



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC

Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC

Bundesamt für Strassen
Office fédéral des routes
Ufficio federale delle Strade

Geschwindigkeit als Projektierungselement (VSS-40080b): Überprüfung und Empfehlungen

**La vitesse, base de l'étude des projets (VSS-40080b):
vérification et recommandations**

**Speed as road design element (VSS-40080b):
review and recommendations**

Berner Fachhochschule BFH AHB
Institut für Infrastruktur und Umwelt IIU
Marion Doerfel
Lina Tarabishi

SNZ Ingenieure und Planer AG
Yael Katzenstein

Forchbahn AG
Thomas Hirt

**Forschungsprojekt VSS 2020/239 auf Antrag des Schweizerischen
Verbandes der Strassen- und Verkehrsprofis VSS**

Der Inhalt dieses Berichtes verpflichtet nur den (die) vom Bundesamt für Strassen unterstützten Autor(en). Dies gilt nicht für das Formular 3 "Projektabchluss", welches die Meinung der Begleitkommission darstellt und deshalb nur diese verpflichtet.

Bezug: Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Le contenu de ce rapport n'engage que les auteurs ayant obtenu l'appui de l'Office fédéral des routes. Cela ne s'applique pas au formulaire 3 « Clôture du projet », qui représente l'avis de la commission de suivi et qui n'engage que cette dernière.

Diffusion : Association suisse des professionnels de la route et des transports (VSS)

La responsabilità per il contenuto di questo rapporto spetta unicamente agli autori sostenuti dall'Ufficio federale delle strade. Tale indicazione non si applica al modulo 3 "conclusione del progetto", che esprime l'opinione della commissione d'accompagnamento e di cui risponde solo quest'ultima.

Ordinazione: Associazione svizzera dei professionisti della strada e dei trasporti (VSS)

The content of this report engages only the author(s) supported by the Federal Roads Office. This does not apply to Form 3 'Project Conclusion' which presents the view of the monitoring committee.
Distribution: Swiss Association of Road and Transportation Experts (VSS)



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC

Bundesamt für Strassen
Office fédéral des routes
Ufficio federale delle Strade

Geschwindigkeit als Projektierungselement (VSS-40080b): Überprüfung und Empfehlungen

**La vitesse, base de l'étude des projets (VSS-40080b):
vérification et recommandations**

**Speed as road design element (VSS-40080b):
review and recommendations**

**Berner Fachhochschule BFH AHB
Institut für Infrastruktur und Umwelt IIU
Marion Doerfel
Lina Tarabishi**

**SNZ Ingenieure und Planer AG
Yael Katzenstein**

**Forchbahn AG
Thomas Hirt**

**Forschungsprojekt VSS 2020/239 auf Antrag des Schweizerischen
Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS**

Impressum

Forschungsstelle und Projektteam

Projektleitung

Marion Doerfel

Mitglieder

Yael Katzenstein

Thomas Hirt

Lina Tarabishi

Federführende Fachkommission

Fachkommission 2: Projektierung

Begleitkommission

Präsident

Frédéric Stoppa

Mitglieder

Luca Borioli

Marc Fontana

Markus Hackenfort

Manuel Hermann

Daniel Imhof

Michael Nöthiger

Micaël Tille

Antragsteller

Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrs fachleute VSS

Bezugsquelle

Das Dokument kann kostenlos von <http://www.mobilityplatform.ch> heruntergeladen werden.

Inhaltsverzeichnis

Impressum	4
Zusammenfassung	9
Résumé	13
Summary	17
1 Einleitung	21
1.1 Ausgangslage.....	21
1.2 Ziel des Forschungsprojekts	22
1.3 Abgrenzung	22
2 Vorgehen und Methodik	23
3 Ergebnisse hinsichtlich der Aktualität der Norm VSS-40080b.....	25
3.1 Vorbemerkung.....	25
3.2 Bedeutung der Homogenität der Linienführung	25
3.2.1 Geschwindigkeit in Kurven und Unfallgeschehen	25
3.2.2 Safe System Approach	26
3.2.3 Teilsystem Strasseninfrastruktur und Geschwindigkeit	28
3.2.4 Der Einfluss der Linienführung auf das Fahrverhalten und die Verkehrssicherheit.....	29
3.2.5 Die Bedeutung der Homogenität der horizontalen Linienführung zur Vermeidung gefährlicher Geschwindigkeitsschwankungen	30
3.3 Die Geschwindigkeit als Projektierungselement.....	32
3.3.1 Grundlegende Prinzipien.....	32
3.3.2 Relevante Geschwindigkeitsbegriffe in der internationalen Literatur.....	34
3.4 Bewertung der Homogenität der Linienführung	34
3.4.1 Vorbemerkung.....	34
3.4.2 Modellgrundlagen.....	35
3.4.3 Bewertungskriterien und Hilfsmittel für die Anwendung	38
3.5 Grundlagen und Annahmen in der Norm VSS-40080b	46
3.5.1 Einleitung.....	46
3.5.2 Funktionszusammenhang $V_p = f(R)$ und Griffigkeitshintergrund	47
3.5.3 Geschwindigkeitsdiagramm und Annahmen bezüglich Geschwindigkeitsanpassung (Längsverzögerung)	49
3.5.4 Weitere Aspekte	51
4 Ergebnisse zu Anwendung und Handhabung der Norm VSS-40080b.....	53
4.1 Vorbemerkung.....	53
4.2 Befragung bei Bund, Kantonen und Planungs- und Ingenieurbüros	53
4.2.1 Einleitung und Methodik.....	53
4.2.2 Ergebnisse	54
4.2.3 Diskussion und Handlungsempfehlungen.....	56
4.3 Befragung Hochschulen (Ausbildung, nicht Weiterbildung).....	57
4.3.1 Einleitung und Methodik	57
4.3.2 Ergebnisse	57
4.3.3 Diskussion und Handlungsempfehlungen.....	58
4.4 Anwendung der Geschwindigkeitsbegriffe V_A und V_p in der Schweizer Fachliteratur.....	59
4.4.1 Einleitung.....	59
4.4.2 Ungenaue und falsche Definitionen und Anwendungen	59
4.4.3 'Projektierungsgeschwindigkeit in Kurven' in anderen VSS-Normen	61
4.5 Praxisanwendung: Vergleich Diagramme VSS-40080b und RAL 2012	62
4.5.1 Vorbemerkung.....	62
4.5.2 Vorgehen	62
4.5.3 Fallbeispiele, Streckenabschnitte.....	63

4.5.4	Ergebnisse	65
4.6	Erfahrungen aus informellen Gesprächen in Fachkreisen und aus der Berufspraxis der Autoren.....	71
4.6.1	Erfahrungen hinsichtlich Anwendung der Norm	71
4.6.2	Generierung von Geschwindigkeitsdiagrammen: Notwendigkeit ihrer Automatisierung....	72
4.6.3	Automatisiertes Fahren und Projektierungsnormen	73
5	Erkenntnisse und Entscheid zum weiteren Vorgehen.....	75
6	Erarbeitung der Grundlagen zur Revision der Norm VSS-40080b, Empfehlungen ..	77
7	Allgemeines und Begriffe.....	79
7.1	«Allgemeines» präzisieren und ergänzen.....	79
7.1.1	Vorbemerkung	79
7.1.2	Geltungsbereich	79
7.1.3	Gegenstand	80
7.1.4	Zweck.....	81
7.2	«Begriffe» präzisieren und erweitern	81
7.2.1	Vorbemerkung	81
7.2.2	Ausbaugeschwindigkeit präzisieren.....	82
7.2.3	Projektierungsgeschwindigkeit präzisieren und abgrenzen.....	84
7.2.4	Geschwindigkeit V_{85} aufnehmen.....	85
7.2.5	Höchstgeschwindigkeit V_{zul} aufnehmen	85
7.2.6	Homogenität der Linienführung aufnehmen	86
7.2.7	Geschwindigkeitsmodell & Geschwindigkeitsdiagramm aufnehmen	86
7.2.8	Geschwindigkeitsdifferenz ΔV aufnehmen	87
7.2.9	Erfassungsdistanz D_E übernehmen	87
7.2.10	Übergangslänge D_T übernehmen und präzisieren sowie Beschleunigungs- und Verzögerungsstrecke aufnehmen	88
8	Gesamtübersicht Zusammenhänge.....	93
8.1	Vorbemerkung	93
8.2	Ergänzen einer grafischen Übersicht ‘Geschwindigkeit als Projektierungselement’	93
8.3	Ergänzen einer Übersicht zur Verwendung von V_A und V_P in weiteren Normen.....	95
9	Ausbaugeschwindigkeit V_A.....	97
9.1	Vorbemerkung	97
9.2	Bedeutung von Ausbaugeschwindigkeit und Ausbaugrad hervorheben	98
9.3	Ausbaugeschwindigkeit und Höchstgeschwindigkeit: Unterschied verdeutlichen	99
9.4	Wahl der Ausbaugeschwindigkeit umfassender beschreiben	102
9.4.1	Vorbemerkung	102
9.4.2	Grundlagen zur Wahl der Ausbaugeschwindigkeit hervorheben	102
9.4.3	Ergänzende Hinweise zur Darstellung der Richtwerte (Bereiche) zur Wahl der Ausbaugeschwindigkeit geben	106
9.4.4	Bedeutung einer konstanten Ausbaugeschwindigkeit hervorheben und Hinweise zu örtlichen Abweichungen geben.....	107
10	Projektierungsgeschwindigkeit V_P (Funktionszusammenhang).....	109
10.1	Vorbemerkung	109
10.2	Gliederung der Inhalte	109
10.3	Berechnungsmodell, Grundlagen und Annahmen verdeutlichen und ergänzen	110
10.4	Projektierungsgeschwindigkeit in Kurven, Werte und deren Anwendung präzisieren	111
11	Geschwindigkeitsmodell und -diagramm (Verlauf der Projektierungsgeschwindigkeit V_P in Funktion der Streckencharakteristik).....	115
11.1	Geschwindigkeitsmodell	115
11.1.1	Vorbemerkung	115

11.1.2	Zweck des Geschwindigkeitsmodells betonen	115
11.1.3	Modellannahmen vervollständigen und präzisieren.....	116
11.1.4	Zweck des Geschwindigkeitsdiagramms präzisieren und ergänzen	118
11.2	Konstruktion des Geschwindigkeitsdiagramms	119
11.2.1	Vorbemerkung.....	119
11.2.2	Verwendung Kürzel «D» bereinigen	120
11.2.3	Erfassungsdistanz D_E anwenderfreundlich aufbereiten	121
11.2.4	Übergangslänge D_T anwenderfreundlicher aufbereiten.....	121
11.2.5	Hinweise zum Kurvenband	126
11.2.6	Konstruktionsanleitung verbessern mit Hilfe eines Flussdiagramms.....	127
11.2.7	Konstruktionsanleitung verbessern anhand eines Praxisbeispiels	129
11.2.8	Darstellung der wichtigsten Fälle verbessern	129
11.2.9	Semi-Automatische Erstellung des Geschwindigkeitsdiagramms mittels eines eigenständigen Tools	133
11.3	Auswertung des Geschwindigkeitsdiagramms	135
11.3.1	Vorbemerkung und genereller Überarbeitungsbedarf	135
11.3.2	Bedingungen für die Projektierung präzisieren (Überblick)	136
11.3.3	Übergang zwischen einem Strassenabschnitt mit gestreckten Trassierungselementen und Kurven mit Projektierungsgeschwindigkeiten unter 80 km/h	138
11.3.4	Übergang zwischen zwei benachbarten Kurven.....	139
11.3.5	Geschwindigkeitsdifferenzen zwischen zwei benachbarten Kurven.....	141
11.3.6	Darstellung der wichtigsten Fälle mit Verortung der Geschwindigkeitsdifferenzen	142
11.3.7	Darstellung der wesentlichen Auswertungsergebnisse	146
11.3.8	Darstellung von weiteren Gefahrenbereichen.....	147
11.3.9	Verbesserungsmöglichkeiten	148
12	Empfehlung für eine künftige inhaltliche Gliederung der Norminhalte	151
13	Schlussfolgerungen und Empfehlungen.....	153
13.1	Schlussfolgerungen.....	153
13.2	Empfehlungen	155
	Anhänge	157
	Glossar	181
	Literaturverzeichnis	183
	Projektabchluss	189

Zusammenfassung

Ausgangslage und Ziele

In den Schweizer Normen liegt der Projektierung von Strassen, die nach fahrdynamischen Grundsätzen trassiert werden, ein theoretisches, modellhaftes Geschwindigkeitsverhalten zugrunde. Dieses beruht auf physikalischen Berechnungen, wobei sich die notwendigen Annahmen auf Messungen und Beobachtungen des tatsächlichen Verkehrsverhaltens stützen.

Die Norm VSS-40080b 'Projektierung, Grundlagen, Geschwindigkeit als Projektierungselement' [1] «legt die für die Projektierung massgebenden Geschwindigkeitsbegriffe, ihre Anwendung und Werte fest.». Sie beschreibt ein Geschwindigkeitsmodell und dessen Umsetzung im Geschwindigkeitsdiagramm, das der Überprüfung der Homogenität der Linienführung dient, indem gefährliche Geschwindigkeitsdifferenzen bzw. Geschwindigkeitsübergänge als Folge der Trassierung erkannt werden. Die Norm stellt ferner eine Grundlage weiterer Projektierungsnormen dar.

Die vorliegende Norm hat eine zentrale Bedeutung sowohl für den Entwurf neuer Strassen, für die Sanierung bestehender Strassen sowie für die Verkehrssicherheit. Angesichts verschiedener Hinweise auf die Notwendigkeit einer Überprüfung der Norminhalte und deren Anwendung in der Praxis, hat die Normierungs- und Forschungskommission NFK 2.1 'Entwurf und Projektierung' des Schweizerischen Verbands der Strassen- und Verkehrsleute VSS das vorliegende Forschungsprojekt initiiert.

Das Ziel der Forschung besteht darin, die VSS-Norm 40080b [1] hinsichtlich ihrer Aktualität sowie ihrer Anwendung und Handhabung zu überprüfen und allfälligen Handlungsbedarf aufzuzeigen. Auf Basis dieser Erkenntnisse sind in der Folge im Rahmen der Forschungsarbeit entweder die Grundlagen zum Ersatz der Norm oder zu deren Revision zu erarbeiten.

Forschungsfragen und Methodik

Zu diesem Zweck sind die folgenden Forschungsfragen zu beantworten:

- Handelt es sich bei dem in der Norm beschriebenen Geschwindigkeitskonzept und insbesondere dem Geschwindigkeitsmodell um einen zielführenden Ansatz zum Entwurf einer homogenen Linienführung respektive der Überprüfung der Homogenität der Linienführung?
- Wie anwenderfreundlich ist die Norm und wie erfolgt ihre Umsetzung in der Praxis? Welche Herausforderungen ergeben sich?
- Muss, aufgrund der Erkenntnisse aus den ersten beiden Fragenstellungen, das in der Norm beschriebene Vorgehen ersetzt werden oder kann eine Revision der bestehenden Inhalte der Norm erfolgen? Welche Auswirkungen auf andere Projektierungsnormen im VSS-Normenwerk wären bei einer grundlegenden Änderung des bestehenden Entwurfskonzepts zu erwarten?
- Welche Empfehlungen resultieren aus der Erarbeitung der Grundlagen für eine neue Norm respektive für die Revision der bestehenden Norm?

Methodisch basiert die Forschungsarbeit auf einer umfangreichen Analyse der in- und ausländischen Literatur und informellen Gesprächen mit in- und ausländischen Experten. Systematische Befragungen bei Bund, Kantonen sowie Planungs- und Ingenieurbüros sowie den Schweizer Hochschulen als auch die praktische Anwendung des Geschwindigkeitsdiagramms und der Austausch mit der Begleitkommission ergänzen das methodische Vorgehen. Untersuchungen des Verkehrsablaufs waren nicht vorgesehen. Das Forschungsprojekt konzentriert sich auf Strassen ausserhalb besiedelter Gebiete, konkret auf Hauptverkehrs- und Verbindungstrassen, nicht auf Hochleistungsstrassen.

Resultate

- Das Geschwindigkeitskonzept und das Geschwindigkeitsmodell stellen einen zielführenden Ansatz dar:**

Die Ergebnisse aus dieser Forschungsarbeit zeigen, dass die Geschwindigkeit als Projektierungselement, wie es die Norm VSS-40080b vorsieht, grundsätzlich für die Entwurfspraxis geeignet ist. Den grundlegenden Prinzipien, der Forderung nach einem angemessenen Ausbaugrad für einen Strassenzug sowie einem ausgewogenen Verhältnis der Elemente der horizontalen Linienführung zueinander, wird in dieser Norm entsprechend Rechnung getragen. Bei korrekter Anwendung in der Praxis erlaubt das Geschwindigkeitsmodell mit seiner Umsetzung im Geschwindigkeitsdiagramm die Überprüfung der Homogenität der Linienführung, indem es gefährliche Geschwindigkeitsdifferenzen beziehungsweise Geschwindigkeitsübergänge als Folge von Unstetigkeiten in der Trassierung erkennt und damit die Grundlage zu deren Vermeidung legt. Gleichzeitig ist ein Bedarf für weitere Untersuchungen zu den Annahmen im Geschwindigkeitsmodell ersichtlich, der das Modell selbst aber nicht in Frage stellt.

- Anwendung und Handhabung der Norm erfordern Handlungsbedarf:**

Im Weiteren belegen die Resultate der Forschungsarbeit, dass Handlungsbedarf hinsichtlich der Anwendung und Handhabung der Norm besteht. Insbesondere werden Geschwindigkeitsbegriffe oft missverstanden und aufgrund dessen ungenau oder falsch angewendet. Zudem wird das Geschwindigkeitsdiagramm, welches dazu dient, gefährliche Geschwindigkeitsdifferenzen als Folge von Unstetigkeiten in der Trassierung zu erkennen, nicht so häufig eingesetzt, wie es sachdienlich wäre. Die Forschungsarbeit identifiziert verschiedene Ursachen für diese Herausforderungen, darunter begriffliche Unstimmigkeiten oder Diskrepanzen sowohl in der relevanten Literatur als auch in der Norm selbst. Beispielsweise fehlen präzise Anleitungen zur Konstruktion und Auswertung des Geschwindigkeitsdiagramms, womit eine erschwerte Anwendung verbunden ist.

- Entscheid: das in der Norm beschriebene Vorgehen muss nicht ersetzt werden, aber eine Revision der Norm muss erfolgen:**

Basierend auf den oben genannten Erkenntnissen zur Aktualität der Norm VSS-40080b sowie zu deren Handhabung und Anwendung in der Praxis wird eine Revision der Norm dringend empfohlen. Mit Zustimmung der Begleitkommission wurde entschieden, im Rahmen der Forschungsarbeit die Grundlagen für die Revision zu erarbeiten. Ziel der Revision ist es, sowohl Verständlichkeit als auch Benutzerfreundlichkeit zu verbessern, um die generelle Anwendung zu fördern und gleichzeitig die korrekte Umsetzung der Norm sicherzustellen.

- Grundlagen und Empfehlungen zur Revision der Norm:**

Der vorliegende Forschungsbericht stellt auf Basis einer detaillierten Analyse der Norm und weiterer Literatur und Untersuchungen die notwendigen Grundlagen für diese Überarbeitung bereit. Die erarbeiteten Grundlagen enthalten eine Vielzahl an Empfehlungen und detaillierten Vorschlägen zu deren Umsetzung. Dazu zählen sowohl inhaltliche als auch strukturelle Anpassungen und Ergänzungen.

Die wichtigsten inhaltlichen Vorschläge betreffen:

- die klare Definition und Abgrenzung des Geltungsbereichs der Norm,
- die Präzisierung von Begriffsdefinitionen,
- die Bereitstellung von grafischen Übersichten der Inhalte der Norm und ihrer Zusammenhänge,
- die Ergänzung detaillierter Anleitungen und Praxisbeispiele zur Konstruktion des Geschwindigkeitsdiagramms sowie
- präzisere Angaben und Unterstützung zur Auswertung von Geschwindigkeitsdiagrammen.

Die Forschungsarbeit führte ferner zur Entwicklung einer ersten Version eines Excel-Tools, welches speziell darauf abzielt, den Konstruktionsprozess von Geschwindigkeitsdiagrammen zu automatisieren.

Abschliessend wird ein Vorschlag zur Optimierung der Gliederung der Norminhalte unterbreitet.

Weiterer Forschungs- und Handlungsbedarf

- Es sollten weitere Forschungsarbeiten initiiert werden, die sich auf spezifische Aspekte des Geschwindigkeitsmodells und dessen Umsetzung im Geschwindigkeitsdiagramm konzentrieren. Dazu zählen unter anderem die Verzögerungswerte, damit das Modell auch künftig realitätsnah bleibt.
- Es ist zudem von wesentlicher Bedeutung, die Automatisierung des Geschwindigkeitsdiagramms weiter voranzutreiben, um die Handhabung weiter zu vereinfachen.
- Im Weiteren sollten Anstrengungen unternommen werden, um eine fundierte Ausbildung in diesem Bereich zu gewährleisten.
- Ferner wird dringend empfohlen, weitere Normen zu überprüfen, in denen die Geschwindigkeitsbegriffe oder das Geschwindigkeitsdiagramm zur Anwendung kommen. Damit wird das Verständnis der Inhalte der Norm VSS-40080b und deren korrekte Anwendung weiter unterstützt.

Fazit

Es wird dringend empfohlen, die Norm VSS-40080b zeitnah gemäss den vorgeschlagenen Änderungen zu überarbeiten, um ihre Verständlichkeit und Anwendbarkeit zu verbessern. Der vorliegende Forschungsbericht stellt die notwendigen Grundlagen und Empfehlungen dafür bereit.

Résumé

Situation initiale et objectif

Dans les normes suisses, la conception de routes dont le tracé est établi en tenant compte de la dynamique des véhicules repose sur un comportement théorique modélisé de la vitesse. Celui-ci repose sur des calculs physiques dont les hypothèses nécessaires s'appuient sur des mesures et des observations du comportement effectif du trafic.

La norme VSS-40080b 'Projets, généralités ; la vitesse, base de l'étude des projets' [1] «définit pour l'étude de projet les notions de vitesse déterminantes, leur application et leurs valeurs». Elle décrit un modèle de vitesse et sa mise en œuvre à travers le diagramme de vitesse, qui sert à vérifier l'homogénéité du tracé en identifiant les transitions de vitesse, respectivement des différences de vitesse dangereuses résultant du tracé de la route. La norme constitue en outre une base pour d'autres normes d'étude.

La présente norme a un rôle important tant pour la conception de nouvelles routes que pour l'assainissement de routes existantes ainsi que pour la sécurité routière. Compte tenu de diverses indications sur la nécessité de vérifier le contenu de la norme et son application dans la pratique, la commission de normalisation et de recherche NFK 2.1 'Conception et étude de projet' de l'Association suisse des professionnels de la route et des transports VSS a initié le présent projet de recherche.

L'objectif de la recherche consiste vérifier l'actualité de la norme VSS-40080b ainsi que son application et son utilisation, et de mettre en évidence les éventuelles adaptations nécessaires. Sur la base de ces constatations, il s'agira ensuite, dans le cadre du travail de recherche, d'élaborer les bases pour le remplacement de la norme ou pour sa révision.

Questions de recherche et méthodologie

Dans ce but il convient de répondre aux questions de recherche suivantes :

- Le concept de vitesse décrit dans la norme, et en particulier le modèle de vitesse. Constitue-t-il une approche appropriée pour la conception d'un tracé homogène ou la vérification de l'homogénéité du tracé?
- Est-ce que la norme est facile à appliquer et comment est-elle mise en œuvre dans la pratique ? Quels sont les défis à relever?
- Sur la base des conclusions des deux premières questions, la procédure décrite dans la norme doit-elle être remplacée ou peut-on procéder à une révision des contenus existants de la norme? Quelles seraient les implications sur les autres normes du recueil des normes VSS en cas de modification fondamentale du concept d'élaboration existant ?
- Quelles recommandations résultent des principes de bases pour une nouvelle norme, respectivement pour la révision de la norme existante?

Sur le plan méthodologique, le travail de recherche se base sur une analyse approfondie de la bibliographie Suisse et étrangère et sur des entretiens informels avec des experts suisses et étrangers. Des questionnaires adressés auprès de la Confédération, des cantons et des bureaux d'étude ainsi que des hautes écoles suisses, de même que l'application pratique du diagramme de vitesse et l'échange avec la commission d'accompagnement complètent la procédure méthodologique. Des études sur le flux de trafic n'étaient pas prévues.

Le projet de recherche se concentre sur les routes situées en dehors des zones habitées, concrètement sur les routes principales et les routes de liaison, et non sur les routes à grand débit.

Résultats

- Le concept et le modèle de vitesse suisses constituent une approche appropriée:**

Les résultats de ce travail de recherche montrent que la vitesse en tant qu'élément de projet, comme le prévoit la norme VSS-40080b, est en principe adaptée à la pratique en matière de conception. Les principes de base, à savoir l'exigence d'un degré d'aménagement approprié pour un tronçon de route ainsi qu'un rapport équilibré entre les éléments du tracé horizontal, sont pris en compte de manière adéquate dans cette norme. Lorsqu'il est correctement appliqué dans la pratique, le modèle de vitesse et sa transposition dans le diagramme de vitesse permettent de vérifier l'homogénéité du tracé en identifiant les différences dangereuses de vitesse ou les transitions de vitesse résultant de discontinuités dans le tracé et en posant ainsi les conditions afin de les éviter. En même temps, le besoin de poursuivre des recherches sur les hypothèses du modèle de vitesse est démontrée, sans pour autant que cela ne remette en question le modèle lui-même.

- L'application et la gestion de la norme nécessitent d'agir:**

Par ailleurs, les résultats du travail de recherche démontrent que des adaptations sont nécessaires en ce qui concerne l'application et l'utilisation de la norme. En particulier, les différentes définitions de vitesse sont souvent mal interprétées et par conséquent appliquées de manière imprécise ou incorrecte. De plus, le diagramme de vitesse, qui sert à identifier les différences de vitesse dangereuses dues à des discontinuités dans le tracé, n'est pas utilisé aussi souvent qu'il serait pertinent de le faire. Le travail de recherche identifie plusieurs causes à ces faits, dont des incohérences conceptuelles ou des divergences tant dans la littérature pertinente que dans la norme elle-même. Par exemple, il n'existe pas d'instructions précises sur la construction et l'évaluation du diagramme de vitesse, ce qui ne facilite pas son utilisation.

- Décision : la procédure décrite dans la norme ne doit pas être remplacée, mais une révision de la norme doit être effectuée:**

Sur la base des constatations susmentionnées concernant l'actualité de la norme VSS-40080b ainsi que son usage et son application dans la pratique, une révision de la norme est vivement recommandée. Avec l'accord de la commission d'accompagnement, il a été décidé d'élaborer les bases de la révision dans le cadre de ce travail de recherche. L'objectif de la révision est d'améliorer aussi bien la compréhension que la facilité d'utilisation de cette norme, afin d'en promouvoir son application générale tout en garantissant une utilisation correcte.

- Principes et recommandations pour la révision de la norme:**

Le présent rapport de recherche fournit les bases nécessaires à cette révision sur la base d'une analyse détaillée de la norme, de la littérature spécialisée et des divers travaux de recherche. Les bases élaborées contiennent un grand nombre de recommandations et de propositions détaillées pour leur mise en œuvre. Il s'agit notamment d'adaptations et de compléments tant au niveau du contenu que de la structure.

Les propositions principales de contenu concernent :

- la définition claire et la délimitation du domaine d'application de la norme,
- la précision des définitions de termes,
- la mise à disposition d'aperçus graphiques du contenu de la norme et de leur contexte,
- l'ajout d'instructions détaillées et d'exemples pratiques pour la construction du diagramme de vitesse, ainsi que
- des indications plus précises et une aide pour l'évaluation des diagrammes de vitesse.

La recherche a également conduit au développement d'une première version d'un outil Excel visant spécifiquement à automatiser le processus de construction des diagrammes de vitesse.

Finalement, une proposition d'optimisation de la structure du contenu de la norme est présentée.

Besoin de recherche supplémentaire

- D'autres recherches devraient être initiées pour se concentrer sur des aspects spécifiques du modèle de vitesse et de sa mise en œuvre dans le diagramme de vitesse. Il s'agit notamment des valeurs de décélération afin que le modèle reste proche de la réalité à venir.
- Il est également essentiel de poursuivre l'automatisation du diagramme de vitesse afin de le rendre encore plus facile à utiliser.
- Par ailleurs, des efforts devraient être faits pour assurer une formation solide dans ce domaine.
- En outre, il est fortement recommandé de revoir d'autres normes dans lesquelles les notions de vitesse ou le diagramme de vitesse sont appliquées. Cela permettra de mieux comprendre le contenu de la norme VSS-40080b et de l'appliquer correctement.

Conclusion

Il est vivement recommandé de réviser rapidement la norme VSS-40080b conformément aux modifications proposées afin d'améliorer sa compréhension et son applicabilité. Le présent rapport de recherche fournit les bases et les recommandations nécessaires à cet effet.

Summary

Initial situation and objectives

In Swiss standards, the design of roads based on dynamic driving principles relies on a theoretical, modelled speed behaviour pattern. This is derived from physical calculations, with necessary assumptions based on measurements and observations of actual traffic behaviour.

The standard VSS-40080b ‘Projektierung, Grundlagen; Geschwindigkeit als Projektierungselement’ (Project planning, basics, speed as an element of project planning) [1] «defines the key speed terms, their application and values relevant for project planning». It describes a speed model and its implementation in a speed diagram which serves to check the homogeneity of the alignment by recognising dangerous speed transitions or speed differences resulting from the alignment. The standard also forms the basis for other project planning standards.

This standard is of a central importance for the design of new roads, for the renovation of existing roads as well as for road safety. In view of various indications of the need to review the contents of the standard and its application in practice, the Standardization and Research Commission NFK 2.1 “Design and Project Planning” of the Swiss Association of Road and Traffic Experts (VSS) initiated the present research project.

Research questions and methodology

The aim of the research is to review the VSS-40080b standard in terms of its relevance, application, and handling, and to identify any need for action. Based on these findings, the research project will then either develop the basis for replacing the standard or for revising it.

The following research questions are to be answered for this purpose:

- Is the speed concept described in the standard, and particularly the speed model, a target-oriented approach to designing a homogeneous alignment or checking the homogeneity of the alignment?
- How user-friendly is the standard and how is it implemented in practice? What challenges arise?
- Based on the findings from the first two questions, does the procedure described in the standard have to be replaced or can the existing content of the standard be revised? What impact would a fundamental change to the existing design concept have on other project planning standards in the VSS body of standards?
- What recommendations result from the development of the basis for a new standard or for the revision of the existing standard?

In its methodology, the research is based on extensive domestic and foreign literature reviews and informal conversations with both domestic and foreign experts. Systematic surveys conducted with the Federal Government, cantons, planning and engineering offices, and Swiss universities, as well as the practical application of the speed diagram and exchanges with the advisory committee, complement the methodological approach. Traffic flow analyses were not envisaged.

The research project focuses on rural roads (major roads and link roads), not on motorways.

Results

- **The Swiss speed concept and the speed model represent a target-oriented approach:**

The results of this research show that the use of speed as a project planning element, as specified in the VSS-40080b standard, is essentially suitable for design practice. The basic principles, which include the requirement for an appropriate level of configuration for a road and a balanced relationship between the elements of horizontal alignment, are adequately considered in this standard. When correctly applied in practice, the speed model and its implementation in the speed diagram enable the verification of the alignment's homogeneity by identifying dangerous speed differences or transitions resulting from discontinuities in the alignment, thereby providing the basis for their avoidance. At the same time, there is a need for further investigation into the assumptions underlying the speed model, although these do not call the model itself into question.

- **Application and handling of the standard require action:**

Furthermore, the results of the research indicate that there is a need for action regarding the application and handling of the standard. Speed concepts are often misunderstood and therefore applied inaccurately. Moreover, the speed diagram, which is used to identify dangerous speed differences, is not utilized as frequently as would be appropriate. The research identifies various causes for these challenges, including terminological inconsistencies or discrepancies both in the relevant literature and within the standard itself. For example, precise instructions for the construction and evaluation of the speed diagram are lacking, making its application more difficult.

- **Decision: the procedure described in the standard does not have to be replaced, but the standard must be revised:**

Based on the findings regarding the current relevance of the VSS-40080b standard, as well as its handling and practical application, a revision of the standard is recommended. With the approval of the advisory committee, it was decided to develop the basis for the revision as part of the research project. The aim of the revision is to improve both the comprehensibility and user-friendliness of the standard to promote its general application and ensure its correct implementation.

- **Foundations and recommendations for revising the standard:**

The present research report provides the necessary foundations for this revision based on a detailed analysis of the standard, additional literature, and investigations. The basics developed include a variety of recommendations and detailed proposals for their implementation, encompassing both content-related and structural adjustments and additions.

The most important content-related proposals concern:

- the clear definition and delineation of the scope of the standard,
- the clarification of definitions of terms,
- the provision of graphical overviews of the contents of the standard and their interconnections,
- the addition of detailed instructions and practical examples for the construction of speed diagrams and
- more precise information and support for the evaluation of speed diagrams.

Furthermore, the research led to the development of an initial version of an Excel tool specifically designed to automate the construction process of speed diagrams.

Finally, a proposal is made for optimizing the structure of the standard content.

Further need for research and action

- It is suggested that further research be initiated focusing on specific aspects of the speed model and its implementation in the speed diagram. This includes the deceleration values to ensure that the model remains realistic in the future.
- It is also essential to advance the automation of the speed diagram to simplify its handling further.
- Moreover, efforts should be made to ensure comprehensive education in this area.
- It is also strongly recommended to review other standards in which the speed terms or the speed diagram are used. This will further promote the understanding of the contents of the VSS-40080b standard and its correct application.

Conclusion

It is urgently recommended that the VSS-40080b standard be revised promptly in accordance with the proposed amendments to improve its comprehensibility and applicability. This research report provides the necessary basis and recommendations for this.

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

Die Geschwindigkeit gilt als eine der wichtigsten Grundlagen für die Projektierung von Strassen, die nach fahrdynamischen Grundsätzen konzipiert sind.

Die Geschwindigkeit auf Strassen wird durch eine Vielzahl von Faktoren beeinflusst. Dazu zählen unter anderem die Topografie, das Verkehrsaufkommen, die Eigenschaften von Fahrzeugen und Fahrzeuglenkenden, die Umweltbedingungen sowie die Strassenanlage und ihre Umgebung. Von den Ausbaugrössen einer Strasse hat die Linienführung unbestritten den grössten Einfluss auf das Geschwindigkeitsverhalten. Grosses Geschwindigkeitsschwankungen entlang einer Strecke wirken sich direkt auf die Verkehrssicherheit aus und sollten vermieden werden. Die Norm VSS-40080b „Projektierung, Grundlagen, Geschwindigkeit als Projektierungselement“ [1] dient dem Entwurf sowie der Kontrolle der Homogenität der Linienführung, indem gefährliche Geschwindigkeitsdifferenzen bzw. Geschwindigkeitsübergänge als Folge der Trassierung erkannt werden können, und stellt ferner eine Grundlage weiterer Projektierungsnormen dar. Die Norm dient sowohl für den Entwurf neuer als auch zur Überprüfung bestehender Anlagen.

Die Norm VSS-40080b „Projektierung, Grundlagen; Geschwindigkeit als Projektierungselement“ [1] beinhaltet folgende Hauptbestandteile:

- Definition, Werte und Anwendung der grundlegenden Geschwindigkeitsbegriffe Ausbaugeschwindigkeit V_A und Projektierungsgeschwindigkeit V_P .
- Anweisungen zur Umsetzung des Geschwindigkeitsmodells (Modell des tatsächlichen Geschwindigkeitsverhaltens) in Form eines Geschwindigkeitsdiagramms, insbesondere Konstruktionsregeln für die Erstellung des Geschwindigkeitsdiagramms, welches den Verlauf der Projektierungsgeschwindigkeit V_P in Funktion der horizontalen Krümmungsverhältnisse entlang eines Strassenzugs abbildet.
- Hinweise zur Auswertung des Geschwindigkeitsdiagramms (Bedingungen zur Gewährleistung der Homogenität der Linienführung).

Trotz der Anerkennung als wesentliche und solide Grundlage der Trassierung deuten verschiedene Aspekte, wie in der Normierungs- und Forschungskommission NFK 2.1 ‘Entwurf und Projektierung’ des Schweizerischen Verbands der Strassen- und Verkehrs-fachleute VSS diskutiert, darauf hin, dass eine Überprüfung der Norminhalte und deren Anwendung in der Praxis angezeigt ist:

- Allein der Umstand, dass die letzte Überprüfung/Anpassung dieser Norm im Jahr 1991 erfolgte, unterstreicht die Notwendigkeit einer Überprüfung.
- Das in der Norm beschriebene Modell wurde in einer Zeit entwickelt, als in der Schweiz auf Strassen ausserorts noch keine generellen Geschwindigkeitsbegrenzungen galten. Im Zusammenhang mit der Einführung der Tempolimite in den 70er Jahren, wurde die Projektierungsgeschwindigkeit V_P nach oben begrenzt, indem die maximale V_P der geltenden Höchstgeschwindigkeit (allgemein/signalisiert) gleichgesetzt wird (vgl. SPACEK [2]). Seit der 1985 erfolgten Herabsetzung der Tempolimite auf Ausserorts-strassen von 100 km/h auf 80 km/h kann es in wenig coupiertem Gelände und bei hohem Ausbaugrad dazu führen, dass Geschwindigkeitsdiagramme der neu projektierten oder zu sanierenden Strassenabschnitte praktisch eine gerade Linie zeigen. Es fragt sich, ob dieser Umstand dazu beitragen könnte, dass das Diagramm seltener angewendet wird und dadurch die Kontrollfunktion dieses Hilfsmittels zur Erzielung einer ausgewogenen und sicherheitstechnisch befriedigenden Linienführung weitgehend verloren geht.
- Zudem stellt sich die Frage, ob in Bezug auf die Konstruktion des Geschwindigkeitsdiagramms zu Grunde liegenden Festlegungen und Annahmen Überarbeitungsbedarf besteht.

