



Forschungsprojekt

Entwicklung und Anwendung eines Erlösmodells für die Machbarkeitsstudie Tram Harleshausen

Kurzbericht

Auftraggeber

Kasseler Verkehrs-Gesellschaft AG

Auftragnehmer:

Fachgebiet Verkehrsplanung und
Verkehrssysteme

Universität Kassel

Mönchebergstraße 7

D-34125 Kassel

Bearbeiter:

Prof. Dr.-Ing. Carsten Sommer

Dipl.-Ing. Daniel Leonhäuser

April 2020



Inhaltsverzeichnis

1	Anlass und Ziel der Untersuchung	3
2	Methodisches Vorgehen	3
3	Betrachtete Planfälle	4
4	Ergebnisse des Erlösmodells	6
	Quellenverzeichnis	9
	Anhang 1: Veränderung der Nachfrage und Erlöse für die einzelnen Planfälle	10
	Anhang 2: Veränderung der Nachfrage nach Fahrscheingruppe für die einzelnen Planfälle	11
	Anhang 3: Veränderung der Erlöse nach Fahrscheingruppe für die einzelnen Planfälle	13

1 Anlass und Ziel der Untersuchung

Im Verkehrsentwicklungsplan 2030 der Stadt Kassel wird der Bau einer Tramstrecke nach Harleshausen als sinnvolle Erweiterung des Tramnetzes in Kassel genannt. Die Stadtverordnetenversammlung hat daraufhin in ihrer Sitzung am 23. April 2018 den Magistrat aufgefordert, die KVG mit der Erarbeitung einer Machbarkeitsstudie für eine Straßenbahnlinie bzw. eine hochwertige Buslinie (BRT-System) nach Harleshausen zu beauftragen.

Die KVG hat daraufhin eine Projektgruppe gebildet, die sich mit der Machbarkeitsstudie beschäftigt. Zur Unterstützung in diesem Projekt sollte das Fachgebiet Verkehrsplanung und Verkehrssysteme ein Modell entwickeln und anwenden, mit dem die Erlöse unterschiedlicher Planfälle abgeschätzt werden können und auf verschiedene Planfälle der KVG anwenden. Im Folgenden werden das methodische Vorgehen (Kap. 2), die betrachteten Planfälle (Kap. 3) und die Ergebnisse der Erlösabschätzung für die Planfälle (Kap. 4) dargestellt.

2 Methodisches Vorgehen

Die Basis der Erlösabschätzung liefert das Verkehrsnachfragemodell der Stadt Kassel, in dem die verschiedenen möglichen Anbindungen und Linienführungsvarianten einer neuen Linie nach Harleshausen in das bereits vorhandene Netzmodell integriert wurden. Das Verkehrsnachfragemodell ermittelt die Fahrgastnachfrage (als Unternehmensbeförderungsfälle, kurz: UBF) für einen mittleren Normalwerktag in der Schulzeit für unterschiedliche Planfälle. Die Erlöse werden auf Basis der ermittelten Fahrgastnachfrage in drei aufeinander aufbauenden Schritten abgeschätzt:

1. Hochrechnungsmodell:

Aus den personengruppenspezifischen Tageswerten werden entsprechende Jahreswerte ermittelt. Dazu wurden vom Auftraggeber Daten der automatischen Fahrgastzählsysteme zur Verfügung gestellt, die in verschiedenen Fahrzeugen zum Einsatz kommen. Für das Jahr 2018 lagen somit diese Zählzeiten je Tagesart (Normalwerktag in der Schulzeit, Normalwerktag in den Schulferien, Samstag, Sonn- und Feiertag) für alle Tramlinien der KVG vor und konnten für die Bestimmung von Hochrechnungsfaktoren verwendet werden. Da zur Aufteilung der Fahrgastnachfrage nach Personengruppen keine Daten zur Verfügung standen, wurden vom Auftragnehmer Annahmen getroffen, die sich auf empirische Untersuchungen in anderen Bedienungsgebieten stützen. Diese Annahmen wurden während der Modellkalibrierung überprüft.

