | T (29-2-1) = 1,706                   |                                 |                                       |                                 |   |                                 | 1,708   |                                 |                                 |
| beta - t-Wert * se   | -0,010                               | -8,128                          | -0,007                                | -0,020                          | -9,317                                    | -0,017                          | -0,005  | -9,963                          | -0,023                          |
| beta + t-Wert * se   | 0,027                                | 3,158                           | 0,035                                 | 0,005                           | 2,568                                     | 0,007                           | 0,037   | 1,891                           | 0,003                           |
| akzeptiert 10% Irrtum  | nein                                 | nein                            | nein                                  | nein                            | nein                                      | nein                            | nein  | nein                            | nein                            |
| t-Wert für 95%?  | 2,056                                |                                 |                                       |                                 |   |                                 | 2,060   |                                 |                                 |
| beta - t-Wert * se   | -0,014                               | -9,286                          | -0,011                                | -0,022                          | -10,537                                   | -0,020                          | -0,009  | -11,183                         | -0,026                          |
| beta + t-Wert * se   | 0,031                                | 4,316                           | 0,039                                 | 0,008                           | 3,788                                     | 0,009                           | 0,041   | 3,110                           | 0,006                           |
| akzeptiert 5% Irrtum   | nein                                 | nein                            | nein                                  | nein                            | nein                                      | nein                            | nein  | nein                            | nein                            |
| t-Wert für 99%?  | 2,779                                |                                 |                                       |                                 |   |                                 | 2,787   |                                 |                                 |
| beta - t-Wert * se   | -0,022                               | -11,679                         | -0,020                                | -0,028                          | -13,056                                   | -0,025                          | -0,018  | -13,708                         | -0,032                          |
| beta + t-Wert * se   | 0,039                                | 6,709                           | 0,048                                 | 0,013                           | 6,307                                     | 0,014                           | 0,050   | 5,636                           | 0,011                           |
| akzeptiert 1% Irrtum   | nein                                 | nein                            | nein                                  | nein                            | nein                                      | nein                            | nein  | nein                            | nein                            |
| p-Wert   | 0,435                                | 0,459                           | 0,254                                 | 0,341                           | 0,342                                     | 0,449                           | 0,196   | 0,256                           | 0,201                           |

Tabelle 109: Das Modell 6 – einfache Regression

| Modell Nr. | Parameter          | korr Bestimmtheitsmaß | P-Wert |
|------------|--------------------|-----------------------|--------|
| 6.1        | Radweglänge        | -0,006                | 0,370  |
| 6.2        | Einwohnerdichte    | -0,018                | 0,400  |
| 6.3        | Motorisierungsgrad | 0,103                 | 0,047  |

Tabelle 110: Das multiple Modell 6

| Modell Nr.   | 6.4                                 |                         | 6.5                            |                         | 6.6                                  |                         | 6.7  |                         |                         |
|--|-------------------------------------|-------------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|-------------------------|--|-------------------------|-------------------------|
| Parameter  | x1 Radweglänge<br>x2 Verkehrsfläche |                         | x1 Radweglänge<br>x3 EW-Dichte |                         | x2<br>Verkehrsfläche<br>x3 EW-Dichte |                         | x1 Radweglänge<br>x2 EW-Dichte,<br>x3 Motorisierungsgrad |                         |                         |
| geschätzt $\beta_0$ (=est $\beta_0$ )                          | 18,505                              |                         | 15,946                         |                         | 25,255                               |                         | 20,691   |                         |                         |
| Koeffizienten  | <i>est</i> $\beta_1$                | <i>est</i> $\beta_2$    | <i>est</i> $\beta_1$           | <i>est</i> $\beta_2$    | <i>est</i> $\beta_1$                 | <i>est</i> $\beta_2$    | <i>est</i> $\beta_1$                                     | <i>est</i> $\beta_2$    | <i>est</i> $\beta_3$    |
|  | 0,018                               | -0,359                  | 0,010                          | -2,283                  | -0,268                               | -2,574                  | 0,018  | -0,368                  | -2,705                  |
| Bestimmtheitsmaß $R^2$   | 0,176                               |                         | 0,050                          |                         | 0,108                                |                         | 0,201  |                         |                         |
| korr Bestimmtheitsmaß  | 0,115                               |                         | -0,021                         |                         | 0,042                                |                         | 0,109  |                         |                         |
| Standardfehler   | 10,386                              |                         | 11,156                         |                         | 10,809                               |                         | 10,427   |                         |                         |
| <b>Signifikanztest für Bestimmtheitsmaß mit F-Test</b>         |                                     |                         |                                |                         |                                      |                         |  |                         |                         |
| Prüfgröße F-Statistik  | 2,893                               |                         | 0,708                          |                         | 1,636                                |                         | 2,177  |                         |                         |
| F-Wert für 90%   | F(2, 30-2-1, .95) = 3,369           |                         |                                |                         |                                      |                         | 2,952  |                         |                         |
| akzeptiert 10% Irrtum  | nein                                |                         | nein                           |                         | nein                                 |                         | nein   |                         |                         |
| F-Wert für 95%   | 4,266                               |                         |                                |                         |                                      |                         | 3,697  |                         |                         |
| akzeptiert 5% Irrtum   | ja                                  |                         | ja                             |                         | ja                                   |                         | ja   |                         |                         |
| F-Wert für 99%   | 6,544                               |                         |                                |                         |                                      |                         | 5,471  |                         |                         |
| akzeptiert 1% Irrtum   | ja                                  |                         | ja                             |                         | ja                                   |                         | ja   |                         |                         |
| <b>Signifikanztest für Regressionskoeffizienten mit t-Test</b> |                                     |                         |                                |                         |                                      |                         |  |                         |                         |
| Standardfehler   | <i>se</i> ( $\beta_1$ )             | <i>se</i> ( $\beta_2$ ) | <i>se</i> ( $\beta_1$ )        | <i>se</i> ( $\beta_2$ ) | <i>se</i> ( $\beta_1$ )              | <i>se</i> ( $\beta_2$ ) | <i>se</i> ( $\beta_1$ )                                  | <i>se</i> ( $\beta_2$ ) | <i>se</i> ( $\beta_3$ ) |
|  | 0,010                               | 0,165                   | 0,011                          | 3,250                   | 0,161                                | 3,154                   | 0,010  | 0,166                   | 3,044                   |
| Teststatistik  | $T^{\beta_1}$                       | $T^{\beta_2}$           | $T^{\beta_1}$                  | $T^{\beta_2}$           | $T^{\beta_1}$                        | $T^{\beta_2}$           | $T^{\beta_1}$  | $T^{\beta_2}$           | $T^{\beta_3}$           |
|  | 1,721                               | -2,173                  | 0,963                          | -0,703                  | -1,659                               | -0,816                  | 1,736  | -2,216                  | -0,889                  |
| t-Wert für 90%?  | T(30-2-1, .95) = 1,703              |                         |                                |                         |                                      |                         | 1,706  |                         |                         |
| beta - t-Wert * se   | 0,000                               | -0,640                  | -0,008                         | -7,819                  | -0,543                               | -7,946                  | 0,000  | -0,651                  | -7,897                  |
| beta + t-Wert * se   | 0,036                               | -0,077                  | 0,028                          | 3,253                   | 0,007                                | 2,799                   | 0,036  | -0,085                  | 2,486                   |
| akzeptiert 10% Irrtum  | ja                                  | ja                      | nein                           | nein                    | nein                                 | nein                    | ja   | ja                      | nein                    |
| t-Wert für 95%?  | 2,052                               |                         |                                |                         |                                      |                         | 2,056  |                         |                         |
| beta - t-Wert * se   | -0,003                              | -0,697                  | -0,011                         | -8,952                  | -0,599                               | -9,046                  | -0,003   | -0,709                  | -8,962                  |
| beta + t-Wert * se   | 0,039                               | -0,020                  | 0,032                          | 4,385                   | 0,063                                | 3,898                   | 0,040  | -0,027                  | 3,551                   |
| akzeptiert 5% Irrtum   | nein                                | ja                      | nein                           | nein                    | nein                                 | nein                    | nein   | ja                      | nein                    |
| t-Wert für 99%?  | 2,771                               |                         |                                |                         |                                      |                         | 2,779  |                         |                         |
| beta - t-Wert * se   | -0,011                              | -0,816                  | -0,019                         | -11,273                 | -0,715                               | -11,300                 | -0,011   | -0,829                  | -11,14                  |
| beta + t-Wert * se   | 0,047                               | 0,099                   | 0,039                          | 6,708                   | 0,179                                | 6,150                   | 0,047  | 0,094                   | 5,744                   |
| akzeptiert 1% Irrtum   | nein                                | nein                    | nein                           | nein                    | nein                                 | nein                    | nein   | nein                    | nein                    |
| p-Wert   | 0,097                               | 0,039                   | 0,344                          | 0,488                   | 0,109                                | 0,422                   | 0,094  | 0,036                   | 0,382                   |

**Tabelle 111: Das Modell 7 – einfache Regression**

| Modell Nr. | Parameter       | korr Bestimmtheitsmaß | P-Wert |
|------------|-----------------|-----------------------|--------|
| 7.1        | Einwohnerzahl   | -0,008                | 0,386  |
| 7.2        | Straßenbahnnetz | 0,045                 | 0,103  |
| 7.3        | Busnetz         | 0,05                  | 0,140  |

**Tabelle 112: Das multiple Modell 7**

| Modell Nr.   | 7.4                                  |                         | 7.5                            |                         | 7.6                          |                         | 7.7  |                         |                         |
|--|--------------------------------------|-------------------------|--------------------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------|--|-------------------------|-------------------------|
| Parameter  | x1 Einwohnerzahl<br>x2 Straßenbahnn. |                         | x3 Busnetz<br>x1 Einwohnerzahl |                         | x2 Straßenbahn<br>x3 Busnetz |                         | x1 Einwohnerzahl<br>x2 Straßenbahnnetz<br>x3 Busnetz |                         |                         |
| geschätzt $\beta_0$ (=est $\beta_0$ )                          | 16,867                               |                         | 18,500                         |                         | 19,655                       |                         | 18,355   |                         |                         |
| Koeffizienten  | <i>est</i> $\beta_1$                 | <i>est</i> $\beta_2$    | <i>est</i> $\beta_1$           | <i>est</i> $\beta_2$    | <i>est</i> $\beta_1$         | <i>est</i> $\beta_2$    | <i>est</i> $\beta_1$                                 | <i>est</i> $\beta_2$    | <i>est</i> $\beta_3$    |
|  | -0,00001                             | 0,002                   | -0,006                         | 0,0000                  | -0,014                       | -0,007                  | 0,000  | -0,021                  | -0,007                  |
| Bestimmtheitsmaß R <sup>2</sup>                                | 0,006                                |                         | 0,094                          |                         | 0,101                        |                         | 0,105  |                         |                         |
| korr Bestimmtheitsmaß  | -0,085                               |                         | 0,011                          |                         | 0,019                        |                         | -0,023   |                         |                         |
| Standardfehler   | 9,617                                |                         | 9,181                          |                         | 9,143                        |                         | 9,337  |                         |                         |
| <b>Signifikanztest für Bestimmtheitsmaß mit F-Test</b>         |                                      |                         |                                |                         |                              |                         |  |                         |                         |
| Prüfgröße F-Statistik  | 0,061                                |                         | 1,136                          |                         | 1,236                        |                         | 0,823  |                         |                         |
| F-Wert für 90%   | F (2, 25-2-1,95) = 3,422             |                         |                                |                         |                              |                         | 3,080  |                         |                         |
| akzeptiert 10% Irrtum  | nein                                 |                         | nein                           |                         | nein                         |                         | nein   |                         |                         |
| F-Wert für 95%   | 4,349                                |                         |                                |                         |                              |                         | 3,832  |                         |                         |
| akzeptiert 5% Irrtum   | nein                                 |                         | nein                           |                         | nein                         |                         | nein   |                         |                         |
| F-Wert für 99%   | 6,734                                |                         |                                |                         |                              |                         | 5,760  |                         |                         |
| akzeptiert 1% Irrtum   | nein                                 |                         | nein                           |                         | nein                         |                         | nein   |                         |                         |
| <b>Signifikanztest für Regressionskoeffizienten mit t-Test</b> |                                      |                         |                                |                         |                              |                         |  |                         |                         |
| Standardfehler   | <i>se</i> ( $\beta_1$ )              | <i>se</i> ( $\beta_2$ ) | <i>se</i> ( $\beta_1$ )        | <i>se</i> ( $\beta_2$ ) | <i>se</i> ( $\beta_1$ )      | <i>se</i> ( $\beta_2$ ) | <i>se</i> ( $\beta_1$ )                              | <i>se</i> ( $\beta_2$ ) | <i>se</i> ( $\beta_3$ ) |
|  | 0,00002                              | 0,038                   | 0,004                          | 0,00002                 | 0,032                        | 0,004                   | 0,00002  | 0,040                   | 0,005                   |
| Teststatistik  | <i>T</i> $\beta_1$                   | <i>T</i> $\beta_2$      | <i>T</i> $\beta_1$             | <i>T</i> $\beta_2$      | <i>T</i> $\beta_1$           | <i>T</i> $\beta_2$      | <i>T</i> $\beta_1$                                   | <i>T</i> $\beta_2$      | <i>T</i> $\beta_3$      |
|  | -0,324                               | 0,054                   | -1,464                         | 0,010                   | -0,426                       | -1,566                  | 0,313  | -0,521                  | -1,529                  |
| t-Wert für 90%?  | T (25-2-1,95) = 1,717                |                         |                                |                         |                              |                         | 1,721  |                         |                         |
| beta - t-Wert * se   | -0,00004                             | -0,063                  | -0,014                         | -0,00003                | -0,068                       | -0,014                  | -0,00003   | -0,089                  | -0,015                  |
| beta + t-Wert * se   | 0,00003                              | 0,068                   | 0,001                          | 0,00003                 | 0,041                        | 0,001                   | 0,00004  | 0,048                   | 0,001                   |
| akzeptiert 10% Irrtum  | nein                                 |                         | nein                           |                         | nein                         |                         | nein   |                         |                         |
| t-Wert für 95%?  | 2,074                                |                         |                                |                         |                              |                         | 2,080  |                         |                         |
| beta - t-Wert * se   | -0,00004                             | -0,077                  | -0,015                         | -0,00003                | -0,079                       | -0,015                  | -0,00003   | -0,104                  | -0,017                  |
| beta + t-Wert * se   | 0,00003                              | 0,081                   | 0,003                          | 0,00003                 | 0,052                        | 0,002                   | 0,00005  | 0,062                   | 0,003                   |
| akzeptiert 5% Irrtum   | nein                                 |                         | nein                           |                         | nein                         |                         | nein   |                         |                         |
| t-Wert für 99%?  | 2,819                                |                         |                                |                         |                              |                         | 2,831  |                         |                         |
| beta - t-Wert * se   | -0,0001                              | -0,105                  | -0,018                         | -0,00004                | -0,103                       | -0,018                  | -0,00005   | -0,134                  | -0,020                  |
| beta + t-Wert * se   | 0,00005                              | 0,110                   | 0,006                          | 0,00004                 | 0,076                        | 0,005                   | 0,0001   | 0,092                   | 0,006                   |
| akzeptiert 1% Irrtum   | nein                                 |                         | nein                           |                         | nein                         |                         | nein   |                         |                         |
| p-Wert   | 0,749                                | 0,957                   | 0,157                          | 0,992                   | 0,675                        | 0,132                   | 0,758  | 0,608                   | 0,141                   |

Tabelle 113: Das Modell 8 – einfache Regression

| Modell Nr. | Parameter          | korr Bestimmtheitsmaß | P-Wert |
|------------|--------------------|-----------------------|--------|
| 8.1        | Einwohnerzahl      | -0,008                | 0,386  |
| 8.2        | Motorisierungsgrad | 0,103                 | 0,047  |
| 8.3        | Stadtfläche        | -0,030                | 0,720  |

