

# **Projektbericht:**

## **Tragende Verkehrskonzepte für eine mobile Gesellschaft**

Tim Sahre

Matrikelnummer: 874538

Studiengang: Umweltinformation – GIS (Master)

Modul: Modellierung im Verkehrswesen

Semester: Sommersemester 2018

Dozent: Prof. Dr.-Ing. Johannes Schlaich

Datum: 18.07.2018

## **Inhaltsverzeichnis**

<b>Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>2</b>
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>3</b>
<b>1. Einführung .....</b>	<b>4</b>
<b>2. Verwendete Modellierungswerkzeuge und Datengrundlage .....</b>	<b>4</b>
<b>3. Qualitätsbewertung .....</b>	<b>5</b>
<b>4. Aufbau einer Verkehrszellen-Struktur und Analyse des Verkehrsangebotes.....</b>	<b>7</b>
<b>5. Entwicklung eines 4-Stufen Verkehrsmodells .....</b>	<b>8</b>
<b>6. Entwicklung von Szenarien .....</b>	<b>14</b>
<b>7. Ergebnis.....</b>	<b>16</b>
<b>8. Fazit.....</b>	<b>16</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Fahrplan der Buslinie 194.....	5
Abbildung 2 Netzstatistik.....	5
Abbildung 3 Nicht angebundene Streckenabschnitte .....	6
Abbildung 4 Isochronendarstellung .....	6
Abbildung 5 Streckentypliste .....	7
Abbildung 6 Bezirksliste .....	8
Abbildung 7 Berliner Bezirke: Verhältnis von Einwohner/km <sup>2</sup> zu Verkehrsunfälle .....	9
Abbildung 8 Kenngrößenmatritzen .....	10
Abbildung 9 Verteilungshistogramm .....	11
Abbildung 10 Verfahrensablauf .....	12
Abbildung 11 Strecken- und Linienliste.....	12
Abbildung 12 IV Belastung .....	13
Abbildung 13 Verkehrsbelastungszunahme durch Bevölkerungszuwachs .....	15

## **1. Einführung**

Im Ingenieurbüro PTV finden sie ein kundenorientiertes Ingenieurbüro mit langjährigen Erfahrungen im Bereich der Verkehrsplanung und Beratung. In Zeiten sich stetig verändernder und wachsender Anforderungen an Infrastrukturangebote, ist es essenziell einen fächerübergreifenden Blick bei der Planung zu wahren. Im Laufe der Jahre konnten wir unser Kernangebot mit Fokus auf die Planung von öffentlichen- sowie individuellen Verkehrssystemen um zahlreiche weitere Dienstleistungen erweitern. Hierzu gehören unter anderem Ist- Zustandsanalysen, Verkehrsaufkommensermittlung, Verkehrssimulation, Nutzen- Kosten- Analysen sowie die Erstellung von Gutachten. Es gibt in der Verkehrsplanung keine Musterlösungen. Der Erfolg von Maßnahmen hängt stark von regionalen Besonderheiten ab, daher liegt uns bei PTV viel an einer kundennahen Beratung. Dergestalt können beide Seiten vom gegenseitigen Knowhow profitieren. Mittels dieser Synergieeffekte lassen sich in enger Zusammenarbeit mit dem Kunden dauerhaft tragfähige Konzepte für eine auch in Zukunft tragfähige Verkehrsplanung legen. Eines der wichtigsten Instrumente hierbei stellt die Entwicklung von Modellen dar. In folgendem Bericht möchten wir Ihnen kurz und verständlich die nötigen Projektschritte für die Entwicklung eines Verkehrsmodells für den Raum Berlin näherbringen und einige der nützlichsten Funktionen eines solchen Modells vorstellen.

## **2. Verwendete Modellierungswerkzeuge und Datengrundlage**

Das zur Entwicklung des Modells verwendete Programm ist PTV Visum aus dem Hause der PTV Group. Es handelt sich hierbei um das weltweit am meisten genutzte GIS Werkzeug für Verkehrsanalysen und Prognosen sowie deren Visualisierung. Neben zahlreichen Funktionen zur Netzmodellierung, Nachfrageberechnungen, Szenariovergleichen und Umlegungsverfahren für den Individualverkehr (IV) sowie den öffentlichen Verkehr (ÖV), ist es möglich die Ergebnisse durch die Software anhand von Karten und Tabellen für den Kunden in übersichtlicher Form zu visualisieren.

Ein weiterer Vorzug von PTV Visum besteht in seiner benutzerfreundlichen Importfunktion. Diese erlaubt es die gängigsten Datenformate wie etwa Shapefiles oder OpenStreetMap (OSM) Daten direkt in die Software einzuladen und dort bei Bedarf weiter zu bearbeiten. Der große Vorteil hierbei ist, dass das Verkehrsnetz nicht erst von Grund auf neu erstellt werden muss. Die kostenfrei zur Verfügung stehenden OSM- Daten beinhalten bereits das grundlegende Verkehrsnetz für den IV sowie Fuß- und Radwege. Das auf Kanten und Knoten basierende Netzmodell enthält darüber hinaus auch schon Metadaten in Form von Attributen.

Diese beschreiben die Charakteristiken des Streckennetzes und enthalten zum Beispiel Angaben darüber welche Strecken für welche Verkehrsmittel zugelassen sind oder Informationen zu zulässigen Höchstgeschwindigkeiten, Anzahl der Verkehrspuren, Abbiegerregelungen, usw. Die Linien der verschiedenen öffentlichen Verkehrsmittel (ÖV) wie U- Bahn, S- Bahn, Tram und Bus sind zwar schon im Datensatz enthalten müssen jedoch noch initialisiert werden indem man Angaben über Beförderungszeiten und Taktungen trifft. Um das ÖV Netz so repräsentativ wie möglich zu gestalten, sollte man hier die realen Fahrpläne der BVG ins Modell einpflegen. Zu Präsentationszwecken wurde hier übersichtlichkeitshalber nur die BUS Linie 194 mit einer 30 Minuten Taktung initialisiert (Siehe Abbildung 1).

Zuzüglich der im Verkehrsnetz hinterlegten Metadaten für sämtliche Strecken und Knoten steht

Abbildung 1 Fahrplan der Buslinie 194

somit bereits eine sehr große Datengrundlage bereit (Siehe Abbildung 2). Es ist jedoch darauf zu achten, dass die verwendeten OSM- Daten nicht immer aktuell bzw. gänzlich frei von Fehlern sind. Vor der eigentlichen Analyse auf Grundlage der OSM- Daten sollten diese daher zuvor unbedingt noch einer Qualitätsanalyse unterzogen werden.