2. Personengruppenmodell:

Die definierten Personengruppen des Verkehrsnachfragemodells entsprechen nicht den Personengruppen im Erlösmodell. Die Personengruppen im Erlösmodell basieren i. W. auf den genutzten Fahrausweisen (Tarifgruppen), während das Verkehrsnachfragemodell

die Merkmale Erwerbstätigkeit und Pkw-Verfügbarkeit zur Kategorisierung der Personengruppen nutzt. Um die Erlöse aus den Nachfragedaten zu berechnen, ist eine Einteilung auf Basis der genutzten Fahrausweise zwingend erforderlich. Mit Hilfe eines Matrixschätzverfahrens (Fratar-Verfahren) wurde aus der personengruppenspezifischen, hochgerechneten Fahrgastnachfrage des Verkehrsnachfragemodells die tarifgruppenspezifische Nachfrage im Erlösmodell abgeleitet.

3. Erlösmodell:

Die Erlöse ergeben sich aus der im 2. Schritt ermittelten spezifischen Fahrgastnachfrage je Tarifgruppe und entsprechenden Erlösfaktoren (EUR/UBF).

Das so entwickelte Erlösmodell wurde anhand der Daten des Status quo (Bezugsjahr 2018) kalibriert. Im Status quo lagen sowohl die Ergebnisse des Verkehrsnachfragemodells, als auch Ergebnisse zu den Erlösen vor (aus der Verkaufsstatistik der KVG aus dem Jahr 2018), so dass die fehlenden Parameter der Erlösabschätzung für den Status quo geschätzt werden konnten. Zu den geschätzten Parametern zählten Aufteilungs- und Korrekturfaktoren bei der Umrechnung von Tages- auf Jahreswerte (Schritt 1) sowie Faktoren zur Umrechnung der Personengruppen des Verkehrsnachfragemodells auf die Tarifgruppen des Erlösmodells (Schritt 2).

3 Betrachtete Planfälle

Nach der Kalibrierung mit den Nachfragedaten des Status Quo wurde das Erlösmodell auf elf verschiedene Planfälle und einen Vergleichsfall als Referenz angewandt. Die Planfälle unterscheiden sich in der Linienführung und hinsichtlich der Anbindung an das bestehende Linienetz der KVG. Einen Überblick der verschiedenen Varianten gibt Abbildung 1 (siehe S. 5).

Die einzelnen Planfälle einer Straßenbahnlösung ergeben sich durch die Kombination der verschiedenen möglichen Linienäste im Innenstadtbereich bzw. Nord-Holland (über Erzbergstraße, Holländischer Platz oder Halitplatz) und im Ortsteil Harleshausen (Freibad Harleshausen, Ahnatalstraße - Kuckucksweg, Uhrtürmchen - Kuckucksweg oder Karlshafener Straße - Kuckucksweg). Zusätzlich wurden drei Planfälle mit einem neuen BRT-System betrachtet, die sich ebenfalls in der Linienführung im Innenstadtbereich bzw. Nord-Holland unterscheiden, aber in Harleshausen alle direkt über die Ahnatalstraße bis zur Rasenallee verlaufen.

Der Vergleichsfall beinhaltet das vorhandene Verkehrsangebot der KVG, mit dem Unterschied, dass die vorhandene Linie 10 an der Haltestelle „Königsplatz/Mauerstraße“ gebrochen wurde, um eine bessere Vergleichbarkeit mit den geplanten Linienverläufen der Planfälle herzustellen, die im Modell ebenfalls alle in der Innenstadt enden.

Alle betrachteten Planfälle und der Vergleichsfall beinhalten eine Prognose der Bevölkerungsentwicklung für das Jahr 2030, die durch den entsprechenden Dienstleister im Verkehrsnachfragemodell berücksichtigt wurde.