Tabelle 114: Das multiple Modell 8

| Modell Nr.   | 8.4                                   |                                 | 8.5                                |                                 | 8.6                                |                                 | 8.7   |                                 |                                 |
|--|---------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|---|---------------------------------|---------------------------------|
| Parameter  | x1 Einwohnerzahl<br>x2 Motorisierung. |                                 | x3 Stadtfläche<br>x1 Einwohnerzahl |                                 | x2 Motorisierung<br>x3 Stadtfläche |                                 | x1 Einwohnerzahl<br>x2 Motorisierungsgrad<br>x3 Stadtfläche |                                 |                                 |
| geschätzt $\beta_0$ (=est $\beta_0$ )                          | 52,598                                |                                 | 22,659                             |                                 | 37,766                             |                                 | 56,829  |                                 |                                 |
| Koeffizienten  | <i>est <math>\beta_1</math></i>       | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_1</math></i>    | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_1</math></i>    | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_1</math></i>                             | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_3</math></i> |
|  | -0,00003                              | -0,058                          | 0,001                              | -0,00001                        | -0,046                             | 0,002                           | -0,00004  | -0,072                          | 0,040                           |
| Bestimmtheitsmaß $R^2$   | 0,222                                 |                                 | 0,027                              |                                 | 0,134                              |                                 | 0,270   |                                 |                                 |
| korr Bestimmtheitsmaß  | 0,164                                 |                                 | -0,045                             |                                 | 0,070                              |                                 | 0,186   |                                 |                                 |
| Standardfehler   | 10,095                                |                                 | 11,289                             |                                 | 10,649                             |                                 | 9,963   |                                 |                                 |
| <b>Signifikanztest für Bestimmtheitsmaß mit F-Test</b>         |                                       |                                 |                                    |                                 |                                    |                                 |   |                                 |                                 |
| Prüfgröße F-Statistik  | 3,851                                 |                                 | 0,375                              |                                 | 2,093                              |                                 | 3,210   |                                 |                                 |
| F-Wert für 90%   | F (2, 30-2-1, .95) = 3,369            |                                 |                                    |                                 |                                    |                                 | 2,992   |                                 |                                 |
| akzeptiert 10% Irrtum  | nein                                  |                                 | nein                               |                                 | nein                               |                                 | nein  |                                 |                                 |
| F-Wert für 95%   | 4,266                                 |                                 |                                    |                                 |                                    |                                 | 3,697   |                                 |                                 |
| akzeptiert 5% Irrtum   | nein                                  |                                 | nein                               |                                 | nein                               |                                 | nein  |                                 |                                 |
| F-Wert für 99%   | 6,544                                 |                                 |                                    |                                 |                                    |                                 | 5,471   |                                 |                                 |
| akzeptiert 1% Irrtum   | nein                                  |                                 | nein                               |                                 | nein                               |                                 | nein  |                                 |                                 |
| <b>Signifikanztest für Regressionskoeffizienten mit t-Test</b> |                                       |                                 |                                    |                                 |                                    |                                 |   |                                 |                                 |
| Standardfehler   | $se(\beta_1)$                         | $se(\beta_2)$                   | $se(\beta_1)$                      | $se(\beta_2)$                   | $se(\beta_1)$                      | $se(\beta_2)$                   | $se(\beta_1)$   | $se(\beta_2)$                   | $se(\beta_3)$                   |
|  | 0,00002                               | 0,022                           | 0,031                              | 0,00002                         | 0,023                              | 0,027                           | 0,00002   | 0,025                           | 0,030                           |
| Teststatistik  | $T^{\beta_1}$                         | $T^{\beta_2}$                   | $T^{\beta_1}$                      | $T^{\beta_2}$                   | $T^{\beta_1}$                      | $T^{\beta_2}$                   | $T^{\beta_1}$   | $T^{\beta_2}$                   | $T^{\beta_3}$                   |
|  | -1,747                                | -2,601                          | 0,032                              | -0,788                          | -2,010                             | 0,082                           | -2,202  | -2,944                          | 1,313                           |
| t-Wert für 90%?  | T (30-2-1, .95) = 1,703               |                                 |                                    |                                 |                                    |                                 | 1,706   |                                 |                                 |
| beta - t-Wert * se   | -0,0001                               | -0,097                          | -0,052                             | -0,00004                        | -0,085                             | -0,043                          | -0,0001   | -0,114                          | -0,012                          |
| beta + t-Wert * se   | -0,000001                             | -0,020                          | 0,054                              | 0,00002                         | -0,007                             | 0,048                           | -0,00001  | -0,030                          | 0,091                           |
| akzeptiert 10% Irrtum  | ja                                    | ja                              | nein                               | nein                            | ja                                 | nein                            | ja  | ja                              | nein                            |
| t-Wert für 95%?  | 2,052                                 |                                 |                                    |                                 |                                    |                                 | 2,056   |                                 |                                 |
| beta - t-Wert * se   | -0,0001                               | -0,104                          | -0,062                             | -0,0001                         | -0,093                             | -0,053                          | -0,0001   | -0,123                          | -0,022                          |
| beta + t-Wert * se   | 0,000005                              | -0,012                          | 0,064                              | 0,00002                         | 0,001                              | 0,057                           | -0,00001  | -0,022                          | 0,102                           |
| akzeptiert 5% Irrtum   | nein                                  | ja                              | nein                               | nein                            | nein                               | nein                            | ja  | ja                              | nein                            |
| t-Wert für 99%?  | 2,771                                 |                                 |                                    |                                 |                                    |                                 | 2,779   |                                 |                                 |
| beta - t-Wert * se   | -0,0001                               | -0,120                          | -0,0846                            | -0,0001                         | -0,110                             | -0,072                          | -0,00009  | -0,141                          | -0,044                          |
| beta + t-Wert * se   | 0,00002                               | 0,004                           | 0,0866                             | 0,00004                         | 0,018                              | 0,076                           | 0,00001   | -0,004                          | 0,124                           |
| akzeptiert 1% Irrtum   | nein                                  | nein                            | nein                               | nein                            | nein                               | nein                            | nein  | ja                              | nein                            |
| p-Wert   | 0,092                                 | 0,015                           | 0,974                              | 0,437                           | 0,054                              | 0,936                           | 0,037   | 0,007                           | 0,201                           |

**Tabelle 115: Das Modell 9 – einfache Regression**

| Modell Nr. | Parameter        | korr Bestimmtheitsmaß | P-Wert |
|------------|------------------|-----------------------|--------|
| 9.1        | Einwohnerzahl    | -0,008                | 0,386  |
| 9.2        | Stadtfläche      | -0,030                | 0,720  |
| 9.3        | Straßennetzlänge | -0,035                | 0,890  |

**Tabelle 116: Das multiple Modell 9**

| Modell Nr.   | 9.4  |  | 9.5  |  | 9.6  |  | 9.7   |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|
| Parameter  | x1 Einwohnerzahl<br>x2 Stadtfläche         |  | x3 Straßennetzl.<br>x1 Einwohnerzahl       |  | x2 Stadtfläche<br>x3 Straßennetz           |  | x1 Einwohnerzahl<br>x2 Stadtfläche<br>x3 Straßennetzlänge |  |  |
| geschätzt $\beta_0$ (=est $\beta_0$ )                          | 22,714                                     |  | 23,411                                     |  | 20,754                                     |  | 23,370  |  |  |
| Koeffizienten  | <i>est <math>\beta_1</math></i>            | <i>est <math>\beta_2</math></i>            | <i>est <math>\beta_1</math></i>            | <i>est <math>\beta_2</math></i>            | <i>est <math>\beta_1</math></i>            | <i>est <math>\beta_2</math></i>            | <i>est <math>\beta_1</math></i>                           | <i>est <math>\beta_2</math></i>            | <i>est <math>\beta_3</math></i>            |
|  | -0,00002                                   | 0,011                                      | 0,00001                                    | -0,00002                                   | 0,014                                      | -0,005                                     | -0,00002  | 0,020                                      | -0,003                                     |
| Bestimmtheitsmaß $R^2$   | 0,036                                      |  | 0,032                                      |  | 0,013                                      |  | 0,039   |  |  |
| korr Bestimmtheitsmaß  | -0,038                                     |  | -0,043                                     |  | -0,063                                     |  | -0,076  |  |  |
| Standardfehler   | 11,348                                     |  | 11,371                                     |  | 11,482                                     |  | 11,552  |  |  |
| <b>Signifikanztest für Bestimmtheitsmaß mit F-Test</b>         |  |  |  |  |  |  |   |  |  |
| Prüfgröße F-Statistik  | 0,482                                      |  | 0,426                                      |  | 0,167                                      |  | 0,339   |  |  |
| F-Wert für 90%   | F (2, 29-2-1, .95) = 3,387                 |  |  |  |  |  | 3,010   |  |  |
| akzeptiert 10% Irrtum  | nein                                       |  | nein                                       |  | nein                                       |  | nein  |  |  |
| F-Wert für 95%   | 4,294                                      |  |  |  |  |  | 3,724   |  |  |
| akzeptiert 5% Irrtum   | nein                                       |  | nein                                       |  | nein                                       |  | nein  |  |  |
| F-Wert für 99%   | 6,607                                      |  |  |  |  |  | 5,529   |  |  |
| akzeptiert 1% Irrtum   | nein                                       |  | nein                                       |  | nein                                       |  | nein  |  |  |
| <b>Signifikanztest für Regressionskoeffizienten mit t-Test</b> |  |  |  |  |  |  |   |  |  |
| Standardfehler   | <i>se<sup>(<math>\beta_1</math>)</sup></i> | <i>se<sup>(<math>\beta_2</math>)</sup></i> | <i>se<sup>(<math>\beta_1</math>)</sup></i> | <i>se<sup>(<math>\beta_2</math>)</sup></i> | <i>se<sup>(<math>\beta_1</math>)</sup></i> | <i>se<sup>(<math>\beta_2</math>)</sup></i> | <i>se<sup>(<math>\beta_1</math>)</sup></i>                | <i>se<sup>(<math>\beta_2</math>)</sup></i> | <i>se<sup>(<math>\beta_3</math>)</sup></i> |
|  | 0,00002                                    | 0,033                                      | 0,007                                      | 0,00002                                    | 0,045                                      | 0,010                                      | 0,00002   | 0,046                                      | 0,010                                      |
| Teststatistik  | <i>T<sup><math>\beta_1</math></sup></i>    | <i>T<sup><math>\beta_2</math></sup></i>    | <i>T<sup><math>\beta_1</math></sup></i>    | <i>T<sup><math>\beta_2</math></sup></i>    | <i>T<sup><math>\beta_1</math></sup></i>    | <i>T<sup><math>\beta_2</math></sup></i>    | <i>T<sup><math>\beta_1</math></sup></i>                   | <i>T<sup><math>\beta_2</math></sup></i>    | <i>T<sup><math>\beta_3</math></sup></i>    |
|  | -0,967                                     | 0,328                                      | 0,001                                      | -0,781                                     | 0,312                                      | -0,554                                     | -0,828  | 0,437                                      | -0,295                                     |
| t-Wert für 90%?  | T (29-2-1, .95) = 1,706                    |  |  |  |  |  | 1,708   |  |  |
| beta - t-Wert * se   | -0,00005                                   | -0,046                                     | -0,012                                     | -0,00005                                   | -0,063                                     | -0,021                                     | -0,0001   | -0,058                                     | -0,020                                     |
| beta + t-Wert * se   | 0,00001                                    | 0,067                                      | 0,012                                      | 0,00002                                    | 0,091                                      | 0,011                                      | 0,00002   | 0,098                                      | 0,014                                      |
| akzeptiert 10% Irrtum  | nein  | nein                                       | nein                                       |
| t-Wert für 95%?  | 2,056                                      |  |  |  |  |  | 2,060   |  |  |
| beta - t-Wert * se   | -0,0001                                    | -0,057                                     | -0,015                                     | -0,00005                                   | -0,079                                     | -0,025                                     | -0,00006  | -0,074                                     | -0,023                                     |
| beta + t-Wert * se   | 0,00002                                    | 0,079                                      | 0,015                                      | 0,00002                                    | 0,107                                      | 0,014                                      | 0,00002   | 0,115                                      | 0,018                                      |
| akzeptiert 5% Irrtum   | nein  | nein                                       | nein                                       |
| t-Wert für 99%?  | 2,779                                      |  |  |  |  |  | 2,787   |  |  |
| beta - t-Wert * se   | -0,0001                                    | -0,081                                     | -0,020                                     | -0,0001                                    | -0,111                                     | -0,032                                     | -0,0001   | -0,108                                     | -0,031                                     |
| beta + t-Wert * se   | 0,00003                                    | 0,103                                      | 0,020                                      | 0,00004                                    | 0,139                                      | 0,021                                      | 0,00004   | 0,148                                      | 0,025                                      |
| akzeptiert 1% Irrtum   | nein  | nein                                       | nein                                       |
| p-Wert   | 0,343                                      | 0,746                                      | 0,999                                      | 0,442                                      | 0,757                                      | 0,585                                      | 0,415   | 0,666                                      | 0,771                                      |

Tabelle 117: Das Modell 10 – einfache Regression

| Modell Nr. | Parameter                | korr Bestimmtheitsmaß | P-Wert |
|------------|--------------------------|-----------------------|--------|
| 10.1       | EW-Dichte                | -0,018                | 0,400  |
| 10.2       | Liniennänge: Straßenbahn | 0,045                 | 0,103  |
| 10.3       | Linienlänge: Bus         | 0,050                 | 0,014  |