KnotenNetz	186,692
StreckenNetz	465,968
HstNetz	3,551
LinienNetz	346
LinienNetz	346

Abbildung 2 Netzstatistik

### 3. Qualitätsbewertung

Speziell im städtischen Raum finden tagtäglich Baumaßnahmen statt. Auch wenn die OSM-Daten von einer großen und aktiven Community gepflegt werden, kann es vorkommen, dass bestimmte Streckenverläufe im Datensatz nicht korrekt abgebildet werden. So sind unter Umständen bestimmte Strecken nicht mehr aktuell, werden unterbrochen oder sind nicht ans Netz angeschlossen (Siehe Abbildung 3).



Abbildung 3 Nicht angebundene Streckenabschnitte

Um solche Fehler im Netz zu identifizieren und zu berichtigen, bieten sich Instrumente wie die Kurzstreckensuche oder Isochronendarstellung an. Die Kurzstreckensuche findet die kürzeste Route zwischen Bezirken, Knoten oder Oberknoten nach verschiedenen Kriterien wie der Entfernung oder der Fahrzeit. Auf diese Weise lässt sich schnell überprüfen ob das Netz konsistent ist und falls nicht eingrenzen wo der Fehler liegt und ihn zu korrigieren (etwa fehlende Streckenstücke ergänzen oder den Streckentypen Berechtigungen für bestimmte Fahrzeugtypen zuzuweisen). Isochronen hingegen visualisieren alle Orte die von einem bestimmten Bezugspunkt zur gleichen Zeit erreicht werden können oder wie weit man sich von diesem Punkt in einer bestimmten Zeit entfernen kann (Siehe Abbildung 4).



Abbildung 4 Isochronendarstellung

In diesem Fall wird ein Knoten im Südostens Berlins auf die Reisezeit ( $t_0$ ) zu anderen Zielen im Stadtgebiet hin untersucht. Dies eignet sich gut um das Modell auf strukturelle Schwächen hin zu untersuchen, etwa auf fehlerhafte Streckenhöchstgeschwindigkeiten für bestimmte Fahrzeugtypen. Da Einstellungen bezüglich von Geschwindigkeiten für Streckentypen in der Regel im gesamten Netz auftreten, bietet es sich an diese auch global über Mehrfachbearbeitung anzupassen, z.B. über die Streckentypenliste (Siehe Abbildung 5).

Anzahl	ID	Name	Streckentyp	VSpzSet	Vspz	VMin	VMax	VSpzBIKE	VMax	VSpzCAR	VMax	VSpzGV	VMax	VSpzPED	VMax	OVSpzBUS	OVSpzOVSpzR	OVSpzOVSpzP
1	0	Blocked Oneway	1	BIKE PED	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	Car-Highway	1	BIKE PED	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	2	NA	1	BIKE PED	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	3	NA	1	BIKE PED	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	4	NA	1	BIKE PED	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	5	NA	1	BIKE PED	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	6	NA	1	BIKE PED	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	7	NA	1	BIKE PED	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	8	NA	1	BIKE PED	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	9	NA	1	BIKE PED	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	10	NA	1	BIKE PED	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	11	Motorway 1 lane	1	CAR HV	1	1500	130km/h	20km/h	20km/h	120km/h	100km/h	100km/h	100km/h	40km/h	50km/h	50km/h	20	20
12	12	Motorway 2 lanes	1	CAR HV	2	3000	130km/h	20km/h	20km/h	120km/h	100km/h	100km/h	100km/h	40km/h	50km/h	50km/h	20	20
13	13	Motorway 3 lanes	1	CAR HV	3	4500	130km/h	20km/h	20km/h	120km/h	100km/h	100km/h	100km/h	40km/h	50km/h	50km/h	20	20
14	14	Motorway 4 lanes	1	CAR HV	4	6000	130km/h	20km/h	20km/h	120km/h	100km/h	100km/h	100km/h	40km/h	50km/h	50km/h	20	20
15	15	NA	1	BIKE CAR HV PED	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	16	NA	1	BIKE CAR HV PED	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	17	NA	1	BIKE CAR HV PED	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	18	NA	1	BIKE CAR HV PED	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	19	Motorway Jnk. 1 lane	1	CAR HV	0	1100	80km/h	20km/h	20km/h	80km/h	50km/h	50km/h	50km/h	40km/h	50km/h	50km/h	40	40
20	20	Motorway Jnk. 2 lanes	1	CAR HV	0	1200	80km/h	20km/h	20km/h	80km/h	50km/h	50km/h	50km/h	40km/h	50km/h	50km/h	40	40
21	21	Trunk 1 lane	1	BUS CAR HV	1	1500	100km/h	20km/h	20km/h	100km/h	50km/h	50km/h	50km/h	40km/h	50km/h	50km/h	40	40
22	22	Trunk 2 lanes	2	BUS CAR HV	2	3000	100km/h	20km/h	20km/h	100km/h	50km/h	50km/h	50km/h	40km/h	50km/h	50km/h	40	40
23	23	Trunk 3 lanes	3	BUS CAR HV	3	4500	100km/h	20km/h	20km/h	100km/h	50km/h	50km/h	50km/h	40km/h	50km/h	50km/h	40	40
24	24	NA	1	BIKE BUS CAR HV PED	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	25	NA	1	BIKE BUS CAR HV PED	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	26	NA	1	BIKE BUS CAR HV PED	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	27	NA	1	BIKE BUS CAR HV PED	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	28	Trunk Jnk. 1 lane	1	BUS CAR HV	1	1100	80km/h	20km/h	20km/h	80km/h	50km/h	50km/h	50km/h	40km/h	50km/h	50km/h	40	40
29	29	Trunk Jnk. 2 lanes	2	BUS CAR HV	2	1200	80km/h	20km/h	20km/h	80km/h	50km/h	50km/h	50km/h	40km/h	50km/h	50km/h	40	40
30	30	Primary 1 lane	1	BUS CAR HV PED PUTW	1	1300	100km/h	20km/h	20km/h	70km/h	40km/h	40km/h	40km/h	40km/h	50km/h	50km/h	30	30
31	31	Primary 2 lanes	2	BUS CAR HV PED PUTW	2	2600	100km/h	20km/h	20km/h	70km/h	40km/h	40km/h	40km/h	40km/h	50km/h	50km/h	30	30
32	32	Primary 3 lanes	3	BUS CAR HV PED PUTW	3	3900	100km/h	20km/h	20km/h	70km/h	40km/h	40km/h	40km/h	40km/h	50km/h	50km/h	30	30
33	33	NA	2	BIKE BUS CAR HV PED PUTW	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	34	NA	2	BIKE BUS CAR HV PED PUTW	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	35	NA	2	BIKE BUS CAR HV PED PUTW	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	36	NA	2	BIKE BUS CAR HV PED PUTW	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	37	NA	2	BIKE BUS CAR HV PED PUTW	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	38	NA	2	BIKE BUS CAR HV PED PUTW	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	39	NA	1	BIKE BUS CAR HV PED PUTW	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	40	Primary Jnk.	1	BIKE BUS CAR HV PED PUTW	1	1000	40km/h	20km/h	20km/h	40km/h	30km/h	30km/h	30km/h	40km/h	50km/h	50km/h	30	30
41	41	Secondary 1 lane	1	BIKE BUS CAR HV PED	1	1000	80km/h	20km/h	20km/h	110km/h	70km/h	70km/h	70km/h	40km/h	50km/h	50km/h	40	40
42	42	Secondary 2 lanes	2	BIKE BUS CAR HV PED	2	2000	80km/h	20km/h	20km/h	90km/h	50km/h	50km/h	50km/h	40km/h	50km/h	50km/h	40	40
43	43	NA	0	BIKE BUS CAR HV PED	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	44	NA	1	BIKE BUS CAR HV PED	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	45	NA	1	BIKE BUS CAR HV PED	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
46	46	NA	1	BIKE BUS CAR HV PED	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
47	47	NA	1	BIKE BUS CAR HV PED	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
48	48	NA	1	BIKE BUS CAR HV PED	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49	49	NA	1	BIKE BUS CAR HV PED	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Abbildung 5 Streckentypenliste

