

Diploma Thesis

History of the alignment and geometric Road Design on rural roads – comparison, development and change of parameters of RVS 03.03.20 "Geometric Road Design"

Submitted in satisfaction of the requirements for the degree of
Diplom-Ingenieur / Diplom-Ingenieurin
of the TU Wien, Faculty of Civil Engineering

DIPLOMARBEIT

Historie der Linienführung und Trassierung auf Freilandstraßen – Abgleich, Entwicklung und Veränderung der Parameter der RVS 03.03.20 "Trassierung"

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines / einer
Diplom-Ingenieurs/ Diplom-Ingenieurin
eingereicht an der Technischen Universität Wien, Fakultät für Bauingenieurwesen

von

Andreas Regner, BSc

Matr.Nr.: 00701922

unter der Anleitung von

Em. O. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Hermann Knoflacher

Institut für Verkehrswissenschaften
Forschungsbereich Verkehrsplanung und Verkehrstechnik
Technische Universität Wien,
Karlsplatz 13/230-1, A-1040 Wien

Wien, im März 2022

Vorwort

Die vorliegende Diplomarbeit wurde am Institut für Verkehrswissenschaften, Verkehrsplanung und Verkehrstechnik, an der TU Wien verfasst. An dieser Stelle möchte ich mich bei allen jenen bedanken, die mich während des gesamten Studiums und der Erstellung der Diplomarbeit unterstützt haben.

Meinen Dank möchte ich Herrn Prof. Knoflacher aussprechen, der mir das Thema der Diplomarbeit ermöglicht und mich an das wissenschaftliche Arbeiten herangeführt hat. Zudem gilt mein Dank Herrn Prof. Berger, Herrn Dr. Breyer, Herrn DI Car und Herrn DI Hofbauer, die mir Auskünfte und relevante Literatur zum Thema zur Verfügung gestellt haben.

Ein großer Dank geht auch an meine Studienkolleginnen und -kollegen. Zusammen haben wir für zahlreiche Prüfungen gelernt, haben uns gegenseitig motiviert und sind so Schritt für Schritt dem Abschluss näher gerückt. So manches Gebirge ist dadurch zu einem überwindbaren Stein geworden.

Der allergrößte Dank gebührt meiner Familie, die bis zum Schluss an mich geglaubt hat. Vor allem meinen Eltern, Mag. Sofie Regner und DI Gerhard Regner, und ganz besonders meiner Frau Mary Grace Andres-Regner, die mich unermüdlich motiviert hat. Und zum Schluss sind noch meine zwei Kinder, Valerie und Benjamin, dazugestoßen, die mich auf den letzten Metern angefeuert haben.

Kurzfassung

Unter der Trassierung versteht man das Planen der Linienführung eines Straßenabschnittes durch das Gelände, unter der Beachtung trassierungsrelevanter Parameter. Dabei sind die gewählten Parameter in der Lage und der Höhe aufeinander abzustimmen. Die Trasse soll sich wirtschaftlich an das Gelände und die Umwelt einfügen.

Trassierung ist notwendig, seit die Menschheit sich von einem Ort zum anderen fortbewegt und Waren transportiert. ob früher mit Pferden und Kutschen oder heute mit Kraftfahrzeugen. Schon die Römer haben die Wichtigkeit eines guten Straßennetzes erkannt. Eine gut abgestimmte Trassierung sorgt für Verkehrssicherheit und Leistungsfähigkeit, ist dabei aber nicht überdimensioniert.

Seit 1950 wird der Stand der Technik in den Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen (RVS) niedergeschrieben, herausgegeben von der Forschungsgesellschaft Straße – Schiene - Verkehr (FSV). Im Kapitel 03 „Straßenplanung“, Unterkapitel 03.03 „Freilandstraßen“, gibt es das Detailkapitel 03.03.20 „Trassierung“, das sich mit räumlicher Linienführung und Trassierung befasst, sowie das Detailkapitel 03.03.30 „Querschnitte“, das die Elemente der Straßenquerschnitte behandelt. Dort sind die Spielregeln, Parameter und Grenzwerte für die Planung einer Trasse definiert.

Da sich Wissenschaft weiterentwickelt, haben sich auch Erkenntnisse und Parameter in der RVS verändert. In Arbeitsausschusssitzungen werden die Richtlinien be- und überarbeitet. In einem Arbeitsausschuss ist aber nicht nur die Wissenschaft, sondern auch Behörden und die Privatwirtschaft vertreten. Und nicht immer wird das umgesetzt, was wissenschaftlich belegbar ist. Hier ist es wichtig auf Transparenz zu setzen. Deshalb durchlaufen RVS bis zur Veröffentlichung mehrere Stufen. Von der Begutachtung über den Fachbeirat, bis zur Freigabe durch den Vorstand. Doch Diskussionen vergangener Überarbeitungen sind kaum auffindbar und so geht die Nachvollziehbarkeit verloren.

Die veröffentlichten RVS, die sich mit dem Thema Trassierung auf Freilandstraßen befassen, sind in dieser Arbeit zusammengefasst. So soll die Veränderung und Weiterentwicklung diverser Trassierungsparameter sichtbar gemacht werden.

Abstract

Geometric road design is the planning of the line of a road section through the terrain, taking into account the relevant parameters for the geometric road design. The selected parameters have to be coordinated with each other in terms of position and height. The route should fit economically into the terrain and the environment.

Geometric road design has been necessary since mankind has been moving from one place to another and transporting goods. Whether in the past with horses and carriages or today with motor vehicles. Even the Romans recognized the importance of a good road network. A well-coordinated route ensures traffic safety and efficiency, but should not be oversized.

Since 1950, the state of the art has been written down in the Guidelines and Regulations for Planning, Construction and Maintenance of Roads (RVS), published by the Austrian Research Association for Roads, Railways and Transport (FSV). In chapter 03 "Road Planning", subchapter 03.03 "Rural Roads", is the detailed chapter 03.03.20 "Geometric Road Design" that deals with spatial alignment and Geometric Road Design, as well as the detailed chapter 03.03.30 "Cross sections" that deals with the elements of the road cross sections. The rules, parameters and limit values for planning a road are defined there.

As science has evolved, so have parameters in the RVS changed. The guidelines are processed and revised in working committee meetings. Not only science is represented in a working committee, but also authorities and the private sector. And what is scientifically proven is not always implemented. Here it is important to rely on transparency. That's why RVS goes through several stages before publication. From the appraisal by the advisory board to approval by the board of directors. But discussions of past revisions can hardly be found and traceability is lost.

The published RVS, dealing with the topic of routing on open roads, are summarized in this thesis. In this way, the change and further development of various route parameters should be made visible.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
1.1	Aufgabenstellung	1
1.2	Zielsetzung und Fragestellung.....	1
1.3	Aufbau der Arbeit.....	1
1.4	Methodik.....	2
2	Begriffsbestimmungen	3
3	Richtlinienerstellung.....	8
3.1	Definitionen	8
3.2	Einleitung	8
3.3	Vorstellung FSV	8
3.4	RVS – Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen.....	9
3.4.1	Aufbau der RVS.....	9
3.4.2	Die Entstehung einer RVS.....	10
3.4.2.1	Idee.....	10
3.4.2.2	Erarbeitung.....	11
3.4.2.3	Begutachtung	11
3.4.2.4	Veröffentlichung.....	11
4	Verkehrsablauf auf Straßen	13
4.1	Leistungsfähigkeit im Straßenverkehr	13
4.2	Verkehrsablauf, Verfahren für zwei streifige Freilandstraßen nach RVS 03.01.11	16
4.2.1	Leistungsfähigkeit.....	17
4.2.2	Grundgeschwindigkeit V_G	18
4.2.3	kritische Geschwindigkeit V_{kr}	18
4.2.4	PKW-Geschwindigkeit	19
4.2.5	Einflussfaktoren auf die Verkehrsgeschwindigkeit	19
4.2.6	Beurteilung des Verkehrsablaufes.....	20
4.3	Kategorisierung und Anforderungsprofil von Straßen nach RVS 03.01.13	20
4.3.1	Kategorisierung nach Verbindungsart.....	20
4.3.2	Kategorisierung nach Erreichbarkeitsstandards.....	22
5	Fahrdynamik.....	23
5.1	Einleitung	23
5.2	Fahrwiderstände	23
5.2.1	Rollwiderstand.....	24
5.2.2	Steigungswiderstand	24
5.2.3	Luftwiderstand	25

5.2.4	Beschleunigungswiderstand.....	25
5.2.5	Kurvenwiderstand - Vorspurwiderstand	25
5.2.6	Antriebskräfte.....	26
5.3	Kraftübertragung zwischen Reifen und Fahrbahn	26
5.3.1	Antriebsschlupf (Beschleunigen).....	27
5.3.2	Rollen.....	28
5.3.3	Bremsschlupf (Bremsen)	28
5.4	Bremsvorgang, Verzögerung – Bremsen.....	29
5.4.1	Anhalteweg.....	30
5.5	Grundgleichung der Bogenfahrt	31
5.5.1	Schleudern in der Kurve	31
5.5.2	Kippen in der Kurve	32
6	Trassierung.....	33
6.1	Entwurfs und Projektierungsgeschwindigkeit.....	34
6.1.1	Entwurfsgeschwindigkeit V_E	35
6.1.2	Projektierungsgeschwindigkeit V_P	35
6.2	Parameter der Lage.....	36
6.2.1	Übergangsbogen	36
6.2.2	Kreisbogen.....	36
6.2.3	Gerade	37
6.3	Parameter der Höhe	37
6.3.1	Bezugslinie.....	37
6.3.2	Straßenlängsneigung.....	37
6.3.3	Kuppen und Wannens.....	38
6.4	Parameter im Querschnitt	38
6.4.1	Anrampung und Verwindung	38
6.4.1.1	Die Gratverwindung (Sonderfall).....	40
6.4.2	Fahrflächenverbreiterung im Bogen	41
6.5	Sichtweite.....	43
6.5.1	Erforderliche Sichtweite	44
6.5.2	Überholsichtweite	45
7	Räumliche Linienführung.....	46
7.1	Perspektivische Darstellung	46
7.1.1	Kurze Gerade zwischen zwei gleichgesinnten Kreisbögen.....	48
7.1.2	Abfolge von Kreisradien	48

7.1.3	Richtungsänderung.....	49
7.1.4	Wannen und Kuppen.....	49
7.1.5	Abstimmung der Elemente aufeinander	50
7.1.5.1	Tauchen und Springen.....	51
7.1.5.2	Flattern.....	52
7.2	Linienführung durch Bepflanzung.....	53
7.2.1	Kurvenaußenseite.....	53
7.2.2	Optische Breite.....	54
7.2.3	T-Knoten.....	54
7.3	Bepflanzung an Straßen und deren Auswirkung.....	55
8	Veränderung bzw. Entwicklung der Trassierungsparameter in der RVS	56
8.1	Erarbeitung und Neuerungen der RVS 1981.....	56
8.1.1	Geschichte RVS „Trassierung“	56
8.1.2	Allgemeine Grundsätze	56
8.1.3	Entwurfs- und Projektierungsgeschwindigkeit.....	56
8.1.4	Entwurfselemente der Lage	59
8.1.4.1	Gerade.....	60
8.1.4.2	Kreisbogen.....	60
8.1.4.3	Übergangsbogen	60
8.1.5	Entwurfselemente der Höhe	61
8.1.5.1	Straßenlängsneigung.....	61
8.1.5.2	Kuppen und Wannen.....	63
8.1.6	Entwurfselemente des Querschnittes.....	65
8.1.6.1	Querneigung.....	65
8.1.6.2	Querneigung zur Kurvenaußenseite.....	69
8.1.6.3	Anrampung und Verwindung	69
8.1.6.4	Fahrbahnverbreiterung im Bogen	72
8.1.7	Entwurfselemente der Sicht.....	73
8.1.7.1	Ermittlung des Sichttraumes	73
8.1.7.2	Anhaltesichtweite.....	73
8.1.7.3	Begegnungssichtweite.....	76
8.1.7.4	Überholsichtweite	76
8.1.8	Erkenntnisse der RVS 03.03.23 Ausgabe 1981.....	76
8.2	Erarbeitung und Neuerungen der RVS 2014.....	77
8.3	Entwicklung von 1981 bis heute	80
8.3.1	Mindestradien	80

8.3.2	Klotdoidenlänge	81
8.3.3	Straßenlängsneigung	84
8.3.4	Kuppen und Wannensradien	85
8.3.4.1	Kuppenradien	85
8.3.4.2	Wannensradien	85
8.3.5	Querneigung	86
8.3.6	Querneigung nach außen	87
8.3.7	Querneigung außerhalb	88
8.3.8	Schrägneigung	88
8.3.9	Anrampung	89
9	Der mühsame Weg wissenschaftlicher Erkenntnisse zum etablierten Stand der Technik	90
9.1	Der Weg der Trassierung zur Wissenschaft	90
9.2	Richtlinien sind technisch, mit kaum Bezug zum Menschen	92
10	Erkenntnisse und Schwierigkeiten der Dokumentation	93
11	Literaturverzeichnis	95
12	Abbildungsverzeichnis	97
13	Tabellenverzeichnis	99

1 Einleitung

1.1 Aufgabenstellung

Die österreichische Forschungsgesellschaft Straße – Schiene – Verkehr (FSV) wurde 1950 unter der Bezeichnung „Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen“ gegründet. Seitdem dient Sie als Plattform für Experten, die sich mit Planung, Bau, Erhaltung, Betrieb und Nutzung von Verkehrsinfrastruktur beschäftigen. Dabei wird in zahlreichen Arbeitsausschüssen der Stand der Technik in Form von Richtlinien für das Straßenwesen (RVS) ausgearbeitet und überarbeitet. Dadurch haben sich über die Jahre in den aufgrund neuer Erkenntnisse und politischer Entscheidungen und durch Weiterentwicklung, diverse Parameter in den Richtlinien verändert. In neu veröffentlichten Richtlinien wird jedoch nicht explizit auf diverse Veränderungen eingegangen. Ist eine Richtlinie veröffentlicht, gelten die dort festgeschriebenen Parameter als Stand der Technik.

1.2 Zielsetzung und Fragestellung

In der Arbeit galt es herauszufinden welche Trassierungsparameter sich warum in den RVS, zum Zeitpunkt der Bearbeitung enthalten im Kapitel „Straßenplanung“, im Zuge von Überarbeitungen verändert haben. Jede Veränderung bringt auch eine Änderung im Systemverhalten, ob durch neue Erkenntnisse oder politischen Willen.

- Wie hat sich die Richtlinienerstellung der RVS, bezogen auf Veränderung von Parametern, über die Jahre entwickelt?
- Wird die Notwendigkeit der Erstellung oder Überarbeitung einer RVS ausreichend und unabhängig begründet und wird auf etwaige Nachteile eingegangen?
- Welche Trassierungsparameter im RVS Kapitel „Straßenplanung“ haben sich verändert?
- Warum haben sich diese Parameter geändert?
- Haben sich durch eine Überarbeitung die gewünschten Effekte im Systemverhalten bemerkbar gemacht?
- Welche unerwünschten Nebeneffekte sind aufgetreten?

1.3 Aufbau der Arbeit

Die Diplomarbeit wurde in mehrere Teile gegliedert und baut sich wie folgt auf.

- Kapitel 2: Auflistung der wichtigsten Begriffsbestimmungen.
- Kapitel 3: Es wird erläutert was Richtlinien sind, wie diese erstellt werden und welche Prozesse dabei durchlaufen werden.
- Kapitel 4: Behandelt, wie die Leistungsfähigkeit von Verkehrswegen bestimmt wird.
- Kapitel 5: Befasst sich mit der Fahrdynamik, sprich den einwirkenden Kräften.
- Kapitel 6: Erklärung welche Trassierungselemente es gibt und welche Funktion die einzelnen Elemente haben.
- Kapitel 7: Beschreibt die räumliche Linienführung, die überprüft, ob die Trassierungselemente in Lage und Höhe auch optisch für die Verkehrsteilnehmer gut abgestimmt sind.
- Kapitel 8: Die Entstehung der RVS 03.03.23 (1981) und die historische Veränderung der einzelnen Parameter in den Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen bis heute wird dargestellt und erläutert.
- Kapitel 9: Der oft schwierige Weg wissenschaftlich belegter Daten zum Stand der Technik wird beleuchtet.

- Kapitel 10: Die Erkenntnisse und Schwierigkeiten der historischen Aufarbeitung der Trassierungsparameter werden zusammengefasst.

1.4 Methodik

Die Diplomarbeit befasst sich hauptsächlich mit Literaturrecherche. Relevante Stellen werden aufgegriffen und zusammengefasst, um einen Überblick zum Thema Trassierung zu bieten.

Folgende Methoden wurden angewandt, um die Problemstellungen zu behandeln.

Vom derzeitigen Stand, erstes Quartal 2021, werden RVS, die sich mit dem Kapitel Trassierung befassen, zurückverfolgt und veränderte, überarbeitete bzw. eventuell ergänzte Parameter herausgearbeitet. Somit lässt sich die Historie der Parameter und die Weiterentwicklung der Trassierung seit der ersten dafür veröffentlichten Richtlinie darstellen.

- Die veränderten Parameter werden durch intensive Recherche der RVS und alter Studienblätter aufgeschlüsselt.
- Mit Hilfe auffindbarer Motivenberichten, sofern diese zur Verfügung standen, wird auf die Notwendigkeit der Überarbeitung einzelner Parameter geschlossen.
- Durch Befragung von einzelnen Vertretern relevanter Arbeitsausschüsse ist versucht worden die Veränderungen zu rekonstruieren.
- Weiters ist, soweit wie möglich, in Sitzungsprotokolle der betreffenden Arbeitsausschüsse Einsicht genommen worden.

2 Begriffsbestimmungen

Anrampungsneigung Δs [%]

Differenz zwischen der Längsneigung s der Bezugslinie und der Längsneigung des Fahrflächenrands.

(RVS 03.03.23 Ausgabe 2014)

Auslastungsgrad

Verhältnis der Verkehrsstärke zur Leistungsfähigkeit. Der Auslastungsgrad während der Bemessungsstunde dient als ergänzendes Beurteilungskriterium.

(RVS 03.01.13 Ausgabe 2012)

Ballungsraum

Im Sinne dieser RVS ein dicht besiedeltes Gebiet, das Straßenabschnitte mit hoher Verkehrsdichte und hoher Anschlussstellendichte enthält. Diese sind weiters durch einen hohen Anteil von Lenkern, die die Straße häufig befahren, gekennzeichnet.

(RVS 03.01.11 Ausgabe 2012)

Bankett

IdR das äußerste Querschnittselement der Straßenkrone.

(RVS 03.03.31 Ausgabe 2018)

Bankett, erhöhtes

Bankett, das gegenüber einer Fahrbahn mit Bordsteinen als Randeinfassung erhöht ist.

(RVS 03.03.31 Ausgabe 2018)

Bemessungsstunde x

Anzahl der Stunden in einem Jahr, an denen die stündliche Verkehrsstärke einen bestimmten Wert überschreitet. Sie wird von der zuständigen Straßenverwaltung festgelegt und bestimmt über die Dauerlinie der stündlichen Verkehrsstärken während eines Jahres die Bemessungsverkehrsstärke.

(RVS 03.01.11 Ausgabe 2012)

Bemessungsverkehrsstärke Q_{Bem}

Verkehrsstärke während der Bemessungsstunde [Kfz/h]. Die Verkehrsverhältnisse während der Bemessungsstunde dienen als Grundlage für die Beurteilung des Verkehrsablaufs.

(RVS 03.01.11 Ausgabe 2012)

Bezugslinie

Jene in der Fahrbahnebene liegende Linie, auf die sich die Angaben der Höhe beziehen und um welche die Verwindung der Fahrbahn erfolgt.

(RVS 03.03.23 Ausgabe 2014)

Eilinie

Zwei gleichsinnig gekrümmte, aufeinander folgende Kreisbögen mit einem dazwischen liegenden Klotoidenabschnitt.

(RVS 03.03.23 Ausgabe 2014)

Entwurfeingangsgeschwindigkeit V_E [km/h]

Jene Geschwindigkeit, für welche die Linienführung eines längeren Straßenabschnitts zumindest auszulegen ist.

(RVS 03.03.23 Ausgabe 2014)

Fahrbahn

Teil der Straßenkrone, welcher die Fahrfläche, die befestigten Seitenstreifen und ggf. den Trennstreifen umfasst.

(RVS 03.03.31 Ausgabe 2018)

Fahrfläche

Für den fließenden Verkehr bestimmter Teil der Fahrbahn. Sie umfasst die Fahrstreifen und ggf. Radfahrstreifen.

(RVS 03.03.31 Ausgabe 2018)

Fahrstreifen

Teil der Fahrfläche, dessen Breite für die Fortbewegung einer Reihe mehrspuriger Fahrzeuge ausreicht.

(RVS 03.03.31 Ausgabe 2018)

Freilandstraße

Straße außerhalb von durch die Hinweiszeichen „Ortstafel“ (§ 53 Z. 17a StVO) und „Ortsende“ (§ 53 Z. 17b StVO) gekennzeichneten Ortsgebieten.

(RVS 03.03.23 Ausgabe 2014)

Freilandstraße

Straße außerhalb von Ortsgebieten gemäß StVO.

(RVS 03.03.31 Ausgabe 2018)

Geh- und Radweg

Für den Fußgänger- und Fahrradverkehr bestimmter und als solcher gekennzeichnete Weg (§ 2 Abs. 1 Z11a StVO).

(RVS 03.02.12 Ausgabe 2015)

Gehsteig

Für den Fußgängerverkehr bestimmter, von der Fahrbahn durch Randsteine, Bodenmarkierungen oder dgl. abgegrenzter Teil der Straße (§ 2 Abs. 1 Z10 StVO).

(RVS 03.02.12 Ausgabe 2015)

Gehweg

Für den Fußgängerverkehr bestimmter und als solcher gekennzeichnete Weg (§ 2 Abs. 1 Z11 StVO).

(RVS 03.02.12 Ausgabe 2015)

Grundgeschwindigkeit V_G

Mittlere Geschwindigkeit der PKW bei sehr geringer Verkehrsstärke [km/h].

(RVS 03.01.11 Ausgabe 2012)

Grünstreifen

IdR bepflanztes Querschnittselement zur Abgrenzung von Querschnittselementen von der Fahrbahn oder von Querschnittselementen neben der Fahrbahn voneinander.

(RVS 03.03.31 Ausgabe 2018)

Klotoide

Trassierungselement der Lage mit linear veränderlicher Krümmung, welches als Übergangsbogen zwischen Gerade und Kreisbogen oder zwischen Kreisbögen eingesetzt wird.

(RVS 03.03.23 Ausgabe 2014)

Kritische Geschwindigkeit V_{kr}

Jene Geschwindigkeit, die beim Erreichen der Leistungsfähigkeit auftritt [km/h].
(RVS 03.01.11 Ausgabe 2012)

Kurvigkeit k_u

Summe der Winkeländerungen der Bezugslinie einer Straße im betrachteten Abschnitt geteilt durch dessen Länge [gon/km].
(RVS 03.01.11 Ausgabe 2012)

Landstraße

Freilandstraße, die keine Bundesstraße A oder S ist und weder ländliche Straße noch Güterweg.
(RVS 03.03.23 Ausgabe 2014)

Längsneigung s [%]

Neigung der Bezugslinie.
(RVS 03.03.23 Ausgabe 2014)

Leistungsfähigkeit L

Maximale Verkehrsstärke, die in einem Straßenabschnitt bewältigt werden kann [Kfz/h]. Die Leistungsfähigkeit variiert in der Realität je nach Fahrverhalten der Verkehrsteilnehmer. Die in dieser RVS verwendete Leistungsfähigkeit ist ein mittlerer zu erwartender Wert.
(RVS 03.01.11 Ausgabe 2012)

Linienführung (Straße)

Durch die Straßenachse in der Lage und durch die Bezugslinie in der Höhe festgeschriebener Verlauf einer Straße.
(RVS 03.03.23 Ausgabe 2014)

Mittelstreifen

Querschnittselement zur Trennung von Richtungsfahrbahnen.
(RVS 03.03.31 Ausgabe 2018)

Nebenfahrbahn

Neben einer (Haupt-)Fahrbahn verlaufende, von dieser jedoch getrennte Fahrbahn innerhalb der Straßenkrone. Sie ist für die Benützung durch Kfz ausgelegt.
(RVS 03.03.31 Ausgabe 2018)

Pannestreifen (vormals Abstellstreifen)

Befestigter Seitenstreifen rechts neben der Fahrfläche, der grundsätzlich zum vorübergehenden Abstellen nicht fahrbereiter Kfz und zur Benützung durch Einsatz-, Betreuungs- und Erhaltungsfahrzeuge vorgesehen ist.
(RVS 03.03.31 Ausgabe 2018)

Parkstreifen

Befestigter Seitenstreifen, der für das Abstellen von Fahrzeugen vorgesehen ist.
(RVS 03.03.31 Ausgabe 2018)

Radfahrstreifen

Für den Fahrradverkehr bestimmter und besonders gekennzeichnete Teil der Fahrbahn, wobei der Verlauf durch wiederholte Markierung mit Fahrradsymbolen und das Ende durch die Schriftzeichenmarkierung „Ende“ angezeigt wird (§ 2 Abs. 1 Z 7 StVO).
(RVS 03.02.13 Ausgabe 2014)

Projektierungsgeschwindigkeit V_p [km/h]

Jene Geschwindigkeit, die sich als Planungsgröße in Abhängigkeit von Kreisbogenradius und Geradenlänge sowie der zulässigen bzw. erlaubten Höchstgeschwindigkeit ergibt.

(RVS 03.03.23 Ausgabe 2014)

Querneigung q [%]

Neigung einer Oberfläche senkrecht zur Bezugslinie.

(RVS 03.03.23 Ausgabe 2014)

Radweg

Für den Verkehr mit Fahrrädern bestimmter und als solcher gekennzeichnete Weg (§ 2 Abs. 1 Z 8 StVO). Dieser kann ohne oder mit Benützungspflicht verordnet werden (§ 68 Abs. 1a StVO).

(RVS 03.02.13 Ausgabe 2014)

Randbalken

IdR das äußerste Querschnittselement auf Kunstbauten.

(RVS 03.03.31 Ausgabe 2018)

Randstreifen

Befestigter Seitenstreifen, der kein Pannen- oder Parkstreifen ist.

(RVS 03.03.31 Ausgabe 2018)

Schrägneigung p [%]

Die aus der Längsneigung und Querneigung resultierende Neigung der Falllinie.

(RVS 03.03.23 Ausgabe 2014)

Straßenachse (Zentralachse / rechnerische Achse) Jene Achse, auf welche sich Angaben der Lage, wie Stationierung, Kreisbogenradien, Klotoidenlängen u.dgl. beziehen.

(RVS 03.03.23 Ausgabe 2014)

Schrammbord

IdR das äußerste Querschnittselement entlang von Mauern u.dgl.

(RVS 03.03.31 Ausgabe 2018)

Seitenstreifen, befestigter

Äußerster Teil der Fahrbahn, der durch eine Rand- oder Begrenzungslinie von der Fahrfläche abgegrenzt ist.

(RVS 03.03.31 Ausgabe 2018)

Straßenkrone

Summe aller Querschnittselemente eines Querschnitts.

(RVS 03.03.31 Ausgabe 2018)

Trassierung (Straße)

Entwerfen der Linienführung einer Straße bzw. eines Straßenabschnitts unter Berücksichtigung der erforderlichen trassierungsrelevanten Elemente des Querschnitts.

(RVS 03.03.23 Ausgabe 2014)

Trennstreifen

Teil der Fahrbahn, der die Fahrflächen für die entgegengesetzten Fahrtrichtungen trennt. Er dient zur Aufnahme der Längsmarkierung, idR einer doppelten Sperrlinie.

(RVS 03.03.31 Ausgabe 2018)

Umbauten von Freilandstraßen

Änderung der Linienführung oder Änderung an oder von Querschnittselementen an einer bestehenden Straße, die auf die Benutzung dieser Straße (z.B. hinsichtlich geänderter Fahrgeschwindigkeiten, Verkehrsstärke- und -zusammensetzung oder Leistungsfähigkeit) einen wesentlichen Einfluss erwarten lassen; Erhaltungs- bzw. Instandsetzungsmaßnahmen ohne wesentliche Änderung der Querschnittselemente sind in diesem Sinne keine Umbauten. (RVS 03.03.31 Ausgabe 2018)

Verkehrsgeschwindigkeit V_v

Mittlere PKW-Geschwindigkeit auf einem Straßenabschnitt bei definierten Anlage- und Verkehrsverhältnissen, die durch die zulässige Höchstgeschwindigkeit nach oben begrenzt ist [km/h]. Die Verkehrsgeschwindigkeit während der Bemessungsstunde dient als wesentliches Beurteilungskriterium. (RVS 03.01.11 Ausgabe 2012)

Verwindung

Änderung der Querneigung (entweder ohne oder mit Richtungswechsel der Querneigung). (RVS 03.03.23 Ausgabe 2014)

Wendelinie

Entgegengesetzt gekrümmte, aufeinander folgende Kreisbögen mit zwei dazwischen liegenden, am Nullpunkt aneinanderstoßenden Klotoiden. (RVS 03.03.23 Ausgabe 2014)

Zulässige Höchstgeschwindigkeit V_{zul}

Im Sinne dieser RVS die zulässige maximale PKW-Geschwindigkeit [km/h] aufgrund gesetzlicher Bestimmungen oder behördlich verordneter Beschränkungen. (RVS 03.01.11 Ausgabe 2012)

3 Richtlinienerstellung

3.1 Definitionen

Motivenbericht:

Gibt Aufschluss über Zweck und Anlass einer Regelung.¹

Richtlinie:

Verbindliche Anleitung zur Durchführung (staatlich oder behördlich) beschlossener Maßnahmen.²

Als Richtlinie (kurz gelegentlich Rili genannt) wird in den deutschsprachigen Staaten eine Handlungs- oder Ausführungsvorschrift einer Institution oder Instanz bezeichnet, die jedoch kein förmliches Gesetz ist.³

3.2 Einleitung

Zuallererst wird das Thema „Richtlinienerstellung“ vorgestellt. Dazu soll dieses Kapitel einen Überblick und eine Einführung in die Thematik bieten. Dazu wird beschrieben, was Richtlinien im Straßenwesen sind und in welchem Prozess diese erstellt werden. Um ein besseres Verständnis für den Ablauf der Richtlinienarbeit zu erhalten, wird auch die österreichische Forschungsgesellschaft Straße – Schiene – Verkehr (FSV) vorgestellt, die die Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen (RVS) herausgibt.

3.3 Vorstellung FSV

Die österreichische Forschungsgesellschaft Straße – Schiene – Verkehr (FSV) wurde 1950 unter der Bezeichnung „Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen“ gegründet. Seitdem dient Sie als Plattform für Experten, die sich mit Planung, Bau, Erhaltung, Betrieb und Nutzung von Verkehrsinfrastruktur beschäftigen. Dabei wird in zahlreichen Arbeitsausschüssen der Stand der Technik in Form von Richtlinien für das Straßenwesen (RVS) ausgearbeitet und überarbeitet. Dadurch haben sich über die Jahre in den Richtlinien, durch Weiterentwicklung, neue Erkenntnisse und politische Entscheidungen, diverse Parameter verändert.⁴

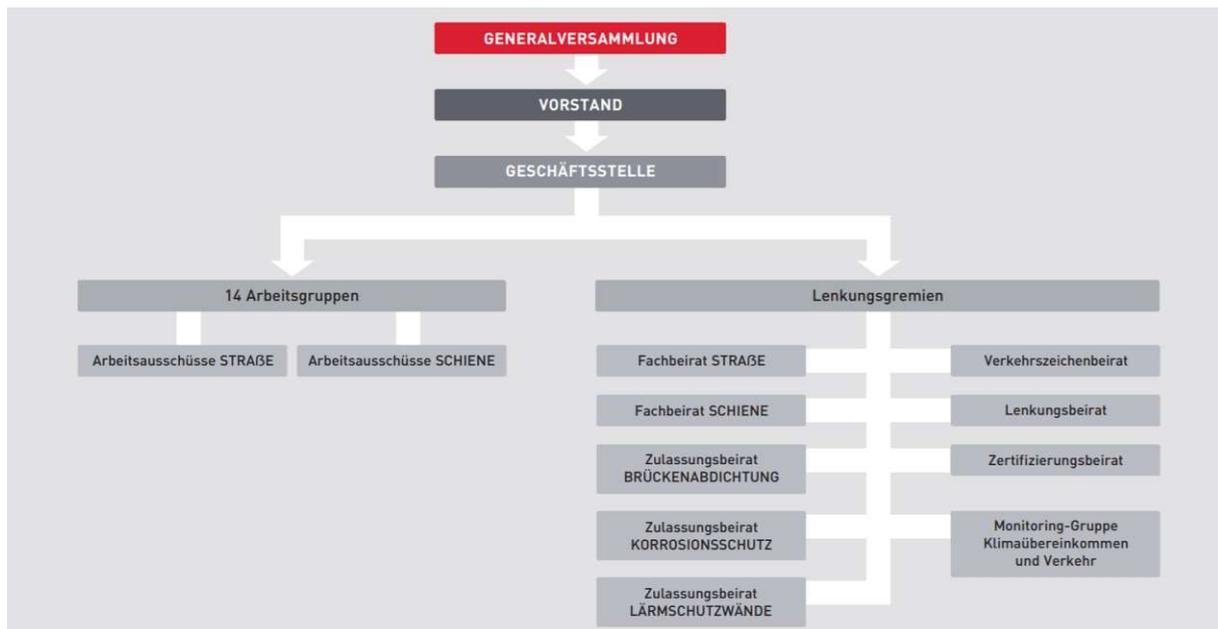
Die FSV setzt sich aus der Generalversammlung, dem Vorstand, der Geschäftsstelle, 14 Arbeitsgruppen mit zahlreichen Arbeitsausschüssen und den Lenkungsgremien zusammen.

¹ <https://www.rechteseasy.at/wiki/motivenbericht> (03.01.2021)

² <https://www.dwds.de/wb/Richtlinie> (31.12.2020)

³ <https://de.wikipedia.org/wiki/Richtlinie> (31.12.2020)

⁴ Referenzbroschüre FSV 2021

Abb. 3.1 Organigramm FSV⁵

3.4 RVS – Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen

Die Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen (RVS) stellen den Stand der Technik im Straßenwesen dar. Für die am Prozess Beteiligten (Planer, Ingenieure, Auftraggeber, Auftragnehmer, Behörden, etc.) können die RVS als Regeln verwendet werden. Damit kann ein einheitliches Qualitätsniveau bei der Planung, dem Bau und dem Betrieb von Straßeninfrastruktur gewährleistet werden. Somit wird einerseits bei der Benutzung der Infrastruktur ein Qualitäts- und Sicherheitsniveau geboten und andererseits ein mehrheitlich vertretbarer volkswirtschaftlicher Nutzen erzeugt.⁶

Für RVS gilt keine generelle Verbindlichkeit, sondern eine Empfehlung zur Anwendung. Wird auf Empfehlung des Fachbeirates Straße eine RVS, betreffend der Bundesstraßen, dem zuständigen Bundesministerium vorgelegt, kann das Ministerium diese RVS verbindlich erklären. Doch auch ohne Verbindlichkeit werden die RVS bei den meisten öffentlichen Ausschreibungen als anzuwendender Stand der Technik herangezogen.

Selbstverständlich sind RVS, die dem Notifikationsgesetz unterliegen, zu notifizieren.

3.4.1 Aufbau der RVS

Die mehr als 300 existierenden RVS werden in 15 Kapitel unterteilt. Ziel der RVS ist es den Stand der Technik darzustellen und so Klarheit für die unterschiedlichen Akteure zu schaffen, von der Planung bis zur Erhaltung einer Straße. Gibt es neue Erkenntnisse bzw. soll das Systemverhalten entsprechend verändert werden, wird die betroffene RVS im zugehörigen AA entsprechend überarbeitet.

Generell gilt für die Erstellung von Richtlinien, dass eine inhaltliche Anpassung an den Stand der Technik laufend notwendig ist. Es ist ein dynamischer Prozess, wobei ausdrücklich darauf geachtet werden muss, dass gewählte Parameter transparent begründet werden. Dabei gilt wie so oft, eine Veränderung bringt für die einen Vorteile, für andere am Prozess Beteiligte aber eventuell Nachteile. Gerade deshalb ist eine wissenschaftliche Begründung für die Wahl

⁵ Referenzbroschüre FSV 2021

⁶ <http://www.fsv.at/cms/default.aspx?ID=9815dd09-f5a8-41a8-9fb5-b1197ffb1cd2> (03.01.2021)

entsprechender Parameter unerlässlich. So kann auf möglichst neutrale Weise der Stand der Technik niedergeschrieben werden

3.4.2 Die Entstehung einer RVS

Von der Idee bis zur Veröffentlichung durchläuft die RVS einige Stationen, um Bedarf und Qualität zu sichern.