Tabelle 118: Das multiple Modell 10

| Modell Nr.   | 10.4                                   |                         | 10.5                       |                         | 10.6                         |                         | 10.7  |                         |                         |
|--|--|-------------------------|----------------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------|---|-------------------------|-------------------------|
| Parameter  | x1 EW-Dichte im B.<br>x2 Straßenbahnn. |                         | x3 Busnetz<br>x1 EW-Dichte |                         | x2 Straßenbahn<br>x3 Busnetz |                         | x1 EW-Dichte<br>x2 Liniennänge:<br>Straßenbahn<br>x3 Linienlänge: Bus |                         |                         |
| geschätzt $\beta_0$ (=est $\beta_0$ )                          | 17,234                                 |                         | 22,759                     |                         | 19,655                       |                         | 23,042  |                         |                         |
| Koeffizienten  | <i>est</i> $\beta_1$                   | <i>est</i> $\beta_2$    | <i>est</i> $\beta_1$       | <i>est</i> $\beta_2$    | <i>est</i> $\beta_1$         | <i>est</i> $\beta_2$    | <i>est</i> $\beta_1$  | <i>est</i> $\beta_2$    | <i>est</i> $\beta_3$    |
|  | -3,493                                 | 0,004                   | -0,008                     | -4,569                  | -0,014                       | -0,007                  | -4,491  | -0,004                  | -0,008                  |
| Bestimmtheitsmaß $R^2$   | 0,057                                  |                         | 0,190                      |                         | 0,101                        |                         | 0,191   |                         |                         |
| korr Bestimmtheitsmaß  | -0,029                                 |                         | 0,117                      |                         | 0,019                        |                         | 0,075   |                         |                         |
| Standardfehler   | 9,364                                  |                         | 8,677                      |                         | 9,143                        |                         | 8,878   |                         |                         |
| <b>Signifikanztest für Bestimmtheitsmaß mit F-Test</b>         |  |                         |                            |                         |                              |                         |   |                         |                         |
| Prüfgröße F-Statistik  | 0,666                                  |                         | 2,585                      |                         | 1,236                        |                         | 1,653   |                         |                         |
| F-Wert für 90%   | F (2, 25-2-1, .95) = 3,422             |                         |                            |                         |                              |                         | 3,080   |                         |                         |
| akzeptiert 10% Irrtum  | nein                                   |                         | nein                       |                         | nein                         |                         | nein  |                         |                         |
| F-Wert für 95%   | 4,349                                  |                         |                            |                         |                              |                         | 3,832   |                         |                         |
| akzeptiert 5% Irrtum   | nein                                   |                         | nein                       |                         | nein                         |                         | nein  |                         |                         |
| F-Wert für 99%   | 6,734                                  |                         |                            |                         |                              |                         | 5,760   |                         |                         |
| akzeptiert 1% Irrtum   | nein                                   |                         | nein                       |                         | nein                         |                         | nein  |                         |                         |
| <b>Signifikanztest für Regressionskoeffizienten mit t-Test</b> |  |                         |                            |                         |                              |                         |   |                         |                         |
| Standardfehler   | <i>se</i> ( $\beta_1$ )                | <i>se</i> ( $\beta_2$ ) | <i>se</i> ( $\beta_1$ )    | <i>se</i> ( $\beta_2$ ) | <i>se</i> ( $\beta_1$ )      | <i>se</i> ( $\beta_2$ ) | <i>se</i> ( $\beta_1$ )   | <i>se</i> ( $\beta_2$ ) | <i>se</i> ( $\beta_3$ ) |
|  | 3,048                                  | 0,033                   | 0,004                      | 2,819                   | 0,032                        | 0,004                   | 2,939   | 0,031                   | 0,004                   |
| Teststatistik  | $T^{\beta_1}$                          | $T^{\beta_2}$           | $T^{\beta_1}$              | $T^{\beta_2}$           | $T^{\beta_1}$                | $T^{\beta_2}$           | $T^{\beta_1}$   | $T^{\beta_2}$           | $T^{\beta_3}$           |
|  | -1,146                                 | 0,127                   | -1,907                     | -1,621                  | -0,426                       | -1,566                  | -1,528  | -0,138                  | -1,865                  |
| t-Wert für 90%?  | T (25-2-1, .95) = 1,717                |                         |                            |                         |                              |                         | 1,721   |                         |                         |
| beta - t-Wert * se   | -8,727                                 | -0,052                  | -0,014                     | -9,410                  | -0,068                       | -0,014                  | -9,548  | -0,058                  | -0,015                  |
| beta + t-Wert * se   | 1,740                                  | 0,060                   | -0,001                     | 0,272                   | 0,041                        | 0,001                   | 0,565   | 0,050                   | -0,001                  |
| akzeptiert 10% Irrtum  | nein                                   | nein                    | ja                         | nein                    | nein                         | nein                    | nein  | nein                    | ja                      |
| t-Wert für 95%?  | 2,074                                  |                         |                            |                         |                              |                         | 2,080   |                         |                         |
| beta - t-Wert * se   | -9,814                                 | -0,064                  | -0,016                     | -10,416                 | -0,079                       | -0,015                  | -10,602   | -0,070                  | -0,016                  |
| beta + t-Wert * se   | 2,827                                  | 0,072                   | 0,001                      | 1,278                   | 0,052                        | 0,002                   | 1,620   | 0,061                   | 0,001                   |
| akzeptiert 5% Irrtum   | nein                                   | nein                    | nein                       | nein                    | nein                         | nein                    | nein  | nein                    | nein                    |
| t-Wert für 99%?  | 2,819                                  |                         |                            |                         |                              |                         | 2,831   |                         |                         |
| beta - t-Wert * se   | -12,084                                | -0,088                  | -0,019                     | -12,516                 | -0,103                       | -0,018                  | -12,812   | -0,093                  | -0,019                  |
| beta + t-Wert * se   | 5,098                                  | 0,096                   | 0,004                      | 3,378                   | 0,076                        | 0,005                   | 3,829   | 0,085                   | 0,004                   |
| akzeptiert 1% Irrtum   | nein                                   | nein                    | nein                       | nein                    | nein                         | nein                    | nein  | nein                    | nein                    |
| p-Wert   | 0,264                                  | 0,900                   | 0,070                      | 0,119                   | 0,675                        | 0,132                   | 0,141   | 0,892                   | 0,076                   |

Tabelle 119: Das Modell 11 – einfache Regression

| Modell Nr. | Parameter            | korr Bestimmtheitsmaß | P-Wert |
|------------|----------------------|-----------------------|--------|
| 11.1       | EW-Dichte im Bauland | -0,018                | 0,490  |
| 11.2       | Motorisierungsgrad   | 0,103                 | 0,047  |
| 11.3       | Stadtfläche          | -0,030                | 0,720  |

Tabelle 120: Das multiple Modell 11

| Modell Nr.   | 11.4                                    |                                 | 11.5                            |                                 | 11.6                               |                                 | 11.7   |                                 |                                 |
|--|---|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|--|---------------------------------|---------------------------------|
| Parameter  | x1 EW-Dichte im B.<br>x2 Motoisierungs. |                                 | x3 Stadtfläche<br>x1 EW-Dichte  |                                 | x2 Motorisierung<br>x3 Stadtfläche |                                 | x1 EW-Dichte im Bauland<br>x2 Motorisierungsgrad<br>x3 Stadtfläche |                                 |                                 |
| geschätzt $\beta_0$ (=est $\beta_0$ )                          | 47,287                                  |                                 | 22,828                          |                                 | 37,764                             |                                 | 48,246   |                                 |                                 |
| Koeffizienten  | <i>est <math>\beta_1</math></i>         | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_1</math></i> | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_1</math></i>    | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_1</math></i>                                    | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_3</math></i> |
|  | -5,040                                  | -0,058                          | -0,017                          | -2,831                          | -0,046                             | 0,002                           | -5,242   | -0,057                          | -0,007                          |
| Bestimmtheitsmaß $R^2$   | 0,209                                   |                                 | 0,029                           |                                 | 0,134                              |                                 | 0,211  |                                 |                                 |
| korr Bestimmtheitsmaß  | 0,150                                   |                                 | -0,043                          |                                 | 0,070                              |                                 | 0,120  |                                 |                                 |
| Standardfehler   | 10,181                                  |                                 | 11,276                          |                                 | 10,649                             |                                 | 10,360   |                                 |                                 |
| <b>Signifikanztest für Bestimmtheitsmaß mit F-Test</b>         |   |                                 |                                 |                                 |                                    |                                 |  |                                 |                                 |
| Prüfgröße F-Statistik  | 3,560                                   |                                 | 0,407                           |                                 | 2,092                              |                                 | 2,317  |                                 |                                 |
| F-Wert für 90%   | F (2, 30-2-1, .95) = 3,369              |                                 |                                 |                                 |                                    |                                 | 2,992  |                                 |                                 |
| akzeptiert 10% Irrtum  | ja                                      |                                 | nein                            |                                 | nein                               |                                 | nein   |                                 |                                 |
| F-Wert für 95%   | 4,266                                   |                                 |                                 |                                 |                                    |                                 | 3,697  |                                 |                                 |
| akzeptiert 5% Irrtum   | nein                                    |                                 | nein                            |                                 | nein                               |                                 | nein   |                                 |                                 |
| F-Wert für 99%   | 6,544                                   |                                 |                                 |                                 |                                    |                                 | 5,471  |                                 |                                 |
| akzeptiert 1% Irrtum   | nein                                    |                                 | nein                            |                                 | nein                               |                                 | nein   |                                 |                                 |
| <b>Signifikanztest für Regressionskoeffizienten mit t-Test</b> |   |                                 |                                 |                                 |                                    |                                 |  |                                 |                                 |
| Standardfehler   | $se^{(\beta_1)}$                        | $se^{(\beta_2)}$                | $se^{(\beta_1)}$                | $se^{(\beta_2)}$                | $se^{(\beta_1)}$                   | $se^{(\beta_2)}$                | $se^{(\beta_1)}$   | $se^{(\beta_2)}$                | $se^{(\beta_3)}$                |
|  | 3,158                                   | 0,023                           | 0,029                           | 3,424                           | 0,023                              | 0,027                           | 3,296  | 0,023                           | 0,027                           |
| Teststatistik  | $T^{\beta_1}$                           | $T^{\beta_2}$                   | $T^{\beta_1}$                   | $T^{\beta_2}$                   | $T^{\beta_1}$                      | $T^{\beta_2}$                   | $T^{\beta_1}$  | $T^{\beta_2}$                   | $T^{\beta_3}$                   |
|  | -1,596                                  | -2,556                          | -0,579                          | -0,827                          | -2,010                             | 0,081                           | -1,590   | -2,447                          | -0,274                          |
| t-Wert für 90%?  | T (30-2-1, .95) = 1,703                 |                                 |                                 |                                 |                                    |                                 | 1,706  |                                 |                                 |
| beta - t-Wert * se   | -10,419                                 | -0,097                          | -0,066                          | -8,664                          | -0,085                             | -0,043                          | -10,865  | -0,097                          | -0,053                          |
| beta + t-Wert * se   | 0,338                                   | -0,019                          | 0,032                           | 3,001                           | -0,007                             | 0,048                           | 0,380  | -0,017                          | 0,038                           |
| akzeptiert 10% Irrtum  | nein                                    | ja                              | nein                            | nein                            | ja                                 | nein                            | nein   | ja                              | nein                            |
| t-Wert für 95%?  | 2,052                                   |                                 |                                 |                                 |                                    |                                 | 2,056  |                                 |                                 |
| beta - t-Wert * se   | -11,519                                 | -0,105                          | -0,076                          | -9,857                          | -0,093                             | -0,053                          | -12,018  | -0,106                          | -0,062                          |
| beta + t-Wert * se   | 1,438                                   | -0,012                          | 0,042                           | 4,194                           | 0,001                              | 0,057                           | 1,534  | -0,009                          | 0,048                           |
| akzeptiert 5% Irrtum   | nein                                    | ja                              | nein                            | nein                            | nein                               | nein                            | nein   | ja                              | nein                            |
| t-Wert für 99%?  | 2,771                                   |                                 |                                 |                                 |                                    |                                 | 2,779  |                                 |                                 |
| beta - t-Wert * se   | -13,789                                 | -0,122                          | -0,096                          | -12,318                         | -0,110                             | -0,072                          | -14,402  | -0,123                          | -0,081                          |
| beta + t-Wert * se   | 3,708                                   | 0,005                           | 0,063                           | 6,655                           | 0,018                              | 0,076                           | 3,918  | 0,008                           | 0,067                           |
| akzeptiert 1% Irrtum   | nein                                    | nein                            | nein                            | nein                            | nein                               | nein                            | nein   | nein                            | nein                            |
| p-Wert   | 0,122                                   | 0,017                           | 0,568                           | 0,416                           | 0,055                              | 0,936                           | 0,124  | 0,021                           | 0,786                           |

Tabelle 121: Das Modell 12 – einfache Regression

| Modell Nr. | Parameter            | korr Bestimmtheitsmaß | P-Wert |
|------------|----------------------|-----------------------|--------|
| 12.1       | EW-Dichte im Bauland | -0,018                | 0,490  |
| 12.2       | Stadtfläche          | -0,030                | 0,720  |
| 12.3       | Straßennetzlänge     | -0,035                | 0,890  |

Tabelle 122: Das multiple Modell 12

| Modell Nr.   | 12.4                                 |                                 | 12.5                                   |                                 | 12.6                            |                                 | 12.7   |                                 |                                 |
|--|--------------------------------------|---------------------------------|--|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--|---------------------------------|---------------------------------|
| Parameter  | x1 EW-Dichte im B.<br>x2 Stadtfläche |                                 | x3 Straßennetzl.<br>x1 EW-Dichte im B. |                                 | x2 Stadtfläche<br>x3 Straßenn.  |                                 | x1 EW-Dichte im Bauland<br>x2 Stadtfläche<br>x3 Straßennetzlänge |                                 |                                 |
| geschätzt $\beta_0$ (=est $\beta_0$ )                          | 22,306                               |                                 | 24,382                                 |                                 | 20,753                          |                                 | 24,169   |                                 |                                 |
| Koeffizienten  | <i>est <math>\beta_1</math></i>      | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_1</math></i>        | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_1</math></i> | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_1</math></i>                                  | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_3</math></i> |
|  | -2,893                               | -0,012                          | -0,004                                 | -3,020                          | 0,014                           | -0,005                          | -2,923   | 0,008                           | -0,005                          |
| Bestimmtheitsmaß $R^2$   | 0,027                                |                                 | 0,038                                  |                                 | 0,013                           |                                 | 0,039  |                                 |                                 |
| korr Bestimmtheitsmaß  | -0,048                               |                                 | -0,036                                 |                                 | -0,063                          |                                 | -0,076   |                                 |                                 |
| Standardfehler   | 11,398                               |                                 | 11,333                                 |                                 | 11,482                          |                                 | 11,551   |                                 |                                 |
| <b>Signifikanztest für Bestimmtheitsmaß mit F-Test</b>         |                                      |                                 |  |                                 |                                 |                                 |  |                                 |                                 |
| Prüfgröße F-Statistik  | 0,364                                |                                 | 0,517                                  |                                 | 0,167                           |                                 | 0,342  |                                 |                                 |
| F-Wert für 90%   | F (2, 29-2-1, 95) = 3,387            |                                 |  |                                 |                                 |                                 | 3,010  |                                 |                                 |
| akzeptiert 10% Irrtum  | nein                                 |                                 | nein                                   |                                 | nein                            |                                 | nein   |                                 |                                 |
| F-Wert für 95%   | 4,294                                |                                 |  |                                 |                                 |                                 | 3,724  |                                 |                                 |
| akzeptiert 5% Irrtum   | nein                                 |                                 | nein                                   |                                 | nein                            |                                 | nein   |                                 |                                 |
| F-Wert für 99%   | 6,607                                |                                 |  |                                 |                                 |                                 | 5,529  |                                 |                                 |
| akzeptiert 1% Irrtum   | nein                                 |                                 | nein                                   |                                 | nein                            |                                 | nein   |                                 |                                 |
| <b>Signifikanztest für Regressionskoeffizienten mit t-Test</b> |                                      |                                 |  |                                 |                                 |                                 |  |                                 |                                 |
| Standardfehler   | $se^{(\beta_1)}$                     | $se^{(\beta_2)}$                | $se^{(\beta_1)}$                       | $se^{(\beta_2)}$                | $se^{(\beta_1)}$                | $se^{(\beta_2)}$                | $se^{(\beta_1)}$   | $se^{(\beta_2)}$                | $se^{(\beta_3)}$                |
|  | 3,462                                | 0,030                           | 0,006                                  | 3,396                           | 0,045                           | 0,010                           | 3,509  | 0,046                           | 0,010                           |
| Teststatistik  | $T^{\beta_1}$                        | $T^{\beta_2}$                   | $T^{\beta_1}$                          | $T^{\beta_2}$                   | $T^{\beta_1}$                   | $T^{\beta_2}$                   | $T^{\beta_1}$  | $T^{\beta_2}$                   | $T^{\beta_3}$                   |
|  | -0,836                               | -0,385                          | -0,671                                 | -0,889                          | 0,312                           | -0,553                          | -0,833   | 0,169                           | -0,563                          |
| t-Wert für 90%?  | T (29-2-1, 95) = 1,706               |                                 |  |                                 |                                 |                                 | 1,708  |                                 |                                 |
| beta - t-Wert * se   | -8,798                               | -0,063                          | -0,015                                 | -8,812                          | -0,063                          | -0,021                          | -8,917   | -0,071                          | -0,022                          |
| beta + t-Wert * se   | 3,012                                | 0,040                           | 0,006                                  | 2,772                           | 0,091                           | 0,011                           | 3,071  | 0,086                           | 0,011                           |
| akzeptiert 10% Irrtum  | nein                                 | nein                            | nein                                   | nein                            | nein                            | nein                            | nein   | nein                            | nein                            |
| t-Wert für 95%?  | 2,056                                |                                 |  |                                 |                                 |                                 | 2,060  |                                 |                                 |
| beta - t-Wert * se   | -10,010                              | -0,073                          | -0,017                                 | -10,001                         | -0,079                          | -0,025                          | -10,150  | -0,087                          | -0,025                          |
| beta + t-Wert * se   | 4,224                                | 0,050                           | 0,009                                  | 3,960                           | 0,107                           | 0,014                           | 4,304  | 0,102                           | 0,014                           |
| akzeptiert 5% Irrtum   | nein                                 | nein                            | nein                                   | nein                            | nein                            | nein                            | nein   | nein                            | nein                            |
| t-Wert für 99%?  | 2,779                                |                                 |  |                                 |                                 |                                 | 2,787  |                                 |                                 |
| beta - t-Wert * se   | -12,513                              | -0,095                          | -0,021                                 | -12,456                         | -0,111                          | -0,032                          | -12,704  | -0,120                          | -0,032                          |
| beta + t-Wert * se   | 6,727                                | 0,072                           | 0,013                                  | 6,416                           | 0,139                           | 0,021                           | 6,858  | 0,136                           | 0,021                           |
| akzeptiert 1% Irrtum   | nein                                 | nein                            | nein                                   | nein                            | nein                            | nein                            | nein   | nein                            | nein                            |
| p-Wert   | 0,411                                | 0,703                           | 0,508                                  | 0,382                           | 0,758                           | 0,585                           | 0,413  | 0,867                           | 0,579                           |