Zur Kontrolle der Repräsentativität des Modells, kann der Modellierer zuvor genannte Instrumente nutzen und die Ergebnisse Online abgleichen (Etwa durch den Google-Map-Service für den individuellen Verkehr oder den BVG Fahrplänen für den ÖV). Im Allgemeinen gilt: Je gründlicher die Qualitätskontrolle des Modells ausgeführt worden ist, desto besser sind die Prognosen und Analysen welche damit durchgeführt werden können. Die Qualitätskontrolle kann sich jedoch insbesondere bei größeren Verkehrsnetzen als recht umfangreich herausstellen und es liegt im Ermessen des Modellierers wie viel Zeit er für diese aufwendet.

#### 4. Aufbau einer Verkehrszellen-Struktur und Analyse des Verkehrsangebotes

Nachdem nun die IV und ÖV Verkehrsnetze auf Basis der OSM- Daten in Visum eingeladen und einer Qualitätsprüfung unterzogen worden sind, wird im nächsten Schritt die Berliner Verkehrszellen- Struktur realisiert. Unter Verkehrszellen- Struktur versteht man das Erstellen von verschiedenen Verkehrszellen innerhalb des Untersuchungsgebiet. Die Verkehrszellen unterscheiden sich etwa nach ihrer Größe oder der Zusammensetzung der Bevölkerung. Diese Strukturdaten stellen gemeinsam mit den dazugehörigen Verkehrszellen den Kern späterer Berechnungen dar. Zu diesem Zweck müssen zunächst Zellen innerhalb des Gesamtnetzes definiert werden. Im Falle von Berlin bieten sich hierfür die Bezirke sowie die darin enthaltenen Stadtteile an. Die nötigen Shape Dateien können wie schon die OSM Daten kostenfrei aus dem Internet bezogen werden. Je nach Quelle können die Shape Dateien weitere Metadaten in Form von Attributtabelle enthalten. Diese Attributtabelle können um weitere Spalten und um die gewünschten Informationen oder Strukturdaten ergänzt werden. Entsprechende soziodemographische Daten wie etwa die Einwohnerzahlen, Arbeits- und Schulplätze oder Mobilitätsraten können aus statistischen Untersuchungen herangezogen werden. Im Falle von umfangreicheren Datensätzen ist es möglich diese zunächst mit Excel aufzubereiten, um sie dann komfortabel aus der Zwischenablage in die Attributtabelle einzufügen (Siehe Abbildung 6).