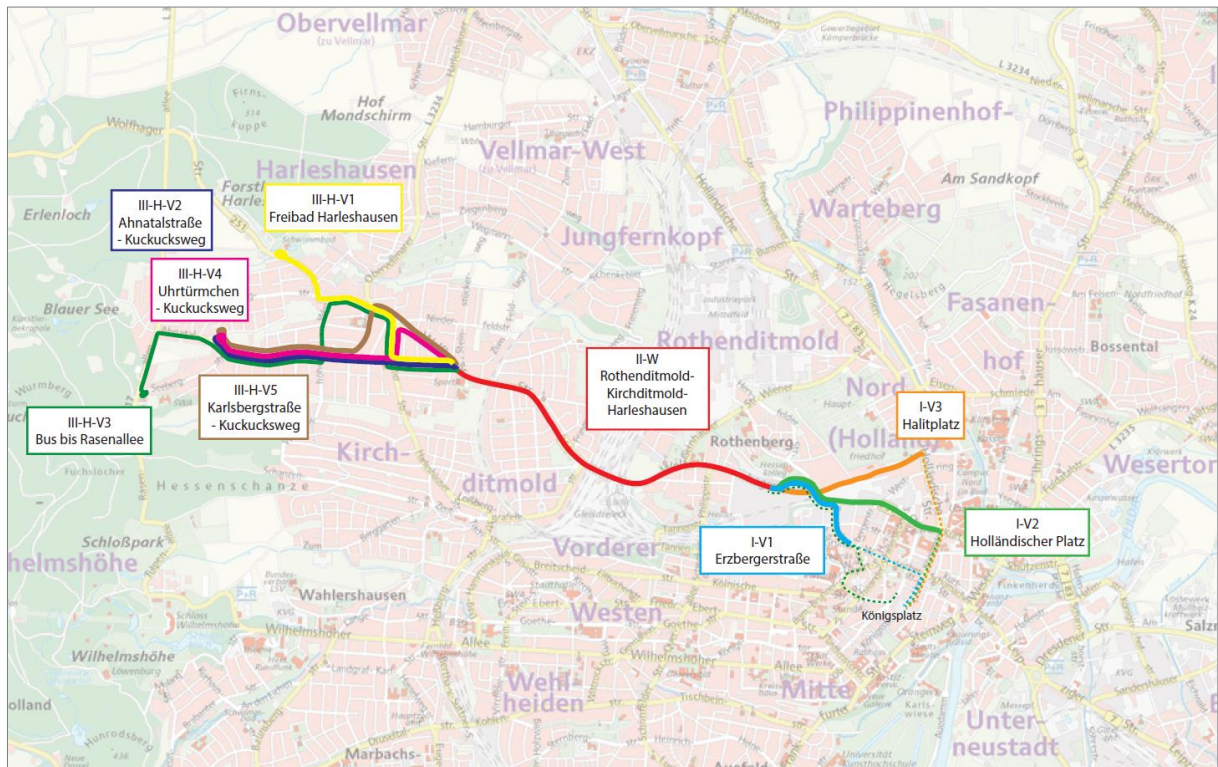


Abbildung 1: Linienvarianten [KVG (2019)]

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Planfälle, deren Erlöswirkung von der Uni Kassel berechnet wurde.

Streckennummer (Planfall)	Strecken-kennziffer	Anbindung an das Strecken-netz	über	nach	Verkehrs-mittel
1	I-V1 + II-W + III-H-V1	Erzbergerstraße	Wolfhager Straße	Freibad Harleshausen	Straßenbahn
2	I-V1 + II-W + III-H-V2	Erzbergerstraße	Wolfhager Straße / Ahnatalstraße	Kuckucksweg	Straßenbahn
5	I-V2 + II-W + III-H-V1	Holländischer Platz	Wolfhager Straße	Freibad Harleshausen	Straßenbahn
6	I-V2 + II-W + III-H-V2	Holländischer Platz	Wolfhager Straße / Ahnatalstraße	Kuckucksweg	Straßenbahn
7	I-V2 + II-W + III-H-V4	Holländischer Platz	Wolfhager Straße/Uhrtürmchen/Harlesh. Str./Ahnatalstr.	Kuckucksweg	Straßenbahn
8	I-V2 + II-W + III-H-V5	Holländischer Platz	Wolfhager Straße / Karlshafener Straße / Ahnatalstraße	Kuckucksweg	Straßenbahn
9	I-V3 + II-W + III-H-V1	Halitplatz	Wolfhager Straße	Freibad Harleshausen	Straßenbahn