**Tabelle 123: Das Modell 13 – einfache Regression**

| Modell Nr. | Parameter              | korr Bestimmtheitsmaß | P-Wert |
|------------|------------------------|-----------------------|--------|
| 13.1       | Linienlänge: Straßenb. | 0,045                 | 0,103  |
| 13.2       | Linienlänge: Bus       | 0,050                 | 0,140  |
| 13.3       | Motorisierungsgrad     | 0,103                 | 0,047  |

**Tabelle 124: Das multiple Modell 13**

| Modell Nr.   | 13.4                            |                                 | 13.5                                 |                                 | 13.6                            |                                 | 13.7  |                                 |                                 |
|--|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---|---------------------------------|---------------------------------|
| Parameter  | x1 Straßenbahn<br>x2 Bus        |                                 | x3 Motorisierungs.<br>x1 Straßenbahn |                                 | x2 Bus<br>x3 Motorisierung      |                                 | x1 Linienlänge: Straßenb.<br>x2 Linienlänge: Bus<br>x3 Motorisierungsgrad |                                 |                                 |
| geschätzt $\beta_0$ (=est $\beta_0$ )                          | 19,655                          |                                 | 20,709                               |                                 | 28,208                          |                                 | 28,917  |                                 |                                 |
| Koeffizienten  | <i>est <math>\beta_1</math></i> | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_1</math></i>      | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_1</math></i> | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_1</math></i>   | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_3</math></i> |
|  | -0,014                          | -0,007                          | -0,012                               | -0,003                          | -0,007                          | -0,020                          | -0,012  | -0,007                          | -0,020                          |
| Bestimmtheitsmaß $R^2$   | 0,101                           |                                 | 0,011                                |                                 | 0,121                           |                                 | 0,127   |                                 |                                 |
| korr Bestimmtheitsmaß  | 0,019                           |                                 | -0,079                               |                                 | 0,041                           |                                 | 0,002   |                                 |                                 |
| Standardfehler   | 9,143                           |                                 | 9,589                                |                                 | 9,040                           |                                 | 9,222   |                                 |                                 |
| <b>Signifikanztest für Bestimmtheitsmaß mit F-Test</b>         |                                 |                                 |                                      |                                 |                                 |                                 |   |                                 |                                 |
| Prüfgröße F-Statistik  | 1,236                           |                                 | 0,124                                |                                 | 1,518                           |                                 | 1,019   |                                 |                                 |
| F-Wert für 90%   | F (2, 25-2-1, .95) = 3,422      |                                 |                                      |                                 |                                 |                                 | 3,080   |                                 |                                 |
| akzeptiert 10% Irrtum  | nein                            |                                 | nein                                 |                                 | nein                            |                                 | nein  |                                 |                                 |
| F-Wert für 95%   | 4,349                           |                                 |                                      |                                 |                                 |                                 | 3,832   |                                 |                                 |
| akzeptiert 5% Irrtum   | nein                            |                                 | nein                                 |                                 | nein                            |                                 | nein  |                                 |                                 |
| F-Wert für 99%   | 6,734                           |                                 |                                      |                                 |                                 |                                 | 5,760   |                                 |                                 |
| akzeptiert 1% Irrtum   | nein                            |                                 | nein                                 |                                 | nein                            |                                 | nein  |                                 |                                 |
| <b>Signifikanztest für Regressionskoeffizienten mit t-Test</b> |                                 |                                 |                                      |                                 |                                 |                                 |   |                                 |                                 |
| Standardfehler   | $se^{(\beta_1)}$                | $se^{(\beta_2)}$                | $se^{(\beta_1)}$                     | $se^{(\beta_2)}$                | $se^{(\beta_1)}$                | $se^{(\beta_2)}$                | $se^{(\beta_1)}$  | $se^{(\beta_2)}$                | $se^{(\beta_3)}$                |
|  | 0,032                           | 0,004                           | 0,026                                | 0,033                           | 0,004                           | 0,024                           | 0,032   | 0,004                           | 0,025                           |
| Teststatistik  | $T^{\beta_1}$                   | $T^{\beta_2}$                   | $T^{\beta_1}$                        | $T^{\beta_2}$                   | $T^{\beta_1}$                   | $T^{\beta_2}$                   | $T^{\beta_1}$   | $T^{\beta_2}$                   | $T^{\beta_3}$                   |
|  | -0,426                          | -1,566                          | -0,481                               | -0,084                          | -1,663                          | -0,832                          | -0,373  | -1,670                          | -0,791                          |
| t-Wert für 90%?  | T (25-2-1, .95) = 1,717         |                                 |                                      |                                 |                                 |                                 | 1,721   |                                 |                                 |
| beta - t-Wert * se   | -0,068                          | -0,014                          | -0,056                               | -0,059                          | -0,014                          | -0,062                          | -0,067  | -0,015                          | -0,063                          |
| beta + t-Wert * se   | 0,041                           | 0,001                           | 0,032                                | 0,054                           | 0,0002                          | 0,022                           | 0,043   | 0,0002                          | 0,023                           |
| akzeptiert 10% Irrtum  | nein                            | nein                            | nein                                 | nein                            | nein                            | nein                            | nein  | nein                            | nein                            |
| t-Wert für 95%?  | 2,074                           |                                 |                                      |                                 |                                 |                                 | 2,080   |                                 |                                 |
| beta - t-Wert * se   | -0,079                          | -0,015                          | -0,065                               | -0,071                          | -0,015                          | -0,071                          | -0,079  | -0,016                          | -0,072                          |
| beta + t-Wert * se   | 0,052                           | 0,002                           | 0,041                                | 0,065                           | 0,002                           | 0,030                           | 0,055   | 0,002                           | 0,032                           |
| akzeptiert 5% Irrtum   | nein                            | nein                            | nein                                 | nein                            | nein                            | nein                            | nein  | nein                            | nein                            |
| t-Wert für 99%?  | 2,819                           |                                 |                                      |                                 |                                 |                                 | 2,831   |                                 |                                 |
| beta - t-Wert * se   | -0,103                          | -0,018                          | -0,084                               | -0,095                          | -0,019                          | -0,089                          | -0,103  | -0,019                          | -0,090                          |
| beta + t-Wert * se   | 0,076                           | 0,005                           | 0,060                                | 0,090                           | 0,005                           | 0,049                           | 0,079   | 0,005                           | 0,051                           |
| akzeptiert 1% Irrtum   | nein                            | nein                            | nein                                 | nein                            | nein                            | nein                            | nein  | nein                            | nein                            |
| p-Wert   | 0,675                           | 0,132                           | 0,636                                | 0,934                           | 0,111                           | 0,415                           | 0,713   | 0,110                           | 0,438                           |

Tabelle 125: Das Modell 14 – einfache Regression

| Modell Nr. | Parameter          | korr Bestimmtheitsmaß | P-Wert |
|------------|--------------------|-----------------------|--------|
| 14.1       | Motorisierungsgrad | 0,103                 | 0,047  |
| 14.2       | Stadtfläche        | -0,03                 | 0,720  |
| 14.3       | Straßennetzlänge   | -0,035                | 0,890  |

Tabelle 126: Das multiple Modell 14

| Modell Nr.   | 14.4                                 |                                 | 14.5                                  |                                 | 14.6                               |                                 | 14.7   |                                 |                                 |
|--|--------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|--|---------------------------------|---------------------------------|
| Parameter  | x1 Motorisierungs.<br>x2 Stadtfläche |                                 | x3 Straßennetzl.<br>x1 Motorisierung. |                                 | x2 Stadtfläche<br>x3 Straßennetzl. |                                 | x1 Motorisierungsgrad<br>x2 Stadtfläche<br>x3 Straßennetzlänge |                                 |                                 |
| geschätzt $\beta_0$ (=est $\beta_0$ )                          | 37,611                               |                                 | 39,444                                |                                 | 20,753                             |                                 | 40,736   |                                 |                                 |
| Koeffizienten  | <i>est <math>\beta_1</math></i>      | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_1</math></i>       | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_1</math></i>    | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_1</math></i>                                | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_3</math></i> |
|  | -0,048                               | 0,009                           | -0,002                                | -0,045                          | 0,014                              | -0,005                          | -0,049   | 0,035                           | -0,007                          |
| Bestimmtheitsmaß $R^2$   | 0,140                                |                                 | 0,140                                 |                                 | 0,013                              |                                 | 0,161  |                                 |                                 |
| korr Bestimmtheitsmaß  | 0,074                                |                                 | 0,074                                 |                                 | -0,063                             |                                 | 0,061  |                                 |                                 |
| Standardfehler   | 10,715                               |                                 | 10,718                                |                                 | 11,482                             |                                 | 10,792   |                                 |                                 |
| <b>Signifikanztest für Bestimmtheitsmaß mit F-Test</b>         |                                      |                                 |                                       |                                 |                                    |                                 |  |                                 |                                 |
| Prüfgröße F-Statistik  | 2,122                                |                                 | 2,113                                 |                                 | 0,167                              |                                 | 1,603  |                                 |                                 |
| F-Wert für 90%   | F (2, 29-2-1, .95) = 3,387           |                                 |                                       |                                 |                                    |                                 | 3,010  |                                 |                                 |
| akzeptiert 10% Irrtum  | nein                                 |                                 | nein                                  |                                 | nein                               |                                 | nein   |                                 |                                 |
| F-Wert für 95%   | 4,294                                |                                 |                                       |                                 |                                    |                                 | 3,724  |                                 |                                 |
| akzeptiert 5% Irrtum   | nein                                 |                                 | nein                                  |                                 | nein                               |                                 | nein   |                                 |                                 |
| F-Wert für 99%   | 6,607                                |                                 |                                       |                                 |                                    |                                 | 5,529  |                                 |                                 |
| akzeptiert 1% Irrtum   | nein                                 |                                 | nein                                  |                                 | nein                               |                                 | nein   |                                 |                                 |
| <b>Signifikanztest für Regressionskoeffizienten mit t-Test</b> |                                      |                                 |                                       |                                 |                                    |                                 |  |                                 |                                 |
| Standardfehler   | $se^{(\beta_1)}$                     | $se^{(\beta_2)}$                | $se^{(\beta_1)}$                      | $se^{(\beta_2)}$                | $se^{(\beta_1)}$                   | $se^{(\beta_2)}$                | $se^{(\beta_1)}$   | $se^{(\beta_2)}$                | $se^{(\beta_3)}$                |
|  | 0,023                                | 0,028                           | 0,006                                 | 0,023                           | 0,045                              | 0,010                           | 0,023  | 0,043                           | 0,009                           |
| Teststatistik  | $T^{\beta_1}$                        | $T^{\beta_2}$                   | $T^{\beta_1}$                         | $T^{\beta_2}$                   | $T^{\beta_1}$                      | $T^{\beta_2}$                   | $T^{\beta_1}$  | $T^{\beta_2}$                   | $T^{\beta_3}$                   |
|  | -2,052                               | 0,310                           | -0,283                                | -1,988                          | 0,312                              | -0,553                          | -2,105   | 0,801                           | -0,791                          |
| t-Wert für 90%?  | T (29-2-1, .95) = 1,706              |                                 |                                       |                                 |                                    |                                 | 1,708  |                                 |                                 |
| beta - t-Wert * se   | -0,087                               | -0,039                          | -0,012                                | -0,084                          | -0,063                             | -0,021                          | -0,090   | -0,039                          | -0,022                          |
| beta + t-Wert * se   | -0,008                               | 0,057                           | 0,008                                 | -0,006                          | 0,091                              | 0,011                           | -0,009   | 0,109                           | 0,008                           |
| akzeptiert 10% Irrtum  | ja                                   | nein                            | nein                                  | ja                              | nein                               | nein                            | ja   | nein                            | nein                            |
| t-Wert für 95%?  | 2,056                                |                                 |                                       |                                 |                                    |                                 | 2,060  |                                 |                                 |
| beta - t-Wert * se   | -0,095                               | -0,049                          | -0,014                                | -0,092                          | -0,079                             | -0,025                          | -0,098   | -0,055                          | -0,026                          |
| beta + t-Wert * se   | 0,0001                               | 0,066                           | 0,010                                 | 0,002                           | 0,107                              | 0,014                           | -0,001   | 0,124                           | 0,011                           |
| akzeptiert 5% Irrtum   | nein                                 | nein                            | nein                                  | nein                            | nein                               | nein                            | ja   | nein                            | nein                            |
| t-Wert für 99%?  | 2,779                                |                                 |                                       |                                 |                                    |                                 | 2,787  |                                 |                                 |
| beta - t-Wert * se   | -0,112                               | -0,069                          | -0,018                                | -0,108                          | -0,111                             | -0,032                          | -0,115   | -0,086                          | -0,032                          |
| beta + t-Wert * se   | 0,017                                | 0,087                           | 0,014                                 | 0,018                           | 0,139                              | 0,021                           | 0,016  | 0,156                           | 0,018                           |
| akzeptiert 1% Irrtum   | nein                                 | nein                            | nein                                  | nein                            | nein                               | nein                            | nein   | nein                            | nein                            |
| p-Wert   | 0,050                                | 0,759                           | 0,780                                 | 0,057                           | 0,758                              | 0,585                           | 0,046  | 0,431                           | 0,436                           |

**Tabelle 127: Das Modell 15 – einfache Regression**

| Modell Nr. | Parameter              | korr Bestimmtheitsmaß | P-Wert |
|------------|------------------------|-----------------------|--------|
| 15.1       | Linienlänge: Straßenb. | 0,045                 | 0,103  |
| 15.2       | Linienlänge. Bus       | 0,050                 | 0,140  |
| 15.3       | Stadtfläche            | -0,030                | 0,720  |