3.4.2.1 Idee

Gibt es eine Idee für eine neue RVS, ist ein Motivenbericht zur Erstellung anzufertigen. Um auch die Bedürfnisse möglichst vieler Interessensgruppen aus Politik, Verwaltung, Wirtschaft und Zivilgesellschaft zu befriedigen, ist dabei auf folgende Punkte einzugehen:

- **Notwendigkeit:**
Hier ist ausführlich zu begründen, warum die Erstellung bzw. Überarbeitung von Bedeutung ist. Gibt es neue Erkenntnisse? Werden neue Ziele verfolgt? Muss das Systemverhalten verändert werden? Nur so ist nachvollziehbar, warum es zu einer Idee gekommen ist.
- **Auswirkungen** auf bestehende RVS, Normen, Dienstanweisungen:
Eine Überarbeitung oder Neuerstellung kann vor allem Auswirkungen auf bestehende RVS haben, sei es durch veränderte Parameter oder neue Erkenntnisse. Dadurch müssen eventuell bestehende RVS überarbeitet oder außer Kraft gesetzt werden.
- **Berücksichtigung** des europäischen u. internationalen Normenwesens (CEN):
Auch europaweit darf eine Richtlinie nicht Normen und Spezifikationen widersprechen, sondern muss kohärent sein.
- **Ökonomische** Nachhaltigkeit:
Eine Richtlinie hat wirtschaftliche Folgen und kann zu Einsparungen aber auch zu Mehrkosten führen. Auf eine positive wirtschaftliche Entwicklung ist Bedacht zu nehmen.
- **Ökologische** Nachhaltigkeit:
Positive, aber auch negative Auswirkungen auf Umwelt und Klimaschutz können sich ergeben. Ein nachhaltiger Schutz und Erhalt der Umwelt ist zu gewährleisten und sicherzustellen.
- **Soziale** Nachhaltigkeit:
Eine vom Menschen erarbeitete Richtlinie hat auch Auswirkungen auf das tägliche Leben. Eine Gleichbehandlung von allen Personen und Gruppen ist jedenfalls zu berücksichtigen, zum Beispiel die Behindertengleichstellung. Soziale Nachhaltigkeit bedeutet zudem zukunftsorientiert zu denken und weiteren Generationen nicht zu schaden. Sprich, es ist Rücksicht auf das physische und psychische Wohlbefinden aller Menschen zu nehmen.
- **Rechtliche** Auswirkungen:
Es kommt es zur Konkretisierung von Rechtsnormen.
- **Sonstige** Auswirkungen:
Je genauer bekannte Auswirkungen ausgeführt werden, desto transparenter ist die Erstellung einer Richtlinie und bietet weniger Angriffsfläche für „Gegner“.

Weiters ist eine Checkliste zur Beurteilung im Sinne der „FSV - Grundsätze der Ethik“ auszufüllen. Im Motivenbericht wird somit auf Fragen zu Bedürfnissen der unterschiedlichen Akteure eingegangen. Die Erstellung und anschließende Anwendung haben schließlich Auswirkungen auf alle Beteiligten, von der Planung über den Bau bis hin zur Nutzung und Erhaltung. Das Ziel einer Richtlinie muss sein, dass durch Ihre Anwendung das Systemverhalten

sich positiv für alle Beteiligten auswirkt. Bei der Ausarbeitung darf auf keine Interessengruppe vergessen werden.

Die Idee, inklusive Motivenbericht, wird anschließend dem Fachbeirat Straße vorgelegt, der wiederum eine Entscheidungsgrundlage für den Vorstand vorbereitet. Letztlich entscheidet der Vorstand, anhand der im Fachbeirat ausgearbeiteten Entscheidungsgrundlage, über die Genehmigung einer Idee. Umso wichtiger ist es, dass auf eine ausgewogene Zusammensetzung Acht gegeben wird, um auch alle Bereiche zu vertreten und niemand auszuschließen.

3.4.2.2 Erarbeitung

Ist eine Zustimmung erfolgt, kann der jeweilige Arbeitsausschuss mit der Erarbeitung starten. Der Arbeitsausschuss selbst sollte aus Fachleuten unterschiedlichster Bereiche (Wissenschaft, Behörde, Verwaltung, Privatwirtschaft, Auftragnehmer, Auftraggeber, etc.) zusammen gesetzt sein. Somit kann schon in der Erarbeitung auf zahlreiche Bedürfnisse eingegangen werden, oder die Bedürfnisse zumindest diskutiert werden.

3.4.2.3 Begutachtung

Ist die Richtlinie vollständig erarbeitet, wird seitens der FSV die Begutachtung eingeleitet. Dabei wird der erarbeitete Entwurf an möglichst viele Experten und Betroffene übermittelt, die innerhalb einer 6-Wochen-Frist Ihre Stellungnahme abgeben können. Parallel wird der Entwurf lektoriert. Die gesammelten Stellungnahmen, sowie die lektorierte Fassung sind vom jeweiligen Arbeitsausschuss zu behandeln und zu diskutieren. Die Entscheidungen sind transparent zu begründen.

3.4.2.4 Veröffentlichung

Der erarbeitete Entwurf, inklusive der behandelten Stellungnahmen, wird dem Fachbeirat Straße vorgelegt, der wiederum eine Entscheidungsgrundlage für den Vorstand vorbereitet. Letztlich entscheidet der Vorstand, anhand der im Fachbeirat ausgearbeiteten Entscheidungsgrundlage, über die Veröffentlichung einer Idee.

Nach der Aufbereitung zur Druckversion kann die RVS zum nächsten Monatsersten veröffentlicht und somit angewendet werden.

Seit dem FSV-Reader 2006 kann auch in bereits zurückgezogene oder ersetzte RVS Einblick genommen werden. Jedoch gibt es dort keinen Einblick in die Begründung, worum etwas verändert worden ist. Die Erstellung und Archivierung von Protokollen werden dem Arbeitsausschuss selbst überlassen. Durch das Fehlen eines Archivs vergangener Motivenberichte, können damalige Entscheidungen kaum nachvollzogen werden.

Ablaufschema RVS für Richtlinien und Merkblätter

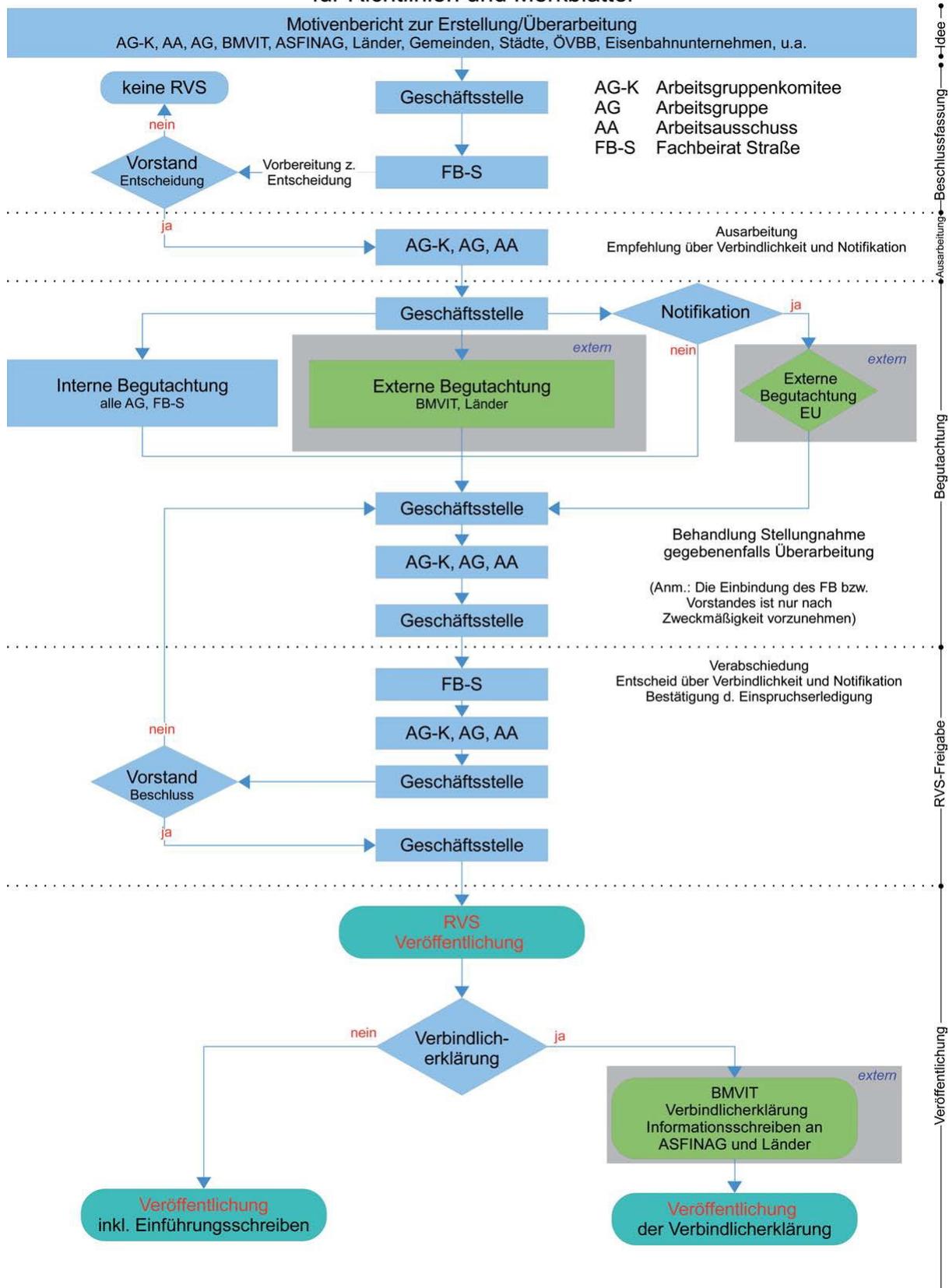


Abb. 3.2: Ablaufschema RVS⁷

⁷ RVS 01.03.11 (2011)

4 Verkehrsablauf auf Straßen

4.1 Leistungsfähigkeit im Straßenverkehr

Die Einteilung, in die einzelnen Qualitäten des Verkehrsflusses, ist im Highway Capacity Manual (HSM) definiert. Die Qualität des Verkehrsflusses wird „Level of Service (LOS)“ bezeichnet und gliedert sich in sechs Qualitätsstufen von A bis F.

Die folgenden Abbildungen sind dem HCM 2000 entnommen und beschreiben die Verkehrsflussqualität anhand mehrstreifigen Richtungsfahrbahnen.

▪ Verkehrsflussqualität A:

Bei der Verkehrsflussqualität A werden die Bedingungen des freien Verkehrsflusses mit kleiner Verkehrsmenge und hoher Geschwindigkeit beschrieben. Die Verkehrsdichte ist sehr niedrig und die Geschwindigkeit ist vom Lenker frei wählbar, beziehungsweise wird durch Geschwindigkeitsbeschränkungen oder durch äußere Fahrbahnbedingungen (Wettereinflüsse etc.) begrenzt. Es sind keine oder minimale Beschränkungen, in der Freiheit Fahrmanöver zu setzen, vorhanden und die Lenker können ihre gewünschte Geschwindigkeit mit keinen oder minimalen Verzögerungen beibehalten. [1]



Abb. 4.1 Verkehrsflussqualität A⁸

▪ Verkehrsflussqualität B:

Verkehrsflussqualität B liegt im Bereich des stabilen Verkehrsflusses, mit beginnender Einschränkung der Fahrgeschwindigkeit durch die Verkehrsbedingungen. Die Lenker besitzen jedoch noch immer eine angemessene Freiheit, um sich ihre Fahrgeschwindigkeit und ihren Fahrsteifen auszuwählen. Eine Verringerung der Fahrgeschwindigkeit passiert nicht ohne Grund und der Verkehrsstrom wird mit einer nur geringen Wahrscheinlichkeit gestört. Die untere Grenze (niederste Geschwindigkeit, höchste Verkehrsmenge) der Verkehrsflussqualität B wird mit der Betriebsverkehrsmenge zusammenfallen, welche beim Entwurf von Landstraßen Anwendung findet. [1]

⁸ HCM 2000

Abb. 4.2 Verkehrsflussqualität B⁹

- **Verkehrsflussqualität C:**

Verkehrsflussqualität C ist immer noch im Bereich des stabilen Verkehrsflusses. Die Fahrgeschwindigkeit und die freie Wahl an Fahrmanövern ist jedoch schon durch eine große Verkehrsmenge vermindert. Die meisten Verkehrsteilnehmer sind bei der Wahl ihrer eigenen Fahrgeschwindigkeit eingeschränkt. Gleiches gilt bei der Wahl des Fahrstreifens und beim Überholen. Eine relativ zufriedenstellende Fahrgeschwindigkeit wird bei diesen Verkehrsmengen noch erreicht, wie sie für städtische Verkehrsanlagen geeignet sind. [1]

Abb. 4.3 Verkehrsflussqualität C¹⁰

- **Verkehrsflussqualität D:**

Verkehrsflussqualität D nähert sich einem instabilen Verkehrsfluss mit noch tolerierbarer Fahrgeschwindigkeit an. Die Betriebsverhältnisse werden beträchtlich beeinflusst. Unregelmäßigkeiten der Verkehrsmenge und vorübergehende Abnahmen des Verkehrsstromes können zu einer wesentlichen Abnahme der Fahrgeschwindigkeit beitragen. Die Verkehrsteilnehmer haben nur mehr eine minimale Freiheit, Manöver zu setzen. Zudem schwinden der Komfort und die Bequemlichkeit. Die Bedingungen können für einen kurzen Zeitraum geduldet werden. [1]

⁹ HCM 2000

¹⁰ HCM 2000

Abb. 4.4 Verkehrsflussqualität D¹¹

- **Verkehrsflussqualität E:**

Verkehrsflussqualität E kann durch die Einsatzgeschwindigkeit allein nicht mehr beschrieben werden. Der Betrieb erfolgt bei einer noch geringeren Fahrgeschwindigkeit als mit der Verkehrsflussqualität D. Es sind Verkehrsmengen vorhanden, die bereits der Leistungsfähigkeit der Straße entsprechen oder dieser sehr nahekommen. Beim Erreichen der Leistungsfähigkeit sind Verkehrsgeschwindigkeiten meist im Bereich von knapp unter 50 km/h typisch. Der Verkehrsfluss ist instabil, und es kann immer wieder zu kurzen Haltezeiten kommen. Die Verkehrsflussqualität E charakterisiert den Bereich der vollen Ausschöpfung der Leistungsfähigkeit. [1]

Abb. 4.5 Verkehrsflussqualität E¹²

- **Verkehrsflussqualität F:**

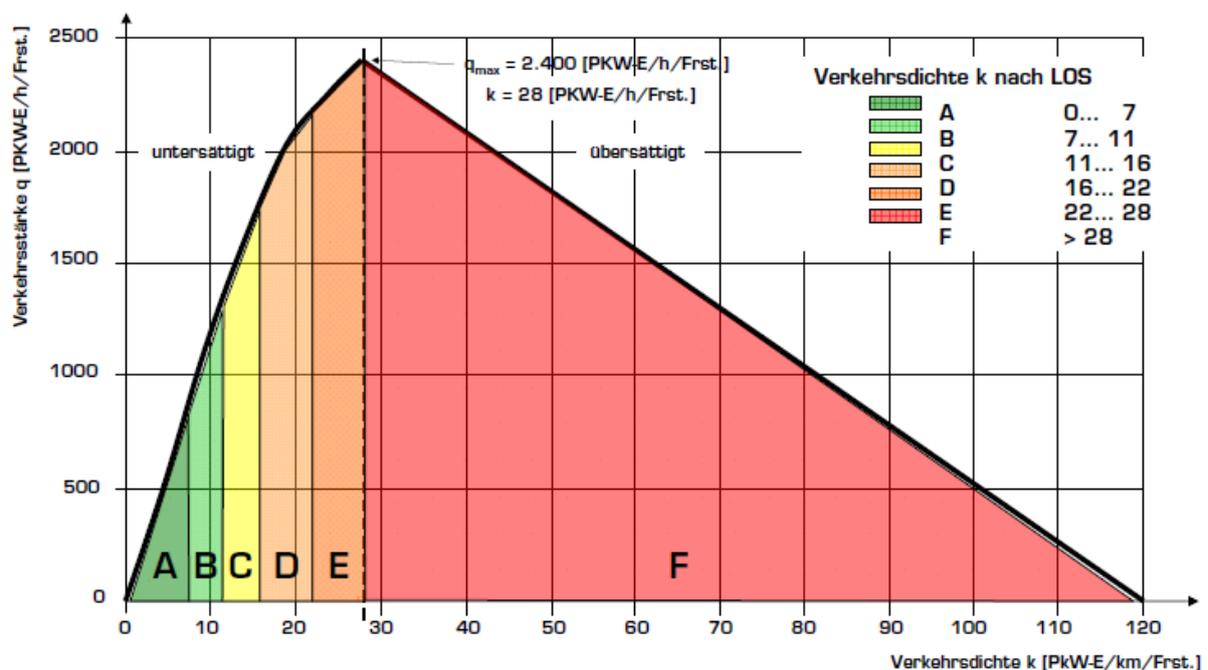
Verkehrsflussqualität F beschreibt einen erzwungenen Verkehrsablauf bei geringen Fahrgeschwindigkeiten. Dabei liegt die Verkehrsmenge bereits wieder unterhalb der Leistungsfähigkeit. Diese Umstände resultieren für gewöhnlich aus Autokolonnen, welche sich bei Hindernissen bilden. Die betrachtete Teilstrecke wird während der ganzen Spitzenzeit, zumindest teilweise, wie ein Stauraum wirken. Die Fahrgeschwindigkeit wird massiv verlangsamt. Haltezeiten können kurz oder auch für längere Zeitperioden infolge der Verkehrsstockung auftreten. Im Extremfall kann sowohl die Verkehrsgeschwindigkeit als auch die Verkehrsmenge auf null zurückfallen. [1]

¹¹ HCM 2000

¹² HCM 2000

Abb. 4.6 Verkehrsflussqualität F¹³

Nachfolgendes Diagramm stellt die Leistungsfähigkeit in Abhängigkeit der Verkehrsstärke [PKW-E/h/Fahrsreifen] und Verkehrsdichte [PKW-E/km/Fahrsreifen] dar.

Abb. 4.7 Leistungsfähigkeit¹⁴

4.2 Verkehrsablauf, Verfahren für zwei streifige Freilandstraßen nach RVS 03.01.11 Die Beurteilung beider Fahrtrichtungen von Freilandstraßen erfolgt gemeinsam. Dabei sind vorweg die Einsatzgrenzen zu überprüfen.

Eine Fahrstreifenbreite muss mindestens 3,0 [m] aufweisen. Ist die Breite geringer, aber zumindest 2,75 [m], ist die Leistungsfähigkeit (beide Fahrtrichtungen summiert) mit 1800 [Kfz/h], die kritische Geschwindigkeit mit 45 [km/h] und die Grundgeschwindigkeit mit 60 [km/h] zu begrenzen. Weichen die Einsatzgrenzen ab, ist zu überprüfen, mit entsprechender Begründung, ob das Verfahren angewendet werden kann. Tunnelabschnitte stellen keine Einsatzgrenze dar.

¹³ HCM 2000

¹⁴ HCM 2000

Nachfolgende Abbildung zeigt den Zusammenhang der Einfluss- und Beurteilungsgrößen bei der Beurteilung einer zweistreifigen Straße im Freiland. Die Eingangsgrößen sind dabei grau hinterlegt.

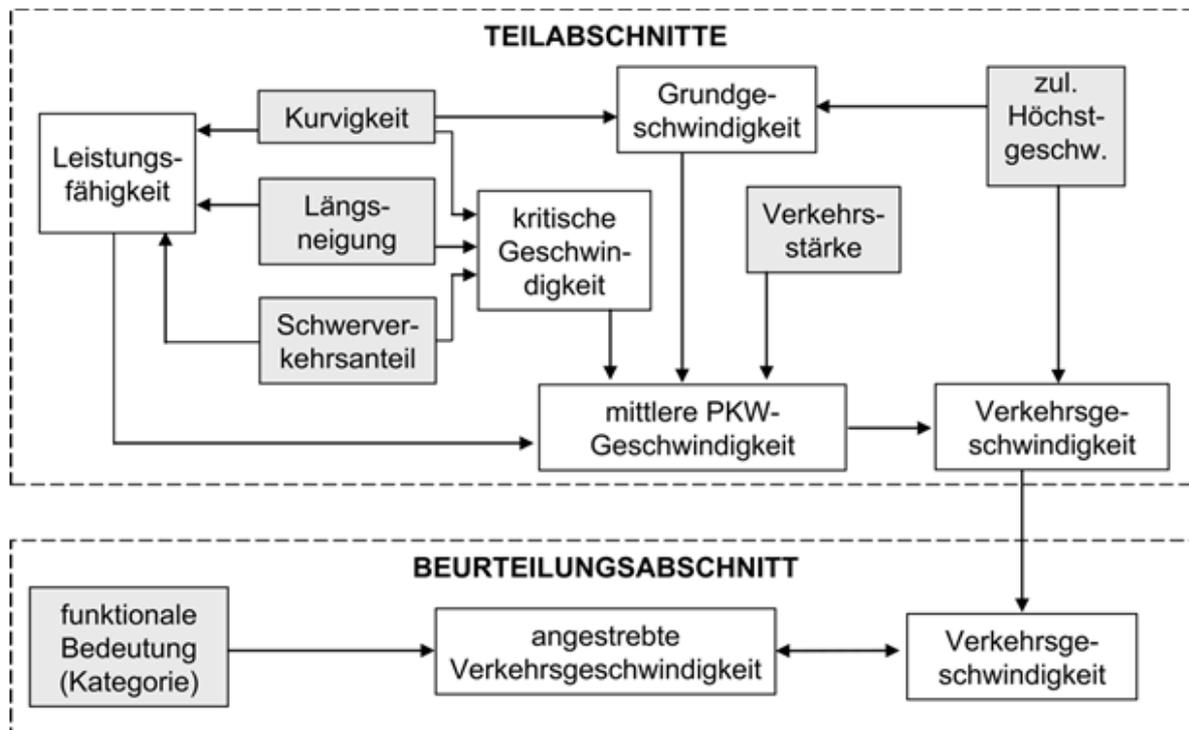


Abb. 4.8 Zusammenhang der Einfluss- und Beurteilungsgrößen¹⁵

Sind in einem betrachteten Abschnitt unterschiedliche Eingangsgrößen, dann sind Teilabschnitte mit gleichen Eigenschaften zu bilden. Dabei sind die Verkehrsgeschwindigkeiten der Abschnitte getrennt zu ermitteln. Anschließend ist die mittlere Verkehrsgeschwindigkeit, des zu beurteilenden Abschnittes, aus den Teilabschnitten zu berechnen. Die Länge beträgt in der Regel mindestens 300 [m], kann bei Bedarf aber auch weniger betragen.

4.2.1 Leistungsfähigkeit

Die Leistungsfähigkeit hängt von mehreren Faktoren ab:

- Längsneigung
- Kurvigkeit
- Schwerverkehrsanteil

Zwischen den Werten des Schwerverkehrsanteil darf linear interpoliert werden.

¹⁵ RVS 03.01.11 (2012)

Leistungsfähigkeit L [Kfz/h]		Schwerverkehrsanteil SV [%]		
Längsneigung s [%]	Kurvigkeit ku [gon/km]	0	10	20
s ≤ 4	< 75	2500	2333	2190
	75 bis < 150	2073	2065	2055
	≥ 150	1933	1835	1798
4 < s ≤ 6	< 75	2500	1965	1795
	75 bis < 150	2000	1925	1795
	≥ 150	1930	1795	1735
6 < s ≤ 8	< 75	2400	1590	1445
	75 bis < 150	2000	1580	1445
	≥ 150	1930	1570	1445
s > 8	< 75	2000	1230	1055
	75 bis < 150	1800	1230	1045
	≥ 150	1800	1230	1045

Tab. 4-1 Leistungsfähigkeit Freilandstraße¹⁶

4.2.2 Grundgeschwindigkeit V_G

Die Grundgeschwindigkeit wird wie folgt berechnet, wobei der kleinere Wert maßgebend ist:

$$\min\{V_G = 101 - 0,134 * ku; V_G = 31 + 0,7 * V_{zul}\}$$

- V_G Grundgeschwindigkeit [km/h]
- V_{zul} zulässige Höchstgeschwindigkeit [km/h]
- ku Kurvigkeit [gon/km]

4.2.3 kritische Geschwindigkeit V_{kr}

Die kritische Geschwindigkeit V_{kr} hängt von mehreren Faktoren ab:

- Längsneigung
- Kurvigkeit
- Schwerverkehrsanteil

Zwischen den Werten des Schwerverkehrsanteil darf linear interpoliert werden.

¹⁶ RVS 03.01.11 (2012)

Kritische Geschwindigkeit V_{kr} [km/h]		Schwerverkehrsanteil SV [%]		
Längsneigung s [%]	Kurvigkeit k_u [gon/km]	0	10	20
$s \leq 4$	< 75	69	59	55
	75 bis < 150	52	52	52
	≥ 150	48	46	45
$4 < s \leq 6$	< 75	69	49	45
	75 bis < 150	52	48	46
	≥ 150	48	45	43
$6 < s \leq 8$	< 75	69	40	36
	75 bis < 150	52	39	37
	≥ 150	48	39	37
$s > 8$	< 75	68	32	28
	75 bis < 150	52	32	28
	≥ 150	48	31	28

Tab. 4-2 kritischen Geschwindigkeit auf der Freilandstraße¹⁷

4.2.4 PKW-Geschwindigkeit

Die mittlere PKW-Geschwindigkeit wird wie folgt berechnet:

$$V_{PKW} = V_{kr} + (V_G - V_{kr}) * \left(1 - \frac{Q}{L}\right)^{0,4}$$

für $Q \leq L$

Um den Verkehrsablauf zu beurteilen, wird für Q die Bemessungsverkehrsstärke Q_{Bem} verwendet.

- V_{PKW} mittlere PKW-Geschwindigkeit [km/h]
- V_{kr} kritische Geschwindigkeit [km/h]
- V_G Grundgeschwindigkeit [km/h]
- Q Verkehrsstärke [Kfz/h]
- L Leistungsfähigkeit [Kfz/h]

4.2.5 Einflussfaktoren auf die Verkehrsgeschwindigkeit

Einflüsse, die auf die Verkehrsgeschwindigkeit zu berücksichtigen sind, sind Straßenknoten und Ortsdurchfahrten. Die Betrachtung kann dabei richtungsbezogen erfolgen.

Zur Beurteilung von Straßenknoten stehen drei verschiedene Verfahren zur Verfügung. Die Verfahren unterscheiden sich voneinander durch den Aufwand der Berechnung und in weiterer Folge durch die Genauigkeit der Ergebnisse. So kann je nach Erfordernis, das für den jeweiligen Abschnitt erforderliche Verfahren gewählt werden.

Folgende Verfahren stehen zur Auswahl:

- Berechnung für einzelne Knoten
- Abschätzung für einzelne Knoten
- vereinfachte Abschätzung für Strecken mit Knoten

¹⁷ RVS 03.01.11 (2012)

Der Einfluss von Ortsdurchfahrten ist durch zahlreiche Eigenschaften geprägt. Dabei ist zwischen drei Typen zu entscheiden:

- freilandähnliche Ortsdurchfahrten
- locker bebaute Ortsdurchfahrten
- dicht bebaute Ortsdurchfahrten

4.2.6 Beurteilung des Verkehrsablaufes

Für die Bemessungsverkehrsstärke Q_{Bem} soll die ermittelte Verkehrsgeschwindigkeit auf dem betrachtenden Abschnitt mindestens der angedachten Verkehrsgeschwindigkeit entsprechen.

Die mittlere Verkehrsgeschwindigkeit auf dem zu beurteilenden Abschnitt berechnet sich wie folgt:

$$V_{V,BA} = \frac{l_{BA}}{t_{BA}} = \frac{\sum_i l_{Ta,i}}{\sum_i t_{Ta,i}}$$

- $V_{V,BA}$ mittlere Verkehrsgeschwindigkeit auf dem Beurteilungsabschnitt [km/h]
- l_{BA} Länge des Beurteilungsabschnitts [km]
- t_{BA} Fahrzeit auf dem Beurteilungsabschnitt mit Verkehrsgeschwindigkeit [h]
- l_{BA} Länge des Teilabschnitts i [km]
- t_{BA} Fahrzeit auf dem Teilabschnitt i mit Verkehrsgeschwindigkeit [h]
- i Index der Teilabschnitte

4.3 Kategorisierung und Anforderungsprofil von Straßen nach RVS 03.01.13

Um den Verkehrsablauf auf Straßen beurteilen zu können, ist das Straßennetz zu kategorisieren. Dabei werden einzelne Straßenabschnitte gruppiert nach verschiedenen räumlich-verkehrlichen Funktionen. Zudem umfasst die Kategorisierung die Definition von Anforderungen an die Ausgestaltung der Straßenlage und an den Verkehrsablauf, auf der zu erörternden Straße. Der Verkehrsablauf wird unter fix definierten Verhältnissen, des zu beurteilenden Abschnittes und unter festgelegten verkehrlichen Bedingungen, beurteilt.

Verkehrliche Funktion:

Darunter soll die die Verkehrsstärke in allen Variationen und Unterscheidungen verstanden werden.

Räumliche Funktion:

Dabei handelt sich um die Bedeutung des Abschnittes, bezogen auf die Verteilung und Erreichbarkeit verschiedener räumlicher Nutzung.

Die Kategorisierung selbst wird durch die Straßenverwaltung vorgenommen. Dies geschieht unter den verschiedenen räumlich-verkehrlichen Funktionen der Straßenabschnitte. Entscheidend ist die Wichtigkeit eines Abschnittes für die Sicherstellung der Erreichbarkeit räumlicher Nutzung. Weiters kann die vorhandene oder prognostizierte Verkehrsstärke auf dem jeweiligen Abschnitt zusätzlich herangezogen werden.

Das Ziel der Kategorisierung ist es einzelnen Streckenabschnitten Merkmale und Anforderungen ihrer räumlich-verkehrlichen Funktion zuzuordnen.

4.3.1 Kategorisierung nach Verbindungsart

Zwischen Standorten werden Verbindungen unterschiedlicher Bedeutung ermittelt und gemäß ihrer räumlich-verkehrlichen Funktion hierarchisiert. Dabei werden folgende Standorträume unterschieden:

- Die sieben für Österreich maßgeblichen benachbarten europäischen Wirtschaftsräume:
 - Südwestdeutschland
 - Oberitalien
 - Nordböhmen–Ostdeutschland–Südwestpolen
 - Nordschweiz
 - Bratislava–Westungarn–Budapest
 - Ljubljana–Koper–Triest–Rijeka–Zagreb
 - Schlesien–Ostmähren
- Die neun österreichischen Zentral- und Wirtschaftsräume:
 - Rheintal
 - Unteres Inntal
 - Salzburg–Bischofshofen
 - Wels–Linz–Steyr
 - Großraum Graz und Obersteiermark
 - Klagenfurt–Villach
 - NÖ Zentralraum St. Pölten–Krems
 - Eisenstadt–Sopron
 - Vienna Region
 - Bezirkshauptorte
- Weitere wichtige Arbeits-, Versorgungs- und Tourismuszentren
- Gemeinden
- Gemeindeteile

Kategorie I - Transnationales Netz:

Von den neun österreichischen Zentral- und Wirtschaftsräumen zu den sieben für Österreich maßgeblichen benachbarten europäischen Wirtschaftsräumen mit den österreichischen TEN-Strecken

Kategorie Ia - Transnationaler Netzabschnitt im Ballungsraum

Kategorie II - Transregionales Netz

Verbindungen innerhalb der neun österreichischen Zentral- und Wirtschaftsräume. Zudem grenzüberschreitend zu bedeutenden benachbarten Regionen

Kategorie IIa - Transregionaler Netzabschnitt im Ballungsraum

Kategorie III - Zentralörtliches Netz

Verbindungen unterschiedlicher Bezirkshauptorten untereinander oder auch von Bezirkshauptorten zur Landeshauptstadt. Verbindungen von Bezirkshauptorten zu weiteren Arbeits-, Versorgungs- und Tourismuszentren

Kategorie IV - Regionales Netz

Regionale Verbindungen innerhalb von Gemeinden oder Gemeindeteilen zu Bezirkshauptorten wie zu weiteren Arbeits-, Versorgungs- und Tourismuszentren

Kategorie V – Gemeindeverbindungen

Lokale Verbindungen zwischen Gemeinden oder Gemeindeteilen

Kategorie VI - Innerörtliches Netz

Zusätzliche lokale Verbindungen

Nachfolgend ist die Kategorisierung anhand eines Netzausschnittes dargestellt.

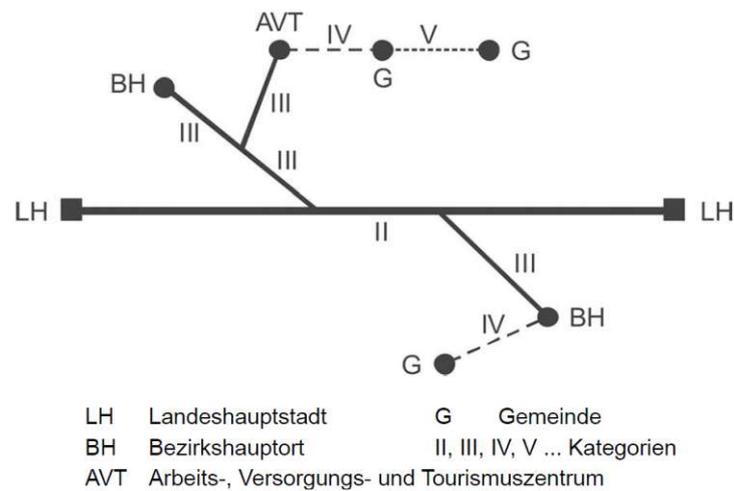


Abb. 4.9 Kategorisierung nach Art der Verbindung¹⁸

Eine weitere Kategorisierung ist im innerörtlichen Netz bei Bedarf möglich.

4.3.2 Kategorisierung nach Erreichbarkeitsstandards

Die Verbindungen können noch zusätzlich mit Erreichbarkeitsstandards ergänzt werden. Die Erreichbarkeit (für eine Fahrt von einem Startpunkt zu einem Zielpunkt) wird festgelegt.

Die definierten Kategorien nach den Verbindungsfunktionen können durch die Berücksichtigung von Erreichbarkeitsstandards angepasst werden. In der funktionalen Wertung eines Straßennetzes, kann die Erreichbarkeit des Bezirkszentrums von allen Gemeinden des Bezirks innerhalb von 30 Minuten oder zur Landeshauptstadt innerhalb von 60 Minuten außerhalb der Hauptverkehrszeiten, standardisiert werden.

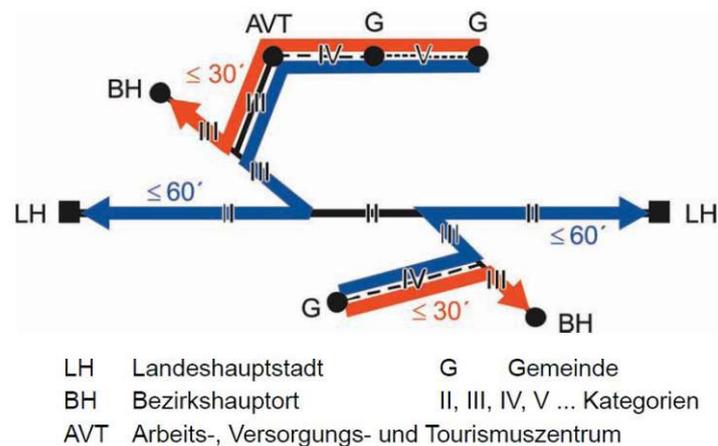


Abb. 4.10 Berücksichtigung von Erreichbarkeitsstandards¹⁹

¹⁸ RVS 03.01.13 (2012)

¹⁹ RVS 03.01.13 (2012)

5 Fahrdynamik

5.1 Einleitung

Dieses Kapitel gibt einen kurzen Einblick in fahrdynamische Grundlagen.

Um eine Trasse entwerfen zu können, muss man auch verstehen, wie sich ein Fahrzeug unter Einwirkung von Kräften verhält. Nicht nur das Gelände, sondern vor allem die technischen Eigenschaften eines Fahrzeuges geben Längsneigung, Querneigung und Radien vor. Die technischen Eigenschaften der unterschiedlichen Fahrzeugtypen sind daher ein wesentlicher Grund für die Grenzen von Trassierungsparameter. [2]

Die Fahrdynamik beschreibt die Zusammenhänge der, bei einem in Bewegung befindlichen Fahrzeug, auftretenden Kräfte.

Auch in der Fahrdynamik gilt das Grundgesetz vom Gleichgewicht der Kräfte.

$$\sum F = 0$$

Spricht die Summe aller in Fortbewegungsrichtung wirkenden Kräfte entspricht der Summe der gegengesetzt zur Fahrtrichtung auftretenden Widerstände.

Die dabei wirkenden Kräfte teilen sich wie folgt auf: [3]

- Antriebskraft und Bremskraft, die zur Aufrechterhaltung, Änderung oder Verzögerung der Fortbewegung notwendig sind.
- Die Summe aller Widerstände, die der Änderung und Aufrechterhaltung der Fortbewegung entgegenwirken.
- Die Massenträgheit bzw. der Beschleunigungswiderstand, der sich gegen die Änderung der Fortbewegung widersetzt.

5.2 Fahrwiderstände

Bei der Fahrt eines Fahrzeuges treten Widerstände auf, die es zu überwinden gilt, um eine Fortbewegung zu ermöglichen. Diese teilen sich in nachfolgende Komponenten auf. Die Motorisierung bestimmt dabei die Höhe der Fahrtwiderstände, die zum Erreichen und Aufrechterhalten einer bestimmten Geschwindigkeit notwendig sind. [4]

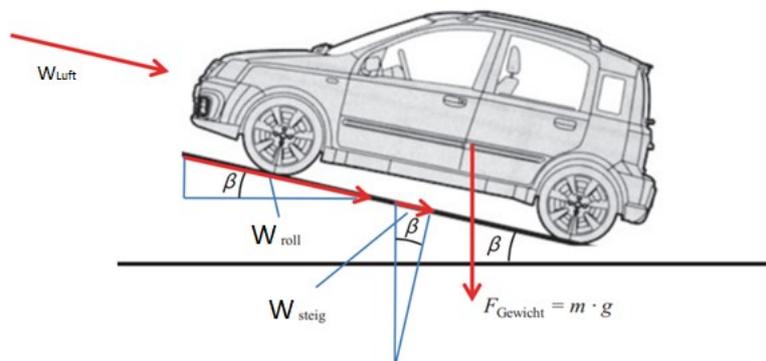


Abb. 5.1 Kräfte am Fahrzeug²⁰

²⁰ K. Schreiner, Basiswissen Verbrennungsmotor, Springer Fachmedien Wiesbaden, 2020-08-29

5.2.1 Rollwiderstand

Der Rollwiderstand ist jene Kraft, die beim Rollen eines Reifens entsteht und wird Rollwiderstand bezeichnet. Der Rollwiderstand W_{Roll} setzt sich aus der Gewichtskraft (Radlast) $F_{Gewicht}$ und dem Rollwiderstandsbeiwert μ_{Roll} zusammen. [2]

$$W_{Roll} = F_{Gewicht} * \mu_{Roll}$$

Der Rollwiderstandsbeiwert hängt wiederum von Bereifung und der Fahrbahnoberfläche ab. Im Straßenverkehr kann ein Luftreifen angenommen werden.