Liste (Bezirke)																	
Anzahl: 96	Name	Typ	Nr	AD	AP	AUSLAENDER	BEZ	BEZNAME	BEZNR	ED	ET	EW	OBJECTID	ORT	ORTSTEILNA	SP	SZ
Sum				95622	42283	676741				43640	42293	361957			4656		
1		0		138	10312		902	Lichtenberg	11	2936	7843	19226		1	1102	Karlshorst	2475 2942
2		0		98	8676		483	Pankow	3	1895	5083	9327		2	312	Rosenthal	495 1827
3		0		1113	4723		11188	Tempelhof-Schöneberg	7	8286	38203	83293		3	706	Lichtenrade	7920 7424
4		0		639	275		8727	Charlottenburg-Wilmersdorf	4	3026	13841	41352		4	405	Westend	4950 1391
5		0		1321	3002		25819	Marzahn-Hellersdorf	10	4764	43392	93144		5	1001	Marzahn	6930 499
6		0		3377	2728		1784	Mitte	1	10809	3352	5710		6	103	Hansaviertel	990 3880
7		0		332	5958		1163	Treptow-Köpenick	9	3132	5445	10980		7	905	Niederschönhausen	990 9393
8		0		625	75632		2827	Spandau	5	3476	6958	15724		8	502	Karlshorst	1485 11355
9		0		1050	5918		12788	Tempelhof-Schöneberg	7	5081	28386	61889		9	703	Tempelhof	4950 13529
10		0		728	10487		7591	Spandau	5	3891	15365	40551		10	509	Wilhelmstadt	4455 4435
11		0		77	13277		1411	Pankow	3	861	8558	15704		11	309	Buch	1485 154
12		0		788	20956		5006	Neukölln	8	6280	18032	39875		12	803	Buckow	3960 3128
13		0		8556	38203		30702	Charlottenburg-Wilmersdorf	4	33644	40407	120725		13	403	Schmargendorf	9405 14828
14		0		638	11919		8280	Marzahn-Hellersdorf	10	3968	24010	51540		14	1004	Mahlsdorf	2970 1486
15		0		2664	9077		29332	Pankow	3	14545	87266	160127		15	301	Prenzlauer Berg	13365 4863
16		0		91	3352		918	Spandau	5	425	1629	4298		16	505	Gotow	495 57
17		0		5735	45403		35136	Mitte	1	14941	53738	91543		17	106	Gesundbrunnen	7920 5317
18		0		1075	28572		5389	Reinickendorf	12	8452	11919	42353		18	1208	LÄubers	4950 1930
19		0		291	15365		878	Treptow-Köpenick	9	3659	5471	11034		19	902	Prenzlauer Berg	990 239
20		0		1270	1629		6546	Lichtenberg	11	10733	22565	55315		20	1109	Neu-Hohenschönhausen	4950 2487
21		0		50	9068		1182	Steglitz-Zehlendorf	6	422	5445	10005		21	607	Wannsee	495 7488
22		0		951	22706		8919	Tempelhof-Schöneberg	7	4187	18008	39261		22	704	Mariendorf	4950 9684
23		0		76	12258		914	Mitte	3	1721	11292	20701		23	310	Französisch Buchholz	1485 4311
24		0		321	40565		3790	Neukölln	8	3557	19008	42033		24	804	Rudow	3960 8803
25		0		93	49833		2100	Charlottenburg-Wilmersdorf	4	467	3524	10530		25	404	Grünwald	1485 8006
26		0		2217	7068		23677	Mitte	1	7243	45403	77344		26	101	Mitte	5445 1693
27		0		44	24010		621	Treptow-Köpenick	9	1303	9068	18288		27	911	Friedrichshagen	2475 8325
28		0		945	1150		7703	Marzahn-Hellersdorf	10	9726	36911	79233		28	1005	Hellersdorf	9405 6781
29		0		221	3713		852	Pankow	3	1764	3704	6797		29	304	Heinersdorf	495 1267
30		0		14	5100		260	Steglitz-Zehlendorf	6	279	2769	5088		30	602	Lichterfelde	495 2196
31		0		1707	5083		3736	Reinickendorf	12	29141	17948	63778		31	1203	Konradshagen	7920 559
32		0		636	3524		5945	Lichtenberg	11	4933	18822	46139		32	1110	Alt-Hohenschönhausen	990 3535
33		0		711	4649		4192	Reinickendorf	12	4260	7068	25118		33	1209	Wittenau	2475 3278
34		0		337	32510		3582	Tempelhof-Schöneberg	7	1997	9750	21258		34	701	Schöneberg	1485 4937
35		0		206	18961		4203	Spandau	5	1397	10786	28466		35	507	Hakenfelde	1485 3727
36		0		695	5445		3062	Lichtenberg	11	5185	9323	22853		36	1112	Rummelsburg	1980 658
37		0		4802	10786		56191	Neukölln	8	14292	75632	167248		37	801	Neukölln	12870 204

Abbildung 6 Bezirksliste

Diese Ansicht der Daten kann je nach Größe des Netzes schnell unübersichtlich werden. Zwar können einzelne Parameter ein bzw. ausgeblendet werden, aber zu Präsentationszwecken bietet es sich an eine andere Form der Datendarbietung in Erwägung zu ziehen. Da es sich bei Visum um eine GUI Anwendung handelt, sind im Funktionsumfang der Software auch Funktionen zum erstellen und bearbeiten von Graphiken enthalten. Mittels dieser lassen sich



Strukturdaten zueinander in Bezug setzen und können anschließend visualisiert werden (Siehe Abbildung 7).

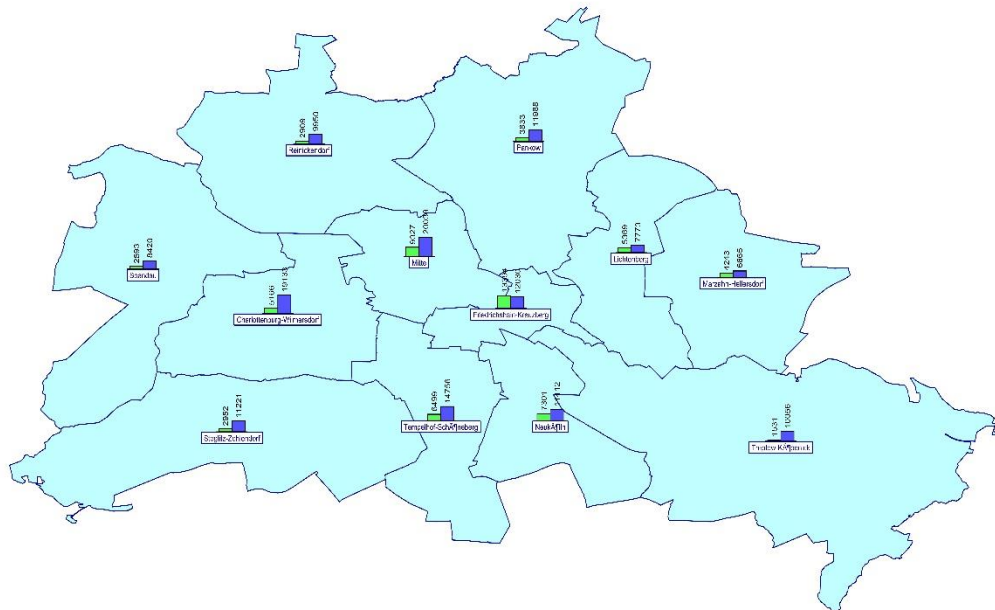


Abbildung 7 Berliner Bezirke: Verhältnis von Einwohner/km<sup>2</sup> zu Verkehrsunfälle in 2017

Eine solche thematische Aufarbeitung kann zu Präsentationszwecken, etwa für Entscheidungsträger oder fachfremdes Publikum sehr wertvoll sein, da es mitunter komplexe Sachverhalte in nur einer Grafik in sich vereint.