- Hinsichtlich der praktischen Anwendung der Norm VSS-40080b deuten Praxiserfahrungen darauf hin, dass sowohl Schwierigkeiten bei der korrekten Interpretation der beiden Geschwindigkeitsbegriffe bestehen als auch bei der Konstruktion und Auswertung des Geschwindigkeitsdiagramms.

Aufgrund dieser Gegebenheiten wurde durch die NFK 2.1 das vorliegende Forschungsprojekt zur Überprüfung der bestehenden Norm initiiert.

1.2 Ziel des Forschungsprojekts

Das Ziel der Forschung besteht darin, die Norm VSS-40080b [1] hinsichtlich ihrer Aktualität sowie ihrer Anwendung und Handhabung in der Praxis zu überprüfen. Darauf aufbauend sind Grundlagen entweder zum Ersatz der Norm oder zu deren Revision zu erarbeiten. Das Forschungsprojekt konzentriert sich dabei auf Straßen ausserorts, welche nach fahrdynamischen Grundsätzen trassiert sind (ohne Einbezug von Hochleistungsstraßen).

Vor diesem Hintergrund zielt das Forschungsprojekt darauf ab, die folgenden Fragen zu beantworten:

- Handelt es sich bei dem in der Norm beschriebenen Geschwindigkeitskonzept und insbesondere dem Geschwindigkeitsmodell um einen zielführenden Ansatz zum Entwurf einer homogenen Linienführung respektive der Überprüfung der Homogenität der Linienführung?
- Wie anwenderfreundlich ist die Norm und wie erfolgt ihre Umsetzung in der Praxis? Welche Herausforderungen ergeben sich?
- Muss das in der Norm beschriebene Vorgehen aufgrund der Erkenntnisse aus den ersten beiden Fragenstellungen ersetzt werden oder kann eine Revision der bestehenden Inhalte der Norm erfolgen? Welche Auswirkungen auf andere Projektierungsnormen im VSS-Normenwerk wären bei einer grundlegenden Änderung des bestehenden Entwurfskonzepts zu erwarten?
- Welche Empfehlungen resultieren aus der Erarbeitung der Grundlagen für eine neue Norm respektive für die Revision der bestehenden Norm?

1.3 Abgrenzung

Die Norm VSS-40080b «Projektierung Grundlagen; Geschwindigkeit als Projektierungselement» [1] ist ein wesentlicher Bestandteil der Normengruppe «Projektierung, Grundlagen». Sie bildet die Grundlage für eine Vielzahl weiterer Normen, darunter die Linienführungsnormen, siehe unter anderem [3][67]. Im Wissen, dass mit der Gewährleistung einer sicheren, leistungsfähigen und wirtschaftlichen Straßenverkehrsanlage eine Vielzahl an Anforderungen verbunden ist, konzentriert sich dieses Forschungsprojekt ausschließlich auf die Überprüfung der Norm VSS-40080b. Weitere Normen, Anforderungen oder Entwurfskontrollen (vgl. Anhang I.1) sind nicht Gegenstand dieses Forschungsprojekts.

Ferner sieht das vorliegende Forschungsprojekt weder Untersuchungen des Geschwindigkeitsverhaltens, die Modellierung von Geschwindigkeiten noch die Analyse von Modellgleichungen vor.

Zudem beziehen sich die Analyse der Norm selbst und die erarbeiteten Grundlagen und Empfehlungen zu deren Überarbeitung ausschließlich auf den deutschen Sprachteil der Norm.

2 Vorgehen und Methodik

Zur Erreichung eingangs erwähnter Zielsetzung wurde die vorliegende Arbeit in insgesamt sechs Arbeitspakete (AP) gegliedert, welche in der nachfolgenden Abb. 1 aufgeführt sind.

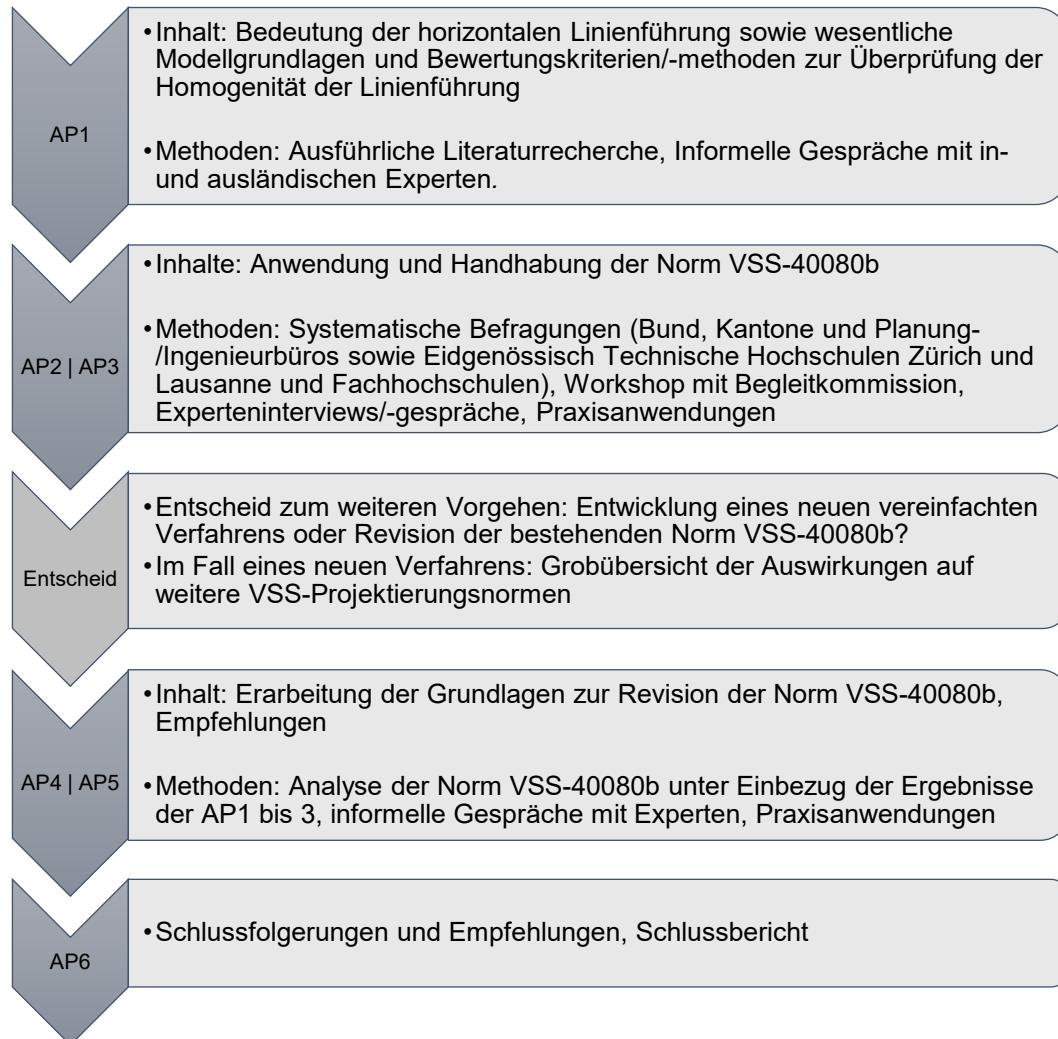


Abb. 1 Inhalte und Methoden der Arbeitspakete im Überblick.

Aufbau des Forschungsberichts:

- Arbeitspaket 1: → Kapitel 3
- Arbeitspakte 2 und 3: → Kapitel 4
- Entscheid: → Kapitel 5
- Arbeitspakte 4 und 5: → Kapitel 6 bis Kapitel 12
- Arbeitspaket 6: → Kapitel 13

3 Ergebnisse hinsichtlich der Aktualität der Norm VSS-40080b

3.1 Vorbemerkung

In diesem Kapitel wird der Frage nachgegangen, ob das in der Norm VSS-40080b [1] beschriebene Geschwindigkeitskonzept eine fundierte Grundlage der Projektierung darstellt, und ob es sich insbesondere beim Geschwindigkeitsmodell um einen zielführenden Ansatz zur Überprüfung der Homogenität der Linienführung handelt.

Einleitend wird die Bedeutung einer homogenen Linienführung vertieft. Anschliessend liegt der Fokus auf den in verschiedenen Ländern verfolgten grundlegenden Entwurfskonzepten/-prinzipien sowie den angewandten Methoden/Modellen und Einflussfaktoren zur Bewertung der Homogenität der Linienführung. Daraus folgend werden die Grundlagen, Festlegungen und Annahmen in der Norm VSS-40080b näher beleuchtet.

3.2 Bedeutung der Homogenität der Linienführung

3.2.1 Geschwindigkeit in Kurven und Unfallgeschehen

Die Geschwindigkeit zählt auf Ausserortsstrassen, insbesondere in Kurven, zu den massgebenden Hauptursachen schwerwiegender Verkehrsunfälle. Diese Tatsache wird durch zahlreiche nationale und internationale Statistiken und Studien belegt.

Auch in der Schweiz gilt die Geschwindigkeit seit Jahren als eine der Hauptursachen schwerwiegender Verkehrsunfälle. Laut dem SINUS-Report 2021 der Beratungsstelle für Unfallverhütung BFU [4], zählt die Geschwindigkeit, zusammen mit Unaufmerksamkeit, Ablenkung, Vortrittsmissachtung und Alkohol, zu den massgeblichen Faktoren, die zu schweren Verkehrsunfällen führen. Der SINUS-Report 2017 [5] zeigt zwar, dass zwischen 2007 bis 2017 eine rückläufige Tendenz schwererer Personenschäden im Strassenverkehr um etwa 30 % zu verzeichnen ist, wobei besonders hervorzuheben ist, dass die Unfälle mit der Ursache «Geschwindigkeit» um 45 % abgenommen haben. Trotz dieser positiven Entwicklung verdeutlicht der Bericht, dass die Geschwindigkeit seit 2013 nach wie vor zu den gravierendsten Unfallursachen zählt.

Die Analyse der Hauptursachen schwerer Unfälle nach Ortslage für die Jahre 2013 bis 2017 verdeutlicht, dass Geschwindigkeitsunfälle auf Ausserortsstrassen an erster Stelle stehen. Diese Tendenz setzte sich in den folgenden Jahren fort, so forderte unangepasste Geschwindigkeit auch im Jahr 2018 die meisten Todesopfer auf Schweizer Strassen und dies insbesondere ausserorts [6]. Für die Jahre 2020 und 2021 wird erneut unangepasste Geschwindigkeit als Hauptursache für Unfälle mit Schwerverletzten und Todesopfern auf Ausserortsstrassen ausgewiesen [4][7]. Besonders auffallend ist die Unfallhäufigkeit in Kurven. Bereits im Jahr 2014 wurde dokumentiert, dass auf Schweizer Strassen ausserhalb von Ortschaften ein bemerkenswert hoher Anteil von 45 % der Unfälle in Kurven auf unangepasste Geschwindigkeit zurückzuführen ist, vergleiche SINUS-Report 2014 [8]. Im SINUS-Report 2022 wird wiederum dargelegt, dass sich die Mehrheit der Geschwindigkeitsunfälle ausserorts ereignet und dies hauptsächlich in Kurven [4].

Seit Jahrzehnten unterstreichen auch internationale Statistiken und Forschungsergebnisse die Bedeutung des Zusammenhangs zwischen Geschwindigkeit und Verkehrsunfällen. Es besteht kein Zweifel daran, dass unangemessene oder überhöhte Geschwindigkeiten sowohl das Unfallrisiko als auch die Schwere der Unfallfolgen negativ beeinflussen. Die Weltgesundheitsorganisation WHO betrachtet die Geschwindigkeit von Fahrzeugen als entscheidenden Faktor für Verletzungen im Strassenverkehr [9]. Zahlreiche Studien der vergangenen Jahrzehnte bestätigen insbesondere den signifikanten Anteil schwererer Unfälle auf Ausserortsstrassen, insbesondere in Kurven, der durch unangemessene Geschwindigkeit verursacht wird. So stand der Zusammenhang zwischen Geschwindigkeit

und Gestaltung der Ausserortsstrassen bereits in den 90er Jahren im Fokus der Forschung. Die Untersuchung von ZEGEER [10] dokumentiert beispielsweise, dass Kurvenabschnitte im Vergleich zu geraden Streckenabschnitten eine deutlich höhere Unfallrate aufweisen, mit Werten, die durchschnittlich 1,5- bis 4-mal höher liegen. Insbesondere sekundäre Landstrassen, die häufig nach weniger strengen Standards erbaut und mehr sowie engere Kurven aufweisen, weisen im Durchschnitt einen höheren Anteil an Unfällen in Kurven auf. Aus PIARC [11] geht hervor, dass gemäss der früheren französischen SETRA [12] in Frankreich 30 % bis 40 % aller Unfälle auf Hauptlandstrassen in Kurven lag; der entsprechende Anteil auf Nebenstrassen (sekundäres Netz) zwischen 55 % und 60 %. Zahlreiche weitere Studien widmeten sich diesem Forschungsfeld und erzielten vergleichbare Ergebnisse. Beispiele hierfür sind Arbeiten von GLENNON [13], LAMM [14] und PEDEN [15].

Auch in den Folgejahren bestätigen zahlreiche weitere Studien diese Feststellungen. Eine umfassende Untersuchung von CVINTANIC [16] ergab beispielsweise, dass auf zweispurigen Landstrassen, die in den meisten Ländern den grössten Anteil des Straßennetzes ausmachen, die meisten Unfälle in Kurven geschehen. Eine Studie von ISLAM [36] hat hinsichtlich der Beziehung zwischen Straßengeometrie und Unfällen gezeigt, dass einige Elemente der Straßengeometrie signifikanter sind als andere. So führen beispielsweise Kurven zu fast viermal höheren Unfallraten wie gerade Straßensegments. Weitere Forschungsarbeiten und Statistiken der letzten zehn Jahre untermauern den signifikanten Anteil schwerer Unfälle auf Ausserortsstrassen und in Kurven, die durch unangemessene Geschwindigkeit verursacht werden, vergleiche CVINTANIC [16], Praticò [17], Jacob [18], Zimmermann [19] oder die österreichische FSV [21], das französische Ministère de l'Intérieur et des Outre-Mer [20] oder das französische Observatoire national interministériel de la sécurité routière ONISR [22].

Die Literatur in der Schweiz und im Ausland unterstreicht nachdrücklich, dass unangepasste Geschwindigkeiten, insbesondere auf Ausserortsstrassen und in Kurven, ein fortwährend ernsthaftes Problem darstellen. Es ist offensichtlich, dass umfassende und zielgerichtete Massnahmen zur Beeinflussung des Geschwindigkeitsverhaltens auf Ausserortsstrassen unerlässlich sind.

3.2.2 Safe System Approach

Ein Unfall ist immer ein Ergebnis des Zusammenspiels einer Reihe von Faktoren und Teilsystemen. Das Verständnis des Systems als Ganzes und der Interaktion zwischen seinen Elementen ist elementar, um zu verstehen sowie zu ermitteln, wo Potenzial zur Gewährleistung eines sicheren und leistungsfähigen Systems besteht. Um ein Straßensicherheitssystem so sicher wie möglich zu machen, ist unbestritten ein ‘Systemansatz’ erforderlich (WHO, 2011 [9]). Der «Safe System Approach» ist ein globaler Ansatz zur Verkehrssicherheit, der darauf abzielt, schwere Unfälle und Verletzungen im Straßengang auf null zu reduzieren. Obwohl die Umsetzung und auch die Darstellung dieses Ansatzes in verschiedenen Ländern unterschiedlich sein können, gibt es gemeinsame Bestandteile und Prinzipien, die weltweit ähnlich sind.

Die ganzheitliche Herangehensweise findet auch Berücksichtigung in der Verkehrssicherheitsstrategie der Vereinten Nationen. Sie verfolgt das Ziel, die Anzahl der Getöteten und Verletzten zu reduzieren, indem die Wechselwirkung zwischen Geschwindigkeit, Fahrzeugen, Straßeninfrastruktur und Verhalten der Verkehrsteilnehmenden berücksichtigt wird. Der entsprechende Aktionsplan baut auf fünf wesentlichen Säulen auf, die in der folgenden Abb. 2 dargestellt sind.



Abb. 2 Safe System Approach: Säulen des Aktionsplanes gemäss UN 2018 [23]

Ein weiteres Beispiel für den Systemansatz ist in Abb. 3 dargestellt [24]. Die wichtigsten Prinzipien und Ziele für ein sicheres System sind im folgenden Kreisdiagramm visualisiert.



Abb. 3 Safe System Approach gemäss US Department of Transportation 2024 [24]

Am 20. Oktober 2010 verabschiedete der Schweizer Bundesrat die Botschaft zu Via sicura. «Via sicura» ist ein ganzheitlicher Ansatz zur Verbesserung der Verkehrssicherheit in der Schweiz, der ebenfalls diese, im Prinzip identischen Handlungsfelder adressiert, um die Straßen sicherer zu machen [25].

In der Verkehrssicherheitsforschung wird zur Identifikation potenzieller Gefahrenquellen und -muster häufig das System Mensch-Fahrzeug-Strasse herangezogen. Die Komplexität dieses Systems, ergänzt durch weitere Einflussfaktoren wie rechtliche Rahmenbedingungen, gesellschaftliche Normen und Wertvorstellungen und Umwelteinflüsse, ist seit Jahrzehnten Gegenstand umfangreicher Forschungen und wird in der nationalen und internationalen Literatur regelmäßig behandelt.

Die Darstellung der Zusammenhänge und Wechselwirkungen erfolgt häufig in Form Regelkreisen oder ähnlichen Grafiken. Beispiele hierfür finden sich in den Arbeiten von DURTH [26], HADDON [27], PIARC [11], EVANS [28], WEGMAN [29], LEEMANN [30], HOUTENBOS [31] oder MARSH [32]. Die folgende Abb. 4 zeigt beispielhaft einen Regelkreis, der die Betrachtung des Gesamtsystems auf die für den Straßenentwurf und -betrieb relevanten Teilsysteme Mensch, Strasse, Verkehrsablauf und Umwelt herunterbricht.

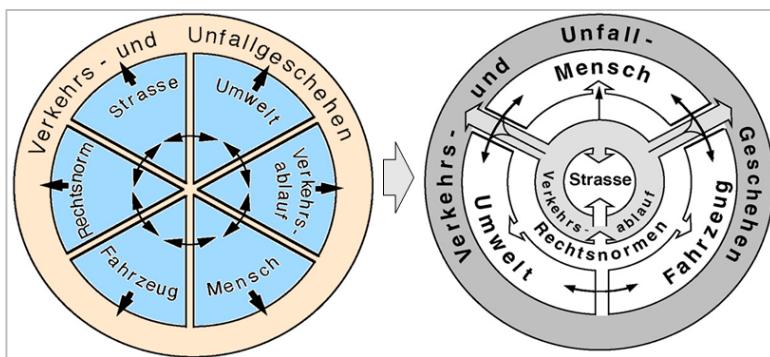


Abb. 4 Betrachtung Gesamtsystem und Fokus auf Teilsysteme Mensch, Strasse, Verkehrsablauf und Umwelt [30]

In diesem komplexen System sind unsichere Handlungen und unsichere Bedingungen oft unmittelbar sichtbare Probleme, die zu Unfällen oder Beinahe-Unfällen führen können. Dennoch ist es wichtig zu berücksichtigen, dass unsichere Handlungen und Bedingungen lediglich Symptome sind. Diese Symptome resultieren häufig aus tieferliegenden Defiziten

wie mangelhafter Infrastruktur, unzureichender Fahrzeugtechnik oder unvollständiger Fahrausbildung.

Der Wissenschaftliche Beirat beim Bundesministerium für Verkehr in Deutschland unterstreicht die dominante Rolle des menschlichen Verhaltens in der Verkehrssicherheit, und betont gleichzeitig, dass «menschliche Fehler» nicht unbedingt ein individuelles Versagen sind, sondern oft das Ergebnis eines Systems, das den Menschen nicht ausreichend unterstützt [33]. Diese Feststellung verweist auf die Zusammenhänge zwischen Verhalten der Verkehrsteilnehmenden und Strassengestaltung. Menschliche Fehler und unangepasste, gefahrenträchtige Verhaltensweisen, die entweder allein oder in Interaktion mit ungünstigen Bedingungen auf Seiten der Verkehrswege oder -mittel entstehen, werden für über 90 % aller Verkehrsunfälle als (mit-)verantwortlich angesehen. Statt also nur die Symptome («menschliche Fehler») zu bekämpfen, muss das gesamte System Mensch-Fahrzeug-Strasse in den Fokus genommen werden, um nachhaltige und ganzheitliche Lösungen zu entwickeln.

MARSH [32] verweist darauf, dass sowohl die aktuelle Strasseninfrastruktur als auch moderne Fahrzeuge bereits als hochentwickelte und zuverlässige Komponenten im System Mensch-Fahrzeug-Strasse agieren. Demnach sei es sinnvoll, den Hebel insbesondere gerade an diesen, dem Menschen gegenüber vergleichsweise zuverlässigen Komponenten anzusetzen, um eine positive Modifikation im menschlichen Verhalten, sprich im Fahrverhalten, zu bewirken. Diese Herangehensweise ist in der folgenden Abb. 5 dargestellt.

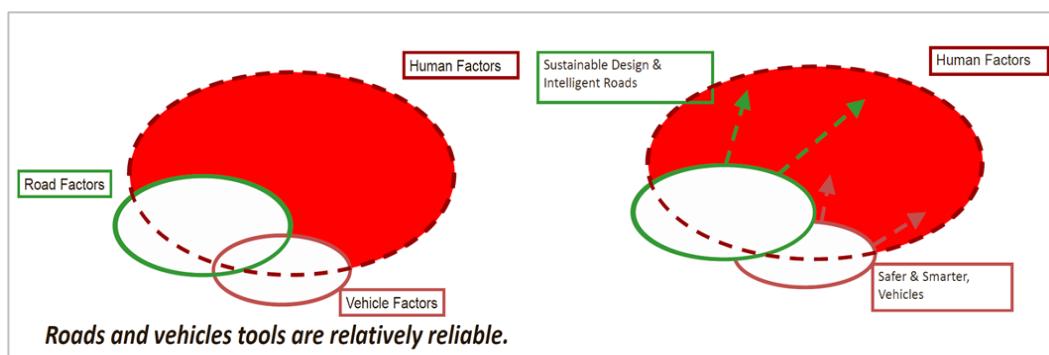


Abb. 5 Beeinflussung des Fahr-/Verkehrsverhaltens durch Massnahmen im Bereich Strasse und Fahrzeuge, nach [32].

- Auf Seite der Fahrzeuge beinhaltet dies eine Herangehensweise durch Integration fortgeschrittlicher Technologien in Fahrzeugen, welche die Fahrzeuglenkende mit Echtzeitinformationen und Assistenzsystemen unterstützen. Diese Technologien können beispielsweise Kollisionsvermeidungssysteme, Spurhalteassistenten und adaptive Temporegelungen umfassen. Durch die Bereitstellung solcher Werkzeuge können potenziell gefährliche Situationen erkannt und abgemildert werden, wodurch menschliche Fehler reduziert werden.

Im Bereich Infrastruktur werden Massnahmen angesprochen, welche beispielsweise die Lesbarkeit der Strasse betreffen, so dass Fahrzeuglenkende die Strassenverhältnisse und -bedingungen besser und schneller interpretieren können. Dies reduziert die Wahrscheinlichkeit von Fehlentscheidungen und daraus resultierenden Unfällen. Zu den Massnahmen zählen unter anderem eine intuitive Gestaltung von Knoten oder eine gleichmässige und vorhersehbare Strassenführung.

3.2.3 Teilsystem Strasseninfrastruktur und Geschwindigkeit

Die Fahrgeschwindigkeit auf Ausserortsstrassen wird, wie bereits erwähnt, durch eine Vielzahl von Faktoren beeinflusst, die sich aus dem Zusammenspiel von Fahrer, Fahrzeug, und Strasse ergeben. Im Rahmen dieser Forschung liegt der Fokus speziell auf dem Teilsystem Strasse. Besonderes Augenmerk gilt dabei den Wechselbeziehungen zwischen dem menschlichen Verhalten, insbesondere der Geschwindigkeitswahl, und der Strasse

als Informationsträger. Es ist allgemein anerkannt und durch Erkenntnisse aus dem In- und Ausland belegt, dass zwischen der Gestaltung der Strassenanlage und der gefahrenen Geschwindigkeit ein Zusammenhang besteht. Die Gestaltung der Strasse und ihrer Umgebung kann die Geschwindigkeit sowohl fördern als auch hemmen. Mängel in der Planung und Gestaltung der Strasseninfrastruktur können zu Fehlverhalten der Verkehrsteilnehmenden führen, sprich zu unangemessenen Geschwindigkeiten. Diese zählen laut PEDEN [15] zu den wichtigsten Risikofaktoren, die einen Einfluss auf das Unfallgeschehen haben. Defizite im Strassenentwurf gelten bereits in der Haddon-Matrix von 1980 als bedeutender Risikofaktor, mit Einfluss sowohl auf die Unfallentstehung, den Unfall selbst und auch die Unfallfolgen [27].

DIETRICH [34] umreisst im 'Gelben Buch' 'Strassenprojektierung' die Zusammenhänge zwischen Geschwindigkeit und Strassenanlage wie folgt: «Die gesetzliche Abstufung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit (die oft mit angemessener Geschwindigkeit verwechselt wird) geht vom Mass der Gefährdung aus. Hohe Geschwindigkeiten sind nicht à priori gefährlich: Geschwindigkeit und Anlage müssen in einem ausgewogenen Verhältnis stehen.». Ferner werden die vielfältigen Einflüsse auf die Wahl der (gefahrenen) Geschwindigkeit beschrieben, wobei auf die Bedeutung der Zusammenhänge zwischen Strassenanlage, Fahrzeug und dem Menschen mit seinen physiologischen und psychologischen Fähigkeiten und Grenzen eingegangen wird. SPACEK [2] hebt hervor, dass sowohl die gesetzlichen Vorschriften in der Schweiz als auch die technischen Normen von einem Zusammenhang zwischen Strassenanlage und Geschwindigkeit ausgehen, welcher durch Messungen im Verkehrsablauf bestätigt wurde.

Die deutschen Richtlinien für die Anlage von Landstrassen RAL [35] erkennen diese grundlegenden Zusammenhänge zwischen Anlage und Geschwindigkeit, indem sie fordern, dass Querschnitt, Linienführung, Knotenpunktgestaltung und Ausstattung so beschaffen sein sollen, «dass sie dem Kraftfahrer eine Befahrung mit einer für die jeweilige Netzfunktion angestrebten Geschwindigkeit nahelegen».

Eine Studie von ISLAM [36] kommt zum Schluss, dass ein breiter internationaler Konsens über die Auswirkungen der Strassengeometrie auf die Unfallraten besteht. Sie weist jedoch darauf hin, dass Studienergebnisse aus verschiedenen Ländern aufgrund von Unterschieden in Verkehrsbedingungen, Fahrerverhalten und Umweltfaktoren nicht auf andere Länder direkt übertragbar sind.

3.2.4 Der Einfluss der Linienführung auf das Fahrverhalten und die Verkehrssicherheit

Die Gestaltung der Linienführung von Strassen spielt eine entscheidende Rolle für die Sicherheit der Verkehrsteilnehmenden. Unterschiedliche Studien haben die Bedeutung einer hochwertigen Gestaltung der Linienführung hervorgehoben, indem sie auf deren Einfluss auf das Erscheinungsbild der Strasse und die Geschwindigkeitsregulierung hinweisen.

Gemäss PIARC [11] ist die Linienführung der Strasse der entscheidende Faktor unter den Strassenmerkmalen, der die Geschwindigkeit der Fahrzeuglenkenden massgeblich beeinflusst. Diese Bedeutung ergibt sich vor dem Hintergrund, dass die gefahrenen Geschwindigkeiten von mehreren Faktoren beeinflusst werden, darunter die individuellen Fahreigenschaften den Fahrzeuglenkenden, die Strassen- und Strassenrandbedingungen, die Fahrzeugeigenschaften sowie die Verkehrs- und Witterungsbedingungen. Diese Erkenntnis deckt sich mit den grundlegenden Aussagen in schweizerischen und weiteren ausländischen Publikationen und Richtlinien, welche der Linienführung einen signifikanten, oft sogar den grössten Einfluss auf das Fahrverhalten zusprechen.

In der Schweiz wurden gemäss KATZENSTEIN [37] bereits während des zweiten Weltkrieges die ersten Strassenbau-Normalien entwickelt, die den Zusammenhang zwischen Strassenanlage und Geschwindigkeit berücksichtigen. Im Hinblick auf eine sichere Trassierung von Ausserortsstrassen bestanden unter anderem Vorgaben hinsichtlich der Elementfolgen in der horizontalen Linienführung, damit sich ein für den Fahrer stetiges Bild

des Fahrraums ergibt, aus dem wiederum ein angemessenes Fahrverhalten resultiert, sprich eine der örtlichen Situation angemessene Geschwindigkeit.

Diese Erkenntnisse zur Bedeutung der Linienführung der freien Strecke und ihrer Auswirkung auf das Fahrverhalten und die Sicherheit einer Strasse werden seither immer wieder bestätigt. In [34] hält DIETRICH fest, dass die Linienführung der Strasse die Führungslinie für den Fahrzeuglenkenden darstellt und zusammen mit dem Strassenumfeld das Fahrverhalten und die Sicherheit einer Strasse bestimmt. Diese Aussage wird durch SPACEK [2] mit der Formulierung «Linienführung der freien Strecke» präzisiert.

Die Bedeutung einer qualitativ hochwertigen Gestaltung der Linienführung zur Gewährleistung der Sicherheit der Verkehrsteilnehmenden wird in einer Vielzahl von Richtlinien und Studien hervorgehoben. Eine angemessene Linienführung fördert ein selbsterklärendes Erscheinungsbild der Strasse und eine gleichmässige Geschwindigkeit [38][39][42].

3.2.5 Die Bedeutung der Homogenität der horizontalen Linienführung zur Vermeidung gefährlicher Geschwindigkeitsschwankungen

In der nationalen und internationalen Literatur besteht Einigkeit darüber, dass auf Ausserortsstrecken (Landstrassen) insbesondere Inhomogenitäten in der horizontalen Linienführung und die daraus resultierenden Geschwindigkeitsschwankungen ein wesentliches Sicherheitsdefizit darstellen.

Bereits seit den 1980er und 1990er Jahren weisen zahlreiche Studien darauf hin, dass aus der Inkonsistenz der horizontalen Linienführung gefährliche Geschwindigkeitsänderungen resultieren, die zu Unfällen führen können. Erforderliche Geschwindigkeitsreduktionen aufgrund plötzlicher und/oder unerwarteter Änderungen der Linienführung sind eine der Hauptursachen für Unfälle auf ländlichen Strassen. Ein sicherer Strassenentwurf erfordert daher, dass die aufeinanderfolgenden Kurvenradien möglichst ähnlich gross sind, das heisst, sie in einem ausgewogenen Verhältnis zueinanderstehen.

In der Fachliteratur werden als Beispiele für Inkonsistenzen in der Linienführung häufig das plötzliche Auftreten entweder einer Kurve nach einer langen Geraden oder aber einer scharfen Kurve nach einer flachen Kurve genannt. Die Wahl und die Kombination der Elemente der horizontalen Linienführung werden übereinstimmend als wesentlich für die Verkehrssicherheit bezeichnet. Eine hohe Entwurfsqualität geht einher mit einer geringen Differenz zwischen dem grössten und dem kleinsten Kurvenradius auf einer Strecke. Daher wird empfohlen, Strassenentwürfe immer auch anhand der geometrischen Konsistenz respektive der Geschwindigkeitskonsistenz zu bewerten (vgl. [14][34][38][40] [41][43]).

Die französischen Richtlinien legen grossen Wert auf die Homogenität der Linienführung (vgl. SETRA [47]). Es werden Grundsätze in Bezug auf die Abfolgen der geometrischen Elemente in der horizontalen Linienführung beschrieben. Eine Kurve mit kleinem Radius nach einer Abfolge von grossen Radien wird als sicherheitstechnisch problematisch beurteilt, da der Benutzer eine gewisse Homogenität auf der Strecke erwartet.

Zwischen Variabilität der Geschwindigkeiten aufeinanderfolgender Elemente und der Unfallrate besteht unter anderem nach Mc FADDEN [44] ein Zusammenhang. Die erforderliche Entwurfskonsistenz erfordert demnach eine Fahrbahngeometrie, die nicht gegen die Erwartungen der Fahrzeuglenkenden verstösst.

Die Bedeutung der Konsistenz der horizontalen Linienführung wird auch im Road Safety Manual des Weltstrassenverbandes PIARC [11] unterstrichen. Die aus einer Vielzahl an Ländern eingeflossenen Erfahrungen bestätigen, dass sich Geschwindigkeitsschwankungen entlang einer Strasse direkt auf die Verkehrssicherheit auswirken. Je grösser und unvorhersehbarer diese Schwankungen sind, desto wahrscheinlicher sind Unfälle. Daher sollten hochwertige Strassen so gestaltet sein, dass Fahrzeuglenkende mit einer konstanten Geschwindigkeit fahren können, die ihren Bedürfnissen und Erwartungen entspricht. Andernfalls sind Fahrfehler vorprogrammiert. CVITANIC [16] stellt fest, dass die

Inkonsistenz der Trassierungselemente klar als häufigste Unfallursache darstellt. Die Konsistenz der Trassierungselemente wird als wichtigster Aspekt zur Gewährleistung eines homogenen Geschwindigkeitsverlaufs bezeichnet.

Die Planung im Sinne ausgewogener Verhältnisse der Trassierungselemente untereinander wird als Relationstrassierung bezeichnet, wie unter anderem aus [41] hervorgeht.

Neuere Studien untermauern diese Erkenntnisse. Eine Studie von PRATICO [17] konzentrierte sich auf den Einfluss der Liniendurchführung und der Straßenmerkmale auf das Fahrerverhalten und die Fahrgeschwindigkeit. Es wird als bekannt vorausgesetzt, dass die Fahrgeschwindigkeit auf zweispurigen Landstraßen von vielen Faktoren abhängt, die mit den Fahrern, den Fahrzeugen, der Strassenumgebung dem Radius der horizontalen Kurven, der Krümmungsänderungsrate, der Längsneigung, der Länge der horizontalen Kurven, dem Ablenkungswinkel, der Sichtweite, der Überhöhungsraten, dem seitlichen Reibungsfaktor und dem Belagszustand zusammenhängen. Die Studie zeigt unter anderem auf, dass die Klassierung 'Landstrasse' je nach Land unterschiedliche Merkmale aufweist und damit die länderspezifischen Anforderungen hinsichtlich Verkehrssicherheit nicht direkt vergleichbar sind. In den Schlussfolgerungen der Studie wird nebst Faktoren wie der Längsneigung oder Länge eines Strassenelements die horizontale Krümmung als einer der wichtigsten Faktoren hervorgehoben, die die Betriebsgeschwindigkeit auf einer Straße beeinflussen.

Die deutschen Richtlinien für die Anlage von Landstraßen RAL [35] heben hervor, dass es zur Gewährleistung sicherer Fahrverläufe von Bedeutung ist, sowohl die empfohlenen Elementbereiche als auch eine gute Radienrelation zu berücksichtigen.

Die Studie von BERGER [39] stellt fest, dass es sich bei den wesentlich prägenden Einflussgrößen auf die Verkehrssicherheit von Landstraßen, nebst Querschnittsbreite und fahrbahnnahem Umfeld, um Abweichungen von der Relationstrassierung handelt. Er hebt hervor, dass weniger die Unterschreitung von Trassierungsparametern bei Einzellementen als vielmehr unstimmige Elementfolgen zu einer Erhöhung des Unfallgeschehens beitragen.

Verschiedene Quellen belegen, dass mit zunehmender Geschwindigkeitsreduzierung vor oder in der Kurve die Wahrscheinlichkeit von Fehlern und Unfällen wie Auffahren, Schleudern oder das Abkommen von der Fahrbahn steigt. Das Risiko ist noch höher, wenn die Geschwindigkeitsreduzierung unerwartet oder ungewöhnlich ist, beispielsweise im Fall einer isolierten scharfen Kurve, vergleiche unter anderem [16][18][46][48].

Im Weiteren werden in der Literatur Kurvenradius, Kurvigkeitsgrad und Relationstrassierung als potenziell sicherheitsrelevante Elemente der horizontalen Trassierung im Lageplan bezeichnet. Kleine Kurvenradien werden als ein wesentlicher unfallbegünstigender Einfluss genannt. Die technischen Datenblätter des Weltstrassenverbandes PIARC [11] dokumentieren, dass auf Landstraßen die Unfallwahrscheinlichkeit im Allgemeinen mit abnehmenden Kurvenradien zunimmt. Demnach sei der Anstieg der Unfallhäufigkeit signifikant, wenn der Radius weniger als 400 m beträgt. Die französische CEREMA [42] weist ebenfalls auf die Bedeutung der Stetigkeit der Streckenführung hin, betont aber auch, dass auch kleine Radien sicher sind, wenn sie auf Kurvenradien ähnlicher Größe folgen. Der signifikante Einfluss steigender Kurvigkeitsgrad auf das Unfallrisiko wird von SCHÜLLER [46] beschrieben, mit Bezug auf Untersuchungen von TAYLOR [50] und DIETZE [49].

BAUMGARTNER [45] weist nach, dass sich das Spurverhalten in einer Kurve entlang einer inhomogenen Strecke vom Spurverhalten in einer Kurve entlang einer homogen trassierten Strecke unterscheidet. Eine inhomogen trassierte gestreckte Strecke führt eher zu ungünstigen Spurtypen wie „Korrigieren“ und „Ausholen“, welche hinsichtlich Verkehrssicherheit problematisch sind.

Die Schweizer Verkehrssicherheitsforschung belegt, unter anderem dokumentiert durch SCHÜLLER [46], dass ungestaltete Streckenverläufe, wie zum Beispiel schwer oder zu spät erkennbare Kurvenverläufe nach langen Geraden, für Unfälle in Kurvenbereichen mitverantwortlich sind.