Bei einer Luftbereifung kann ein Rollwiderstandsbeiwert von 0,01 auf Beton und 0,1 auf losen Schotter angenommen werden.

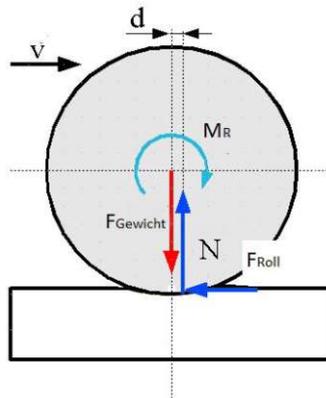


Abb. 5.2 Rollwiderstand²¹

5.2.2 Steigungswiderstand

Der Steigungswiderstand ist jene Kraft, die beim Befahren einer Steigung auftritt. Ist die Steigung negativ, sprich ein Gefälle, so ist auch der Steigungswiderstand negativ. [2]

$$W_{Steig} = \pm G * \sin(\alpha) = \pm G * \frac{s}{100}$$

- W_{Steig} Steigwiderstand
- G Gewichtskraft [KN]
- s Steigung in Prozent

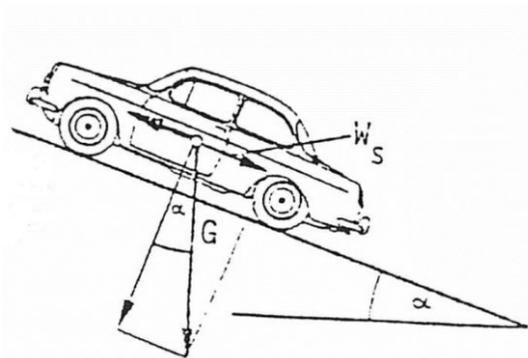


Abb. 5.3 Steigungswiderstand²²

²¹ <https://de.wikipedia.org/wiki/Rollwiderstand> (24.08.2021 23:20)

²² Straßenbau 1, Hochschülerschaft an der Universität für Bodenkultur, 1981

5.2.3 Luftwiderstand

Der Luftwiderstand steigt quadratisch mit der Geschwindigkeit des Fahrzeuges. Er ist abhängig von der Projektionsfläche des Fahrzeuges (Stirnfläche) und der Luftdichte, die wiederum von Temperatur und Höhe abhängt. [2]

$$W_{Luft} = \frac{1}{2} * \rho_{Luft} * c_w * A * (v_{Fahrzeug} \pm v_{Wind})^2$$

- W_{Luft} Luftwiderstand
- ρ_{Luft} Luftdichte; auf Meereshöhe bei 20 [°C]: $\rho_{Luft} = 1,2$ [kg/m³]
- c_w Luftwiderstandsbeiwert
 - PKW: $c_w = 0,2 \div 0,7$
 - LKW: $c_w = 0,5 \div 1,3$
- A Projektionsfläche des Fahrzeuges (Stirnfläche) [m²]
- $v_{Fahrzeug}$ Fahrzeuggeschwindigkeit [km/h]
- v_{Wind} Windgeschwindigkeit [km/h]

5.2.4 Beschleunigungswiderstand

Wird eine Masse beschleunigt, ist der Beschleunigungswiderstand jene Trägheitskraft, die der Beschleunigung entgegengerichtet ist.

Bei der vereinfachten Betrachtung wird das Fahrzeug als Massenpunkt gesehen. Sämtliche Trägheitsmomente rotierender Massen (Motor, etc.) werden dabei vernachlässigt.

$$W_{Beschleunigung} = m * b$$

- m Masse des Fahrzeuges [kg]
- b Beschleunigung des Fahrzeuges [m]

5.2.5 Kurvenwiderstand - Vorspurwiderstand

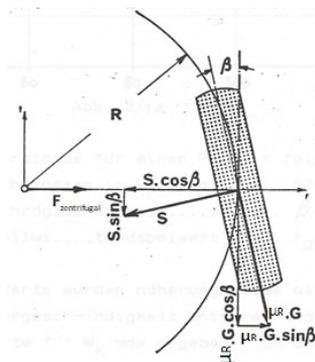


Abb. 5.4 Kräfte beim Kurvenwiderstand²³

²³ Studienblätter zur Vorlesung aus Straßenbau 1983

$$F = \frac{G * v^2}{g * R}$$

- F Zentrifugalkraft [KN]
- G Gewichtskraft [kg]
- g Erdbeschleunigung [m/s²]
- v Geschwindigkeit [m/s]
- R Kurvenradius [m]
- S Seitenführungskraft [KN]
- W_{Kurve} Kurvenwiderstand

$$\sum F_{\text{radial}} = 0 = F_{\text{zentrifugal}} + \mu_R * G * \sin(\beta) - S * \cos(\beta)$$

$$S = \frac{G * v^2}{g * R * \cos(\beta)} + \mu_R * G * \tan(\beta)$$

$$\sum F_{\text{radial}} = W_{\text{Kurve}} = 0 = \mu_R * G * \cos(\beta) + S * \sin(\beta)$$

$$W_{\text{Kurve}} = \tan(\beta) * \left(\frac{\mu_R * G}{\sin(\beta)} + \frac{G * v^2}{g * R} \right)$$

Der Kurvenwiderstand ist der Rollwiderstand in der Kurve.

5.2.6 Antriebskräfte

Die Antriebskraft hängt vom Motordrehmoment und der Gesamtübersetzung zwischen dem Motor und Rädern ab. Je größer das Motordrehmoment ist und geringer die Übertragungsverluste bei der Gesamtübersetzung sind, desto größer ist die Antriebskraft.

Die Antriebskräfte haben auf die Trassierung wesentlichen Einfluss. Sie bestimmen die Geschwindigkeit, die ein Fahrzeug erreichen kann und welche Steigung ein Fahrzeug bewältigen kann.

5.3 Kraftübertragung zwischen Reifen und Fahrbahn

Alle auftretenden Momente und Kräfte, bei einem sich in Bewegung befindenden Fahrzeug, werden durch die Kontaktfläche von Reifen auf die Fahrbahn übertragen.

Damit ein Fahrzeug manövriert werden kann, muss eine Kraft zwischen den Reifen und der Fahrbahn wirken. Dabei gibt es einen bestimmten Grenzwert, bei dem der Reifen auf der Fahrbahn gleitet, wenn dieser überschritten wird. Sprich bei einer vorhandenen Normalkraft kann eine maximale Tangentialkraft übertragen werden. Das Verhältnis zwischen Tangentialkraft und Normalkraft wird Kraftschlussbeiwert bezeichnet. Der Kraftschlussbeiwert gibt an, welcher Anteil der vertikalen Last als Umfangskraft des Rades übertragen werden kann. [5]

Der Unterschied zwischen der Geschwindigkeit des Fahrzeuges und der Geschwindigkeit des Reifenumfanges wird Schlupf bezeichnet. Beim Antreiben und Bremsen entsteht der Längsschlupf, der durch eine Relativbewegung zwischen Reifen und Straße zustande kommt. Bei der Anfahrt spricht man von Antriebsschlupf und beim Abbremsen von Bremsschlupf. [5]

Antriebsschlupf:

$$S_A = \frac{\omega * r - v_x}{\omega * r}$$

Bremsschlupf:

$$S_B = \frac{\omega * r - v_x}{v_x}$$

- ω Winkelgeschwindigkeit [rad/s]
- r Reifenradius [m]
- v_x translatorische Geschwindigkeit [m/s]

Aber nicht nur Kräfte in die Längsrichtung, sondern auch Querkräfte müssen auf die Fahrbahn übertragen werden. Für die seitlichen Kräfte gelten die gleichen Bedingungen und diese werden durch Schrägstellen des Rades gewährleistet.

5.3.1 Antriebsschlupf (Beschleunigen)²⁴

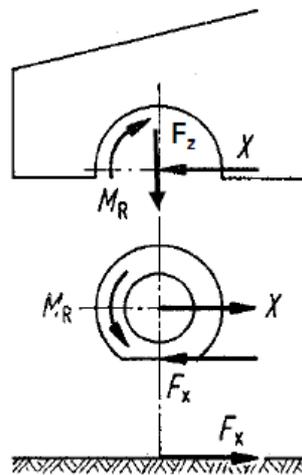


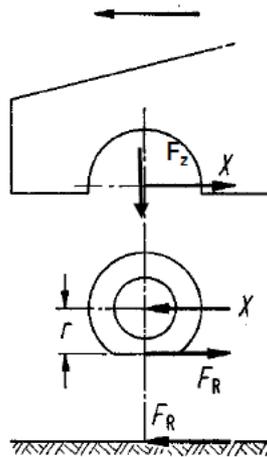
Abb. 5.5 Antriebsschlupf

$M_R > 0 \rightarrow$ es kommt zum Antriebsschlupf.

Die Antriebsräder drehen sich schneller als das Fahrzeug fährt. Im Extremfall, bei einem Antriebsschlupf von 100%, drehen die Antriebsräder durch und das Fahrzeug steht dabei still. Dieser Fall wird in der Fahrzeugtechnik mit der Traktionskontrolle verhindert bzw. in Grenzen gehalten. Somit wird ein Durchdrehen der Reifen, vor allem beim Anfahren, verhindert. Auch in anderen Situationen, wie bei einem Untergrund mit wenig Haftung, bei Schnee, Vereisung, Splitt oder nasser Fahrbahn, verbessert die Traktionskontrolle die Kontrollierbarkeit des Fahrzeuges und verhindert ein seitliches Ausbrechen. [5]

²⁴ Skriptum Straßenwesen WS2009

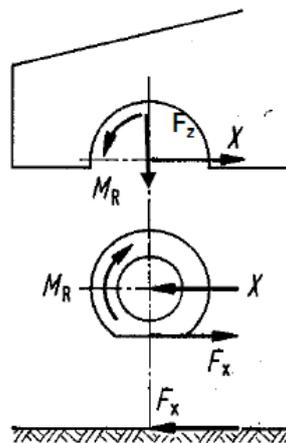
5.3.2 Rollen

Abb. 5.6 Rollen des Rades ohne Schlupf²⁵

$M_R = 0 \rightarrow$ Das Rad rollt ohne Schlupf.

Der Längsschlupf beträgt 0%. Es kommt weder zum Durchdrehen noch Gleiten der Räder. Das Rad kann frei rollen. [5]

5.3.3 Bremsschlupf (Bremsen)

Abb. 5.7 Bremsschlupf²⁶

$M_R < 0 \rightarrow$ es kommt zum Gleiten des Rades aufgrund einer zu starken gegen die Fahrtrichtung wirkenden Kraft.

In diesem Fall bewegt sich das Fahrzeug schneller voran, als sich die Antriebsräder drehen. Im Extremfall, bei einem Bremsschlupf von 100%, bleiben die Antriebsräder stehen, während sich das Fahrzeug weiterhin fortbewegt. In der Fahrzeugtechnik wird dieser Fall mit dem Anti-Blockier-System (ABS) verhindert, da bei blockierten Rädern keine Seitenführungskräfte mehr auf die Straße übertragen werden können und somit keine Richtungsänderung mehr möglich ist. [5]

²⁵ Skriptum Straßenwesen WS2009

²⁶ Skriptum Straßenwesen WS2009

5.4 Bremsvorgang, Verzögerung – Bremsen

Wird ein Fahrzeug bis zum Stillstand verzögert, ist der dafür benötigte Weg von zahlreichen Faktoren abhängig. Die für den Bremsweg erforderliche Zeit setzt sich aus den Komponenten

- Reaktionszeit (Wahrnehmungszeit, auch Vorbremszeit bezeichnet; 1,2 Sekunden)
- Bremszeit (die tatsächlich für den Bremsweg benötigte Zeit zusammen)

Bei der Verzögerung tritt eine Kraft auf, die entgegengesetzt zur Fahrtrichtung wirkt. Dabei kommt es zum Bremsschlupf und es entsteht ein Reibungswiderstand. Ein Fahrzeug hat den kürzesten Bremsweg, wenn der Bremsschlupf in einem Bereich ist, bei dem der maximale Haftreibungskoeffizient auftritt. [2]

Bremskraft:

- F_B Bremskraft [KN]
- b Verzögerung [m/s^2]
- μ Haftreibungswert in Längsrichtung
- G Gewichtskraft [KN]
- m Masse [m]
- g Erdbeschleunigung (angenommen mit 10 [m/s^2])
- s_B Bremsweg [m]
- v_1 Momentangeschwindigkeit [m/s]
- v_2 Geschwindigkeit nach Bremsvorgang [m/s]

Die Bremskraft berechnet sich wie folgt:

$$F_B = \mu * G$$

$$\mu = \frac{F_B}{G} = \frac{m * b}{m * g} = \frac{b}{g} \approx 0,1 * b$$

Bei einer Verzögerung zwischen 3,5 [m/s^2] und 4,5 [m/s^2] muss demnach der Kraftschlussbeiwert zwischen 3,5 und 4,5 liegen.

Der Bremsweg auf einer waagrechten Straße berechnet sich wie folgt:

Arbeitsgleichung:

$$F_B * s_B = \frac{m * v_1^2}{2} - \frac{m * v_2^2}{2}$$

wobei $v_2 = 0$ bei einer Bremsung bis zum Stillstand

$$m * b * s_B = \frac{m * v_1^2}{2}$$

$$s_B = \frac{m * v_1^2}{2 * m * b} = \frac{v_1^2}{2 * b} = \frac{v_1^2}{2 * \mu * g}$$

Der Bremsweg bei Längsneigung berechnet sich wie folgt:

Kinetische Energie \pm potentielle Energie - Bremskraft

$$\frac{m * v^2}{2} \pm G * h - F_B * s_B = 0$$

$$\frac{m * v^2}{2} \pm m * g * s_B * \sin(\alpha) - \mu * m * g * s_B = 0$$

$$s_B = \frac{v^2}{2 * g(\mu \pm \sin(\alpha))} = \frac{v^2}{2 * g(\mu \pm \frac{s}{100})}$$

- s Längsneigung in Prozent [%]

5.4.1 Anhalteweg

Rechnet man die Reaktionszeit dazu, mit einer Annahme von 1,2 Sekunden, kommt man auf den Anhalteweg s_H wie folgt:

$$s_H = 1,2 * v + \frac{v^2}{2 * g(\mu \pm \frac{s}{100})}$$

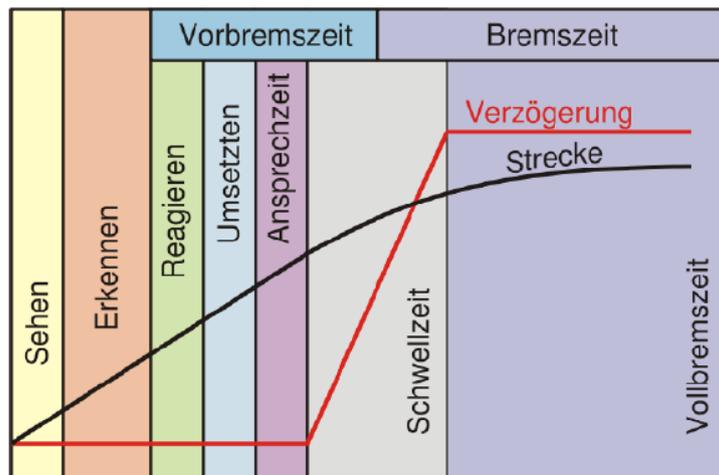


Abb. 5.8 zeitliche Phasen der Anhaltezeit²⁷

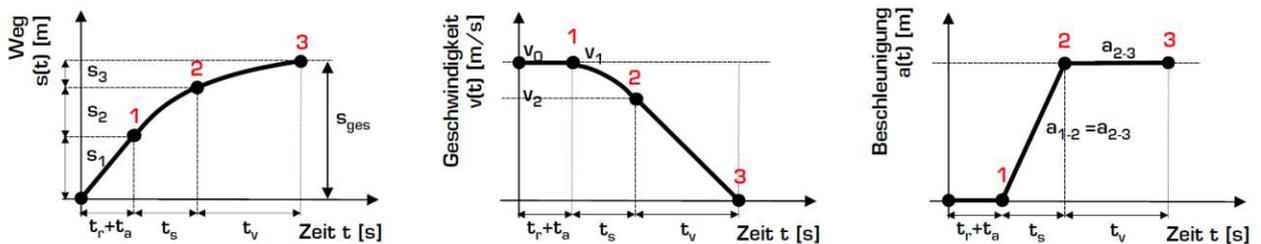
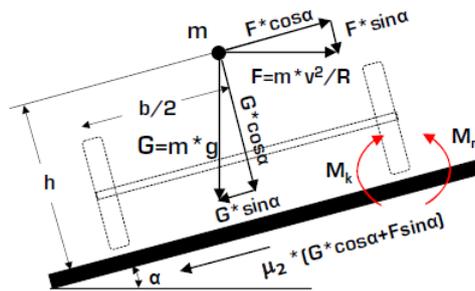
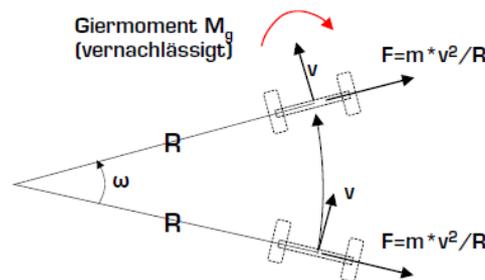


Abb. 5.9 Weg-Zeit Diagramm, Geschwindigkeit-Zeit Diagramm und Beschleunigungs-Zeit Diagramm²⁸

²⁷ Skriptum Straßenwesen WS2009

²⁸ Skriptum Straßenwesen WS2009

5.5 Grundgleichung der Bogenfahrt

Abb. 5.10 Kräfte in der Bogenfahrt - Querschnitt²⁹Abb. 5.11 Kräfte in der Bogenfahrt - Draufsicht³⁰

Damit die zu übertragenden Fliehkräfte überwunden werden, wird im Bogen eine Querneigung nach innen angeordnet. Somit kommt es zu Kräften, die den Fliehkräften entgegenwirken. Die Reibung muss die restlichen, nach außen wirkenden, Kräfte übernehmen.

5.5.1 Schleunern in der Kurve

Das Schleunern in der Kurve hängt von der Geschwindigkeit, der Querneigung und der Reibung zwischen Reifen und Straße ab. Daraus lassen sich die einzelnen Parameter, in Abhängigkeit der Anderen, berechnen. [5]

$$F * \cos(\alpha) - G * \sin(\alpha) - \mu_2(G * \cos(\alpha) + F * \sin(\alpha)) = 0$$

$$G = m * g \quad F = \frac{m * v^2}{R} \rightarrow \text{einsetzen und kürzen}$$

$$\frac{G * v^2}{g * R} * \cos(\alpha) - m * g * \sin(\alpha) - \mu_2 \left(m * g * \cos(\alpha) + \frac{G * v^2}{g * R} * \sin(\alpha) \right) = 0$$

$$\frac{m * v^2}{R} * \cos(\alpha) - m * g * \sin(\alpha) - \mu_2 \left(m * g * \cos(\alpha) + \frac{m * v^2}{R} * \sin(\alpha) \right) = 0$$

Für eine kleine Querneigungen (q) gilt:

$$\sin(\alpha) \sim \tan(\alpha) \sim q$$

$$\cos(\alpha) \sim 1$$

$$\frac{m * v^2}{R} - m * g * q - \mu_2 \left(m * g + \frac{m * v^2}{R} * q \right) = 0$$

²⁹ Skriptum Straßenwesen WS2009

³⁰ Skriptum Straßenwesen WS2009

Daraus lässt sich die zulässige Geschwindigkeit, die erforderliche Reibung und der erforderliche Radius ableiten.

$$v_{zul} = \sqrt{\frac{R * g * (\mu_2 + q)}{1 - \mu_2 * q}}$$

$$\mu_{2erf} = \frac{v^2 - g * q * R}{g * R + q * v^2}$$

$$R_{erf} = \frac{v^2 * (1 + \mu_2 * q)}{g * (q + \mu_2)}$$

5.5.2 Kippen in der Kurve

Je höher der Schwerpunkt liegt, je geringer die Spurweite ist und je höher die Geschwindigkeit ist, desto eher neigen Fahrzeuge zum Kippen. Umgekehrt lässt sich aus den Eingangsparametern Radius, Spurbreite, Höhe des Schwerpunktes und Querneigung, die höchste zulässige Geschwindigkeit berechnet, damit ein Fahrzeug nicht kippt. [5]

$$G * \cos(\alpha) * \frac{b}{2} + F * \sin(\alpha) * \frac{b}{2} + G * \sin(\alpha) * h - F * \cos(\alpha) * h = 0$$

mit:

$$F = \frac{m * v^2}{R}$$

$$G = m * g$$

$$\text{Querneigung } q \ll 1 \rightarrow \cos(\alpha) = 1, \sin(\alpha) = q$$

Und kürzen durch m ergibt:

$$g * \frac{b}{2} + v^2 * q * \frac{b}{2} * R + g * q * h - v^2 * \frac{h}{R} = 0$$

Die zulässige Geschwindigkeit ergibt sich dadurch wie folgt:

$$v_{zul} = \sqrt{\frac{R * g * (b + 2qh)}{2h - q * b}}$$

Die Breite b und die Höhe h zum Schwerpunkt des Fahrzeuges wird wie folgt angenommen:

	Breite	Höhe
PKW	1,6 bis 1,8 [m]	0,3 bis 0,6 [m]
LKW	2,0 bis 2,2 [m]	0,7 bis 1,5 [m]

Tab. 5.1 Fahrzeugabmessung, Höhe bezieht sich auf den Schwerpunkt

6 Trassierung

Unter der Trassierung versteht man das Planen der Linienführung eines Straßenabschnittes durch das Gelände, unter der Beachtung trassierungsrelevanter Parameter. Dabei sind die gewählten Parameter in der Lage und der Höhe aufeinander abzustimmen. Dies gewährleistet eine gute Erkennbarkeit des Streckenverlaufes und trägt somit zur Sicherheit im Straßenverkehr bei. Für die räumliche Linienführung ist folgendes zu beachten: [3]

- kurze gerade Strecken zwischen gleichgerichteten Kreisbögen sind zu vermeiden
- die Kuppen- und Wannenradien sind möglichst groß zu wählen
- kleine Radien von Kreisbögen mit kaum Unterschied in der Richtung zwischen geraden Abschnitten sind zu vermeiden
- Zwischen zwei Wannen bzw. Kuppen sind zu kurze Abschnitte mit einer konstanten Längsneigung zu vermeiden
- Nebeneinanderliegende Kreisbögen sollen ausgewogen aufeinander folgen
- Um den wirtschaftlichen Faktor zu berücksichtigen, ist bei der Linienführung darauf zu achten, Kunstbauten zu meiden.

[6, p. 3] [7, p. 1]

Entwurfsparameter der Linienführung gliedern sich in die Höhe, die Lage, den Querschnitt und die Sicht. Weiteres können die Elemente wie folgt untergliedert werden:

Höhe:

- Bezugslinie
- Längsneigung
- Veränderung der Längsneigung

Lage:

- Gerade
- Kreisbogen
- Übergangsbogen
- Querschnitt
- Schrägneigung

Querneigung:

- Anrampung mit der Verwindung
- Fahrflächenverbreiterung im Kreisbogen

Sicht:

- Überholsichtweite
- Anhaltesichtweite

Bei der Abstimmung der Entwurfselemente untereinander sind an jedem Punkt einer Strecke die Projektierungsgeschwindigkeit (V_p), die Anhaltesichtweite, die Fahrbahntwässerung und die Anforderungen an die räumliche Linienführung zu berücksichtigen.

Einflussparameter für die Wahl der Linienführung sind [6]:

- Bebauung
- betriebliche Erfordernisse
- Geologie
- Grundwasser, Hangwasser u.dgl.

- klimatische Einflüsse (wie Niederschläge, Frost und Schneeverwehungen)
- räumliche Funktion
- Schutzgebiete
- Topografie und Gewässer
- Umfeld- und Gestaltungsfunktion
- Umweltauswirkungen
- verkehrliche Rahmenbedingungen (wie Geschwindigkeit, Verkehrsstärke bzw. -zusammensetzung und Verkehrsorganisation)
- Verkehrssicherheit
- Wirtschaftlichkeit

Den Ablauf für die Festlegung der wesentlichen Entwurfsparameter stellt nachfolgende Abbildung dar.

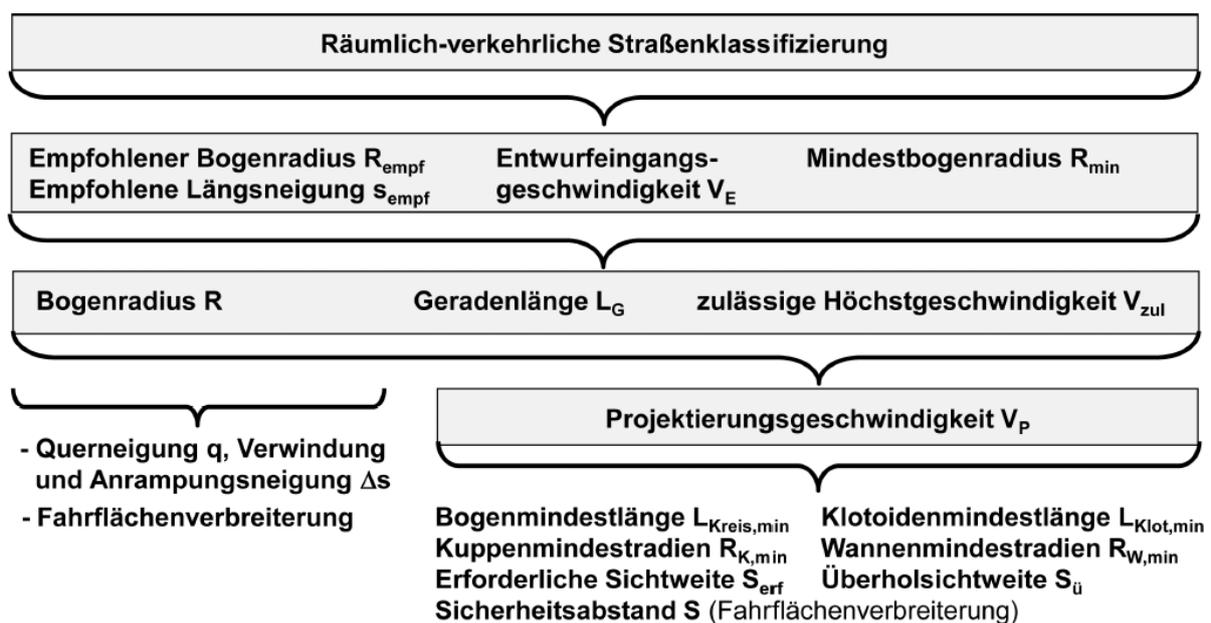


Abb. 6.1: Ablaufschema für die Wahl der wesentlichen Entwurfselemente³¹

Der Entwurf der Trasse soll minimale Auswirkungen auf die Umwelt, das Landschaftsbild und die Verkehrssicherheit haben. Zudem sind die Anforderungen an die Straße aktuell geltender Richtlinien einzuhalten.

6.1 Entwurfs und Projektierungsgeschwindigkeit

Mit der RVS 03.03.23 „Linienführung“ (1981) wurden in Österreich die folgenden zwei Geschwindigkeitsbegriffe angewendet:

- Entwurfsgeschwindigkeit V_E : Das ist jene Geschwindigkeit, die die Grenzwerte der Trassierungselemente, sprich die Parameter, für den Grund und Aufriss bestimmt.
- Projektierungsgeschwindigkeit V_P : Dabei handelt es sich um jene Geschwindigkeit, welche dem zu erwartenden Geschwindigkeitsverhalten entspricht.

Die Begründung für die Einführung der Projektierungsgeschwindigkeit in den Richtlinien war der auf einigen Streckenabschnitten oft große Unterschied der möglichen und damit zu erwartenden gewählten Fahrgeschwindigkeit zu der in der Planung der Parameter gewählten

³¹ RVS 03.03.23 (2014)

Entwurfsgeschwindigkeit. Durch diese Differenz konnten einige Elemente, wie die Sichtweiten, Kuppen- und Wannennradien sowie die Querneigung, nicht ausreichend bemessen werden, um auch die Sicherheit beim Befahren zu gewährleisten. [8]

So werden im ersten Schritt mit Hilfe der Entwurfsgeschwindigkeit die Mindestradien und die Maximalsteigung festgelegt.

Weitere Parameter wie Sichtweiten, Kuppen- und Wannennradien, sowie die Querneigung, werden mit der Projektierungsgeschwindigkeit bestimmt. Die Projektierungsgeschwindigkeit ist durch die beiden Zusammenhänge, Radius und Geschwindigkeit, sowie Längsneigung und Geschwindigkeit zu ermitteln.

Vor 1970 gab es in den Richtlinien, wie den ÖFS-Richtlinien (1956) oder der RAL-L-1963 je nur einen Geschwindigkeitsbegriff.

- ÖFS-Richtlinien: Ausbaugeschwindigkeit
- RAL-L-1963: Entwurfsgeschwindigkeit

Diese Geschwindigkeitsbezeichnungen definierten jene höchste gleichbleibende Geschwindigkeit, bei der ein nasser, sauberer Abschnitt sicher befahren werden konnte. Diese Geschwindigkeit hat die Grenzwerte der Trassierungselemente festgelegt. Gleichzeitig wurde auf die Möglichkeit der Verwendung größerer Parameter verwiesen. Dabei ergab sich die Problematik, dass die Verkehrsteilnehmer sich mit der Wahl der Fahrgeschwindigkeit nach der Streckencharakteristik und nicht nach der Entwurfsgeschwindigkeit gerichtet haben. Das Befahren der Streckenabschnitte mit einer höheren Geschwindigkeit, als in der Planung vorgesehen, war die Folge. Dies hat die Fahrsicherheit beeinträchtigt. [8]

Durch die Einführung der Projektierungsgeschwindigkeit wird das tatsächliche Fahrverhalten widergespiegelt.

6.1.1 Entwurfsgeschwindigkeit V_E

Durch die Entwurfsgeschwindigkeit werden die Parameter in Grund- und Aufriss für einen längeren Streckenabschnitt festgelegt. Ändert sich die Charakteristik der Strecke, so darf dies auch bei der Entwurfsgeschwindigkeit berücksichtigt werden. [9]

Im Grundriss:

- minimale Radien im Bogen

Im Aufriss:

- maximale Längsneigung

Die Entwurfsgeschwindigkeit wird anhand der Bedeutung der Kategorie der Straße gewählt. Wird durch bestimmte Gegebenheiten die Wahl kleiner Radien erforderlich, ist wenigstens die Einhaltung von R_{min} anzustreben. R_{min} , sowie die zugehörige Entwurfsgeschwindigkeit, definieren die minimalste Projektierungsgeschwindigkeit, die im betrachteten Abschnitt auftreten kann. [9]

6.1.2 Projektierungsgeschwindigkeit V_P

Als Projektierungsgeschwindigkeit wird jene Geschwindigkeit bezeichnet, die von näherungsweise 85% der Verkehrsteilnehmer, die mit einem PKW, auf nasser, sauberer Fahrbahn fahren, erwartet werden kann. [6]

Die Projektierungsgeschwindigkeit dient als Planung für

- Mindestlängen der Kreisbögen

- Mindestlänge der Übergangsbögen (Klotoide)
- Mindestradien der Kuppen und Wannen
- Sicherheitsabstand (Fahrflächenverbreiterung)
- Mindestwerte für die Sichtweiten
- Werte der Überholsichtweite

Wird eine höhere Geschwindigkeit als die zukünftige Höchstgeschwindigkeit ermittelt, wird die Höchstgeschwindigkeit als Projektierungsgeschwindigkeit festgelegt. Da die Linienführung neben der zulässigen Höchstgeschwindigkeit die Wahl der Geschwindigkeit der Verkehrsteilnehmer beeinflusst, darf sich die Projektierungsgeschwindigkeit nicht unvorhergesehen ändern. Die Projektierungsgeschwindigkeit sollte sich zwischen zwei aufeinander folgenden Elementen nicht um mehr als 10 [km/h] verändern. [6]

6.2 Parameter der Lage

6.2.1 Übergangsbogen

Der Übergangsbogen als Trassierungselement verbindet die Gerade mit dem Kreisbogen. Er ist aus fahrdynamischen, entwässerungstechnischen, fahrdynamischen, fahrpsychologischen, optischen, sowie ästhetischen Gründen notwendig.

Der Übergangsbogen erfüllt dabei folgende Aufgaben: [10]

- Er dient als Strecke für die Fahrbahnverwindung,
- er ermöglicht eine stetige Änderung der in der Kurve auftretenden Zentrifugalbeschleunigung, was einen plötzlichen Ruck vermeidet und
- er ermöglicht durch seine kontinuierliche Änderung der Krümmung einen fließenden Trassierungsverlauf und dient der optischen Linienführung.

Im Straßenbau wird als Übergangsbogen ausschließlich die Klotoide verwendet. Sie erfüllt die Forderung einer stetigen Änderung der Krümmung optimal. Dabei ist das Produkt aus Bogenlänge L und dem zugehörigen Krümmungshalbmesser R konstant.

$$A^2 = R * L$$

- A Parameter der Klotoide [m]
- L Längen der Klotoide bis zum Radius R [m]
- R Radius am Ender der Klotoide [m]

Je nach Projektierungsgeschwindigkeit ist eine Mindestlänge festgelegt. Die maximale Länge sollte dabei nicht die doppelte Mindestlänge überschreiten.

Bei sehr großen Kreisbogenradien ($R \geq 2000$ [m]) kann der Übergangsbogen weggelassen werden, falls dies technische Vorteile bringt, wie zum Beispiel bei der Errichtung von Kunstbauten. Der Verzicht auf die Klotoide setzt jedoch voraus, dass keine Verwindung erforderlich ist. [6]

6.2.2 Kreisbogen

Der Kreisbogen ermöglicht die Änderung der Richtung und somit ein Einpassen der Trasse in vorhandene Strukturen. Die Radien sind möglichst groß zu wählen, besonders nach einer langen Geraden. Radien von Kreisbögen, die aufeinanderfolgen, sollen in einem ausgeglichenen Verhältnis stehen. Je nach Entwurfsgeschwindigkeit ist ein anderer Mindestradius maßgebend.

Die Mindestlänge von Kreisbögen errechnet sich mit $L_{min} = \frac{V_p}{3,6}$. Empfohlen wird jedoch, dass

der Kreisbogen die doppelte Länge von L_{\min} haben sollte. Dies entspricht einer Fahrzeit von mehr als zwei Sekunden mit der Projektierungsgeschwindigkeit. [6]

6.2.3 Gerade

Die Gerade als Trassierungselement eignet sich vor allem in der Ebene entlang Bahnlinien oder anderen geradlinigen Anordnungen. Auch in der Ebene bietet die Gerade eine gute Möglichkeit der Anpassung an die Landschaft. Im Bereich von Knotenpunkten, Überholstrecken und Verflechtungstrecken, ist sie ein geeignetes Element der Linienführung. In diesen Bereichen wird durch die Gerade eine uneingeschränkte Sicht ermöglicht. Die Wahl der richtigen Länge spielt eine wichtige Rolle. [3]

Die Nachteile zu langer Geraden sind das erschwerte Erkennen von Entfernungen und Einschätzen von Geschwindigkeiten. Zudem steigt die Gefahr durch den Gegenverkehr geblendet zu werden und die Wahrnehmung der Verkehrsteilnehmer sinkt, sie ermüden und werden unaufmerksam. Ein weiterer Nachteil ist die einseitige Querneigung, die sich fahrdynamisch ungünstig auswirkt. Der, durch eine lange Gerade entstehende Effekt der Starrheit, lässt sich durch eine Wanne mit großem Radius reduzieren. [6]

Die maximale Länge der Geraden soll das 20-fache der Entwurfsgeschwindigkeit, Höchstlänge in Meter, nicht überschreiten. [3]

Eine Gerade zwischen zwei gleich gekrümmten Bögen sollte mindestens eine Länge von fünf Fahrsekunden mit der V_p haben. Sonst wird der Verkehrsteilnehmer zu einer falschen Fahrlinie verleitet.

6.3 Parameter der Höhe

6.3.1 Bezugslinie

Die Bezugslinie wird definiert als jene Linie des Längsschnittes, auf die sich die Angaben der Trassierungsparameter wie Längsneigung, Ausrundung von Kuppen- und Wannennradien, etc. beziehen. Sie liegt in der Regel in der Straßenachse und befindet sich in der Ebene der Fahrbahn. Um sie wird die Verwindung der Fahrbahn vorgenommen. In der Bezugslinie entsteht keine sekundäre Längsneigung. Sind die Richtungsfahrbahnen baulich getrennt, hat jede Richtungsfahrbahn ihre eigene Bezugslinie, die jedoch meist in der Höhenlage ident sind. Bei Straßen ohne Mittelstreifen, die zu einem späteren Zeitpunkt ausgebaut und mit einem Mittelstreifen getrennt werden, kann es sinnvoll sein die Bezugslinie nicht in die Straßenachse, sondern an den Fahrbahnrand zu legen. [10]

6.3.2 Straßenlängsneigung

Das Gefälle bzw. die Steigung der Bezugslinie wird als Längsneigung bezeichnet. Die Längsneigung ist ein Fahrwiderstand, für deren Überwindung entsprechende Motorzugkraft notwendig ist. Die Längsneigung ist möglichst gering zu halten um

- einen möglichst homogenen Verkehrsfluss zu ermöglichen,
- eine ausreichende Leistungsfähigkeit zu erzielen und
- die Verkehrssicherheit zu gewährleisten.