**Tabelle 128: Das multiple Modell 15**

| Modell Nr.   | 15.4                                       |  | 15.5                                       |  | 15.6                                       |  | 15.7   |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Parameter  | x1 Straßenbahn<br>x2 Bus                   |  | x3 Stadtfläche<br>x1 Starßenbahn           |  | x2 Bus<br>x3 Stadtfläche                   |  | x1 Linienlänge. Straßenb.<br>x2 Linienlänge: Bus<br>x3 Stadtfläche |  |  |
| geschätzt $\beta_0$ (=est $\beta_0$ )                          | 19,655                                     |  | 9,212                                      |  | 11,584                                     |  | 13,007   |  |  |
| Koeffizienten  | <i>est <math>\beta_1</math></i>            | <i>est <math>\beta_2</math></i>            | <i>est <math>\beta_1</math></i>            | <i>est <math>\beta_2</math></i>            | <i>est <math>\beta_1</math></i>            | <i>est <math>\beta_2</math></i>            | <i>est <math>\beta_1</math></i>                                    | <i>est <math>\beta_2</math></i>            | <i>est <math>\beta_3</math></i>            |
|  | -0,014                                     | -0,007                                     | 0,039                                      | -0,018                                     | -0,008                                     | 0,043                                      | -0,035   | -0,009                                     | 0,052                                      |
| Bestimmtheitsmaß $R^2$   | 0,101                                      |  | 0,093                                      |  | 0,216                                      |  | 0,259  |  |  |
| korr Bestimmtheitsmaß  | 0,019                                      |  | 0,011                                      |  | 0,144                                      |  | 0,154  |  |  |
| Standardfehler   | 9,143                                      |  | 9,184                                      |  | 8,540                                      |  | 8,494  |  |  |
| <b>Signifikanztest für Bestimmtheitsmaß mit F-Test</b>         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Prüfgröße F-Statistik  | 1,236                                      |  | 1,128                                      |  | 3,025                                      |  | 2,453  |  |  |
| F-Wert für 90%   | F (2, 25-2-1, .95) = 3,422                 |  |  |  |  |  | 3,080  |  |  |
| akzeptiert 10% Irrtum  | nein                                       |  | nein                                       |  | nein                                       |  | nein   |  |  |
| F-Wert für 95%   | 4,349                                      |  |  |  |  |  | 3,832  |  |  |
| akzeptiert 5% Irrtum   | nein                                       |  | nein                                       |  | nein                                       |  | nein   |  |  |
| F-Wert für 99%   | 6,734                                      |  |  |  |  |  | 5,760  |  |  |
| akzeptiert 1% Irrtum   | nein                                       |  | nein                                       |  | nein                                       |  | nein   |  |  |
| <b>Signifikanztest für Regressionskoeffizienten mit t-Test</b> |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Standardfehler   | <i>se<sup>(<math>\beta_1</math>)</sup></i> | <i>se<sup>(<math>\beta_2</math>)</sup></i> | <i>se<sup>(<math>\beta_1</math>)</sup></i> | <i>se<sup>(<math>\beta_2</math>)</sup></i> | <i>se<sup>(<math>\beta_1</math>)</sup></i> | <i>se<sup>(<math>\beta_2</math>)</sup></i> | <i>se<sup>(<math>\beta_1</math>)</sup></i>                         | <i>se<sup>(<math>\beta_2</math>)</sup></i> | <i>se<sup>(<math>\beta_3</math>)</sup></i> |
|  | 0,032                                      | 0,004                                      | 0,026                                      | 0,033                                      | 0,004                                      | 0,023                                      | 0,031  | 0,004                                      | 0,025                                      |
| Teststatistik  | <i>T<sup><math>\beta_1</math></sup></i>    | <i>T<sup><math>\beta_2</math></sup></i>    | <i>T<sup><math>\beta_1</math></sup></i>    | <i>T<sup><math>\beta_2</math></sup></i>    | <i>T<sup><math>\beta_1</math></sup></i>    | <i>T<sup><math>\beta_2</math></sup></i>    | <i>T<sup><math>\beta_1</math></sup></i>                            | <i>T<sup><math>\beta_2</math></sup></i>    | <i>T<sup><math>\beta_3</math></sup></i>    |
|  | -0,426                                     | -1,566                                     | 1,496                                      | -0,541                                     | -1,944                                     | 1,850                                      | -1,115   | -2,173                                     | 2,120                                      |
| t-Wert für 90%?  | T (25-2-1, .95) = 1,717                    |  |  |  |  |  | 1,721  |  |  |
| beta - t-Wert * se   | -0,068                                     | -0,014                                     | -0,006                                     | -0,074                                     | -0,014                                     | 0,003                                      | -0,088   | -0,016                                     | 0,010                                      |
| beta + t-Wert * se   | 0,041                                      | 0,001                                      | 0,083                                      | 0,038                                      | -0,001                                     | 0,084                                      | 0,019  | -0,002                                     | 0,095                                      |
| akzeptiert 10% Irrtum  | nein                                       | nein                                       | nein                                       | nein                                       | ja   | ja   | nein   | ja   | ja   |
| t-Wert für 95%?  | 2,074                                      |  |  |  |  |  | 2,080  |  |  |
| beta - t-Wert * se   | -0,079                                     | -0,015                                     | -0,015                                     | -0,085                                     | -0,016                                     | -0,005                                     | -0,099   | -0,017                                     | 0,001                                      |
| beta + t-Wert * se   | 0,052                                      | 0,002                                      | 0,092                                      | 0,050                                      | 0,001                                      | 0,092                                      | 0,030  | -0,0004                                    | 0,104                                      |
| akzeptiert 5% Irrtum   | nein   | ja   | ja   |
| t-Wert für 99%?  | 2,819                                      |  |  |  |  |  | 2,831  |  |  |
| beta - t-Wert * se   | -0,103                                     | -0,018                                     | -0,034                                     | -0,109                                     | -0,019                                     | -0,023                                     | -0,123   | -0,020                                     | -0,018                                     |
| beta + t-Wert * se   | 0,076                                      | 0,005                                      | 0,111                                      | 0,074                                      | 0,003                                      | 0,110                                      | 0,053  | 0,003                                      | 0,122                                      |
| akzeptiert 1% Irrtum   | nein   | nein                                       | nein                                       |
| p-Wert   | 0,675                                      | 0,132                                      | 0,149                                      | 0,594                                      | 0,065                                      | 0,078                                      | 0,278  | 0,041                                      | 0,046                                      |

Tabelle 129: Das Modell 16 – einfache Regression

| Modell Nr. | Parameter              | korr Bestimmtheitsmaß | P-Wert |
|------------|------------------------|-----------------------|--------|
| 16.1       | Linienlänge: Straßenb. | 0,045                 | 0,103  |
| 16.2       | Linienlänge. Bus       | 0,050                 | 0,140  |
| 16.3       | Straßennetzlänge       | -0,035                | 0,890  |

Tabelle 130: Das multiple Modell 16

| Modell Nr.   | 16.4                            |                                 | 16.5                               |                                 | 16.6                            |                                 | 16.7  |                                 |                                 |
|--|---------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---|---------------------------------|---------------------------------|
| Parameter  | x1 Straßenbahn<br>x2 Bus        |                                 | x3 Straßennetzl.<br>x1 Straßenbahn |                                 | x2 Bus<br>x3 Straßenbahn        |                                 | x1 Linienlänge: Straßenb.<br>x2 Linienlänge. Bus<br>x3 Straßennetzlänge |                                 |                                 |
| geschätzt $\beta_0$ (=est $\beta_0$ )                          | 20,829                          |                                 | 13,823                             |                                 | 15,551                          |                                 | 16,659  |                                 |                                 |
| Koeffizienten  | <i>est <math>\beta_1</math></i> | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_1</math></i>    | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_1</math></i> | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_1</math></i>   | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_3</math></i> |
|  | -0,021                          | -0,007                          | 0,002                              | -0,014                          | -0,007                          | 0,004                           | -0,040  | -0,009                          | 0,007                           |
| Bestimmtheitsmaß $R^2$   | 0,120                           |                                 | 0,011                              |                                 | 0,129                           |                                 | 0,179   |                                 |                                 |
| korr Bestimmtheitsmaß  | 0,037                           |                                 | -0,083                             |                                 | 0,046                           |                                 | 0,056   |                                 |                                 |
| Standardfehler   | 9,200                           |                                 | 9,756                              |                                 | 9,154                           |                                 | 9,108   |                                 |                                 |
| <b>Signifikanztest für Bestimmtheitsmaß mit F-Test</b>         |                                 |                                 |                                    |                                 |                                 |                                 |   |                                 |                                 |
| Prüfgröße F-Statistik  | 1,437                           |                                 | 0,116                              |                                 | 1,557                           |                                 | 1,453   |                                 |                                 |
| F-Wert für 90%   | F (2, 24-2-1, .95) = 3,475      |                                 |                                    |                                 |                                 |                                 | 3,098   |                                 |                                 |
| akzeptiert 10% Irrtum  | nein                            |                                 | nein                               |                                 | nein                            |                                 | nein  |                                 |                                 |
| F-Wert für 95%   | 4,433                           |                                 |                                    |                                 |                                 |                                 | 3,859   |                                 |                                 |
| akzeptiert 5% Irrtum   | nein                            |                                 | nein                               |                                 | nein                            |                                 | nein  |                                 |                                 |
| F-Wert für 99%   | 6,923                           |                                 |                                    |                                 |                                 |                                 | 5,818   |                                 |                                 |
| akzeptiert 1% Irrtum   | nein                            |                                 | nein                               |                                 | nein                            |                                 | nein  |                                 |                                 |
| <b>Signifikanztest für Regressionskoeffizienten mit t-Test</b> |                                 |                                 |                                    |                                 |                                 |                                 |   |                                 |                                 |
| Standardfehler   | $se^{(\beta_1)}$                | $se^{(\beta_2)}$                | $se^{(\beta_1)}$                   | $se^{(\beta_2)}$                | $se^{(\beta_1)}$                | $se^{(\beta_2)}$                | $se^{(\beta_1)}$  | $se^{(\beta_2)}$                | $se^{(\beta_3)}$                |
|  | 0,033                           | 0,004                           | 0,006                              | 0,037                           | 0,004                           | 0,005                           | 0,037   | 0,005                           | 0,006                           |
| Teststatistik  | $T^{\beta_1}$                   | $T^{\beta_2}$                   | $T^{\beta_1}$                      | $T^{\beta_2}$                   | $T^{\beta_1}$                   | $T^{\beta_2}$                   | $T^{\beta_1}$   | $T^{\beta_2}$                   | $T^{\beta_3}$                   |
|  | -0,632                          | -1,674                          | 0,407                              | -0,384                          | -1,737                          | 0,783                           | -1,101  | -2,023                          | 1,194                           |
| t-Wert für 90%?  | T (24-2-1, .95) = 1,721         |                                 |                                    |                                 |                                 |                                 | 1,725   |                                 |                                 |
| beta - t-Wert * se   | -0,078                          | -0,014                          | -0,008                             | -0,077                          | -0,015                          | -0,005                          | -0,103  | -0,017                          | -0,003                          |
| beta + t-Wert * se   | 0,036                           | 0,0002                          | 0,013                              | 0,049                           | -0,0001                         | 0,013                           | 0,023   | -0,001                          | 0,017                           |
| akzeptiert 10% Irrtum  | nein                            | nein                            | nein                               | nein                            | ja                              | nein                            | nein  | ja                              | nein                            |
| t-Wert für 95%?  | 2,080                           |                                 |                                    |                                 |                                 |                                 | 2,086   |                                 |                                 |
| beta - t-Wert * se   | -0,090                          | -0,016                          | -0,010                             | -0,090                          | -0,016                          | -0,007                          | -0,116  | -0,019                          | -0,005                          |
| beta + t-Wert * se   | 0,048                           | 0,002                           | 0,015                              | 0,062                           | 0,001                           | 0,015                           | 0,036   | 0,0003                          | 0,020                           |
| akzeptiert 5% Irrtum   | nein                            | nein                            | nein                               | nein                            | nein                            | nein                            | nein  | nein                            | nein                            |
| t-Wert für 99%?  | 2,831                           |                                 |                                    |                                 |                                 |                                 | 2,845   |                                 |                                 |
| beta - t-Wert * se   | -0,115                          | -0,019                          | -0,014                             | -0,118                          | -0,020                          | -0,011                          | -0,144  | -0,022                          | -0,010                          |
| beta + t-Wert * se   | 0,073                           | 0,005                           | 0,019                              | 0,090                           | 0,005                           | 0,019                           | 0,064   | 0,004                           | 0,024                           |
| akzeptiert 1% Irrtum   | nein                            | nein                            | nein                               | nein                            | nein                            | nein                            | nein  | nein                            | nein                            |
| p-Wert   | 0,534                           | 0,109                           | 0,688                              | 0,705                           | 0,097                           | 0,443                           | 0,284   | 0,057                           | 0,247                           |

**Tabelle 131: Das Modell 17 – einfache Regression**

| Modell Nr. | Parameter              | korr Bestimmtheitsmaß | P-Wert |
|------------|------------------------|-----------------------|--------|
| 17.1       | Linienlänge: Straßenb. | 0,045                 | 0,103  |
| 17.2       | Linienlänge. Bus       | 0,050                 | 0,140  |
| 17.3       | Verkehrsfläche         | 0,050                 | 0,110  |

**Tabelle 132: Das multiple Modell 17**

| Modell Nr.   | 17.4                            |                                 | 17.5                                |                                 | 17.6                            |                                 | 17.7  |                                 |                                 |
|--|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---|---------------------------------|---------------------------------|
| Parameter  | x1 Straßenbahn<br>x2 Bus        |                                 | x3 Verkehrsfläche<br>x1 Straßenbahn |                                 | x2 Bus<br>x3 Verkehrsfl.        |                                 | x1 Linienlänge: Straßenb.<br>x2 Linienlänge. Bus<br>x3 Verkehrsfläche |                                 |                                 |
| geschätzt $\beta_0$ (=est $\beta_0$ )                          | 19,655                          |                                 | 16,155                              |                                 | 18,505                          |                                 | 19,247  |                                 |                                 |
| Koeffizienten  | <i>est <math>\beta_1</math></i> | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_1</math></i>     | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_1</math></i> | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_1</math></i>                                       | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_3</math></i> |
|  | -0,014                          | -0,007                          | -0,056                              | -0,0001                         | -0,006                          | 0,002                           | -0,017  | -0,007                          | 0,038                           |
| Bestimmtheitsmaß $R^2$   | 0,101                           |                                 | 0,006                               |                                 | 0,094                           |                                 | 0,103   |                                 |                                 |
| korr Bestimmtheitsmaß  | 0,019                           |                                 | -0,085                              |                                 | 0,011                           |                                 | -0,025  |                                 |                                 |
| Standardfehler   | 9,143                           |                                 | 9,616                               |                                 | 9,181                           |                                 | 9,348   |                                 |                                 |
| <b>Signifikanztest für Bestimmtheitsmaß mit F-Test</b>         |                                 |                                 |                                     |                                 |                                 |                                 |   |                                 |                                 |
| Prüfgröße F-Statistik  | 1,236                           |                                 | 0,063                               |                                 | 1,136                           |                                 | 0,804   |                                 |                                 |
| F-Wert für 90%   | F (2, 25-2-1, .95) = 3,422      |                                 |                                     |                                 |                                 |                                 | 3,080   |                                 |                                 |
| akzeptiert 10% Irrtum  | nein                            |                                 | nein                                |                                 | nein                            |                                 | nein  |                                 |                                 |
| F-Wert für 95%   | 4,349                           |                                 |                                     |                                 |                                 |                                 | 3,832   |                                 |                                 |
| akzeptiert 5% Irrtum   | nein                            |                                 | nein                                |                                 | nein                            |                                 | nein  |                                 |                                 |
| F-Wert für 99%   | 6,734                           |                                 |                                     |                                 |                                 |                                 | 5,760   |                                 |                                 |
| akzeptiert 1% Irrtum   | nein                            |                                 | nein                                |                                 | nein                            |                                 | nein  |                                 |                                 |
| <b>Signifikanztest für Regressionskoeffizienten mit t-Test</b> |                                 |                                 |                                     |                                 |                                 |                                 |   |                                 |                                 |
| Standardfehler   | $se^{(\beta_1)}$                | $se^{(\beta_2)}$                | $se^{(\beta_1)}$                    | $se^{(\beta_2)}$                | $se^{(\beta_1)}$                | $se^{(\beta_2)}$                | $se^{(\beta_1)}$  | $se^{(\beta_2)}$                | $se^{(\beta_3)}$                |
|  | 0,032                           | 0,004                           | 0,169                               | 0,035                           | 0,004                           | 0,156                           | 0,036   | 0,005                           | 0,175                           |
| Teststatistik  | $T^{\beta_1}$                   | $T^{\beta_2}$                   | $T^{\beta_1}$                       | $T^{\beta_2}$                   | $T^{\beta_1}$                   | $T^{\beta_2}$                   | $T^{\beta_1}$   | $T^{\beta_2}$                   | $T^{\beta_3}$                   |
|  | -0,426                          | -1,566                          | -0,330                              | -0,002                          | -1,461                          | 0,016                           | -0,468  | -1,510                          | 0,215                           |
| t-Wert für 90%?  | T (25-2-1, .95) = 1,717         |                                 |                                     |                                 |                                 |                                 | 1,721   |                                 |                                 |
| beta - t-Wert * se   | -0,068                          | -0,014                          | -0,346                              | -0,060                          | -0,014                          | -0,265                          | -0,079  | -0,015                          | -0,264                          |
| beta + t-Wert * se   | 0,041                           | 0,001                           | 0,234                               | 0,060                           | 0,001                           | 0,270                           | 0,045   | 0,001                           | 0,340                           |
| akzeptiert 10% Irrtum  | nein                            | nein                            | nein                                | nein                            | nein                            | nein                            | nein  | nein                            | nein                            |
| t-Wert für 95%?  | 2,074                           |                                 |                                     |                                 |                                 |                                 | 2,080   |                                 |                                 |
| beta - t-Wert * se   | -0,079                          | -0,015                          | -0,406                              | -0,073                          | -0,015                          | -0,320                          | -0,092  | -0,016                          | -0,327                          |
| beta + t-Wert * se   | 0,052                           | 0,002                           | 0,295                               | 0,073                           | 0,003                           | 0,325                           | 0,058   | 0,003                           | 0,403                           |
| akzeptiert 5% Irrtum   | nein                            | nein                            | nein                                | nein                            | nein                            | nein                            | nein  | nein                            | nein                            |
| t-Wert für 99%?  | 2,819                           |                                 |                                     |                                 |                                 |                                 | 2,831   |                                 |                                 |
| beta - t-Wert * se   | -0,103                          | -0,018                          | -0,532                              | -0,099                          | -0,018                          | -0,436                          | -0,119  | -0,020                          | -0,459                          |
| beta + t-Wert * se   | 0,076                           | 0,005                           | 0,420                               | 0,099                           | 0,006                           | 0,441                           | 0,085   | 0,006                           | 0,535                           |
| akzeptiert 1% Irrtum   | nein                            | nein                            | nein                                | nein                            | nein                            | nein                            | nein  | nein                            | nein                            |
| p-Wert   | 0,675                           | 0,132                           | 0,745                               | 0,998                           | 0,158                           | 0,987                           | 0,644   | 0,146                           | 0,832                           |