In der Schweiz beschreibt der Begriff der «Homogenität» der Linienführung, dass Straßen keine abrupten, unerwarteten und somit gefährlichen Änderungen in der Linienführung aufweisen sollten, die zu gefährlichen Geschwindigkeitsschwankungen führen könnten (vgl. SPACEK [2]). Um ein angemessenes Geschwindigkeitsniveau bei gleichmässiger Geschwindigkeitsverteilung sicherzustellen, empfiehlt SPACEK [2] die Einhaltung spezifischer Bedingungen:

- «die Streckencharakteristik der Strasse soll homogen sein (keine abrupten unerwarteten Änderungen der Linienführung),
- der Fahrzeuglenker soll den Verlauf der Strasse rechtzeitig erkennen, überblicken und begreifen können.»

Diese Bedingungen ermöglichen es den Fahrzeuglenkenden, aufgrund des Erscheinungsbilds der Strasse (Linienführung und Querschnittsgestaltung) die Geschwindigkeit zu wählen, die ihrem Fahrkönnen, ihrer Fahrpraxis und dem Strassenzustand angemessen ist. Gemäss SPACEK [2] gehen die Richtlinien in den meisten Ländern von einem Zusammenhang zwischen der Grösse der Kurvenradien und der Geschwindigkeit aus, wobei unter allen weiteren Einflussfaktoren auf die Geschwindigkeit den Kurvenradien der dominierende Einfluss auf die Fahrgeschwindigkeiten zugesprochen wird.

3.3 Die Geschwindigkeit als Projektierungselement

3.3.1 Grundlegende Prinzipien

In vielen Ländern und entsprechenden Richtlinien dient die Geschwindigkeit als direkte oder indirekte Hilfsgrösse bei der Projektierung von Straßen, die nach fahrdynamischen Grundsätzen trassiert werden. Sie bilden in der Straßenprojektierung die Grundlage insbesondere für den Entwurf, die Entwurfskontrolle oder die Überprüfung der Linienführung von Straßen, und ferner für die Bemessung und Gestaltung weiterer Projektionsgrössen wie vertikalen Ausrundungen, Sichtweiten oder Elementen des Querschnitts.

Die international verwendeten Geschwindigkeitsbegriffe sind jedoch, trotz ähnlicher zugrundeliegender Prinzipien, nicht immer direkt miteinander vergleichbar, wie im nachfolgenden Berichtskapitel 3.3.2 erläutert.

Das Geschwindigkeitskonzept basiert in der Regel auf zwei wesentlichen Prinzipien:

- Zum einen wird ein angemessener Ausbaugrad für den Strassenzug gefordert, der durch zahlreiche Faktoren wie Leistungsfähigkeit, Straßen- und Geländekategorie sowie Wirtschaftlichkeit definiert wird.
- Zum anderen ist ein ausgewogenes Verhältnis der Elemente der Linienführung entscheidend, um homogene und vorhersehbare Fahrbedingungen zu gewährleisten.

Angemessener Ausbaugrad (Entwurfsstandard) für eine Strasse

Der Ausbaugrad einer Strasse wird durch eine Vielzahl von Faktoren bestimmt, unter anderem auf der Grundlage der Straßen- und Geländekategorie, der Leistungsfähigkeit oder der Wirtschaftlichkeit. Bei der Festlegung des Ausbaugrades sind daher Kosten-Nutzen-Abwägungen sowie die Berücksichtigung ökologischer und sozialer Auswirkungen wesentlich.

Zur Festlegung des Ausbaugrads (Entwurfsstandards) wird in der Regel eine Geschwindigkeit definiert:

- in der Schweiz als ‘Ausbaugeschwindigkeit’ bezeichnet;

- im Ausland weitgehend vergleichbar mit 'Entwurfsgeschwindigkeit' respektive 'Design speed'; in Deutschland seit einigen Jahren eng mit den Entwurfsklassen und der so-nannten Planungsgeschwindigkeit verbunden.

Wie aus der Literaturrecherche hervorgeht, wird auf Basis dieser Geschwindigkeit der Mindestradius der horizontalen Kurven bestimmt, und je nach Land werden weitere extreme Projektierungselemente (unter anderem die maximale Längsneigung) und/oder ein geeigneter Strassenquerschnitts ermittelt. Der für einen gewählten Ausbaugrad festgelegte Mindestradius spiegelt eine Geschwindigkeit wider, die auf dem Zusammenhang Geschwindigkeit und Radius gemäss der länderspezifischen Modellbedingungen beruht.

Strassenabschnitte mit Kurvenradien, die über dem Mindestradius liegen, lassen höhere Fahrgeschwindigkeiten zu. Die Fachliteratur unterstreicht einhellig, dass Trassierungen, die sich lediglich auf den Ausbaugrad stützen, zu stark variierenden Betriebsgeschwindigkeiten entlang eines Strassenzugs führen können. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn entweder keine maximalen Kurvenradien oder keine gesetzlichen Geschwindigkeitsbegrenzungen existieren. Eine Ausnahme besteht, wenn die Ausbaugeschwindigkeit der allgemeinen Höchstgeschwindigkeit gleichgesetzt wird, was bei einem hohen Ausbaugrad der Fall sein kann.

In der Schweiz wird in SPACEK [2] festgehalten: «Die Ausbaugeschwindigkeit als Entwurfsvorgabe genügt allein nicht, um die Linienführung (und damit den Verkehrsfluss auf der Strecke) stetig und homogen zu gestalten: Mit der gewählten V_A ('Ausbaugeschwindigkeit') wird für die horizontale Linienführung der minimale Kurvenradius (R_{min}) festgelegt, der auf dem ganzem Streckenzug nicht unterschritten werden soll. Wird beispielsweise eine Kurve mit R_{min} nach einem gestreckten Element (Gerade oder Kurve mit sehr grossem Radius) angeordnet, so würde eine Unstetigkeit in der Linienführung entstehen. Dies zeigt, dass für Entwurfszwecke noch weitere Begriffe und Kriterien nötig sind.».

Ausgewogenes Verhältnis der Elemente der Linienführung zueinander (Homogenität der Linienführung)

Die Literatur bestätigt eindeutig, dass Trassierungen, die lediglich auf dem Ausbaugrad basieren, in der Regel nicht den Anforderungen an eine konsistente und harmonische Linienführung genügen. Um potenzielle Schwankungen der Betriebsgeschwindigkeit zu minimieren, ist daher das zweite Schlüsselprinzip des Entwurfskonzepts erforderlich: ein ausgewogenes Verhältnis der Linienführungselemente zueinander.

Dieses Prinzip zielt darauf ab, eine konsistente und vorhersehbare Fahrumgebung zu schaffen, indem es sicherstellt, dass aufeinanderfolgende Elemente der Linienführung harmonisch aufeinander abgestimmt sind und so zu einer gleichmässigen Fahrweise beitragen.

Um den Entwurf möglichst nah an die Realität der Fahrt anzupassen, ist eine weitere Geschwindigkeit als Projektierungsgröße erforderlich [2] [52]:

- In der Schweiz liegt dem Entwurf und der Kontrolle der Linienführung daher ein Geschwindigkeitsmodell zugrunde, welches auf der sogenannten 'Projektierungsgeschwindigkeit V_P ' und auf spezifischen Festlegungen und Annahmen basiert.
- In anderen Ländern verfolgen die Modelle ähnliche Ansätze, wobei allerdings oft die prognostizierte oder gewünschte 'Betriebsgeschwindigkeit' als Grundlage dient.

Basierend auf diesen Modellen stellen Richtlinien den Anwendenden häufig Geschwindigkeitsdiagramme zur Verfügung, dies beispielsweise in Form von empfohlenen Radienverhältnissen, oder sie bieten die Möglichkeit, den Verlauf der Modellgeschwindigkeit in Funktion der Streckencharakteristik abzubilden.

3.3.2 Relevante Geschwindigkeitsbegriffe in der internationalen Literatur

Für eine sachgerechte Analyse der Literatur ist das Verständnis der länderspezifisch verwendeten Geschwindigkeitsbegriffe essenziell. Die Analyse der konsultierten Richtlinien und Fachpublikationen zum Forschungsthema hat gezeigt, dass leider keine Einheitlichkeit in der Bezeichnung und Verwendung der relevanten Geschwindigkeitsbegriffe besteht. Diese korrespondieren weitgehend mit den in der Schweiz definierten Begriffen 'Ausbaugeschwindigkeit' und 'Projektierungsgeschwindigkeit', können jedoch im Einzelfall auch deutlich von diesen abweichen. Die Geschwindigkeitsbegriffe weisen mitunter gleiche Namen bei unterschiedlicher Bedeutung auf, oder umgekehrt, unterschiedliche Namen bei gleicher Bedeutung.

Angesichts der festgestellten Vielfalt und der teilweise inkonsistenten Verwendung von Geschwindigkeitsbegriffen in der Fachliteratur, erfolgte eine Zusammenstellung der in der vor allem internationalen Literatur häufig verwendeten relevanten Begriffe. Diese Zusammenstellung ist inklusive Quellenangabe dem Anhang II zu entnehmen.

Der Bericht des Weltstrassenverbands PIARC 'State of the art in road design standards' aus dem Jahr 2022 liefert zudem eine gute Übersicht zu den gebräuchlichen Geschwindigkeitsbegriffen in ausgewählten Ländern (vgl. [52]).

Die Literatur zeigt ferner, nicht nur Namen und Bedeutung der Geschwindigkeitsbegriffe sind vielfältig und nicht immer direkt vergleichbar, es bestehen zudem Ungenauigkeiten oder Fehler bei der Interpretation oder Übersetzung aus anderen Quellen. Als Beispiel hierfür kann ein Auszug aus [16] dienen, der sich auf die Schweiz bezieht:

- "The difference in operating speed between homogeneous sections with flat curves and sections with sharper curves must be less than 5 km/h"
- "The design speed difference between two successive curves must never be greater than 20 km/h and, if possible, it should not exceed 10 km/h."

Sowohl 'operating speed' als auch 'design speed' sind hier falsch übersetzte Terme, es handelt sich hier weder um die 'Betriebsgeschwindigkeit' noch die 'Entwurfsgeschwindigkeit', sondern um Geschwindigkeitsdifferenzen, welche aus dem Verlauf der 'Projektierungsgeschwindigkeit' im Geschwindigkeitsdiagramm ersichtlich sind.

3.4 Bewertung der Homogenität der Linienführung

3.4.1 Vorbemerkung

Wie bereits erwähnt, werden zur Abbildung der Wechselwirkungen und Zusammenhänge zwischen Trassierungselementen und weiteren Grössen und der Fahrgeschwindigkeit vereinfachende Modelle genutzt, die auf wissenschaftlichen Erkenntnissen basieren. Diese Erkenntnisse werden häufig durch empirische Studien ermittelt oder aufgrund physikalischer Berechnungen nachgebildet, wobei auch eine Kombination aus beiden Vorgehensweisen Anwendung findet.

Der empirische Ansatz stützt sich auf beobachtete Verhaltensweisen im Verkehr. Sie nutzen statistische Methoden, um Muster in diesen Daten zu erkennen und Vorhersagen zu treffen.

Physikalische Modelle basieren auf den fundamentalen Gesetzen der Physik, wie den Bewegungsgleichungen und Erhaltungssätzen. Diese Modelle versuchen, die tatsächlichen physikalischen Prozesse zu simulieren, welche sie in der Regel mit den empirisch erhobenen Geschwindigkeiten vergleichen.

Anschliessend werden die Zusammenhänge in vereinfachter Form in technischen Richtlinien festgehalten.

Die folgenden Kapitel beschreiben die Ergebnisse aus der Literaturrecherche hinsichtlich der Modellgrundlagen sowie der Bewertungsmethoden respektive -kriterien, die aus Studien resultieren oder Richtlinien zur Bewertung der Homogenität der Linienführung zur Verfügung stehen. Dabei wird so tief in die Materie eingetaucht, wie es für die Entscheidungsfindung hinsichtlich der in der Forschungsarbeit gestellten Fragestellung erforderlich ist.

3.4.2 Modellgrundlagen

Die Literatur beschreibt eine Vielzahl von Modellen und Ansätzen, welche darauf zielen, diese die Fahrgeschwindigkeit auf Strassen in Funktion der Trassierungselemente vorherzusagen (vgl. beispielsweise [16][17][18][44]). Dabei steht die erwartete Betriebsgeschwindigkeit, im Sinne der 85. Perzentil-Geschwindigkeit (V85) ('operating speed') oder eine physikalische, meist als Projektierungsgeschwindigkeit bezeichnete Geschwindigkeit im Vordergrund.

Gemäss einer Studie von PRATICO [17] gehen grundsätzlich alle Modelle zur Vorhersage der Betriebsgeschwindigkeit V85 vom Zusammenhang zwischen horizontaler Linienführung und Geschwindigkeit aus, beschrieben im Laufe der vergangenen Jahrzehnte unter anderem in McLEAN [53], LAMM [54], KRAMMES [55], FITZPATRICK [56] oder MISAGHI [57].

Die Modelle basieren in der Regel auf der Grundlage der örtlichen Strassenbedingungen, wie Fahrbahn- und Schulterbreite, der Längsneigung, der horizontalen Kurvenradien und dem Zustand der Fahrbahn, entweder bei Trockenheit oder bei Nässe. Der Kurvenradius und die Krümmungsänderungsrate werden dabei häufig als die wichtigsten Elemente für die Bestimmung der Betriebsgeschwindigkeiten in einem Kurvenabschnitt angesehen. Es wird zudem festgestellt, dass es Modelle gibt, welche die Betriebsgeschwindigkeit nur in einer Tangente oder einer Kurve als Funktion der horizontalen Eigenschaften der einzelnen Elemente bestimmen, während andere eine Kombination aus horizontaler und vertikaler Linienführung betrachten.

In Mc FADDEN [44] wird ein Modell beschrieben, welches die Betriebsgeschwindigkeit V85 in horizontalen Kurven prognostiziert und mit der erwarteten Betriebsgeschwindigkeit V85 auf der Annäherungsgeraden vergleicht. Das Modell ermöglicht auf diese Weise, Stellen mit grossen Geschwindigkeitsschwankungen zwischen aufeinanderfolgenden Entwurfs-elementen zu identifizieren. Zusätzlich wurde in dieser Studie ein neuer Parameter für die Analyse der Entwurfskonsistenz untersucht, die sogenannte maximale Geschwindigkeits-reduzierung-V85 (85MSR). Dieser Parameter wird berechnet, indem das Geschwindigkeitsprofil jedes Fahrers von einer Annäherungstangente in eine horizontale Kurve verwendet wird. Es wurden Modelle entwickelt, die die 85MSR in Abhängigkeit von geometrischen Gestaltungselementen vorhersagen.

In der Studie von CVITANIC [16], die sich auf Methoden zur Gewährleistung der Konsistenz der Elemente des horizontalen Trassenverlaufs auf zweispurigen Ausserortsstrassen konzentriert, steht die Abschätzung der zu erwartenden Betriebsgeschwindigkeit auf diesen Strassen im Zentrum. Die Studie zeigt, dass die am häufigsten untersuchten Faktoren die physikalischen Eigenschaften der Strasse, die Wetterbedingungen und die Geschwindigkeitsbegrenzungen. Die Untersuchung ergab, dass die Radien von horizontalen Kurven die grösste Auswirkung auf die freie Fliessgeschwindigkeit von Personenwagen ausüben. Im Vergleich dazu haben die Steigung oder der Querschnitt einen deutlich geringeren Einfluss.

CVITANIC stellt in [16] ferner fest, dass die Vereinigten Staaten von Amerika bis zu diesem Zeitpunkt als einziges Land die international anerkannten Prinzipien zur Gewährleistung der Konsistenz zwischen verschiedenen Trassierungselementen nicht anwenden. Mit Bezug auf die AASHTO-Richtlinien 2001 [58] wird dargelegt, dass bei der Planung der Strassen sämtliche Elemente ausschliesslich gemäss einer vorgegebenen Entwurfs-geschwindigkeit konzipiert werden. CVITANIC [16] hebt ferner hervor, dass diese Praxis

das Unfallrisiko erhöhen kann, falls die tatsächliche Betriebsgeschwindigkeit signifikant über der Entwurfsgeschwindigkeit liegt.

RINGGENBERG [59] gibt in ihrer Arbeit ebenfalls an, dass die AASHTO-Richtlinien von 2001 [58] keine spezifischen Kriterien für eine stetige Trassierung von zweistufigen Landstrassen vorsehen, sie jedoch eine Beschränkung des Verhältnisses aufeinanderfolgender Radien R_1 und R_2 vorsehen, mit der Bedingung $R_1 < 1,5 R_2$. Ringgenberg erwähnt, dass neu ein 2007 nach LAMM [60] entwickeltes Geschwindigkeitsmodell für zweispurige Straßen zur Anwendung empfohlen wird.

LAMM [60] beschreibt eine Methodik zur Bewertung geplanter oder bestehender Linienführungen von Landstrassen in Bezug auf deren erwartenden Auswirkung auf die Verkehrssicherheit. Die Methodik unterstützt die Fachleute sowohl im Entwurfsprozess, im Betrieb als auch in der Verkehrssicherheitsarbeit und -forschung. Die Methodik umfasst drei Kriterien: die Entwurfskonsistenz, die Konsistenz der Betriebsgeschwindigkeit sowie die Konsistenz der Fahrdynamik in Kurven.

- Entwurfskonsistenz: Dieser Aspekt bewertet für neue Straßen die Differenz zwischen der Entwurfsgeschwindigkeit und der tatsächlichen Betriebsgeschwindigkeit V85. Ziel ist es, dass die Entwurfsgeschwindigkeit über längere Streckenabschnitte konstant bleibt und eng mit dem tatsächlichen Fahrverhalten übereinstimmt. Dadurch soll eine hohe Übereinstimmung zwischen dem, was Fahrer erwarten und dem, was sie tatsächlich erleben, sichergestellt werden. Die Autoren definieren drei Klassen hinsichtlich der Qualität des Entwurfs: gut, fair und schlecht, jeweils charakterisiert durch nicht zu überschreitende Geschwindigkeitsdifferenzen.
- Konsistenz der Betriebsgeschwindigkeit: Dieser Aspekt basiert auf einem Konzept, in welchem die Geschwindigkeitsunterschiede zwischen aufeinanderfolgenden Entwurfs-elementen (Kurven und Geraden) gut ausbalanciert sind. Ziel ist es, abrupte Geschwindigkeitsänderungen zwischen den Entwurfselementen zu vermeiden, um die Fahrer nicht zu überraschen und die Kontrolle zu erleichtern. Dieses Kriterium bewertet die Geschwindigkeitsdifferenz zwischen den Betriebsgeschwindigkeiten V85 aufeinander-folgender Entwurfselemente. Ähnlich wie bei der Entwurfskonsistenz werden drei Geschwindigkeitsdifferenzklassen bereitgestellt, die einen guten, fairen und schlechten Entwurf definieren.
- Fahrdynamik in Kurven: Dieses Kriterium befasst sich mit den dynamischen Aspekten des Fahrens, insbesondere beim Durchfahren von Kurven. Es vergleicht die für den Kurvenradius angenommene Seitenreibung mit der tatsächlich erforderlichen Seitenreibung, die notwendig ist, um das Fahrzeug bei der Betriebsgeschwindigkeit V85 sicher durch die Kurve zu führen. Das Kriterium zielt darauf ab, sicherzustellen, dass die Kurven so gestaltet sind, dass sie den natürlichen Fahrbedingungen entsprechen und die Fahrer nicht zu riskantem Fahrverhalten verleiten. Dieser Aspekt wird als wichtig hervorgehoben, da die zuvor genannten Kriterien diese Bedingung nicht enthalten. Wie bei den anderen Kriterien gibt es auch hier drei Bewertungsbereiche, die gute, akzeptabel und schlechte Entwürfe definieren.

Im Weiteren beschreibt die Literatur Ergebnisse aus Studien, die sich nebst Einbezug der gesamten Linienführung speziell mit den Bedingungen vor einem horizontalen Element beschäftigten, um das Fahrerverhalten und die Betriebsgeschwindigkeit in einem aktuellen horizontalen Element besser einschätzen zu können.

Die Studien von PERCO [61] und HU [62] führten zum Ergebnis, dass größere Radien und längere Annäherungstangenten zu einer Anpassung der Geschwindigkeiten durch die Fahrzeuglenkenden führen, was die Komplexität der Faktoren, die die Betriebsgeschwindigkeit beeinflussen, verdeutlicht. Demnach bremsen Fahrzeuglenkende bei der Annäherung an horizontale Kurven mit größeren Radien weniger stark, bei einer Zunahme der Länge der Annäherungstangente hingegen führt zu einer verstärkten Abbremsung der Fahrzeuglenkenden bei der Annäherung an horizontale Kurven. Ein möglicher Grund wird darin vermutet, dass lange Annäherungstangenten den Fahrern erlauben, höhere Ge-schwindigkeiten zu erreichen.

Es wurde ferner erkannt, dass eine Zunahme der Länge der horizontalen Kurve zu höheren Beschleunigungswerten führt, was erhöhte Geschwindigkeiten nach sich zieht. In Bezug auf die Annäherungstangenten stellten die Forscher fest, dass längere Annäherungstangenten den Fahrzeuglenkenden somit mehr Raum geben, um die gewünschte Geschwindigkeit zu erreichen. Obwohl vorherige und kommende geometrische Merkmale für die genaue Analyse in einem bestimmten Abschnitt wesentlich sein können, überwiegt aus statistischer Sicht der Einfluss der geometrischen Merkmale des aktuellen Elements gegenüber dem Einfluss der vorherigen und folgenden Elemente.

Von PRATICO [17] wurde ein Betriebsgeschwindigkeitsmodell für zweistufige Landstrassen entwickelt, in welchem explizit die geometrischen Merkmale der Linienführung und die Längen der vorhergehenden, aktuellen und vorausliegenden Elemente und der Einfluss von Zufahrten entlang der Strasse untersucht wurde. Diese Studie konzentrierte sich insbesondere auf Strassen mit geringem Verkehrsaufkommen und Strassen in bergigem Gelände.

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass von den untersuchten Faktoren die horizontale Krümmung, die Längsneigung und die Länge eines Strassenelements die Hauptfaktoren sind, die die Betriebsgeschwindigkeit beeinflussen (siehe Abb. 6).

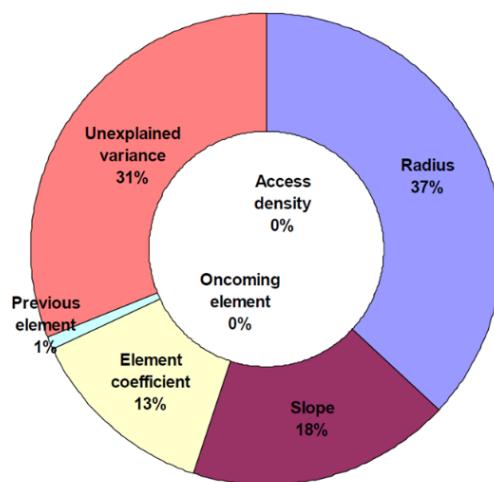


Abb. 6 Faktoren, welche V85 auf Strassen mit geringem Verkehrsaufkommen und Strassen in bergigem Gelände beeinflussen [17].

Verschiedene Modelle, die zur Vorhersage der Betriebsgeschwindigkeit die geometrischen Merkmale und den Einfluss von Zufahrten berücksichtigen, werden in [63] dokumentiert. Die Ergebnisse zeigen, dass die freie Fließgeschwindigkeit in Kurven $R < 500$ m hauptsächlich von der Strassenkrümmung und der Annäherungsgeschwindigkeit, das heißt von der Geschwindigkeit, mit der sich ein Fahrzeug einer Kurve nähert, beeinflusst wird. Insbesondere wird festgestellt, dass bei gleichen Werten des Kurvenradius die 85. Perzentil-Geschwindigkeit in der Kurve, in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit, mit der sich die Fahrzeuglenkende der Kurve nähern, erheblich variiert. So liegt beispielsweise für einen Radius von 120 m je nach Annäherungsgeschwindigkeit von 60 km/h bis 100 km/h die 85. Perzentil-Geschwindigkeit zwischen 50 km/h und mehr als 80 km/h.

Aus FSV [21] geht hervor, dass in den österreichischen Richtlinien für den Entwurf der Linienführung unter anderem die Geschwindigkeitsbegriffe Entwurfsgeschwindigkeit V_E und Projektierungsgeschwindigkeit V_P herangezogen werden. Die Projektierungsgeschwindigkeit V_P wird durch Faktoren wie Radius, Neigung, Geradenlänge und das vorgeschriebene Tempolimit bestimmt. Sie entspricht ungefähr der Geschwindigkeit, die von 85 % der freifahrenden Personenwagen nicht überschritten wird (V85). Diese Geschwindigkeit wird unter Bedingungen wie nasser, sauberer Fahrbahn bestimmt und überschreitet nicht die Höchstgeschwindigkeit. In diesem Bericht wird zudem diskutiert, welche Vorteile mit einer Reduktion der Höchstgeschwindigkeit auf Landstrassen von 100 km/h auf 80 km/h verbunden wären: «Mit generellem Tempo 80 wird die Wahl der

angepassten Geschwindigkeit erleichtert. Das generelle Tempolimit – gegenwärtig eben 100 km/h – hat einen grossen Einfluss auf die gewählte Geschwindigkeit. Es suggeriert unbewusst, dass man diese Geschwindigkeit immer fahren kann „außer es geht gar nicht“.

In der Schweiz beruht das bestehende Trassierungsmodell für den Entwurf und die Bewertung der horizontalen Linienführung auf einem physikalischen Ansatz. In SPACEK [2] heisst es dazu (Zitat): «Festgelegt wird ein Zusammenhang zwischen einem theoretischen Geschwindigkeitsbegriff und den bestimmenden Entwurfsparametern. Diese Festlegungen basieren auf definierten Bedingungen (z.B. Reibungsvermögen auf nasser Fahrbahn). Damit wird dem Fahrzeuglenker eine ausreichende Sicherheit angeboten, wenn er seine Geschwindigkeit im Rahmen des festgelegten Modells wählt». Als Begründung für die Wahl des physikalischen Ansatzes führt SPACEK [2] die Nachteile des empirischen Ansatzes an. Diese umfassen die Anfälligkeit für Trends der steigenden Geschwindigkeiten und das Einbeziehen von Fehlverhalten wie überhöhte Geschwindigkeiten. Er weist darauf hin, dass die Berücksichtigung dieser höheren Geschwindigkeiten in Normen und Richtlinien zu einer zunehmenden Diskrepanz im Ausbaugrad zwischen dem grossen Teil des bestehenden Strassennetzes und dem nach neuen Normen gebauten Netz führen kann.

Bei dem oben erwähnten theoretischen Geschwindigkeitsbegriff handelt es sich um die in der hier behandelten Norm VSS-40080b [1] definierte ‘Projektierungsgeschwindigkeit V_p ’ welche eine Grundlage des erwähnten Geschwindigkeitsmodells ist. Bei den Berechnungen der Projektierungsgeschwindigkeit V_p in Kurven wird vom Griffigkeitshintergrund auf schweizerischen Strassen ausgegangen. Das Geschwindigkeitsmodell bildet den theoretischen Verlauf der Projektierungsgeschwindigkeit als Folge der Trassierung ab. Das Geschwindigkeitsmodell mit seiner Umsetzung in einem Geschwindigkeitsdiagramm bildet somit die Grundlage zur Bewertung der Homogenität der Linienführung, wobei darauf hinzuweisen ist, dass $V_p = f(\text{horizontalen Krümmungsverhältnisse})$ nicht zu verwechseln ist mit der «isolierten» Betrachtung des Funktionszusammenhangs $V_p = f(R)$.

In Italien wird ähnlich wie in der Schweiz der physikalische Ansatz wird zur Bewertung der Homogenität der Linienführung verfolgt, wobei nach RINGGENBERG [59] zwei Methoden Anwendung finden. Demnach handelt es sich zum einen um den offiziellen Ansatz von 2001 [66] und um den akademischen Ansatz von 2008, welcher in [63] Erwähnung findet. Der akademische Ansatz stützt sich auf ein Geschwindigkeitsdiagramm, wobei die Modellgrundlagen weitgehend mit denen in der Schweiz übereinstimmen. Den aktuellen polnischen Richtlinien [64] ist zu entnehmen, dass der Zusammenhang Geschwindigkeit und Kurvenradius ebenfalls auf dem physikalischen Ansatz beruht.

3.4.3 Bewertungskriterien und Hilfsmittel für die Anwendung

Der Entwurf einer homogenen Linienführung respektive deren Bewertung stützt sich grundsätzlich auf der Beziehung zwischen Geschwindigkeit und Streckencharakteristik, aus der die Einhaltung maximal zulässiger Geschwindigkeitsdifferenzen resultiert.

Hinsichtlich der Interpretation von «Geschwindigkeitsdifferenz» zeigt die Literaturoauswertung allerdings deutliche Unterschiede, die es bei deren Interpretation oder bei Vergleichen zwischen verschiedenen Ländern zu berücksichtigen gilt:

- Bestimmung der Geschwindigkeitsdifferenz zwischen aufeinanderfolgenden Strassen-elementen (ΔV_{85} oder ΔV_p oder anderer) auf Basis von Geschwindigkeitsmodellen, die üblichste Vorgehensweise.
- Bestimmung der vorhandenen Geschwindigkeitsdifferenz zwischen Entwurfsgeschwindigkeit und Betriebsgeschwindigkeit V_{85} , nicht vergleichbar mit dem zuvor genannten Ansatz.
- Bestimmung der Geschwindigkeitsdifferenz zwischen aufeinanderfolgenden Strassen-elementen (ΔV_{85} , ΔV_p oder andere) durch einfache Subtraktion der beispielsweise berechneten V_{85} -Werte in Geraden und Kreisbogenradien. In TRB [63] wird betont, dass die einfache Subtraktion von Betriebsgeschwindigkeiten, zum Beispiel zwischen V_{85} der Annäherungstangente und V_{85} in der Mitte der Kurve, ganz klar zu vermeiden

ist, da sie die realen Werte der Geschwindigkeitsdifferenz unterschätzt. Es werden dringend Methoden empfohlen, welche berücksichtigen, wo die Fahrzeuglenkenden die Höchstgeschwindigkeit auf der Annäherungstangente und wo die Mindestgeschwindigkeit in der Kurve erreichen.

In der Straßenprojektierung wird mit grosser Übereinstimmung der erstgenannte Ansatz empfohlen respektive auch umgesetzt. Zur Umsetzung und Anwendung in der Praxis bestehen wiederum länderspezifische Herangehensweisen beziehungsweise Hilfsmittel, darunter:

- Formeln:
 - Den Anwendenden werden Formeln oder Berechnungsprogramme zur Verfügung gestellt, um beispielsweise die erwartete Betriebsgeschwindigkeit in Geraden und Kurven zu berechnen.
- Diagramme:
 - Diagramme mit Grenzwerten für Radien- oder weiteren Elementfolgen: Die Diagramme zeigen die Entwurfsqualität möglicher Kurvenradienfolgen.
 - Geschwindigkeitsdiagramme: Die Umsetzung und Visualisierung des theoretischen Geschwindigkeitsverlaufs in Funktion der Radienverhältnisse respektive der Streckencharakteristik.

Stark vereinfacht gesagt, die Regeln für den Relationenentwurf lassen sich sowohl in Form von Radienverhältnissen (basierend auf Geschwindigkeitsmodellen/-differenzen) als auch in Form von Geschwindigkeitsdiagrammen (basierend ebenfalls auf Geschwindigkeitsmodellen/-differenzen resp. Radienverhältnissen) ausdrücken.

Geschwindigkeitsdifferenzen

PIARC [11] empfiehlt, die in Abb. 7 angegebenen Geschwindigkeitsdifferenzen für Personenwagen nicht zu überschreiten. Die Angaben zu ΔV_{85} basieren gemäss Angabe auf LAMM, MAILAENDER; PSORIANOS [70], die Angaben zu ΔV_{99} gehen auf spanische Richtlinien zurück (keine präzisieren Angaben verfügbar).

Table HA-2 Design quality – Speed differentials			
LAMM ET AL 1999		SPAIN	
SPEED DIFFÉRENTIAL ΔV_{85} (km/h)	DESIGN QUALITY	SPEED DIFFÉRENTIAL ΔV_{99} (km/h)	DESIGN QUALITY
< 10	Good	< 15	Good
10 - 20	Acceptable	15 - 30	Fair
> 20	Poor	30 - 45	Poor
		> 45	Dangerous

Abb. 7 Entwurfsqualität und Geschwindigkeitsdifferenzen, gemäss [11]

Laut LAMM [60] werden, wie bereits erwähnt, die in den USA herangezogenen Bewertungskriterien entsprechend der drei genannten Sicherheitskriterien in drei Gruppen gegliedert. Für das Sicherheitskriterium 2 'Konsistenz der Betriebsgeschwindigkeit V85', welches die Abstimmung der Elemente der horizontalen Linienführung untereinander betrifft, werden maximale Geschwindigkeitsdifferenzen je nach Entwurfsklasse vorgegeben (vgl. Abb. 8).

Design	Symbol	Classification	
		Speed difference [km/h]	Design (CCR_s)-class [gon/km]
Good	+	$ V_{85_i} - V_{85_{i+1}} \leq 10$	$ ICCR_{Si} - CCR_{Si+1} \leq 180$
Fair	O	$10 < V_{85_i} - V_{85_{i+1}} \leq 20$	$180 < ICCR_{Si} - CCR_{Si+1} \leq 360$
Poor	-	$ V_{85_i} - V_{85_{i+1}} > 20$	$ ICCR_{Si} - CCR_{Si+1} > 360$

Abb. 8 Sicherheitskriterium 2 'Konsistenz V85': Geschwindigkeitsdifferenzen nach Entwurfsklasse (CCR_s =Krümmungsänderungsrate) (USA) aus [59] nach [60]

Diagramme mit Grenzwerten für Radien- oder weiteren Elementfolgen

Die von deutschen Forschern in den frühen siebziger Jahren entwickelten Diagramme, auch bekannt als «Radientulpen», bilden bis heute eine Grundlage für die Anwender, um horizontale Trassenverläufe so zu wählen, dass Geschwindigkeitsschwankungen entlang einer Strecke vermieden werden.

Aus BERGER [39] und LIPPOLD [71] geht hervor, dass durch [43] eine Überprüfung der in der deutschen Richtlinie für die Anlage von Landstrassen RAS-L von 1984 enthaltenen Grenzwerte für Radienfolgen und weiterer Elementfolgen erfolgte. Diese Überprüfung führte zum einen zu einer Neufassung der Radientulpe sowie zum anderen zu Empfehlungen für das Verhältnis für den Anschluss von Kurvenradien an Geraden.

Die entsprechenden Diagramme sind Bestandteil der aktuellen Richtlinie für Landstrassen RAL 2012 und in Abb. 9 ersichtlich.

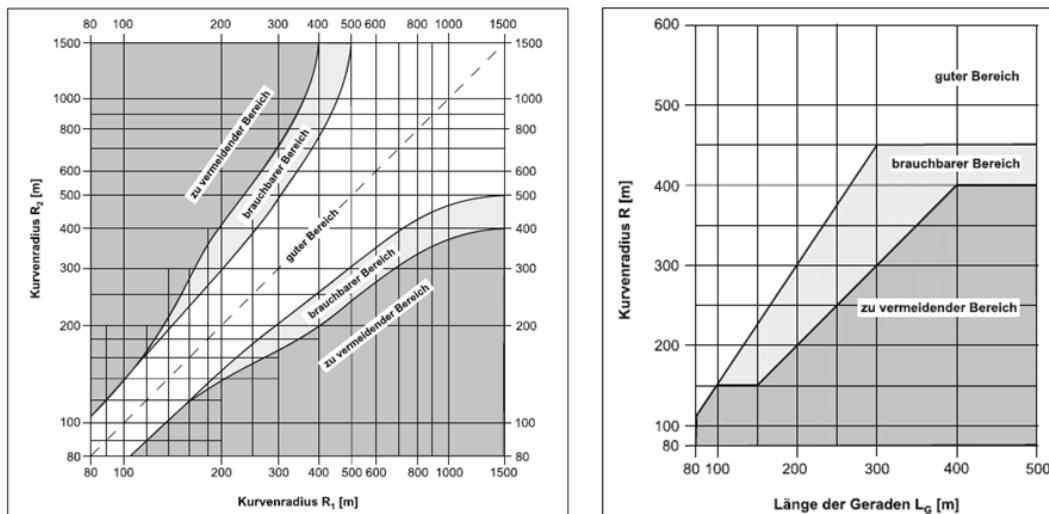


Abb. 9 Zulässige Verhältnisse aufeinanderfolgender Radien (links) und Zulässige Mindestradien im Anschluss an Geraden [35]

Die Einteilung und Bewertung der Grenzwerte erfolgt in die Bereiche „gut“, „brauchbar“ und „zu vermeiden“. Die Grundlage dazu bildet die dreistufige Klassifizierung von Geschwindigkeitsdifferenzen der V85 in aufeinanderfolgenden Elementen sowie die Ausgangsgeschwindigkeit. In Deutschland sollen die Verhältnisse in jeder Entwurfsklasse EKL mindestens im brauchbaren Bereich liegen, für Straßen der EKL 1 bis EKL 3 wird der gute Bereich empfohlen.

Die Richtlinien weiterer Länder verwenden ebenfalls ähnliche Diagramme, angepasst auf die jeweils länderspezifischen Gegebenheiten.

Der Studie von RINGGENBERG [59] lässt sich entnehmen, dass nach [19] beispielsweise die Richtlinien in Portugal und Kanada ähnliche Radientulpen verwenden.

Die in Portugal verwendete Radientulpe (vgl. Abb. 10 links) ist demnach im Vergleich zu ihrem deutschen Pendant bei grösseren Radien etwas enger gefasst. Grundlage der Radientulpe ist laut [59] eine Begrenzung der Geschwindigkeitsdifferenzen zwischen zwei aufeinanderfolgenden Streckenabschnitten auf 10 km/h. Im Vergleich zur deutschen und zur portugiesischen zeigt die kanadische Radientulpe sowohl bei den kleinen als auch bei den grossen Radien eine deutlich weitere Fächerung (vgl. Abb. 10 rechts).