In Bereichen, in denen die die Mindestquerneigung von 2,5% erfüllt ist, ist auch eine Längsneigung von 0% zulässig. Eine Längsneigung wird in Verwindungsbereichen benötigt, wo ein Richtungswechsel der Querneigung stattfindet und es zu dem sogenannten Nulldurchgang kommt. Im Nulldurchgang ist keine Querneigung vorhanden. Dies ist entwässerungstechnisch

kritisch. In diesem Bereich muss daher das Wasser über die Längsneigung abgeführt werden. Daher ist an diesen Stellen eine Mindestlängsneigung notwendig. [11] [10]

6.3.3 Kuppen und Wannen

Eine Änderung der Längsneigung wird durch Wannen und Kuppen ausgerundet, um keinen Knick in die Linienführung der Höhe zu bekommen. Wannen und Kuppen werden als Bögen ausgeführt, die näherungsweise einer quadratischen Parabel entsprechen. Die beiden Elemente können unmittelbar direkt aneinandergereiht, oder durch eine Zwischengerade verbunden werden. Zu kurze, optisch wahrnehmbare Geraden zwischen gleichgekrümmten Ausrundungen, sind zu meiden. Zur Ausrundung sollen möglichst große Radien verwendet werden. Vor allem bei Kuppen ist darauf acht zu legen, da zu kleine Radien die Sichtweite einschränken. Der Mindestausrundungsradius ergibt sich aus der Projektierungsgeschwindigkeit, um die notwendigen Sichtweiten einzuhalten. [10]

6.4 Parameter im Querschnitt

6.4.1 Anrampung und Verwindung

Ändert sich der Bogenradius oder die Krümmungsrichtung, dann ändert sich auch die Querneigung. Diese Änderung erfolgt innerhalb des Übergangsbogens, der Klotoide. Dabei sind die Parameter der Klodoide so zu wählen, dass die gesamte Verwindung der Fahrbahn innerhalb der Länge des Übergangsbogens vollzogen werden kann. Bei der Verwindung werden die Fahrbahnränder angerammt, die Bezugsachse bleibt bei der Verwindung unverändert. Die Änderung der Querneigung erfolgt somit durch die Drehung der Fahrbahnfläche, um die Bezugsachse. Die Länge der Verwindung darf dabei nicht die Mindestlänge der Klotoide unterschreiten. [11] [10]

Als Anrampungsneigung wird die Differenz zwischen der Längsneigung der Bezugslinie und der Längsneigung des durchgehenden Fahrflächenrands bezeichnet. [6]

$$\Delta s = \frac{\Delta q * a}{L}$$

- Δs Anrampungsneigung [%]
- Δq Querneigungsdifferenz der Verwindung [%]
- a Abstand des Fahrflächenrands von der Bezugslinie [m]
- L Länge der Verwindungsstrecke [m], im Regelfall gleich der Länge der Klotoide

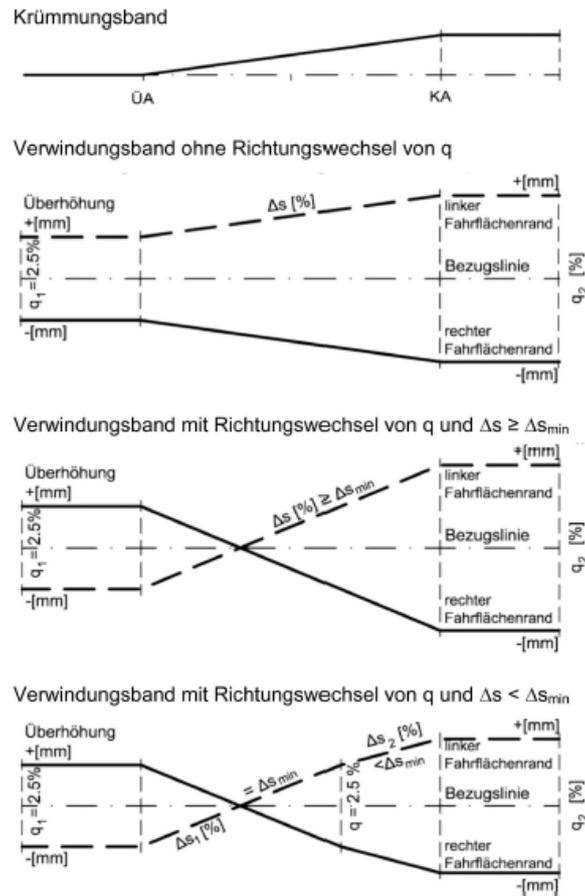


Abb. 6.2: Verwindung Gerade-Übergangsbogen-Kreisbogen (ohne und mit Richtungswechsel der Querneigung)³²

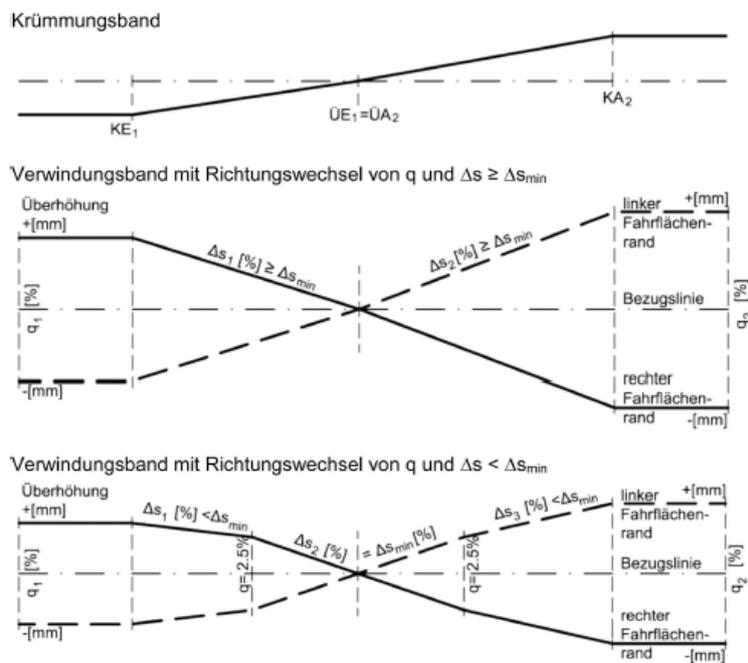


Abb. 6.3: Verwindung Kreisbogen-Übergangsbogen-Kreisbogen (Wendelinie)³³

³² RVS 03.03.23 (2014)

³³ RVS 03.03.23 (2014)

Kommt es in einer Verwindung der Trasse zu einer kleineren Querneigung als 2,5%, so muss die minimale Anrampungsneigung (Δs_{min}) $0,1 * a$ betragen, damit die Entwässerung gewährleistet wird. Dies bedeutet, dass sich die Querneigung im Bereich der Verwindung um 0,1% pro Meter ändert. Diese minimale Anrampungsneigung Δs_{min} ist vom Nulldurchgang ausgehend so lange beizubehalten, bis die Fahrfläche wieder eine Querneigung von 2,5% erreicht. Die restliche Anrampung ist auf dem verbleibenden Übergangsbogen vorzunehmen. [11] [6]

Wird der Verwindungsbereich einheitlich festgelegt, bringt das den Vorteil, dass eine günstige Positionierung der Abläufe unabhängig vom Regelquerschnitt festgelegt werden kann. Bei einer zu geringen Längsneigung der Bezugslinie, darf der Nulldurchgang der Querneigung vom Ursprung der Klotoide bis zu jener Stelle verschoben werden, an welche die Klotoide einen Krümmungsradius von 2000 [m] beträgt. [10] [6]

6.4.1.1 Die Gratverwindung (Sonderfall)

Dabei handelt es sich um einen Sonderfall der Verwindung. Die Querneigung beträgt bei der Gratverwindung 2,5% auf der gesamten Fahrbahn. Bei einer zu geringen Längsneigung der Bezugslinie darf dieser Sonderfall im Verwindungsbereich mit einem Richtungswechsel der Querneigung ausgeführt werden, falls der Nulldurchgang nicht verschoben werden kann. [6]

Bei der Gratverwindung handelt sich um eine bautechnisch recht aufwendige und fahrdynamisch sehr ungünstige Lösung.

Die Länge des Übergangsbogens ist dabei im Vorhinein so zu wählen, dass die gesamte Verwindung (sprich die Gratverwindung und die restliche Verwindung) sich innerhalb diesen ausgeht. Folgende Punkte sind dabei einzuhalten: [6]

- Die Länge der Gratverwindung hat mindestens 7,0 [m] je Meter Fahrbahnbreite, inklusive Rand- und Abstellstreifen zu betragen.
- Die restliche Anrampungsneigung Δs_{Rest} der Verwindung von der Querneigung $q = 2,5$ [%] bis zum Beginn des Kreisbogens darf das doppelte der minimalen Anrampungsneigung Δs_{min} nicht überschreiten.

$$\Delta s_{Rest} \leq 2 * \Delta s_{min}$$

Ist die Länge des Übergangsbogens zwischen Kreisbogen und Gerade nicht ausreichend, darf im Ausnahmefall die Gratverwindung im erforderlichen Ausmaß in die Gerade reichen. [6]

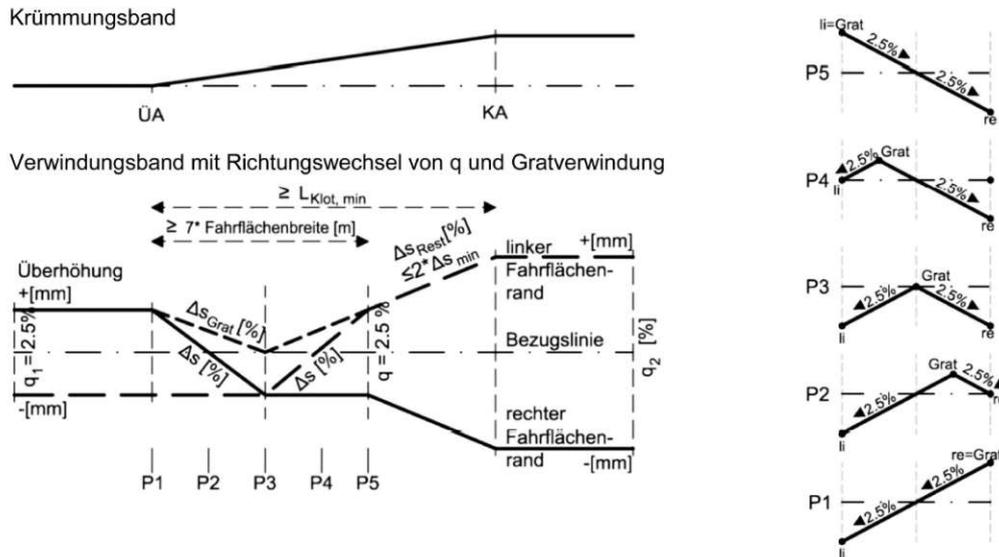


Abb. 6.4: Gratverwindung Gerade-Übergangsbogen-Kreisbogen mit Profilschema³⁴

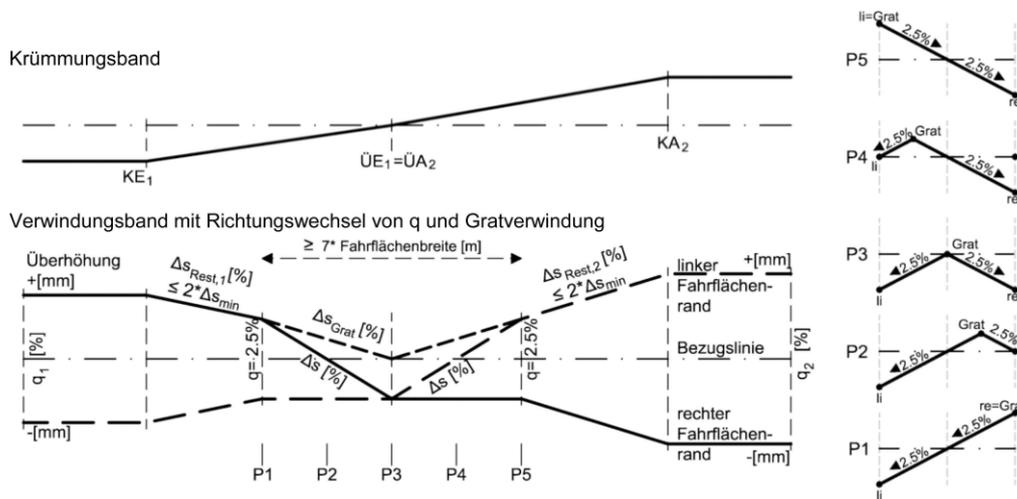


Abb. 6.5: Gratverwindung Kreisbogen-Übergangsbögen-Kreisbogen (Wendelinie) mit Profilschema³⁵

6.4.2 Fahrlächenverbreiterung im Bogen

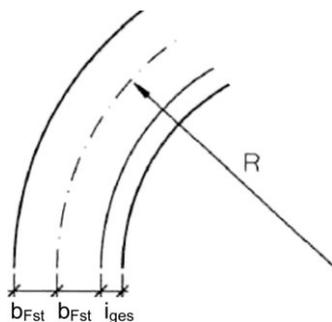
Die Fahrläche i_{ges} ist in Kreisbögen gegebenenfalls zu verbreitern. Die Summe der Fahrstreifenverbreiterungen i_{Fst} ergibt die gesamte Verbreiterung und wird wie folgt berechnet: [6]

$$i_{ges} = \sum i_{Fst}$$

Die Verbreiterung erfolgt am inneren Rand der Fahrläche und ist auf der gesamten Länge des Kreisbogens anzuordnen, wobei auf eine Verbreiterung bei $i_{ges} \leq 0,2$ [m] verzichtet werden darf.

³⁴ RVS 03.03.23 (2014)

³⁵ RVS 03.03.23 (2014)

Abb. 6.6: Fahrflächenverbreiterung in Kreisbögen³⁶

Zur Ermittlung der notwendigen Verbreiterung für jeden Fahrstreifen i_{Fst} ist mindestens ein Fahrstreifen mit der Fahrzeugbreite $b_{FZ} = 2,55$ [m] vom Bemessungsfahrzeug mit der maximalen Deichsellänge D_{max} anzusetzen. Weitere Fahrstreifen können je nach Zusammensetzung des Verkehrs bei regionalen Straßen auch mit einem kleineren Bemessungsfahrzeug angesetzt werden. [6]

Berechnet wird die Verbreiterung je Fahrstreifen wie folgt:

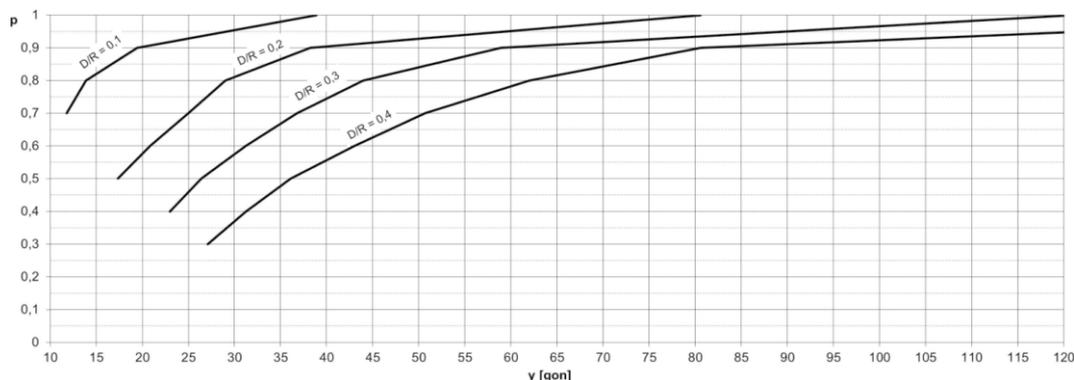
$$i_{Fst} = b_{FZ} + i_{FZ} + S - b_{Fst}$$

- i_{Fst} erforderliche Fahrstreifenverbreiterung [m]
- b_{FZ} Breite des Bemessungsfahrzeuges [m]
- i_{FZ} zusätzlicher Breitenbedarf des Bemessungsfahrzeuges bei Kurvenfahrt ohne Rückspiegel [m]
- b_{Fst} unverbreiterte Fahrstreifenbreite [m]
- S Sicherheitsabstand je Fahrstreifen:
 - $S \geq 0,25$ [m] bei $V_p \leq 60$ [km/h]
 - $S \geq 0,45$ [m] bei $V_p > 60$ [km/h]

Der zusätzliche Breitenbedarf des Bemessungsfahrzeuges wird wie folgt berechnet:

$$i_{FZ} = \left(R - \sqrt{R^2 - D^2} \right) * p$$

- R Kreisbogenradius in der Straßenachse [m]
- D reduzierte Deichsellänge [m]
- P Abminderungsfaktor [-], abhängig vom Zentriwinkel γ [gon] des Kreisbogens

Abb. 6.7: Diagramm zur Ermittlung des Abminderungsfaktors p ³⁷

³⁶ RVS 03.03.23 (2014)

³⁷ RVS 03.03.23 (2014)

Unter einem Kreisbogenradius von $R < 50$ [m] ist die Verziehung analog einer Schleppkurve auszubilden. Bei allen anderen Radien erfolgt die Verziehung, von der unverbreiterten auf die verbreiterte Fahrfläche, linear über den Übergangsbogen.

	b_{Fz} [m]	D [m]
Fahrzeug mit $D_{max}^{*)}$	2,55	9,73
Bus bis 12 [m] Länge, Einzellastwagen größerer Bauart, üblicher Lastkraftwagenzug, Sattelkraftfahrzeug	2,55	9,10
2- bzw. 3-achsiger Lastkraftwagen, landwirtschaftlicher Zug (Obergrenze)	2,55	6,50
Größerer Lieferwagen	2,20	5,20
Personenkraftwagen	2,00	4,20

*) errechnet gemäß § 6 Abs. 2 KDV; max. Wendekreisradius = 12,50 [m], min. Innenbogenradius = 5,30 [m]

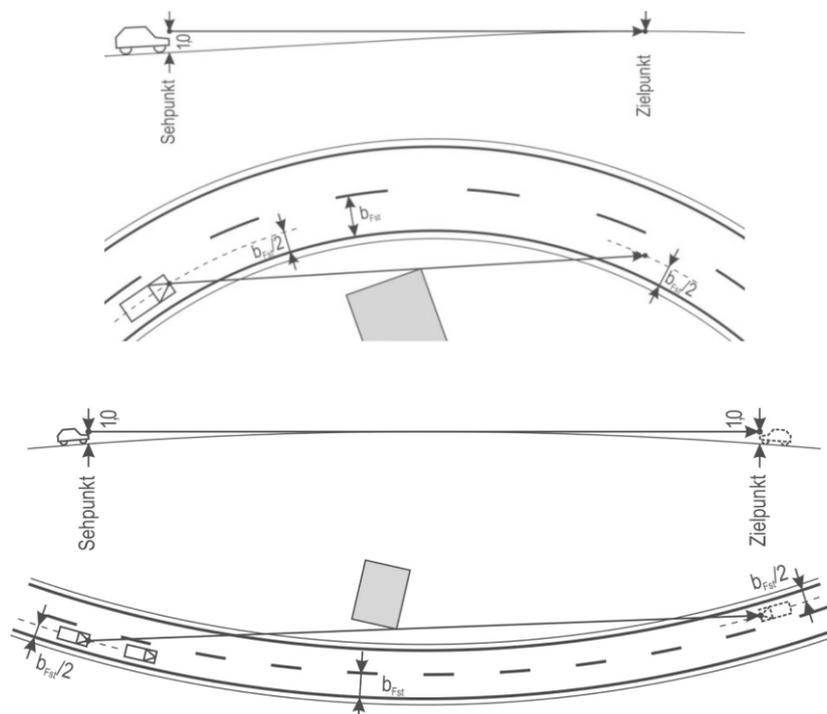
Tab. 6.1: Maximalwert D_{max} und Richtwerte für die reduzierte Deichsellänge D und zugehörige Fahrzeugbreiten B_{Fz} ³⁸

6.5 Sichtweite

Die erforderlichen Sichtweiten hängen von der tatsächlich gefahrenen Geschwindigkeit ab. Deshalb ist die Projektierungsgeschwindigkeit V_p die Grundlage für die Sichtweitenermittlung des seitlichen Sichtraumes. So ist auch eine ausreichende Sicherheit gewährleistet, wenn die Geschwindigkeiten der Verkehrsteilnehmer höher als die Entwurfsgeschwindigkeiten sind. Mit Hilfe nachfolgender Tabelle kann die Höhe des Sichtpunktes, für den Seh- und den Zielpunkt, ermittelt werden. Vereinzelt Hindernisse, die das Sichtfeld geringfügig behindern, dürfen dabei unberücksichtigt bleiben. [6]

³⁸ RVS 03.03.23 (2014)

	Sehpunkt		Zielpunkt	
	Lage	Höhe [m]	Lage	Höhe [m]
Erforderliche Sichtweite	Mitte des für die Fahrtrichtung bogeninneren Fahrstreifens	1,00	Mitte des für die Fahrtrichtung bogeninneren Fahrstreifens	0,00
Überholsichtweite			Mitte des Gegenfahrstreifens	1,00

Tab. 6.2: Eingangsparameter für Seh- und Zielpunkt zur Ermittlung der Sichtweiten³⁹Abb. 6.8: Prinzipskizze zur Ermittlung der erforderlichen Sichtweite S_{eff} (oben) und der Überholsichtweite S_u (unten)⁴⁰

6.5.1 Erforderliche Sichtweite

Das Ziel ist es große Sichtweiten sicherzustellen. Jedenfalls hat aber für eine Fahrtrichtung die erforderliche Sichtweite S_{eff} immer vorhanden zu sein. In begründeten Fällen ist eine Abweichung von dieser Bestimmung nur bei Fahrzeugrückhaltesystemen zulässig. [6]

Kommt es zu einer Änderung der Längsneigung, wie das bei Kuppen und Wannen der Fall ist, ist die jeweils längere erforderliche Sichtweite nach nachfolgender Tabelle zu verwenden.

³⁹ RVS 03.03.23 (2014)

⁴⁰ RVS 03.03.23 (2014)

V_P [km/h]	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	110	120	130	
Längsneigung s [%]	-12	30	36	42	49	57	65	73	82	92	102	112	123	135			
	-10	29	35	41	48	55	62	71	79	88	98	108	119	130			
	-8	28	34	40	46	53	60	68	77	85	95	104	115	125			
	-6	27	33	39	45	52	59	66	75	83	92	101	111	121	143	166	192
	-4	27	32	38	44	50	57	64	72	80	89	98	107	117	138	161	185
	-2	26	31	37	43	49	56	63	70	78	86	95	104	114	134	156	179
	0	26	31	36	42	48	54	61	68	76	84	93	101	110	130	151	174
	+2	25	30	35	41	47	53	60	67	74	82	90	99	108	126	147	169
	+4	25	29	35	40	46	52	58	65	72	80	88	96	105	123	143	164
	+6	24	29	34	39	45	51	57	64	71	78	86	94	102	120	139	160
	+8	24	28	33	38	44	50	56	62	69	76	84	92	100			
	+10	24	28	33	38	43	49	55	61	68	75	82	90	98			
+12	23	28	32	37	42	48	54	60	66	73	80	88	96				

Erforderliche Sichtweite beinhaltet eine Vorbremszeit von 1,20 [s] mit einer Bremsverzögerung von 5,00 [m/s²]

Abb. 6.9: erforderliche Sichtweite S_{erf} [m]⁴¹

6.5.2 Überholsichtweite

Um einen Überholgang sicher ausführen zu können, braucht es die Überholsichtweite $S_{\text{ü}}$. Dabei handelt es sich um jene Strecke, die man benötigt, um ein mit Projektierungsgeschwindigkeit entgegenkommendes Fahrzeug, nicht zu behindern. Die Strecke setzt sich dabei wie folgt zusammen: [6]

- Weg des überholenden Fahrzeuges
- Weg des entgegenkommen Fahrzeuges
- Sicherheitsabstand zwischen den beiden Fahrzeugen am Ende des Überholvorganges

Ob eine Anlage von Überholsichtweite bei Streckenabschnitten erforderlich ist, ist zu prüfen.

Mit nachfolgender Tabelle wird die Überholsichtweite $S_{\text{ü}}$ ermittelt.

V_P [km/h]	60	70	80	90	100
$S_{\text{ü}}$ [m]	400	450	500	550	600

Tab. 6.3: Überholsichtweite $S_{\text{ü}}$ [m]

⁴¹ RVS 03.03.23 (2014)

7 Räumliche Linienführung

Die Trassierung selbst erfolgt dreidimensional. In der Zeichenebene lässt sich die Trasse durch Projektion in den Lageplan und durch Abwicklungen in den Höhenplan darstellen. [10]

Die Dreidimensionalität der Straße wird aus anschaulichen Gründen in drei zweidimensionalen Plänen dargestellt: [12]

- Lageplan
- Höhenplan
- Querprofil

Um die Verkehrssicherheit, sowie eine ästhetisch begünstigte Wirkung der Trassierung zu gewährleisten, ist eine gute optische Linienführung Bedingung. Dabei ist die Wahl der richtigen Größe der Trassierungsparameter entscheidend. Diese müssen entsprechend aufeinander abgestimmt werden. So ergibt sich eine Trasse, deren Straßenverlauf sich eindeutig identifizieren lässt. Überprüft kann dies durch eine perspektivische Darstellung werden. In weiterer Folge kann durch eine Anwendung von zusätzlichen Linienelementen der Verlauf der Trasse besser kenntlich gemacht werden. [7]

Die Entwurfselemente für die einzelnen Pläne (Lageplan, Höhenplan und Querprofile) werden aus den entsprechenden RVS gewählt. [12]

Ein Beispiel für eine optisch gute Linienführung, wo die Elemente der Höhe und Lage aufeinander abgestimmt sind.

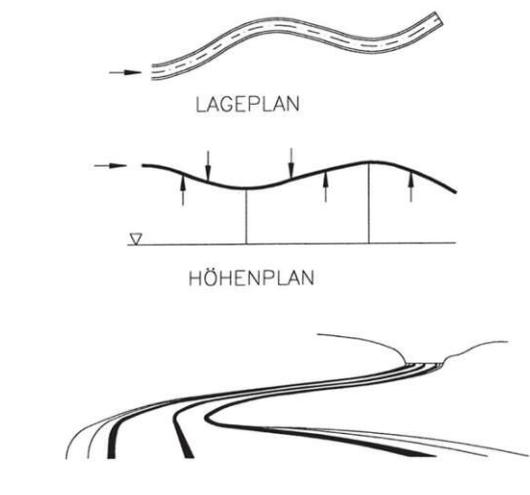


Abb. 7.1: Gute optische Wirkung durch Abstimmung der Elemente der Höhe und Lage⁴²

Werden Geraden, Bögen und Querschnitte verschiedener Raumelemente überlagert, entsteht eine dreidimensionale Trasse. Diese lassen sich beispielsweise durch perspektivische Grafiken darstellen.

7.1 Perspektivische Darstellung

Das Fahrbahnband und der Raum darum bieten dem Verkehrsteilnehmer eine Folge optischer Eindrücke. Aus dieser Reihenfolge kann geschlossen werden, welchen Einflüssen der Fahrer unterliegt. Einzelne unklare Bilder sind zwar nicht für die Aufmerksamkeit ausschlaggebend,

⁴² RVS 03.03.21 (2001)

aber eine Folge irreführender Eindrücke kann durchaus die Verkehrssicherheit beeinflussen. [10]

Damit eine harmonische Trasse entsteht (siehe nachfolgende Abbildung), sind alle Raumelemente aufeinander abzustimmen.

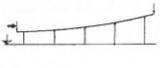
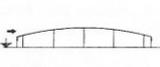
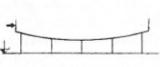
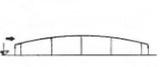
Lageplanelement	Höhenplanelement	Raumelement
 Gerade	 Gerade	 Gerade mit konstanter Längsneigung
 Gerade	 Bogen	 gerade Wanne
 Gerade	 Bogen	 gerade Kuppe
 Bogen	 Gerade	 Kurve mit konstanter Längsneigung
 Bogen	 Bogen	 gekrümmte Wanne
 Bogen	 Bogen	 gekrümmte Kuppe

Abb. 7.2 Räumliche Wirkung von Geraden und Bogen im Grund- und Aufriss⁴³

Eine gut ausgewogene Abstimmung der Trassierungsparameter aufeinander, sowie die Einhaltung der Mindestparameter der einzelnen Elemente, ist für die Verkehrssicherheit von entscheidender Bedeutung. Beispielsweise stellt ein kleiner Bogenradius keine erhöhte Unfallgefahr dar, wenn bereits vorher sich die Kurvenradien stetig verkleinern. Liegt ein kleiner Radius jedoch zwischen wesentlich größeren Radien, steigt die Unfallgefahr erheblich.

Das Band der Fahrbahn und die Umgebung darum bieten dem Verkehrsteilnehmer eine Abfolge von Eindrücken und optischen Bildern. Durch diese Abfolge, und somit den Eindrücken, denen der Verkehrsteilnehmer unterliegt, kann das Fahrverhalten gesteuert werden. Es ist nicht entscheidend, dass einzelne unklare Bilder den Verkehrsteilnehmer beeinflussen, aber eine Häufung kann durchaus die Aufmerksamkeit beanspruchen und somit ein sicheres Fahrverhalten beeinflussen. Eine wichtige Voraussetzung für Sicherheit ist die gute optische Linienführung. Erreicht wird dies durch einen übersichtlichen Straßenverlauf und eine „ruhig“ wirkende Trasse, sodass der Verlauf eindeutig und rechtzeitig erfasst werden kann. Der Verlauf

⁴³ Straßenplanung, Bundesanzeigerverlag, 2017

der Trasse wird umso deutlicher, je besser auch die Fahrbahnränder gekennzeichnet sind, zum Beispiel durch Markierungen. Eine wesentliche Bedeutung haben die Fahrbahnränder in Bereichen von Verziehungen. [10]

7.1.1 Kurze Gerade zwischen zwei gleichgesinnten Kreisbögen

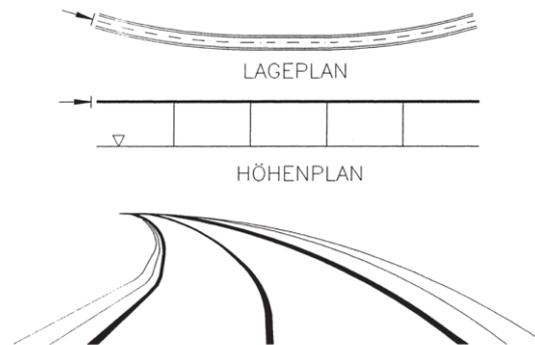


Abb. 7.3: Negative optische Wirkung einer Geraden zwischen gleichgerichteten Kreisbögen⁴⁴

Zwischen zwei gleichgerichteten Bögen sind zu kurze Zwischengeraden zu vermeiden. Der Verkehrsteilnehmer wird sonst dazu verleitet seine Fahrbahnhälfte zu verlassen.

7.1.2 Abfolge von Kreisradien

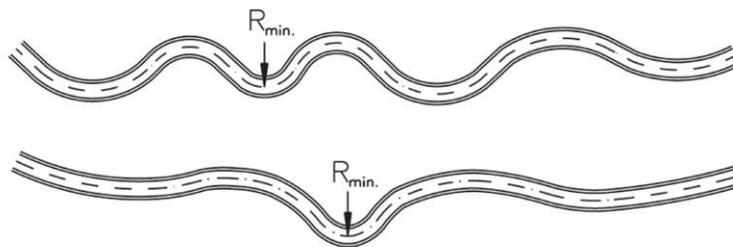


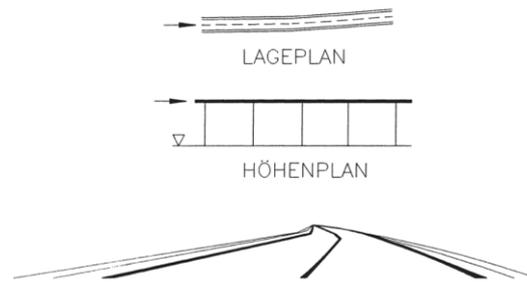
Abb. 7.4: Ausgewogene und nicht ausgewogene Aufeinanderfolge von Kreisbogenradien⁴⁵

Sind die Radien aufeinander folgender Bögen nicht ausgewogen, kommt es zu einer ständigen Änderung der Geschwindigkeit. Einzelne scharfe Kurven in einer sonst eher geraden Linienführung beeinträchtigen die Verkehrssicherheit. In einer bereits geschlängelten Trasse reduziert ein kleinerer Bogen jedoch kaum die Sicherheit. Daher sind ähnliche Radien bei aufeinanderfolgenden Bögen zu wählen. [10]

⁴⁴ RVS 03.03.21 (2001)

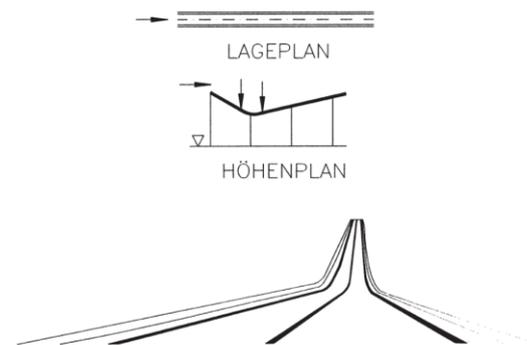
⁴⁵ RVS 03.03.21 (2001)

7.1.3 Richtungsänderung

Abb. 7.5: Optischer Knick durch zu kleinen Kreisbogenradius⁴⁶

Zwischen zwei Geraden ist ein kurzer Bogen mit kleinen Tangentenlängen zu vermeiden, da dies optisch zu einem Knick führt. Vermieden kann dies werden, indem zwei Geraden mit einem Bogen verbunden werden, der einen großen Radius aufweist. Je größer die Richtungsänderung ist, desto größer sollte der Radius gewählt werden. [10]

7.1.4 Wannen und Kuppen

Abb. 7.6: Optischer Knick durch zu kleinen Wannradius⁴⁷

Bei einem zu kleinen Wannradius kommt es zu einem optischen Knick. Selbiges gilt für die Kuppe. Bei einer gekrümmten Linienführung im Lageplan führt eine zu kleine Wanne zu einer optischen Mulde.

Die Wanne zeichnet sich als das beste Rumelement aus, was die optische Führung betrifft.

⁴⁶ RVS 03.03.21 (2001)

⁴⁷ RVS 03.03.21 (2001)

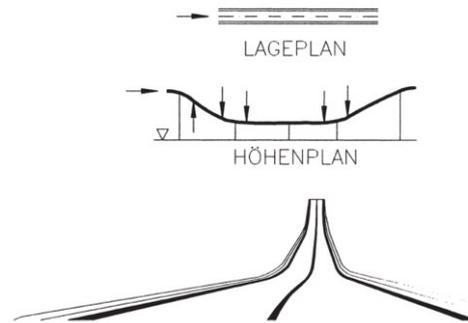


Abb. 7.7: Negative optische Wirkung eines kurzen Abschnitts mit konstanter Längsneigung zwischen Wannen⁴⁸

Eine zu kurze Gerade zwischen zwei Wannen wirkt optisch wie eine Aufwölbung. Folgen zwei Kuppen aufeinander kommt es bei einer zu kurzen Zwischengerade zu einer optischen Abplattung. Zwischen zwei Kuppen, bzw. zwei Wannen, ist daher eine kurze Gerade zu vermeiden. [10]

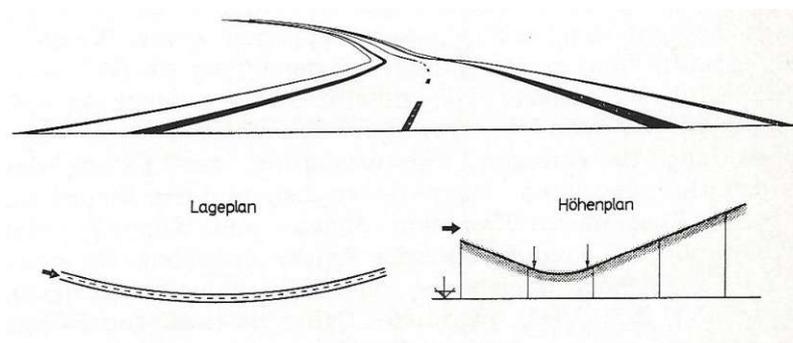


Abb. 7.8 optische Mulde⁴⁹

7.1.5 Abstimmung der Elemente aufeinander

Damit optisch eine gute Linienführung erzielt wird, sind Bogenradien und Wannen- bzw. Kuppenradien aufeinander abzustimmen. Das Verhältnis zwischen Bogenradius und Wannen- bzw. Kuppenradien soll dabei möglichst klein gewählt werden. Je flacher das Gelände wird, desto größer sollten Wannen- bzw. Kuppenradien gewählt werden. Je kurvenreicher eine Trasse in der Lage verläuft, desto flacher sind Wannen- bzw. Kuppenradien zu wählen. [10]

Um im hügeligen Gelände eine möglichst große Sichtweite zu erzielen, ist der Kuppenradius größer als der Wannenradius zu wählen. Im Gegensatz dazu sollten im ebenen Gelände die Wannenradien größer als die Kuppenradien sein, um optisch einen besseren Verlauf der Fahrbahn zu erzielen. [10]

⁴⁸ RVS 03.03.21 (2001)

⁴⁹ Straßenplanung, Bundesanzeigerverlag, 2017

7.1.5.1 Tauchen und Springen

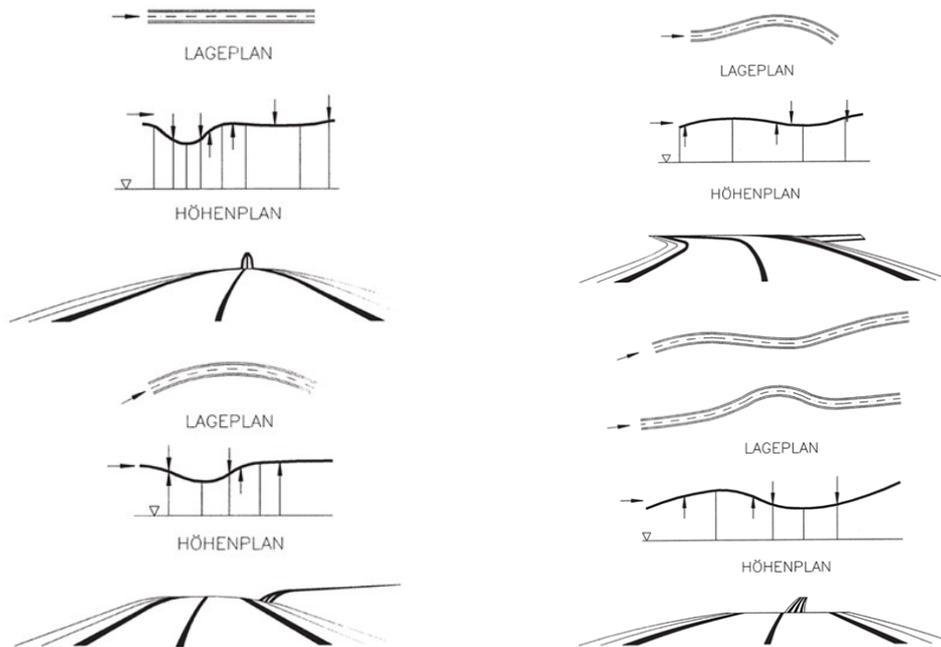


Abb. 7.9: Tauchen in der Geraden und im Kreisbogen⁵⁰ Abb. 7.10: Springen im Kreisbogen und Springen im Versatz⁵¹

Vom Tauchen spricht man, wenn die Trasse nicht einsehbare Streckenabschnitt in der Höhe aufweist. Diese Unübersichtlichkeit beeinträchtigt die Verkehrssicherheit erheblich. Vor allem für die Überholweite wird das zum Problem. Auch wenn die tatsächlich notwendige Sichtweite für den Überholvorgang vorhanden ist, kann der Verkehrsteilnehmer dies nicht korrekt beurteilen.