Tabelle 133: Das Modell 18 – einfache Regression

| Modell Nr. | Parameter                 | korr Bestimmtheitsmaß | P-Wert |
|------------|---------------------------|-----------------------|--------|
| 18.1       | EW-Dichte im Buland       | -0,018                | 0,490  |
| 18.2       | Takthäufigkeit: Bus       | 0,068                 | 0,088  |
| 18.3       | Takthäufigkeit: Straßenb. | 0,096                 | 0,053  |

Tabelle 134: Das multiple Modell 18

| Modell Nr.   | 18.4                            |                                 | 18.5                            |                                 | 18.6                            |                                 | 18.7                            |                                 |                                 |
|--|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Parameter  | x1 EW-Dichte im Buland          | x2 Takt im Busverk.             | x3 Takt: Straßenb.              | x1 EW-Dichte                    | x2 Takt im Busv.                | x3 Takt im Straß.               | x1 EW-Dichte im Buland          | x2 Takt: Bus                    | x3 Takt im Straßenbahnv.        |
| geschätzt $\beta_0$ (=est $\beta_0$ )                          | 32,42                           |                                 | 25,15                           |                                 | 32,06                           |                                 | 37,67                           |                                 |                                 |
| Koeffizienten  | <i>est <math>\beta_1</math></i> | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_3</math></i> |
|  | -3,91                           | -0,69                           | -0,81                           | -3,00                           | -0,58                           | -0,75                           | -4,61                           | -0,68                           | -0,80                           |
| Bestimmtheitsmaß $R^2$   | 0,172                           |                                 | 0,171                           |                                 | 0,256                           |                                 | 0,322                           |                                 |                                 |
| korr Bestimmtheitsmaß  | 0,111                           |                                 | 0,110                           |                                 | 0,201                           |                                 | 0,244                           |                                 |                                 |
| Standardfehler   | 10,412                          |                                 | 10,419                          |                                 | 9,873                           |                                 | 9,601                           |                                 |                                 |
| <b>Signifikanztest für Bestimmtheitsmaß mit F-Test</b>         |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |
| Prüfgröße F-Statistik  | 2,813                           |                                 | 2,79                            |                                 | 4,64                            |                                 | 4,12                            |                                 |                                 |
| F-Wert für 90%   | F (2, 30-2-1, .95) = 3,369      |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 | 2,992                           |                                 |                                 |
| akzeptiert 10% Irrtum  | nein                            |                                 | nein                            |                                 | ja                              |                                 | ja                              |                                 |                                 |
| F-Wert für 95%   | 4,266                           |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 | 3,697                           |                                 |                                 |
| akzeptiert 5% Irrtum   | nein                            |                                 | nein                            |                                 | ja                              |                                 | ja                              |                                 |                                 |
| F-Wert für 99%   | 6,544                           |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 | 5,471                           |                                 |                                 |
| akzeptiert 1% Irrtum   | nein                            |                                 | nein                            |                                 | ja                              |                                 | nein                            |                                 |                                 |
| <b>Signifikanztest für Regressionskoeffizienten mit t-Test</b> |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |
| Standardfehler   | $se^{(\beta_1)}$                | $se^{(\beta_2)}$                | $se^{(\beta_1)}$                | $se^{(\beta_2)}$                | $se^{(\beta_1)}$                | $se^{(\beta_2)}$                | $se^{(\beta_1)}$                | $se^{(\beta_2)}$                | $se^{(\beta_3)}$                |
|  | 3,11                            | 0,31                            | 0,36                            | 3,05                            | 0,28                            | 0,34                            | 2,89                            | 0,28                            | 0,34                            |
| Teststatistik  | $T^{\beta_1}$                   | $T^{\beta_2}$                   | $T^{\beta_1}$                   | $T^{\beta_2}$                   | $T^{\beta_1}$                   | $T^{\beta_2}$                   | $T^{\beta_1}$                   | $T^{\beta_2}$                   | $T^{\beta_3}$                   |
|  | -1,26                           | -2,25                           | -2,24                           | -0,99                           | -2,04                           | -2,19                           | -1,60                           | -2,41                           | -2,40                           |
| t-Wert für 90%?  | T (30-2-1, .95) = 1,703         |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 | 1,706                           |                                 |                                 |
| beta - t-Wert * se   | -9,21                           | -1,22                           | -1,43                           | -8,20                           | -1,06                           | -1,33                           | -9,53                           | -1,17                           | -1,38                           |
| beta + t-Wert * se   | 1,40                            | -0,17                           | -0,19                           | 2,19                            | -0,10                           | -0,17                           | 0,32                            | -0,20                           | -0,23                           |
| akzeptiert 10% Irrtum  | nein                            | ja                              | ja                              | nein                            | ja                              | ja                              | nein                            | ja                              | ja                              |
| t-Wert für 95%?  | 2,052                           |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 | 2,056                           |                                 |                                 |
| beta - t-Wert * se   | -10,30                          | -1,33                           | -1,56                           | -9,26                           | -1,164                          | -1,45                           | -10,54                          | -1,27                           | -1,49                           |
| beta + t-Wert * se   | 2,48                            | -0,06                           | -0,07                           | 3,25                            | 0,004                           | -0,05                           | 1,33                            | -0,10                           | -0,11                           |
| akzeptiert 5% Irrtum   | nein                            | ja                              | ja                              | nein                            | nein                            | ja                              | nein                            | ja                              | ja                              |
| t-Wert für 99%?  | 2,771                           |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 | 2,779                           |                                 |                                 |
| beta - t-Wert * se   | -12,537                         | -1,548                          | -1,823                          | -11,450                         | -1,368                          | -1,701                          | -12,628                         | -1,475                          | -1,736                          |
| beta + t-Wert * se   | 4,720                           | 0,161                           | 0,194                           | 5,441                           | 0,208                           | 0,200                           | 3,414                           | 0,105                           | 0,128                           |
| akzeptiert 1% Irrtum   | nein                            |
| p-Wert   | 0,22                            | 0,03                            | 0,03                            | 0,33                            | 0,05                            | 0,03                            | 0,11                            | 0,02                            | 0,02                            |

Tabelle 135: Das Modell A – einfache Regression

| Modell Nr. | Parameter    | korr Bestimmtheitsmaß | P-Wert |
|------------|--------------|-----------------------|--------|
| A.1        | Preisangebot | 0,224                 | 0,090  |
| A.2        | Radwegelänge | 0,344                 | 0,044  |
| A.3        | T30 Zone     | 0,251                 | 0,096  |

Tabelle 136: Das multiple Modell A

| Modell Nr.   | A.4                                |                         | A.5                                 |                         | A.6                        |                         | A.7  |                         |                         |
|--|------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------|--|-------------------------|-------------------------|
| Parameter  | x1 Preisangebot<br>x2 Radwegelänge |                         | x3 Tempo 30 Zone<br>x1 Preisangebot |                         | x2 Radwegel.<br>x3 EW-Zahl |                         | x1 Preisangebot<br>x2 Radwegelänge<br>x3 Tempo 30 Zone |                         |                         |
| geschätzt $\beta_0$ (=est $\beta_0$ )                          | -2,915                             |                         | 2,965                               |                         | 1,098                      |                         | -3,566   |                         |                         |
| Koeffizienten  | <i>est</i> $\beta_1$               | <i>est</i> $\beta_2$    | <i>est</i> $\beta_1$                | <i>est</i> $\beta_2$    | <i>est</i> $\beta_1$       | <i>est</i> $\beta_2$    | <i>est</i> $\beta_1$                                   | <i>est</i> $\beta_2$    | <i>est</i> $\beta_3$    |
|  | 0,022                              | 0,087                   | 0,019                               | 0,013                   | 0,054                      | 0,015                   | 0,015  | 0,057                   | 0,014                   |
| Bestimmtheitsmaß $R^2$   | 0,598                              |                         | 0,415                               |                         | 0,476                      |                         | 0,561  |                         |                         |
| korr Bestimmtheitsmaß  | 0,483                              |                         | 0,220                               |                         | 0,301                      |                         | 0,298  |                         |                         |
| Standardfehler   | 8,483                              |                         | 8,932                               |                         | 8,455                      |                         | 8,471  |                         |                         |
| <b>Signifikanztest für Bestimmtheitsmaß mit F-Test</b>         |                                    |                         |                                     |                         |                            |                         |  |                         |                         |
| Prüfgröße F-Statistik  | 5,21                               |                         | 2,127                               |                         | 2,721                      |                         | 2,133  |                         |                         |
| F-Wert für 90%   | F(2, 10-2-1, .95) = 4,737          |                         |                                     |                         |                            |                         | 4,757  |                         |                         |
| akzeptiert 10% Irrtum  | ja                                 |                         | nein                                |                         | nein                       |                         | nein   |                         |                         |
| F-Wert für 95%   | 6,542                              |                         |                                     |                         |                            |                         | 6,599  |                         |                         |
| akzeptiert 5% Irrtum   | nein                               |                         | nein                                |                         | nein                       |                         | nein   |                         |                         |
| F-Wert für 99%   | 12,40                              |                         |                                     |                         |                            |                         | 12,92  |                         |                         |
| akzeptiert 1% Irrtum   | nein                               |                         | nein                                |                         | nein                       |                         | nein   |                         |                         |
| <b>Signifikanztest für Regressionskoeffizienten mit t-Test</b> |                                    |                         |                                     |                         |                            |                         |  |                         |                         |
| Standardfehler   | <i>se</i> ( $\beta_1$ )            | <i>se</i> ( $\beta_2$ ) | <i>se</i> ( $\beta_1$ )             | <i>se</i> ( $\beta_2$ ) | <i>se</i> ( $\beta_1$ )    | <i>se</i> ( $\beta_2$ ) | <i>se</i> ( $\beta_1$ )                                | <i>se</i> ( $\beta_2$ ) | <i>se</i> ( $\beta_3$ ) |
|  | 0,013                              | 0,039                   | 0,011                               | 0,016                   | 0,044                      | 0,011                   | 0,015  | 0,044                   | 0,011                   |
| Teststatistik  | $T^{\beta_1}$                      | $T^{\beta_2}$           | $T^{\beta_1}$                       | $T^{\beta_2}$           | $T^{\beta_1}$              | $T^{\beta_2}$           | $T^{\beta_1}$  | $T^{\beta_2}$           | $T^{\beta_3}$           |
|  | 1,778                              | 2,240                   | 1,760                               | 0,848                   | 1,223                      | 1,447                   | 0,989  | 1,292                   | 1,289                   |
| t-Wert für 90%?  | T(10-2-1, .95) = 1,895             |                         |                                     |                         |                            |                         | 1,943  |                         |                         |
| beta - t-Wert * se   | -0,001                             | 0,013                   | -0,002                              | -0,017                  | -0,032                     | -0,005                  | -0,015   | -0,032                  | -0,008                  |
| beta + t-Wert * se   | -0,046                             | 0,160                   | 0,040                               | 0,044                   | 0,140                      | 0,036                   | 0,045  | 0,147                   | 0,036                   |
| akzeptiert 10% Irrtum  | ja                                 | ja                      | nein                                | nein                    | nein                       | nein                    | nein   | nein                    | nein                    |
| t-Wert für 95%?  | 2,365                              |                         |                                     |                         |                            |                         | 2,447  |                         |                         |
| beta - t-Wert * se   | -0,007                             | -0,005                  | -0,007                              | -0,025                  | -0,054                     | -0,011                  | -0,024   | -0,057                  | -0,014                  |
| beta + t-Wert * se   | 0,052                              | 0,178                   | 0,045                               | 0,052                   | 0,163                      | 0,042                   | 0,053  | 0,172                   | 0,042                   |
| akzeptiert 5% Irrtum   | nein                               | nein                    | nein                                | nein                    | nein                       | nein                    | nein   | nein                    | nein                    |
| t-Wert für 99%?  | 3,499                              |                         |                                     |                         |                            |                         | 3,707  |                         |                         |
| beta - t-Wert * se   | -0,040                             | -0,085                  | -0,021                              | -0,045                  | -0,110                     | -0,024                  | -0,046   | -0,122                  | -0,030                  |
| beta + t-Wert * se   | 0,075                              | 0,240                   | 0,058                               | 0,072                   | 0,218                      | 0,055                   | 0,075  | 0,237                   | 0,057                   |
| akzeptiert 1% Irrtum   | nein                               | nein                    | nein                                | nein                    | nein                       | nein                    | nein   | nein                    | nein                    |
| p-Wert   | 0,109                              | 0,060                   | 0,129                               | 0,429                   | 0,267                      | 0,198                   | 0,368  | 0,253                   | 0,254                   |

Tabelle 137: Das Modell B – einfache Regression

| Modell Nr. | Parameter     | korr Bestimmtheitsmaß | P-Wert |
|------------|---------------|-----------------------|--------|
| B.1        | Radwegelänge  | 0,344                 | 0,044  |
| B.2        | T30 - Zone    | 0,251                 | 0,096  |
| B.3        | Fußgängerzone | -0,371                | 0,705  |