## 5. Entwicklung eines 4-Stufen Verkehrsmodells

Nachdem nun der Raum Berlin zuvor mit den Stadtteilen in verschiedene Verkehrszellen untergliedert worden ist, kann in der Folge damit begonnen werden, ein Verkehrsnachfragemodell für die Stadt Berlin erstellt zu werden. Verkehrsnachfrage entsteht wenn Bestimmte Aktivitäten an verschiedenen Orten stattfinden. So unterscheiden sich in der Regel der Arbeitsort vom Wohnort. Darüber hinaus müssen tagtäglich weitere Wege wie etwa zum Arzt, zu zahlreichen Einkaufsmöglichkeiten oder Freizeitaktivitäten unternommen werden. Erst diese Wege füllen das Verkehrsmodell mit Leben. Um dies zu simulieren verwendet man das sogenannte 4- Stufen- Modell. Die hierzu durchzuführenden 4 Schritte gliedern sich wie folgt auf:

1. Verkehrserzeugung
2. Verkehrsverteilung
3. Verkehrsmittelwahl
4. Umlegung

Um ein 4- Stufen- Modell in Visum zu realisieren muss ein sogenannter Verfahrensablauf erstellt werden. Ein Verfahrensablauf besteht aus unterschiedlichen Prozessschritten. Diese werden auf den kommenden Seiten kurz skizziert. Zunächst müssen Personengruppen und Aktivitäten sowie entsprechende Kenngrößenmatrizen erstellt werden. Für das vorliegende Modell wurden hierzu als einfaches Beispiel die Einwohner, die Erwerbstätigen und Schüler herangezogen. Die natürlichen Aktivitäten dieser Personengruppen sind Besuche der Einwohner untereinander, die Arbeits- und Schulwege. Diese Kombination von Personengruppen und Aktivitäten bilden die sogenannten Nachfrageschichten. Auf Grundlage dieser lassen sich nun Nachfragemodelle hinsichtlich der verschiedenen Verkehrsmittel anlegen. Im Modell sind dies die Autos, Fahrräder, Fußgänger und die öffentlichen Verkehrsmittel. Als nächstes müssen für alle Verkehrsmittel Kenngrößenmatrizen errechnet werden. Bei dem Individualverkehr sind dies die Reisezeiten ( $t_0$ ) je Verkehrsmittel und für die öffentlichen Verkehrsmittel die Beförderungszeiten (RIT). Zudem muss für den Pkw noch eine Fahrtweite berechnet werden. Im Modell ist dies in etwa der durchschnittliche Radius des Untersuchungsgebiets. Nach der Berechnung der Kenngrößen lassen sich Anhand der erzeugten Matrizen Rückschlüsse über die bisherige Qualität der Modelldaten ziehen. Zellen mit dem Inhalt "999.999" sind ein Indiz für Fehlerhafte Modelldaten (Siehe Abbildung 8).

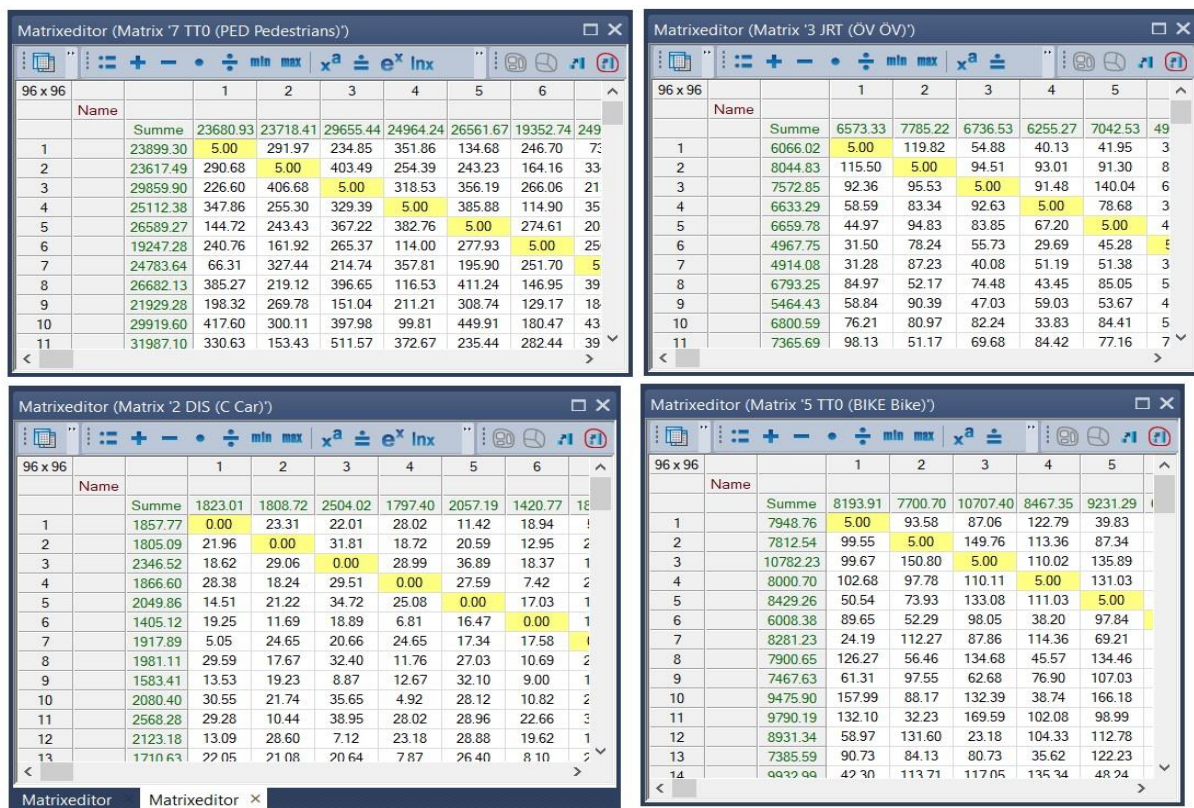


Abbildung 8 Kenngrößenmatrizen

In diesem Fall sollte eine erneute Qualitätsbewertung des Netzes durchgeführt werden.

Sofern die Kenngrößenmatrizen den Erwartungen entsprechen kann nun mit dem ersten Schritt des 4- Stufen- Modells, der Verkehrserzeugung, begonnen werden. Bei der Verkehrserzeugung wird der gesamte Quell- bzw. Zielverkehr auf die einzelnen Untersuchungsgebiete (der jeweiligen Verkehrszellen) des Netzes abgebildet. Quell- und Zielaufkommen eines Untersuchungsgebietes hängen von den bereits definierten Nachfrageschichten ab. Im vorliegenden Modell waren dies Besuche der Einwohner untereinander und die Wege vom Wohnort zur Arbeit für die Arbeitnehmer sowie die Wege vom Wohnort zur Schule für die Schüler. Für die Zielaufkommen werden jeweils die Startpunkte von Aktivitätenketten (Also der Wohnort) und für die Zielaufkommen die Reiseziele (Also andere Einwohner, der Arbeits- bzw. die Schulplätze) angenommen.

Im nächsten Schritt wird die Verkehrsverteilung generiert. Hierbei handelt es sich um die Beziehungen zwischen den einzelnen Untersuchungsgebieten des Verkehrsnetzes; also wieviel Verkehr zwischen den einzelnen Bezirken besteht. Dies hängt zum einen von der Attraktivität der Zielbezirke (Diese ist abhängig von den Zielaufkommen des jeweiligen Gebietes) sowie den Widerständen für eine mögliche Ortsveränderung um Quell- zum Zielbezirk ab (Widerstände können zum Beispiel Reisezeit oder Reisekosten sein).