Kommt es im kurvigen Bereich, sprich im Lageplan sind Bögen vorhanden, zum Tauchen, entsteht der Eindruck vom Springen. Die beim Tauchen auftretenden negativen Effekte werden beim Springen noch verstärkt. Der Verkehrsteilnehmer wird über den weiteren Verlauf der Trasse und den entgegenkommenden Verkehr getäuscht. Wenn zwei im Lageplan und Höhenplan parallele Geraden durch eine nicht sichtbare Wendelinie verbunden sind, spricht man von Bajonettführung. [10]

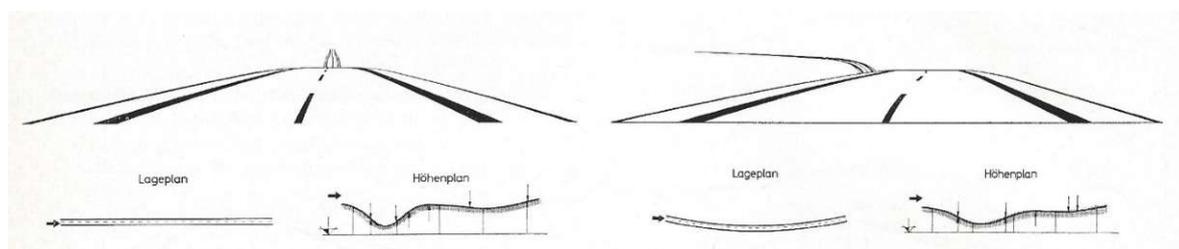
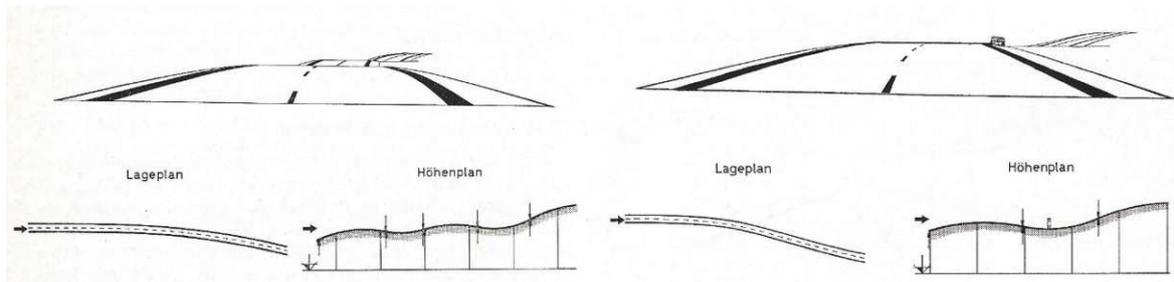
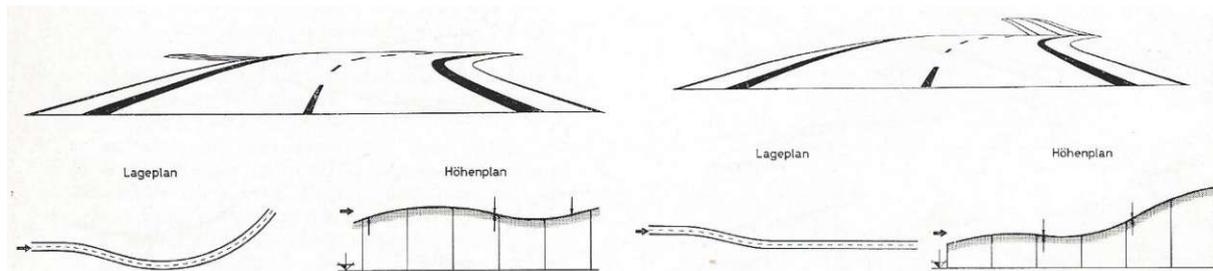


Abb. 7.11 Tauchen in der Geraden und in der Kurve⁵²

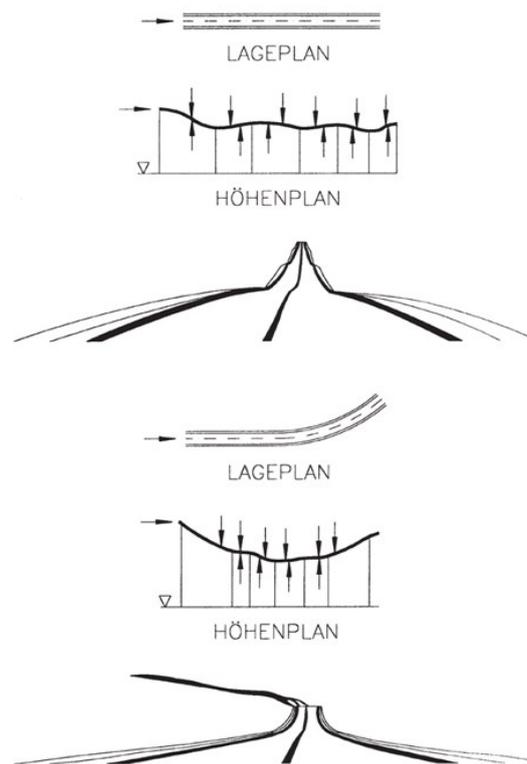
⁵⁰ RVS 03.03.21 (2001)

⁵¹ RVS 03.03.21 (2001)

⁵² Straßenplanung, Bundesanzeigerverlag, 2017

Abb. 7.12 tiefes Tauchen, flaches Tauchen⁵³Abb. 7.13 Springen, Bajonettführung⁵⁴

7.1.5.2 Flattern

Abb. 7.14: Flattern in der Geraden und im Kreisbogen⁵⁵

Kommt es auf der Trasse zu einer kurzen Bodenerhebung und wird dabei kein Teil der Strecke verdeckt, so ist die Aufwölbung klar sichtbar. Sind mehrere dieser Aufwölbungen sichtbar, so

⁵³ Straßenplanung, Bundesanzeiger Verlag, 2017

⁵⁴ Straßenplanung, Bundesanzeiger Verlag, 2017

⁵⁵ RVS 03.03.21 (2001)

entsteht das Bild des Flatterns, und somit eine unruhige Trassierung. Verstärkt wird dieser Eindruck durch eine zunehmende Fahrbahnbreite. Besonders gefährlich wirkt sich der Effekt des Flatterns auf den Verkehrsteilnehmer in der Dunkelheit mit Scheinwerferlicht aus. [3]

Vor allem beim Entwurfselement der Geraden darf es nicht zu einer zu knappen Aneinanderreihung von kleinen Kuppen- und Wannenradien kommen.

7.2 Linienführung durch Bepflanzung

Um eine bessere Erkennbarkeit der Linienführung zu erreichen, kann im Nahbereich der Straße eine Bepflanzung erfolgen. Für den Verkehrsteilnehmer wirkt die Fahrbahn rein zweidimensional. Erst durch die Bepflanzung bekommt die Trasse eine dreidimensionale Komponente und es entsteht ein räumliches Bild der Straße. [3]

Trassierungsmängel, die unvermeidbar sind, können durch eine entsprechende Bepflanzung abgeschwächt werden. Je besser beispielsweise die Bepflanzung angepasst ist, desto größer wird die Qualität der dreidimensionalen Wahrnehmung.

Durch eine Bepflanzung wird die Qualität der optischen Linienführung wesentlich verbessert. Die Verkehrsteilnehmer haben dadurch mehr Zeit sich auf kommende Situationen und den Fahrablauf vorzubereiten. [10]

Bei einer richtigen Anordnung der Bepflanzung gelingt den Verkehrsteilnehmern [3]

- eine exaktere Einschätzung der Entfernung,
- eine wesentlich bessere Abschätzung der eigenen und auch anderen Geschwindigkeit und
- ein früheres und leichteres Erkennen des weiteren Trassenverlaufs, auch bei schlechteren Sichtverhältnissen.

7.2.1 Kurvenaußenseite

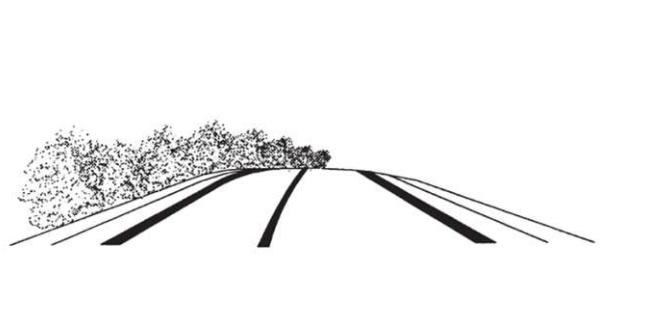
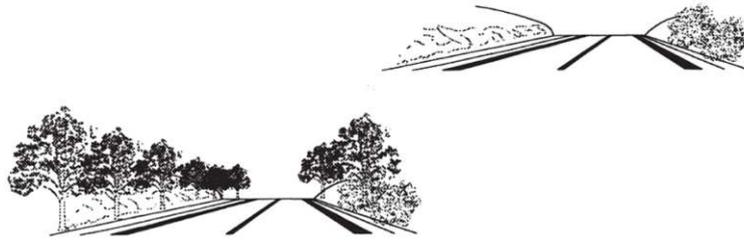


Abb. 7.15: Bepflanzung an der Kurvenaußenseite in Kuppenbereichen⁵⁶

Um bei der nahenden Kuppe die Kurvenaußenseite und somit den weiteren Straßenverlauf gut kennzeichnen zu können, ist eine Bepflanzung an der Kurvenaußenseite notwendig. Dies gilt umso mehr, wenn an der Innenseite bereits markanter Bewuchs vorhanden ist. Sonst entsteht ein vollkommen falscher Eindruck vom weiteren Straßenverlauf, da der Verkehrsteilnehmer damit rechnet, dass Bewuchs die Kurvenaußenseite kennzeichnet. [7]

⁵⁶ RVS 03.03.21 (2001)

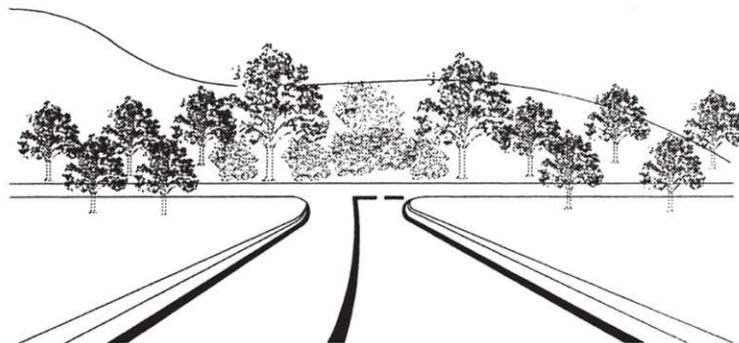
7.2.2 Optische Breite

Abb. 7.16: Verminderte optische Breite durch Bepflanzung⁵⁷

Eine breite Straße täuscht den Verkehrsteilnehmer Sicherheit vor und verleitet zu einer überhöhten Geschwindigkeit. Verkehrsteilnehmer wählen nämlich jene Geschwindigkeit, die die vorhandene Infrastruktur hergibt. Eine optisch breit wirkende Straße verstärkt diesen Effekt weiter.

Auch wenn bisher in den Richtlinien immer nur von Mindestbreiten die Rede ist, sollte genauso eine maximale Breite festgelegt werden. Eine Allee verschmälert zumindest optisch die Linienführung. [10] [7]

7.2.3 T-Knoten

Abb. 7.17: Verbesserung der Erkennbarkeit von T-Knoten durch Bepflanzung gegenüber der Einmündung⁵⁸

Straßeneinmündungen können durch eine Bepflanzung, vor allem durch eine eventuell vorhandene höhere Bestandsbepflanzung, für den sich nähernden Verkehrsteilnehmer hervorhebend gekennzeichnet werden. Dabei ist darauf zu achten, dass keine Lücke auftritt und so der Eindruck entsteht, dass der Straßenverlauf auch geradeaus weiterverläuft.

⁵⁷ RVS 03.03.21 (2001)

⁵⁸ RVS 03.03.21 (2001)

7.3 Bepflanzung an Straßen und deren Auswirkung

Die Straße ist ohne Frage ein wichtiger Verkehrsträger. Durch rasante Zunahme des Verkehrsaufkommens und gleichzeitig wachsendem Umweltbewusstsein ist die Straße mehr zum öffentlichen Interesse geworden. So ist die Planung neuer Verkehrswege über die Jahre wesentlich sorgsamer geworden. Die Planung neuer Straßen umfasst nun viel umfassender alle möglichen Naturgegebenheiten. Die Landschaft selbst rückt vermehrt in den Vordergrund und es sind landschaftsgestalterische Fähigkeiten gefragt. Es sind alle Belangen des Naturschutzes zu beachten und auch die Harmonie der Natur ist beizubehalten. So stellt die Bepflanzung der Straße einen wichtigen Teil der Planung dar. Dies dient unter anderem auch dazu, um begangene Fehler wieder zu beheben oder kann auch technisch notwendig sein, wenn beispielsweise zu Rutschung neigende feuchte Böschungen zu sanieren sind. Nicht zu vergessen ist jedoch die Gestaltungsaufgabe, die die Bepflanzung zu erfüllen hat. Durch Bepflanzung werden Räume gegliedert und diese gleichen Störungen in der Landschaft aus. Sind Bäume am Straßenrand entsprechend geeignet, aus verkehrstechnischer Sicht, angeordnet, tragen sie besonders zum Erkennen des weiteren Straßenverlaufes bei. Der Verkehrsteilnehmer erhält dadurch eine optische Führung. Der Baumbestand kann eine geeignete Maßnahme sein den Straßenverlauf in Kurven und Kuppen anzuzeigen. Auch Kreuzungsbereiche können durch Bepflanzung besser hervorgehoben werden. [13]

Aber nicht nur der Gestaltung, sondern auch der Verkehrssicherheit dient die Bepflanzung, wie zum Beispiel als Schutz vor Blendung, Schnee und Wind.

Um das Problem der Verkehrssicherheit mit Bäumen am Straßenrand zu minimieren, gibt es bestimmte Parameter für den Baumbestand, wie den Seitenabstand zum Fahrbahnrand, den Längsabstand, sowie den Durchmesser, die aus der Fahrbahnbreite abgeleitet werden. [13]

Meist basieren Richtlinien auf Erfahrungen, die subjektive Eindrücke wiedergeben. In der Literatur finden sich oft statische Bilder, ohne dabei den Bewegungsablauf zu berücksichtigen. Gatterer [13] hat in seiner Dissertation versucht die Führungseigenschaften der Bäume auch objektiv nachzuweisen. Mit einer einfachen optischen Analyse, in dem unter realen Abbildungen mit Baumbestand, die optische Situation mit und ohne Baumbestand dargestellt worden ist. In den unterschiedlichen Situationen, egal ob bei Kuppen, in Kurven oder im Kreuzungsbereich, zeigt sich immer, dass ohne Bäume jede Information über den weiteren Straßenverlauf fehlt. [13]

Für die Wahrnehmung stellt die korrekte Anordnung von Bäumen am Straßenrand ein wichtiges Element der optischen Führung dar und ist durch kein gleichartiges ästhetisches System zu ersetzen. Das Unfallgeschehen, betreffend der Schwere der Unfälle, lässt sich dabei auf ein Niveau wie auf Strecken ohne Baumbestand reduzieren, wenn die Bepflanzung entsprechend angeordnet wird. [13]

8 Veränderung bzw. Entwicklung der Trassierungsparameter in der RVS

Der Stand der Technik entwickelt sich stetig weiter. So werden auch die RVS nach Weiterentwicklungen, neuen Erkenntnissen oder geänderten Rahmenbedingungen überarbeitet und abgeändert. Dadurch haben sich auch die Trassierungsparameter in der zugehörigen RVS über die Jahre verändert.

8.1 Erarbeitung und Neuerungen der RVS 1981

8.1.1 Geschichte RVS „Trassierung“

Der 1981 erschienenen RVS 03.03.23 „Linienführung“ ist eine fast zwanzigjährige Entwicklung vorausgegangen. Die Ausarbeitung der Richtlinie hat schon damals der Arbeitsausschuss „Linienführung und Querschnittsgestaltung“, zugehörig der Arbeitsgruppe „Planung und Verkehr“, durchgeführt. Ziel ist es gewesen, die davor erarbeitete Richtlinie „Richtlinie für den Ausbau von Straßen“, erschienen 1956, zu überarbeiten. [8]

Anfang 1960 wurde die Arbeitsgruppe „Planung und Verkehr“ von Baurat h.c. Dipl.-Ing. Herbert Leithäusl neu gegründet. Prof.Dr-Ing Franz Bitzl hat dabei die Leitung im Arbeitsausschuss „Linienführung und Querschnittsgestaltung“ übernommen. Damals ist der erste Entwurf einer neuen Richtlinie an der Frage der Querneigung und der Bemessung der Parameter für Übergangsbögen gescheitert. Nach Leithäusl haben Prof. Dr.-Ing. Gerd Steuerwald und anschließend o. Univ.-Prof. Dipl.-Ing Dr. Techn. Erich Marx als Leiter die Arbeitsgruppe „Planung und Verkehr“ übernommen. Auch die Besetzung des Arbeitsausschusses hat sich damals geändert, Ministerialrat Dipl.-Ing. Kurt Schusseck hat sich dem Arbeitsausschuss „Linienführung und Querschnittsgestaltung“ als Leiter angenommen. Er hat es dann auch geschafft Mitte der 1970er eine Richtlinie, sozusagen einen ersten Wurf, zur Querschnittsgestaltung zu veröffentlichen. [8]

8.1.2 Allgemeine Grundsätze

Die Richtlinie enthält allgemeine technische Angaben und Grenzwerte für die Linienführung von Überlandstraßen. Neben den technischen Aspekten gilt es besonders Acht zu geben auf die Belangen der Umwelt und der Raumordnung. [8]

Zu den allgemeinen Grundsätzen für die Wahl einer Trasse ist zudem auf folgende Punkte zu achten:

- räumliche Linienführung
- Unterordnung der Kunstbauten unter die Anforderungen der Linienführung
- Schaffung der Voraussetzungen für eine verkehrstechnisch korrekte Gestaltung von Knoten und Anschlüssen

Bei der Erarbeitung der Richtlinie sind auch die topografischen Gegebenheiten Österreichs mit eingeflossen, ohne den wirtschaftlichen Aspekt dabei zu vernachlässigen. Keinesfalls ist jedoch die Verkehrssicherheit vernachlässigt worden, auch wenn dies nicht immer dem Wunsch nach einer möglichst sparsamen Variante entspricht. [8]

8.1.3 Entwurfs- und Projektierungsgeschwindigkeit

In der RVS 03.03.23 „Linienführung“, Ausgabe 1981, werden zum ersten Mal die beiden Geschwindigkeitsbegriffe „Entwurfsgeschwindigkeit“ und „Projektierungsgeschwindigkeit“ angewendet. Während die Entwurfsgeschwindigkeit die Trassierungselemente für Grund- und Aufriss bestimmt, entspricht die Projektierungsgeschwindigkeit den zu erwartenden Geschwindigkeitsverhalten. Dieser Unterschied in der Fahrgeschwindigkeit konnte zur Folge haben, dass wesentliche Parameter, die der Sicherheit auf der Straße dienen, wie die

Trassierungsparameter Kappen- und Wannenradien, die Querneigung und die Sichtweite, nicht ausreichend gewählt worden sind. Daher kann die Einführung der Projektierungsgeschwindigkeit als wesentliche Neuerung und Verbesserung in der Richtlinie bezeichnet werden. [8]

Im ersten Schritt werden mit der Entwurfsgeschwindigkeit folgende Parameter festgelegt:

- maximale Längsneigung
- minimalen Kurvenradien

Anhand der Projektierungsgeschwindigkeit, sprich der zu erwartenden Geschwindigkeit des unbehindert fahrenden Verkehrsteilnehmers, werden die weiteren Parameter bestimmt:

- Kuppen- und Wannenradien
- Querneigung
- Sichtweiten

Aus den Zusammenhängen zwischen, Geschwindigkeit – Längsneigung und Geschwindigkeit - Radius, ermittelt sich die Projektierungsgeschwindigkeit. Dabei ist auf die Längen der einzelnen Elemente zu achten. Eine getrennte Betrachtung der Fahrrichtungen und eine Berücksichtigung von Beschleunigungsvorgängen (egal ob positiv oder negativ), ist nicht erforderlich. Damit werden die aus der Praxis nicht bestätigten Geschwindigkeitsspitzen in den Wendelinien vermieden. Dadurch entfiel auch die Notwendigkeit Werte für die Beschleunigung bzw. Verzögerung festzulegen, sowie die Geschwindigkeitsuntersuchung für beide Fahrrichtungen getrennt zu untersuchen. [8]

Längsneigung und Geschwindigkeit:

Um die zu erwartenden Geschwindigkeiten auf Strecken mit Steigungen zu bestimmen, sind Erfahrungswerte herangezogen worden. Zusätzlich sind diese mit praktischen Messungen und theoretischen Forschungen angepasst worden. In der RVS wird, zur Vereinfachung, nicht zwischen Steigung und Gefälle unterschieden. [14]

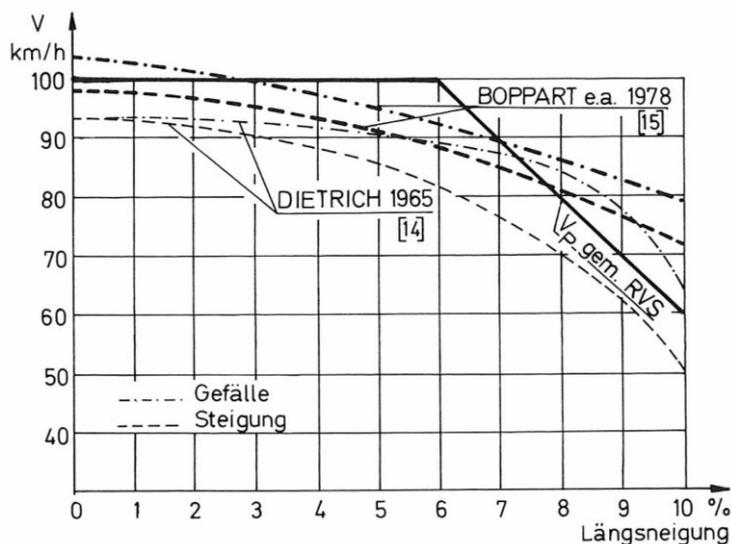


Abb. 8.1 Zusammenhang Geschwindigkeit - Steigung⁵⁹

⁵⁹ Litzka, J., Huber, Th.: Vergleiche zur Ermittlung der Projektierungsgeschwindigkeit österreichische Ingenieur- und Architektenzeitschrift. Heft 1, 1983

Geschwindigkeit – Radius:

Die Projektierungsgeschwindigkeit für Kurven wird aufgrund theoretisch-fahrdynamischer Überlegungen festgelegt.

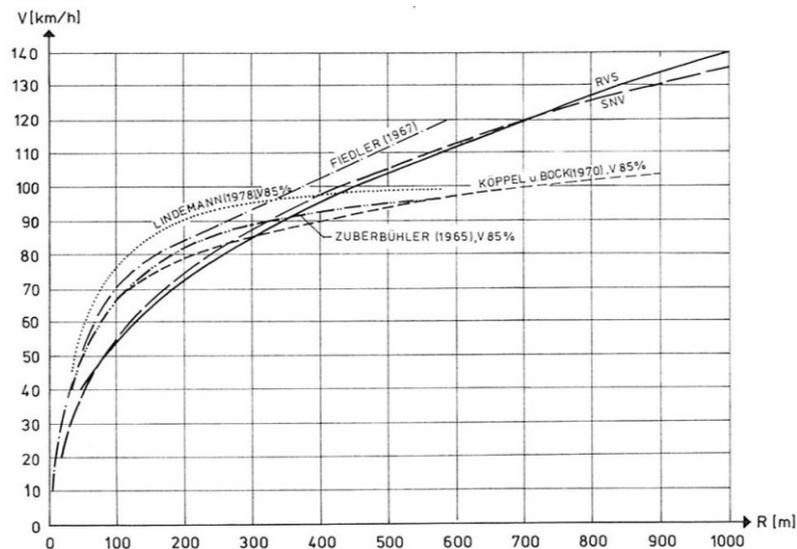


Abb. 8.2 Messvergleich Projektierungsgeschwindigkeit in Kurven⁶⁰

Vor 1970 gab es in den Richtlinien, wie den ÖFS-Richtlinien (1956) oder der RAL-L (1963) je nur einen Geschwindigkeitsbegriff:

- ÖFS-Richtlinien: Ausbaugeschwindigkeit
- RAL-L-1963: Entwurfsgeschwindigkeit

Diese Geschwindigkeitsbezeichnungen definierten jene höchste gleichbleibende Geschwindigkeit, bei der ein nasser, sauberer Abschnitt sicher befahren werden konnte. Diese Geschwindigkeit hat die Grenzwerte der Trassierungselemente festgelegt. Gleichzeitig wurde auf die Möglichkeit der Verwendung größerer Parameter verwiesen. Dabei ergab sich die Problematik, dass die Verkehrsteilnehmer sich mit der Wahl der Fahrgeschwindigkeit nach der Streckencharakteristik und nicht nach der Entwurfsgeschwindigkeit gerichtet haben. Das Befahren der Streckenabschnitte mit einer höheren Geschwindigkeit als in der Planung vorgesehen war die Folge. Dies hat die Fahrsicherheit beeinträchtigt, wie beispielsweise zu kurzen Sichtweiten oder einer zu geringen Querneigung. Durch die Einführung der Projektierungsgeschwindigkeit wird das tatsächliche Fahrverhalten widerspiegelt. [15]

Auch im restlichen DACH-Raum wurde diese Problematik in den jeweiligen Richtlinien in unterschiedlicher Form beseitigt.

In Deutschland wird die Streckencharakteristik, wobei nur die Kurvigkeit und die Breite der Fahrbahn berücksichtigt werden, für die Ermittlung der erwarteten Geschwindigkeit herangezogen.

In der Schweiz werden zur Ermittlung der Projektierungsgeschwindigkeit dem Kreisbogen bestimmte Geschwindigkeiten zugeordnet und die Beschleunigung und Verzögerung berücksichtigt. Auch die Längsneigung wird herangezogen, wobei für die

⁶⁰ Lantschner, A.: Geschwindigkeit als Entwurfsparameter, Kritischer Vergleich Entwurfsgeschwindigkeit — Projektierungsgeschwindigkeit. Mitteilungen des Instituts für Geotechnik und Verkehrsbau an der Universität für Bodenkultur Wien, Reihe Verkehrsbau. Heft 6, 1979

Projektierungsgeschwindigkeit die geringere Geschwindigkeit aus vertikaler und horizontaler Linienführung entscheidend ist. Zudem erfolgt die Ermittlung getrennt für die Fahrtrichtungen.

Dadurch, dass die Projektierungsgeschwindigkeit von dem Trassierungsparameter Kreisbogenradius abhängt, ist immer die maximal zulässige Querneigung zu wählen. Auch in den Schweizer Richtlinien ist dies der Fall. Nur wenn die Projektierungsgeschwindigkeit von der Längsneigung bestimmt wird, kommt es zu einer kleineren Querneigung als der maximalen Querneigung. Dies trifft nur zu, wenn der Bogenradius eine größere Bogengeschwindigkeit als die Projektierungsgeschwindigkeit zulässt. Damit ist die Tendenz zu einer hohen Querneigung in Österreich bestätigt. [15]

Nachfolgende Abbildung zeigt einen Vergleich der Richtlinien aus dem DACH-Raum betreffend des ermittelten Geschwindigkeitsverlaufes.

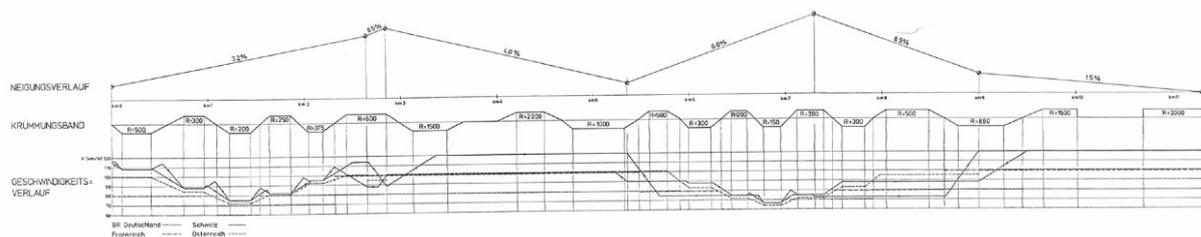


Abb. 8.3 Vergleich der Projektierungsgeschwindigkeit D-A-CH⁶¹

Eine gute Übereinstimmung der ermittelten Projektierungsgeschwindigkeit nach der RVS zeigt auch nachfolgende Grafik.

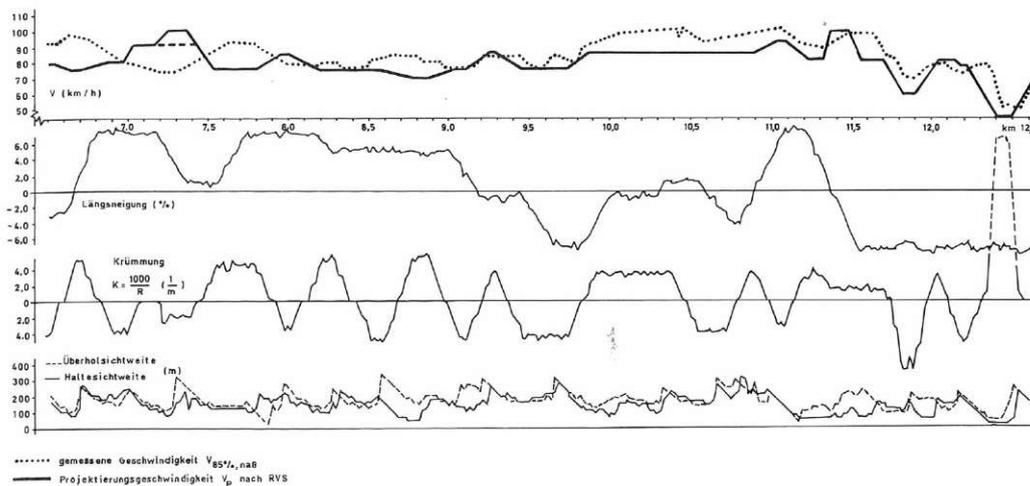


Abb. 8.4 Vergleich Projektierungsgeschwindigkeit der RVS mit Messwerten⁶²

8.1.4 Entwurfselemente der Lage

In den RVS, wie auch im restlichen DACH-Raum, werden als Entwurfselemente der Lage die Elemente Gerade, Kreisbogen und Übergangsbogen angewendet. Wobei in den RVS als Übergangsbogen ausschließlich die Klotoide Anwendung findet. [8]

⁶¹Lantschner, A.: Geschwindigkeit als Entwurfparameter, Kritischer Vergleich Entwurfsgeschwindigkeit — Projektierungsgeschwindigkeit. Mitteilungen des Instituts für Geotechnik und Verkehrsbau an der Universität für Bodenkultur Wien, Reihe Verkehrsbau. Heft 6, 1979

⁶²Litzka, J., Huber, Th.: Vergleiche zur Ermittlung der Projektierungsgeschwindigkeit österreichische Ingenieur- und Architektenzeitschrift. Heft 1, 1983

8.1.4.1 Gerade

Einerseits kann die Gerade zweckmäßig sein, aber durchaus auch störend in der Linienführung wirken. Für Überholstrecken, im Bereich von Knotenpunkten oder auch Verflechtungsstrecken, ist die Gerade das passende Trassierungselement. Ein sinnvoller Einsatz kann von einigen Faktoren beeinflusst werden. Es gibt daher in der RVS keine strenge Vorschrift zu Verwendung der Geraden. Planer müssen selbst entscheiden wo eine Gerade passend angeordnet ist, ohne dabei die Linienführung zu stören. [8]

8.1.4.2 Kreisbogen

Aufeinanderfolgende Bögen sollen ähnliche Radien aufweisen. Allein dadurch, dass sich die Projektierungsgeschwindigkeit nicht schlagartig ändern soll, ist die Forderung von ausgewogenen aufeinanderfolgenden Bögen automatisch gegeben. Aufgrund fahrdynamischer Überlegungen ist der Mindestradius festgelegt worden. Radien werden von den Parametern Geschwindigkeit, maximaler Querneigung und radialen Haftreibungsbeiwert bestimmt. [8]

Die minimalen Radien der RVS sind jenen aus dem DACH-Raum sehr ähnlich. Nur die Werte der RAL-L-1 bei einer maximalen Querneigung von 6% weichen dabei deutlich ab. Die Werte eignen sich auch für eine wirtschaftliche Trassierung in schwierigem Gelände.

V_E [km/h]	40	50	60	70	80	100	120	140
RVS 3.232	45	80	125	180	250	450	700	1000
RAL-L-1 6%	60		160		350	600	1000	1400
RAL-L-1 7%	50		130		275	500	800	1200
SNV 640 100	50	80	120	170	240	425	700	

Tab. 8.1: Vergleich der zulässigen Mindestradien [m] D-A-CH

Zusätzlich zur Forderung, dass einerseits möglichst große Radien zur Anwendung kommen sollen und die Mindestradien eingehalten werden sollen, wird in der RVS die Mindestlänge des Kreisbogens festgelegt, die jener Strecke entspricht, die ein Fahrzeug mit der Entwurfsgeschwindigkeit in einer Sekunde zurücklegt. Diese Bestimmung hat die Anwendung der Scheitelklotoide ausgeschlossen. [8]

8.1.4.3 Übergangsbogen

In der RVS 03.03.23, Ausgabe 1981, werden noch Klotoiden ausführlich behandelt. Um die Mindestgröße des Klotoidenparameter festzulegen, sind zahlreiche Diskussionen im Arbeitsausschuss nötig gewesen. Zusätzlich sind laut RVS 03.03.23, Ausgabe 1981, auch noch der einfache Übergangsbogen, die Wendelinie und die Eilinie vorgesehen. Die Scheitelklotoide oder der Flachbogen sind für den Regelfall ausgeschlossen.