Streckennummer (Planfall)	Strecken-kennziffer	Anbindung an das Strecken-netz	über	nach	Verkehrsmittel
10	I-V3 + II-W + III-H-V2	Halitplatz	Wolfhager Straße / Ahnatalstraße	Kuckucksweg	Straßenbahn
13	I-V1 + II-W + III-H-V3	Erzbergerstraße	Wolfhager Straße	Rasenallee	BRT
14	I-V2 + II-W + III-H-V3	Holländischer Platz	Wolfhager Straße	Rasenallee	BRT
15	I-V3 + II-W + III-H-V3	Halitplatz	Wolfhager Straße	Rasenallee	BRT
0	Vergleichsfall				

Tabelle 1: Betrachtete Planfälle

4 Ergebnisse des Erlösmodells

Mit Hilfe des kalibrierten Erlösmodells wurden zunächst die Fahrgastnachfrage und anschließend die Erlöse je Planfall für den Prognosehorizont ermittelt. Die Nachfrage- bzw. Erlöswirkung ergibt sich aus der Differenz der Fahrgastzahlen bzw. Erlöse zwischen dem jeweiligen Planfall und dem fiktiven Vergleichsfall, für den eine Fahrgastnachfrage von rund 48,3 Mio. UBF und ein Erlös von rund 38,4 Mio. € pro Jahr ermittelt wurden. Die berechneten Erlöse basieren auf den Erlössätzen des Jahres 2018. Die tatsächliche Höhe der Erlöse im Jahr 2030 hängt von den bis dahin umgesetzten Tarifmaßnahmen ab.