Im Fokus der dritten Stufe des Modells steht die Verkehrsmittelwahl. Hier werden den einzelnen Nachfrageschichten Präferenzen hinsichtlich der gegebenen Verkehrsmittel zugewiesen. Als Orientierung wurde hier der sogenannte Modal Split herangezogen. Der Modal Split beruht auf repräsentativen Verkehrsbefragungen welche im Zuge der Studie "Mobilität in Städten" von der Universität Dresden durchgeführt worden sind. Selbige Studie gibt auch Auskunft über die durchschnittliche Wegstrecken die von Bestimmten Personengruppen zurückgelegt werden wieder. Mittels dieser Größen kann das Verkehrsmodell verifiziert beziehungsweise weiter anhand der Nutzenfunktionen der jeweiligen Verkehrsmittel kalibriert werden. Um die Anpassungen am Netz zu evaluieren bietet die Software eine Funktion zur Erstellung von Histogrammen der Verteilungsmatrizen an (Siehe Abbildung 9).

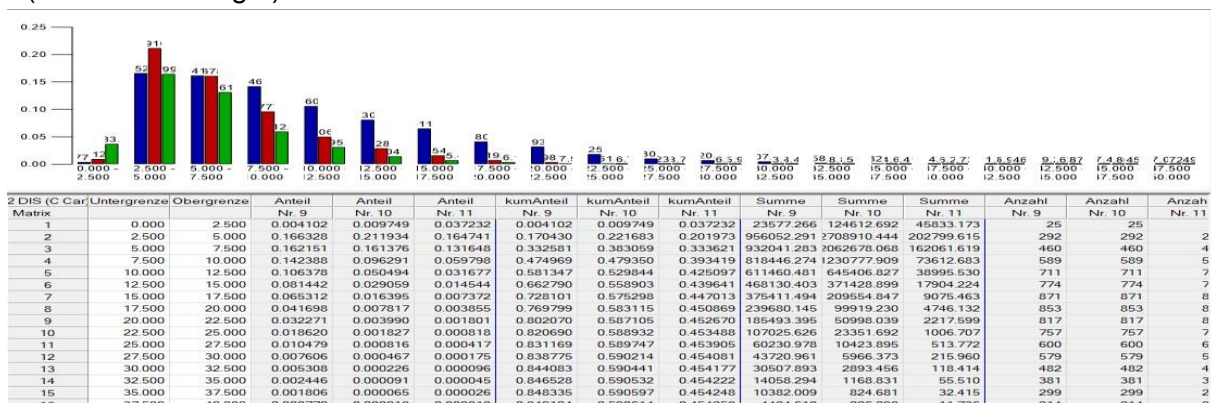


Abbildung 9 Verteilungshistogramm

Der letzte Schritt des 4 Stufen Modells liegt schließlich in der Umlegung. Hierbei wird die gewählte Route zwischen Quelle und Ziel gewählt. Entscheidende Faktoren bei der Routenwahl können zum Beispiel die Fahrzeit, die Weglänge oder die Fahrtkosten sein. Die Berechnung der Umlegung erfolgt jeweils separat für den individuellen- sowie den öffentlichen Verkehr auf Grundlage der jeweiligen Moduswahlmatrizen, welche zuvor noch den jeweiligen Nachfrageschichten zugeordnet werden müssen.

Mit der Umlegung des Individual- und öffentlichen Verkehrs sind nun zuletzt sämtliche Prozessschritte des Verfahrensablaufes gegeben (Siehe Abbildung 10) und können nun berechnet werden.

Anzahl:	Verfahren	Bezugsobjekt(e)	Variante/Datei	Kommentar
1	Gruppe Initialisierung	2 - 3		Initialisierung
2	Int. Umlegung		IV	Initialisierung IV
3	Int. Umlegung		ÖV	Initialisierung ÖV
4	Gruppe Matrizen und Kenngrößen	5 - 9		Matrizen und Kenngrößen
5	IV-Kenngrößenmatrix berechnen	BIKE Bke		
6	IV-Kenngrößenmatrix berechnen	PED Pedestrians		
7	IV-Kenngrößenmatrix berechnen	C Car		
8	ÖV-Kenngrößenmatrix berechnen	ÖV ÖV	Fahrplanfen	
9	ÖV-betriebliche Kennzahlen			
10	Gruppe Diagonalwerte setzen	11 - 14		Diagonalwerte setzen
11	Set Matrix Diagonal			JRT 5,0 ÖV
12	Set Matrix Diagonal			TTO 5,0 CAR
13	Set Matrix Diagonal			TTO 5,0 BIKE
14	Set Matrix Diagonal			TTO 5,0 PED
15	Gruppe Verkehrsdaten und Modwahl	16 - 18		Verkehrsdaten und Modwahl
16	Verkehrserzeugung	Alle M01-NSchichten		
17	Verkehrsverteilung	Alle M01-NSchichten		
18	Moduswahl	Alle M01-NSchichten		
19	Gruppe Vektoren- und Matrizenkombinat	20 - 23		Vektoren- und Matrizenkombination
20	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix([NR] = 24) := Matrix([NR] = 12) + Matrix([NR] = 16) + Matrix([NR]		Bike
21	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix([NR] = 25) := Matrix([NR] = 13) + Matrix([NR] = 17) + Matrix([NR]		Car
22	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix([NR] = 26) := Matrix([NR] = 14) + Matrix([NR] = 18) + Matrix([NR]		Ped
23	Kombination von Matrizen und Vektoren	Matrix([NR] = 27) := Matrix([NR] = 15) + Matrix([NR] = 19) + Matrix([NR]		PBT
24	Gruppe Umlegungen	25 - 26		Umlegungen
25	IV-Umlegung	BIKE Bike, C Car, PED Pedestrians	Gleichgewichts	
26	ÖV-Umlegung	ÖV ÖV	Fahrplanfen	