Kommt die minimale Klotoidenlänge zur Anwendung, können Ruckwerte auftreten, die über den empfohlenen Maximalwert von 0,50 [m/sec³] liegen. Dies geschieht vor allem bei einem großen Unterschied zwischen Entwurfsgeschwindigkeit und Projektierungsgeschwindigkeit. Diese höheren Ruckwerte werden aber bewusst zugelassen da,

- der Ruck kein Sicherheitskriterium, sondern nur ein Komfortkriterium ist,
- der Ruck den Verkehrsteilnehmer auf die Überschreitung der Entwurfsgeschwindigkeit hinweist und
- der Ruck bei der Trassierung im Vergleich mit anderen Parametern nur eine untergeordnete Rolle spielt. [8]

Ein großer Vorteil der Festlegungen der RVS ist jedoch, dass die Abrückung nicht wie beim Formkriterium mit zunehmendem Radius steigt, sondern dass dieser bei immer gleichbleibender Länge der Klotoide abnimmt, bis bei großen Radien theoretisch keine Abrückung mehr vorhanden ist. Durch die Begrenzung der Länge erübrigt sich die Angabe, ab welchem Bogenradius kein Übergangsbogen mehr notwendig ist. [8]

Weiters hat man sich dazu entschlossen auch die Länge des Übergangsbogens selbst nach oben hin zu begrenzen. Bei höheren Geschwindigkeiten wäre in Diskussionen auch eine Überschreitung um bis zu 100% möglich und akzeptabel gewesen. [9]

8.1.5 Entwurfselemente der Höhe

Die Bezugslinie ist jene Linie des Längsschnittes, auf die sich die Längsneigung, Ausrundung etc. beziehen und um die die Verwindung der Fahrbahn vorgenommen wird. In der RVS ist festgelegt worden, dass bei Straßen ohne bauliche Trennung, diese im Regelfall in der Fahrbahnachse liegt. Es werden aber auch Sonderfälle geregelt, wo die Bezugslinie an einer anderen Stelle liegen kann, wie zum Beispiel am Rand der Fahrbahn oder auch in der Zentralachse. Die Bezugslinie am Rand der Fahrbahn ist bei Rampen von Anschlussstellen zweckmäßig. Bei plangleichen Kreuzungen wiederum ist die Zentralachse als Ort der Bezugslinie sinnvoller. [8]

8.1.5.1 Straßenlängsneigung

Straßenlängsneigungen sind möglichst niedrig zu halten. Im Regelfall sollte sie jedoch mindestens 0,5% betragen. Diese Festlegung der Mindestlängsneigung in der RVS 03.03.23, Ausgabe 1981, ist getroffen worden, um das Hauptziel, der raschen Ableitung des Oberflächenwassers, sicherzustellen. An Stellen, wo eine freie seitliche Ableitung nicht möglich ist und somit das Wasser in Gräben gesammelt werden muss, gewährleistet ein vorhandenes Längsgefälle von 0,5% eine technisch einfache Entwässerung. Durch beengte Verhältnisse in dicht bebauten Gebieten ist das Sammeln und Ableiten in Kanälen der Regelfall. Die Angabe eines Mindestlängsgefälles ist daher absolut notwendig gewesen. [8]

Um aber eine wirtschaftliche Trassierung zu ermöglichen, hat die Richtlinie auch die Ausführung geringer geneigter und horizontale Stellen zugelassen, wenn die Ableitung des Oberflächenwassers trotzdem sichergestellt ist. Sprich die Querneigung hat bei diesen Stellen mindestens 2,5% zu betragen. Somit sind in diesen Bereichen auch Verwindungen mit Nulldurchgang der Querneigung ausgeschlossen. Die Trasse soll in diesen Bereichen in Dammlage geführt werden, da in Einschnitten die Ausführung von Kanälen wesentlich aufwendiger ist. [8]

Zur Ausnutzung des Geländeneiveaus im Flachland, ist in der RVS auch die Möglichkeit geschaffen worden die Querneigung in Ausnahmefällen zur Kurvenaußenseite anzuordnen, um Verwindungen mit Nulldurchgang zu vermeiden. Dies darf jedoch nur bei großen Radien durchgeführt werden, sprich bei Autobahnen und Schnellstraßen kann sich ein Einsparungspotential ergeben. Somit konnte auch auf die in der Ebene ausgeführten „Kamelbuckel“ verzichtet werden, die zur Erzielung des Längsgefälles im Nulldurchgang ausgeführt worden sind. Damalige Untersuchungen auf einem Teilstück der Inntalautobahn, zwischen Zirl und Telfs, mit einer Querneigung zur Kurvenaußenseite hin, bei einem Kurvenradius größer 4000 [m], haben gezeigt, dass keine Beeinträchtigung der Verkehrssicherheit eingetreten sind. [8]

Weiters wird in der Richtlinie festgehalten, dass in den Verwindungsbereichen der Fahrflächenrand, keine der Bezugslinie entgegengesetzte Längsneigung haben darf, da dort die verschärfte Bedingung gilt, dass der Fahrflächenrand eine gleichgerichtete Längsneigung von

mindestens 0,2% aufweisen muss, solange die Mindestquerneigung unterschritten wird. Bei entwässerungstechnisch schwierigen Abschnitten mit einer Anrampung von 0,5% ergibt sich darauf eine Mindestlängsneigung von 0,7%. [8]

Um die Richtlinie übersichtlich zu gestalten, ist darauf verzichtet worden, auf die Mindestlängsneigung des Fahrflächenrandes der einzelnen Querschnitte, einzugehen. Daher ist der Mindestwert von 0,5% angegeben worden, der aber nur auf den Querschnitt B6, bei einer Entwurfsgeschwindigkeit von 80 [km/h], der RVS zutrifft. Bei den anderen Querschnitten ist vom Planer die Mindestlängsneigung aus der vorgesehenen Anrampungsneigung zu ermitteln. Für die meisten Strecken wird aber der oben angeführte Wert von 0,7% zutreffen, da meistens höhere Entwurfsgeschwindigkeiten gewählt werden. [8]

Die damalige Ausgabe der RAL-L-1 hingegen fordert nur für die Verwindungsbereiche eine Mindestlängsneigung, die dort zwischen 0,5% und 1,0% betragen soll, mit der Bedingung, dass sie größer als die Anrampungsneigung ist, um eine entgegengerichtete Randneigung zu vermeiden. Für den Rand ist selbst keine Mindestlängsneigung gefordert, sodass dieser im Grenzfall horizontal ausfallen kann. In der RAL-L-1, Ausgabe 1973, wird erstmals eine Mindestlängsneigung angegeben, weil bei den vermehrt breit ausgeführten Querschnitten, es zu entwässerungstechnischen Problemen gekommen ist. [8]

Um den alpinen Raum besser zu berücksichtigen, ist die zulässige maximale Längsneigung angehoben worden. Für Straßen der untersten Kategorie ist die maximale Längsneigung mit 12,0% festgelegt worden. Dieser Wert kommt jedoch sicher nur bei Straßen mit unwesentlichen LKW-Anteil in Frage. Gegenüber anderen Richtlinien ist die höhere zulässige Längsneigung mit der stärkeren besseren Motorisierung der PKWs begründet. Untersuchungen haben damals gezeigt, dass die gefahrenen Geschwindigkeiten auf Steigungen um 10 bis 20 [km/h] gegenüber früheren Untersuchungen gestiegen sind. [8]

Die maximale Längsneigung hängt von der Leistungsfähigkeit ab, die wiederum wesentlich vom LKW-Anteil abhängt. Für den PKW-Verkehr sind keine Einbußen bis zu einer Steigung von 8,00% zu erwarten, weil die Geschwindigkeit, bei der die beste Leistungsfähigkeit gegeben ist, ohne Probleme von den PKWs erreicht wird. Auch die Motorisierung der LKWs hat zugenommen. Bei früher älteren Modellen sind pro Tonne zwischen vier und sechs PS zur Verfügung gestanden und neuere sind mit bereits acht PS pro Tonne ausgestattet gewesen. So hat schon damals die Leistungsfähigkeit für den LKW keine enorme Rolle mehr gespielt. [16]

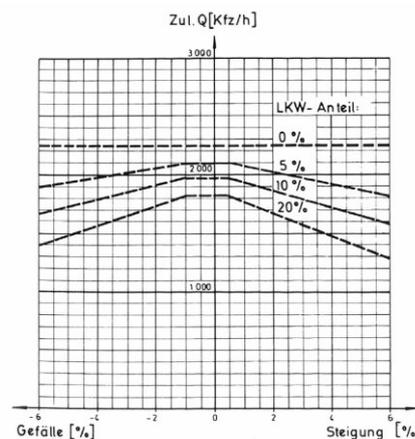


Abb. 8.5: Leistungsfähigkeit einer zweistreifigen Richtungsfahrbahn einer Autobahn bei 75%-Auslastung⁶³

⁶³ Ott, K.: Die Leistungsfähigkeit von Gebirgsautobahnen; Diss. Univ. Innsbruck 1977

Bei Straßen geringerer Entwurfsgeschwindigkeit stellt die Leistungsfähigkeit so und so nicht das maßgebende Kriterium dar, sondern die Verkehrsqualität ist entscheidend, ob ein zusätzlicher Fahrstreifen ausgeführt wird.

In obiger Abbildung ist erkennbar, dass auch noch bei hoher Steigung und einem hohen Anteil an LKWs, die Leistungsfähigkeiten gegeben ist. Zusätzliche Fahrstreifen sind daher nur bei überdurchschnittlicher Belastung notwendig.

In der RAL-L-1 wird die Längsneigung nur über eine Tabelle bestimmt und nicht zwischen Autobahnen und sonstigen Straßen unterschieden. Eine Unterscheidung findet dort allein durch die Entwurfsgeschwindigkeit statt.

V_E [km/h]	s_{max} [%]
40	10,0
60	6,5
80	5,0
100	4,5
120	4,0
140	4,0

Tab. 8.2: höchstzulässige Längsneigung in der RAL-L-1⁶⁴

Die zulässigen maximalen Längsneigungen sind in der RAL-L-1 etwas geringer als in der österreichischen Richtlinie.

In der Schweiz hat man die Längsneigung etwas anders festgelegt. Die Längsneigung im Zusammenhang mit der Dauergeschwindigkeit frei fahrender PKWs ergibt die maximale Längsneigung mit einer gewünschten Projektierungsgeschwindigkeit.

Längsneigung [%]	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Projektierungsgeschwindigkeit in Steigungen [km/h]	-	-	100	85	74	70	65	60	55
Projektierungsgeschwindigkeit im Gefälle [km/h]	-	-	-	100	90	85	80	75	50

Tab. 8.3: Zusammenhang Projektierungsgeschwindigkeit u. Längsneigung SNV 640 081⁶⁵

Bereits 1982 wurde diese durch die SNV 640 080 a ersetzt, die keine Bestimmung mehr über eine Längsneigung enthält.

Im Bereich von Knoten ist in der damaligen RVS, sowie auch in der RAL-L-1, eine maximale Längsneigung von 4,0% festgelegt worden, da die Längsneigung der durchgehenden Straße das Quergefälle der einmündenden Straße bestimmt.

8.1.5.2 Kuppen und Wannern

Bei Kuppen und Wannern erfolgt die Ausrundung durch Kreisbögen, die einfachheitshalber als quadratische Parabeln angenähert sind. [9]

⁶⁴ RAL-L-1 „Richtlinie für die Anlage von Landstraßen, Linienführung“ (1973)

⁶⁵ SNV 640 080 „Ausbau- und Projektierungsgeschwindigkeit“ (1969)

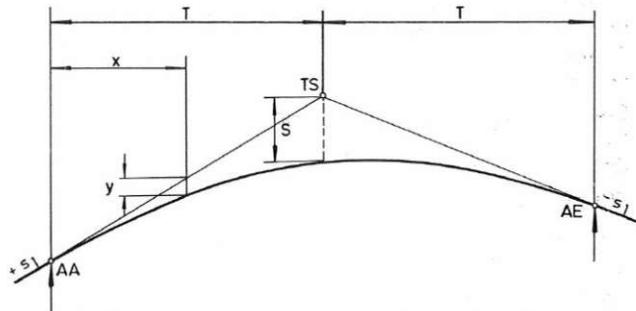


Abb. 8.6: Kuppenausrundung

- Tangentenlänge $T = \frac{R}{2} * \frac{|s_2 - s_1|}{100}$
- Scheitelabstand (Stich) $S = \frac{T^2}{2R}$
- Abstich an der Stelle x (m) $y_m = \frac{x^2}{2R}$

Da laut RVS in Verwindungsbereichen mit Nulldurchgang der Fahrflächenrand eine Mindestlängsneigung von 0,2% aufweisen muss und darauf die erforderliche Mindestlängsneigung der Bezugslinie abzuleiten ist, wird auf die allgemein geforderten großen Ausrundungsradien verzichtet.

Mindestwerte für Kuppenausrundungsradien basieren darauf, dass die Anhaltesichtweite gewährleistet sein muss. Der Sehpunkt liegt dabei auf einer Höhe von einem Meter und der Zielpunkt direkt auf der Fahrbahn. Dadurch haben sich jedoch für hohe Geschwindigkeiten unwirtschaftliche Parameter ergeben. Darum ist toleriert worden, dass bei einer Geschwindigkeit über 100 [km/h] ein Teil eines Hindernisses verdeckt ist. Auch in der RAL-L-1 findet sich diese Definition. In der RVS wird aber eine größere verdeckte Hindernishöhe zugelassen. Festgelegt durch die kleinste erkennbare Gegenstandsgröße in der Entfernung der Anhaltesichtweite. [8]

V _p [km/h]	40	50	60	70	80	100	120	140
S _h [m]	35	50	70	90	120	185	275	380
R _{k min} [m] (h _v =0)	612	1250	2450	4050	7200	17112	37812	72200
R _{k min} [m] (lt. RVS)	1500	2000	3000	4000	7500	12500	20000	35000
Zielpunkthöhe h _v [cm]	0	0	0	0	0	3	14	19

Tab. 8.4: Mindestwerte für Kuppenradien in Abhängigkeit Hindernishöhe

Für Geschwindigkeiten unter 60 [km/h] sind größere Mindestausrundungen festgelegt worden, als sich durch die Anhaltesichtweite ergeben würde, um auch Optik und Fahrkomfort zu berücksichtigen. Besonderes Augenmerk ist auf die Geschwindigkeit von 100 [km/h] zu legen. Hier muss auch die Begegnungssichtweite, die Anhaltesichtweite zweier einander begegnender Fahrzeuge, gewährleistet werden. Daher wird bei der Ermittlung der Mindestradien der Eingangsparameter eine Hindernishöhe h_v = 0 [m] festgelegt. Bei höheren Geschwindigkeiten als 100 [km/h] ist diese Betrachtung nicht notwendig, da diese Geschwindigkeiten nur auf getrennten Richtungsfahrbahnen zugelassen sind. [8]

Bei Wannennradien ist die Festlegung der Mindestwerte nach Erfahrungen und Wirtschaftlichkeit getroffen worden. Nur wenn der vertikale Sichtraum eingeschränkt ist, ist der minimale Wannennradius nach der maßgebenden Sichtweite zu bemessen. Hier ist es sinnvoll den Sehpunkt auf die Höhe von 2,50 [m] zu legen, was dem Sehpunkt eines LKW-Fahrers entspricht. [8]

Sowohl für Wannenn- als auch Kuppenradien ist die tatsächlich gefahrene Geschwindigkeit maßgebend, daher ist als Eingangsgeschwindigkeit die Projektierungsgeschwindigkeit zu wählen. Durch eine zügige Linienführung kommen große Ausrundungen zustande, was wirtschaftlich nicht sinnvoll sein kann. Daher ist bereits im Grundriss auf diese Zusammenhänge zu achten. [9]

V_p [km/h]		40	50	60	70	80	100	120	140
min. Kuppenradius $R_{K,min}$ [m]	A	1500	2000	3000	4000	7500	12500	20000	35000
	CH	600	-	1500	-	4200	10500	18000	31000
	D	1500	-	3000	-	7000	12500	25000	50000
min. Wannennradius $R_{W,min}$	A	1000	1500	2000	2500	3000	5000	8000	12000
	CH	700	-	1500	-	2900	4700	6700	9000
	D	1000	-	200	-	3000	5000	10000	20000

Tab. 8.5: Vergleich der Mindestausrundungsradien in D-A-CH

8.1.6 Entwurfselemente des Querschnittes

8.1.6.1 Querneigung

Auf der Geraden beträgt die Querneigung, unabhängig der gewählten Deckenart, 2,5%. Im Kreisbogen ist die Querneigung zur Kurveninnenseite gerichtet und abhängig von der Projektierungsgeschwindigkeit, sowie dem Kurvenradius. [17]

Die minimale Querneigung im Kreisbogen entspricht jener auf der Geraden. Die maximale Querneigung ist mit 6,0% bei einer Projektierungsgeschwindigkeit von $V_p = 40$ [km/h] und mit 7,0% bei einer V_p von 120 [km/h] bzw. 140 [km/h] festgelegt. Dies ist vollkommen unsystematisch entschieden worden, da ursprünglich eine maximale Querneigung unabhängig der Geschwindigkeit von $q_{max} = 7,0\%$ vorgesehen gewesen war, der Ausschuss jedoch die Höchstquerneigung von 6,0% auf Autobahnen beibehalten wollte. [8]

Wenn die Projektierungsgeschwindigkeit vom Kreisbogenradius bestimmt wird, wird die zugehörige maximale Querneigung auch von diesem bestimmt. Wird die Projektierungsgeschwindigkeit jedoch von der Längsneigung bestimmt, oder die maximale Projektierungsgeschwindigkeit angesetzt, kann sich im Kreisbogen eine kleiner Querneigung als die maximale ergeben. [8]

Aus nachfolgendem Diagramm kann mit den Eingangsparametern Projektierungsgeschwindigkeit und Bogenradius die dazu passende Querneigung abgelesen werden.

Analytisch lässt sich das Diagramm durch folgende Formel darstellen:

$$q = 0,359 * R^{-0,638} * V^{1,462}$$

Die Anwendung der Formel bringt nicht in allen Bereichen eine exakte Übereinstimmung, aber durch die Möglichkeit die Querneigungswerte auf 0,5% zu runden, fällt dies nicht ins Gewicht.

und den gewählten $f_{R,zul}$ Werten, ist für jede Geschwindigkeit die zugehörige maximale Querneigung mit dem entsprechenden Mindestradius bestimmt worden.

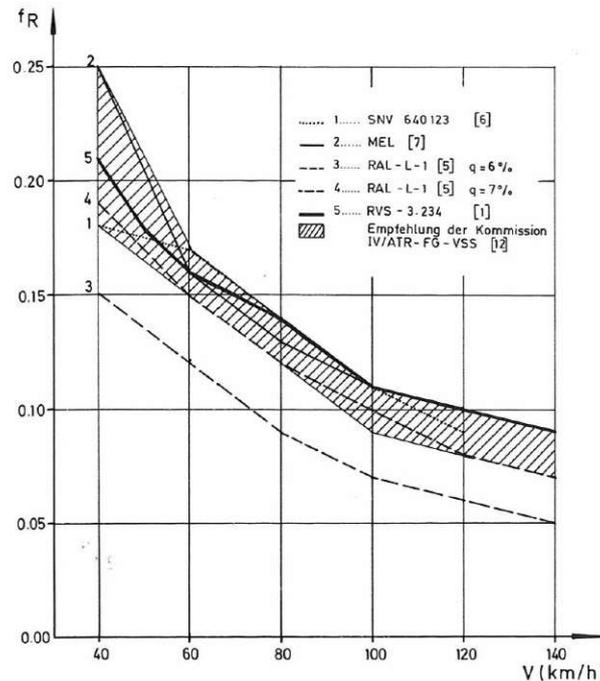


Abb. 8.8: zulässige Seitenreibungsbeiwerte $f_{R,zul}$ nach verschiedenen Richtlinien [18]

Die ermittelten Mindestradien sind gerundet geworden und aus diesen Werten ist anschließend die tatsächliche Seitenreibung $f_{R,eff}$ zurückgerechnet worden.

Die Werte der österreichischen Richtlinie sind dabei deutlich über jenen der RAL-L-1 aus Deutschland, wie in Abb. 8.8 ersichtlich.

In der RAL wird als Basis der maximale zulässige Reibungsbeiwert $f_{R,max}$ zuerst als Gleitreibungsbeiwert μ_R definiert. Der Gleitreibungsbeiwert wird auf der Grundlage von Griffigkeitsmessungen auf der nassen Oberfläche, in Abhängigkeit der Geschwindigkeit, durch nachfolgende Formel definiert: [19]

$$\mu_G = f_{max} = 0,214 * \left(\frac{V}{100}\right)^2 - 0,640 * \left(\frac{V}{100}\right) + 0,615$$

Als maßgebender Gleitreibungsbeiwert wird dabei jener definiert, der bei 95% der Messungen erreicht bzw. überschritten wird, damit die so getroffene Annahme eine große Sicherheit aufweist.

Über die Reibungsellipse wird der zulässige Seitenreibungsbeiwert ermittelt.

$$f_{R,max} = 0,925 * f_{max}$$

Der maximale zulässige Grenzwert wird ermittelt, indem bei der Bogenfahrt maximal 40% des zuvor maximal Seitenreibungsbeiwert zugelassen werden.

$$f_{R,max,zul} = 0,4 * f_{R,max} = 0,37 * f_{max}$$

Kommt es zur gesamten Beanspruchung dieses radial wirkenden Seitenreibungsbeiwertes, stehen in tangentialer Richtung noch rund 92% des maximalen Reibungsbeiwertes zur Verfügung.

In der RVS wird der maximale Reibungsbeiwert nach den beschriebenen Formeln berechnet. Jedoch wird als zulässiger Seitenreibungsbeiwert nicht ein Prozentsatz des insgesamt zur Verfügung stehenden Reibungsbeiwertes verwendet, sondern dieser wird in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit durch Empfehlungen ermittelt. Da die Seitenreibungswerte in der RVS höher als in der RAL sind, verbleibt in der tangentialen Richtung ein kleinerer Prozentsatz des insgesamt zulässigen Reibungsbeiwertes. Wird der maximale zulässige Seitenreibungsbeiwert in der Bogenfahrt voll ausgenutzt, bleibt für die tangentielle Richtung nur mehr zwischen 73% und 86% des maximalen Reibungsbeiwertes. Vereinfacht basiert diese Berechnung am Reibungskreis: [8]

$$f_{T,vorh} = \sqrt{f_{max}^2 - f_{R,erf}^2}$$

Diese Werte liegen zwar unter jenen der RAL bei $q_{max} = 6,0\%$ (92%), jedoch schon sehr nahe bei jenen der RAL bei $q_{max} = 7,0\%$ (84% bis 86%). Da sich die geringer zur Verfügung stehenden tangentialen Werte kaum auf die Länge des Bremsweges in der Bogenfahrt auswirken, sind die in der RVS zugrunde gelegten höheren radialen Reibungsbeiwerte akzeptabel. Durch die großen Sicherheiten im zuvor zugrunde gelegten Modell zur Berechnung der zulässigen Reibungsbeiwerte, werden die Werte der RVS bestätigt. [8]

Aus der Bogengleichung lassen sich der minimale Radius bei q_{max} , sowie der der unteren Grenze der minimalen Querneigung bei 2,5% zugehörige minimale Radius, mit dem jeweils in Anspruch genommenen Reibungsbeiwert, bestimmen. Da der Einfluss der Querneigung kaum ins Gewicht fällt, im Gegensatz zum radialen Reibungsbeiwert, liegen die errechneten Werte nur geringfügig über den minimalen Radien bei maximaler Querneigung. Nimmt man für die Bestimmung vom minimalen Radius maßgebende Reibungsbeiwerte $f_{R,erf}$ als konstanten Wert für eine bestimmte Geschwindigkeit an, kommen sehr steile V-Linien im Diagramm zustande, wie als strichlierte Linie in Abb. 8.7 ersichtlich. Damit man einen größeren Radienspielraum und zusätzlich in großen Radien eine höhere Sicherheit bei der Bogenfahrt erhält, wird ein geringerer Reibungsbeiwert f_R -Wert bei der Ermittlung des Grenzradius bei q_{min} angenommen. In der Literatur wird vorgeschlagen nur 10% des maximal möglichen Reibungsbeiwert zu nehmen, statt den 40%. [8]

V [km/h]	40	50	60	70	80	100	120	140
q_{max} [%]	7,0	6,8	6,6	6,5	6,4	6,2	6,0	6,0
R_{min} [m]	45	80	125	180	250	450	700	1000
$f_{R,zul}$	0,25		0,16		0,14	0,11	0,10	0,09
$f_{R,erf}(R_{min}, q_{max})$	0,210	0,178	0,161	0,149	0,138	0,113	0,102	0,094
f_{max}	0,393	0,349	0,308	0,272	0,240	0,189	0,154	0,138
$f_{T,vorh}$	0,332	0,300	0,263	0,228	0,196	0,151	0,117	0,101
$100 \cdot f_{T,vorh} / f_{max}$ [%]	84,5	86,0	85,4	83,8	81,7	79,9	75,5	73,2
$R'_{min}(q_{min}=2,5\%)$ [m]	53,6	97	152,4	221,7	309,2	570,6	892,8	1296,9
R_G [m] (RVS)	220	375	580	800	1050	1800	2750	4000
R_G / R'_{min}	4,10	3,87	3,80	3,61	3,40	3,15	3,08	3,08
$f_{R,erf}(R_G, q_{min})$	0,032	0,027	0,024	0,023	0,023	0,019	0,016	0,014
$100 \cdot f_{R,erf}(R_G, q_{min}) / f_{R,erf}(R_{min}, q_{max})$ [%]	15,4	15,5	14,8	15,6	16,7	16,6	15,9	14,5

Tab. 8.7: Rechenwerte zur Erstellung des V-q-R-Diagramms [20]

In der oberen Tabelle (Tab. 8.7) ist ersichtlich, dass die angenommen Grenzdadien in der RVS den drei bis vierfachen Wert, der sich bei der Querneigung $q=2,5\%$ ergebenden minimalen Radien, haben. Zudem ist erkennbar, dass nur ungefähr 15% der f_R -Werte ausgenützt werden, die der Ermittlung der minimalen Radien bei maximaler Querneigung zugrunde gelegt worden sind. [8]

8.1.6.2 Querneigung zur Kurvenaußenseite

Bei ungünstigen Verwindungsstrecken mit Nulldurchgang der Querneigung kann es aus entwässerungstechnischer Sicht Sinn machen, eine negative Querneigung, sprich zur Kurvenaußenseite hin, auszuführen. Dies hat auch Vorteile im Aufriss, da die im Nulldurchgang erforderliche Mindestlängsneigung der Bezugslinie, $s_{min} = \Delta s + 0,2\%$, nicht erforderlich wird. Ein weiterer positiver Effekt ist, dass sich unter Umständen die Anlageverhältnisse in Knoten günstiger gestalten lassen. Weiters kann bei Fahrbahnen mit getrennten Richtungsfahrbahnen eine Entwässerung zur Mitte hin vermieden werden. [8]

In fast allen Richtlinien wird die eine Mindestquerneigung von $q=2,5\%$ in Geraden und Bögen angesetzt, um eine Querentwässerung zu gewährleisten. Was sich wiederum bei den Richtlinien unterscheidet, ist die Festlegung der Mindestradien für eine negative Querneigung. Aus Überlegungen der Sicherheit ist in der RVS für Geschwindigkeiten bis 100 [km/h] ein einheitlicher Grenzwert definiert worden.

V [km/h]	40	60	80	100	120	140	Anmerkung
RVS	2000	2000	2000	2000	3000	4000	$q=-2,5\%$
RAL-L-1	-	-	-	5000	5000	5000	$q=-2,5\%$ (nur bei zweistreifigen Straßen)
SNV 640 123	1500	1500	2500	4000	4000	-	$q=-2,5\%$ (außerorts)

Tab. 8.8: Mindestradien für negative Querneigung D-A-CH

Bei einer negativen Querneigung in der Kurve wird ein Seitenreibungsbeiwert zugelassen, der etwa zwischen 57% und 68% jenem Wert entspricht, der bei minimalen Kurvenradien auftritt.

Jedenfalls ist bei der Ermittlung des kleinsten Radius für eine negative Querneigung die Projektierungsgeschwindigkeit zugrunde zu legen. Somit werden die bei großen Radien auftretenden zu erwartenden hohen Geschwindigkeiten berücksichtigt. [8]

Bei mehreren Fahrstreifen je Richtungsfahrbahn oder Abstellstreifen, die temporär vom Verkehr genutzt werden, ist für alle die gleiche Querneigung auszuführen. Für andere Abstell- oder Parkstreifen, die nicht für den fließenden Verkehr genutzt werden, ist auch eine entgegengesetzte Querneigung möglich, wenn das zu einer Verbesserung der Entwässerung führt. Der Knick, der dabei entstehen darf, ist mit 5% beschränkt. [9]

8.1.6.3 Anrampung und Verwindung

Die Anrampungneigung (Δs) errechnet sich aus der Länge L des Übergangsbogens, aus der Differenz der Querneigung (Δq) und dem Abstand a der Bezugslinie zum Fahrflächenrand mit folgender Formel: [9]

$$\Delta s = \frac{\Delta q * a}{L}$$

Die Formel lässt erkennen, dass sich die Anrampungneigung lediglich auf den Rand der unverbreiteten Fahrfläche bezieht. Sprich es kann an den Fahrbahnrandern und bei Aufweitungen, zu größeren sekundären Längsneigungen kommen. [8]

Verdreht sich das Fahrzeug um die Längsachse spielt das für das Fahrzeug selbst zwar keine Rolle, jedoch aber die Reaktion des Fahrers. Daher ist die die Begrenzung der Torsionsgeschwindigkeit in Relation zur Entwurfsgeschwindigkeit notwendig. Aus Erfahrungen geht hervor, dass bei einer Differenz der Querneigung zwischen 3% und 6% pro Sekunde, das Fahrgefühl nicht beeinträchtigt wird. Deshalb ist auch die Verwindung in der Geraden unzulässig, da der Wechsel der Querneigung auf der Geraden ein unerwartetes Steuermanöver verlangt. [8]

Setzt man eine mittlere günstige Torsionsgeschwindigkeit von 4% an, errechnen sich folgende Werte.

V_E		Δq
[km/h]	[m/s]	[%] pro m
140	40	0,1
70	20	0,2
50	13	0,3

Tab. 8.9: Querneigungsdifferenz pro Meter abhängig von V_E

Fahrdynamisch wären diese Werte optimal. Die Einhaltung dieser Anrampungsneigung bringt aber Schwierigkeiten in Hinblick auf die dafür benötigten Längen der Übergangsbögen bei beengten Platzverhältnissen. Da sich, um die Trassenführung bei zuhalten, kleinere Bogenradien ergeben würden, ist es sinnvoller die Anrampungsneigung um ungefähr 50% zu erhöhen.

V_E [km/h]	≤ 50	60 - 70	≥ 80
Δs_{max}	1,5	1,0	0,5

Tab. 8.10: max. Anrampungsneigung lt. RVS 03.03.23 (1981)

Mit den minimalen Klotoidenlängen, die in der RVS definiert sind, werden die Grenzwerte für die Anrampungsneigung eingehalten.

In der Schweiz ist im Vergleich zur RVS bei $V_E = 80$ [km/h] eine Anrampungsneigung von 0,8% zulässig.

Aus entwässerungstechnischer Sicht ist auch eine minimale Anrampungsneigung erforderlich, um bei der Verwindung im Nulldurchgang die Ansammlung von Wasser zu vermeiden. Wird die minimale Anrampungsneigung eingehalten, kommt es zu einer raschen Verwindung und der kritische mittlere Teil der Verwindung kann auf eine Länge von ungefähr 50 [m] begrenzt werden. [8]

Die maximale Anrampungsneigung ist jedenfalls einzuhalten. Dadurch kann sich bei Fahrbahnen, mit einem Abstand von mehr als 50 [m] von der Bezugslinie zum Fahrbahnrand, eine längere kritische Strecke im Verwindungsbereich ergeben. Da jedoch der Fahrbahnrand annähernd das Gefälle der Bezugslinie aufweist, bringt dies keinen wesentlichen Nachteil. [8]

Bei einem einheitlichen Verwindungsbereich können die Straßenabläufe optimal positioniert werden, unabhängig vom Querschnitt. Dadurch müssen Straßenabläufe nicht mehr in der Nähe der Nullstellen bei flachen Verwindungen ausgeführt werden. Dort hat man nämlich festgestellt, dass sich der gesammelte Wasserstrom kurz vor dem Einlaufschacht löst und dann quer über die Fahrbahn abfließt, was wiederum zu vermehrten Aquaplaning Unfällen geführt

hat. Werden die Abläufe zirka 10 [m] vor der Nullstelle situiert, ist auch bei kleinen Bauungenauigkeiten und der nicht vermeidbaren Schmutzansammlung ein Ablauf des Wassers sichergestellt, da dort noch ein Quergefälle von 1% herrscht. [8]

In nachfolgender Grafik ist die geometrische Form der Fahrfläche im Verwindungsbereich dargestellt. Der Wasserabfluss wird durch die Länge und Neigung der Falllinien beeinflusst. Die Dicke des Wasserfilms wird zusätzlich durch die Menge des Niederschlages bestimmt.

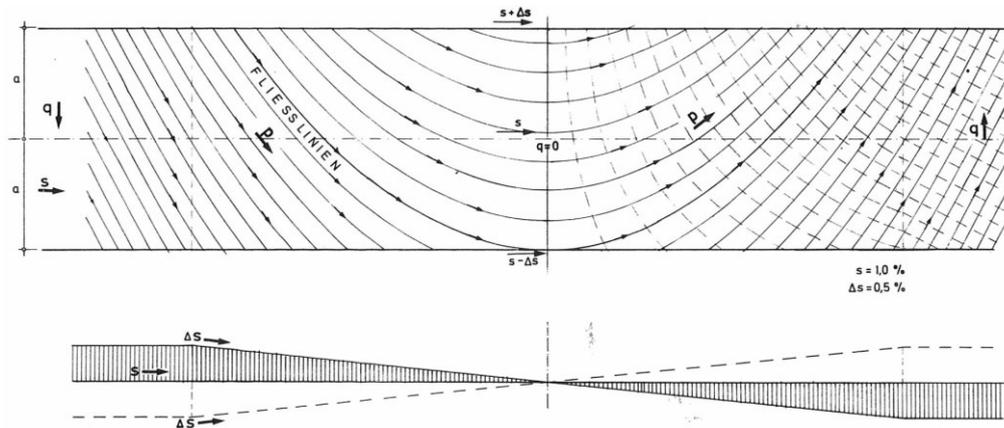


Abb. 8.9: geometrische Darstellung des Verwindungsbereiches⁶⁸

Um bei einer konstanten Torsionsgeschwindigkeit die Schrägneigung zu vergrößern, muss die die Straßenlängsneigung vergrößert werden. Wiederum führt dies zu einer Verlängerung der Fließlinien. Aus Erfahrungen geht hervor, dass bei einem Längsgefälle zwischen 1% und 4% der optimale Wasserabfluss stattfindet. [8]

Weiche breite Reifen verbessern zwar den Kraftschluss auf trockener Fahrbahn, erhöhen aber gleichzeitig die Gefahr des Aquaplaning. Schon bei einem Wasserfilm von 3 bis 4 [mm] und einer Geschwindigkeit größer 90 [km/h] kann es dazu kommen. [8]

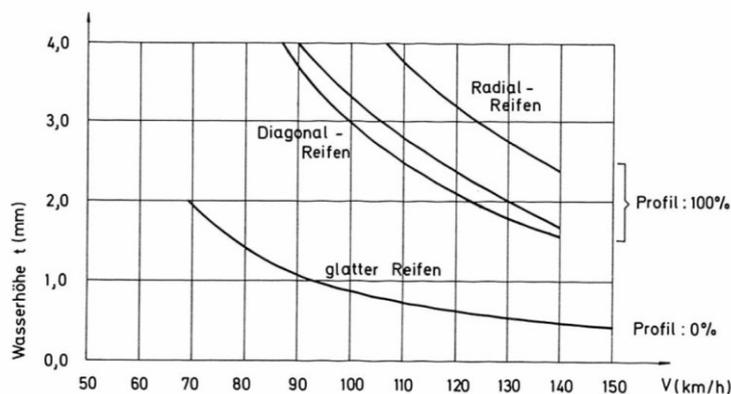


Abb. 8.10: Aquaplaning verhalten⁶⁹

Für die Sicherheit, aus entwässerungstechnischer Sicht, bringt die Verkürzung der Verwindungsbereiche enorme Vorteile. Jedoch ergibt sich der optische Nachteil, dass die Anrampungsknicke in der annähernd geraden Strecke des Grundrisses, deutlich erkennbar sind. Dies wird aber zugunsten der verbesserten Sicherheit in Kauf genommen.

⁶⁸ J. Litzka, Vorschlag für die Überarbeitung des Entwurfes der RVS 03.03.23 Ausgabe 1981, 1978

⁶⁹ J. Litzka, Vorschlag für die Überarbeitung des Entwurfes der RVS 03.03.23 Ausgabe 1981, 1978

In der RVS ist festgelegt worden, dass einerseits die Mindestanrampungsneigung in Verwindungsbereichen mit Nulldurchgang eingehalten wird und zusätzlich, dass der Fahrflächenrand, in jenen Bereichen, wo die Mindestquerneigung unterschritten wird, eine gleichartige Längsrichtung von 0,2% aufweisen muss. Dadurch wird sichergestellt, dass auf jeder Stelle der Fläche ein Gefälle vorhanden ist. Diese Forderung betrifft den tatsächlichen Fahrflächenrand. [8]

Die RVS sieht eine Erleichterung vor, die es ermöglicht den Verwindungsbereich an eine günstige Stelle des Längsschnittes zu legen. Der Nulldurchgang der Querneigung darf bei Wendelinien vom Ursprung der Klotoide verschoben werden, bis zu jener Stelle, bei der der Krümmungsradius der Klotoide dem Grenzzradius für die Querneigung zur Kurvenaußenseite entspricht. Auch die RAL-L-1 sieht eine ähnliche Erleichterung vor.

8.1.6.4 Fahrbahnverbreiterung im Bogen

Innerhalb der Bogenfahrt kommt es zur Beschreibung unterschiedlicher Spuren der Vorder- und Hinterräder. Dies begründet die größere benötigte Breite der Fahrfläche in der Kurve. Abhängig ist die Spurbreite vom Kurvenradius, dem Achsabstand und der Länge des Fahrzeuges selbst. Annähernd lässt sich die Breite e wie folgt berechnen: [8]

$$e = \frac{D^2}{2 * R}$$

Maßgebend ist dabei die Deichsellänge in der RVS, die laut STVO im Straßenverkehr zugelassen ist (Lastkraftzüge: 9,5 [m] bzw. Sattelkraftfahrzeugen: 10,15 [m]). Damit zwei entgegenkommende Schwerfahrzeuge in engen Kurven sich sicher begegnen können, muss der Fahrstreifen verbreitert werden.

Unterschieden wird dabei zwischen Fahrbahnen die breiter als 7,00 [m] und kleiner als 7,00 [m] sind.

R [m]		60	80	100	120	140	160	180	200
Breite der Fahrfläche	≥ 7,00 [m]	120	80	60	40	30	20	0	0
	< 7,00 [m]	150	110	90	75	65	55	50	0

Tab. 8.11: Verbreiterung i [cm] im Bogen⁷⁰

In der RAL-L-1 wird die Verbreiterung einheitlich pro Fahrspur mit

$$i = \frac{32}{R}$$

definiert und die Länge der maßgebenden Deichsel beträgt 8,00 [m].

In den Richtlinien der Schweiz werden, ähnlich wie in der RVS, für die Bestimmung der Verbreiterung verschiedene maßgebende Fahrzeuge betrachtet.