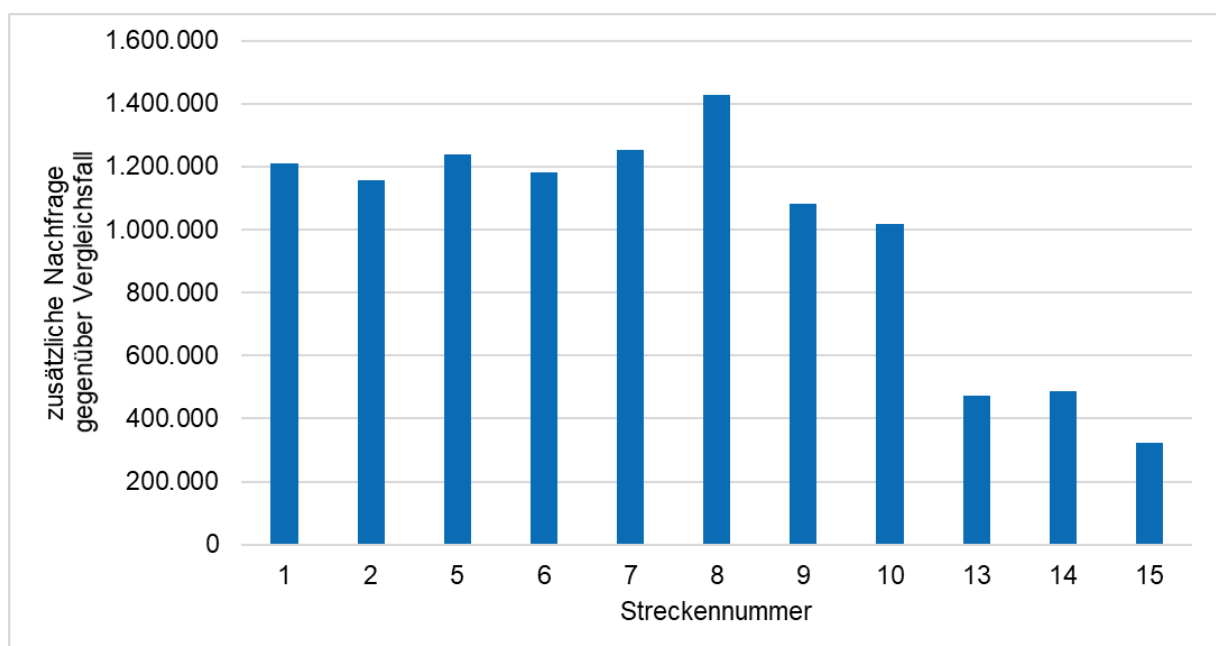


Abbildung 2: zusätzliche Nachfrage [UBF] pro Jahr der verschiedenen Planfälle

Erwartungsgemäß führt die Angebotsausweitung aller Planfälle zu einer erhöhten Nachfrage (s. Abbildung 2). Für die Planfälle mit einem BRT-System liegt diese zwischen 0,32 und 0,49 Mio. zusätzlichen UBF pro Jahr. Die Planfälle mit einer zusätzlichen Tramlinie nach Harleshausen ergeben eine zusätzliche Nachfrage von 1,0 bis 1,4 Mio. UBF pro Jahr. Am erfolgreichsten ist dabei Streckennummer 8 (Holländischer Platz – Wolfhager Straße – Karlshafener Straße – Ahnatalstraße – Kuckucksweg). Detaillierte Ergebnisse sind in Anhang 1 und 2 dargestellt.

Die zusätzlichen Erlöse, die sich durch das Nachfrageplus im Modell ergeben, sind in Abbildung 3 dargestellt. Für die BRT-Planfälle ergibt sich demnach ein zusätzlicher Erlös von 0,26 bis 0,38 Mio. € pro Jahr. Die Varianten einer neuen Tramlinie lassen zusätzliche Erlöse in Höhe von 0,8 bis 1,1 Mio € pro Jahr erwarten. Die zusätzliche Nachfrage der erfolgreichsten Variante (Streckennummer 8) verursacht etwa 3% höhere Erlöse gegenüber dem Vergleichsfall im Modell. Detaillierte Ergebnisse sind in Anhang 1 und 3 dargestellt.