Tabelle 138: Das multiple Modell B

| Modell Nr.   | B.4                             |                                 | B.5                                 |                                 | B.6                             |                                 | B.7  |                                 |                                 |
|--|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--|---------------------------------|---------------------------------|
| Parameter  | x1 Radwegelänge<br>x2 T30 Zone  |                                 | x3 Fußgängerzone<br>x1 Radwegelänge |                                 | x2 T30 Zone<br>x3 Fußgängerz.   |                                 | x1 Radwegelänge<br>x2 T30 Zone<br>x3 Fußgängerzone |                                 |                                 |
| geschätzt $\beta_0$ (=est $\beta_0$ )                          | 1,684                           |                                 | -1,067                              |                                 | 8,863                           |                                 | 0,062  |                                 |                                 |
| Koeffizienten  | <i>est <math>\beta_1</math></i> | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_1</math></i>     | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_1</math></i> | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_1</math></i>                    | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_3</math></i> |
|  | 0,052                           | 0,015                           | 1,998                               | 0,077                           | 0,017                           | -0,004                          | 0,062  | 0,012                           | 1,018                           |
| Bestimmtheitsmaß $R^2$   | 0,372                           |                                 | 0,301                               |                                 | 0,245                           |                                 | 0,394  |                                 |                                 |
| korr Bestimmtheitsmaß  | 0,121                           |                                 | 0,021                               |                                 | -0,058                          |                                 | -0,060   |                                 |                                 |
| Standardfehler   | 9,255                           |                                 | 9,763                               |                                 | 10,150                          |                                 | 10,160   |                                 |                                 |
| <b>Signifikanztest für Bestimmtheitsmaß mit F-Test</b>         |                                 |                                 |                                     |                                 |                                 |                                 |  |                                 |                                 |
| Prüfgröße F-Statistik  | 1,481                           |                                 | 1,077                               |                                 | 0,809                           |                                 | 0,87   |                                 |                                 |
| F-Wert für 90%   | F(2, 8-2-1, .95) = 5,786        |                                 |                                     |                                 |                                 |                                 | 6,591  |                                 |                                 |
| akzeptiert 10% Irrtum  | nein                            |                                 | nein                                |                                 | nein                            |                                 | nein   |                                 |                                 |
| F-Wert für 95%   | 8,434                           |                                 |                                     |                                 |                                 |                                 | 9,979  |                                 |                                 |
| akzeptiert 5% Irrtum   | nein                            |                                 | nein                                |                                 | nein                            |                                 | nein   |                                 |                                 |
| F-Wert für 99%   | 18,31                           |                                 |                                     |                                 |                                 |                                 | 24,26  |                                 |                                 |
| akzeptiert 1% Irrtum   | nein                            |                                 | nein                                |                                 | nein                            |                                 | nein   |                                 |                                 |
| <b>Signifikanztest für Regressionskoeffizienten mit t-Test</b> |                                 |                                 |                                     |                                 |                                 |                                 |  |                                 |                                 |
| Standardfehler   | <i>se(<math>\beta_1</math>)</i> | <i>se(<math>\beta_2</math>)</i> | <i>se(<math>\beta_1</math>)</i>     | <i>se(<math>\beta_2</math>)</i> | <i>se(<math>\beta_1</math>)</i> | <i>se(<math>\beta_2</math>)</i> | <i>se(<math>\beta_1</math>)</i>                    | <i>se(<math>\beta_2</math>)</i> | <i>se(<math>\beta_3</math>)</i> |
|  | 0,052                           | 0,012                           | 2,239                               | 0,056                           | 0,015                           | 2,433                           | 0,062  | 0,016                           | 2,643                           |
| Teststatistik  | <i>T<math>\beta_1</math></i>    | <i>T<math>\beta_2</math></i>    | <i>T<math>\beta_1</math></i>        | <i>T<math>\beta_2</math></i>    | <i>T<math>\beta_1</math></i>    | <i>T<math>\beta_2</math></i>    | <i>T<math>\beta_1</math></i>                       | <i>T<math>\beta_2</math></i>    | <i>T<math>\beta_3</math></i>    |
|  | 1,007                           | 1,204                           | 0,892                               | 1,370                           | 1,168                           | -0,002                          | 0,995  | 0,785                           | 0,385                           |
| t-Wert für 90%?  | T(8-2-1, .95) = 2,015           |                                 |                                     |                                 |                                 |                                 | 2,132  |                                 |                                 |
| beta - t-Wert * se   | -0,052                          | -0,010                          | -2,514                              | -0,036                          | -0,012                          | -4,907                          | -0,071   | -0,021                          | -4,618                          |
| beta + t-Wert * se   | 0,157                           | 0,040                           | 6,510                               | 0,191                           | 0,047                           | 4,899                           | 0,194  | 0,045                           | 6,653                           |
| akzeptiert 10% Irrtum  | nein                            |                                 | nein                                |                                 | nein                            |                                 | nein   |                                 |                                 |
| t-Wert für 95%?  | 2,571                           |                                 |                                     |                                 |                                 |                                 | 2,776  |                                 |                                 |
| beta - t-Wert * se   | -0,081                          | -0,017                          | -3,757                              | -0,068                          | -0,021                          | -6,259                          | -0,111   | -0,031                          | -6,321                          |
| beta + t-Wert * se   | 0,186                           | 0,047                           | 7,754                               | 0,222                           | 0,055                           | 6,251                           | 0,234  | 0,055                           | 8,357                           |
| akzeptiert 5% Irrtum   | nein                            |                                 | nein                                |                                 | nein                            |                                 | nein   |                                 |                                 |
| t-Wert für 99%?  | 4,032                           |                                 |                                     |                                 |                                 |                                 | 4,604  |                                 |                                 |
| beta - t-Wert * se   | -0,158                          | -0,035                          | -7,030                              | -0,150                          | -0,042                          | -9,815                          | -0,224   | -0,059                          | -11,15                          |
| beta + t-Wert * se   | 0,262                           | 0,065                           | 11,026                              | 0,305                           | 0,076                           | 9,807                           | 0,347  | 0,084                           | 13,18                           |
| akzeptiert 1% Irrtum   | nein                            |                                 | nein                                |                                 | nein                            |                                 | nein   |                                 |                                 |
| p-Wert   | 0,360                           | 0,282                           | 0,413                               | 0,229                           | 0,296                           | 0,999                           | 0,376  | 0,476                           | 0,720                           |

**Tabelle 139: Das Modell C – einfache Regression**

| Modell Nr. | Parameter        | korr Bestimmtheitsmaß | P-Wert |
|------------|------------------|-----------------------|--------|
| C.1        | T30 - Zone       | 0,251                 | 0,096  |
| C.2        | Fußgängerzone    | -0,371                | 0,705  |
| C.3        | Verkehrsleistung | 0,207                 | 0,104  |

**Tabelle 140: Das multiple Modell C**

| Modell Nr.   | C.4                      |                  | C.5                 |                  | C.6              |                  | C7               |                  |                     |
|--|--------------------------|------------------|---------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|
| Parameter  | x1 T30 Zone              | x2 Fußgängerzone | x3 Verkehrsleistung | x1 T30-Zone      | x2 Fußgängerz    | x3 Verkehrsrl.   | x1 T30 - Zone    | x2 Fußgängerzone | x3 Verkehrsleistung |
| geschätzt $\beta_0$ (=est $\beta_0$ )                          | 8,863                    |                  | 17,850              |                  | 22,655           |                  | 17,637           |                  |                     |
| Koeffizienten  | $est \beta_1$            | $est \beta_2$    | $est \beta_1$       | $est \beta_2$    | $est \beta_1$    | $est \beta_2$    | $est \beta_1$    | $est \beta_2$    | $est \beta_3$       |
|  | 0,017                    | -0,004           | -0,00004            | 0,027            | 1,653            | -0,00003         | 0,027            | 0,097            | -0,00004            |
| Bestimmtheitsmaß $R^2$   | 0,245                    |                  | 0,792               |                  | 0,335            |                  | 0,792            |                  |                     |
| korr Bestimmtheitsmaß  | -0,058                   |                  | 0,709               |                  | 0,069            |                  | 0,636            |                  |                     |
| Standardfehler   | 10,150                   |                  | 5,327               |                  | 9,522            |                  | 5,952            |                  |                     |
| <b>Signifikanztest für Bestimmtheitsmaß mit F-Test</b>         |                          |                  |                     |                  |                  |                  |                  |                  |                     |
| Prüfgröße F-Statistik  | 0,809                    |                  | 9,52                |                  | 1,260            |                  | 5,083            |                  |                     |
| F-Wert für 90%   | F(2, 8-2-1, .95) = 5,786 |                  |                     |                  |                  |                  | 6,591            |                  |                     |
| akzeptiert 10% Irrtum  | nein                     |                  | ja                  |                  | nein             |                  | nein             |                  |                     |
| F-Wert für 95%   | 8,434                    |                  |                     |                  |                  |                  | 9,979            |                  |                     |
| akzeptiert 5% Irrtum   | nein                     |                  | ja                  |                  | nein             |                  | nein             |                  |                     |
| F-Wert für 99%   | 18,31                    |                  |                     |                  |                  |                  | 24,26            |                  |                     |
| akzeptiert 1% Irrtum   | nein                     |                  | nein                |                  | nein             |                  | nein             |                  |                     |
| <b>Signifikanztest für Regressionskoeffizienten mit t-Test</b> |                          |                  |                     |                  |                  |                  |                  |                  |                     |
| Standardfehler   | $se^{(\beta_1)}$         | $se^{(\beta_2)}$ | $se^{(\beta_1)}$    | $se^{(\beta_2)}$ | $se^{(\beta_1)}$ | $se^{(\beta_2)}$ | $se^{(\beta_1)}$ | $se^{(\beta_2)}$ | $se^{(\beta_3)}$    |
|  | 0,015                    | 2,433            | 0,00001             | 0,008            | 2,123            | 0,00002          | 0,009            | 1,427            | 0,00001             |
| Teststatistik  | $T^{\beta_1}$            | $T^{\beta_2}$    | $T^{\beta_1}$       | $T^{\beta_2}$    | $T^{\beta_1}$    | $T^{\beta_2}$    | $T^{\beta_1}$    | $T^{\beta_2}$    | $T^{\beta_3}$       |
|  | 1,168                    | -0,002           | -3,627              | 3,594            | 0,779            | -1,494           | 2,966            | 0,068            | -3,247              |
| t-Wert für 90%?  | T(8-2-1, .95) = 2,015    |                  |                     |                  |                  |                  | 2,132            |                  |                     |
| beta - t-Wert * se   | -0,012                   | -4,907           | -0,00006            | 0,012            | -2,625           | -0,00007         | 0,008            | -2,945           | -0,00007            |
| beta + t-Wert * se   | 0,047                    | 4,899            | -0,00002            | 0,043            | 5,932            | 0,00001          | 0,047            | 3,140            | -0,00001            |
| akzeptiert 10% Irrtum  | nein                     | nein             | ja                  | ja               | nein             | nein             | ja               | nein             | ja                  |
| t-Wert für 95%?  | 2,571                    |                  |                     |                  |                  |                  | 2,776            |                  |                     |
| beta - t-Wert * se   | -0,021                   | -6,259           | -0,00007            | 0,008            | -3,805           | -0,00008         | 0,002            | -3,865           | -0,00008            |
| beta + t-Wert * se   | 0,055                    | 6,251            | -0,00001            | 0,047            | 7,112            | 0,00002          | 0,053            | 4,060            | -0,00001            |
| akzeptiert 5% Irrtum   | nein                     | nein             | ja                  | ja               | nein             | nein             | ja               | nein             | ja                  |
| t-Wert für 99%?  | 4,032                    |                  |                     |                  |                  |                  | 4,604            |                  |                     |
| beta - t-Wert * se   | -0,042                   | -9,815           | -8,54E-05           | -3,34E-03        | -6,908           | -0,0001          | -0,015           | -6,473           | -0,0001             |
| beta + t-Wert * se   | 0,076                    | 9,807            | 4,52E-06            | 5,81E-02         | 10,215           | 0,00005          | 0,069            | 6,668            | 0,00002             |
| akzeptiert 1% Irrtum   | nein                     | nein             | nein                | nein             | nein             | nein             | nein             | nein             | nein                |
| p-Wert   | 0,296                    | 0,999            | 0,015               | 0,016            | 0,471            | 0,196            | 0,041            | 0,949            | 0,031               |

Tabelle 141: Das Modell D – einfache Regression

| Modell Nr. | Parameter        | korr Bestimmtheitsmaß | P-Wert |
|------------|------------------|-----------------------|--------|
| D.1        | Preisangebot     | 0,224                 | 0,090  |
| D.2        | Radwegelänge     | 0,344                 | 0,044  |
| D.3        | Verkehrsleistung | 0,207                 | 0,104  |

Tabelle 142: Das multiple Modell D

| Modell Nr.   | D.4                                |                                 | D.5                                   |                                 | D.6                                 |                                 | D.7   |                                 |                                 |
|--|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|---|---------------------------------|---------------------------------|
| Parameter  | x1 Preisangebot<br>x2 Radwegelänge |                                 | x3 Verkehgrsleist.<br>x1 Preisangebot |                                 | x2 Radwegel.<br>x3 Verkehrsleistung |                                 | x1 Preisangebot<br>x2 Radwegelänge<br>x3 Verkehrsleistung |                                 |                                 |
| geschätzt $\beta_0$ (=est $\beta_0$ )                          | -2,92                              |                                 | 18,43                                 |                                 | 13,158                              |                                 | 4,769   |                                 |                                 |
| Koeffizienten  | <i>est <math>\beta_1</math></i>    | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_1</math></i>       | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_1</math></i>     | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_1</math></i>                           | <i>est <math>\beta_2</math></i> | <i>est <math>\beta_3</math></i> |
|  | 0,02                               | 0,09                            | -0,00002                              | 0,02                            | 0,085                               | -0,00002                        | 0,016   | 0,081                           | -0,00001                        |
| Bestimmtheitsmaß $R^2$   | 0,598                              |                                 | 0,395                                 |                                 | 0,568                               |                                 | 0,638   |                                 |                                 |
| korr Bestimmtheitsmaß  | 0,483                              |                                 | 0,222                                 |                                 | 0,444                               |                                 | 0,458   |                                 |                                 |
| Standardfehler   | 8,483                              |                                 | 10,409                                |                                 | 8,800                               |                                 | 8,693   |                                 |                                 |
| <b>Signifikanztest für Bestimmtheitsmaß mit F-Test</b>         |                                    |                                 |                                       |                                 |                                     |                                 |   |                                 |                                 |
| Prüfgröße F-Statistik  | 5,21                               |                                 | 2,285                                 |                                 | 4,593                               |                                 | 3,530   |                                 |                                 |
| F-Wert für 90%   | F(2, 10-2-1, .95) = 4,737          |                                 |                                       |                                 |                                     |                                 | 4,757   |                                 |                                 |
| akzeptiert 10% Irrtum  | ja                                 |                                 | nein                                  |                                 | nein                                |                                 | nein  |                                 |                                 |
| F-Wert für 95%   | 6,542                              |                                 |                                       |                                 |                                     |                                 | 6,599   |                                 |                                 |
| akzeptiert 5% Irrtum   | nein                               |                                 | nein                                  |                                 | nein                                |                                 | nein  |                                 |                                 |
| F-Wert für 99%   | 12,40                              |                                 |                                       |                                 |                                     |                                 | 12,92   |                                 |                                 |
| akzeptiert 1% Irrtum   | nein                               |                                 | nein                                  |                                 | nein                                |                                 | nein  |                                 |                                 |
| <b>Signifikanztest für Regressionskoeffizienten mit t-Test</b> |                                    |                                 |                                       |                                 |                                     |                                 |   |                                 |                                 |
| Standardfehler   | <i>se(<math>\beta_1</math>)</i>    | <i>se(<math>\beta_2</math>)</i> | <i>se(<math>\beta_1</math>)</i>       | <i>se(<math>\beta_2</math>)</i> | <i>se(<math>\beta_1</math>)</i>     | <i>se(<math>\beta_2</math>)</i> | <i>se(<math>\beta_1</math>)</i>                           | <i>se(<math>\beta_2</math>)</i> | <i>se(<math>\beta_3</math>)</i> |
|  | 0,01                               | 0,04                            | 0,00002                               | 0,02                            | 0,041                               | 0,00002                         | 0,015   | 0,040                           | 0,00002                         |
| Teststatistik  | <i>T<math>\beta_1</math></i>       | <i>T<math>\beta_2</math></i>    | <i>T<math>\beta_1</math></i>          | <i>T<math>\beta_2</math></i>    | <i>T<math>\beta_1</math></i>        | <i>T<math>\beta_2</math></i>    | <i>T<math>\beta_1</math></i>                              | <i>T<math>\beta_2</math></i>    | <i>T<math>\beta_3</math></i>    |
|  | 1,78                               | 2,24                            | -0,99                                 | 1,07                            | 2,099                               | -1,562                          | 1,084   | 2,009                           | -0,816                          |
| t-Wert für 90%?  | T(10-2-1, .95) = 1,895             |                                 |                                       |                                 |                                     |                                 | 1,943   |                                 |                                 |
| beta - t-Wert * se   | -0,001                             | 0,01                            | -0,00006                              | -0,01                           | 0,008                               | -0,0001                         | -0,013  | 0,003                           | -0,00005                        |
| beta + t-Wert * se   | -0,046                             | 0,16                            | 0,00002                               | 0,05                            | 0,162                               | 0,000005                        | 0,045   | 0,159                           | 0,00002                         |
| akzeptiert 10% Irrtum  | ja                                 | ja                              | nein                                  | nein                            | ja                                  | nein                            | nein  | ja                              | nein                            |
| t-Wert für 95%?  | 2,365                              |                                 |                                       |                                 |                                     |                                 | 2,447   |                                 |                                 |
| beta - t-Wert * se   | -0,007                             | -0,005                          | -0,00007                              | -0,02                           | -0,011                              | -0,00006                        | -0,020  | -0,018                          | -0,00006                        |
| beta + t-Wert * se   | 0,052                              | 0,178                           | 0,00003                               | 0,06                            | 0,181                               | 0,00001                         | 0,053   | 0,180                           | 0,00003                         |
| akzeptiert 5% Irrtum   | nein                               | nein                            | nein                                  | nein                            | nein                                | nein                            | nein  | nein                            | nein                            |
| t-Wert für 99%?  | 3,499                              |                                 |                                       |                                 |                                     |                                 | 3,707   |                                 |                                 |
| beta - t-Wert * se   | -0,022                             | -0,049                          | -9,1E-05                              | -4,3E-02                        | -0,057                              | -0,00008                        | -0,039  | -0,068                          | -0,00008                        |
| beta + t-Wert * se   | 0,066                              | 0,222                           | 5,1E-05                               | 8,1E-02                         | 0,227                               | 0,00003                         | 0,071   | 0,231                           | 0,00005                         |
| akzeptiert 1% Irrtum   | nein                               | nein                            | nein                                  | nein                            | nein                                | nein                            | nein  | nein                            | nein                            |
| p-Wert   | 0,102                              | 0,06                            | 0,35                                  | 0,32                            | 0,074                               | 0,162                           | 0,320   | 0,091                           | 0,446                           |