Die Verbreiterungswerte werden für jeden Fahrstreifen ermittelt und an der Kurveninnenseite ausgeführt, da die Hinterräder bei der Fahrt durch die Kurve nach innen abweichen. Die gesamte Verbreiterung ist daher am inneren Rand vorzunehmen und die Mittelmarkierung in der Mitte der gesamten Fahrfläche anzubringen. Die Verbreiterung ist im gesamten Bogen erforderlich. Die Verziehung ist dabei laut RVS linear innerhalb des Übergangsbogens

⁷⁰ RVS 03.03.23 (1981)

durchzuführen. Dabei entsteht ein Knick im Verlauf des Innenrandes. Bei der Baudurchführung kommt es zu einer Ausrundung dieser Knicke. [8]

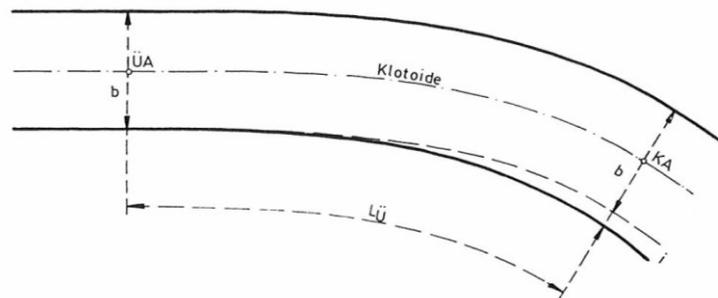


Abb. 8.11: Verziehung des Fahrbahnrandes⁷¹

In der RAL-L-1 werden die Knicke am Beginn und Ende der Verziehung mit quadratischen Parabeln mit einer einheitlichen Tangentenlänge ausgerundet. Die SNV 640 105 geht ähnlich vor. Die Länge wird dort mit Übergangsbogen plus 15 Meter angegeben.

8.1.7 Entwurfselemente der Sicht

Wesentlich für die erforderliche Sichtweite ist die tatsächliche gefahrene Geschwindigkeit. Darum ist die Projektierungsgeschwindigkeit, die wiederum von der Linienführung im Grund- und Aufriss abhängt, der Eingangsparameter für die Sichtweitenermittlung. Somit kann auch für Geschwindigkeiten, die höher als die Entwurfsgeschwindigkeit sind, eine ausreichende Sicherheit gewährleistet werden. Dies ist einer der Gründe für die Einführung der Projektierungsgeschwindigkeit in die RVS gewesen.

Unterschieden wird in

- Anhaltesichtweite
- Begegnungssichtweite
- Überholsichtweite

8.1.7.1 Ermittlung des Sichtraumes

Dabei handelt es sich um jenen Bereich, der zu Gewährleistung der erforderlichen Sichtweiten, außerhalb der Straßenkrone freizuhalten ist. Dazu zählen nicht die Begrünungen im Mittelstreifen bei baulich getrennten Straßen, da diese ohnedies statistisch sicherer sind.

Um den Sichraum zu ermitteln, wird der Sehpunkt in einem Meter Höhe über der Straße angenommen, und zwar in der Mitte des in Fahrtrichtung gesehenen rechten Fahrstreifens. Für die Bestimmung der Anhalte- und Begegnungssichtweite liegt der Zielpunkt ebenfalls in der Mitte des rechten Fahrstreifens. Bei der Überholsichtweite wiederum liegt der Zielpunkt in der Mitte der Gegenfahrbahn. Die Höhe des Zielpunktes liegt bei der Begegnungs- und Überholsichtweite ebenso bei einem Meter. Bei der Anhaltesichtweite liegt dieser auf Straßenniveau, außer bei einer Projektierungsgeschwindigkeit von mehr als 100 [km/h]. Da wird eine verdeckte Hindernishöhe in Kauf genommen. [8]

8.1.7.2 Anhaltesichtweite

Die Anhaltesichtweite ist zusammengesetzt aus der Reaktionszeit und dem Bremsweg, die zusammen den Anhaltweg ergeben. Dieser muss auf allen Strecken innerhalb der Sichtweite

⁷¹ RVS 03.03.23 (1981)

vorhanden sein. Abhängig ist die Anhaltsichtweite von der Längsneigung und der Geschwindigkeit. [8]

Die Anhaltessichtweite, oder auch Anhalteweg genannt, setzt sich aus dem Reaktionsweg und dem Bremsweg zusammen.

Als erstes ist die Reaktionszeit zu betrachten. Das ist jene Zeit, die benötigt wird, um vom Fahrer ein unerwartetes, aber notwendiges Bremsmanöver einzuleiten. Aus Sicherheitsgründen muss dabei vom Extremwert ausgegangen werden, der damals von 1 Sekunde auf 2 Sekunden angehoben worden ist. Der Reaktionsweg daraus berechnet sich wie folgt: [8]

$$S_R = \frac{V_P}{1,8}$$

Um den Bremsweg zu berechnen, wird auf die von Lamm [19] angegeben Formel verwiesen. Basierend auf der allgemeinen Bewegungsgleichung unter Berücksichtigung der Veränderung des tangentialen Reibungsbeiwertes, in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit. Dieser Zusammenhang ist auch bei dem V-q-R-Diagramm vorhanden.

Formel für den Bremsweg auf der Geraden:

$$s_B = \frac{1}{g * a_3} * \left[\frac{1}{2} \ln \left(\frac{a_3 * v^2 + b * v + d}{d} \right) - \frac{b}{c} \left(\arctan \left(\frac{2 * a_3 * v + b}{c} \right) - \arctan \left(\frac{b}{c} \right) \right) \right]$$

mit:

- $a_3 = 2,773 * 10^4 + \frac{6,5 * c_w * F}{G} * 10^{-2}$
- $b = -2,304 - 10^{-2}$
- $d = 0,615 \pm s$
- $c = \sqrt{4 * a_3 * d - b^2}$
- v Geschwindigkeit [m/s]
- g Erdbeschleunigung [m/s²]
- s Längsneigung [%/100]
- c_w Luftwiderstandsbeiwert des Fahrzeuges [-]
- F für den Luftwiderstand maßgebende Fahrzeugfläche, ca 0,9*Breite*Höhe [m²]
- G Masse des Fahrzeuges [kg]

Es wird dabei vorausgesetzt, dass der gesamte zulässige Reibungsbeiwert ausgenutzt werden kann. Dieser ist dem Gleitbeiwert gleichgesetzt und im Normalfall, wenn die Räder nicht blockieren, sind höhere Reibungsbeiwerte nutzbar. Somit bleibt noch Reserve für die Seitenstabilisierung beim Bremsvorgang. Auch in der RAL-L-1 basiert die Anhaltsichtweite auf obiger Formel.

Im Bogen ist die Bremsung noch ungünstiger als auf der Geraden. Die Berechnung hierfür geht von einem Bogen mit minimalem Radius und maximaler Querneigung aus. Somit wird der maximale zulässige Seitenreibungsbeiwert ausgenutzt. In tangentialer Richtung stehen beim Bremsvorgang nur ein Teil des maximalen Reibungsbeiwertes zur Verfügung. Das Ergebnis ist ein längerer Bremsweg. Der Bremsweg wird durch eine Näherungsberechnung ermittelt. Dabei werden alle Teilstrecken addiert, bei denen die Geschwindigkeit um jeweils 1 [m/s] bis zum Stillstand reduziert wird. Der ausnutzbare tangentielle Reibungswinkel und der spezifische Luftwiderstand für jeden Teilschnitt, für die mittlere Geschwindigkeit von -0,5 [m/s], wird neu berechnet. [8]

$$s_B[m] = \sum_{v=0}^{v=v} s_{Bi}$$

mit:

$$s_{Bi} = \frac{v^2 - (v - 1)^2}{2 * g * (f_T + \frac{W_L}{G} + s)}$$

$$f_T = \sqrt{f_{max}^2 - f_R^2}$$

$$f_{max} = 2,773 * 10^{-4} * (v - 0,5)^2 - 2,304 * 10^{-2} * (v - 0,5) + 0,615$$

$$f_R = \frac{(v - 0,5)^2}{9,81 * R_{min}} - q_{max}$$

$$\frac{W_L}{G} = \frac{6,5 * c_w * F * 10^{-2} * (v - 0,5)^2}{G}$$

Wobei von üblichen durchschnittlichen damaligen PKW ausgegangen wurde mit:

- $c_w = 0,46$
- $F = 2,21 \text{ [m}^2\text{]}$
- $G = 1175 \text{ [kg]}$

In Deutschland ist in der RAL-L-1 mit etwas anderen Werten gerechnet worden, die Ergebnisse sind jedoch praktisch gleich.

Abhängig von der Geschwindigkeit und der Längsneigung sind die berechneten Werte gerundet in nachfolgender Tabelle ersichtlich, wobei eine Längsneigung von $s=0\%$ angenommen wurde. [8]

V [km/h]	40	50	60	70	80	100	120	140
RAL-L-1 [m]	35,0	-	70,0	-	115,0	185,0	275,0	380,0
Gerade nach Lamm [19] [m]	35,9	50,8	69,1	91,3	117,9	186,3	275,0	379,6
Gerade Näherungsberechnung [m]	35,8	50,8	69,0	91,2	117,9	186,2	275,0	379,5
Bogen [m]	36,4	51,6	70,3	93,2	120,8	191,3	283,8	391,6
Δ Gerade-Bogen [%]	1,7	1,6	1,9	2,2	2,5	2,7	3,2	3,2
RVS 03.03.23 (1981) [m]	35,0	50,0	70,0	90,0	120,0	185,0	275,0	380,0

Tab. 8.12: Vergleichsberechnungen für den Anhaltweg bei $s=0\%$

Im ungünstigsten Fall, bei einer Längsneigung $s=-s_{\max}$, ergeben sich folgende Werte:

V [km/h]	40	50	60	70	80	100	120	140
Gerade nach Lamm [19] [m]	40,7	59,0	81,5	109,0	141,5	221,0	325,1	438,6
Bogen [m]	41,9	60,6	84,2	113,2	147,6	230,3	340,2	357,0
Δ Gerade-Bogen [%]	2,9	2,7	3,3	3,9	4,3	4,2	4,6	4,2

Tab. 8.13: Vergleichsberechnungen für den Anhaltweg bei $s=-s_{\max}$

In der Tabelle (Tab. 8.12) ist ersichtlich, dass der Anhaltweg im Bogen nur geringfügig länger ist. In die RVS sind daher die einfachen Berechnungen aus der Geraden übernommen worden.

8.1.7.3 Begegnungssichtweite

Die Begegnungssichtweite entspricht der Summe der Anhaltesichtweite entgegenkommender Fahrzeuge. Ist dies nicht mit einem wirtschaftlich vertretbaren Aufwand möglich, ist eine Sperrlinie anzuordnen, um so ein Begegnen auf demselben Fahrstreifen zu verhindern. In der SNV 640 090 wird daher die Begegnungssichtweite auch als kritische Überholsichtweite bezeichnet, denn es ist die kürzeste Strecke, die notfalls möglich sein muss, um bei einem Überholvorgang anhalten zu können. [8]

Bei Kuppen und Wannen ist die Begegnungssichtweite so weit gegeben, solange kein Hindernis verdeckt ist. Bei $V_p = 100$ [km/h] ist für die Ermittlung des minimalen Radius eine verdeckte Hindernishöhe zulässig. Daher ist dort keine Begegnungssichtweite gegeben. Es muss daher ein größerer Ausrundungsradius gewählt werden. Für höhere Projektierungsgeschwindigkeiten ist diese Überlegung nicht notwendig, da dort die Richtungsfahrbahnen baulich getrennt sind. [8]

8.1.7.4 Überholsichtweite

Die RVS legt nicht fest wie viele Abschnitte eine Überholsichtweite aufzuweisen haben. Es wird lediglich darauf verwiesen, dass entsprechend der Bedeutung der Straße, entsprechend viele Abschnitte mit Überholsichtweite vorhanden sein sollen. [8]

Die Überholsichtweite wird in Deutschland so wie in der RVS definiert, daher können diese Werte genommen werden.

V_E [km/h]	60	80	100
$S_{ü, \min}$ [m]	400	525	650

Tab. 8.14: minimale Überholsichtweite laut RAL-L-1

Als Grenzwert für die Überholsichtweite kann die Begegnungssichtweite angenommen werden.

8.1.8 Erkenntnisse der RVS 03.03.23 Ausgabe 1981

Überall dort, wo die Projektierungsgeschwindigkeit als Eingangsparameter dient, wären auch Spalten für die „fehlenden“ Geschwindigkeiten in Zehner-Schritten sinnvoll. Eine Interpolation der Ausgangswerte wäre dann nicht mehr notwendig.

Mit der Ausgabe 1981 ist endlich eine Richtlinie für Linienführung verbindlich erklärt worden, was bedeutet, dass diese zumindest für Bundesstraßen angewendet werden müssen.

Eine große Neuerung ist die Einführung der Projektierungsgeschwindigkeit gewesen, mit einem positiven Effekt auf die Verkehrssicherheit. Ein Nachteil, der sich dadurch ergibt, ist, dass eine

wirtschaftliche Trassierung erschwert wird. Auch auf die Inanspruchnahme der Landschaft wirkt sich dies negativ aus.

Größere Schwierigkeiten ergeben sich im Flachland durch die Vorschrift, dass im Nulldurchgang der Querneigung eine Längsneigung von 0,2% am Fahrflächenrand einzuhalten ist.

Insgesamt ist die Richtlinie aber ein großer Fortschritt für die Linienführung, da nun eindeutige Festlegungen für sämtliche Trassierungsparameter alle Straßen vorhanden sind.

8.2 Erarbeitung und Neuerungen der RVS 2014⁷²

Nachdem die Richtlinie zur Festlegung von Querschnittselementen, RVS 03.03.31, Anfang der 2000er Jahre bearbeitet und im August 2005 neu veröffentlicht worden ist, war das der Anlass, die RVS für Linienführung zu überarbeiten. Eine der größten Änderungen in der RVS für Querschnittselemente war, dass die Idee umgesetzt worden ist, dass auf Strecken mit zügiger Linienführung und hohem Tempolimit auch hohe Fahrgeschwindigkeiten zu erwarten sind. Der Gedanke war, dass das auch Einfluss auf die Auswahl des Querschnitts haben soll. Um dies zu ermöglichen, ist als Eingangswert für die Dimensionierung der Breite der Fahrstreifen, der Parameter, die mittlere Projektierungsgeschwindigkeit ($V_{p,mittel}$) eingeführt worden. [17]

Dieser Parameter beruht wiederum auf der gemäß RVS 03.03.23 zu bestimmenden Projektierungsgeschwindigkeit, dem alleinigen geeigneten Geschwindigkeitsbegriff innerhalb des Regelwerks der RVS. [17]

Bei der Vorversion, der RVS 03.03.23 herausgegeben im Jahr 1997, ist eine derartige Anwendung nicht angedacht worden. Somit sind auch die Grundsätze zur Ermittlung nicht vorhanden gewesen. Da das Ziel des Regelwerks im Straßenwesen ist in sich stimmig zu sein, hat der Arbeitsausschuss eine Überarbeitung beschlossen, um die Bestimmungen der Projektierungsgeschwindigkeit genauer festzulegen. [17]

Die ersten Sitzungen des Arbeitsausschusses zu dieser Thematik haben im Jahr 2008 stattgefunden. Dort ist rasch klar geworden, dass mehrere Punkte der in die Jahre gekommenen RVS zu überdenken sind. Somit ist die Bearbeitung der gesamten RVS 03.03.23 notwendig geworden. [17]

Es hat sechs Jahre mit zahlreichen mehrstündigen Arbeitsausschusssitzungen, mehreren Entwurfsversionen und vielen Kommentaren aus der Begutachtung gedauert, um die RVS komplett zu überarbeiten und neu zu veröffentlichen. Auch der Titel ist dabei erweitert worden auf „Linienführung und Trassierung“. Die Begründung der Titelerweiterung ist, dass die Anwendung der RVS sich nicht auf den Verlauf der Straße bzw. die Festlegung der Linienführung beschränkt, sondern auch trassierungsrelevante Elemente des Querschnittes regelt. Zu den zahlreichen kleinen Änderungen sind auch einige Punkte adaptiert, oder vollkommen neu eingeführt worden. [17]

Stilistische Änderungen der RVS: [17]

- Es werden nicht mehr nur Grenzwerte für diverse Entwurfselemente angegeben, sondern empfohlene Werte, sprich Richtwerte.
- Zusätzliche Begriffsbestimmungen, die bisher nicht eindeutig definiert worden sind.

⁷² FSV-aktuell Straße (September 2014), „Linienführung und Trassierung von Freilandstraßen in Österreich – Stand der Dinge“. DI Dr. Wolfgang J. Berger

- Um die Nachvollziehbarkeit verschiedenster Parameter zu gewährleisten, stehen bei den Entwurfselementen Erklärungen und Begründungen zu den Festlegungen. Dies soll auch einer leichteren Anwendung dienen. Zudem gibt es neu gezeichnete Abbildungen, wie zum Beispiel das Ablaufschema (Abb. 6.1).
- Wichtig ist es dem Arbeitsausschuss auch gewesen, innerhalb der Richtlinie auf die Beachtung der Anforderungen der RVS 03.03.21 „räumliche Linienführung“ hinzuweisen.

Veränderungen von wichtigen Eingangswerte: [17]

- Wie bereits aus der RVS 3.23 Ausgabe 1981 bekannt, ist die Entwurfsgeschwindigkeit wieder als Entwurfseingangsgeschwindigkeit V_E eingeführt worden. Dadurch wird es möglich die Entwurfsvorgaben innerhalb der räumlich-verkehrlichen Klassifizierung einer Straße (Tab. 8.15) zu unterscheiden. Ein Grund für die Wiedereinführung ist auch die Tatsache, dass auch jenen Personen, die nicht zu den Experten auf diesem Gebiet zählen, dies einfacher zu vermitteln ist. Ein gängiges Synonym ist die sogenannte „Ausbaugeschwindigkeit“.
- Auch bei der Vorgehensweise zur Bestimmung der Projektierungsgeschwindigkeit V_P haben sich Änderungen ergeben:
 - Die Längsneigung hat keinen Einfluss mehr auf die Projektierungsgeschwindigkeit. Diese Erkenntnis basiert auf einer Schweizer Studie (Koy & Spacek 2003). Dabei hat sich gezeigt, dass die Steigungsrichtung nur einen minimalen Einfluss hat, die PKW-Geschwindigkeit und die Längsneigung jedoch keinen nennenswerten Zusammenhang haben.
 - Es ist verdeutlicht worden, dass sich die Projektierungsgeschwindigkeit vom Bogenradius ableitet. Es sind nicht mehr Einzelwerte als Eingangswerte angegeben, sondern Radienbereiche. Als Ausgangswert ist die V_P in 5 km/h-Schritten angegeben. Dabei sind die bisherigen Tabellenwerte als Grenzwerte für die Abstufung eingehalten worden.
 - Zum ersten Mal ist auch der Einfluss der Geradenlänge auf die V_P berücksichtigt worden. Bei einer kurzen Geraden ist keine Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit zu erwarten. Nimmt die Länge der Geraden jedoch zu, dann kann sehr wohl von einer höheren Fahrgeschwindigkeit ausgegangen werden.
 - Es wird nun auch eindringlich darauf hingewiesen, dass es zweckmäßig ist die Höchstgeschwindigkeit auf Richtungsfahrbahnen zu beschränken, falls aufgrund kleiner Bogenradien die Projektierungsgeschwindigkeit unter 130 [km/h] liegt. Dadurch wird bei Bedarf eine gute an das Umfeld angepasste, betreffend des Geländes, Linienführung ermöglicht. Außerdem gibt es somit keine Verschlechterung der Verkehrssicherheit. Einbußen bei der Verkehrssicherheit wären ansonsten zu erwarten, da die Erwartungshaltung der Verkehrsteilnehmer ist, auf Autobahnen ohne Geschwindigkeitsbegrenzung 130 [km/h] fahren zu können.
- Gemäß § 20 Abs 2 StVO besteht prinzipiell die Möglichkeit die Projektierungsgeschwindigkeit durch Begrenzung der Höchstgeschwindigkeit nach oben hin, zu beschränken. Auf diese Tatsache wird nun eindringlich hingewiesen. In einigen Abschnitten ist schon vorher klar, dass es eine Begrenzung geben wird. Durch die Begrenzung lässt sich, wie es in der Praxis oft vorkommt, eine bessere angepasste Linienführung an das Umfeld realisieren.

- Es findet sich nun auch eine Vorgehensweise in der Richtlinie, wie bei größeren Radien mit bedingten Sprüngen der Projektierungsgeschwindigkeit umgegangen wird. Somit kann trassiert werden, ohne mit Sicherheitseinbußen rechnen zu müssen, da im Bedarfsfall auch ein Abgehen möglich ist.

Räumlich-verkehrliche Straßenklassifizierung	R_{empf} [m]	S_{empf} [%]	V_E [km/h]	R_{min} [m]
Autobahnen und Schnellstraßen (Bundesstraßen A u. S)	≥ 1000	≤ 4	130	800
			120	600
			110	500
			100	400
Hauptverkehrsstraßen	≥ 500	≤ 6	100	400
			90	300
			80	200
Regionale Straßen mit größerer Verkehrsbedeutung	≥ 300	≤ 8	80	200
			70	130
			60	80
Regionale Straßen mit geringerer Verkehrsbedeutung	≥ 130	$\leq 10^*$	60	80
			50	50
			40	30

*) Eine Längsneigung von $s_{max} = 12\%$ soll auch im Ausnahmefall nicht überschritten werden

Tab. 8.15: In Abhängigkeit von der räumlich-verkehrlichen Straßenklassifizierung empfohlene untere Größen für Kreisbogenradien R_{empf} , obere Größen für Längsneigungen S_{empf} , Entwurfeingangsgeschwindigkeit V_E sowie (nur im Ausnahmefall) Grenzwerte R_{min}

Parameter und deren Veränderungen: [17]

- Zwischen zwei gleichsinnig verlaufenden Kreisbögen ist eine Länge festgelegt worden, um zu kurze Geraden dazwischen zu vermeiden. Für Eilinen sind empfohlene Radien Verhältnisse eingeführt worden.
- Zur Bestimmung der Lage der Bezugslinie sind nun auch dreistreifige Querschnitte und Rampenfahrbahnen einbezogen worden.
- Die Mindestlängsneigung der Bezugslinie in den kritischen Verwindungsbereichen mit Richtungswechsel der Querneigung, bezüglich der Entwässerung, ist nun eindeutig festgelegt.
- Um Radien von Kuppen und Wannen berechnen zu können, sind nun Formeln angegeben. Dies gilt auch für die Anrampungsneigung.
- Für Kuppen, bei der sich die Längsneigung nur minimal ändert, gibt es nun eine Empfehlung für eine Mindesttangentiallänge.
- Um eine vorgetäuschte Überholsichtweite zu unterbinden, ist beim Auftreten von unvermeidbarem Tauchen oder Springen, auf eine Begrenzung der vertikalen Sichtabschattung hingewiesen worden.
- Bei Eisenbahnkreuzungen wird auf eine eigene Festlegung zu Kuppen- und Wannenradien verwiesen.

- Die Mindestradien für Kreisbögen mit negativer Querneigung sind neu festgelegt worden. Bei Radien zwischen 2.000 [m] und 4.000 [m] darf nur mehr eine negative Querneigung verwendet werden, wenn sich dadurch Vorteile bei der Entwässerung der Fahrbahn und der Trassierung selbst ergeben.
- Bei einer hohen Längsneigung zufolge der Schrägneigung gibt es nun höhere Grenzwerte als bisher.
- Die Obergrenze für die Anrampungsneigung Δs_{\max} ist abgeschafft worden. Die maximale Anrampungsneigung wird bestimmt durch die Mindestlänge der Verwindungsstrecke.
- Die Gratverwindung ist, bezüglich der Länge und Lage des Grates, sowie der Anrampungsneigung, neu festgelegt worden.
- Auch bei der Fahrflächenverbreiterung ist eine neue Vorgehensweise festgelegt worden. Im Bedarfsfall sind kleinere Bemessungsfahrzeuge gezielt einsetzbar. Die Vorgehensweise ist dadurch wesentlich einfacher handhabbar. Dadurch, dass die Sicherheitsabstände von der Projektierungsgeschwindigkeit abhängen, wird die Verkehrssicherheit erhöht.
- Es wird eindringlich darauf hingewiesen und betont, dass großzügige Sichtweiten gewährleistet werden sollen.
- Dass Fahrzeurückhaltesysteme bis zu einer Höhe von 80 [cm] keine Sichtbehinderung darstellen, ist entfallen. In begründeten Situationen sind Ausnahmen aber weiterhin zulässig.

All die aufgelisteten Punkte führen zu Verbesserungen. Bei einigen sind die Veränderungen und Auswirkungen zwar nur gering, aber das wesentliche Ziel der Überarbeitung und Neuveröffentlichung der RVS ist es gewesen, die Planungssicherheit zu erhöhen. Damit soll ermöglicht werden, die Richtlinie optimal und vor allem leichter anwenden zu können.

Planungssicherheit ist aus folgenden Punkten wichtig: [17]

- Durch die im Vorhinein günstige Dimensionierung von Entwurfselementen kann die Verkehrssicherheit gesteigert werden.
- Projekte können wirtschaftlicher durchgeführt werden. Etwa in dem vermieden wird, aus Unsicherheit, unnötig großzügige Entwurfparameter zu wählen. Aber auch die Möglichkeit für eine abweichende Trassierung, um dennoch eine wirtschaftliche, aber sichere Trasse zu planen, sprich die Verwendung von anderen begründeten Grenzwerten von Entwurfselementen, als diese in der RVS definiert werden, ist möglich, und wird auch erleichtert.

8.3 Entwicklung von 1981 bis heute

8.3.1 Mindestradien

1981:

V [km/h]	40	50	60	70	80	100	120	140
R _{min} [m]	45	80	125	180	250	450	700	1000

Tab. 8.16 Mindestradien

- Als Eingangsgröße: $V = V_E$
- Als Ausgangsgröße: $V = V_P$

In der Richtlinie werden auch die zugehörigen Mindestlängen des Kreisbogens definiert. Dabei handelt es sich um jene Strecke, für die ein Fahrzeug mit der Entwurfsgeschwindigkeit eine

Sekunde benötigt. Die Scheitelklottoide kann durch diese Bestimmung nicht angewendet werden.

1997:

V_{85} [km/h]	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
R [m]	30	50	80	130	200	300	400	500	600	800

Tab. 8.17: Zusammenhang Radius (R) und Geschwindigkeit (V_{85})

Veränderung: Die Radien sind kleiner geworden

2014:

Straßenklassifizierung	Regionale Straße mit geringer Verkehrsbedeutung			Regionale Straße mit größerer Verkehrsbedeutung			Hauptverkehrsstraßen			Autobahnen und Schnellstraßen			
R_{empf} [m]	≥ 130			≥ 300			≥ 500			≥ 1000			
V_E [km/h]	40	50	60	60	70	80	80	90	100	100	110	120	130
R_{min} [m]	30	50	80	80	130	200	200	300	400	400	500	600	800

Tab. 8.18: In Abhängigkeit von der räumlich-verkehrlichen Straßenklassifizierung empfohlene untere Größen für Kreisbogenradien R_{empf} , Entwurfeingangsgeschwindigkeit V_E sowie (nur im Ausnahmefall) Grenzwerte R_{min}

Veränderung: Eingangsgröße ist V_E ; Klassifizierung mit R_{empf}

8.3.2 Klottoidenlänge

1981:

Regelquerschnitt ⁷³	Mindestlänge der Klottoide L_{min} [m]			Mindestlänge der Klottoide L_{min} [m] bei beengten Wendelinien		
V_E [km/h]	≤ 50	60 – 70	≥ 80	≤ 50	60 – 70	≥ 80
A1 - A5	-	-	135	-	-	95
B1, B2	-	65	125	-	50	90
B3	35	50	90	25	35	65
B4, B5	25	35	65	20	25	50
B6	20	30	55	15	20	40

Tab. 8.19: Mindestlänge der Klottoide L_{min} [m]

Durch die drei verschiedenen Geschwindigkeitsbereiche der oberen Tabelle, werden die unterschiedlichen maximalen Anrampungsneigungen berücksichtigt.

Durch das Element Übergangsbogen wird eine flüssige Trassierung ermöglicht. Aber auch aus fahrdynamischen Gründen sind Übergangsbögen erforderlich.

Der Arbeitsausschuss hat jahrzehntelang diskutiert, um die Mindestlänge für die Klottoide zu definieren.

⁷³ gemäß RVS 3.314 Ausgabe Jul 1975

Als Grundlage werden zunächst die üblichen drei Kriterien betrachtet:

- Fahrdynamische Kriterium – ein bestimmter Wert darf vom Querruck nicht überschritten werden
- Kriterium der Anrampung – eine ausreichende Klotoidenlänge muss für die Verwindung vorhanden sein, um die maximal zulässige Anrampungeneigung nicht zu überschreiten
- Formkriterium – Die Änderung der Richtung der Klotoide solle größer als $3,5^{\circ}$ sein ($A=R/3$)

Die Limits für das fahrdynamische Kriterium unterscheiden sich in D-A-CH. Dieses Kriterium hat für die Festlegung der minimalen Parameter der Klotoide jedoch nur eine geringe Bedeutung. Das Kriterium der Anrampung ist in allen Richtlinien im DACH-Raum zu finden. Jedoch ist der Wert, der sich daraus ergibt, meist kleiner als der Mindestwert, der sich nach den anderen Kriterien ergibt. Auch das Formkriterium findet sich in allen Richtlinien im DACH-Raum wieder. In der deutschen und der schweizerischen Richtlinie wird das Formkriterium ab Geschwindigkeiten von 100 [km/h] maßgebend zur Bestimmung der Mindestwerte. Daraus ergibt sich aber wiederum ein Widerspruch.

Wird der Radius im Bogen größer, muss der Klotoidenparameter nach dem Formkriterium ebenso zunehmen.

$$A_{min} = \frac{R}{3}$$

Die Richtlinien lassen aber ab einem bestimmten Radius zu, dass der Übergangsbogen gänzlich wegfällt. Dieser Widerspruch ist in der damaligen RVS 03.03.23, Ausgabe 1981, entfernt worden. Man hat sich darauf geeinigt, dass ein Übergangsbogen auf jeden Fall anzuwenden ist, jedoch Nachteile vermieden werden müssen. Dies hat den Zusammenhang von Bogenradius und Mindestklotoidenparameter ausgeschlossen. Als neue Möglichkeit zur Definition von Mindestwerten der Klotoide boten sich zwei Alternativen an:

- Festlegung in Abhängigkeit bestimmter Grenzwerte der Tangentenabrückung ΔR
- Festlegung über eine Mindestlänge L der Klotoide

Die Wahl, als bestimmendes Beurteilungskriterium, ist auf die Mindestlänge gefallen. Im ersten Schritt ist die Mindestlänge im Zusammenhang mit der Breite der Straße definiert worden.

$$L_{min} = 5 * B_{Straßenbreite}$$

Da es hierbei jedoch bei kleinen Radien zu großen Tangentenwinkel kommt und dies zu Schwierigkeiten führt, ist diese Definition wieder verworfen worden. Daher ist bei der Wahl zur Definition der Mindestlänge festgelegt worden, dass diese über die Abhängigkeit der maximal zulässigen Anrampungeneigung zu bestimmen ist. In der Richtlinie wird dabei zwischen zwei Fällen unterschieden:

- **Normale Verhältnisse**

Die Mindestlänge der Klotoide berechnet sich mit der Annahme der maximalen Querneigungsänderung, sprich der Querneigung einer Geraden zur maximalen entgegengesetzten Querneigung im Bogen. Die Voraussetzung ist, dass sich die Bezugslinie in Regellage befindet. Die Mindestlänge der Klotoide ist von Entwurfsgeschwindigkeit und Regelquerschnitt abhängig und in der Tab. 8.19 definiert.

Die Tabelle berücksichtigt dabei die maximalen Anrampungeneigungen der unterschiedlichen Geschwindigkeitsbereiche.

Damit bei gleichen Anlagenverhältnissen auch gleiche Klotoidenlängen definiert sind, ist für die Regelquerschnitte A1 bis A5 eine einheitliche Mindestlänge definiert worden, da sich beim Regelquerschnitt A3 durch eine andere Lage der Bezugslinie eine nur halb so lange Länge der Klotoide ergeben würde.

▪ **Beengte Verhältnisse**

Bei der Wendelinie ergibt sich eine kleinere Querschnittsdifferenz als bei der oberen Abfolge von Gerade – Klotoide – Kreisbogen. Somit sind auch kürzere Mindestlängen von Klotoiden unter der Beachtung aller anderen Kriterien möglich. Die Anwendung soll nur bei beengten Verhältnissen erfolgen.

Werden die Mindestlängen der Tabelle eingehalten, wird auch die maximale Anrampungsneigung, bei regulärer Lage der Bezugslinie, unterschritten. Befindet sich die Bezugslinie auf einer anderen Position, ist die Mindestlänge der Klotoide, unter der Einhaltung der maximalen Anrampungsneigung, neu zu berechnen.

1997:

V_p [km/h]	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
L_{min} [m]	15	20	30	39	44	50	56	61	67	72

Tab. 8.20: Mindestlänge der Klotoide L_{min} [m]

Veränderung: Die Eingangsgröße ist nicht mehr die Entwurfsgeschwindigkeit, sondern die Projektierungsgeschwindigkeit.

2014:

V_p [km/h]	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	110	120	130
L_{min} [m]	15	20	30	39	44	50	56	61	67	72						

Tab. 8.21: Mindestlänge der Klotoide L_{min} [m]

Möglichst ähnliche Parameter sollen die beiden Klotoiden bei Wendelinien haben.

8.3.3 Straßenlängsneigung

1981:

Geschwindigkeit V [km/h]	Autobahnen und Schnellstraßen mit baulicher Trennung der Richtungsfahrbahnen		Schnellstraßen ohne bauliche Trennung der Richtungsfahrbahnen und sonstige Straßen (nur für Halbausbau gültig)	
	Nachweis der Leistungsfähigkeit			
	mit	ohne	mit	ohne
	Höchstzulässige Straßenlängsneigung [%]			
40			9,0	12,0
50			8,0	11,0
60			7,0	10,0
70			6,0	9,0
80			5,0	8,0
100	3,0	6,0	4,0	6,0
120	3,0	5,0	3,0	5,0
140	3,0	4,0	-	-

Tab. 8.22: Höchstzulässige Straßenlängsneigung

Als Eingangsgröße: $V = V_E$

Als Ausgangsgröße: $V = V_P$

1997:

S [%]	12	11	10	9	8	7	6	5	4,5	4
V_{85} [km/h]	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130

Tab. 8.23: Zusammenhang Längsneigung (s) und Geschwindigkeit (V_{85})

Veränderung: Keine Unterscheidung in baulich getrennt oder nicht und Entfall des Nachweises der Leistungsfähigkeit.

2014:

Straßenklassifizierung	Regionale Straße mit geringer Verkehrsbedeutung			Regionale Straße mit größerer Verkehrsbedeutung			Hauptverkehrsstraßen			Autobahnen und Schnellstraßen			
S_{emp} [%]	$\leq 10^*)$			≤ 8			≤ 6			≤ 4			
V_E [km/h]	40	50	60	60	70	80	80	90	100	100	110	120	130

*) Eine Längsneigung von $s_{max} = 12$ [%] soll auch im Ausnahmefall nicht überschritten werden

Tab. 8.24: Höchstzulässige Straßenlängsneigung

Veränderung: Mehrere Geschwindigkeitsstufen sind zu einer Kategorie zusammengefasst. Es gibt nicht mehr zu jeder Geschwindigkeitsstufe sondern zu jeder Kategorie eine maximale Längsneigung.

8.3.4 Kuppen und Wannenradien

8.3.4.1 Kuppenradien

1981:

V_p [km/h]	40	50	60	70	80	100	120	140
R_{min} [m]	1500	2000	3000	4000	7500	12500 ^{*)}	20000	35000

^{*)} Dort wo Begegnungssichtweite (laut RVS 3.235, Pkt. 3.2) sichergestellt werden muss: $R_{min} = 17000$ [m]

Tab. 8.25: Mindestkuppenradius

1997:

V_p [km/h]	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
R_{min} [m]	400	700	1200	2000	3000	4500	6500	9000	12000	15000

Tab. 8.26: Mindestkuppenradius

Veränderung: Die Ausrundungsradien sind wesentlich kleiner geworden.

2014:

V_p [km/h]	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	110	120	130
R_{empf} [m]	≥ 700	≥ 1200	≥ 2000	≥ 3000	≥ 4500	≥ 6500	≥ 9000	≥ 12000	≥ 15000	≥ 19000	≥ 15000	≥ 12000	≥ 9000	≥ 6500	≥ 4500	≥ 3000
R_{min} [m]	400	550	700	950	1200	1600	2000	2500	3000	3700	45000	5400	6500	9000	12000	15000

Tab. 8.27: Mindestkuppenradius

Veränderung: Die Mindestradien sind gleichgeblieben, jedoch ist zusätzlich eine empfohlene Ausrundung angegeben.

8.3.4.2 Wannenradien

1981:

V_p [km/h]	40	50	60	70	80	100	120	140
R_{min} [m]	1000	1500	2000	2500	3000	5000	8000	12000

Tab. 8.28: Mindestwannenradius

1997:

V_p [km/h]	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
R_{min} [m]	400	650	900	1300	1700	2100	2600	3100	3700	4500

Tab. 8.29: Mindestwannenradius

Veränderung: Die Ausrundungsradien sind wesentlich kleiner geworden.

2014:

V_p [km/h]	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	110	120	130
R_{empf} [m]	≥ 650	≥ 900		≥ 1300		≥ 1700		≥ 2100		≥ 2600		≥ 3100		≥ 3700	≥ 4500	≥ 5500
R_{min} [m]	400	525	650	775	900	1100	1300	1500	1700	1900	2100	2350	2600	3100	3700	4500

Tab. 8.30: Mindestwannenradius

Veränderung: Die Mindeststradien sind gleichgeblieben, jedoch ist zusätzlich eine empfohlene Ausrundung angegeben.