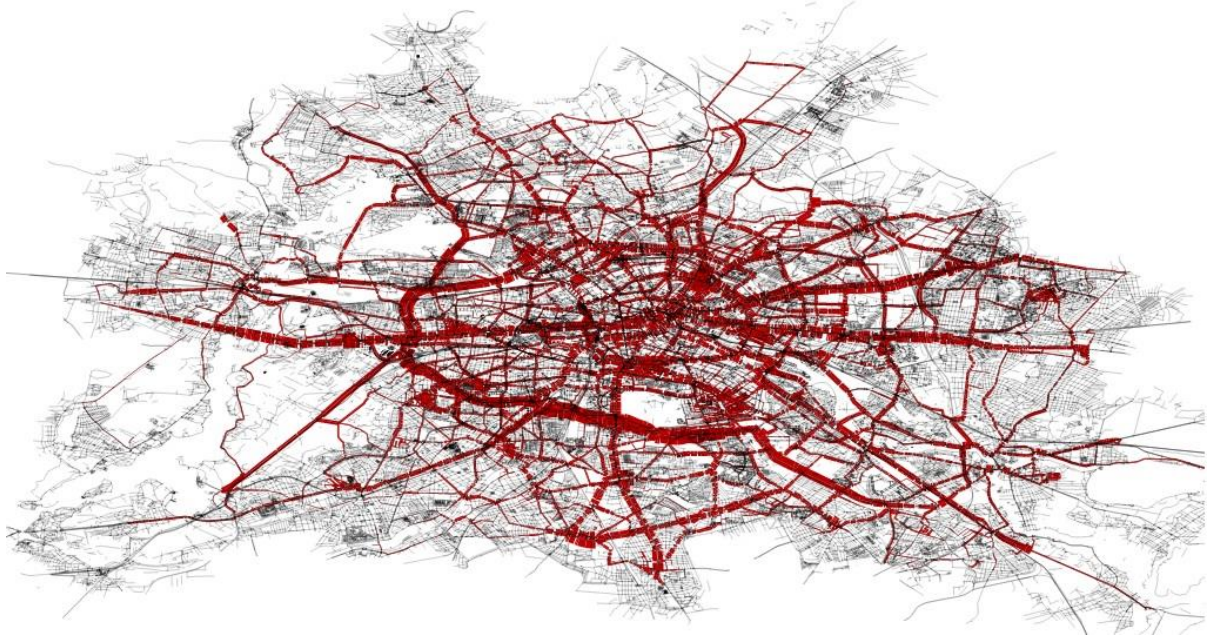
Abbildung 10 Verfahrensablauf

An dieser Stelle bietet es sich auch noch einmal an einen Blick auf relevante Strecken- und Linienkenngrößen, sowie die ÖV- Umlegungsstatistik zu werfen (Siehe Abbildung 11).

Liste (Strecken)										Liste (Linien)													
Anzahl:	Nr	VonKno/Nr	NachKno/Nr	Typ/Nr	VSysSet	Länge	KapV	vÖV	BeFzgW(API)	BePers-ÖV(API)	BePers	Anzahl:	Name	VSysCode	AnzAbfahrt	AnzServiceFahrt	AnzKopplungen(API)	vMittel	ServiceKm(API)	AnzFahrzeugeZer	AnzAnteil	PersKm(API)	
465368	1	1	1	1		0,000km	0	0km/h	0	0	0	346	BUS	BUS	0	0	0	0km/h	0,000km	0,000	0,000	0,000km	
	Min												Max										
	232504	185914	185914	99	TRAM	9,270km	99990	130km/h	743776	7000			Tram 99	TRAM	160	160	359km/h	6357,823km	0,000	29845,204km	0,000	434,549km	
	Avg	119493	85518	85518		0,065km	59960	25km/h	5377	2			Avg		52	52	180km/h	1030,108km	0,000	434,549km	0,000	434,549km	
	Sum	5428177240	3984947293	3984947293		30321,573km	27939490700	1300km/h	2566656777	885239			Sum		18004	18004	122km/h	359212,994km	0,000	50388,320km	0,000	50388,320km	
	1	1	1	22506	70	BIKE.BUS.CAR.HGV.PED	0,073km	4000	50km/h	0	0		1	BUS	BUS	0	0	0km/h	0,000km	0,000	0,000	0,000km	
	2	1	22506	1	70	BIKE.BUS.CAR.HGV.PED	0,073km	4000	50km/h	0	0		2	BUS 100	BUS	56	56	22km/h	641,029km	0,000	0,025km	0,000	0,025km
	3	2	9221	22506	70	BIKE.BUS.CAR.HGV.PED	0,091km	4000	50km/h	0	0		3	BUS 101	BUS	56	56	20km/h	1530,486km	0,000	0,512km	0,000	0,512km
	4	2	22506	9221	70	BIKE.BUS.CAR.HGV.PED	0,091km	4000	50km/h	0	0		4	BUS 104	BUS	56	56	20km/h	1816,685km	0,000	30,454km	0,000	30,454km
	5	3	9221	22276	70	BIKE.BUS.CAR.HGV.PED	0,015km	4000	50km/h	0	0		5	BUS 106	BUS	28	28	21km/h	624,377km	0,000	0,710km	0,000	0,710km
	6	3	22276	9221	70	BIKE.BUS.CAR.HGV.PED	0,015km	4000	50km/h	0	0		6	BUS 107	BUS	160	160	35km/h	2906,905km	0,000	49,503km	0,000	49,503km
	7	4	22276	22276	70	BIKE.BUS.CAR.HGV.PED	0,140km	4000	50km/h	0	0		7	BUS 108	BUS	56	56	30km/h	1212,377km	0,000	0,101km	0,000	0,101km
	8	4	22276	22276	70	BIKE.BUS.CAR.HGV.PED	0,140km	4000	50km/h	0	0		8	BUS 109	BUS	56	56	19km/h	501,401km	0,000	0,057km	0,000	0,057km
	9	5	9221	22276	70	BIKE.BUS.CAR.HGV.PED	0,055km	4000	50km/h	0	0		9	BUS 110	BUS	56	56	19km/h	725,094km	0,000	0,049km	0,000	0,049km
	10	5	22276	9217	70	BIKE.BUS.CAR.HGV.PED	0,055km	4000	50km/h	0	0		10	BUS 112	BUS	56	56	27km/h	1762,256km	0,000	11,769km	0,000	11,769km

Abbildung 11 Strecken- und Linienliste

Natürlich sind solche tabellarischen Ansichten für den Laien eher schwer nachvollziehbar. Daher sollte man ähnlich wie zuvor bei den Strukturdaten auf die in der Software implementierten GUI- Anwendungen zurückgreifen um die Daten grafisch Darzustellen (Siehe Abbildung 12).