**Tabelle 143: Hypothesentest - Ergebnisse von den 30 Städten**

| Modell Nr. | Indikatoren:            |                    |                            |                                |                              |                      |               |                |             |                              |                                      |
|------------|-------------------------|--------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------------------|----------------------|---------------|----------------|-------------|------------------------------|--------------------------------------|
|            | insgesamte Radwegelänge | Motorisierungsgrad | Einwohnerdichte im Bauland | Straßennetzlänge ohne Autobahn | Linienlänge: Straßenbahnnetz | Linienlänge: Busnetz | Einwohnerzahl | Verkehrsfläche | Stadtfläche | Takthäufigkeit im Busverkehr | Takthäufigkeit im Straßenbahnverkehr |
| 1          | x                       | x                  | x                          |                                |                              |                      |               |                |             |                              |                                      |
| 2          | x                       | x                  |                            | x                              |                              |                      |               |                |             |                              |                                      |
| 3          | x                       |                    |                            |                                | x                            | x                    |               |                |             |                              |                                      |
| 4          | x                       |                    | x                          |                                |                              |                      | x             |                |             |                              |                                      |
| 5          | x                       |                    | x                          | x                              |                              |                      |               |                |             |                              |                                      |
| 6          | x                       |                    | x                          |                                |                              |                      |               | x              |             |                              |                                      |
| 7          |                         |                    |                            |                                | x                            | x                    | x             |                |             |                              |                                      |
| 8          |                         | x                  |                            |                                |                              |                      | x             |                | x           |                              |                                      |
| 9          |                         |                    |                            | x                              |                              |                      | x             |                | x           |                              |                                      |
| 10         |                         |                    | x                          |                                | x                            | x                    |               |                |             |                              |                                      |
| 11         |                         | x                  | x                          |                                |                              |                      |               |                | x           |                              |                                      |
| 12         |                         |                    | x                          | x                              |                              |                      |               |                | x           |                              |                                      |
| 13         |                         | x                  |                            |                                | x                            | x                    |               |                |             |                              |                                      |
| 14         |                         | x                  |                            | x                              |                              |                      |               |                | x           |                              |                                      |
| 15         |                         |                    |                            |                                | x                            | x                    |               |                | x           |                              |                                      |
| 16         |                         |                    |                            | x                              | x                            | x                    |               |                |             |                              |                                      |
| 17         |                         |                    |                            |                                | x                            | x                    |               | x              |             |                              |                                      |
| 18         |                         |                    | x                          |                                |                              |                      |               |                |             | x                            | x                                    |

Legende:

graue Farbe → Signifikanz wurde gefunden

Tabelle 144: Hypothesentest - Ergebnisse von den 10 Städten

| Indikatoren:<br>Modell Nr. | Preisangebot der<br>Jahreskarte im ÖV | Länge der reinen<br>Radwege | Länge der T30-Zonen | Länge der<br>Fußgängerzonen | Verkehrsleistung |
|----------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|---------------------|-----------------------------|------------------|
| A                          | x                                     | x                           | x                   |                             |                  |
| B                          | x                                     |                             | x                   | x                           |                  |
| C                          |                                       |                             | x                   | x                           | x                |
| D                          | x                                     | x                           |                     |                             | x                |

Legende:

graue Farbe → Signifikanz wurde gefunden

Tabelle 145: Komplette Tabelle mit allen Indikatoren – 30 Städte

| Indikator Nr. | Y                                   | X1                 | X2  | X3            | X4                                 | X5                              | X6                           | X7                                 | X8                     | X9  | X10                 | X11                     | Faktor 1             | Faktor 2                               |  |
|---------------|-------------------------------------|--------------------|---|---------------|------------------------------------|---------------------------------|------------------------------|------------------------------------|------------------------|---|---------------------|-------------------------|----------------------|--|--|
| Städte Nr     | ausgewählte 30 mittel<br>Großstädte | ModalSplit:Rad [%] | Radwegelänge<br>(reine und gemischte)<br>[km] | Einwohnerzahl | EW Dichte im Baugebiet<br>[EW/km2] | Linienlänge:<br>Straßenbahn[km] | Linienlänge:<br>Busnetz [km] | Motorisierungsgrad<br>(2011 -2017) | Fläche der Stadt [km2] | Straßennetzlänge<br>(T 30+ T 50) ohne<br>Autoban [km] | Takt: Busnetz [min] | Takt: Straßenbahn [min] | Verkehrsfläche [km2] | Radwegelänge /<br>Straßennetzlänge [%] | Faktor insgesamt<br>Radwegelänge /<br>Gesamtverkehrsfl. [1/km] |
| 1             | Eindhoven (NL)                      | 40                 | 275   | 225020        | 0,51                               | 0                               | k.A.                         | 416                                | 88,8                   | 816   | 15                  | 0                       | 7,9                  | 33,7                                   | 35,0   |
| 2             | Münster (DEU)                       | 39                 | 471,4   | 310039        | 0,53                               | 0                               | 519,7                        | 452                                | 303,3                  | 1200  | 10                  | 0                       | 27,2                 | 39,3                                   | 17,4   |
| 4             | Groningen (NL)                      | 39                 | 410   | 200487        | 0,65                               | 0                               | k.A.                         | 289                                | 83,7                   | 657   | 15                  | 0                       | 5,2                  | 62,4                                   | 78,7   |
| 3             | Freiburg (DEU)                      | 34                 | 410   | 226393        | 0,81                               | 46                              | 270                          | 500                                | 153,1                  | 540   | 15                  | 6                       | 15                   | 75,9                                   | 27,4   |
| 5             | Kopenhagen (DK)                     | 30                 | 454   | 591481        | 2,07                               | 0                               | k.A.                         | 220                                | 86,2                   | 451,8   | 15                  | 0                       | 20,9                 | 100,5                                  | 21,7   |
| 6             | Tilburg (NL)                        | 29                 | 340   | 212943        | 0,52                               | 0                               | k.A.                         | 390                                | 118,9                  | 907   | 10                  | 0                       | 6,1                  | 37,5                                   | 55,4   |
| 7             | Utrecht (NL)                        | 26                 | 280   | 339946        | 0,81                               | 0                               | k.A.                         | 390                                | 99,3                   | 978   | 15                  | 0                       | 9,6                  | 28,6                                   | 29,3   |
| 8             | Bremen (DEU)                        | 25                 | 720   | 557464        | 0,52                               | 121                             | 527                          | 280                                | 325,6                  | 1270  | 20                  | 10                      | 41,2                 | 56,7                                   | 17,5   |
| 9             | Karlsruhe (DEU)                     | 25                 | 203,7   | 307755        | 0,66                               | 71,5                            | 172,6                        | 449                                | 173,5                  | 1338  | 10                  | 10                      | 21,7                 | 15,2                                   | 9,4  |
| 10            | Gent (BEL)                          | 22                 | 470   | 257029        | 0,25                               | 44,7                            | 266,8                        | 475                                | 156,2                  | 1050  | 10                  | 6                       | 11,7                 | 44,8                                   | 40,2   |
| 11            | Hannover (DEU)                      | 20                 | 820   | 532163        | 0,78                               | 184,3                           | 510                          | 390                                | 204,1                  | 1300  | 20                  | 7,5                     | 36                   | 63,1                                   | 22,8   |
| 12            | den Haag (NL)                       | 19                 | 400   | 520704        | 1,09                               | 105                             | 477                          | 310                                | 98,2                   | 896   | 10                  | 10                      | 6,2                  | 44,6                                   | 64,6   |
| 13            | Aarhus (DK)                         | 19                 | 78  | 269022        | 0,34                               | 0                               | 450                          | 458                                | 91,0                   | 150   | 30                  | 0                       | 5,8                  | 52                                     | 13,4   |
| 14            | Krefeld (DEU)                       | 17                 | 250   | 225144        | 0,37                               | 45,9                            | 500,5                        | 500                                | 137,8                  | 760   | 15                  | 10                      | 16,3                 | 32,9                                   | 15,4   |
| 15            | Dresden (DEU)                       | 17                 | 266   | 543825        | 0,67                               | 212,9                           | 339                          | 668                                | 328,5                  | 1400  | 15                  | 15                      | 33,5                 | 19,0                                   | 7,9  |
| 16            | Graz (AUT)                          | 16                 | 128   | 283869        | 0,50                               | 70                              | 300                          | 473                                | 127,5                  | 996   | 10                  | 7,5                     | 9,6                  | 12,9                                   | 13,4   |
| 17            | Bielefeld (DEU)                     | 15                 | 405   | 333090        | 0,40                               | 71,6                            | 1099,1                       | 475                                | 258,8                  | 1367,7  | 30                  | 10                      | 25,8                 | 29,6                                   | 15,7   |
| 18            | Augsburg (DEU)                      | 15                 | 415,8   | 286374        | 0,60                               | 45,2                            | 134                          | 455                                | 146,8                  | 570   | 15                  | 5                       | 15,9                 | 72,9                                   | 26,2   |
| 19            | Mannheim (DEU)                      | 15                 | 287,6   | 305780        | 0,51                               | 82,3                            | 452                          | 478                                | 145,0                  | 714,57  | 15                  | 10                      | 23,8                 | 40,2                                   | 12,1   |
| 20            | Aachen (DEU)                        | 11                 | 318,52  | 245885        | 0,63                               | 0                               | 1788                         | 443                                | 160,9                  | 773,7   | 7,5                 | 0                       | 16,5                 | 41,2                                   | 19,4   |
| 21            | Ljubljana (SVN)                     | 10                 | 130   | 287218        | 0,43                               | 0                               | 345                          | 434                                | 275,0                  | k.A.  | 15                  | 15                      | 19,3                 | 0,0                                    | 6,8  |
| 22            | Dortmund (DEU)                      | 6                  | 670   | 586181        | 0,57                               | 102,8                           | 1092,8                       | 461                                | 280,7                  | 1676,9  | 30                  | 0                       | 41,5                 | 40,0                                   | 16,1   |
| 23            | Oberhausen (DEU)                    | 8                  | 210   | 210934        | 0,64                               | 7                               | 581                          | 501                                | 77,1                   | 479,3   | 20                  | 15                      | 13,6                 | 43,8                                   | 15,4   |
| 24            | Bologna (ITA)                       | 7                  | 700   | 386663        | 1,23                               | 0                               | 125                          | 522                                | 140,0                  | 1134  | 15                  | 0                       | 37                   | 61,7                                   | 18,9   |
| 25            | Göteborg (SWE)                      | 7                  | 636   | 572799        | 0,72                               | 0                               | 1815                         | 343                                | 215,1                  | 1400  | 20                  | 7,5                     | 26,2                 | 45,4                                   | 24,2   |
| 26            | Moenchengl. (DEU)                   | 6                  | 420   | 259996        | 1,06                               | 153                             | 456                          | 501                                | 170,5                  | 772,8   | 20                  | 0                       | 14,8                 | 54,3                                   | 28,4   |
| 27            | Bochum (DEU)                        | 5                  | 69  | 364742        | 0,56                               | 116                             | 1040                         | 508                                | 145,7                  | 943,1   | 20                  | 15                      | 53,7                 | 7,3                                    | 1,3  |
| 28            | Zürich (CHE)                        | 6                  | 205   | 396027        | 3,63                               | 113                             | 157                          | 365                                | 91,9                   | 635   | 10                  | 7,5                     | 12,7                 | 32,3                                   | 16,1   |
| 29            | Linz (AUT)                          | 7                  | 130,5   | 203012        | 0,53                               | 45,6                            | 541                          | 504                                | 96,0                   | 614   | 15                  | 7,5                     | 7,4                  | 21,3                                   | 17,7   |
| 30            | Wuppertal (DEU)                     | 2                  | 67  | 350046        | 0,56                               | 49,9                            | 623,2                        | 466                                | 168,4                  | 906,5   | 30                  | 7                       | 19,8                 | 7,4                                    | 3,4  |

Tabelle 146: Komplette Tabelle mit allen Indikatoren – 10 Städte

| Indikator Nr. |                       | Y                    | X1                                    | X2                               | X3                           | X4                  | X5   | Faktor 1                     |
|---------------|-----------------------|----------------------|---------------------------------------|----------------------------------|------------------------------|---------------------|--|------------------------------|
| Städte Nr.    | ausgewählte 10 Städte | Modal Split: Rad [%] | Preisangebot<br>(Jahreskarte) in Euro | Länge der reinen<br>Radwege [km] | Straßennetzlänge<br>T30 [km] | Fußgänger-zone [km] | Verkehrsleistung [in Tsd.<br>Personen-Kilometer] | Radwege pro Einwohner<br>[m] |
| 2             | Münster               | 39                   | 302,2                                 | 211,9                            | 900                          | 5                   | 203.840  | 40                           |
| 4             | Groningen             | 39                   | 747,65                                | 248,5                            | k.A                          | k.A                 | 33.472   | 38                           |
| 9             | Karlsruhe             | 25                   | 642                                   | 203,7                            | 776,8                        | 2,1                 | 245.992  | 31                           |
| 13            | Aarhus                | 19                   | 584,6                                 | 78                               | 105                          | 3,6                 | 90.000   | 22                           |
| 16            | Graz                  | 16                   | 422                                   | 128                              | 800                          | 5,3                 | 560.385  | 26                           |
| 18            | Augsburg              | 15                   | 272                                   | 273,8                            | 212                          | 1,1                 | 273.188  | 45                           |
| 19            | Mannheim              | 15                   | 160                                   | 152,3                            | 654                          | 3,3                 | 669.353  | 30                           |
| 20            | Aachen                | 11                   | 58,22                                 | 150,9                            | 500                          | 5,9                 | 404.490  | 24                           |
| 26            | Moench.               | 6                    | 133,2                                 | 60                               | 150                          | k.A                 | 239.575  | 6                            |
| 29            | Linz                  | 7                    | 436                                   | 75,8                             | 487,5                        | 2,2                 | 454.570  | 14                           |