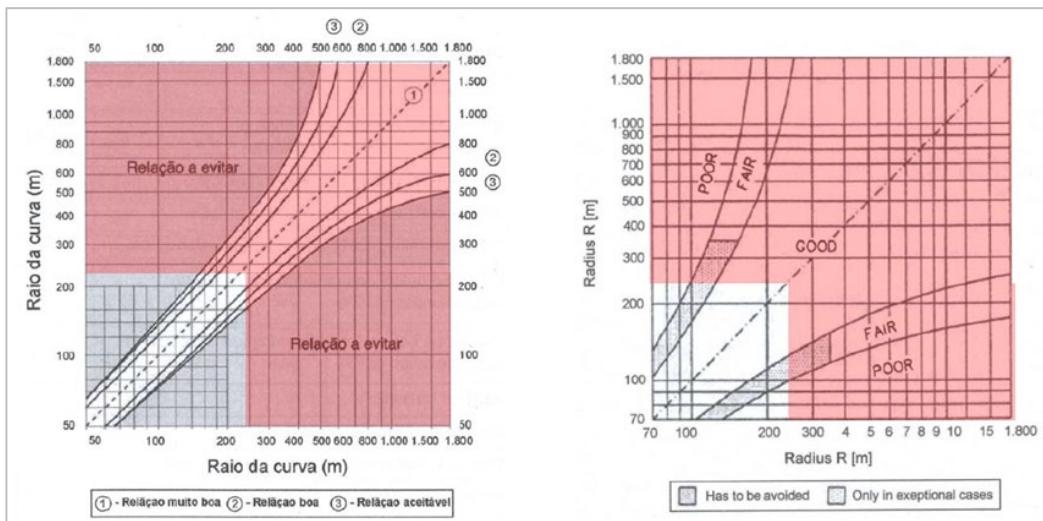


Abb. 10 Radientulpen in Portugal (links) und Kanada (rechts), aus [59] nach [19]

Aus den italienischen Richtlinien [66] ist zu entnehmen, dass diese beim Entwurf der horizontalen Linienführung vorsieht, die Radien R_1 und R_2 zweier Kurven, die sich mit einer Übergangskurve aneinanderreihen und Landstrassen definierter Kategorien betreffen, gemäss Diagramm Abb. 11 aufeinander abzustimmen.

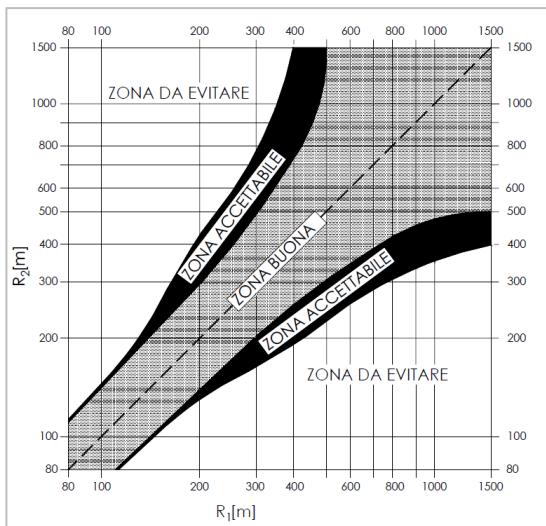


Abb. 11 Radientulpe Italien, aus [66].

Für Landstrassen höheren Ausbaugrads wird gefordert, dass dieses Verhältnis im guten Bereich liegt, während für andere Strassentypen auch der akzeptable Bereich zulässig ist. Zwischen einer Geraden mit der Länge L_r und dem kleineren der beiden Radien der mit der Geraden verbundenen Kurven, auch mit einer Zwischenkurve variabler Krümmung, muss die Beziehung $R > L_r$ für $L_r < 300$ m respektive $R \geq 400$ m für $L_r \geq 300$ m beachtet werden.

Diagramme für den theoretischen Geschwindigkeitsverlauf

In den italienischen Richtlinien [66] wird ergänzend zur Anwendung der Radientulpe, zur Kontrolle des Entwurfs respektive der Überprüfung der Homogenität der Linienführung, die Erstellung eines Geschwindigkeitsdiagramms gefordert, welches die grafische Darstellung des Verlaufs der als Projektierungsgeschwindigkeit bezeichneten Geschwindigkeit in Abhängigkeit des horizontalen Straßenverlaufs zeigt. Die folgende Abb. 12 zeigt das in der italienischen Richtlinie beschriebene schrittweise Vorgehen zur Erstellung und Auswertung eines Geschwindigkeitsdiagramms, am Beispiel des Strassentyps Autostrada, extraurban, strada principale, beginnend mit dem Krümmungsband bis hin zur Auswertung.

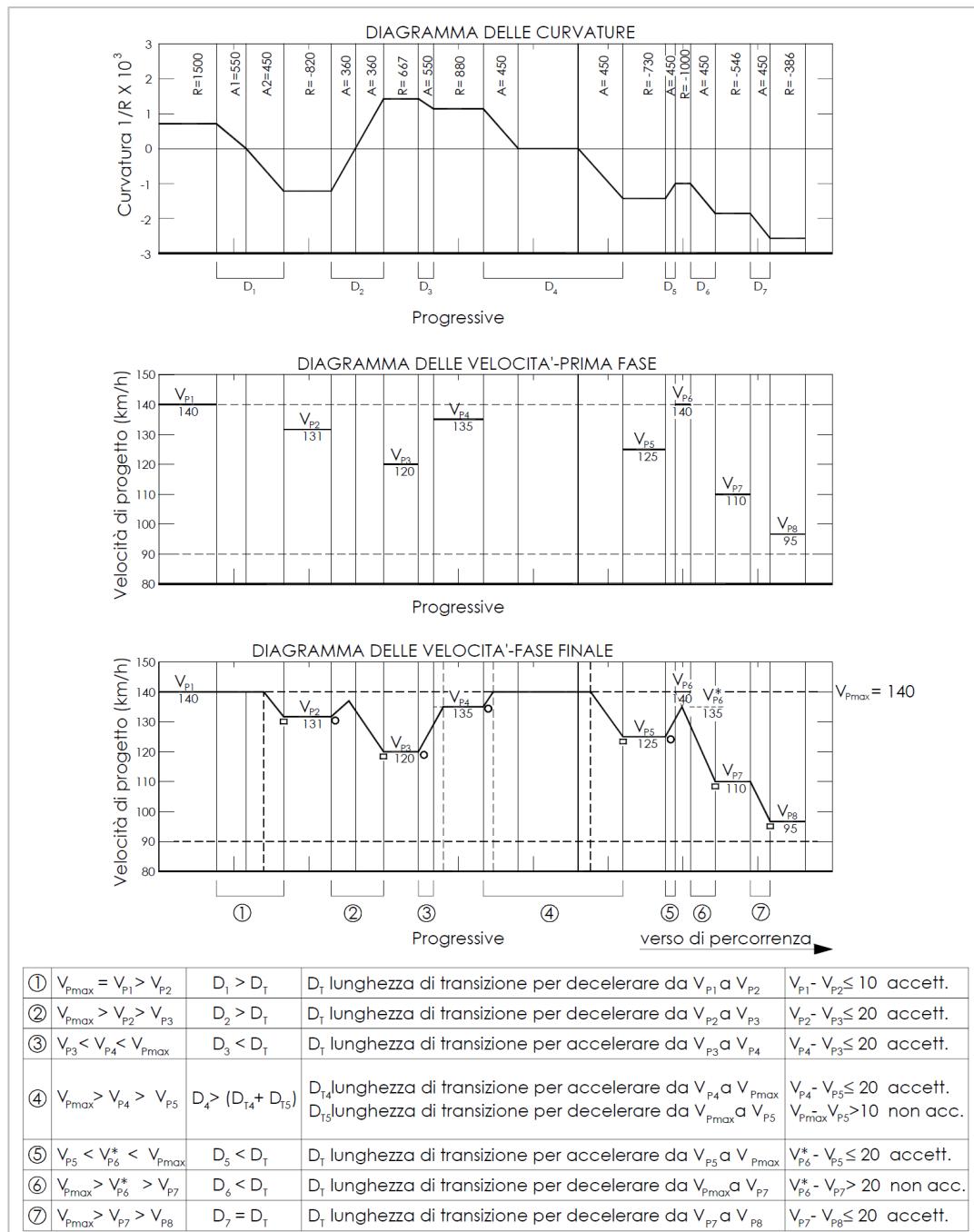


Abb. 12 Geschwindigkeitsdiagramm Italien [66].

Die italienische Richtlinie [66] gibt an, dass zunächst die Bedingungen für die sogenannten Übergangsstrecken D_T erfüllt sein müssen, vergleichbar mit den Bedingungen in der Schweizer Norm. In der Folge muss zur Überprüfung der Homogenität der Linienführung das Diagramm in beide Fahrtrichtungen ausgewertet werden, was ebenfalls mit dem Vorgehen in der Schweiz identisch ist. Bei der Auswertung sind folgende Bedingungen zu beachten:

- Strassentyp mit $V_{Pmax} \geq 100$ km/h (betrifft Beispiel aus der Richtlinie Abb. 12)
 - Im gezeigten Diagramm sind die Bedingungen für $V_{Pmax} \geq 100$ km/h heranzuziehen: beim Übergang von Abschnitten mit V_{Pmax} zu Kurven mit niedrigerer Geschwindigkeit darf der Geschwindigkeitsunterschied 10 km/h nicht überschreiten. Der Unterschied

zwischen zwei aufeinanderfolgenden Kurven soll laut italienischer Richtlinie vorzugsweise nicht mehr als 15 km/h betragen, 20 km/h dürfen nie überschritten werden.

- Strassentyp mit $V_{P\max} \leq 80$ km/h
 - Für Strassentypen mit $V_{P\max} \leq 80$ km/h darf beim Übergang von Abschnitten mit $V_{P\max}$ zu Kurven mit niedrigerer Geschwindigkeit der Geschwindigkeitsunterschied 5 km/h nicht überschreiten.
- Der Unterschied zwischen zwei aufeinanderfolgenden Kurven soll laut italienischer Richtlinie vorzugsweise nicht mehr als 10 km/h betragen, und 20 km/h dürfen nie überschritten werden.
- $V_{P\max}$ entspricht dabei, anders als in der Schweiz, nicht der geltenden Höchstgeschwindigkeit (allgemein/signalisiert), sondern der Obergrenze eines festgelegten Bereichs je Strassentyp, Bedeutung und Lage.

Zudem müssen die Projektierungsgeschwindigkeiten nach italienischer Richtlinie innerhalb festgelegter Grenzen liegen. Die Grenzen sind abhängig vom Strassentyp und weiteren Bedingungen. Im oben abgebildeten Fall erstreckt sich der Bereich von 90 – 140 km/h, wie im Diagramm und in den Richtlinien (vgl. Abb. 13) angegeben ist.

		AMBITO TERRITORIALE	LIMITE DI VELOCITA'	Numero delle corsie per senso di marcia	Intervallo di velocità di progetto	
TIPI SECONDO IL CODICE					Limite inferiore (km/ora)	Limite superiore (km/ora)
1	2	3	4	5	6	7
AUTOSTRADA	A	EXTRAURBANO	strada principale	130	2 o più	90 140
			evenutale strada di servizio	90	1 o più	40 100

Abb. 13 Bereiche, innerhalb welcher sich die Projektierungsgeschwindigkeit bewegen muss, Auszug aus [66].

Für die Anwendung in der Praxis wird in PIARC [11] ein «Speed differentials»-Calculator zur Verfügung gestellt, basierend auf den Grundlagen von [70]. Der Rechner beinhaltet ferner eine Visualisierung der Ergebnisse, indem das Geschwindigkeitsprofil der Strecke in einem Diagramm abgebildet wird und die entstehenden Geschwindigkeitsdifferenzen bewertet werden (vgl. Abb. 14).

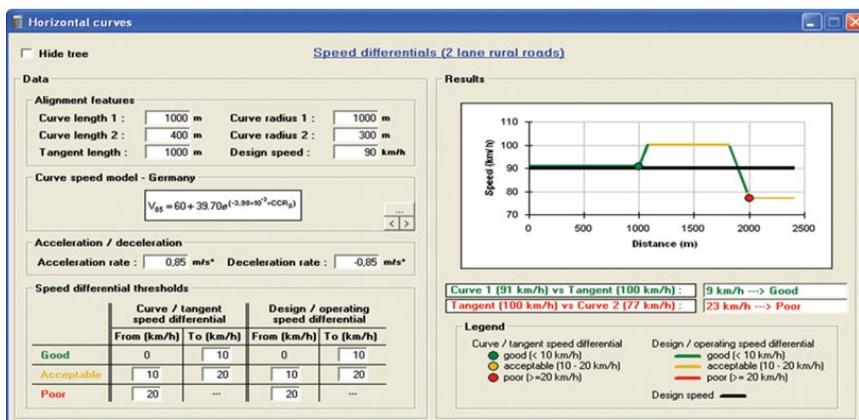


Abb. 14 "Operating speed differentials-Calculator" [11]

RINGGENBERG [59] stellt ferner fest, dass in den USA das Vorhandensein von Geraden zwischen zwei Kurven berücksichtigt wird, wobei für Beschleunigung und Verzögerung

$a = 0.85 \text{ m/s}^2$ angenommen wird, was nahezu dem Wert im Schweizer Geschwindigkeitsmodell $a = 0.80 \text{ m/s}^2$ entspricht und ebenfalls ein Verzögern ohne Betätigung der Bremsen impliziert. Ein Kriterium, welches die Erkennungsdistanz berücksichtigt, wird nicht genannt.

In MATTER [68] wird ein Softwareprogramm vorgestellt, genannt Highway Speed Profile and Consistency HSPC, welches auf zweispurige Landstrassen und auf Straßen in bergigem Gelände anwendbar ist. Das Programm liefert Geschwindigkeitsprofile, die es ermöglichen sowohl die Geschwindigkeitsschwankungen entlang einer Strecke zu beurteilen.

Das Programm erfordert Eingaben zur horizontalen Linienführung (Radien und Länge der Kurven sowie die Länge der Tangenten) sowie zur vertikalen Linienführung (Steigung und deren Länge). Die Ausgabe des HSPC umfasst ein Diagramm der Geschwindigkeitsprofile von Personenwagen und Lastwagen sowie deren berechnete durchschnittliche Betriebsgeschwindigkeit, die Standardabweichung der Betriebsgeschwindigkeiten und drei Arten von normierten Bereichen zur Beurteilung der Entwurfsqualität (gut/akzeptabel/schlecht). Ein beispielhaftes Geschwindigkeitsprofil und die Schwellenwerte zur Unterscheidung zwischen guter, akzeptabler und schlechter Entwurfskonsistenz sind aus der folgenden Abbildung Abb. 15 ersichtlich.

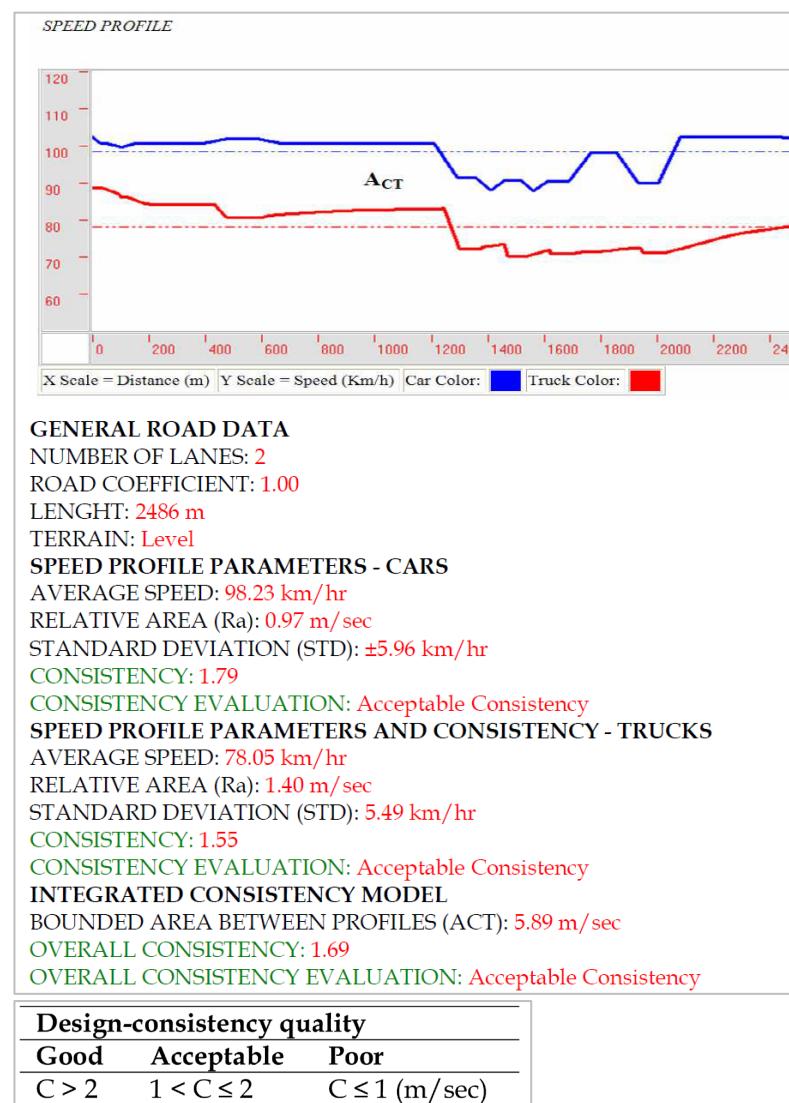


Abb. 15 Ergebnis aus dem HSPC-Programm: Geschwindigkeitsprofil einer zweispurigen Strasse und darunter Schwellenwerte zur Bestimmung der Entwurfskonsistenz [68]

Die Literatur werden weitere Geschwindigkeitsdiagramme und 'Speed Profile Diagramms' beschrieben, die hinsichtlich Berücksichtigung verschiedener Einflussgrössen auf den theoretischen Geschwindigkeitsverlauf weniger mit dem in der Schweiz vergleichbar sind.

Ein Beispiel ist das in Abb. 16 abgebildete «Geschwindigkeitsdiagramm» der AGK [69], in welchem der Verlauf der in Österreich definierten Projektierungsgeschwindigkeit V_p in Form eines Treppenpolygons angezeigt wird. In der Beschreibung zu dieser Abbildung wird auf der Webseite darauf hingewiesen, dass Beschleunigungen und Verzögerungen bei der Berechnung nicht berücksichtigt werden.

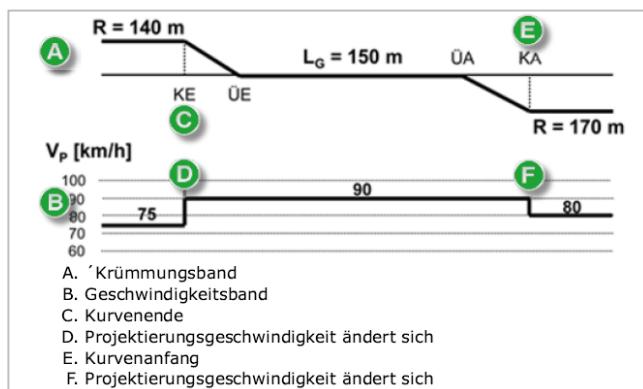


Abb. 16 «Treppenpolygon und Kurvenband» Praxisbeispiel Österreich aus [69]

Formeln und Radienverhältnisse

Im Rahmen eines fachlichen Austausches mit HOLLAND [105] wird deutlich, dass die aktuellen Richtlinien in Frankreich keine Verwendung von Diagrammen, wie Radientulpen oder Geschwindigkeitsdiagramme, vorsehen. Es wird die Vermutung geäussert, dass dies möglicherweise einer französischen Denkweise entspricht, die den Einsatz von Formeln bevorzugt. Holland stellt fest, dass diese Praxis jedoch für die Planenden herausfordernd ist und oft zu Nachfragen bezüglich der korrekten Anwendung führt.

Aus dem Austausch ging ebenfalls hervor, dass, ähnlich wie in anderen Ländern, Anforderungen an die Abfolge der Linienführungselemente bestehen, insbesondere in Bezug auf die Länge der geraden Abschnitte vor Kurven, abhängig von deren Radius. Die zur Verfügung gestellte aktuelle Version der Richtlinie aus dem Jahr 2022 [106], gültig für Landstrassen mit Geschwindigkeitsbegrenzungen zwischen 80 km/h bis 110 km/h, legt Mindestmerkmale fest, die an jede Strassenkategorie angepasst sind, und definiert Eigenschaften und Abfolge der geometrischen Elemente. [106]

Demnach sollte die horizontale Linienführung vorzugsweise gerade Abschnitte aufweisen, mindestens 50 % der Strecke, um Kreuzungen anzuordnen und Überholmanöver zu ermöglichen. Die geraden Abschnitte können unterbrochen werden von Kurven in der Grössenordnung von 1,5 bis 2,5 des Mindestradius mit normalem Quergefälle. Sehr lange gerade Abschnitte (5 – 10 km und mehr) sollten bei Neutrassierungen vermieden werden, es sei denn, sie werden durch Kreisverkehre unterbrochen.

Die horizontalen Radien müssen bestimmte Mindestgrenzen einhalten. Ausgewählte Anforderungen an die Abfolge der Elemente sind:

- Nach kurzen Geraden $R \geq 200$ m
- Nach langen Geraden $R \geq 300$ m
- Nach sehr langen Geraden $R \geq 600$ m
- Wenn Kurvenradien von weniger als $1.5 R_{dn}$ verwendet werden gelten die folgenden Bedingungen für aufeinanderfolgende Kurven mit den Radien R und R' (die allenfalls auch durch eine Gerade getrennt sein können): Radienverhältnis $0.67 < R/R' < 1.5$.

R_{dn} bedeutet gemäss [106] «minimaler Radius mit normalem Quergefälle: Horizontaler Ausrichtungsradius, unterhalb dessen die Fahrbahn zur Innenseite der Kurve geneigt

wird und oberhalb dessen das Quergefälle normal ist (d. h. 2,5 % zur Aussenseite der Fahrbahn).»

Im Fall nicht vermeidbarer Abweichungen von diesen Regeln, zum Beispiel aufgrund topografischer Verhältnisse, empfiehlt die Richtlinie, Massnahmen zur optimalen Lesbarkeit der reduzierten Kurvenradien zu ergreifen, beispielsweise die Signalisation der Kurven.

In den polnischen Richtlinien [64] fordert die Gleichmässigkeit und Homogenität der geometrischen Gestaltung die Anwendung ähnliche Werte der geometrischen Parameter während der gesamten Abfolge und erforderlichenfalls deren schrittweise Änderung. Als Bewertungskriterien werden die folgenden herangezogen: Das Verhältnis zwischen dem Kurvenradius und der vorangehenden Geraden gilt als akzeptiert, wenn:

- im Falle einer Geraden der Länge $L < 500$ m: Kurvenradius $R \geq L$,
- im Fall einer Geraden der Länge $L \geq 500$ m: Kurvenradius $R > 500$ m

3.5 Grundlagen und Annahmen in der Norm VSS-40080b

3.5.1 Einleitung

In der nationalen und internationalen Literatur herrscht Konsens darüber, dass auf Ausserortsstrecken Inhomogenitäten in der horizontalen Linienführung und die daraus resultierenden Geschwindigkeitsschwankungen ein erhebliches Sicherheitsdefizit darstellen. Die Notwendigkeit, abrupte und unerwartete Änderungen in der Linienführung zu vermeiden, ist unbestritten.

Die Literatur belegt ferner, dass Trassierungen, die ausschliesslich auf dem Prinzip der 'Festlegung eines Ausbaugrads' basieren, in der Regel nicht den Anforderungen an eine konsistente und harmonische Linienführung genügen. Um potenzielle Schwankungen der Fahrgeschwindigkeit zu minimieren, ist daher zudem 'ein ausgewogenes Verhältnis der Linienführungselemente zueinander' erforderlich. Die Schweizer Modellvorstellungen berücksichtigen diesen Ansatz.

In BELOPITO [72] untersucht Ende der 90er Jahre das Geschwindigkeitsverhalten in Kurven auf Strassen ausserhalb besiedelter Gebiete, die der generellen Geschwindigkeitslimite 80 km/h unterliegen. Im Fokus der Untersuchungen stehen zum einen der Zusammenhang zwischen Kurvenradius und Geschwindigkeit, zum anderen die Veränderungen im Geschwindigkeitsverhalten im Vergleich zu früheren Erhebungen bei Tempolimite 100 km/h.

Die Studie hat gezeigt, dass sich die Abweichungen der neuen, aufgrund von Messungen auf trockener Fahrbahn ermittelten Funktionskurve V85 (1998) zum Funktionsverlauf der Projektierungsgeschwindigkeit V_P gemäss Norm (bei nasser Fahrbahn) nach Einführung der Tempolimite 80 km/h deutlich verringert hat. Als wesentliches Ergebnis dieser Arbeit wird die Erkenntnis genannt, dass der vorhandene Funktionszusammenhang $V_P = f(R)$ nicht geändert werden muss.

Die Ergebnisse aus BELOPITO [72] weisen allerdings auf zwei Aspekte hin, die in den Folgejahren weiterverfolgt werden sollten:

- Prüfung des Griffigkeitshintergrunds, der von den physikalischen Berechnungen für den Funktionszusammenhang $V_P = f(R)$ berücksichtigt wird,
- Prüfung der Zweckmässigkeit des Geschwindigkeitsdiagramms hinsichtlich der getroffenen Annahmen bezüglich Geschwindigkeitsanpassung (Längsverzögerung).

Beide Aspekte werden in den folgenden Berichtskapiteln behandelt.

3.5.2 Funktionszusammenhang $V_p = f(R)$ und Griffigkeitshintergrund

Die physikalischen Berechnungen des Funktionszusammenhangs $V_p = f(R)$ gemäss Norm VSS-40080b [1] basieren auf einem Griffigkeitshintergrund gemäss VSS-Norm ‘Griffigkeit, Bewertung’ [73], der auf Messdaten aus den 1970er und 1980er Jahren basiert. Die folgende Abb. 17 zeigt einen Auszug aus dieser, zwischenzeitlich nicht mehr gültigen Norm.

Richtwerte bei Anwendung des Skiddometers		
Höchstgeschwindigkeit V_z [km/h]	Messgeschwindigkeit [km/h]	μ -Wert (blockiertes Rad)
$V_z \leq 60$	40	0,48
$60 < V_z \leq 100$	60	0,39
$V_z > 100$	80	0,32

Abb. 17 Reibungskoeffizient gemäss SN 640 511b, Tabelle 2 [73]

Aus SPACEK [2] geht hervor, dass den Entwurfsnormen ein Gleichgewichtsmodell zugrunde liegt, welches die Zusammenhänge bei der Übertragung der Kräfte zwischen Reifen und Fahrbahn abbildet. Den Betrachtungen im Gleichgewichtsmodell liegt demnach ein Reibungskoeffizient μ zu Grunde, der in der Grösse dem Gleitreibungskoeffizienten μ_G eines normierten Reifens auf nasser sauberer Fahrbahn entspricht ($\mu = \mu_G$). Dieser Wert stützt sich auf Messungen, die bei vollständig blockiertem Rad durchgeführt werden, was einem Schlupf von 100% entspricht. Dieser Gleitzustand repräsentiert damit den kritischsten Fall. Ferner wird aufgezeigt, dass für die Bemessung im Strassenentwurf nur der Gleitreibungskoeffizient verwendet wird, da dieser immer vorhanden ist. Des Weiteren wird dargelegt, dass die Differenz zwischen dem Reibungsvermögen bei optimalem und 100%igem Schlupf nicht für Entwurfszwecke verwendet werden kann, solange nicht alle Fahrzeuge serienmäßig mit Antiblockiersystem (ABS) ausgestattet sind.

Aus einer Forschungsarbeit von JACOT [75] aus dem Jahr 2007 zur Erarbeitung der Grundlagen zur Revision der Griffigkeitsnormen geht hervor, dass die Schweizer Griffigkeitsnormen SN 640 511b (Bewertung) [73] und SN 640 510b (Messverfahren) [124] seit ihrer Einführung 1984 respektive 1985 nur geringfügige Anpassungen erfahren haben. Es wird darauf hingewiesen, dass sich die Griffigkeit als physikalische Messung eines Reibungsbeiwertes im Grundsatz nicht geändert hat, allerdings die eingesetzten Messmethoden sowie die angewendeten Bewertungs- und Beurteilungsmethoden weiterentwickelt und angepasst wurden. Die Empfehlungen basierend auf dieser Forschung ist, dass die gängige Praxis in der Schweiz, die Griffigkeit mit einem blockierten Messrad zu erfassen, weiterhin beibehalten werden sollte, insbesondere für Strassenabschnitte mit erhöhtem Griffigkeitsbedarf.

Aus einer Untersuchung von PILAWA [74] geht hervor, dass mit dem Forschungsauftrag Nr. 11/96 im Jahre 2003 die empirisch ermittelten Griffigkeitswerte aus den 70er und 80er Jahren mit Hilfe von dynamischen Messungen erneuert wurden. Dafür wurden folgende zwei Messgeräte verwendet: der Skiddometer BV-8 und der Stuttgarter Reibungsmesser (SRM). Bei beiden Messverfahren wurde demnach eine Messung mit blockiertem Messrad, dem sogenannten «Worst Case Scenario» durchgeführt, sowie eine Messung mit gebremstem Messrad, die eine Simulation einer Bremsung bei nasser Fahrbahn ermöglicht. Mit dem Stuttgarter Reibungsmesser konnte zusätzlich noch eine Messung mit ABS (Anti-Blockier-System) durchgeführt werden, die eine Bremsung mit ABS simuliert.

Die Erarbeitung der neuen Norm VSS-40525 ‘Eigenschaften der Fahrbahnoberflächen, Anforderungen’ [77] wurde laut SCHIFFMANN [79] erforderlich, um unterschiedliche Anforderungen an die Eigenschaften der Fahrbahnoberfläche zu berücksichtigen: zum einen an die Qualität bei Abnahme des Bauwerks und zum anderen ein minimales Qualitäts- und Sicherheitsniveaus über die gesamte Nutzungsdauer der Anlage.

Aus der Norm [77] ist ersichtlich, dass zwischen einem Abnahmewert μ und einem Schwellenwert μ unterschieden wird (vgl. Abb. 18). Diese Unterscheidung berücksichtigt, dass sich die Griffigkeitseigenschaften von Strassenbelägen im Laufe der Zeit aufgrund von Verkehrs- und Witterungseinflüssen ändern. Der Abnahmewert μ definiert die Mindestwerte der Griffigkeit bei Werksabnahme, während der Schwellenwert μ die erforderlichen Mindestwerte über die gesamte Nutzungsdauer angibt. Der Schwellenwert stellt dabei einen zu gewährleistenden, sicherheitsrelevanten Grenzwert für die Fahrbahnoberfläche dar.

Abnahmewerte und Schwellenwerte der dynamischen Messsysteme der Griffigkeit Valeurs de réception et valeurs seuil des appareils de mesure dynamiques de l'adhérence						
Anforderung an die Griffigkeit Exigence pour l'adhérence	Abnahmewerte μ Valeurs de réception μ			Schwellenwerte μ Valeurs seuil μ		
Dynamische Messverfahren Systèmes dynamiques	40 km/h	60 km/h	80 km/h	40 km/h	60 km/h	80 km/h
Skiddometer BV 8 (gebremstes Messrad) Skiddomètre BV 8 (roue freinée)	0,70	0,58	0,49	0,60	0,48	0,38
SKM & SCRIM (schräg gestelltes Messrad) SKM & SCRIM (roue oblique)	0,58	0,48	0,42	0,48	0,39	0,32

Abb. 18 Abnahme- und Schwellenwerte der dynamischen Messsysteme der Griffigkeit, gemäss VSS-40525, Tabelle 6 [77]

PILAWA [74] stellt beim Vergleich der Werte aus der neuen Norm 2019 mit denen von 1984 fest, dass die Schwellenwerte μ mit schräg gestelltem Messrad den damaligen Reibungskoeffizienten μ mit blockiertem Rad entsprechen (vgl. Werte in Abb. 17 und Abb. 18). Die Untersuchung macht keine Angaben, ob die Vergleichbarkeit der alten und neuen Werte aufgrund unterschiedlicher Messfahrzeuge und Messmethoden überhaupt gegeben ist oder mit welchen Einschränkungen sie verbunden sein könnte.

Aus einem informellen Gespräch zu dieser Thematik mit JACOT [78] resultiert, dass die Ergebnisse der verschiedenen Messmethoden nicht immer zu 100% vergleichbar sind. Die normierten Schwellenwerte sind aber als «erster Schritt bei der Beurteilung der Griffigkeit» geeignet. Es kann davon ausgegangen werden, dass die in der Norm VSS-40080b [1] zugrunde gelegten Werte grundsätzlich beibehalten werden können.

Als Argument für die Beibehaltung der aktuellen Werte in der Norm VSS-40080b [1] führt JACOT [78] an, dass die Messverfahren Grenzen hinsichtlich Messgenauigkeit aufweisen. Eine geforderte Messgenauigkeit von 0.5 mm kann nicht immer eingehalten werden: Ein sich auf der Fahrbahnoberfläche bildender Wasserfilm kann ab einer gewissen Dicke zur Gefahr für Aquaplaning werden. Dieser Wasserfilm verringert die Aufstandsfläche des Fahrzeugrades bis zum völligen Abheben, welches man als Aquaplaning bezeichnet. Ein grösserer Wasserfilm durch auftreffenden Niederschlag führt dadurch ebenfalls zu einer schlechteren Griffigkeit, ein geringerer Wasserfilm auf der Fahrbahnoberfläche zu einer besseren. Zudem sind die gemessenen Werte eng mit den Eigenschaften und der Qualität der verwendeten Messgeräte verbunden. Verschiedene Messreifen können unterschiedliche Ergebnisse liefern, selbst unter identischen externen Bedingungen. Ferner unterscheiden sich die Fahrbahnoberflächen auch innerhalb der Gruppen gleicher Strassentypen.

Die Beurteilung, den aktuell in der Norm VSS-40080b [1] zugrunde gelegten Reibungskoeffizienten μ (Anforderung Schwellenwert) beizubehalten, wird auch von SCHIFFMANN [79] getragen. In Bezug auf die Messpräzision verschiedener Griffigkeitsmessfahrzeuge beziehungsweise Messmethoden sind einerseits die Vergleichbarkeit und Wiederholbarkeit der Messungen relevant. Hierfür wurden gerade im Rahmen der Analysen zur Entwicklung von Prognosemodellen für die Zustandsentwicklung verschiedene Studien ausgewertet (vgl. BLUMENFELD [112]).

Dabei zeigten sich laut SCHIFFMANN [79] im Rahmen von ROSAUER [113] auch für die Griffigkeit in Bezug auf die Überprüfung der Präzision des Seitenkraftverfahrens (SKM)

konkrete Angaben für systematische Abweichungen beziehungsweise nutzbare Angaben für Streuungen für die statistischen Analysen.

- Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse wird die Beibehaltung der aktuell in der Norm zugrundeliegenden Schwellenwerte für den Reibungskoeffizienten μ empfohlen.

3.5.3 Geschwindigkeitsdiagramm und Annahmen bezüglich Geschwindigkeitsanpassung (Längsverzögerung)

Im Geschwindigkeitsmodell der Norm VSS-40080b [1] wird für die Anpassung der Geschwindigkeit ein Wert von $a = 0.8 \text{ m/s}^2$ angesetzt, vereinfachend für Beschleunigung und Verzögerung als gleich gross und konstant angenommen. Dieser Wert entspricht nach DIETRICH [34] in der Regel einer Fahrweise ohne Betätigung der Bremsen.

Für die Anpassung der Geschwindigkeiten an den Verlauf der Linienführung der Strasse spielt diese "natürliche" Verzögerung (Motorbremse, Luft-/Rollwiderstand, etc.) eine wichtige Rolle. Beispielsweise kann ein Fahrer vor einer scharfen Kurve das Gaspedal loslassen und das Fahrzeug durch den natürlichen Fahrwiderstand verlangsamen lassen, um eine sichere und komfortable Geschwindigkeit für die Kurve zu erreichen.

Aus der Untersuchung von BELOPITOY [72] geht hervor, dass die zur Konstruktion des Geschwindigkeitsdiagramms getroffenen Annahmen bezüglich Geschwindigkeitsanpassung (Längsverzögerung) der Elementfolgen nicht mehr vollumfänglich zutreffen. Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen, dass bei der Annäherung zu Kurven mit $R > \text{ca. } 120 \text{ m}$ praktisch keine Geschwindigkeitsanpassung an die horizontale Krümmung stattfindet.

Angesichts des Alters der in der Untersuchung vorgenommenen Messungen, sie sind nahezu drei Jahrzehnte alt, und aufgrund der damaligen Datenumfangs, könnten neue und umfangreichere Messungen sinnvoll sein. Bei der Kurvenauswahl für die Untersuchung wurde ein Radienspektrum gewählt, welches 11 Kurven mit Radien kleiner gleich 115 m und 12 Kurven mit Radien zwischen 143 m und 700 m umfasst, wobei der erwähnte Radienbereich $R > \text{ca. } 120 \text{ m}$ bis $R = 120 \text{ m}$ (bis max $V_P = 80 \text{ km/h}$) effektiv nur 7 Kurven umfasst.

In der Literatur bezieht sich der Begriff «Verzögerungswert» typischerweise auf das Verlangsamen eines Fahrzeugs durch Betätigung der Bremsen. Literatur, welche Auskunft gibt über die in dieser Forschung interessierenden Verzögerungswerte ohne Betätigung der Bremsen ist gering.