8.3.5 Querneigung

1981:

R [m]	45	80	125	180	250	450	700	1000
q_{max} [%]	7	6,8	6,6	6,5	6,4	6,2	6,0	6,0

Tab. 8.31: maximale Querneigung q_{max} im Kreisbogen

1997:

Maximale Querneigung (q_{max}) von Autobahnen und Schnellstraßen im Kreisbogen

R [m]	≤ 800	1000	1200	1400	1600	1800	≥ 2000
q_{max} [%]	6,0	5,0	4,5	4	3,5	3	2,5

Tab. 8.32: maximale Querneigung q_{max} im Kreisbogen bei A und S

Maximale Querneigung (q_{max}) von allen anderen Straßen im Kreisbogen

R [m]	≤ 400	500	600	700	800	900	1000	≥ 1200
q_{max} [%]	7,0	5,5	5	4,5	4	3,5	3,0	2,5

Tab. 8.33: maximale Querneigung q_{max} im Kreisbogen bei allen anderen Straßen

2014:

Maximale Querneigung (q_{\max}) im Kreisbogen bei Höchstgeschwindigkeit $V_{\text{zul}} > 100$ [km/h]

R [m]	≤ 800	1000	1200	1400	1600	1800	≥ 2000
q_{\max} [%]	6,0	5,0	4,5	4	3,5	3	2,5

Tab. 8.34: maximale Querneigung q_{\max} im Kreisbogen bei $V_{\text{zul}} > 100$ [km/h]

Maximale Querneigung (q_{\max}) im Kreisbogen bei Höchstgeschwindigkeit $V_{\text{zul}} \leq 100$ [km/h]

R [m]	≤ 400	500	600	700	800	900	1000	≥ 1200
q_{\max} [%]	7,0 ^{*)}	5,5 ^{*)}	5	4,5	4	3,5	3,0	2,5

^{*)} Wenn die maximale Querneigung aufgrund örtlicher Gegebenheiten nicht möglich bzw. nicht sinnvoll ist, darf unter der Beachtung der Gesamttrassierung geringere Querneigung, jedoch nicht unter 5% gewählt werden.

Tab. 8.35: maximale Querneigung q_{\max} im Kreisbogen bei $V_{\text{zul}} < 100$ [km/h]

Die Werte sind gleichgeblieben.

8.3.6 Querneigung nach außen

1981:

Bei einer Überschreitung folgender Radien, darf, wenn diese Vorteile für die Entwässerung bringen, die Querneigung auch ausnahmsweise in Richtung der Kurvenaußenseite angelegt werden. Bei einer gleichsinnigen Bogenfolge darf jedoch die Querneigung nicht geändert werden.

V_p [km/h]	≤ 100	120	140
R_{\min} [m]	2000	3000	4000

Tab. 8.36: maximale Querneigung q_{\max} zur Kurvenaußenseite

1997:

Die Querneigung darf in Ausnahmefällen, vorausgesetzt der Bogenradius ist größer 2000 [m], und es bringt Vorteile für die Entwässerung, ausnahmsweise auch zur Kurvenaußenseite angelegt werden. Bei einer gleichsinnigen Bogenfolge darf jedoch die Querneigung nicht geändert werden.

2014:

Die Querneigung darf in Ausnahmefällen, vorausgesetzt der Bogenradius beträgt zwischen 2000 [m] und 4000 [m], und es bringt Vorteile für die Entwässerung, ausnahmsweise auch zur Kurvenaußenseite angelegt werden. Ist die zulässige Höchstgeschwindigkeit bei Landstraßen ≤ 100 [km/h], darf in begründetem Einzelfall und bei einem fahrdynamischen Nachweis, die Querneigung auch bei kleineren Radien nach außen angelegt werden. Bei einer gleichsinnigen Bogenfolge darf jedoch die Querneigung nicht geändert werden.

8.3.7 Querneigung außerhalb

1981:

Zusätzliche Fahrstreifen, Beschleunigungs- und Verzögerungsstreifen sowie Abstellstreifen bei Autobahnen und Schnellstraßen sollen die gleiche Querneigung wie die Hauptfahrbahn erhalten. [9]

Sonstige Abstellstreifen und Parkstreifen können auch eine andere (auch eine geringere und entgegengesetzte) Querneigung als die Hauptfahrbahn erhalten, wobei jedoch eine einwandfreie Wasserabfuhr gewährleistet sein muß. Die Querneigungsdifferenz darf dabei 5 % nicht überschreiten. [9]

1997:

Querneigung von Fahrbahnteilen außerhalb der Fahrfläche Rand- und Abstellstreifen bei Autobahnen und Schnellstraßen sollen die gleiche Querneigung wie die Fahrfläche erhalten. Die Randstreifen, Abstellstreifen und Parkstreifen anderer Straßen können auch eine andere (auch eine geringere und entgegengesetzte) Querneigung als die Fahrfläche erhalten, wobei jedoch eine einwandfreie Wasserabfuhr gewährleistet sein muß. Die Querneigungsdifferenz soll dabei 5 % nicht überschreiten. [21]

2014:

Rand und Abstellstreifen von Bundesstraßen A und S sollen die gleiche Querneigung wie die Fahrfläche erhalten. Die Rand-, Abstell- und Parkstreifen anderer Straßen können eine andere (auch eine geringere oder entgegengesetzte) Querneigung als die Fahrfläche erhalten, wobei jedoch eine einwandfreie Wasserabfuhr sicherzustellen ist. [6]

8.3.8 Schrägneigung

1981:

Bezüglich der Schrägneigung werden keine Anforderungen festgelegt.

1997:

Die Schrägneigung, resultierend aus Längs- und Querneigung, darf 12,5% nicht überschreiten. Bei einer hohen Längsneigung ist die Querneigung wie folgt zu begrenzen.

s [%]	≤ 4,0	5,0	6,0	≥ 7,0
q _{max} [%]	7,0 / 6,0 ^{*)}	6,0	5,0	3,5

^{*)} Bei Autobahnen und Schnellstraßen

Tab. 8.37: maximale Querneigung (q_{max}) bei hoher Längsneigung (s)

2014:

Damit die Schrägneigung nach oben hin begrenzt ist, darf bei hoher Längsneigung die Querneigung wie folgt nicht überschritten werden.

s [%]	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0
q _{max} [%]	6,5	6	5,5	5	3,5

Tab. 8.38: maximale Querneigung (q_{max}) bei hoher Längsneigung (s)

8.3.9 Anrampung

1981:

Maximale Anrampungungsneigung:

V_E [km/h]	≤ 50	60 - 70	≥ 80
Δs_{max} [%]	1,5	1,0	0,5

Tab. 8.39: maximale Anrampungungsneigung

Minimale Anrampungungsneigung:

$$\Delta s_{max}(\%) = 0,1 * a (m)$$

- a Abstand des betrachteten Fahrflächenrand zur Bezugslinie

Für Ränder in Aufweitungen und Verbreiterungen sind auch die Anrampungungsneigungen der Ränder des unterbreiteten Regelquerschnitten maßgebend.

1997:

Maximale Anrampungungsneigung:

$$\Delta s_{max}(\%) = 0,6 * a$$

Minimale Anrampungungsneigung:

Dieser Parameter hat sich nicht verändert.

2014:

Der Parameter der maximalen Anrampungungsneigung ist weggefallen. Es gibt nur mehr eine geforderte minimale Anrampungungsneigung, die sich nicht verändert hat.

9 Der mühsame Weg wissenschaftlicher Erkenntnisse zum etablierten Stand der Technik

Es gibt drei unterschiedliche Stufen (Phasen) technischer Regeln. Gibt es neue wissenschaftliche Erkenntnisse, durchlaufen diese, zeitlich gesehen, die drei Stufen von oben nach unten. Wobei bei unterschiedlichen Ständen der Technik gilt, dass der Stand von Wissenschaft und Technik, als der am hochwertigsten anzusehen ist. Die allgemein anerkannten Regeln der Technik hinken dem Stand der Wissenschaft immer etwas hinterher.

Die drei Stufen des Standes der Technik sind⁷⁴:

- Der Stand von Wissenschaft und Technik
- Der Stand der Technik
- Die allgemein anerkannten Regeln der Technik

Der Stand von Wissenschaft und Technik

Hier sind die neusten Erkenntnisse und Errungenschaften der Wissenschaft enthalten. Diese Stufe ist die aktuellste und hochwertigste, was das Wissen zu einem bestimmten Thema betrifft.

Der Stand der Technik

Hierbei werden die in der Wissenschaft erkannten und somit bekannten Erkenntnisse einem technischen Problem zugewiesen. Jedoch unterscheidet sich diese Stufe noch von den allgemein anerkannten Regeln der Technik, wo die Erkenntnisse auch tatsächlich in der Praxis angewendet werden. Sprich das ist die Stufe, bevor die neuen Erkenntnisse sich eventuell in den Richtlinien wiederfinden.

Die allgemein anerkannten Regeln der Technik

Hierzu gehören alle Errungenschaften, die in der Wissenschaft bereits erkannt wurden, und in weiterer Folge auch den Technikern bekannt und tauglich für die Praxis sind. Diese Stufe wird in der Praxis angewendet und findet sich somit in den Richtlinien wieder. Sie ist somit von den Technikern als richtig anerkannt.

Der optimale Fall wäre, wenn jede wissenschaftliche Erkenntnis, sich auch in den allgemein anerkannten Regeln der Technik wiederfindet. Jedoch gibt es unterschiedlichste Interessen und somit landen nicht immer alle Parameter, die durch die Wissenschaft erforscht sind, auch in den Richtlinien und werden somit auch nicht in der Praxis angewendet, was wiederum zu Fehlentwicklungen führen kann.

So kommt es auch vor, dass Parameter definiert werden, ohne dass diese auf einer wissenschaftlichen Grundlage basieren. Sprich es gibt Werte, die willkürlich gewählt oder aus einem Irrglauben heraus definiert worden sind. In der Trassierung ist das beispielsweise die Fahrstreifenbreite, deren Breitendefinition auf keiner wissenschaftlichen Grundlage beruht.

9.1 Der Weg der Trassierung zur Wissenschaft

Die Mathematik und deren Anwendung in der Mechanik folgen einer schlüssigen Logik. Auch wenn man sich bei konstruktiven Fächern mathematischer Methoden bedient, deren Parameter aus unterschiedlichen Experimenten stammen und bei gefährlichen Grenzwerten man sich mit Sicherheitsfaktoren hilft, die die Realität entfernt halten, ist immer noch eine Logik

⁷⁴ <https://www.rechtambau.at/anderungen-im-stand-der-technik-wer-tragt-die-risiken-des-fortschritts/> (13.10.2021)

dahinter. Im Verkehrswesen hingegen sind solche Logiken eher Mangelware. Dort werden wesentlich mehr Annahmen getroffen, vor allem was das Verhalten der Menschen betrifft. Meist sind diese Annahmen auch plausibel, jedoch die Begründung nicht immer schlüssig. Als Beispiel kann hier erwähnt werden, dass früher als Übergangsbogen mit dem doppelten Kreisbogen trassiert worden ist und nicht mit der wesentlich logischeren Klotoiden, die einen stetigen Übergang von der Geraden zum Kreisbogen ausweist. [22]

Das Problem der maximalen Querneigung bei kleinen Radien:

1975 Hat Prof. Knoflacher schon festgestellt, dass die Unfallrate überproportional bei kleinen Radien steigt. In den Richtlinien für Trassierung steht jedoch, dass wenn nach den Grundsätzen der Richtlinien gebaut wird, sich das gleiche Maß an Sicherheit an jeder Stelle wiederfindet. Dies widerspricht der Tatsache, dass in Bögen mit kleinen Radien die Unfallrate erhöht ist. Der Grund für die Ursache ist einfach erklärt. Die Seitenführungskraft ist die kritische Größe für Kippen und Schleudern, wenn eine Kurve durchfahren wird. In Kurven nimmt die Querneigung von einem Mindestwert beginnend, mit kleiner werdenden Radien im Bogen, proportional zur Seitenführungskraft zu, jedoch nur bis zu einem Maximalwert. Damals ist dieser Maximalwert bei 7,0% gelegen und war auch begründet. Die maximale Querneigung ist eingeführt worden, damit bei glatter Fahrbahn im Winter, Lastzüge, die in Kurven zum Stehen kommen, beim Anfahren nicht nach innen rutschen. Diese maximale Querneigung ist aber auch dann beibehalten worden, wenn sich durch kleine Radien im Bogen eine größere ergeben hätte. Der Verkehrsteilnehmer kennt jedoch diesen Grenzwert nicht und erwartet auch bei der Fahrt durch kleine Kurvenradien, eine Beziehung zwischen Radius und Querneigung, wie er sie in allen anderen Kreisbögen vorgefunden hat. Es ist also einerseits logisch begründet, warum es eine maximale Querneigung gibt, diese entspricht aber nicht unbedingt dem menschlichen Verhalten des Verkehrsteilnehmers. [22]

Die Breite von Fahrbahnen als nicht begründetes Entwurfselement:

Ein weiteres Entwurfselement ist die Breite der Straße. In früherer Literatur lässt sich keine plausible Antwort finden, warum die Breite der Fahrbahn dort so definiert worden ist. Im Gegensatz dazu hat die Konstruktion der Schiene eine Logik, die den fahrdynamischen Eigenschaften Rechnung trägt. Durch die kleine Dimension des Spurkranzes der Eisenbahn ist die dortige Überhöhung im Unterschied zur Querneigung nachvollziehbar und plausibel begründet. Jedoch nicht die willkürliche Aufteilung der Kompensation der Seitenführungskraft durch Querneigung und Seitenreibung in den damaligen Richtlinien. So ist es einigermaßen logisch, dass breitere Fahrbahnen höhere Geschwindigkeiten zulassen, jedoch nicht warum Fahrbahnen so breit sein sollen wie es in den damaligen Richtlinien festgelegt worden ist. Fahrzeuge waren viel schmaler als die Fahrbahnen, ohne dass dies begründet worden ist. Heute ist klar und wissenschaftlich begründet, dass damalige Querschnitte viel zu breit gewählt worden sind.

Lange Zeit hat als Bibel im Verkehrswesen das „Highway Capacity Manual“, Ausgabe 1950 gegolten, dem 1965 in eine neue überarbeitete Fassung folgte. Das Highway Capacity Manual bildete die Grundlage für Straßenplanung. Dort wird für die Bedarfsermittlung die Kapazität mit einem Wert von 2000 PKW-Einheiten angegeben. Dies ist nur ein theoretischer Maximalwert, der nur bei idealen Verhältnissen gilt. Zudem ist der Wert nur erreichbar, wenn die Fahrstreifenbreite mindestens 3,62 [m] beträgt und keine Hindernisse näher als 1,80 [m] zum Fahrbahnrand liegen. Diese Prinzipien gelten in der Planung immer noch als Maß der Dinge und so wird immer noch geplant. Bei genauer Recherche in der Fachliteratur gibt es jedoch genügend empirische Nachweise, die das widerlegen und bestätigen, dass auch bei

Fahrstreifenbreiten unter 2,50 [m] die gleiche Kapazität ohne Leistungseinbußen erreicht wird. Die feststehende Definition aus dem Highway Capacity Manual wird also trotz wissenschaftlicher Grundlagen, die dem widersprechen, als Planungsprinzip genommen. Wohl gleich zur Überprüfung nicht mehr als ein Fahrstreifen unter 2,50 [m] Breite, eine Stoppuhr und das Zählen von Fahrzeugen notwendig ist. [22]

9.2 Richtlinien sind technisch, mit kaum Bezug zum Menschen

Die RVS zur Trassierung von Freilandstraßen sind rein technisch und auf die Maximierung des motorisierten Individualverkehrs ausgelegt. Doch der motorisierte Individualverkehr muss weniger werden und nicht maximiert, sonst werden notwendige Klimaziele niemals erreicht. Da hilft es auch nicht neue Straßen zu bauen, vor allem bei einem so dichten Straßennetz wie wir es in Österreich vorfinden. Die aktuell veröffentlichten RVS zur Trassierung sollten daher eigentlich kaum mehr Anwendung finden, denn mehr Straßen bedeuten auch immer mehr Verkehr. Eine Richtlinie zur Umgestaltung und Rückbau von Trassen wäre in der heutigen Zeit wesentlich angebrachter.

Der Mensch, um den es eigentlich bei der Verkehrsplanung gehen sollte, kommt in der Richtlinie für Trassierung überhaupt nicht vor. Den hat man einfach zu wenig berücksichtigt.

In die Trassierung fließen nur Werte ein, die das Auto betreffen, sowie dessen Breite und dessen hohe Geschwindigkeit. Wobei es sich bei der Querschnittsbreite um eine willkürlich, nicht wissenschaftlich belegbare Breite handelt, die zu unnötig versiegelter Fläche führt. Der Mensch mit seinen Eigenschaften wird maximal bei der Sichtweite mit seiner Reaktionszeit berücksichtigt.

Freilich kann man Freilandstraßen nicht mit Innerortsstraßen, die nicht Thema dieser Arbeit sind, vergleichen, doch auch auf Freilandstraßen sollte der Mensch mehr berücksichtigt werden. Wer kann beispielsweise schon von sich aus behaupten gerne auf einer Freilandstraße Fahrrad zu fahren? In der Mobilität von heute muss es mehr um den Menschen gehen und nicht das Auto selbst soll in den Mittelpunkt gestellt werden.

Folgende RVS, die moderne Mobilität behandeln und wo der Mensch mehr im Vordergrund steht, sind veröffentlicht:

Kapitel 03.02 „Anlagen für den nichtmotorisierten Verkehr“

- RVS 03.02.12 „Fußgängerkehr“ (2015)
- RVS 03.02.13 „Radverkehr“ (2014)

Kapitel 03.04 „Straßen im Ortsgebiet“, mit dem Kapitel „Straßenraumgestaltung“

- RVS 03.04.11 „Gestaltung öffentlicher Räume in Siedlungsgebieten“ (2011)
- RVS 03.04.12 „Planung und Entwurf von Innerortsstraßen“ (2020)
- RVS 03.04.13 „Kinderfreundliche Mobilität“ (2015)
- RVS 03.04.14 „Gestaltung des Schulumfeldes“ (2016)

Auch in dem Hauptkapitel 04 Umweltschutz gibt es RVS die den Menschen in der Verkehrsplanung berücksichtigen:

- RVS 04.02.11 „Berechnung von Schallemissionen und Lärmschutz (2021)
- RVS 04.02.12 „Ausbreitung von Luftschadstoffen an Verkehrswegen und Tunnelportalen“ (2020)
- RVS 04.02.13 „Verkehrsberuhigung – Auswirkung auf die Lärm- und Luftschadstoffbelastung“

10 Erkenntnisse und Schwierigkeiten der Dokumentation

Annahmen und Grenzwerte von Parametern in technischen Richtlinien müssen belegbar und nachvollziehbar sein. Eine vernünftige Dokumentation ist dabei das um und auf. So lässt sich nicht nur zum Zeitpunkt der Erarbeitung, sondern auch künftig transparent nachvollziehen, was die Entscheidungsgrundlage gewesen ist.

Selbstverständlich müssen wissenschaftlich fundierte Parameter auch in einem wirtschaftlichen Ausmaß vertretbar sein. So sind ein Diskurs und eine gewisse Abweichung in der Praxis durchaus notwendig und sinnvoll. Ist aber wissenschaftlich belegt, dass eine Annahme weder wirtschaftlich noch sonst begründbar ist, wie beispielsweise die Querschnittsbreite, so wie diese in den Richtlinien festgeschrieben ist, im wahrsten Sinne des Wortes einzementiert, dann widerspricht das dem Gedanken einer Richtlinie, die den Stand der Technik widerspiegeln soll.

Zum Thema Trassierung in der RVS ist es äußerst schwierig eine vernünftige Dokumentation zu den Überarbeitungen und Überlegungen zu finden. Dies gilt auch für die Schwestergesellschaften in Deutschland und der Schweiz. Literatur, die sich explizit mit der Veränderung diverser Trassierungsparameter befasst hat, habe ich nicht auffinden können. Einzig das Heft Nr. 76 der Schriftenreihe der Forschungsgesellschaft für das Verkehrs- und Straßenwesen [8] gibt Einblick in die Erarbeitung der damaligen RVS 03.03.23, Ausgabe 1981. Somit fehlt auch teilweise die Nachvollziehbarkeit bestimmter Werte und deren Veränderung. Zumindest Außenstehenden, in vergangener Zeit nicht aktiven Experten, ist daher nicht immer klar, warum ein Arbeitsausschuss in der jeweiligen RVS bestimmte Entscheidungen getroffen hat.

Leider liegen bei der FSV keine alten Motivenberichte oder Sitzungsprotokolle auf, um so recherchieren zu können, warum und wie über diverse Parameter diskutiert worden ist. Sitzungsprotokolle werden auch heute nicht zwingend bei der FSV verwaltet, dies obliegt dem Arbeitsausschuss selbst. Einzig Motivenberichte jüngster Vergangenheit, circa ab dem Jahr 2006, sind digital archiviert und können auf Nachfrage eingesehen werden.

Auch der Zugriff auf weit zurückliegende RVS hat sich als herausfordernd bis unmöglich erwiesen. Die Ausgabe der Richtlinie, die sich mit Trassierung vor 1981 befasst hat, konnte nicht ausgehoben werden. Weder im Archiv der FSV noch auf der Nationalbibliothek hat sich etwas Älteres finden lassen. Digital lässt sich im FSV-Reader, dem Tool zur digitalen Darstellung von RVS, der Veröffentlichungsstand bis Anfang 2006 erfassen.

Gespräche mit Experten über weit zurückliegende Entwicklungen haben zumindest etwas Licht ins Dunkle gebracht. Zumindest konnten diese einige Literaturempfehlungen abgeben. Jedoch weder direkt über die FSV, noch über die Landesbaudirektionen Wien, Niederösterreich und Burgenland konnten nähere Details zu vergangenen Entwicklungen ermittelt werden, obwohl alle Ansprechpartner sehr bemüht und zuvorkommend gewesen sind.

Dokumentation ist wichtig, um Entscheidungen und festgeschriebene Parameter transparent und nachvollziehbar zu machen. Daher ist es wichtig und gut, dass Motivenberichte und Protokolle der Arbeitsausschüsse nun vermehrt archiviert werden.

Der Weg wissenschaftlicher Erkenntnisse in die Richtlinie ist oft ein langer und zäher. Damit die Forschung in die Praxis umgesetzt wird, muss erst die Zähigkeit von Politik und Verwaltung überwunden werden, und das besonders in Zeiten, in denen sich die Umwelt immer rascher verändert. Dies ist wichtig, um bei wissenschaftlich belegbaren Veränderungen rechtzeitig zu

agieren und eine Umsetzung wichtiger Maßnahmen zu einem aktuellen Zeitpunkt durchzuführen.

11 Literaturverzeichnis

- [1] *The Highway Capacity Manual 2000*, 2000.
- [2] o. H. Knoflacher, *Studienblätter*, Institut für Verkehrsplanung, technische Universität Wien, 1973.
- [3] Straßenbau 1, Hochschülerschaft an der Universität für Bodenkultur, 1981.
- [4] K. Schreiner, *Basiswissen Verbrennungsmotor*, Springer Fachmedien Wiesbaden, 2020-08-29.
- [5] U. P. D.-I. D. t. R. Blab, *Skriptum Straßenwesen*, Institut für Verkehrswesen, Forschungsbereich Straßenwesen, 2009.
- [6] *RVS 03.03.23 "Linienführung und Trassierung"*, FSV, 2014.
- [7] *RVS 03.03.21 "Räumliche Linienführung"*, FVS, 2001.
- [8] E. Marx, J. Litzka und O. Hartlieb, *Die neuen Österreichischen Richtlinien für Linienführung von Straßen RVS 3.23 - Grundlagen und Erläuterungen*, Forschungsgesellschaft für das Verkehrs- und Straßenwesen im ÖIAV, 1983.
- [9] *RVS 03.03.23 "Linienführung"*, FSV, 1981.
- [10] Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen, Deutschland, Bundesrepublik, Arbeitsgruppe Planung und Verkehr, *Landstraßen, Grundlagen der Straßentrassierung*, Bad Godesberg : Kirschbaum, 1968.
- [11] P. Petrovic, *Verkehrswegebau (Grundausbildung)*, Institut für Verkehrswegebau, Technische Hochschule Wien, 1970.
- [12] A. Bracher und B. Bösl, *Straßenplanung*, Köln : Bundesanzeiger Verlag, 2017.
- [13] D. G. Gatterer, *Dissertation "Der Baumbestand an Straßen als Element der Raumplanung aus verkehrsplanerischer Sicht"*, 1976.
- [14] J. H. T. Litzka, *Vergleiche zur Ermittlung der Projektierungsgeschwindigkeit österreichische*, Ingenieur- und Architektenzeitschrift. Heft 1, 1983.
- [15] A. Lantschner, *Geschwindigkeit als Entwurfparameter, Kritischer Vergleich Entwurfsgeschwindigkeit – Projektierungsgeschwindigkeit.*, 1979: Instituts für Geotechnik und Verkehrsbau an der Universität für Bodenkultur Wien, Reihe Verkehrsbau. Heft 6.
- [16] K. Ott, *Die Leistungsfähigkeit von Gebirgsautobahnen*, Diss. Univ. Innsbruck 1977.
- [17] A. D. D. W. J. Berger, „Linienführung und Trassierung von Freilandstraßen in Österreich – der Stand der Dinge,“ *FSV-aktuell Straße*, September 2014.
- [18] *Internationale Kommission IV/ATR-FG-VSS; Straßenprojekte, Grundlagen, Schlussbericht 2. Teil Straße und Verkehr, Heft 2 ff.* 1974, 1974.
- [19] R. Lamm, *Heft Nr. 11 "Fahrodynamik und Streckencharakteristik - Ein Beitrag zum Entwurf von Straßen unter besonderer Berücksichtigung der Geschwindigkeit"*, Institut für Straßenbau und Eisenbahnwesen der Universität Karlsruhe, 1973.
- [20] J. Litzka, *Vorschlag für die Überarbeitung des Entwurfes der RVS 03.03.23 Ausgabe 1981*, 1978.
- [21] *RVS 03.03.23 "Linienführung"*, FSV, 1997.
- [22] Knoflacher, *Beiträge zu einer ökologisch und sozial verträglichen Verkehrsplanung 2/2008, Verkehrswesen – von der Zunft zur Wissenschaft*, 2008.

- [23] *RVS 01.03.11 "Gestaltung und Aufbau einer RVS"*, FSV, 2011.
- [24] H. Lorenz, *Trassierung und Gestaltung von Straßen und Autobahnen*, Wiesbaden [u.a.] : Bauverl., 1971.
- [25] G. T. Prenner, *Landschaftsschonende Eingliederung und Gestaltung von Straßen*, Zugl.: Graz, Techn. Univ., Diss., 1989 Graz : Inst. für Straßenbau und Verkehrswesen, Techn. Univ., Graz, 1990.
- [26] P. Petrovic, *Straßenbau (Grundausbildung)*, Institut für Verkehrswegebau, Technische Hochschule Wien, 1973.
- [27] J. Duhm, *Linienführung, Planung, Bau und Unterhaltung der Straßen und Wege*, Bde. %1 von %2Band 1, 2. Teil, Wien: Georg Fromme & Co., 1947.
- [28] *Highway capacity manual: practical applications of research*. 30 Tabellen, Washington, DC : US Government Print. Office, 1950.
- [29] *The Highway Capacity Manual 1965*, Washington, DC, 1965.
- [30] *RVS 03.01.11 "Beurteilung des Verkehrsablaufs auf Straßen"*, FSV, 2012.
- [31] *RVS 03.01.13 "Kategorisierung und Anforderungsprofile von Straßen"*, 2012: FSV.
- [32] *RVS 03.02.12 "Fußgängerverkehr"*, FSV, 2015.
- [33] *RVS 03.03.31 "Querschnittselemente sowie Verkehrs- und Lichtraum von Freilandstraßen"*, FSV, 2018.
- [34] D. J. M. Schopf, *Bewegungsabläufe, Dimensionierung und Qualitätsstandards für Fußgänger, Radfahrer und Kraftfahrzeugverkehr*, 1985.
- [35] *The Highway Capacity Manual 1950*, 1950.
- [36] *RAL-L "Richtlinien für die Anlage von Landstraßen, Linienführung"*, KÖLN: Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen, 1963.
- [37] *RAL-L-1 "Richtlinie für die Anlage von Landstraßen, Elemente der Linienführung"*, Köln: Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen, 1973.
- [38] o. P. Petrovic, *Studienblätter "Straßenbau 5. Auflage"*, Institut für Straßenbau, technische Universität Wien, 1983.
- [39] J. H. T. Litzka, *Vergleiche zur Ermittlung der Projektierungsgeschwindigkeit*, österreichische Ingenieur- und Architektenzeitschrift. Heft 1, 1983.

12 Abbildungsverzeichnis

Abb. 3.1 Organigramm FSV	9
Abb. 3.2: Ablaufschema RVS	12
Abb. 4.1 Verkehrsflussqualität A	13
Abb. 4.2 Verkehrsflussqualität B	14
Abb. 4.3 Verkehrsflussqualität C	14
Abb. 4.4 Verkehrsflussqualität D	15
Abb. 4.5 Verkehrsflussqualität E	15
Abb. 4.6 Verkehrsflussqualität F	16
Abb. 4.7 Leistungsfähigkeit	16
Abb. 4.8 Zusammenhang der Einfluss- und Beurteilungsgrößen	17
Abb. 4.9 Kategorisierung nach Art der Verbindung	22
Abb. 4.10 Berücksichtigung von Erreichbarkeitsstandards	22
Abb. 5.1 Kräfte am Fahrzeug	23
Abb. 5.2 Rollwiderstand	24
Abb. 5.3 Steigwiderstand	24
Abb. 5.4 Kräfte beim Kurvenwiderstand	25
Abb. 5.5 Antriebsschlupf	27
Abb. 5.6 Rollen des Rades ohne Schlupf	28
Abb. 5.7 Bremsschlupf	28
Abb. 5.8 zeitliche Phasen der Anhaltezeit	30
Abb. 5.9 Weg-Zeit Diagramm, Geschwindigkeit-Zeit Diagramm und Beschleunigungs-Zeit Diagramm	30
Abb. 5.10 Kräfte in der Bogenfahrt - Querschnitt	31
Abb. 5.11 Kräfte in der Bogenfahrt - Draufsicht	31
Abb. 6.1: Ablaufschema für die Wahl der wesentlichen Entwurfselemente	34
Abb. 6.2: Verwindung Gerade-Übergangsbogen-Kreisbogen (ohne und mit Richtungswechsel der Querneigung)	39
Abb. 6.3: Verwindung Kreisbogen-Übergangsbogen-Kreisbogen (Wendelinie)	39
Abb. 6.4: Gratverwindung Gerade-Übergangsbogen-Kreisbogen mit Profilschema	41
Abb. 6.5: Gratverwindung Kreisbogen-Übergangsbögen-Kreisbogen (Wendelinie) mit Profilschema	41
Abb. 6.6: Fahrflächenverbreiterung in Kreisbögen	42
Abb. 6.7: Diagramm zur Ermittlung des Abminderungsfaktors p	42
Abb. 6.8: Prinzipskizze zur Ermittlung der erforderlichen Sichtweite S_{erf} (oben) und der Überholsichtweite $S_{ü}$ (unten)	44
Abb. 6.9: erforderliche Sichtweite S_{erf} [m]	45
Abb. 7.1: Gute optische Wirkung durch Abstimmung der Elemente der Höhe und Lage	46
Abb. 7.2 Räumliche Wirkung von Geraden und Bogen im Grund- und Aufriss	47
Abb. 7.3: Negative optische Wirkung einer Geraden zwischen gleichgerichteten Kreisbögen	48
Abb. 7.4: Ausgewogene und nicht ausgewogene Aufeinanderfolge von Kreisbogenradien	48
Abb. 7.5: Optischer Knick durch zu kleinen Kreisbogenradius	49
Abb. 7.6: Optischer Knick durch zu kleinen Wannradius	49
Abb. 7.7: Negative optische Wirkung eines kurzen Abschnitts mit konstanter Längsneigung zwischen Wann	50
Abb. 7.8 optische Mulde	50
Abb. 7.9: Tauchen in der Geraden und im Kreisbogen	Abb. 7.10: Springen im Kreisbogen und Springen im Versatz

Abb. 7.11 Tauchen in der Geraden und in der Kurve	51
Abb. 7.12 tiefes Tauchen, flaches Tauchen	52
Abb. 7.13 Springen, Bajonettführung	52
Abb. 7.14: Flattern in der Geraden und im Kreisbogen	52
Abb. 7.15: Bepflanzung an der Kurvenaußenseite in Kuppenbereichen	53
Abb. 7.16: Verminderte optische Breite durch Bepflanzung	54
Abb. 7.17: Verbesserung der Erkennbarkeit von T-Knoten durch Bepflanzung gegenüber der Einmündung.....	54
Abb. 8.1 Zusammenhang Geschwindigkeit - Steigung.....	57
Abb. 8.2 Messvergleich Projektierungsgeschwindigkeit in Kurven.....	58
Abb. 8.3 Vergleich der Projektierungsgeschwindigkeit D-A-CH.....	59
Abb. 8.4 Vergleich Projektierungsgeschwindigkeit der RVS mit Messwerten	59
Abb. 8.5: Leistungsfähigkeit einer zweistreifigen Richtungsfahrbahn einer Autobahn bei 75%-Auslastung	62
Abb. 8.6: Kuppenausrundung	64
Abb. 8.7: Querneigung in Abhängigkeit von Geschwindigkeit und Bogenradius.....	66
Abb. 8.8: zulässige Seitenreibungsbeiwerte $f_{R,zul}$ nach verschiedenen Richtlinien [18].....	67
Abb. 8.9: geometrische Darstellung des Verwindungsbereiches	71
Abb. 8.10: Aquaplaning verhalten	71
Abb. 8.11: Verziehung des Fahrbahnrandes	73

13 Tabellenverzeichnis

Tab. 5.1 Fahrzeugabmessung, Höhe bezieht sich auf den Schwerpunkt.....	32
Tab. 6.1: Maximalwert D_{\max} und Richtwerte für die reduzierte Deichsellänge D und zugehörige Fahrzeugbreiten B_{Fz}	43
Tab. 6.2: Eingangsparameter für Seh- und Zielpunkt zur Ermittlung der Sichtweiten.....	44
Tab. 6.3: Überholsichtweite $S_{\bar{u}}$ [m].....	45
Tab. 8.1: Vergleich der zulässigen Mindeststradien [m] D-A-CH.....	60
Tab. 8.2: höchstzulässige Längsneigung in der RAL-L-1.....	63
Tab. 8.3: Zusammenhang Projektierungsgeschwindigkeit u. Längsneigung SNV 640 081.....	63
Tab. 8.4: Mindestwerte für Kuppenradien in Abhängigkeit Hindernishöhe.....	64
Tab. 8.5: Vergleich der Mindestausrundungsradien in D-A-CH.....	65
Tab. 8.6: Seitenreibungsbeiwert $f_{R,zul}$ unterschiedlicher Richtlinien [18].....	66
Tab. 8.7: Rechenwerte zur Erstellung des V-q-R-Diagramms [20].....	68
Tab. 8.8: Mindeststradien für negative Querneigung D-A-CH.....	69
Tab. 8.9: Querneigungsdifferenz pro Meter abhängig von V_E	70
Tab. 8.10: max. Anrampungsneigung lt. RVS 03.03.23 (1981).....	70
Tab. 8.11: Verbreiterung i [cm] im Bogen.....	72
Tab. 8.12: Vergleichsberechnungen für den Anhaltweg bei $s=\%$	75
Tab. 8.13: Vergleichsberechnungen für den Anhaltweg bei $s=-s_{\max}$	76
Tab. 8.14: minimale Überholsichtweite laut RAL-L-1.....	76
Tab. 8.15: In Abhängigkeit von der räumlich-verkehrlichen Straßenklassifizierung empfohlene untere Größen für Kreisbogenradien R_{empf} , obere Größen für Längsneigungen s_{empf} , Entwurfeingangsgeschwindigkeit V_E sowie (nur im Ausnahmefall) Grenzwerte R_{\min}	79
Tab. 8.16 Mindeststradien.....	80
Tab. 8.17: Zusammenhang Radius (R) und Geschwindigkeit (V_{85}).....	81
Tab. 8.18: In Abhängigkeit von der räumlich-verkehrlichen Straßenklassifizierung empfohlene untere Größen für Kreisbogenradien R_{empf} , Entwurfeingangsgeschwindigkeit V_E sowie (nur im Ausnahmefall) Grenzwerte R_{\min}	81
Tab. 8.19: Mindestlänge der Klotoide L_{\min} [m].....	81
Tab. 8.20: Mindestlänge der Klotoide L_{\min} [m].....	83
Tab. 8.21: Mindestlänge der Klotoide L_{\min} [m].....	83
Tab. 8.22: Höchstzulässige Straßenlängsneigung.....	84
Tab. 8.23: Zusammenhang Längsneigung (s) und Geschwindigkeit (V_{85}).....	84
Tab. 8.24: Höchstzulässige Straßenlängsneigung.....	84
Tab. 8.25: Mindestkuppenradius.....	85
Tab. 8.26: Mindestkuppenradius.....	85
Tab. 8.27: Mindestkuppenradius.....	85
Tab. 8.28: Mindestwannenradius.....	85
Tab. 8.29: Mindestwannenradius.....	86
Tab. 8.30: Mindestwannenradius.....	86
Tab. 8.31: maximale Querneigung q_{\max} im Kreisbogen.....	86
Tab. 8.32: maximale Querneigung q_{\max} im Kreisbogen bei A und S.....	86
Tab. 8.33: maximale Querneigung q_{\max} im Kreisbogen bei allen anderen Straßen.....	86
Tab. 8.34: maximale Querneigung q_{\max} im Kreisbogen bei $V_{zul} > 100$ [km/h].....	87
Tab. 8.35: maximale Querneigung q_{\max} im Kreisbogen bei $V_{zul} < 100$ [km/h].....	87
Tab. 8.36: maximale Querneigung q_{\max} zur Kurvenaußenseite.....	87
Tab. 8.37: maximale Querneigung (q_{\max}) bei hoher Längsneigung (s).....	88
Tab. 8.38: maximale Querneigung (q_{\max}) bei hoher Längsneigung (s).....	88

Tab. 8.39: maximale Anrampungsneigung	89
---	----