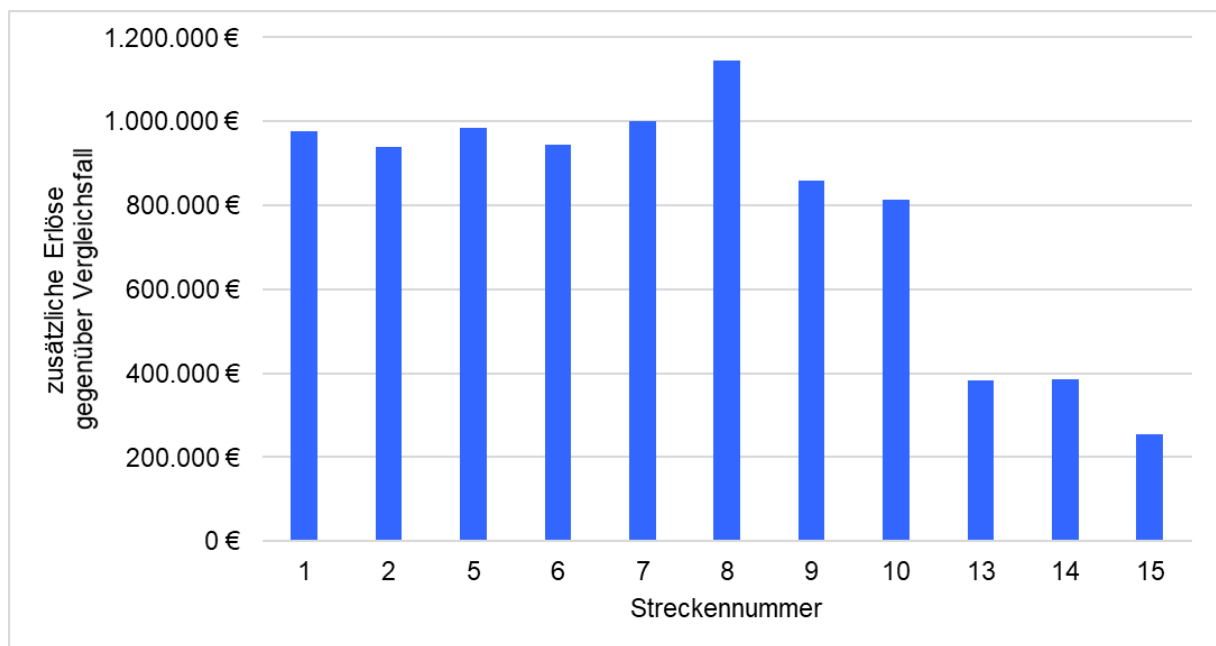


Abbildung 3: zusätzliche Erlöse pro Jahr der verschiedenen Planfälle

Insgesamt ergeben sich nur geringe Unterschiede innerhalb der Tram-Planfälle, da ein großer Teil der Streckenführung (Abschnitt II in Abbildung 1) identisch ist und die erschlossenen Bereiche in Harleshausen bei den verschiedenen Linienführungsvarianten teilweise Überdeckungen aufweisen. Die Linienführung über Karlshafener Straße und Ahnatalstraße (Abschnitt III V5) scheint tendenziell noch eine größere Erschließungswirkung auf Flächen im nördlichen Bereich zu haben als die Varianten V2 und V4 und besitzt gegenüber V1 offenbar den Vorteil der zusätzlichen Erschließung im Bereich der Ahnatalstraße. In Streckenabschnitt I bestehen im Modell nur geringe Unterschiede bezüglich der Wirkung zwischen einer Anbindung an den Haltestellen Holländischer Platz oder Erzbergerstraße. Eine Anbindung am Halitplatz hätte



demgegenüber eine geringere positive Wirkung. Dies zeigt sich sowohl für die betrachteten Tram-Planfälle als auch die drei BRT-Planfälle.

Quellenverzeichnis

ACKERMANN, T. / STAMMLER, H. (2006): Nutzerfinanzierte Tarifstrategien. – In: Der Nahverkehr 1-2/2006.

FACHGEBIET VERKEHRSPLANUNG UND VERKEHRSSYSTEME DER UNIVERSITÄT KASSEL (2012): Modellbasierte Abschätzung der Verkehrsnachfrage und Erlöse im Netz der KVG, Gutachten im Auftrag der KVG, 2012.

FACHGEBIET VERKEHRSPLANUNG UND VERKEHRSSYSTEME DER UNIVERSITÄT KASSEL (2014): Modellierung der Verkehrsnachfrage und der Erlöse im Netz der KVG – Weiterentwicklung des Modells, Gutachten im Auftrag der KVG, 2014.

GGR (Gertz Gutsche Rümenapp Stadtentwicklung und Mobilität GbR) (2020): Fahrgastnachfrage im ÖPNV in Kassel für die verschiedenen Planfälle an einem mittleren Normalwerktag in der Schulzeit.

KVG (Kasseler Verkehrs-Gesellschaft AG) (2019): Jahresbericht zu Kasseneinnahmen und verkauften Stückzahlen der KVG im Jahr 2018.

KVG (Kasseler Verkehrs-Gesellschaft AG) (2019): Quartalswerte der automatischen Fahrgastzählsysteme aller KVG-Tramlinien im Jahr 2018.

KVG (Kasseler Verkehrs-Gesellschaft AG) (2019): Informationen zu den zu betrachtenden Planfällen.

SOMMER, C. / KRICHEL, P. (2012): Wer nutzt welche Verkehrsmittel? – In: Der Nahverkehr 3/2012.

WVI (Prof. Dr. Wermuth Verkehrsforschung und Infrastrukturplanung GmbH) (o. J.): Diverse Untersuchungen zur Erlös- und Nachfragentwicklung.

WVI (Prof. Dr. Wermuth Verkehrsforschung und Infrastrukturplanung GmbH) (o. J.): Diverse Fahrgasterhebungen.