Hinsichtlich Verzögerungs-/Beschleunigungswerten stellt RINGGENBERG [59] fest, dass bei dem in Italien verwendeten akademischen Ansatz die Werte je nach Radius variieren, zudem wird in der Berechnung der Beschleunigung der momentan befahrene Radius berücksichtigt, bei der Verzögerung der folgende Kurvenradius. Aus einem von Ringgenberg geführten Interview mit Prof. Gerster, Abteilungsleiter Automobiltechnik an der Berner Fachhochschule geht hervor, dass sich im Hinblick auf fahrzeugtechnische Aspekte viele Faktoren verbessert haben. Heutige Fahrzeuge erreichen demnach Verzögerungswerte (mit aktivem Bremsen) bis zu $9,0 \text{ m/s}^2$. Die Verordnung über die technischen Anforderungen an Strassenfahrzeuge (VTS) schreibt Verzögerungswerte von $5,0 - 5,8 \text{ m/s}^2$ je nach Fahrzeugklasse vor. Bei Personenwagen nimmt die Motorengröße (nicht die Leistung, nur das Volumen) stetig ab. Mit diesem „Downsizing“ wird der Energieverbrauch (nicht aber die Leistungsfähigkeit) gesenkt (Reduktion CO₂-Ausstoss). Dies hat jedoch zur Folge, dass die Verzögerungswerte bei einer Fahrweise ohne Betätigung der Bremsen stetig abnehmen. Das Motorschleppmoment (Bremsvermögen) hängt vom eingelegten Gang ab. Um möglichst energiesparend zu fahren, wird stets der grösstmögliche Gang gewählt. Dies hat zur Folge, dass nur noch eine kleine Bremskraft mobilisiert werden kann (grosser Gang = kleine Bremskraft). dass die Beschleunigung von der gefahrenen Geschwindigkeit abhängt. Anhand der praktischen Anwendung des italienischen Ansatzes wird aufgezeigt, dass sich die Beschleunigungswerte auf einem sehr tiefen Niveau bewegen, zwischen $0,51 \text{ m/s}^2 - 0,65 \text{ m/s}^2$, ebenso die Verzögerungswerte mit $0,49 \text{ m/s}^2 -$

0,81 m/s², wobei sowohl Beschleunigung und Verzögerung unter den im Schweizer Geschwindigkeitsmodell verwendeten Wert von 0,8 m/s² liegen. Diese Feststellung deckt sich mit der Aussage von Gerster, wonach durch das Downsizing die Verzögerungswerte bei einer Fahrweise ohne Betätigung der Bremsen stetig abnehmen. Bei hohen Geschwindigkeiten trifft demnach der Wert von 0,8 m/s² für Personenwagen zu, bei tiefen Geschwindigkeiten ist ein Wert von bis zu 2,0 m/s² möglich.

Ferner geht aus informellen Gesprächen mit Experten aus der Automobil- und Fahrzeugtechnik der Berner Fachhochschule hervor, dass die vorausschauende Fahrweise, ohne zu bremsen, anzustreben ist, wie dies auch im Geschwindigkeitsmodell vorgesehen ist. Eine wichtige Unterscheidung in der technologischen Entwicklung besteht zwischen Personenwagen und Nutzfahrzeugen, und da das Geschwindigkeitsmodell nicht Fahrzeugtypen abbildet, sondern eine sichere Fahrweise, wird der bestehende Verzögerungswert 0,8 m/s² als Modellgrundlage in dieser Größenordnung als vertretbar beurteilt. vermutlich heint (MURRI, AFFOLTER [121]).

Hinsichtlich Variabilität der Verzögerungswerte ohne Bremsbetätigung lässt sich einem informellen Gespräch mit BROSI [80] entnehmen, dass sich die Fahrzeuge sowohl in Bezug auf die Motorbauarten als auch auf Sicherheitstechnologie und Energieeffizienz in den vergangenen Jahrzehnten technisch erheblich weiterentwickelt haben. Die Unterschiede in der Motorbremswirkung sind zwischen verschiedenen Fahrzeugtypen beträchtlich und können stark variieren, insbesondere zwischen Diesel-, Benzin- und Elektrofahrzeugen.

Diesel- und Benzinmotoren nutzen demnach traditionell die Motorbremswirkung, die entsteht, wenn der Fahrer das Gaspedal loslässt und der Motor gegen die Kompression arbeiten muss. Dieselfahrzeuge haben generell eine stärkere Motorbremswirkung als Fahrzeuge mit Benzinmotoren, was auf die höhere Kompression im Dieselmotor zurückzuführen ist.

Elektroautos verhalten sich anders, da sie oft über Rekuperationssysteme verfügen, die kinetische Energie beim Verzögern zurückgewinnen und in elektrische Energie umwandeln, die dann zum Laden der Batterie verwendet wird. Diese Systeme können die Verzögerung deutlich beeinflussen und oft eine stärkere Bremswirkung als traditionelle Motorbremsen erzielen, abhängig von der Einstellung des Rekuperationssystems. Allerdings gibt es auch Fahrzeuge ohne Rekuperation. Diese Elektrofahrzeuge und auch Hybirdfahrzeuge im Modus, der keine Energie zurückgewinnt, haben tendenziell eine geringere «natürliche» Verzögerung, da der Elektromotor ohne Rekuperation nicht die gleiche Bremswirkung wie ein Verbrennungsmotor oder ein rekuperierender Elektromotor bietet.

Aus dem Gespräch mit BROSI [80] resultiert ferner die gemeinsame Planung einer Versuchsreihe, um die Verzögerungswerte ohne Bremsbetätigung exemplarisch für jeden dieser Fahrzeugtypen zu bestimmen. Die geplante Versuchsreihe, Arbeitstitel «Ermitteln der Schleppmomente von Personenwagen mit Diesel-, Benzin- und Elektroantrieb bei vordefinierten Bedingungen (Geschwindigkeit / Strecke / Gangwahl) kann allerdings erst nach Abschluss der vorliegenden Forschungsarbeit durchgeführt werden. Dennoch werden die Ergebnisse für die Weiterentwicklung respektive weitere Präzisierung der Annahmen des Geschwindigkeitsmodells von Nutzen sind.

Zudem ist zu erwarten, dass mit der Automatisierung / Digitalisierung die Erstellung von Geschwindigkeitsdiagrammen künftig vereinfacht wird. Dadurch könnten auch komplexere Randbedingungen, wie allfällig abgestufte Längsverzögerungswerte, problemlos verarbeitet werden.

- Es wird empfohlen, an dem bestehenden Wert $a = 0.8 \text{ m/s}^2$ bis auf Weiteres festzuhalten. Zur Vertiefung der Thematik sollten entsprechende Untersuchungen gefördert werden.

3.5.4 Weitere Aspekte

Funktionszusammenhang $V_p = f(R)$, Längsneigung

Das physikalische Berechnungsmodell nimmt ferner an, dass der Einfluss der Längsneigung auf die Projektierungsgeschwindigkeit für Neigungen unter 7 % vernachlässigt werden kann. Diese Annahme stimmt mit den Ergebnissen aus einer Literaturrecherche von RINGGENBERG [59] überein, wonach Längsneigungen, sofern sie sich ebenfalls auf Messungen an freifahrenden Personenwagen beziehen, bis zu einem bestimmten Wert vernachlässigbar sind. Übereinstimmend werden insbesondere Längsneigungen von -4 % bis + 2 % genannt, die keinen Einfluss auf das Fahrverhalten in Kurven haben. Die Werte darüber, bis 7 % unterscheiden sich jedoch von Land zu Land. Ein Anpassungsbedarf der Schweizer Norm wird nicht gesehen.

RINGGENBERG [59] verweist hinsichtlich des Einflusses von Lastwagen auf die Dauergeschwindigkeiten und die Geschwindigkeitsverläufe auf Neigungsstrecken auf eine Untersuchung von LATUSKE [104]. Daraus ist zu entnehmen, dass sich durch die im Jahre 2005 aufgehobene Kontingentierung der Lastwagen mit Gesamtgewicht von über 28 t keine Anpassung des bestehenden Geschwindigkeitsmodells in den VSS-Normen aufdrängt. Die infolge der Fahrzeugentwicklung erhöhten Geschwindigkeiten von Lastwagen und die durch die Herabsetzung der Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h auf 80 km/h bewirkte Reduktion der Geschwindigkeiten von Personenwagen zu einer Annäherung der Geschwindigkeitsniveaus beider Fahrzeuggruppen beigetragen.

Die Geschwindigkeit von Lastwagen in Steigungen wird im VSS-Normenwerk in der Norm VSS-40138 [87] «Linienführung; Zusatzstreifen in Steigungen und Gefällen» Rechnung getragen.

Die Literatur zeigt ferner, dass die vertikale Linienführung einen geringeren Einfluss auf die Geschwindigkeit als die horizontale Linienführung hat.

4 Ergebnisse zu Anwendung und Handhabung der Norm VSS-40080b

4.1 Vorbemerkung

Wie in der Ausgangslage geschildert, deuten die Feststellungen aus dem Projektierungsalltag darauf hin, dass die Anwendung der Norm mit verschiedenen Herausforderungen verbunden ist. Insbesondere wurde in Gesprächen und Rückmeldungen wiederholt auf Schwierigkeiten hingewiesen, die sich bei der Handhabung der Norm an sich, der Interpretation der Geschwindigkeitsbegriffe und weiterer Fachbegriffe sowie der Konstruktion und Auswertung von Geschwindigkeitsdiagrammen ergeben.

In der Praxis konnte mehrfach die fehlerhafte Interpretation und Anwendung der zwei Geschwindigkeitsbegriffe Ausbau- und Projektierungsgeschwindigkeit beobachtet werden. So fällt beispielsweise auf, dass die zwei Begriffe verwechselt oder fehlerhaft angewendet werden. Das Geschwindigkeitsdiagramm wird teilweise vereinfacht oder fehlerhaft konstruiert und/oder ausgewertet, damit verbunden ist jedoch eine falsche Interpretation der Geschwindigkeitsdifferenzen und infolgedessen eine fehlerhafte Beurteilung der Homogenität der Linienführung.

Zusammen mit der Vielzahl ohnehin einzuhaltender Randbedingungen birgt dies jedoch die Gefahr, der Qualität der Trassierung eine untergeordnete Bedeutung beizumessen, obwohl sie für die Verkehrssicherheit von hoher Relevanz ist.

Um ein umfassenderes Verständnis der aktuellen Herausforderungen bei der Anwendung und Handhabung der Norm zu erlangen, wurden folgende Untersuchungen durchgeführt:

- Durchführung einer Befragung bei Bund, Kantonen und Planungs- und Ingenieurbüros, um deren Erfahrungen und Einschätzungen zur Anwendung der Norm und der Konstruktion von Geschwindigkeitsdiagrammen zu erfassen.
- Durchführung einer Befragung an den Schweizer Hochschulen, um Dozierende und Lehrbeauftragte auf diesem Gebiet einzubeziehen und zu erheben, inwieweit das entsprechende Fachwissen in der Ausbildung vermittelt wird.
- Informelle Gespräche mit Fachleuten aus verschiedenen Kantonen und Büros, um die oben genannten Befragungen zu ergänzen und die Gesamttiefe der Informationen zu verbessern sowie allenfalls neue Erkenntnisse zu gewinnen.
- Anwendung des Geschwindigkeitsdiagramms an Praxisbeispielen, unter anderem im Vergleich mit der deutschen Richtlinie für Landstrassen.
- Analyse der Schweizer Fachliteratur hinsichtlich der Verwendung der Geschwindigkeitsbegriffe und deren Anwendung.
- Grobanalyse der Integration digitaler Werkzeuge.

4.2 Befragung bei Bund, Kantonen und Planungs- und Ingenieurbüros

4.2.1 Einleitung und Methodik

Um ein tieferes Verständnis für die Anwendung und Handhabung der Norm VSS-40080b 'Projektierung, Grundlagen; Geschwindigkeit als Projektierungselement' [1] zu erlangen, wurde im Rahmen der Forschungsarbeit eine repräsentative Online-Befragung durchgeführt. Dabei sollte erhoben werden, ob und wie die Norm in der Praxis angewendet und verstanden wird, und ob es Bereiche gibt, in denen Handlungsbedarf besteht.

Die Befragung richtete sich an das Bundesamt für Strassen, kantonale Tiefbauämter sowie Planungs- und Ingenieurbüros. Mit Unterstützung des Schweizerischen Verbands der Strassen- und Verkehrs fachleute VSS konnte die Umfrage breit gestreut und eine hohe Teilnahmehohe erreicht werden.

Die Befragung wurde von Dezember 2021 bis Februar 2022 mittels einer Online-Umfrage durchgeführt.

Der Fragebogen war so gestaltet, dass er Verzweigungen beinhaltete, das bedeutet, je nach Hintergrund der Befragten konnten irrelevante Fragen entsprechend übersprungen werden.

Die Umfrage enthält verschiedene Informationen und Fragen, die auf die Anwendung und Handhabung der Norm VSS-40080b bezogen sind. Nebst formellen Fragen werden in der Umfrage folgende relevanten Themen abgedeckt:

- Organisationszugehörigkeit und Funktion der Befragten.
- Anwendung der Norm: Ob und wie die Norm in den jeweiligen Organisationen angewendet wird.
- Verständnis und Handhabung spezifischer Aspekte der Norm:
 - Erfahrungen mit Geschwindigkeitsbegriffen und Geschwindigkeitsmodell.
 - Erfahrungen mit der Erstellung und Auswertung von Geschwindigkeitsdiagrammen.
 - Zufriedenheit mit Konstruktionsregeln und Informationsgehalt der Norm.
 - Überprüfung der Bedingungen zur Gewährleistung der Homogenität der Linienführung.
- Weitere genutzte Ressourcen: Ob neben der Norm weitere Literatur zur Thematik genutzt wurde.
- Gesamtzufriedenheit: Ermittlung der allgemeinen Zufriedenheit mit der Handhabung der Norm.

Der vollständige Fragebogen ist zur Einsicht in Anhang III.1 verfügbar.

4.2.2 Ergebnisse

Auf die Umfrage sind insgesamt 75 Rückmeldungen von der öffentlichen Verwaltung und den Planungs-/ Ingenieurbüros eingegangen.

Die Analyse der Rückmeldungen zeigt, dass die Norm VSS-40080b in unterschiedlichem Masse in den verschiedenen beteiligten Organisationen angewendet wird. Die Mehrheit der Antworten deutet darauf hin, dass die Norm zwar bekannt und in Gebrauch ist, jedoch Verständnisschwierigkeiten und fehlerhafte Anwendungen nicht selten sind.

Die wichtigsten Ergebnisse zur Verständlichkeit der Geschwindigkeitsbegriffe und zur Anwendung von Geschwindigkeitsdiagrammen sind detailliert in den folgenden Abschnitten dargestellt.

Organisatorische Zugehörigkeit

- Öffentliche Verwaltung (Bund, Kantone): 42 Antworten
- Planungs-/Ingenieurbüros: 33 Antworten

Funktionen innerhalb der Organisationen

Die Funktionen variieren stark, mit Antworten von „Projektleitung“ bis „Amtsleitung/Geschäftsleitung“. Einige Teilnehmer haben auch mehrfache Rollen angegeben, was auf eine breite Beteiligung von verschiedenen Ebenen innerhalb der Organisationen hinweist.

Verbreitung und Anwendung der Norm

Die Anwendung der Norm in der Organisation wird von 87 % bejaht, den meisten ist die Norm auch persönlich bekannt (80 %).

Verständlichkeit der Norm

- Rund die Hälfte urteilt, dass die beiden in der Norm beschriebenen Geschwindigkeitsbegriffe nicht oder nur teilweise verstanden werden und $\frac{2}{3}$, dass die Norm fehlerhaft angewendet wird oder keine Erfahrung vorhanden ist.
- Zudem wird nur von $\frac{1}{4}$ der Strasseneigentümer/Auftraggeber immer eine Ausbaugeschwindigkeit festgelegt, die Hälfte legt diese teilweise fest und $\frac{1}{4}$ gar keine.
- Es fehlt zudem teilweise die Normkenntnisse, dass die Ausbaugeschwindigkeit eine wesentliche Größe zum Festlegen der Elemente und des geometrischen Normalprofils ist.

Konkrete Anwendung der Norm

- Die Hälfte der Strasseneigentümer/Auftraggeber verlangen kein Geschwindigkeitsdiagramm. Folgende Gründe werden dafür angegeben:
 - Kein Neubau der Straßenanlage.
 - Randbedingungen, welche Änderungen der Linienführung nicht zulassen.
 - Unkenntnis der Norm.
 - Zu wenig wichtig.
- Rund die Hälfte der Personen hat keine Erfahrung mit der Anwendung von Geschwindigkeitsdiagrammen.
- Von 12 Anwendern sind 10 sehr oder eher zufrieden mit den Konstruktionsregeln, zwei eher unzufrieden.
- $\frac{2}{3}$ der Anwendenden (24) sehen in der Beurteilung der Gewährleistung der Homogenität auf der Grundlage der Norm teilweise Defizite.
- Von 60 Anwendern haben ca. $\frac{1}{4}$ (18) noch andere Quellen für die Thematik der Norm 40 080b hinzugezogen.
- Nahezu $\frac{3}{4}$ der Anwendenden (44 von 60) sind sehr oder eher zufrieden mit der Handhabung der Norm.

Gründe für fehlerhafte Anwendung der Geschwindigkeitsbegriffe

Die Befragten haben verschiedene Gründe für Verständnisschwierigkeiten angegeben, die zur fehlerhaften Anwendung der Norm führen könnten:

- Keine Normkenntnis: Mehrere Antworten betonen, dass ein Mangel an Kenntnis der Norm selbst ein Grund für die Schwierigkeiten sein könnte.
- Fehlendes Grundlagenwissen: Einige Teilnehmer führen fehlendes grundlegendes Wissen als Ursache an.
- Unverständliche Formulierungen und unzureichende Erklärungen in der Norm: Die Unklarheit in der Norm und mangelhafte Erklärungen wurden ebenfalls als signifikante Probleme genannt.
- Fehlendes Interesse: Wenige Antworten deuten darauf hin, dass ein mangelndes Interesse an der korrekten Anwendung der Norm vorhanden sein könnte.
- Keine Kenntnis der Modellannahmen und Bedingungen: Dies zeigt, dass ein Verständnis der zugrundeliegenden Annahmen und Bedingungen für die Anwendung der Norm notwendig ist.

Spezifische Probleme oder Hinweise, die in individuellen Antworten genannt wurden

- Schwierigkeit der Norm: Die Norm wird als schwerfällig empfunden.

- Verwirrung zwischen „Ausbaugeschwindigkeit“ und „Projektierungsgeschwindigkeit“: Diese beiden Begriffe führen regelmässig zu Diskussionen und Verwirrungen.
- Relevanz der Norm in Projekten: Es wurde angemerkt, dass die Norm nicht ausreichend in Projekten berücksichtigt wird, sei es bei neuen oder bei Sanierungsprojekten.
- Überarbeitungsbedarf: Es wird eine Überarbeitung der Norm gefordert, insbesondere eine Vereinfachung und bessere Erklärung der Schlüsselbegriffe. Die Bereitstellung verständlicher Beispiele wird als sehr wichtig erachtet.
- Dokumentations- und Lebensdauerüberlegungen: Es wird die Meinung geäussert, dass Geschwindigkeitsdiagramme nur sinnvoll sind, wenn sie im Strassenkataster hinterlegt werden und die Lebensdauer der Strasse begleiten.
- Weitere rechtliche Überlegungen: Es wird auf das Strassengesetz hingewiesen, das besagt, dass das Fahrverhalten den Gegebenheiten anzupassen ist, was zu Diskrepanzen in der angewandten und der tatsächlichen Geschwindigkeit führen kann.
- Probleme mit technischen Tools: Einige Bemerkungen kritisieren die Benutzbarkeit von Webtools und das schlechte Preis-Leistungs-Verhältnis von Lizenzkosten im Verhältnis zur Qualität der bereitgestellten Norm-Dokumente.
- Geltungsbereich: Ferner wird kritisiert, dass die Norm kaum anwendbar ist auf Innerortsstrassen.

Einschätzung der Ergebnisse durch die Forschungsgruppe

Die Auswertung der Umfrage zeigt eine nicht eindeutige Tendenz. Einerseits wird von den Anwendern die Norm nur teilweise verstanden werden und $\frac{2}{3}$ der Anwender geben an die Norm fehlerhaft anzuwenden. Auf der anderen Seite sind $\frac{3}{4}$ der Anwender sehr oder eher zufrieden mit der Handhabung der Norm. Diese Diskrepanz deutet an, dass die Tragweite der Norm unterschätzt und deren Anwendung wahrscheinlich in der letzten Frage zu positiv bewertet wurde. Zudem stützt die Rückmeldung zu den Konstruktionsregeln diese These, da diese Fragen nur 12 von 75 Anwender (16%) beantwortet haben. Daraus leitet sich, dass vermutlich die meisten Anwendenden noch keine Erfahrungen mit dem Geschwindigkeitsdiagramm vorweisen.

4.2.3 Diskussion und Handlungsempfehlungen

Die Diskussion der Ergebnisse zeigt auf, dass erhebliche Herausforderungen in Bezug auf das Verständnis und die korrekte Umsetzung der Norm bestehen. Es wird deutlich, dass die Norm in einigen Bereichen möglicherweise zu komplex ist oder die bereitgestellten Informationen nicht ausreichend klar formuliert sind. Diese Erkenntnisse stehen in Einklang mit den Ergebnissen aus der Schweizer Literatur, die auf ähnliche Herausforderungen in der Anwendung der Norm hinweist (vgl. Berichtskapitel 4.4).

► Basierend auf den gesammelten Daten und spezifischen Rückmeldungen könnte es hilfreich sein, die Norm klarer zu gestalten, verstärkt Schulungen anzubieten und die technischen Ressourcen zur Normnutzung zu verbessern, um die korrekte Anwendung und das Verständnis der Norm zu fördern:

- Verständlichkeit verbessern:
 - Ein bedeutender Anteil der Befragten findet die Geschwindigkeitsbegriffe nur teilweise verständlich oder nicht verständlich. Dies deutet auf einen Bedarf an klareren Definitionen oder zusätzlichen Schulungen hin.
- Erfahrung mit Geschwindigkeitsdiagrammen fördern:
 - Viele Teilnehmer haben keine oder nur teilweise Erfahrung mit der Erstellung und Auswertung von Geschwindigkeitsdiagrammen. Die Entwicklung speziell zugeschnittener Trainingsmaterialien kann hier eine Unterstützung bieten.
- Informationsgehalt der Norm:
 - Die Mehrheit der Antworten zeigt, dass die Zufriedenheit mit dem Informationsgehalt der Norm nur "eher zufrieden" ist. Es könnte nützlich sein, die Norm zu überprüfen und gegebenenfalls mehr praxisnahe Beispiele oder detailliertere Erklärungen einzufügen.

4.3 Befragung Hochschulen (Ausbildung, nicht Weiterbildung)

4.3.1 Einleitung und Methodik

Zur Ermittlung, ob und in welchem Umfang Fachkenntnisse zu den Geschwindigkeitsbegriffen, dem Geschwindigkeitsmodell und dessen Umsetzung im Geschwindigkeitsdiagramm in der Ausbildung an Schweizer Hochschulen gelehrt werden, wurde unter den Lehrkräften eine Online-Befragung durchgeführt.

Die Umfrage fand von Ende April bis Ende Mai 2022 statt.

Von den 12 angeschriebenen Hochschulen beteiligten sich sieben an der Umfrage, wobei drei der Rückmeldungen anonym erfolgten. Die Liste der angeschriebenen Hochschulen mit Angabe der Kontaktpersonen ist dem Anhang III.2 zu entnehmen.

Der entsprechende Fragebogen befindet sich ebenfalls im Anhang III.2.

4.3.2 Ergebnisse

Die Analyse der Rückmeldungen der Dozierenden an den Hochschulen ergab folgende Ergebnisse.

Verbreitung der Norminhalte:

Die Auswertung ergab, dass die Norminhalte in diesen Hochschulen vermittelt werden.

Die Vermittlung der fachlichen Inhalte erfolgt dabei ausschliesslich im Rahmen des Bachelorstudiums. Ob die ETHs auf diese Umfrage geantwortet haben, lässt sich aus den Rückmeldungen nicht ablesen, üblicherweise wurden diese Inhalte bis 2010 im Masterstudium vermittelt.

Die Norminhalte werden in den Pflichtfächern gelehrt, und in einem Fall zusätzlich in einem Wahlpflichtfach vertieft.

Umfang der Vermittlung

Die meisten Hochschulen widmen der Vermittlung der Norminhalte zwischen ein und sechs Lektionen. In einem Fall erstreckt sich die Ausbildung sogar über 7 bis 16 Lektionen.

Die einmal erwähnten 30 Lektionen beziehen sich möglicherweise auf ein in der Umfrage zuvor genanntes Modul und nicht ausschliesslich auf die Thematik der Umfrage. Eine Rückfrage war aufgrund der Anonymität der Umfrage nicht möglich.

Inhaltliche Schwerpunkte

Im Fragebogen wurde danach gefragt, auf welche der im Fragebogen genannten Aspekte in den Lehrveranstaltungen eingegangen wird.

- Die Antworten zeigen, dass auf die Begriffe Ausbau- und Projektierungsgeschwindigkeit, deren Grundlagen und Annahmen sowie deren Zusammenhang immer eingegangen wird.
- In einigen Fällen wird auch auf das Geschwindigkeitsmodell und die Modellgrundlagen eingegangen, in anderen wird es nur kurz angesprochen.
- Die Konstruktion und die Auswertung des Geschwindigkeitsdiagramms hingegen werden nur selten geübt.
- Auf die Modellgrundlagen wird nur in einem Fall eingegangen, ebenso auf die Abgrenzung hinsichtlich des Anwendungsbereichs auf fahrdynamisch trassierten Strassen.

Erfahrung der Lehrbeauftragten/Dozierenden

Lehrbeauftragte und Dozierende können auf eigene Erfahrungen in der Konstruktion und Auswertung von Geschwindigkeitsdiagrammen zurückgreifen.

Zufriedenheit mit den Konstruktionsregeln

Auf die Frage, wie zufrieden die Lehrbeauftragten/Dozierenden mit dem Informationsgehalt der Konstruktionsregeln sind, antwortete niemand mit sehr zufrieden. Die meisten sind eher zufrieden, eine Person ist eher unzufrieden.

Verwendung von Lehrmitteln

In den meisten Fällen greifen die Lehrpersonen auf die VSS-Normen als Lehrmittel zurück. Darüber hinaus werden vereinzelt entweder Vorlesungsskripte und/oder Power Point Folien verwendet, um die Thematik ausführlicher resp. fokussierter erläutern. Die Verwendung von Praxisbeispielen zur Unterstützung wird nur in einer Rückmeldung erwähnt.

4.3.3 Diskussion und Handlungsempfehlungen

Die vorliegenden Ergebnisse geben einen Einblick in den Stand der Vermittlung der Norminhalte an den Hochschulen. Aufgrund der begrenzten Teilnahme von Kolleginnen und Kollegen an der Umfrage, können keine umfassenden Schlussfolgerungen für alle Hochschulen gezogen werden. Dennoch liefern die eingegangenen Antworten wertvolle Informationen.

Positive Aspekte bei der Vermittlung der Norminhalte an den befragten Hochschulen

Sehr positiv hervorzuheben ist die Tatsache, dass die Vermittlung der Norminhalte in den befragten Hochschulen eine Basis schafft, insbesondere in Bezug auf die Begriffe Ausbau- und Projektierungsgeschwindigkeit sowie deren Zusammenhang und Grundlagen. Es wird empfohlen, die Aufmerksamkeit auf die Konstruktion und Auswertung von Geschwindigkeitsdiagrammen zu lenken und den Austausch bewährter Praktiken zwischen den Lehrbeauftragten zu fördern. Die Verwendung von Normen und Vorlesungsskripten unterstützt die Lehre der Norminhalte.

Handlungsbedarf und Massnahmen zur Weiterentwicklung der Vermittlung der Norminhalte an den Hochschulen

Gleichzeitig besteht erkennbarer Handlungsbedarf, die Vermittlung der Norminhalte zu optimieren und den Studierenden eine fundierte Ausbildung in diesem Bereich zu gewährleisten.

► Aus den Ergebnissen der Befragung lassen sich einige potenziellen Massnahmen respektive Stossrichtungen zur Verbesserung der Situation ableiten:

- Nebst der Vermittlung der Begriffe und Modellgrundlagen sollte der Schwerpunkt auf die Anwendung, insbesondere auf die Konstruktion und Auswertung von Geschwindigkeitsdiagrammen, gelegt werden verstärkt werden, da dies in den Hochschulen nur selten geübt wird. Eine Lösung hierfür könnte die Entwicklung spezifischer Übungen, Fallstudien oder praktischer Anwendungen sein.
- Ein Austausch von bewährten Praktiken zwischen den Lehrbeauftragten und Dozierenden sollte gefördert werden. Dies könnte durch Workshops, Konferenzen oder Online-Plattformen ermöglicht werden, auf denen Lehrkräfte ihre Erfahrungen teilen und von einander lernen können.
- Die Einbindung von Praxisbeispielen und realen Anwendungen in den Lehrplan könnte die praktische Anwendung der Norminhalte fördern und den Studierenden einen besseren Bezug zur beruflichen Praxis vermitteln.

- Eine enge Zusammenarbeit zwischen den Dozierenden an den Hochschulen und allenfalls weiteren Interessensgruppen kann dabei unterstützend wirken, um die Vermittlung der Norminhalte kontinuierlich zu verbessern.

Diese potenziellen Massnahmen lassen sich an die individuellen Bedürfnisse und Gegebenheiten der Hochschulen anpassen, je nach Studiengang und Lehrschwerpunkten.

4.4 Anwendung der Geschwindigkeitsbegriffe V_A und V_P in der Schweizer Fachliteratur

4.4.1 Einleitung

In der Anwendung technischer Normen wie der VSS-40080b stoßen Praktiker häufig auf Herausforderungen, die nicht nur aus der Komplexität der Normen selbst, sondern auch aus der Art und Weise resultieren, wie diese Begriffe über die Zeit in der Fachliteratur interpretiert und dargestellt werden.

Über die Jahre haben sich in der Literatur Interpretationen dieser Begriffe entwickelt, die von den ursprünglichen Definitionen abweichen. Dieses Kapitel illustriert beispielhaft, wie diese Geschwindigkeitsbegriffe teils bis zur Falschheit abgewandelt oder gänzlich falsch verwendet werden.

4.4.2 Ungenaue und falsche Definitionen und Anwendungen

Die in Tab. 1 präsentierten ausgewählten Literaturauszüge zeigen beispielhaft Definitionen und Interpretationen der Geschwindigkeitsbegriffe Ausbaugeschwindigkeit V_A und Projektierungsgeschwindigkeit V_P , die entweder nicht korrekt sind oder missverstanden werden können.

Die Quellen der Angaben in der Tabelle sind bewusst nicht aufgelistet, es handelt sich um Auszüge aus kantonalen Richtlinien, technischen Berichten, Dokumenten von Fach- oder Interessenverbänden oder aus der Ausbildung zu technischen Zeichnerinnen und Zeichnern.

Die unpräzis oder fehlerhaft formulierten Beschreibungen, insbesondere in so grosser Anzahl (die Tabelle zeigt nur einen Auszug), sind weder für das Verständnis der Begriffe noch für deren korrekte Anwendung förderlich.

Tab. 1 Beispiele für ungenaue Definitionen und Interpretationen der Geschwindigkeitsbegriffe V_A und V_P (Auszug einer umfassenden Recherche) [Quellen anonymisiert]

Aus Kantonalen Richtlinien und weiterer Literatur:

V_A : «Die Dimensionierung der Fahrbahnbreite nach den VSS-Normen ist abhängig vom Strassentyp, der Ausbaugeschwindigkeit resp. Projektierungsgeschwindigkeit, der Verkehrsbelastung und -zusammensetzung sowie von den ortsspezifischen Gegebenheiten.

Basierend auf dem massgebenden Begegnungsfall (abhängig von der Verkehrszusammensetzung) und der Ausbaugeschwindigkeit resp. Projektierungsgeschwindigkeit kann das geometrische Normalprofil ermittelt werden.»

V_A : «[...] Diese Geschwindigkeit entspricht der theoretisch maximalen Geschwindigkeit, mit welcher der Strassenabschnitt mit ausreichender Sicherheit und Komfort befahren werden kann. [...]»

V_A : «Die Ausbaugeschwindigkeit (V_A) ist eine Vorgabe für den Ausbaugrad einer Strasse oder eines Strassenzugs. Sie wird grundsätzlich zusammen mit dem Strassentyp (HLS, HVS, VS) vor der Projektierung vom Bauherr festgelegt.

Die Ausbaugeschwindigkeit entspricht dem Minimalwert der Projektierungsgeschwindigkeit V_P , welcher auf dem ganzen Strassenzug nicht unterschritten werden soll. Sie dient zur Festlegung extremer Projektierungselemente wie minimalem Kurvenradius und maximaler Längsneigung eines Strassenzuges sowie zur Bestimmung eines geeigneten geometrischen Normalprofils.»

V_P : «Betriebs- und Gestaltungskonzept: Ermittlung und Erfüllung lokaler Bedürfnisse unter Berücksichtigung der übergeordneten Prinzipien (Projektierungsgeschwindigkeit, Beschränkung der maximalen Geschwindigkeit, Koexistenz).»

V_P :

«Sammelstrassen: Sammelstrassen werden in der Regel für Tempo 30 konzipiert. Eine höhere Projektierungsgeschwindigkeit ist nur in Ausnahmenfällen sinnvoll.»

Hauptverkehrsstrassen: Hauptverkehrsstrassen werden in der Regel für Tempo 50 konzipiert. Die fahrbahnbreite wird so gewählt, dass der Begegnungsfall LKW-LKW abgedeckt werden kann. Eine tiefere Projektierungsgeschwindigkeit ist namentlich in zentralen Bereichen sinnvoll.»

V_P (Velo): «Die minimalen Kurvenradien ergeben sich aus der Projektierungsgeschwindigkeit und den zusätzlichen Sicherheitsmaßnahmen.»

Aus Lernplattformen:

- Ausbaugeschwindigkeit:	Diese Geschwindigkeit kann über einen längeren Strassenabschnitt sicher gefahren werden.
- Projektierungsgeschwindigkeit:	Dies ist die höchste Geschwindigkeit, welche an einer bestimmten Stelle gefahren werden kann.
Was ist die Ausbaugeschwindigkeit v_A ?	Dies ist die minimale Geschwindigkeit, die auf einem ganzen Strassenzug nicht unterschritten werden darf.
Was ist die Projektierungsgeschwindigkeit V_P ?	Die Projektierungsgeschwindigkeit V_P ist die höchste Geschwindigkeit, mit der eine Stelle der Strasse entsprechend dem angenommenen Berechnungsmodell genügender Sicherheit befahren werden kann. Ihre Größe richtet sich nach den Radien der horizontalen Kurven. Sie dient zur Festlegung der örtlich notwendigen Sichtweiten, der minimalen vertikalen Ausrundung sowie der Beurteilung des Quergefälles.
Durch welche Größen bzw. Festlegungen wird die Projektierungsgeschwindigkeit (V_P) auf einem projektierenden Streckenabschnitt nach oben und nach unten begrenzt?	- $V_{P,min}$: Die minimale, projektierte Geschwindigkeit ist das Mittel zwischen der min. und max. Ausbaugeschwindigkeit.
$V_{P,min}$: ?	- $V_{P,max}$: Die maximale projektierte Geschwindigkeit ist somit die maximale Geschwindigkeit, in der ein Streckenabschnitt noch sicher befahren werden kann.
$V_{P,max}$: ?	

« V_A und V_P : Dies ist die höchste Geschwindigkeit pro Strassenabschnitt. Der Ingenieur plant das entsprechende Strassenelement meistens auf die zulässige Höchstgeschwindigkeit. Die Projektierungsgeschwindigkeit beeinflusst die Geometrie von Kurven, Kuppen und Wannen.»

Aus technischen Berichten:

5.2.1 Projektierungsgeschwindigkeit

Die Ausbaugeschwindigkeiten im Perimeter werden verändert (vgl. Kapitel 4.2 Lärm). Es wird eine Tempo 30er-Strecke auf rund 700m signalisiert.

Im Rahmen des Vorprojekts wurde eine Projektierungsgeschwindigkeit von $V_P = 40 \text{ km/h}$ definiert. Dieses Geschwindigkeitsniveau kann erreicht werden, indem die Radien nicht kleiner als 45 m projektiert werden. Diese minimalen Radien sind im vorliegenden Projekt in beiden Teilprojekten gegeben. Zudem wurden Kurvenverbreiterungen nach der VSS-Norm 40 105b angeordnet:

4.4.3 ‘Projektierungsgeschwindigkeit in Kurven’ in anderen VSS-Normen

Bei der Analyse der VSS-Normen wurde ferner festgestellt, dass in weiteren Normen im VSS-Normenwerk, welche die Projektierungsgeschwindigkeit V_p heranziehen, Unstimmigkeiten bestehen.

Zur Veranschaulichung eignet sich die Tabelle 1 der Norm VSS-40100a ‘Linienführung; Elemente der horizontalen Linienführung’ [67] (vgl. Abb. 19).

Tab. 1 Geschwindigkeitsabhängige Kennwerte der Trassierungselemente (gerundete Werte)											Tab. 1 Valeurs caractéristiques des éléments du tracé en plan en fonction de la vitesse (valeurs arrondies)										
Projektierungsgeschwindigkeit V_p [km/h]	40	50	60	70	80	90	100	110	120	Vitesse de projet V_p [km/h]	40	50	60	70	80	90	100	110	120	Longueur maximale de l’alignement [m]	
Maximale Länge der Geraden [m]	600	750	800	1050	1200	1350	1500	1650	1800	Longueur maximale de l’alignement [m]	30	40	50	65	90	115	150	190	250	Longueur minimale de l’alignement [m]	
Minimale Länge der Geraden [m]	30	40	50	65	90	115	150	190	250	Longueur minimale de l’alignement [m]	25	35	55	70	90	115	150	180	230	Longueur minimale de l’arc de cercle [m]	
Minimale Länge des Kreisbogens [m]	25	35	55	70	90	115	150	180	230	Longueur minimale de l’arc de cercle [m]	45	75	120	175	240	320	420	525	650	Rayon minimal de l’arc de cercle (dévers p = 7 %) [m]	
Minimaler Radius des Kreisbogens (Quergefälle p = 7 %) [m]	45	75	120	175	240	320	420	525	650	Rayon minimal de l’arc de cercle (dévers p = 7 %) [m]	35	50	70	90	120	150	180	220	270	Clothoide Valeur minimale du paramètre A de la clothoide [m]	
Klothoide Minimaler Wert des Parameters A der Klothoide [m]	35	50	70	90	120	150	180	220	270	Clothoide Valeur minimale du paramètre A de la clothoide [m]	0,85	0,79	0,68	0,62	0,51	0,45	0,41	0,36	0,30	Variation de l’accélération centrifuge non compensée K_Q [m/s^2]	
Änderung der nicht kompensierten Querbeschleunigung (Querdruck) K_Q [m/s^2]	0,85	0,79	0,68	0,62	0,51	0,45	0,41	0,36	0,30	Variation de l’accélération centrifuge non compensée K_Q [m/s^2]											

Legende:
Werte in Normalschrift: Grenzwerte
Werte in Kursivschrift: Richtwerte

Légende:
Valeurs en caractère normal: valeurs limites
Valeurs en italique: valeurs indicatives

Abb. 19 Geschwindigkeitsabhängige Kennwerte der Trassierungselemente (der horizontalen Linienführung) und Richtwerte [67]

Diese Norm zeigt, dargestellt in einer Tabelle, die «geschwindigkeitsabhängigen Kennwerte der Trassierungselemente» in Funktion der Projektierungsgeschwindigkeit V_p . Die Angaben weisen in dieser Darstellungsform mehrere Fehler auf und sind zudem unglücklich zusammengefasst, was das Verständnis der Geschwindigkeitsbegriffe V_A und V_p und deren Handhabung beeinträchtigt.