*Abbildung 12 IV Belastung*

Folgende Grafik visualisiert die IV- Auslastung im Berliner Straßennetz. Hierbei wird die Auslastung einzelner Strecken quantitativ durch rote Balken dargestellt. Die Breite dieser Balken ist hierbei analog zur Auslastung der jeweiligen Streckenabschnitte. Beim Betrachten der Grafik fällt auf, dass die Belastung auf den Hauptverkehrsrouten, wie etwa der Stadtautobahn, größer als die auf den Nebenstraßen ist. Auf den ersten Blick scheint das 4- Stufen- Modell die Realität somit gut abzubilden. Zur weiteren Analyse ist es jedoch angebracht, auch das Verkehrsaufkommen auf den Nebenstraßen durch im Internet verfügbare Strukturdaten zu verifizieren. Denn auch hier gilt: Umso realitätsgetreuer die Umlegung des Modells ist, desto belastbarer sind die Aussagen welche mittels diesem getroffen werden können.

## **6. Entwicklung von Szenarien**

Die Motivation in der Entwicklung von Verkehrsmodellen liegt neben der Simulation des Verkehrs in der Prognose zukünftiger Zustände und deren Auswirkungen auf bestimmte Parameter des Modells. Nachdem nun ein Verkehrsnetz angelegt und mittels 4- Stufen- Modell zur Erzeugung von Verkehr mit Leben gefüllt worden ist, kann das Modell herangezogen werden um hypothetische Szenarien für den Untersuchungsraum zu entwickeln. Mögliche Szenarien können beispielsweise Preiserhöhungen im Öffentlichen Nahverkehr, Baumaßnahmen oder Bevölkerungswachstum sein.

Die voranschreitende Urbanisierung führt zu stetigen Bevölkerungswachstum der Städte. Das stellt Stadtplaner vor große entwicklungstechnische Herausforderungen. Insbesondere die Infrastrukturplanung muss hierzu bereits Jahre im Voraus möglichst korrekt antizipiert und umgesetzt werden. Verkehrsmodelle stellen hierbei ein ungemein wichtiges planerisches Instrument dar. PTV Visum bietet mit seinem Szenario- Manager ein mächtiges Werkzeug zur Erstellung von Szenarien und Möglichkeiten zum Vergleich verschiedener Szenariokombinationen. Hierzu werden auf Grundlage einer Basisversion (unser bisheriges Verkehrsmodell) verschiedene Modifikationen vorgenommen um ihre jeweiligen Auswirkungen später miteinander vergleichen zu können. Im Falle des Verkehrsmodells wurden zur Veranschaulichung zwei Modifikationen am Basismodell vorgenommen. Zum einen wurde von einem 10 prozentigen Bevölkerungswachstum bis 2030 ausgegangen. Zum anderen wurde eine Brücke von der Bundesstraße 96a in Alt Treptow über die Spree zur Köpenicker Chaussee in Lichtenberg ins Modell eingefügt. Aus diesen zwei Modifikationen am Basismodell haben wir 4 mögliche Vergleichszenarien entwickelt.

#### 1. Null-Fall:

→ Der Nullfall ist hierbei das Ausgangsmodell ohne Modifikationen.

#### 2. Berlin2030:

→ In diesem Szenario wurde die Bevölkerung stadtweit um 10% erhöht.

#### 3. Baumaßnahme:

→ In diesem Szenario wurde eine Brücke von der Bundesstraße 96a in Alt Treptow über die Spree zur Köpenicker Chaussee in Lichtenberg ins Modell eingefügt.

#### 4. Baumaßnahme & Bevölkerungswachstum:

→ In diesem Szenario sind das Bevölkerungswachstum sowie die Brücke im Modell.

Im Folgenden müssen nun die Abhängigkeiten der verschiedenen Szenarien untereinander festgelegt werden. Vor dem berechnen der Szenarien können noch Vergleichs- Attribute erstellt werden. Diese zeigen die jeweilige Ausprägung der gewählten Attribute im jeweiligen Szenario an und ermöglichen so einen schnellen Vergleich zwischen den Szenarien. Nachdem alle gewünschte Einstellungen vorgenommen wurden, müssen die Szenarien Anhand der zuvor erstellten Verfahrensparametersätze berechnet werden. So entstehen vier neue Szenarien. Diese können nun einzeln geöffnet und anhand von Tabellegegenüberstellungen miteinander verglichen werden. Unter den Grafikparametern lassen sich nun auch Attribute aus verschiedenen Szenarien miteinander vergleichen. Auf diese Weise konnte beispielsweise die durch das Bevölkerungswachstum bedingte Mehrbelastung des Streckennetzes gegenüber der Basisversion visualisiert werden indem die ursprüngliche Auslastung der

Strecken mit Balken in grüner Farbe, die zusätzliche Belastung mit Balken in roter Farbe dargestellt wird (Siehe Abbildung 13).



Abbildung 13 Verkehrsbelastungszunahme durch Bevölkerungszuwachs

Graphische Darstellungen bieten den Vorteil, dass sie schnell und intuitiv vom Betrachter aufgenommen werden können. So sieht man nicht nur auf einen Blick wo sich die Verkehrsbelastung im Vergleich erhöht hat, sondern erkennt auch Strukturen, welche beim bloßer Betrachtung von Tabellen und Listen möglicherweise nicht sofort ins Auge gestochen wären.

## 8. Fazit

Das Szenario des Bevölkerungswachstums ist ein einfaches jedoch auch äußerst praxisrelevantes Beispiel davon, welche Möglichkeiten Visum bietet. Hierauf aufbauend können weitere wesentlich komplexere Szenarien erstellt werden. Eine naheliegende Fragestellung wäre zum Beispiel, wie dem Bevölkerungswachstum infrastrukturell am besten begegnet werden kann. Sollte das Straßennetz ausgebaut oder doch lieber das öffentliche Nahverkehrssystem gestärkt werden? Solche Fragestellungen sind alles andere als trivial. Es geht hierbei nicht einzig um etwaige Investitionskosten. Fehler, die während der Verkehrsplanung gemacht werden, können im späteren Verlauf kaum noch kompensiert werden.

Um ihnen einen möglichst guten Überblick davon verschaffen zu können wie Verkehrsmodelle prinzipiell funktionieren, haben wir uns im Zuge des Projektmodells auf die Grundlagen der Verkehrsmodellierung anhand einfacher Beispiele konzentriert. Wir hoffen trotzdem ihnen

einen Eindruck davon vermittelt zu haben, welches Potential von der Entwicklung von Verkehrsmodellen ausgeht. Wir würden sie gerne dabei unterstützen, dieses Potential auch für die Stadt Berlin zu nutzen.