Anhang 1: Veränderung der Nachfrage und Erlöse für die einzelnen Planfälle

Streckennummer (Planfall)	Zusätzliche Nachfrage gegenüber dem Vergleichsfall [UBF]	Relative Veränderung der Nachfrage gegenüber dem Vergleichsfall	Zusätzliche Erlöse gegenüber dem Vergleichsfall	Relative Veränderung der Erlöse gegenüber dem Vergleichsfall
1	1.208.672	+2,5%	976.000 €	+2,5%
2	1.156.566	+2,4%	940.000 €	+2,5%
5	1.239.677	+2,6%	985.000 €	+2,6%
6	1.182.847	+2,5%	945.000 €	+2,5%
7	1.252.105	+2,6%	1.001.000 €	+2,6%
8	1.427.225	+3,0%	1.145.000 €	+3,0%
9	1.082.273	+2,2%	859.000 €	+2,2%
10	1.018.642	+2,1%	813.000 €	+2,1%
13	473.503	+1,0%	382.000 €	+1,0%
14	487.109	+1,0%	385.000 €	+1,0%
15	324.668	+0,7%	255.000 €	+0,7%

Tabelle 2: zusätzliche Nachfrage [UBF] und Erlöse pro Jahr der verschiedenen Planfälle

Anhang 2: Veränderung der Nachfrage nach Fahrscheingruppe für die einzelnen Planfälle

Strecke (Planfall) Fahrschein- (gruppe)	Ver- gleichsfall	Veränderung der Nachfrage (UBF) gegenüber Vergleichsfall bei Strecke ...										
		1	2	5	6	7	8	9	10	13	14	15
Jahreskarten	7.535.237	+224.313	+220.747	+218.236	+213.859	+225.733	+257.956	+193.916	+188.014	+89.594	+85.672	+59.840
Jobtickets	3.903.972	+116.566	+114.674	+114.314	+112.209	+117.214	+132.893	+99.280	+96.447	+45.435	+43.382	+28.091
Jobtickets Lan- desbedienste	2.725.077	+81.366	+80.046	+79.794	+78.325	+81.818	+92.763	+69.300	+67.323	+31.715	+30.282	+19.608
Monatskarten	3.867.496	+116.550	+114.371	+114.114	+111.648	+117.159	+133.058	+100.133	+96.992	+45.767	+43.671	+29.247
Wochenkarten	387.237	+11.670	+11.452	+11.426	+11.179	+11.731	+13.323	+10.026	+9.711	+4.582	+4.373	+2.928
JK/Schülertickets Hessen	8.034.406	+142.225	+128.818	+148.262	+133.573	+145.292	+169.461	+122.867	+107.445	+51.272	+55.134	+31.759
JK Schulvertrieb	834.976	+17.384	+15.557	+17.938	+15.949	+17.873	+20.971	+15.133	+13.079	+6.164	+6.556	+4.077
Monatskarten (Schüler)	1.359.831	+24.072	+21.803	+25.093	+22.607	+24.591	+28.681	+20.795	+18.185	+8.678	+9.331	+5.375
Wochenkarten (Schüler)	231.158	+4.092	+3.706	+4.266	+3.843	+4.180	+4.876	+3.535	+3.091	+1.475	+1.586	+914
Semestertickets	4.897.214	+93.372	+87.416	+127.954	+122.382	+125.456	+137.944	+111.816	+105.668	+41.306	+60.519	+40.538
5er-Tickets Erwachsene	683.122	+18.115	+17.535	+17.785	+17.101	+18.267	+21.028	+15.875	+15.079	+7.225	+7.047	+5.021



Strecke (Planfall) Fahrschein- (gruppe)	Ver- gleichsfall	Veränderung der Nachfrage (UBF) gegenüber Vergleichsfall bei Strecke ...										
		1	2	5	6	7	8	9	10	13	14	15
5er-Tickets U18	142.731	+3.894	+3.782	+3.801	+3.665	+3.925	+4.526	+3.429	+3.268	+1.571	+1.525	+1.119
Gruppentickets	1.057.350	+28.038	+27.141	+27.528	+26.469	+28.274	+32.547	+24.572	+23.340	+11.184	+10.908	+7.772
Multitickets	928.675	+24.626	+23.838	+24.178	+23.248	+24.833	+28.586	+21.581	+20.499	+9.823	+9.581	+6.826
Multitickets Single	792.360	+21.011	+20.339	+20.629	+19.835	+21.188	+24.390	+18.414	+17.490	+8.381	+8.174	+5.824
Kombitickets	336.016	+8.910	+8.625	+8.748	+8.412	+8.985	+10.343	+7.809	+7.417	+3.554	+3.466	+2.470
Erwachsene (Einzel)	1.308.694	+34.387	+33.266	+33.979	+32.701	+34.630	+39.619	+29.882	+28.412	+13.508	+13.169	+8.940
U18 (Einzel)	160.570	+4.219	+4.082	+4.169	+4.012	+4.249	+4.861	+3.666	+3.486	+1.657	+1.616	+1.097
Umsteiger/ Fremdnutzer	5.625.875	+127.253	+120.896	+127.668	+120.508	+128.445	+147.779	+111.232	+103.410	+49.374	+49.440	+32.827
Freifahrer	3.463.669	+106.610	+98.474	+109.794	+101.322	+108.261	+121.621	+99.012	+90.287	+41.237	+41.676	+30.395
Summe	48.275.667	+1.208.672	+1.156.566	+1.239.677	+1.182.847	+1.252.105	+1.427.225	+1.082.273	+1.018.642	+473.503	+487.109	+324.668