Eine Separierung nach den Elementen der horizontalen Linienführung (Gerade, Kreisbogen, Klothoide) wäre sowohl korrekter als auch nachvollziehbarer. Gleichzeitig müssten die Fehler korrigiert werden. Eine korrektere und besser verständliche Strukturierung der Zusammenhänge lässt SPACEK [2] entnehmen (vgl. Abb. 20).

V_p [km/h]	40	50	60	70	80	90	100	110	120	
L_G min [m]	30	40	50	65	90	115	150	190	250	
L_G max [m]	600	750	800	1'050	1'200	1'350	1'500	1'650	1'800	
Ausbaugeschwindigkeit V_A [km/h]	40	50	60	70	80	90	100	110	120	
Minimaler Radius des Kreisbogens R_{min} [m] (bei Quergefälle p = 7%)	45	75	120	175	240	320	420	525	650	
Minimale Länge des Kreisbogens L_B min [m]	25	35	55	70	90	115	150	180	230	
V_p [km/h]	40	50	60	70	80	90	100	110	120	
A min [m]	35	50	70	90	120	150	180	220	270	
R min [m]	45	75	120	175	240	320	420	525	≥ 650	

Abb. 20 Geschwindigkeitsabhängige Kennwerte der Trassierungselemente (der horizontalen Linienführung) und Richtwerte [2]

Allerdings hat sich auch in diesen Tabellen eine ungenaue Angabe eingeschlichen, wie in der untersten der drei Tabellen ersichtlich: Die Angabe zu den minimalen Klothoidenparametern A_{min} in Abhängigkeit von der Projektierungsgeschwindigkeit V_p ist korrekt,

hingegen ist R_{min} nicht abhängig von der Projektierungsgeschwindigkeit, sondern von der Ausbaugeschwindigkeit.

Die Analyse älterer Literatur zu den Geschwindigkeitsbegriffen (DIETRICH [34]) zeigt, dass differenziert angegeben wurde, ob V_p im Sinne der fahrdynamischen Grundgleichung $V_p = f(R)$ oder V_p aus dem Geschwindigkeitsdiagramm, das heisst $V_p = f(\text{Streckencharakteristik})$ den jeweiligen Richtwerten zugrunde liegt. Die Abb. 21 illustriert, dass beispielsweise den Richtwerten für die minimale Länge der Geraden die Projektierungsgeschwindigkeit gemäss Geschwindigkeitsdiagramm zugrunde liegt.

9.1.21 Minimale Geradenlänge									
Die in der folgenden Tabelle angegebenen Richtwerte der minimalen Geradenlänge hängen von der Projektierungsgeschwindigkeit ab (gem. Geschwindigkeitsdiagramm) und sollten nicht unterschritten werden (SN 640 100).									
Projektierungsgeschwindigkeit V_p (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Minimale Länge der Geraden (m)	30	40	50	65	90	115	150	190	250

Abb. 21 Geschwindigkeitsabhängige Kennwerte der Trassierungselemente (der horizontalen Linienführung) und Richtwerte [34]

Im Rahmen des Forschungsprojekts konnte nicht ermittelt werden, warum im Laufe der Zeit verschiedene Anpassungen und veränderte Darstellungen vorgenommen wurden. Es lassen sich jedoch Fehler identifizieren, die möglicherweise auf Fehlinterpretationen von Begriffen zurückzuführen sind. Daher sollten andere Normen, die einen Bezug zur hier behandelten Norm VSS-40080b aufweisen, geprüft und allenfalls angepasst werden.

4.5 Praxisanwendung: Vergleich Diagramme VSS-40080b und RAL 2012

4.5.1 Vorbemerkung

Angesichts der Erkenntnisse aus der Literaturanalyse und zur Handhabung sowie Anwendung der hier behandelten Norm VSS-40080b [1] wurde in Absprache mit der Begleitkommission beschlossen, sowohl das Schweizer Geschwindigkeitsdiagramm aus der Norm VSS-40080b [1] als auch die relevanten Diagramme aus der deutschen Richtlinie für die Anlage von Landstrassen RAL 2012 [35] exemplarisch an verschiedenen Schweizer Strassenabschnitten anzuwenden. Ziel dabei ist, die Ergebnisse hinsichtlich der Beurteilung der Homogenität der Linienführung und die Handhabung der beiden Diagramme, soweit möglich, miteinander zu vergleichen.

4.5.2 Vorgehen

Das Vorgehen beinhaltet die folgenden wesentlichen Schritte.

- Studium der Entwicklungsgeschichte der Diagramme:

In einem ersten Schritt erfolgt ein vertieftes Studium der beiden erwähnten Normen respektive Richtlinien und insbesondere der Entwicklungsgeschichte der im Rahmen der Forschung interessierenden Diagramme.

- Auswahl der Strassenabschnitte:

Es erfolgt eine sorgfältige Auswahl der Strassenabschnitte, die repräsentativ für die Anwendung der Diagramme beider Länder sind. Die Auswahlkriterien respektive erforderlichen Eigenschaften der Streckenabschnitte sind dem Berichtskapitel 4.5.3 zu entnehmen.

- Vorarbeiten, Aufbereiten der Grundlagen:

- Erstellung der Krümmungsbänder als Grundlage für das aufbauende Schweizer Geschwindigkeitsdiagramm,

- Konstruktion der Geschwindigkeitsdiagramme,
- tabellarische Darstellung der Elemente aller Straßenabschnitte und ihrer Kennwerte, als Grundlage für eine präzise Analyse und den Vergleich der länderspezifischen Ansätze,
- Bereitstellen der deutschen Diagramme ‘Verhältnis aufeinander folgender Radien’ und ‘Radien im Anschluss an Geraden’.
- Auswertung der Diagramme:
 - Auswertung der Geschwindigkeitsdiagramme nach VSS und Beurteilung der Geschwindigkeitsdifferenzen,
 - Auswertung der Diagramme nach RAL und Beurteilung der Verhältnisse aufeinanderfolgender Radien beziehungsweise der Einhaltung der zulässigen Mindestradien im Anschluss an Geraden.
- Erweiterung des Betrachtungsperimeters:
Ergänzend werden die Elemente der horizontalen Linienführung überprüft, um beispielsweise minimale und maximale Länge der Geraden, Kreisbogenlänge, Klothoidenparameter oder die Elementfolgen gemäss den länderspezifischen Richtwerten kennenzulernen und beurteilen zu können.

4.5.3 Fallbeispiele, Streckenabschnitte

Als Untersuchungsobjekte dienen 9 Projekte an Straßen ausserhalb besiedelter Gebiete in der Schweiz.

Die gewählten Projekte respektive Streckenabschnitte weisen folgende Eigenschaften auf:

- Sie sind im Minimum 800 m lang, so dass mehrere Elementfolgen über einen Straßenzug untersucht werden konnten.
- Sie beinhalten hinsichtlich Streckencharakteristik sowohl Bereiche mit Übergängen von gestreckter zu kurviger Linienführung als auch rein kurvige Abschnitte. Als «gestreckt» gelten nach Norm VSS-40080b [1] «Geraden und Kurven mit Radien $R > 420$ m, deren Gesamtlänge D (Abbildung 3) inkl. Übergangsbogen grösser ist als die Erfassungsdistanz D_E .»
- In ihrer Gesamtheit umfassen alle Streckenabschnitte weitgehend die wichtigsten Fälle, die sich aus der Konstruktion des Geschwindigkeitsdiagramms ergeben können, vergleiche Abb. 3 in [1].
- Es werden die Strassentypen Hauptverkehrsstrasse HVS und Verbindungsstrasse VS berücksichtigt. Passtrassen sind ausgeschlossen, da sie nicht zum Geltungsbereich der Norm zählen.
- Die Auswahl der Streckenabschnitte berücksichtigt zudem Sanierungs- und Neubauprojekte.

Eine Übersicht über die verwendeten Streckenabschnitte ist der folgenden Tab. 2 zu entnehmen.

Tab. 2 Streckenabschnitte für den Vergleich (Örtlichkeiten anonymisiert)

Nr. 1	Instandsetzung Kantonsstrasse
	<ul style="list-style-type: none"> - Ortsverbindungsstrasse in der Zentralschweiz - Abschnittslänge ca. 900 m - Signalisierte Geschwindigkeit vor der Instandsetzung: 70 km/h - Projekt: teilweise Herabsetzung V_{zul} auf 50 km/h aufgrund zu geringer Anhaltesichtweiten - Längsneigung: 0.1 % – 8.0 % - $R_{min} = 70$ m ($V_A = 50$ km/h = Minimalradius Soll $R = 75$ m)
Nr. 2	Instandsetzung Kantonsstrasse
	<ul style="list-style-type: none"> - Hauptverkehrsstrasse ausserorts in der Nordwestschweiz - Abschnittslänge ca. 800 m - Signalisierte Geschwindigkeit vor der Instandsetzung: 80 km/h respektive 60 km/h - Projekt: Erneuerung Kantonsstrasse - Längsneigung: 4.7 % – 11 % - $R_{min} = 100$ m ($V_A = 50$ km/h = Minimalradius Soll $R = 75$ m)
Nr. 3	Neutrassierung Kantonsstrasse
	<ul style="list-style-type: none"> - Verbindungsstrasse sowie Zubringer zu einer Berggemeinde in der Südostschweiz - Verlegung respektive Neubau der Verbindungsstrasse, weil das Längsgefälle mit 18 % nicht normkonform ist. Aus topographischen Gründen kann dieses nicht korrigiert werden. - Abschnittslänge Neubau: ca. 2.1 km - Annahme signalisierte Geschwindigkeit: 80 km/h (Keine Angaben zu V_{zul} im Projekt) - Längsneigung: 0.4 % – 12 % - $R_{min} = 18$ m (V_A nicht bekannt)
Nr. 4	Strassenkorrektion Kantonsstrasse
	<ul style="list-style-type: none"> - Strassenkorrektion einer Hauptstrasse im bergigen Gebiet in der Südostschweiz - Ausbau Strassenquerschnitt auf 7.0 m, weitgehende Beibehaltung Linienführung - Abschnittslänge: ca. 1.9 km - Annahme $V_{zul} = 80$ km/h (Keine Angaben zu den Geschwindigkeiten im Projekt) - Längsneigung: 0.45 % – 2.33 % - $R_{min} = 30$ m (Annahme $V_A = 60$ km/h, d.h. der Mindestradius müsste $R_{min} = 120$ m betragen)
Nr. 5	Sanierung Kantonsstrasse
	<ul style="list-style-type: none"> - Regionale Ortsverbindungsstrasse im Kanton Bern - Belagssanierung und Anpassung an kantonale Standards - Abschnittslänge 1.5 km - Generelle Höchstgeschwindigkeit 80 km/h, Abschnitte mit Herabsetzung auf 50 km/h - Längsneigung: maximal 5 % - $R_{min} = 31$ m (V_A nicht bekannt, Streckencharakteristik spricht für $V_A = 50$ km/h, $R_{min} = 75$ m)
Nr. 6	Sanierung Kantonsstrasse
	<ul style="list-style-type: none"> - Hauptverkehrsstrasse im Kanton Sankt Gallen - Abschnittslänge: 1 km (0.99) - $R_{min} = 72$ m (V_A nicht bekannt, Streckencharakteristik spricht für $V_A = 50$ km/h, $R_{min} = 75$ m)
Nr. 7	Sanierung Kantonsstrasse
	<ul style="list-style-type: none"> - Regionale Verbindungsstrasse im Kanton Zürich - Korrektion Linienführung - Abschnittslänge: 3.5 km - Generelle Höchstgeschwindigkeit 80 km/h, Abschnitte mit Herabsetzung auf 50 km/h - $R_{min} = 90$ m (V_A nicht bekannt)
Nr. 8	Neubau Kantonsstrasse
	<ul style="list-style-type: none"> - Hauptverkehrsstrasse, anbaufrei - Neubau - Abschnittslänge: 2.1 km - Generelle Höchstgeschwindigkeit 80 km/h - $R_{min} = 240$ m (Annahme $V_A = 80$ km/h)

4.5.4 Ergebnisse

Entwicklungsgeschichte im Vergleich, ausgewählte Aspekte

Die Anfänge der Entwurfsrichtlinien reichen in der Schweiz und in Deutschland zurück bis vor und während des Zweiten Weltkrieges. Schon zu Beginn legten beide Länder Vorgaben fest, die eine sichere Trassierung von Straßen gewährleisten sollten.

In den Schweizer Straßenbau-Normalien von 1941 [81] waren die Geschwindigkeitsbegriffe Ausbau- und Projektierungsgeschwindigkeit noch nicht vorhanden. Sie wurden erstmals 1969 mit der Schweizer Vornorm SNV 640080 «Projektierungsgrundlagen, Ausbau- und Projektierungsgeschwindigkeit» [82] eingeführt. Dieser Norm lässt sich ein Anwendungsschema der Projektierungsgeschwindigkeit entnehmen, welches vereinfacht den Verlauf der Projektierungsgeschwindigkeit darstellt (vgl. Abb. 22).

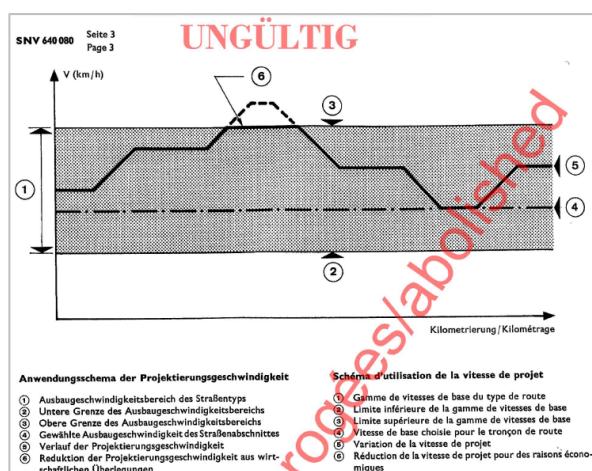


Abb. 22 Anwendungsschema der Projektierungsgeschwindigkeit 1969, aus [82]

Zeitgleich wurde die Schweizer Vornorm SNV 640081 «Projektierungsgrundlagen, Projektierungsgeschwindigkeiten in Kurven und Steigungen» [85] veröffentlicht. Die Einführung des Geschwindigkeitsmodells mit seiner Umsetzung im Geschwindigkeitsdiagramm wurde mit der Schweizer Vornorm SNV 640092 «Projektierung Kontrollen, Geschwindigkeitsdiagramm» im Jahr 1972 [84] eingeführt, mit dem Ziel, eine homogene Linienführung zu gewährleisten, indem gefährliche Geschwindigkeitsschwankungen infolge Trassierung erkannt und vermieden werden.

Anfang der 80er Jahre wurden die zuvor genannten Schweizer Vornormen zusammengeführt und durch die Schweizer Norm SN 640080a «Projektierung Grundlagen, Geschwindigkeit als Projektierungselement» (1981) [85] abgelöst. Es erfolgte eine Differenzierung der maximalen Geschwindigkeitsdifferenzen, bei Trassierungselementen mit Projektierungsgeschwindigkeiten unter 70 km/h sind Elementfolgen mit Geschwindigkeitsdifferenzen von maximal 10 km/h anzustreben, darüber weiterhin 20 km/h. Eine Fortschreibung erfolgte mit der SN-640080b im Jahr 1991, welche mit neuer Nummerierung als VSS-40080b aktuell gültig ist. Anpassungen betreffen die Einführung einer strengeren Anforderung im Fall von Übergängen von gestreckten Trassierungselementen zu Kurven mit $V_P < 80$ km/h, dann sollte $\Delta V = 5$ km/h nicht überschritten werden. Hingegen wurde die Unterscheidung 10 km/h oder 20 km/h aufgehoben.

In Deutschland geht laut KÖPPEL [86] die Einführung «Vorläufiger Richtlinien für den Ausbau von Landstrassen RAL» auf das Jahr 1937 zurück. Diese frühen Richtlinien basieren demnach jedoch ausschliesslich auf rein fahrdynamischen Prinzipien. LIPPOLD [71] ist zu entnehmen, dass diese Richtlinien, unter Berücksichtigung verschiedener Fortschreibungen 1942 und 1947, bis zum Jahre 1959 teilweise sogar bis 1966 in ihren Grundzügen und in ihrer Methodik Bestand hatten. Im Entwurf der Richtlinien für die Anlage von Landstrassen 1959 erfolgte eine Begriffsänderung, von Ausbaugeschwindigkeit zu Entwurfsgeschwindigkeit [76]. Wesentliche Änderungen in der Entwurfsphilosophie für

Landstrassen wurden 1973 mit der «Richtlinie für Landstrassen RAL-L» vorgenommen, einschliesslich der Einführung der Geschwindigkeit V85 als zweitem Geschwindigkeitsbegriff und einer Neudefinition der Entwurfsgeschwindigkeit. Aus [71] geht ferner hervor, dass die RAL-L-1 von 1973 mit dem Ziel konzipiert wurden, Regelwerke zu erstellen, die sich durch Kürze, Verbindlichkeit und Übersichtlichkeit auszeichnen. Dabei wurde bewusst auf die Einbeziehung von Formeln, wissenschaftlichen Hintergründen oder ausführlichen Erklärungen verzichtet. Um diese Lücke zu schliessen, erfolgte allerdings 1979 die Veröffentlichung eines umfassenden Kommentars zu den Richtlinien.

Eine weitere Neuerung in der Ausgabe 1973 war die Einführung des «Diagramms Relationstulpe». Die Richtlinien der RAL-L von 1963 empfahlen zwar, dass die Radien aufeinanderfolgender Kurven in einem harmonischen Verhältnis stehen sollten, doch erst die Einführung des neuen Diagramms veranschaulichte diese Empfehlung visuell (vgl. Abb. 23). Dadurch wurde laut [71] die Bedeutung klarer und die Umsetzung der Empfehlungen wesentlich verbessert.

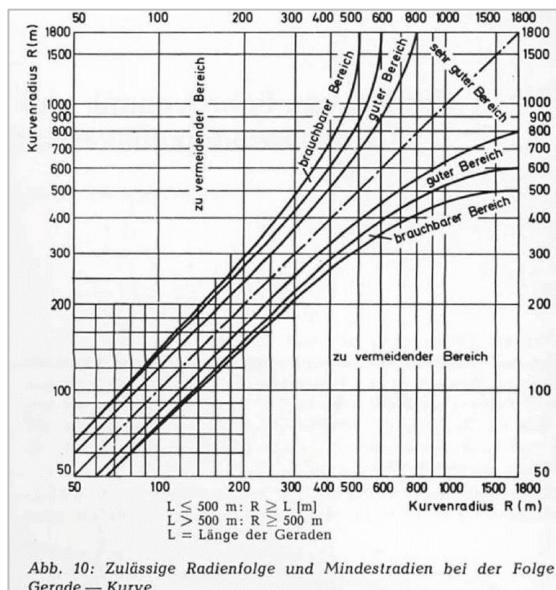


Abb. 10: Zulässige Radienfolge und Mindestradien bei der Folge Gerade — Kurve.

Abb. 23 Relationstulpe 1973: Zulässige Radienfolge und Mindestradien bei der Elementfolge Gerade-Kurve (RAL-L, 1973), aus [71]

Nach weiteren Fortschreibungen früherer Normen in den 1980er Jahren wurde in Deutschland laut LIPPOLD [71] die Entwicklung einer neuen Generation von Entwurfsrichtlinien beschlossen. Diese mündete unter anderem in eigenständige Richtlinien für Landstrassen. Mit dem Zusammenschluss verschiedener Teilrichtlinien im Jahre 2012 wurde der Begriff Entwurfsgeschwindigkeit abgeschafft. Zur Verhinderung von Missverständnissen sowie zur Erkennbarkeit der verschiedenen Strassentypen durch die Fahrzeuglenkenden wurde ein neuer Begriff, die sogenannten Entwurfsklassen, eingeführt. Aus verschiedenen Quellen lässt sich entnehmen, dass mit den vier Entwurfsklassen eine stärkere Standardisierung in der Gestaltung von Landstrassen angestrebt wird, um die Verkehrssicherheit zu erhöhen (unter anderem HARTKOPF [109], ZIMMERMANN [108], bast [107]). Die Zuteilung der vier Entwurfsklassen berücksichtigt die Verkehrsnachfrage und die Strassenkategorie gemäss den Richtlinien für integrierte Netzgestaltung [107].

Trotz einer in diesem Zusammenhang angedachten Abkehr von Geschwindigkeitsbegriffen, wurde anstelle der 'Entwurfsgeschwindigkeit' die 'Planungsgeschwindigkeit' eingeführt, wie aus einem informellen Gespräch mit ZIMMERMANN [19] hervorgeht. Die Planungsgeschwindigkeit wird nach [35] definiert als: «Den Landstraßen einer Entwurfsklasse ist mit dem Ziel einer standardisierten Ausbildung eine Planungsgeschwindigkeit zugeordnet, die sich an der Netzfunktion orientiert. Diese bestimmt die fahrdynamisch begründeten Grenzwerte einzelner Entwurfsparameter. Die Planungsgeschwindigkeit ist nicht identisch mit der zulässigen Höchstgeschwindigkeit nach der Straßenverkehrsordnung.». Laut ZIMMERMANN [108] bleibt die Überführung in das Bestandsnetz eine

kontinuierliche Herausforderung, die darin besteht, die theoretischen Grundlagen der Strassengestaltung mit den praktischen Anforderungen und den wirtschaftlichen Randbedingungen in Einklang zu bringen.

Die Analyse der Entwicklungen in Deutschland und der Schweiz zum Entwurf von Landstrassen zeigt klare Parallelen in ihren Ansätzen, auch wenn die spezifischen Details und Begrifflichkeiten variieren. Beide Länder streben danach, ihre Landstrassen durch festgelegte Entwurfsvorgaben zu standardisieren. Während Deutschland einen mehr klassenbasierten Ansatz mit spezifischen Entwurfsklassen verfolgt, fokussiert die Schweiz auf die Anpassungsfähigkeit durch Ausbaugeschwindigkeiten, ebenfalls auf Basis von Strassentypen und weiteren Einflussgrössen innerhalb vorgegebener Bereiche, und damit auf den entsprechenden Ausbaugrad. Die Ausbaugeschwindigkeit stellt dabei das Bindeglied zwischen Linienführung und Querschnitt dar.

Die Abstimmung der Radien respektive Elemente entlang der Strecke wird in der Schweiz mithilfe der Normen VSS-40100a Elemente der horizontalen Linienführung sowie VSS-40080b anhand des Geschwindigkeitsdiagramms entworfen und/oder überprüft. In beiden Fällen besteht das Ziel in einer klaren und standardisierten Strassengestaltung und der Förderung der Verkehrssicherheit.

Ein wesentlicher Unterschied besteht in der Aufbereitung der Normen in der Schweiz respektive der Richtlinien in Deutschland. Das Schweizer Normenwerk besteht aus einer Vielzahl an Einzelnormen, während die deutschen Richtlinien kompakter gefasst sind. Für Fachleute, die nicht regelmässig mit den Normen arbeiten, könnte die grosse Anzahl an Einzelnormen die Orientierung und das Beachten der Anforderungen erschweren.

Vergleich der Diagramme

Zum Vergleich der Anwendung der Diagramme und der Ergebnisse ist anzumerken, dass sich das Spektrum der geltenden Höchstgeschwindigkeiten auf Schweizer Ausserortsstrassen resp. deutschen Landstrassen deutlich unterscheidet. Im Gegensatz zu Deutschland liegt die allgemeine Höchstgeschwindigkeit in der Schweiz bei 80 km/h, was einen Vergleich nur teilweise ermöglicht, und tendenziell nur in Bezug auf das grundlegende Prinzip als in konkreten Werten. Das bedeutet ferner, dass nur zwei der vier in der RAL festgelegten Entwurfsklassen für den Vergleich mit der Schweizer Praxis annähernd vergleichbar sind.

Ein erster grober Vergleich der Radienverhältnisse gemäss Radientulpe der RAL2012 und der «einfachen Differenz» zwischen den V_p -Werten aus dem Funktionszusammenhang $V_p = f(R)$ gemäss Tabelle 2 der VSS-40080b zeigt eine weitgehende Übereinstimmung hinsichtlich beider Diagramme: die Radienverhältnisse im guten Bereich stimmen mit den «einfachen Differenzen» zwischen den V_p -Werten weitgehend überein. (Achtung: einfach heisst ohne Berücksichtigung des Verlaufs von V_p in Funktion der Krümmungsverhältnisse gemäss Geschwindigkeitsmodell). Dieser Vergleich ist aber aus Sicht des Schweizer Modellansatzes zur Beurteilung der Homogenität der Linienführung nicht zulässig.

Für die Anwendung und korrekte Auswertung der Geschwindigkeitsdifferenzen muss in der Schweiz das Geschwindigkeitsdiagramm erstellt werden. Erst die sich aus dem theoretischen Verlauf von V_p infolge der Krümmungsverhältnisse ergebenden Geschwindigkeitsdifferenzen sind mit den beiden Diagrammen aus der RAL 2012 (Verhältnis aufeinanderfolgender Radien (Radientulpe) und Radien im Anschluss an Geraden (vgl. Abb. 9)) zu vergleichen.

«Aufeinanderfolgende Kurven»

Anhand einfacher Beispiele für Übergänge aufeinanderfolgender Kurven (gemäss Richtlinien/Normen mit Klothoiden) lässt sich verdeutlichen, inwieweit eine Vergleichbarkeit möglich ist, insbesondere weshalb andere Beurteilungen auf Basis der beiden länderspezifischen Vorgaben resultieren können. In den vereinfachten Beispielen wird davon ausgegangen, dass der Übergang nicht aus einer gestreckten Linienführung erfolgt (keine

«gestreckten Trassierungselemente» gemäss VSS-40080b). Gleichzeitig wird für den Vergleich mit zwei Varianten für das Geschwindigkeitsdiagramm gearbeitet, indem sowohl die minimale und mal die maximale Klothoidenlänge gewählt wurde.

Die Ergebnisse eines ersten einfachen Vergleichs sind aus Abb. 24 ersichtlich.

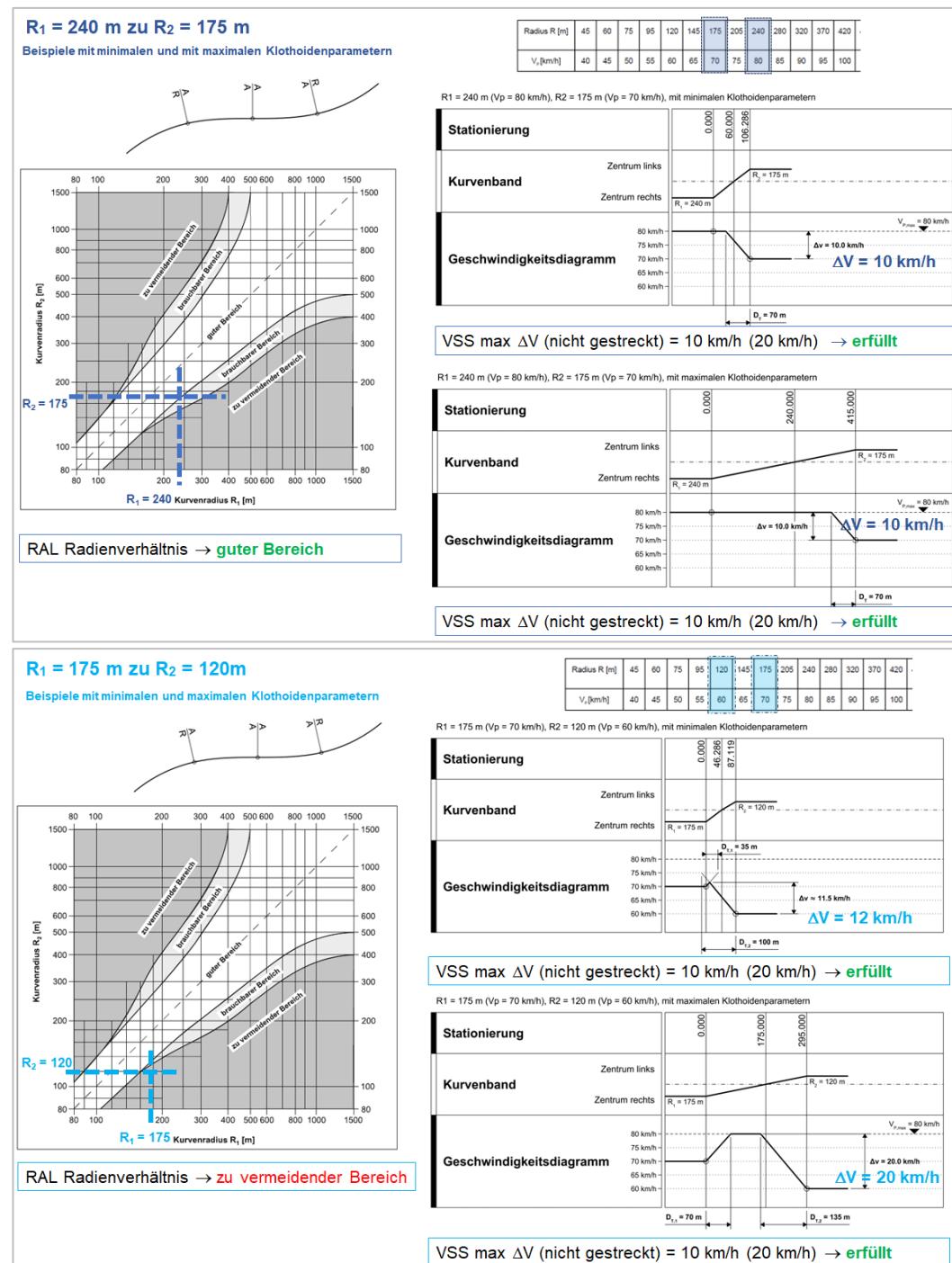


Abb. 24 Vergleich 1 – Radienverhältnisse und maximale Geschwindigkeitsdifferenzen (gezeichnet Dominic Grünig)

Aus Abb. 24 lässt sich beispielsweise erkennen, dass die RAL im kleinen Radienbereich strengere Anforderungen stellt als die Schweizer Norm, und im oberen Radienbereich grössere Radienabstufungen sprich Geschwindigkeitsschwankungen zulässt.

Das folgende zweite Beispiel in Abb. 25 veranschaulicht, dass die Radientulpe die geltenden Höchstgeschwindigkeiten nicht berücksichtigt, das Geschwindigkeitsdiagramm hingegen schon. Im Schweizer Geschwindigkeitsmodell wird davon ausgegangen, dass sich die Fahrzeuglenkenden regelkonform verhalten. Im Geschwindigkeitsdiagramm wird daher die Projektierungsgeschwindigkeit V_p für den Kurvenradius $R = 400$ m auf die geltende Höchstgeschwindigkeit begrenzt. V_p beträgt somit nicht 100 km/h sondern 80 km/h. Im gezeigten Beispiel resultiert nach VSS im Geschwindigkeitsdiagramm eine Geschwindigkeitsdifferenz von 10 km/h, für beide Varianten Klothoidenlängen. Damit werden die Bedingungen an eine homogene Linienführung erfüllt. Hingegen liegt das Radienverhältnis nach RAL im zu vermeidenden Bereich.

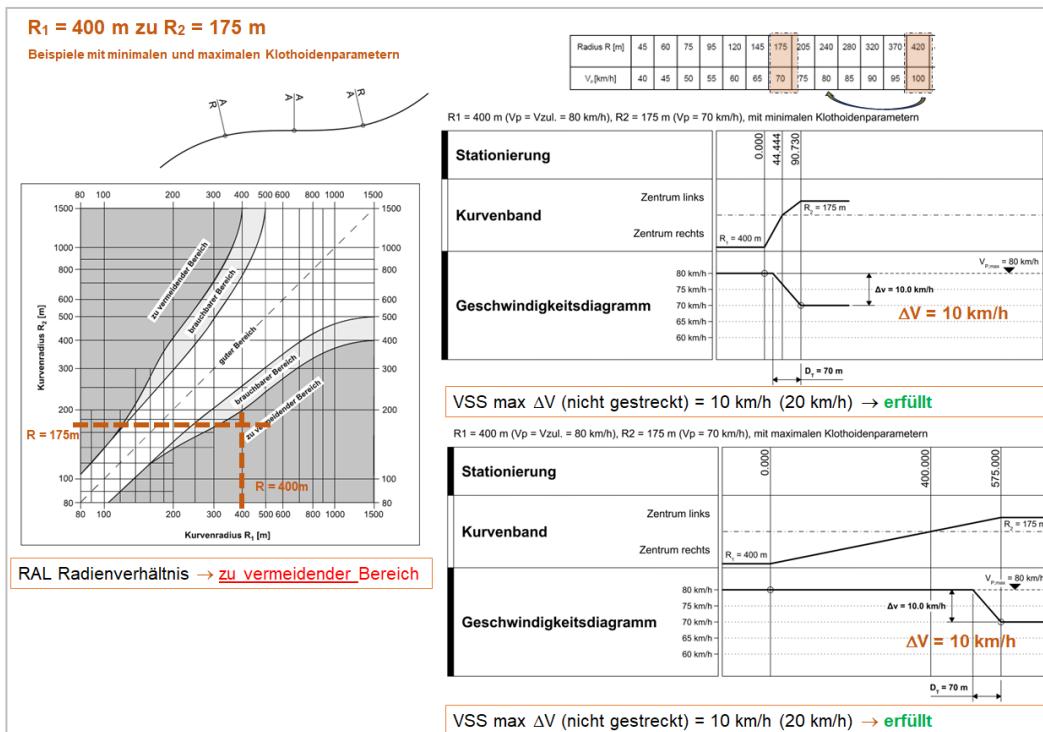


Abb. 25 Vergleich 2 – Radienverhältnisse und maximale Geschwindigkeitsdifferenzen (gezeichnet Dominic Grünig)

«Radien im Anschluss an Geraden»

Bei einem Vergleich zwischen dem Diagramm ‘Radien im Anschluss an Geraden’ (RAL2012) und den Schweizer Anforderungen an die Geschwindigkeitsdifferenzen gibt es weitere Aspekte zu berücksichtigen. Es besteht eine wichtige Übereinstimmung hinsichtlich der Berücksichtigung der Charakteristik der Linienführung vor einer Kurve. Ein Unterschied besteht dahingehend, dass die RAL sich auf Geraden bezieht, die Schweizer Norm sowohl auf Geraden als auch Radien mit $R \geq 420$ m, sofern deren Gesamtlänge inklusive Übergangsbogen grösser ist als die Erfassungsdistanz D_E (bezeichnet als ‘gestreckt’). Die Bedingungen gemäss VSS-40080b sehen in diesem Fall vor, wenn es sich um einen Übergang von ‘gestreckten Trassierungselementen’ zu einem Element mit einer Projektierungsgeschwindigkeit $V_p < 80$ km/h handelt, ein $\Delta V = 5$ km/h einzuhalten.

Folgt beispielsweise auf $R = 1000$ m ein Kurvenradius $R = 205$ m, lässt sich das deutsche Diagramm ‘Radien im Anschluss an Geraden’ nicht anwenden, der Übergang muss nach dem Diagramm ‘Verhältnis aufeinanderfolgender Radien’ beurteilt werden. In der Schweiz muss hingegen geprüft werden, ob alle Bedingungen für «gestreckt» erfüllt sind, um die relevanten maximalen Geschwindigkeitsdifferenzen heranziehen zu können.

Anwendung der Diagramme an den Fallbeispielen

► Die Analyse von Schweizer Strassenabschnitten anhand der Diagramme zeigt, dass mit beiden Methoden (RAL und VSS) kritische Übergänge erkannt werden (Radienverhältnisse respektive Geschwindigkeitsdifferenzen). Je nach Methode und Streckencharakteristik bestehen mehr oder weniger Übereinstimmungen, grundsätzlich erweisen sich beide Methoden aber als zielführend.

Unterschiede in der Auswertung der Fallbeispiele treten insbesondere im unteren Radienbereich auf.

Es zeigte sich insbesondere, dass die Diagramme der RAL eine Bewertung als unbrauchbar angeben, während nach VSS diese Übergänge noch als akzeptabel gelten. Diese Diskrepanz ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass gemäss Schweizer Norm zwar eine Geschwindigkeitsdifferenzen bis maximal 10 km/h anzustreben ist, aber gleichzeitig Differenzen bis 20 km/h zulässig sind.

Ein weiterer Unterschied zeigt sich im oberen Radienbereich. Bei einem hohen Ausbaugrad mit Ausbaugeschwindigkeit $V_A = 80 \text{ km/h}$ und Nichtunterschreitung des entsprechenden Mindestradius von $R = 240 \text{ m}$ zeigt das Geschwindigkeitsdiagramm eine «gerade Linie» auf dem Niveau von $V_P = 80 \text{ km/h}$, was in der Auswertung bedeutet, dass sich gemäss Modell keine Geschwindigkeitsschwankungen ergeben, (sofern die geltenden Höchstgeschwindigkeiten von den Fahrzeuglenkenden beachtet werden = Grundlage Modell), also eine homogene Linienführung resultiert. Dieser Fall der ‘geraden Linie’ wird nicht als problematisch beurteilt, da die Abstimmung der Elemente, die theoretisch eine höhere Geschwindigkeit als die geltende Höchstgeschwindigkeit zulassen, mit den Anforderungen gemäss Norm VSS-40100a [67] abgedeckt werden sollten.

Ein fachlicher Austausch mit ZIMMERMANN [108] verdeutlicht, dass den Radienverhältnissen in der RAL höchstwahrscheinlich die gleichen Modelle zugrunde liegen wie dem Geschwindigkeitsmodell in der VSS-Norm. Zimmermann betont, dass es wichtiger ist, die Radienverhältnisse einzuhalten, als einen bestimmten Radius strikt zu befolgen, was oft aufgrund des unverhältnismässigen Aufwands auch nicht möglich ist.

Da das bestehende Strassennetz über viel Jahre gewachsen ist, ist es nicht realistisch, alle Strassen vollständig neu zu bauen, um den neuen Richtlinien (RAL) zu entsprechen. ZIMMERMANN [108] hält daher die Festlegung der oberen Radiengrenzen eher für praxisfern. Der Einhaltung dieser Obergrenzen kommt deutlich weniger Bedeutung zu als der Einhaltung der Radienrelationen in diesem Bereich. Bei Radien über 400 m bis 500 m sei die Abstimmung jedoch weniger bedeutend als in den unteren Radienbereichen. Das «Merkblatt zur Anwendung der Entwurfsklassen der RAL an bestehenden Strassen» (M ERL), Ausgabe 2023 [125], anerkennt den Umstand, dass bestehende Strassen häufig nicht den Vorgaben der RAL entsprechen. Im Rahmen von Um- und Ausbauten sind zwar die Regelmasse nach RAL anzustreben. Wenn dies jedoch nicht möglich ist, sind bestimmte Mindestvoraussetzungen zu erfüllen. Für bestehende Strassen der Entwurfsklassen EKL 3 und 4, etwa vergleichbar mit Schweizer Ausserortsstrassen, sieht das Merkblatt für die Linienführung allerdings keine Mindestvoraussetzungen vor.

Die Diagramme liefern ausschliesslich Informationen darüber, ob die Homogenität der Linienführung im Sinne der Vermeidung von gefährlichen Geschwindigkeitsschwankungen aufgrund der horizontalen Krümmungsverhältnisse gegeben ist. Sie geben keine Auskunft darüber, ob die Elementfolge und die Anforderungen an die Elemente eingehalten werden. Dazu sind weitere sowohl nach RAL als nach VSS erforderlich, unter anderem hinsichtlich der Verknüpfung der Lageplanelemente oder der Kennwerte der Elemente. Auch das Geschwindigkeitsdiagramm ersetzt diese Kontrollen nicht, bietet aber durch die Visualisierung des Verlaufs der Projektierungsgeschwindigkeit in Funktion der Streckencharakteristik unterstützende Hinweise und eine wichtige Grundlage bei der Prüfung von Verbesserungsmöglichkeiten.

Im Rahmen der Forschungsarbeit erfolgte - ergänzend zur Anwendung der Diagramme - eine stichprobenhafte Überprüfung der Eigenschaften und der Abstimmung der Elemente

der horizontalen Linienführung. Es wird festgestellt, dass die geschwindigkeitsabhängigen Richt- und Grenzwerte der Elemente der Linienführung in beiden Ländern zwar ähnlich, aber nicht identisch sind und daher sich daher nur begrenzt vergleichen lassen. Beispielsweise sind die Richtwerte der Mindestlängen für Radien in den RAL annähernd halb so lang wie in der Norm VSS-40100a [67], was je nach Streckencharakteristik zu unterschiedlichen Bewertungen führt.

Darüber hinaus zeigt sich, dass hinsichtlich der Anwendung der Klothoiden Handlungsbedarf besteht. Bei der Suche nach Projekten für die Untersuchungsstrecken hat sich gezeigt, dass die wenigsten Projekte bei der Trassierung die Anordnung von Klothoiden vorsehen. Umfragen unter Studierenden der Berner Fachhochschule, welche eine Ausbildung als ZeichnerInnen absolviert haben und in der Praxis teilweise als ZeichnerInnen tätig sind, bestätigen dies. Die Trassierungsmodelle beider Länder setzen dies aber voraus.

► Die Handhabung der Diagramme erscheint gleichwertig, insbesondere vor dem Hintergrund der weitergehenden Auswertung über die Geschwindigkeitsdifferenzen und Radienverhältnisse hinweg.

► Im Weiteren zeigt die Anwendung der Norm VSS-40080b Handlungsbedarf auf, der sich insbesondere auf Diskrepanzen innerhalb der Norm bezieht. Diese Diskrepanzen, beispielsweise im Normtext oder bei der Anleitung zur Konstruktion, bedürfen einer dringenden Revision.

4.6 Erfahrungen aus informellen Gesprächen in Fachkreisen und aus der Berufspraxis der Autoren

4.6.1 Erfahrungen hinsichtlich Anwendung der Norm

Aus informellen Gesprächen mit Fachkolleginnen und Fachkollegen aus verschiedenen Kantonen ergeben sich weitere wertvolle Erkenntnisse zur Handhabung und Anwendung der Norm VSS-40080b [1].

Die erkannten Herausforderungen und Praktiken in der Anwendung der Norm VSS-40080b lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Generell: Die Anwendung und Interpretation der Norm VSS-40080b bereitet häufig Schwierigkeiten.
- Generell: Es herrscht häufig Unwissenheit seitens der Auftragnehmenden darüber, dass sich der Geltungsbereich der Norm nur auf Strassen, die fahrdynamischen Anforderungen genügen müssen, erstreckt (und nicht auf Strassen innerhalb von besiedelten Gebieten, wie beispielsweise Quartierstrassen).
- Die Unterscheidung zwischen Ausbaugeschwindigkeit V_A und Projektierungsgeschwindigkeit V_P ist sowohl bei Auftragnehmenden als auch bei politischen Entscheidungsträgern oft unklar.
- Die Ausbaugeschwindigkeit V_A wird in technischen Berichten oft nicht ausreichend spezifiziert.
- Eine Vorgabe von V_A seitens Bauherren erfolgt eher selten, meist werden die Anforderungen in der Nutzungsvereinbarung festgehalten.
- Zum Umgang mit Geschwindigkeitsdiagrammen lassen sich die Aussagen in zwei Gruppen unterteilen:
 - Geschwindigkeitsdiagramme «existieren» nicht.
 - Geschwindigkeitsdiagramme werden nicht gefordert, da die Sicherheitsarbeit hauptsächlich bei den Büros liegt; nur bei Grossprojekten erfolgt häufig eine Überprüfung des Entwurfs durch Road Safety Audits.
- Die Zusammenhänge zwischen Projektierungsgeschwindigkeit V_P , V_{85} und den Anhaltesichtweiten werden wiederholt als schwer verständlich erwähnt.

Die langjährigen Erfahrungen der Autoren im Bereich der Straßenprojektierung, sowohl in der ausführenden Projektierung, auf Seiten der Verwaltung und in der Verkehrssicherheitsarbeit, stimmen mit den zuvor genannten Erkenntnissen überein. Zudem zeigen Erfahrungen aus 16 Jahren Weiterbildung, dass Teilnehmerinnen und Teilnehmer mit den Prinzipien der Geschwindigkeit als Projektierungselement, den Geschwindigkeitsbegriffen und dem Geschwindigkeitsmodell inklusive seiner Umsetzung im Geschwindigkeitsdiagramm sowie deren Bedeutung auffällig wenig vertraut sind.

4.6.2 Generierung von Geschwindigkeitsdiagrammen: Notwendigkeit ihrer Automatisierung

In der Straßenentwurfspraxis ist heute der Einsatz von CAD-Software Standard. Es stehen umfangreiche CAD-Tools zur Verfügung, die den gesamten Planungsprozess von der Planung bis zur Ausführung versprechen. Doch obwohl CAD-Programme es ermöglichen, detaillierte Straßenentwürfe zu erstellen und zu visualisieren, ist die automatische Generierung von Geschwindigkeitsdiagrammen eine Ausnahme.

Die manuelle Konstruktion von Geschwindigkeitsdiagrammen ist heute mit einem hohen Zeitaufwand verbunden und fehleranfällig. Dabei spielt es kaum eine Rolle, ob die Diagramme entweder auf Papier oder mit traditionellen Zeichnungswerkzeugen erstellt werden. In jedem Fall ist es die bearbeitende Person, die jeden Aspekt des Entwurfs sorgfältig plant, skizziert und zeichnet.

Die Nutzung digitaler Tools zur automatischen Generierung von Geschwindigkeitsdiagrammen würde dazu beitragen, das Risiko von Fehlern zu minimieren und den Arbeitsaufwand deutlich zu reduzieren.

Nach intensiver Recherche in Schweizer Fachkreisen wurde lediglich ein Ingenieurbüro identifiziert, das eine Software zur Generierung von Geschwindigkeitsdiagrammen verwendet. Freundlicherweise wurde von diesem Büro ein im Rahmen eines Projekts generiertes Geschwindigkeitsdiagramm zur Verfügung gestellt (Abb. 26).

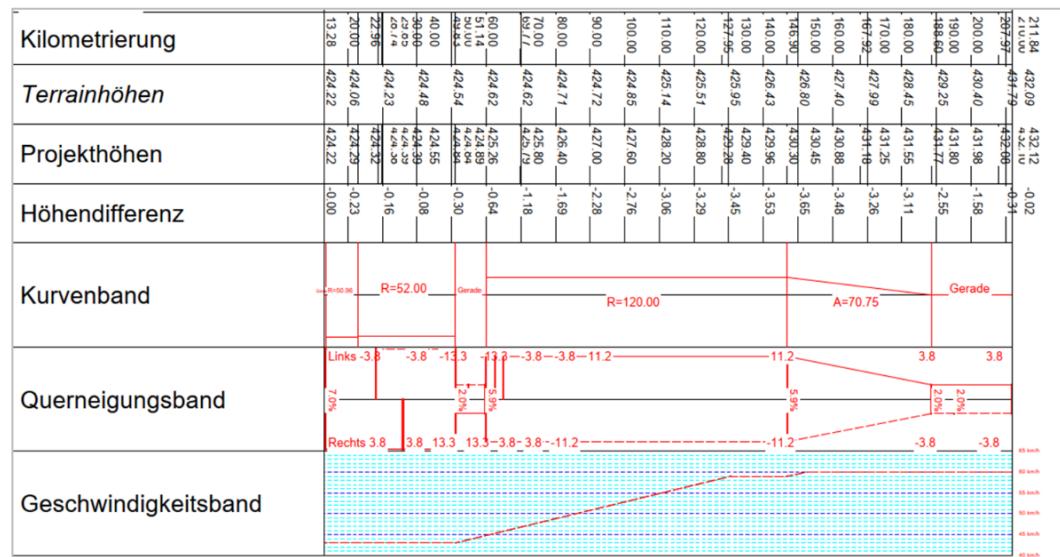


Abb. 26 Auszug aus einem Geschwindigkeitsdiagramm (Projekt Neubau, HVS ausserorts) [Quelle bekannt, anonymisiert]

Trotz sorgfältiger Eingaben weist das oben abgebildete generierte ‘Geschwindigkeitsband’ Fehler auf. Eine Analyse der festgestellten Fehler (ohne Kenntnis weiterer Angaben) legt nahe, dass diese vermutlich auf eine ungenaue Abbildung der Grundlagen und Annahmen des Geschwindigkeitsmodells durch die spezifische Software zurückzuführen sind.

Fehler in der Darstellung können zu Fehlinterpretationen und somit die Genauigkeit der Auswertung beeinträchtigen. Im Rahmen der Forschung war es trotz Nachfragen beim

Softwareanbieter nicht möglich, Informationen zur Klärung der Fehler im Geschwindigkeitsband zu erhalten. Die Fehler könnten darauf zurückzuführen sein, dass die in der Norm VSS-40080b [1] beschriebenen Modellgrundlagen des Geschwindigkeitsmodells möglicherweise fehlerhaft übernommen oder nicht vollständig verstanden wurden.

Die verständliche Aufbereitung der Modellgrundlagen in der Norm bildet daher eine wesentliche Basis für eine erfolgreiche digitale Umsetzung des Geschwindigkeitsdiagramms und gewährleistet, dass das Geschwindigkeitsdiagramm seinen Zweck erfüllt, indem es präzise und zuverlässige Informationen zur Bewertung der Homogenität der Linienführung liefert.

Die Generierung von Geschwindigkeitsdiagrammen durch CAD-Software birgt jedoch aktuell Herausforderungen, die die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Ergebnisse beeinflussen können. Die Ergebnisse aus Forschung und Praxis verdeutlichen bereits für die manuelle Anwendung (inkl. CAD) die Bedeutung einer präzisen und verständlichen Aufbereitung theoretischer Grundlagen. Für die erfolgreiche Anwendung digitaler Werkzeuge, ganz generell und in der Planung und im Bau von Strassen, ist die korrekte und verständliche Aufbereitung theoretischer Grundlagen ebenso unerlässlich. Sie bildet die Basis für Qualität, Sicherheit, Effizienz und Nachhaltigkeit in allen Phasen eines Projekts.

Die klare Dokumentation der Modellgrundlagen hilft ferner, Fehler in der digitalen Umsetzung zu vermeiden. Wenn die Fachleute die Modelle in ihre jeweiligen Produkte umsetzen, sollten sie idealerweise verstehen, welche Annahmen und warum bestimmte Modellierungsentscheidungen getroffen wurden.

NOVOVIC [120] erkennt ein weiteres Problem: Softwarehersteller sind oft nicht daran interessiert sind, möglichst viele Kontrollparameter im Programm einzubauen. Dies könnte aus ihrer Sicht die Einfachheit und somit Benutzerfreundlichkeit ihrer CAD-Software beeinträchtigen. Es zeigt sich ferner, auch wenn einige CAD-Programme über gute Funktionen zur Prüfung der Linienführung verfügen, lassen sich diese nicht für den Schweizerischen Raum oder nur mit Einschränkungen anwenden.

Erst die Automatisierung/Digitalisierung von Geschwindigkeitsdiagrammen lässt eine Erhöhung der Komplexität des Geschwindigkeitsmodells zu, um diese für die Anwendenden handhabbar respektive nutzbar zu machen. Ohne digitalen Werkzeuge ist die Anwendung entweder extrem zeit- und ressourcenintensiv oder schlichtweg nicht praktikabel.

4.6.3 Automatisiertes Fahren und Projektierungsnormen

Die Evolution des automatisierten Fahrens und die damit einhergehende Transformation der Mobilität werfen auch in Fachkreisen gelegentlich Fragen hinsichtlich der Notwendigkeit bestehender Normen für den Strassenentwurf auf. Es wurde beispielsweise schon die Frage gestellt, braucht es überhaupt noch Normen, wenn Fahrzeuge «allein» die Strasse «lesen» können und ihre Geschwindigkeit automatisch an die Gegebenheiten anpassen.

Die Erkenntnisse aus dem Forschungspaket «Auswirkungen des automatisierten Fahrens» des Bundesamts für Strassen ASTRA [88] deuten aus Sicht des ASTRA darauf hin, dass langfristig auch auf Strassen ausserhalb besiedelter Gebiete mit einem Nebeneinander von unterschiedlich automatisierten Fahrzeugen und solchen, die traditionell vom Menschen gelenkt werden, zu rechnen ist. Es wird prognostiziert, dass im Jahr 2050 noch ein beträchtlicher Anteil der Fahrzeuge, je nach getroffenen Annahmen 40 bis 70 Prozent, manuell bedient werden. In diesem Zusammenhang wird unter anderem die Notwendigkeit betont, das gesamte Strassensystem für jegliche Verkehrsteilnehmenden auszulegen. FEHLBERG [89] dokumentiert das vom ASTRA für das Jahr 2050 entworfene Zielbild, welches den «wünschbaren Zustand für das Strassenverkehrssystem mit automatisierten Fahrzeugen im Jahr 2050» skizziert. Die Gewährleistung des Nebeneinanders aller Verkehrsteilnehmenden wird als wesentlicher Aspekt hervorgehoben.

Damit einher geht die Notwendigkeit, dass die Strassenverkehrsanlagen nach neuestem Stand des Wissens projektiert, gebaut und betrieben werden müssen. Dies umfasst nebst

anderen Projektierungsgrundlagen zwingend die Erfüllung der Anforderungen an eine homogene Linienführung.

Ferner ergeben sich aus informellen Gesprächen mit GERSTER [110] und MURRI [121] klare Argumente, die die Wichtigkeit der Normen unterstreichen. Straßen müssen weiterhin höchste Sicherheitsstandards bieten, da beispielsweise auch Motorräder oder ausländische Fahrzeuge möglicherweise nicht den gleichen technischen Standard wie automatisierte Fahrsysteme aufweisen. Automatisierte Fahrsysteme basieren auf klar definierten Regeln, die auf bestehenden Normen fussen. Normen bleiben für die korrekte Programmierung und das Funktionieren dieser Systeme essenziell und unterstützen die Integration moderner Fahrtechnologien. Auch Fahrerassistenzsysteme benötigen korrekt trassierte Straßen, um optimal zu funktionieren.

5 Erkenntnisse und Entscheid zum weiteren Vorgehen

Die Ergebnisse zur Aktualität der Norm VSS-40080b «Projektierung, Grundlagen: Geschwindigkeit als Projektierungselement» [1] sowie zu Handhabung und Anwendung der Geschwindigkeitsbegriffe und des Geschwindigkeitsdiagramms in der Praxis haben gezeigt, dass sich die Norm grundsätzlich eignet, ihrem Zweck gerecht zu werden. Die in der Norm beschriebenen Projektierungsgrundlagen und Modellvorstellungen müssen nicht ersetzt werden, eine Revision der Norm im Interesse der Verständlichkeit und vereinfachten Handhabung ist hingegen angezeigt.

Die Auswertung der Literatur sowie verschiedene internationale Entwurfsrichtlinien bestätigen, dass auf Ausserortsstrassen Inhomogenitäten der horizontalen Linienführung und die daraus resultierenden Geschwindigkeitsschwankungen ein erhebliches Sicherheitsdefizit darstellen. Es wird eindeutig dokumentiert, dass abrupte und unerwartete Änderungen in der Linienführung zu vermeiden sind. Es ist zudem unbestritten, dass - innerhalb eines komplexen Systems weiterer Einflussfaktoren auf die Geschwindigkeit - der Homogenität der horizontalen Linienführung die grösste Bedeutung zukommt, um gefährliche Geschwindigkeitsschwankungen auf Ausserortsstrassen zu vermeiden.

Ferner wird die grundlegende Bedeutung eines Entwurfskonzepts hervorgehoben, welches auf zwei zentralen Prinzipien basiert: Zum einen wird ein angemessener Ausbaugrad für den Strassenzug gefordert, der durch zahlreiche Faktoren wie Leistungsfähigkeit, Strassentyp, topografische Bedingungen sowie Wirtschaftlichkeit definiert wird. Zum anderen ist ein ausgewogenes Verhältnis der Elemente der Linienführung entscheidend, um homogene und vorhersehbare Fahrbedingungen zu gewährleisten. Die Literaturrecherche zeigt, dass die Richtlinien je nach Land zwar variieren, diese beiden zentralen Prinzipien aber in der Regel berücksichtigen.

Diese beiden Prinzipien bilden auch die Grundprinzipien des Schweizer Entwurfskonzepts. Sie sind mit den in der Norm VSS-40080b beschriebenen zwei Geschwindigkeitsbegriffen Ausbaugeschwindigkeit V_A und Projektierungsgeschwindigkeit V_P sowie dem Geschwindigkeitsmodell verknüpft. Die funktionale Beziehung zwischen Projektierungsgeschwindigkeit und Kurvenradius $V_P = f(R)$ entspricht auch jener in ausländischen Richtlinien, sofern diese auf physikalischen Geschwindigkeitsmodellen basieren. Das Geschwindigkeitsmodell, welches die Grundlage dazu bildet, den theoretischen Verlauf der Projektierungsgeschwindigkeit in Funktion der Streckencharakteristik im Geschwindigkeitsdiagramm abzubilden, berücksichtigt zusätzlich zum Funktionszusammenhang Geschwindigkeit und Kurvenradius auch weitere wichtige Einflussfaktoren, die in internationalen Studien ebenfalls als relevant erachtet werden. Zu diesen zählen unter anderem die Streckencharakteristik vor einer Kurve, Beschleunigungs- und Verzögerungsvorgänge, Erfassungsdistanzen oder die geltenden Höchstgeschwindigkeiten. Ferner sind die einzuhaltenden Geschwindigkeitsdifferenzen weitgehend vergleichbar mit denen in internationalen Richtlinien und Empfehlungen.

Die Ergebnisse bestätigen nicht nur die Zweckmässigkeit des Modells, sondern weisen auch auf spezifischen Forschungsbedarf hin, der jedoch das Grundprinzip des Modells nicht in Frage stellt.

Die vorliegende Forschung liefert zudem wertvolle Erkenntnisse zur Anwendung und Handhabung der Norm in der Praxis. Je nach Erfahrungshintergrund und Häufigkeit der Anwendung werden die Schwierigkeit der Anwendung und die Handhabung zum Beispiel des Geschwindigkeitsdiagramms beurteilt - von einfach bis hin zu komplex und schwierig. Besonders positiv wird das Geschwindigkeitsdiagramm in Bezug auf die Visualisierung des Verlaufs der Projektierungsgeschwindigkeit in Funktion der Streckencharakteristik bewertet. Diese Visualisierung unterstützt die Auswertung des Diagramms erheblich.

Die Erkenntnisse bestätigen ferner, dass die Geschwindigkeitsbegriffe von den Anwendern nicht immer verstanden und teilweise ungenau oder sogar falsch angewendet werden. Dabei werden verschiedene Gründe für die Verständnisschwierigkeiten identifiziert, darunter Unstimmigkeiten sowohl in der Literatur als auch in der Norm selbst.

Es wird deutlich, dass eine inhaltliche und strukturelle Überarbeitung der Norm erforderlich ist. Mit der Verbesserung der Nachvollziehbarkeit der Inhalte und einer einfacheren Handhabung können sowohl ihre praktische Anwendung sichergestellt als auch die Fehlinterpretationen verhindert oder zumindest reduziert werden. Darüber hinaus ist eine genaue und verständliche Darstellung der Modellgrundlagen in den Normen entscheidend, um eine erfolgreiche digitale Implementierung von Werkzeugen wie dem Geschwindigkeitsdiagramm zu gewährleisten.

Entscheid

Auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse lässt sich ableiten, dass eine Revision der bestehenden Norm VSS-40080b angebracht ist. In Abstimmung mit der Begleitkommission dieser Forschungsarbeit wurde daher entschieden, diese zu überarbeiten, wobei der Schwerpunkt auf der Verbesserung der Verständlichkeit und der praktischen Anwendbarkeit liegen soll. Im nächsten Schritt sind die entsprechenden Grundlagen zu erarbeiten.

6 Erarbeitung der Grundlagen zur Revision der Norm VSS-40080b, Empfehlungen

Die Erkenntnisse hinsichtlich Aktualität sowie Anwendung und Handhabung verdeutlichen die Notwendigkeit einer Revision der bestehenden Norm VSS-40080b [1]. Die Hauptziele einer Überarbeitung liegen vor allem in einer Verbesserung der Verständlichkeit der Norminhalte und ihrer Anwendung. Eine klarere und verständlichere Norm wird zudem die künftig notwendige Integration der Norm in digitale Systeme erleichtern und ihre Anwendung und Verfeinerung weiter unterstützen.

Die folgenden Kapitel 7 bis 12 liefern umfassende Grundlagen, die bei der inhaltlichen und strukturellen Überarbeitung der Norm berücksichtigt werden können. Sie decken aus Autorensicht alle relevanten Themen ab und bieten detaillierte Informationen, die dazu beitragen können, die Norm verständlicher zu gestalten. Dabei folgen die Vorschläge den Merkmalen der Verständlichkeit gemäss ‘Hamburger Verständlichkeitskonzept’ [101]: Einfachheit, Gliederung/Ordnung, Kürze/Prägnanz und anregende Zusätze.

Berichtskapitel 7:

Im ersten Schritt werden allgemeine Angaben erörtert, die bei einer Normrevision berücksichtigt werden sollten. Besonderes Augenmerk liegt auf der einheitlichen und unmissverständlichen Definition von Begrifflichkeiten.

Berichtskapitel 8:

In der Folge wird eine Gesamtübersicht vorgeschlagen, welche die zwei Geschwindigkeitsbegriffe und das Geschwindigkeitsmodell, ihre Zusammenhänge und Anwendung veranschaulicht.

Berichtskapitel 9 und 10:

Anschliessend erfolgt eine vertiefte Betrachtung der beiden Geschwindigkeitsbegriffe Ausbau- und Projektierungsgeschwindigkeit. Es werden Empfehlungen und Grundlagen für eine verständlichere Formulierung und Darstellung in der Norm präsentiert.

Berichtskapitel 11:

In diesem Kapitel werden auf Basis einer umfassenden Analyse der Norminhalte Vorschläge zur Verbesserung des Verständnisses des Geschwindigkeitsmodells dessen Umsetzung im Geschwindigkeitsdiagramm diskutiert. Es werden unter anderem Vorschläge zu einer klareren Vermittlung der Konstruktionsregeln sowie der Bedingungen zur Auswertung des Geschwindigkeitsdiagramms erörtert.

Berichtskapitel 12:

Die vorherigen Kapitel liefern Grundlagen zur Überarbeitung der Norm. Daraus abgeleitet wird ein möglicher inhaltlicher Aufbau der Norm, dargestellt in einem Entwurf für ein Inhaltsverzeichnis.

Um den Kontext der Analyse und der vorgeschlagenen Anpassungen zu erleichtern, werden, wo zweckmässig, Auszüge aus der Norm VSS-40080b integriert.

7 Allgemeines und Begriffe

7.1 «Allgemeines» präzisieren und ergänzen

7.1.1 Vorbemerkung

Der Abschnitt «Allgemeines» der aktuellen Norm beinhaltet die Kapitel Geltungsbereich, Gegenstand sowie Begriffe. Eine Revision der Norm bedingt aus Sicht des Autorenteams Anpassungen an den Strukturvorgaben der Normen des VSS. In diesem Zusammenhang wird das Kapitel Begriffe zu einem eigenen Abschnitt, gleichzeitig kann ein neues Kapitel Zweck hinzugefügt werden.

- Es wird empfohlen, eine inhaltliche Überarbeitung der Kapitel Geltungsbereich und Gegenstand vorzunehmen, um eine klarere Abgrenzung und Schärfung der Inhalte zu erreichen. Die Ergänzung des Kapitels Zweck unterstützt dieses Ziel zusätzlich.

7.1.2 Geltungsbereich

Um die empfohlenen Änderungen zum Geltungsbereich der Norm besser nachvollziehen zu können, wird der betreffende Text aus der bestehenden Norm aufgeführt (Abb. 27).

A. Allgemeines	A. Généralités
<p><i>1. Geltungsbereich</i></p> <p>Diese Norm gilt für Straßen, die nach fahrdynamischen Grundsätzen trassiert werden. Dies sind im allgemeinen Hochleistungsstraßen (HLS), Hauptverkehrsstraßen (HVS) und Verbindungsstraßen (VS) ausserhalb besiedelter Gebiete. Für Sammelstraßen (SS) und Erschließungsstraßen (ES), für land- und forstwirtschaftliche Straßen, für Straßen in erhaltenswerten Ortskernen sowie für Knoten und Wendeplatten gilt diese Norm nur bedingt. Für solche Anlagen ist meist die Fahrgeometrie massgebend.</p>	<p><i>1. Domaine d'application</i></p> <p>Cette norme est valable pour toutes les routes dont le tracé est établi en tenant compte de la dynamique des véhicules. Ces routes sont généralement des routes à grand débit (RGD), des routes principales (RP) et des routes de liaison (RL) en dehors des zones bâties. Elle n'est applicable que sous certaines réserves aux routes collectrices (RC) et aux routes de desserte (RD), aux chemins agricoles et forestiers, aux routes des centres de localités protégés, ainsi qu'aux carrefours (nœuds) et lacs. Pour de tels aménagements, la géométrie des véhicules est en général déterminante.</p>

Abb. 27 Geltungsbereich gemäss bestehender Norm [1]

Es ist von entscheidender Bedeutung, den Geltungsbereich dieser Norm klar zu definieren, um eine eindeutige und korrekte Anwendung der Norm zu gewährleisten.

Die Erkenntnisse, insbesondere aus den Befragungen, haben gezeigt, dass deutlicher darauf hingewiesen werden muss, dass diese Norm für Straßen gilt, die nach fahrdynamischen Grundsätzen trassiert werden, respektive diesen Grundsätzen genügen müssen.

Die aktuelle Formulierung im zweiten Absatz, die besagt, dass die Norm für Sammelstraßen etc. nur bedingt gilt, lässt zu viel Interpretationsspielraum zu und sollte vermieden werden. Stattdessen sollte bereits an dieser Stelle auf die Bedeutung der Übergangsbereiche in besiedelte Gebiete hingewiesen werden, anstatt dies erst später in der Norm zu behandeln.

Angesichts der Tatsache, dass die Geschwindigkeitsbegriffe sowie der Verlauf der Projektierungsgeschwindigkeit im Geschwindigkeitsdiagramm ferner eine Grundlage für weitere Normen darstellen, in diesen jedoch weder Definitionen noch Anwendungshinweise wiederholt werden, erscheint es zweckmäßig, mindestens an dieser Stelle darauf hinzuweisen.

Eine präzise Formulierung zum Geltungsbereich der Norm könnte wie folgt lauten:

► Vorschlag Beschrieb Geltungsbereich

Diese Norm gilt für Straßen, die nach fahrdynamischen Grundsätzen trassiert werden. Typischerweise handelt es sich dabei um Hochleistungsstraßen (HLS), Hauptverkehrsstraßen (HVS) und Verbindungsstraßen (VS) außerhalb besiedelter Gebiete. Straßen innerhalb besiedelter Gebiete fallen nur dann in den Geltungsbereich, wenn sie den Anforderungen an die Fahrdynamik genügen müssen.

Für alle anderen Straßen innerhalb besiedelter Gebiete sowie für Passstraßen und für land- und forstwirtschaftliche Straßen gilt diese Norm nicht. Für solche Anlagen ist die Fahrgeometrie massgebend.

Diese Norm stellt ferner eine Grundlage weiterer Normen dar.

7.1.3 Gegenstand

In einer Norm bezieht sich der Gegenstand auf den Inhalt der Norm. Es handelt sich um eine Beschreibung dessen, was die Norm abdeckt und welche Bereiche sie regelt. Der Gegenstand gibt somit einen Überblick über die Themen, die in der Norm behandelt werden. Der Zweck der Norm hingegen wird separat behandelt und beschreibt den beabsichtigten Nutzen und das angestrebte Ziel der Norm.

Der folgende Textauszug (Abb. 28) aus der bestehenden Norm zeigt die bestehende Beschreibung des Gegenstandes.

2. Gegenstand	2. Objet
<p>Die Geschwindigkeit bildet eine wichtige Grundlage für die Projektierung von Straßen. Diese Norm legt die für die Projektierung massgebenden Geschwindigkeitsbegriffe, ihre Anwendung und Werte fest.</p> <p>Tatsächlich gefährliche Geschwindigkeiten, die durch Messungen am Verkehrsablauf ermittelt werden, sind grossen Streuungen unterworfen und können für die Projektierung nicht direkt verwendet werden; sie dienen lediglich als Vergleichsgrößen.</p> <p>Der Projektierung von Straßen wird deshalb ein theoretisches, modellhaftes Geschwindigkeitsverhalten zugrunde gelegt. Dieses Sollverhalten beruht auf physikalischen Berechnungen, wobei die notwendigen Annahmen gestützt auf Messungen und Beobachtungen des tatsächlichen Verhaltens getroffen werden.</p>	<p>La vitesse constitue un élément important dans l'élaboration des projets routiers. Cette norme pour l'établissement des projets définit les vitesses déterminantes, leur application et leurs valeurs.</p> <p>Les vitesses effectives mesurées dans le trafic présentent des dispersions importantes et ne peuvent donc pas être utilisées directement lors de l'élaboration des projets; elles peuvent uniquement servir de valeurs de référence.</p> <p>C'est pourquoi l'étude des projets routiers est basée sur une variation théorique et modélisée de la vitesse. Cette variation théorique repose sur des calculs de physique, dont les hypothèses de base se réfèrent aux mesures et aux observations du comportement réel.</p>

Abb. 28 Gegenstand gemäss bestehender Norm [1]

Das Kapitel Gegenstand in der aktuellen Norm beschreibt nicht ausreichend konkret und umfassend, welches Thema in der Norm behandelt wird. Auch die Reihenfolge der inhaltlichen Aussagen erscheint nicht optimal. Es wird empfohlen, deutlich darauf hinzuweisen, dass in der Norm ein sogenanntes Geschwindigkeitsmodell zur Annäherung des Straßenentwurfs an die Realität der Fahrt beschrieben wird, und das dabei auf eine sichere Geschwindigkeit respektive einen sicheren Geschwindigkeitsverlauf zugrunde gelegt wird.

► Vorschlag Beschrieb Gegenstand

Die Geschwindigkeit bildet eine wichtige Grundlage für die Projektierung von Straßen. Diese Norm legt die massgebenden zwei Geschwindigkeitsbegriffe Ausbau- und Projektierungsgeschwindigkeit, ihre Anwendung und Werte fest. Sie beschreibt ein Geschwindigkeitsmodell und seine Umsetzung im Geschwindigkeitsdiagramm, welches die Bestimmung des theoretischen Verlaufs der Projektierungsgeschwindigkeit in Funktion der Streckencharakteristik erlaubt.

7.1.4 Zweck

Mit dem Zweck der Norm wird das angestrebte Ziel beschrieben, das mit der Anwendung des beschriebenen Modells erreicht werden soll. Derzeit fehlt ein eigenes Kapitel, welches diesen Zweck explizit benennt und kurz erläutert.

Um eine klare und aussagekräftige Beschreibung des Zwecks zu gewährleisten, empfiehlt das Forschungsteam, sich an den Ausführungen von Spacek [2] zu orientieren. Dadurch kann der Zweck der Norm in Bezug auf ihre Anwendungsbereiche und Ziele ausgezeichnet und transparent dargestellt werden.

Eine Formulierung zum Zweck der Norm könnte wie folgt lauten:

► Vorschlag Beschrieb Zweck

Die Norm dient der Bestimmung der Ausbaugeschwindigkeit und damit des Ausbaugrads eines Strassenzugs.

Des Weiteren stellt sie durch den Funktionszusammenhang Projektierungsgeschwindigkeit und Kurvenradien eine wesentliche Grundlage zur Bemessung verschiedener Projektierungselemente dar.

Mit dem Geschwindigkeitsmodell dient die Norm ferner der Überprüfung der Homogenität der Linienführung, indem gefährliche Geschwindigkeitsdifferenzen als Folge von Unstetigkeiten der Trassierung erkannt und vermieden werden können. Der Verlauf der Projektierungsgeschwindigkeit erlaubt die Bestimmung der lokalen Projektierungsgeschwindigkeiten, welche ebenfalls als Grundlage ausgewählter Projektierungselemente darstellen. Die Norm kann zur Überprüfung bestehender Anlagen und zur Beurteilung von Gefahrenstellen herangezogen werden.

7.2 «Begriffe» präzisieren und erweitern

7.2.1 Vorbemerkung

Eine klare und eindeutige Verwendung zentraler Begriffe ist entscheidend, um Fehlinterpretationen zu vermeiden und eine konsistente Anwendung in jedem Kontext sicherzustellen. Der neue Abschnitt 'Begriffe' sollte gegenüber heute erweitert, die Begriffe präziser definiert und mit den zu überarbeitenden, weiterführenden Inhalten in der Norm besser abgestimmt werden. Zudem sollten weitere Begriffsbestimmungen aufgeführt werden.

► Es wird empfohlen, die Definition der Geschwindigkeitsbegriffe Ausbaugeschwindigkeit und Projektierungsgeschwindigkeit zu präzisieren und weitere Begriffe aufzunehmen.

- Ausbaugeschwindigkeit V_A
- Projektierungsgeschwindigkeit V_P
- Höchstgeschwindigkeit V_{zul}
- Geschwindigkeit V_{85}
- Homogenität der Linienführung
- Geschwindigkeitsmodell und Geschwindigkeitsdiagramm
- Geschwindigkeitsdifferenz ΔV
- Erfassungsdistanz D_E
- Übergangslänge D_T
- Beschleunigungs-/Verzögerungsstrecke D_{TB} / D_{TV}

Auf alle genannten Begriffe wird im Folgenden eingegangen, für die Neuformulierung werden Vorschläge unterbreitet.

7.2.2 Ausbaugeschwindigkeit präzisieren

In der aktuellen Norm wird der Begriff der Ausbaugeschwindigkeit kurz erläutert. Im später folgenden Abschnitt «B. Ausbaugeschwindigkeit», der sich speziell mit der Ausbaugeschwindigkeit befasst, werden weitere Erläuterungen zur Wahl dieser gegeben. Diese umfassen lediglich eine halbe Seite mit sehr wenigen Ausführungen zur Wahl der Ausbaugeschwindigkeit.

Der nachstehende Textausschnitt (Abb. 29) aus der Norm zeigt zunächst die derzeitige Definition des Begriffs:

3. Begriffe	3. Définitions
<p>Es gelten zwei theoretische Geschwindigkeitsbegriffe</p> <ul style="list-style-type: none"> - Die Ausbaugeschwindigkeit V_A ist im Sinne einer Projektierungsvorgabe jener Minimalwert der Projektierungsgeschwindigkeit, der auf einem ganzen Strassenzug nicht unterschritten werden sollte. Die Ausbaugeschwindigkeit dient zur Festlegung der extremen Projektierungselemente wie minimaler Kurvenradius und maximaler Längsneigung eines Strassenzuges sowie zur Bestimmung eines geeigneten geometrischen Normalprofils. Sie ist somit ein Mass für den Ausbaugrad der Strasse. 	<p>Il y a deux vitesses théoriques</p> <ul style="list-style-type: none"> - La vitesse de base V_A est, en tant que donnée de projet, la vitesse de projet minimale sur l'ensemble d'un tronçon de route au-dessous de laquelle il ne faudrait pas descendre. La vitesse de base sert à fixer les valeurs extrêmes des éléments du projet, tels que rayon minimal et déclivité maximale du tronçon, ainsi qu'à déterminer le profil géométrique type adéquat. Elle constitue ainsi un élément d'évaluation du niveau d'aménagement de la route.