Tabelle 3: zusätzliche Nachfrage [UBF] pro Jahr der verschiedenen Planfälle bezüglich der betrachteten Fahrscheingruppen

Anhang 3: Veränderung der Erlöse nach Fahrscheingruppe für die einzelnen Planfälle

Strecke (Planfall) Fahrschein- (gruppe)	Ver- gleichsfall	Veränderung der Erlöse (in Tsd. €) gegenüber Vergleichsfall bei Strecke ...										
		1	2	5	6	7	8	9	10	13	14	15
Jahreskarten	7.362	+219	+216	+213	+209	+221	+252	+189	+184	+88	+84	+58
Jobtickets	3.626	+108	+107	+106	+104	+109	+123	+92	+90	+42	+40	+26
Jobtickets Lan- desbedienste	2.445	+73	+72	+72	+70	+73	+83	+62	+60	+28	+27	+18
Monatskarten	3.550	+107	+105	+105	+102	+108	+122	+92	+89	+42	+40	+27
Wochenkarten	471	+14	+14	+14	+14	+14	+16	+12	+12	+6	+5	+4€
JK/Schülertickets Hessen	7.267	+129	+117	+134	+121	+131	+153	+111	+97	+46	+50	+29
JK Schulvertrieb	1.312	+27	+24	+28	+25	+28	+33	+24	+21	+10	+10	+6
Monatskarten (Schüler)	1.000	+18	+16	+18	+17	+18	+21	+15	+13	+6	+7	+4
Wochenkarten (Schüler)	204	+4	+3	+4	+3	+4	+4	+3	+3	+1	+1	+1
Semestertickets	2.483	+47	+44	+65	+62	+64	+70	+57	+54	+21	+31	+21
5er-Tickets Erwachsene	1.672	+44	+43	+44	+42	+45	+51	+39€	+37	+18	+17	+12



Strecke (Planfall) Fahrschein- (gruppe)	Ver- gleichsfall	Veränderung der Erlöse (in Tsd. €) gegenüber Vergleichsfall bei Strecke ...										
		1	2	5	6	7	8	9	10	13	14	15
5er-Tickets U18	189	+5	+5	+5	+5	+5	+6	+5	+4	+2	+2	+1
Gruppentickets	568	+15	+15	+15	+14	+15	+17	+13	+13	+6	+6	+4
Multitickets	1.185	+31	+30	+31	+30	+32	+36	+28	+26	+13	+12	+9
Multitickets Single	1.375	+36	+35	+36	+34	+37	+42	+32	+30	+15	+14	+10
Kombitickets	358	+9	+9	+9	+9	+10	+11	+8	+8	+4	+4	+3
Erwachsene (Einzel)	3.074	+81	+78	+80	+77	+81	+93	+70	+67	+32	+31	+21
U18 (Einzel)	275	+7	+7	+7	+7	+7	+8	+6	+6	+3	+3	+2
Summe	38.416	+976	+940	+985	+945	+1.001	+1.145	+859	+813	+382	+385	+255

Tabelle 4: zusätzliche Erlöse pro Jahr (in Tsd. €) der verschiedenen Planfälle bezüglich der betrachteten Fahrscheingruppen