Abb. 29 Begriff Ausbaugeschwindigkeit, Auszug aus [1]

Begriffsbezeichnung

Die Begriffsbezeichnung Ausbaugeschwindigkeit wird als angemessen betrachtet, da sie den Grad des Ausbaus (bzw. des Ausbaustandards) quantifiziert. Eine Änderung der Begriffsbezeichnung wird daher nicht empfohlen.

BERGER [90] führt in einem Artikel zur «(Wieder)Einführung der ehemaligen Entwurfs geschwindigkeit als Entwurfseingangsgeschwindigkeit VE» in Österreich aus, dass diese die «Differenzierung der Entwurfsvorgaben innerhalb der räumlich-verkehrlichen Klassierung einer Strasse» ermöglicht. Berger kommentiert, dass «diese Projektierungsvorgabe unter dem landläufig gängigen Synonym «Ausbaugeschwindigkeit» auch an einen weniger fachkundigen Personenkreis einfach vermittelbar.» ist.

Begriffsdefinition

Die aktuelle Definition der Ausbaugeschwindigkeit könnte in einigen Aspekten klarer formuliert werden, um Missverständnisse und inkorrekte Interpretationen zu vermeiden.

Die Tatsache, dass es sich um eine Vorgabe handelt, kommt mit der aktuellen Formulierung zu wenig zum Ausdruck.

Der im ersten Satz vorgenommene Bezug zum Minimalwert der Projektierungsgeschwindigkeit ist zwar inhaltlich grundsätzlich richtig und wichtig, jedoch an dieser Stelle verfrüht. Er lenkt an dieser Stelle von der übergeordneten Bedeutung der Ausbaugeschwindigkeit und deren Herleitung ab. Es muss zwingend die falsche Interpretation vermieden werden, dass sich die Ausbaugeschwindigkeit aus der minimalen Projektierungsgeschwindigkeit ableitet!

Im Rahmen der Forschungsarbeit wurden verschiedenste Quellen analysiert, um einen Einblick zu erhalten, ob und wie sich die Begriffsbeschreibung im Laufe der vergangenen Normrevisionen allenfalls verändert hat. Auf die Problematik der in der weiteren Literatur vorkommenden abweichenden, teils fehlerhaft übernommenen Begriffsdefinitionen wurde bereits hingewiesen.

Die Geschwindigkeitsbegriffe Ausbaugeschwindigkeit und Projektierungsgeschwindigkeit finden im Normenwerk erstmals Erwähnung in der SN-640080 im Jahr 1969 [82]. Die folgende Tab. 3 zeigt die Entwicklung des Begriffsdefinition Ausbaugeschwindigkeit:

Tab. 3 Ausbaugeschwindigkeit V_A – Definitionen aus verschiedenen Normversionen

[Quelle]	Definition (Zitate)
SNV-640080 1969 [82]	«Die Ausbaugeschwindigkeit V_A ist die höchste konstante Geschwindigkeit, mit welcher der Strassenabschnitt sicher und komfortabel befahren werden kann, sofern für Sicherheit und Komfort die Geometrie der Strasse allein massgebend ist. Sie bestimmt somit die Grenzwerte der <i>Elemente</i> der Linienführung.» Später wird bei den Details zur Wahl V_A ergänzt: «Die so gewählte Ausbaugeschwindigkeit ist zugleich die kleinste zulässige Projektierungs-geschwindigkeit für den betreffenden Strassenabschnitt.»
SN-640080a 1981 [85]	«Die Ausbaugeschwindigkeit V_A ist im Sinne einer Projektierungsvorgabe jener Minimalwert der Projektierungsgeschwindigkeit, der auf einem ganzen Strassenzug nicht unterschritten werden sollte. Sie dient zur Festlegung der extremen Projektierungselemente wie minimalem Kurvenradius und maximaler Längsneigung eines Strassenzuges sowie zur Bestimmung eines geeigneten Normalprofils.»
VSS-40080b 2019, genehmigt 1991 [1]	«Die Ausbaugeschwindigkeit V_A ist im Sinne einer Projektierungsvorgabe jener Minimalwert der Projektierungsgeschwindigkeit, der auf einem ganzen Strassenzug nicht unterschritten werden sollte. Die Ausbaugeschwindigkeit dient zur Festlegung der extremen Projektierungselemente wie minimalem Kurvenradius und maximaler Längsneigung eines Strassenzuges sowie zur Bestimmung eines geeigneten geometrischen Normalprofils. Sie ist somit ein Mass für den Ausbaugrad der Strasse.»

In Tab. 3 sind Textpassagen kursiv markiert, die als Ursache für Unklarheiten in Frage kommen könnten.

Ferner wurden mehreren Fachkollegen sowie Kollegen aus den Bereichen Mathematik und Physik verschiedenen Formulierungen diskutiert, die sich zur Beschreibung der Begriffe Geschwindigkeitsmindestwert, Mindestgeschwindigkeit oder Geschwindigkeitshöchstwert bedienen.

- Geschwindigkeitsmindestwert wurde als zu schwerfällig bewertet und je nach Kontext als ungenau angesehen.
- Mindestgeschwindigkeit ist in seiner Bedeutung bereits definiert und wird anderweitig verwendet, vergleiche die rechtliche Bedeutung [91]: «Das Signal «Mindestgeschwindigkeit» (2.31) nennt die Geschwindigkeit in Stundenkilometern, die bei günstigen Strassen-, Verkehrs- und Sichtverhältnissen nicht unterschritten werden darf. Fahrzeuge, die nicht so schnell fahren können oder dürfen (z. B. wegen Besonderheiten des Fahrzeuges oder der Ladung), ist die Weiterfahrt untersagt. [...].».
- In Literatur und Richtlinien ist vereinzelt auch die Formulierung «Geschwindigkeitshöchstwert, der auf dem gesamten Strassenzug konstant eingehalten werden kann», anzutreffen. Auch diese Formulierung wurde als schwerfällig und potenziell fehlinterpretierbar bewertet.

Nach eingehender Prüfung wurde der folgende Abschnitt aus der Normversion von 1969 als geeignet befunden, um ihn in einen neuen Vorschlag einzubinden: «Die Ausbaugeschwindigkeit V_A ist die höchste konstante Geschwindigkeit, mit welcher der Strassenabschnitt sicher und komfortabel befahren werden kann, sofern für Sicherheit und Komfort die Geometrie der Strasse allein massgebend ist. (...).».

Nach Berücksichtigung aller genannten Aspekte ergibt sich folgender Vorschlag für eine verbesserte Begriffsbeschreibung:

► Vorschlag Begriff Ausbaugeschwindigkeit V_A

Die Ausbaugeschwindigkeit V_A ist die höchste konstante Geschwindigkeit, mit welcher der Strassenabschnitt sicher und komfortabel befahren werden kann, sofern für Sicherheit und Komfort die Geometrie der Strasse massgebend ist.

Die Ausbaugeschwindigkeit dient zur Festlegung der extremen Projektierungselemente eines Strassenzuges (minimaler Kurvenradius und maximale Längsneigung) sowie zur Bestimmung eines geeigneten Querschnitts. Sie ist somit eine Entwurfsgröße für die Festlegung des Ausbaugrads der Strasse.

Aus der gewählten Ausbaugeschwindigkeit resultiert (über den minimalen Kurvenradius) zugleich die kleinste, nicht zu unterschreitende Projektierungsgeschwindigkeit.

Die Ausbaugeschwindigkeit ist von der StrasseneigentümerIn zu genehmigen.

7.2.3 Projektierungsgeschwindigkeit präzisieren und abgrenzen

Der Begriff Projektierungsgeschwindigkeit ist in der aktuellen Norm definiert. Ferner werden Grundlagen, Annahmen und Werte der Projektierungsgeschwindigkeit im Abschnitt «C. Projektierungsgeschwindigkeit» der aktuellen Norm abgehandelt. Der nachstehende Textausschnitt aus der Norm (vgl. Abb. 30) zeigt zunächst die derzeitige Definition des Begriffs:

- | | |
|--|--|
| <p>– Die Projektierungsgeschwindigkeit V_p ist die höchste Geschwindigkeit, mit der eine Stelle der Strasse entsprechend dem angenommenen Berechnungsmodell mit genügender Sicherheit befahren werden kann. Der Verlauf der Projektierungsgeschwindigkeit ist massgebend für die Homogenität der Linienführung und somit indirekt für die Verkehrssicherheit eines Strassenzuges. Die Projektierungsgeschwindigkeit dient zur Festlegung der notwendigen Sichtweiten, der minimalen vertikalen Ausrundungen sowie zur Beurteilung des Quergefälles.</p> | <p>– La vitesse de projet V_p est la vitesse la plus élevée avec laquelle un endroit de la route peut être parcouru avec une sécurité suffisante, conformément au modèle de calcul admis. L'évolution de la vitesse de projet d'un tronçon de route est déterminante pour l'homogénéité du tracé, et donc indirectement pour la sécurité du trafic sur le tronçon considéré. La vitesse de projet sert à déterminer les distances de visibilité nécessaires, les raccordements verticaux minimaux et le dévers.</p> |
|--|--|

Abb. 30 Begriff Projektierungsgeschwindigkeit, Auszug aus [1]

Die heutige Formulierung bezüglich der Projektierungsgeschwindigkeit ist korrekt, weist jedoch Potential für Fehlinterpretationen auf. Es wurde festgestellt, dass sowohl in der Literatur als auch in der Praxis Verwechslungen mit den Geschwindigkeitsbegriffen Ausbaugeschwindigkeit, Geschwindigkeit V_{85} oder Höchstgeschwindigkeit vorkommen.

Folgende rein sprachlichen Aspekte können den Fehlinterpretationen zugrunde liegen:

- Die Bezeichnung Projektierungsgeschwindigkeit ist aufgrund des Wortes Projektierung anfällig für Fehlinterpretationen. Dies kann auf verschiedene Aspekte zurückzuführen sein: Zum einen weisen die zwei Worte Entwurf und Projektierung eine gewisse Nähe auf, werden aber gleichzeitig uneinheitlich in Literatur und Praxis in der Schweiz verwendet.
- Gleichzeitig führen internationale Geschwindigkeitsbegriffe (über den deutschsprachigen Raum hinaus) zu möglichen Fehlinterpretationen, da sie ähnliche Namen und gleichwohl verschiedene Bedeutungen aufweisen oder auf anderen Grundlagen und Annahmen beruhen. Dazu zählt der früher im deutschsprachigen Raum verwendete Geschwindigkeitsbegriff Entwurfsgeschwindigkeit, der aber vergleichbar mit dem Begriff Ausbaugeschwindigkeit ist.

Weitere Gründe sind möglicherweise in der inhaltlichen Beschreibung zu suchen. Die heutige Begriffsdefinition beinhaltet verschiedene Informationen, die an dieser Stelle eher schwer verständlich sind.

- Sie beinhaltet zum einen die Definition der Projektierungsgeschwindigkeit als solche, im Sinne $V = f(R)$.

- Ferner wird auf den Verlauf der Projektierungsgeschwindigkeit hingewiesen.
- Hinzu kommt der Verweis auf den Zweck der Projektierungsgeschwindigkeit.

Eine Änderung der Begriffsbezeichnung Projektierungsgeschwindigkeit drängt sich nicht auf. Zum einen ist davon auszugehen, dass die Begriffsschärfung und die Überarbeitung der Norm zur Klärung des Begriffs beitragen, andererseits wäre infolge des breiten Anwendungsbereichs von V_P eine Wortänderung unverhältnismässig.

Die Definition, wie sie im ersten Satz formuliert wird, sollte beibehalten werden.

Eine klare Differenzierung zwischen «Projektierungsgeschwindigkeit in Kurven» (Werte und deren Anwendung) und «Verlauf der Projektierungsgeschwindigkeit in Funktion der Streckencharakteristik» (V_P -Werte an jeder Stelle) erscheint an dieser Stelle verfrüht, insbesondere aufgrund ihrer Komplexität. Diese Details sollten erst später in der Norm detailliert behandelt werden.

Es wurde geprüft, ob es sinnvoll ist, bereits in der Definition detaillierte Hinweise zum zugrundeliegenden Berechnungsmodell zu geben. Dies wurde verneint, da die Grundlagen des physikalischen Berechnungsmodells, wie der Griffigkeitshintergrund auf nasser, sauberer Fahrbahn, ebenfalls erst später im eigentlichen Abschnitt Projektierungsgeschwindigkeit in Kurven ausgewiesen werden sollten.

Im Folgenden wird eine optimierte Definition für den Begriff Projektierungsgeschwindigkeit vorschlagen:

► Vorschlag Begriff Projektierungsgeschwindigkeit V_P

Die Projektierungsgeschwindigkeit V_P ist die höchste Geschwindigkeit, mit der eine Stelle der Strasse entsprechend dem angenommenen **Berechnungsmodell mit genügender Sicherheit** auf nasser, sauberer Fahrbahn befahren werden kann.

Die Projektierungsgeschwindigkeit dient als eigentliche Entwurfs- und Kontrollgrösse für die Linienführung und für die Bemessung weiterer Projektierungselemente.

7.2.4 Geschwindigkeit V_{85} aufnehmen

- Zur Unterstützung des Begriffs Projektierungsgeschwindigkeit respektive zur klaren Abgrenzung kann die Begriffsdefinition von V_{85} mit aufgenommen werden.

V_{85} bezeichnet die Geschwindigkeit, die von 85% der Fahrzeuge an einem Messquerschnitt nicht überschritten wird (85. Perzentil der Geschwindigkeitsverteilung). V_{85} wird in km/h angegeben.

7.2.5 Höchstgeschwindigkeit V_{zul} aufnehmen

- Zur Verdeutlichung der Unterscheidung zu den anderen Geschwindigkeitsbegriffen wird empfohlen, den Begriff der Höchstgeschwindigkeit aufzuführen.

Die Höchstgeschwindigkeit V_{zul} bezeichnet diejenige Geschwindigkeit, welche die Fahrzeuge nicht überschreiten dürfen. In der Schweiz gilt auf allen Strassen eine gesetzlich vorgeschriebene Höchstgeschwindigkeit (allgemein oder signalisiert), vgl. SSV Art. 22 [122], VRV Art. 4a [123].

Ferner schreibt Art. 32 des Strassenverkehrsgesetzes SVG [92] vor «die Geschwindigkeit stets den Umständen anzupassen, namentlich den Besonderheiten von Fahrzeug und Ladung, sowie den Strassen-, Verkehrs- und Sichtverhältnissen».

7.2.6 Homogenität der Linienführung aufnehmen

Die aktuelle Norm enthält keine explizite Definition oder Erläuterung des Begriffs "Homogenität der Linienführung". Dieser Begriff wird lediglich im Kontext der Definition von „Projektierungsgeschwindigkeit“ erwähnt, wobei betont wird, dass der Verlauf der Projektierungsgeschwindigkeit für die Homogenität der Linienführung massgeblich ist.

Aus SPACEK [2] geht folgende Beschreibung hervor: Um ein «angemessenes Geschwindigkeitsniveau bei möglichst homogener Geschwindigkeitsverteilung zu erreichen, soll die Streckencharakteristik der Strasse homogen sein (keine abrupten unerwarteten Änderungen der Linienführung), der Fahrzeuglenker den Verlauf der Strasse rechtzeitig erkennen, überblicken und begreifen können und somit in der Lage sein, aufgrund des Erscheinungsbildes der Strasse (Linienführung und der Querschnittsgestaltung) die seinem Fahrkönnen, seiner Fahrpraxis und dem Strassenzustand angemessene Geschwindigkeit zu wählen.». Es wird empfohlen, daran anlehnd die folgende Formulierung in der Norm aufzunehmen:

► Vorschlag Begriff Homogenität der Linienführung

Eine homogene Linienführung zeichnet sich durch einen fliessenden harmonischen Verlauf aus, der keine unerwarteten abrupten Richtungswechsel oder gefährliche Schwankungen der Geschwindigkeit erfordert. Für die Verkehrssicherheit ist das Fahrverhalten in der Verzögerung massgebend.

7.2.7 Geschwindigkeitsmodell & Geschwindigkeitsdiagramm aufnehmen

Die bestehende Norm behandelt nicht explizit das Geschwindigkeitsmodell. Das Wort Geschwindigkeitsmodell wird zwar im Abschnitt «D. Geschwindigkeitsdiagramm», Ziffer 10. Konstruktion des Geschwindigkeitsdiagramms erwähnt (vgl. im Konstruktionsfall 3 der Norm), jedoch wird lediglich auf das Modell verwiesen.

Im Rahmen der Forschungsarbeit wurde festgestellt, dass es zu Vermischungen unter den Begriffen Geschwindigkeitsmodell, Geschwindigkeitsdiagramm, Berechnungsmodell oder nur Modell kommt, dies sowohl in der Norm, in verschiedenen Schweizer Quellen und in der praktischen Tätigkeit. Das Geschwindigkeitsmodell ist jedoch, gerade auch für das Verständnis der Norminhalte und deren Anwendung, von grösster Bedeutung. Es ist daher empfehlenswert, das Geschwindigkeitsmodell sowie seine Umsetzung im Geschwindigkeitsdiagramm in der Norm klar zu bezeichnen und die relevanten Informationen dazu in geeigneten Kapiteln der Norm zu platzieren.

Bei der Revision der Norm sollten die beiden Begriffe Geschwindigkeitsmodell und auch Geschwindigkeitsdiagramm bereits im Abschnitt Begriffe aufgenommen werden. Aus diesen Überlegungen resultieren folgende Vorschläge:

► Vorschlag Begriffe Geschwindigkeitsmodell und Geschwindigkeitsdiagramm

Das Geschwindigkeitsmodell bildet den theoretischen Verlauf der Projektierungsgeschwindigkeit in Funktion der horizontalen Krümmungsverhältnisse entlang eines Strassenabschnittes ab. Es beschreibt zudem die Bedingungen, welche zur Gewährleistung der Homogenität der Linienführung einzuhalten sind.

Die Umsetzung des Geschwindigkeitsmodells, die grafische Darstellung des Verlaufs der Projektierungsgeschwindigkeit, erfolgt im Geschwindigkeitsdiagramm. Diese erlaubt die Überprüfung der Homogenität der Linienführung durch Identifikation und Vermeidung gefährlicher Geschwindigkeitsdifferenzen aufgrund von Unstetigkeiten in der projektierten oder bestehenden Trassierung.

Aus dem Diagramm können lokale Projektierungsgeschwindigkeiten bestimmt werden, die eine Grundlage für die Festlegung weiterer Projektierungselemente, insbesondere der erforderlichen Sichtweiten, darstellen.

7.2.8 Geschwindigkeitsdifferenz ΔV aufnehmen

In der bestehenden Norm wird Geschwindigkeitsdifferenz im ‘Abschnitt «E Auswertung» / Ziffer 11 Bedingungen für die Projektierung als ein wesentliches Kriterium zur Bewertung der Homogenität der Linienführung herangezogen. Eine begriffliche Erklärung fehlt in der Norm.

Die in der Norm verwendeten Formulierungen, die sich auf die Geschwindigkeitsdifferenzen beziehen, werden gelegentlich fehlinterpretiert. Eine fehlerhafte Interpretation kann die Beurteilung der Homogenität der Linienführung massiv beeinträchtigen respektive verfälschen. Wenn die Vorgaben hinsichtlich der Begrenzung der Geschwindigkeitsunterschiede nicht eindeutig und verständlich sind, kann dies zu einer inhomogenen Gestaltung der Strasse führen, die die Verkehrssicherheit beeinträchtigen kann.

Als mögliche Ursachen für Fehlinterpretationen sind folgende Gründe denkbar:

- Keine Begriffsdefinition.
- ‘Geschwindigkeitsdifferenz’ wird in der gleichen Norm in verschiedenen Kontexten verwendet.
 - Formel der Übergangslänge D_T : Betrag von $|V_{P1} - V_{P2}|$ als ΔV bezeichnet.
 - Geschwindigkeitsdifferenz in Bezug auf Geschwindigkeitsschwankungen.
- Fehlende Differenzierung zwischen ‘Geschwindigkeitsdifferenzen’ ohne Berücksichtigung der Trassierung respektive mit deren Berücksichtigung.

Ein Beispiel für den letztgenannten Grund ist die Formulierung «zwischen zwei benachbarten Kurven sind Geschwindigkeitsdifferenzen von (...) einzuhalten». Fehlinterpretationen gehen in die Richtung, dass nur die «einfache» Differenz zwischen den Geschwindigkeiten zweier Kurvenradien herangezogen wird, ohne Berücksichtigung von (unter anderem) allfälligen Beschleunigungsvorgängen.

In einer Überarbeitung der Norm müssen Beschreibung und Visualisierung des Begriffs Geschwindigkeitsdifferenz deutlich verbessert werden. Die Begriffsdefinition ist nur der eine Teil, bei der Auswertung sollten entsprechende schematische Abbildungen und/oder Praxisbeispiele die korrekte Anwendung unterstützen.

Eine Definition für Geschwindigkeitsdifferenz, die bei der Auswertung des Geschwindigkeitsdiagramms zu beurteilen ist, könnte wie folgt lauten:

► Vorschlag Begriff Geschwindigkeitsdifferenz ΔV / max ΔV

Die Geschwindigkeitsdifferenzen ΔV zeigen die Veränderungen der Geschwindigkeit, die sich aus dem Verlauf der Projektierungsgeschwindigkeit infolge Trassierung ergeben. Sie sind im Geschwindigkeitsdiagramm ersichtlich. Für die Verkehrssicherheit ist das Fahrverhalten in der Verzögerung massgebend.

Die Norm legt Höchstwerte für diese Geschwindigkeitsdifferenzen fest (max ΔV), die nicht überschritten werden sollen.

7.2.9 Erfassungsdistanz D_E übernehmen

Die Erfassungsdistanz wird zur Konstruktion und zur Auswertung des Geschwindigkeitsdiagramms herangezogen.

Bisher wird die Erfassungsdistanz nicht unter Begriffen aufgeführt. Allerdings erfolgt im Abschnitt «D. Geschwindigkeitsdiagramm» / Ziffer 9. Übergangslänge und Erfassungsdistanz eine Begriffsbestimmung (vgl. Abb. 31).

Unter der Erfassungsdistanz D_E wird jene Strecke verstanden, innerhalb welcher der Fahrer Vorgänge und Hindernisse erfasst. Sie ist geschwindigkeitsabhängig und wird nach der empirischen Beziehung $D_E = t \cdot V_p$ mit $t = 12\text{ s}$ und V_p im $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ berechnet.

Es wird angenommen, dass nur innerhalb der Erfassungsdistanz die für die Wahl der Geschwindigkeit massgebenden Krümmungsverhältnisse erfasst werden. Die Übergangslänge bei Verzögerungen muss deshalb kleiner sein als die Erfassungsdistanz.

In Tabelle 3 sind die Übergangslängen D_T in Funktion von V_{p1} und V_{p2} zusammengestellt. Bei der Anwendung der Tabelle sind die Bedingungen für die Projektierung (Ziffer 11) zu beachten.

La distance de perception D_E est la longueur du tronçon à l'intérieur duquel le conducteur enregistre des obstacles et des événements. Elle dépend de la vitesse et peut être calculée grâce à la relation empirique $D_E = t \cdot V_p$ où $t = 12\text{ s}$ et V_p est en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

On admet que l'appréciation de la courbure, qui permet au conducteur d'adapter sa vitesse, ne peut se faire que sur cette distance de perception. Lors d'une décélération, la longueur de transition doit donc être inférieure à la distance de perception.

Le tableau 3 indique les longueurs de transition D_T en fonction de V_{p1} et de V_{p2} . Lors de l'utilisation du tableau les conditions pour l'étude du projet (chiffre 11) seront prises en considération.

Abb. 31 Begriff Erfassungsdistanz, Auszug aus Ziffer 9 der Norm [1]

Bei der Erfassungsdistanz handelt es sich um eine wesentliche Grösse insbesondere für die korrekte Auswertung des Geschwindigkeitsdiagramms. Sie ist ein direktes Kriterium zur Überprüfung der Linienführung. Die Aussage in der heutigen Beschreibung, dass die Krümmungsverhältnisse der Strasse, die bei der Wahl der Geschwindigkeit berücksichtigt werden müssen, innerhalb der Erfassungsdistanz erkannt werden müssen, ist richtig. Die Literatur zeigt jedoch, dass der Begriff 'Erfassungsdistanz' in der Literatur und im VSS-Normenwerk unterschiedlich verwendet wird. Damit einher geht die Gefahr von Fehlinterpretationen.

Es wird daher empfohlen, in der Begriffsdefinition zu betonen, dass es sich im Rahmen des vorliegenden Modells um eine Entfernung handelt, innerhalb derer eine Erfassung der vorausliegende Streckencharakteristik aufgrund der menschlichen Fähigkeiten und Grenzen erst möglich ist. Im Gegensatz dazu sind beispielsweise Übergangslänge oder Anhaltstrecken modellierte oder physikalische Werte. Ferner ist zwischen 'Erfassen können' und 'Sehen können' zu unterscheiden.

Die folgende Formulierung sollte zusätzlich zur Erwähnung in den Kapiteln Konstruktion und Auswertung des Geschwindigkeitsdiagramms im Kapitel 'Begriffe' aufgenommen werden.

► Vorschlag Begriff Erfassungsdistanz D_E

Unter Erfassungsdistanz D_E wird jene Strecke verstanden, innerhalb welcher die Fahrzeuglenkenden - aufgrund ihrer menschlichen Fähigkeiten und Grenzen - Vorgänge und Hindernisse erfassen können. Sie ist geschwindigkeitsabhängig.

7.2.10 Übergangslänge D_T übernehmen und präzisieren sowie Beschleunigungs- und Verzögerungsstrecke aufnehmen

Der Begriff Übergangslänge wird in der bestehenden Norm nicht unter Begriffen definiert. Eine Begriffsbestimmung erfolgt aktuell ausschliesslich im Abschnitt «D. Geschwindigkeitsdiagramm» / Ziffer 9. Übergangslänge und Erfassungsdistanz der Norm (vgl. Abb. 32).

9. Übergangslänge und Erfassungsdistanz	9. Longueur de transition et distance de perception
<p>Die Projektierungslänge D_T ist jene Strecke, in der sich die Projektierungsgeschwindigkeit zwischen zwei Elementen mit den Projektierungsgeschwindigkeiten V_{P_1} und V_{P_2} modellhaft ändert. Sie kann wie folgt berechnet werden:</p> $D_T = \frac{\Delta V \cdot V_m}{12,96 \cdot a} \quad \cong \quad \frac{\Delta V \cdot V_m}{10}$ <p>wobei:</p> <p>D_T Übergangslänge der Beschleunigungs- oder Verzögerungsstrecke [m] ΔV Geschwindigkeitsdifferenz $V_{P_1} - V_{P_2}$ [km/h] V_m mittlere Geschwindigkeit zwischen zwei benachbarten Stellen der Strasse:</p> $V_m = \frac{V_{P_1} + V_{P_2}}{2} \quad [\text{km/h}]$ <p>a Beschleunigungsstreifen oder Verzögerung $0,8 \text{ m} \cdot \text{s}^2$</p>	<p>La longueur de transition D_T est la longueur du tronçon le long duquel, conformément au modèle théorique admis, la vitesse de projet V_{P_1} d'un élément passe à la vitesse V_{P_2} de l'élément suivant. Elle peut être calculée comme suit:</p> $D_T = \frac{\Delta V \cdot V_m}{12,96 \cdot a} \quad \cong \quad \frac{\Delta V \cdot V_m}{10}$ <p>où:</p> <p>D_T longueur de transition correspondant au tronçon d'accélération ou de décélération [m] ΔV différence de vitesse $V_{P_1} - V_{P_2}$ [km/h] V_m vitesse moyenne entre deux éléments voisins de la route:</p> $V_m = \frac{V_{P_1} + V_{P_2}}{2} \quad [\text{km/h}]$ <p>a accélération ou décélération $0,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$</p>

Abb. 32 Begriff Übergangslänge D_T , Auszug aus Ziffer 9 der Norm [1]

Diese Beschreibung kann aus verschiedenen Gründen fehlinterpretiert werden.

- In der Norm werden zwei verschiedene Bezeichnungen für die gleiche Bedeutung verwendet: „Projektierungslänge“ D_T und ‘Übergangslänge’ D_T , vergleiche Überschrift und erster Satz.
- Beide Bezeichnungen, ‘Übergangslänge’ und ‘Projektierungslänge’, sind nicht selbst erklärend.
- Es kommt zu wenig deutlich zum Ausdruck, dass es sich bei D_T um eine Hilfsgrösse handelt, sie einen Berechnungswert darstellt, ohne Bezug zur Linienführung einer Strasse.
- Dass die Übergangslänge als diejenige Strecke bezeichnet wird, «in der sich die Projektierungsgeschwindigkeit zwischen zwei Elementen mit den Projektierungsgeschwindigkeiten V_{P_1} und V_{P_2} modellhaft ändert», ist sowohl
 - hinsichtlich der Verwendung von ‘Element’ nicht eindeutig,
 - als auch in Bezug ‘auf die modellhafte Änderung’ nicht einfach nachvollziehbar und abgrenzbar zu den Beschleunigungs-/Verzögerungsdistanzen, die sich mit Bezug zur Strasse respektive zur Strassencharakteristik, aus dem Verlauf der Projektierungsgeschwindigkeit gemäss Modell ergeben, bezeichnet heute als D'_{T1} und D'_{T2} (vgl. Abb. 33).
- Für die Verwendung bei der Konstruktion des Geschwindigkeitsdiagramms sind die Angaben im dazugehörigen Diagramm nicht ausreichend verständlich, da aktuell nur der Bezug zwischen V_{P_1} und V_{P_2} hergestellt wird, nicht jedoch zu $V_{P\max}$.

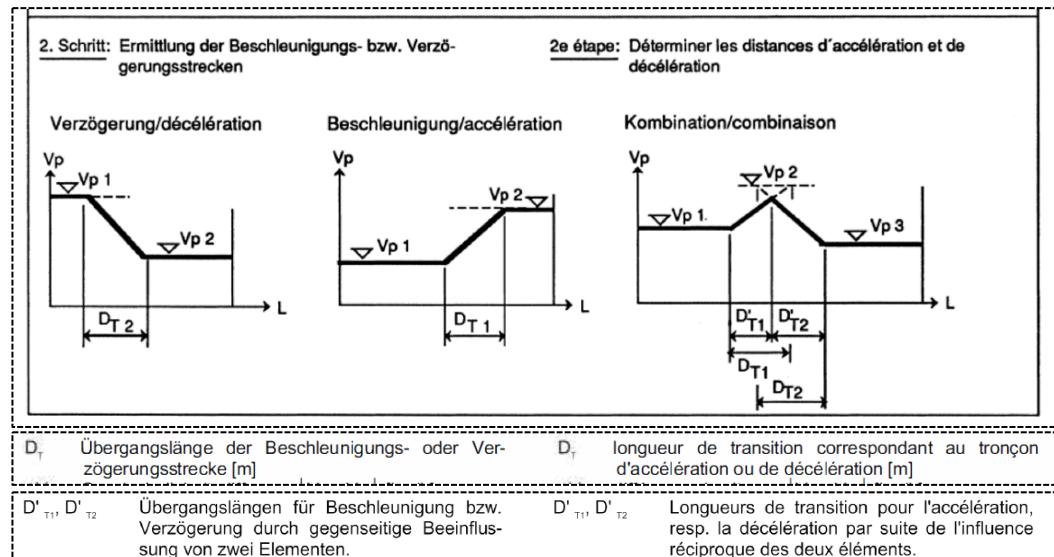


Abb. 33 Übergangslängen verordnet in den Konstruktionsregeln, Auszug aus Ziffer 10 der Norm [1]

Die Überarbeitung von D_T sollte folgende Aspekte berücksichtigen:

- Zukünftig ist für die Übergangslänge, die noch keinen Bezug zum Streckenverlauf hat, nur ein Begriff zu verwenden. Zwei verschiedene Bezeichnungen für die gleiche Sache grundsätzlich unterbinden, in jedem Fall sollte die Bezeichnung Projektierungslänge nicht verwendet werden.
- Die Betonung ist darauf zu richten, dass es sich bei D_T um eine Hilfsgröße handelt, welche nur modellmässige Distanzen angibt, in welcher sich die Projektierungsgeschwindigkeit verändert, ohne Bezug zur Strasse.
- Die sich aus der Streckencharakteristik der Strasse ergebenden „Übergangslängen“, aktuell bezeichnet mit D'_T (siehe obige Abb. 33) sollten eine eigene, verständlichere Begriffsdefinition erhalten, inklusive Kürzel und einer klareren Darstellung.
- Bei der Verwendung der Kürzel sollte Konsistenz hergestellt werden. Die bereits erwähnten Übergangslängen für Beschleunigung bzw. Verzögerung durch gegenseitige Beeinflussung von zwei Elementen D'_T werden in den Konstruktionsregeln hingegen als D_{TB} und D_{TV} bezeichnet, siehe folgende Abb. 34.

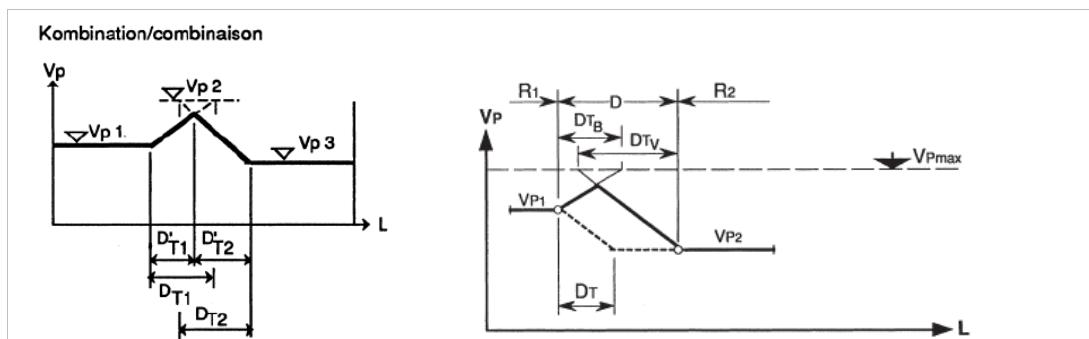


Abb. 34 Vergleich Verwendung der Übergangslängen D'_T in den Konstruktionsregeln und D_{TB} und D_{TV} in den Konstruktionsfällen [1].

Im Rahmen der Forschungsarbeit wurden anfänglich umfangreiche Überlegungen zu einer möglichen neuen Bezeichnung für „Übergangslänge“ angestellt. Diese Überlegungen wurden jedoch wieder verworfen. Aus Sicht der Autoren kann keine Empfehlung für eine neue Bezeichnung gegeben werden, da der Begriff aufgrund der intensiven Auseinandersetzung mit der Thematik als verständlich angesehen wird.

Als Begriffsdefinitionen werden folgende Formulierungen vorgeschlagen:

► Vorschlag Begriff Übergangslänge D_T

Die Übergangslänge D_T bezeichnet eine modellmässige rechnerische Distanz, in der sich die Projektierungsgeschwindigkeit zwischen zwei Kurven oder zwischen Kurven und Geraden modellhaft ändert. Sie dient als Hilfsgrösse bei der Konstruktion und der Auswertung des Geschwindigkeitsdiagramms.

Im Modell wird vereinfachend angenommen, dass die Werte für Verzögerung und Beschleunigung gleich gross und konstant sind, angenommen werden $a = 0.8 \text{ m/s}^2$. In der Verzögerung entspricht dies gemäss Geschwindigkeitsmodell einer Fahrweise ohne Betätigung der Bremsen.

► Vorschlag Begriff Beschleunigungsstrecke und Verzögerungsstrecke D_{TB} und D_{TV}

Die Beschleunigungs- und Verzögerungsstrecken D_{TB} und D_{TV} bezeichnen jene Distanzen, die sich aufgrund der Konstruktion mit den Übergangslängen D_T unter Einfluss der effektiven horizontalen Krümmungsverhältnisse gemäss Modell ergeben. Sie sind aus der Konstruktion des Geschwindigkeitsdiagramms herauslesbar. Die Verzögerungstrecke D_{TV} ist für die Auswertung des Geschwindigkeitsdiagramms massgebend.

Hinweis: Diese Begriffsdefinitionen setzen die vorgeschlagenen Anpassungen in Zusammenhang mit der Übergangslänge, dem zugehörigen Diagramm und der Neudarstellung der Konstruktionsfälle voraus.

8 Gesamtübersicht Zusammenhänge

8.1 Vorbemerkung

Um Verständlichkeit und Handhabung der Norm VSS-40080b [1] zu verbessern und zudem Ihre Bedeutung innerhalb des Normenwerks aufzuzeigen, wird empfohlen, den Normanwendenden einführend einen Gesamtüberblick über die Inhalte der Norm zu verschaffen.

Eine solche Gesamtübersicht schafft einen Kontext, der es ermöglicht, das Gesamtbild zu erfassen, bevor die Auseinandersetzung mit den Details und die Anwendung der Norm folgen. Diese Kontextualisierung erleichtert das Verständnis der Geschwindigkeitsbegriffe und ihrer Anwendung sowie die Orientierung in diesem doch sehr komplexen und grundlegenden Thema.

Zwar wird in der Grundlagennorm über die «Einführung in die Normen über die Projektierung der Linienführung» [3] unter Ziffer 7 teilweise auf die Zusammenhänge hingewiesen, aber zum einen ist davon auszugehen, dass diese Norm bei Anwendung anderer Normen nicht zwangsläufig hinzugezogen wird, und zum anderen stellt sie keine kompakte Darstellung der Zusammenhänge der Norm VSS-40080b dar.

Da das VSS-Normenwerk aus zahlreichen Einzelnormen besteht, liesse sich mit einer weiteren Übersicht aufzeigen, wo Anknüpfungspunkte zu weiteren Normen bestehen. Eine solche Information wird zudem oft bereitgestellt, wenn eine Norm als Grundnorm für ein bestimmtes Thema dient respektive als Grundlage für weitere Normen fungiert, was hier der Fall ist.

Das Verständnis all dieser Zusammenhänge ist von zentraler Bedeutung, da die Geschwindigkeit einen massgeblichen Parameter im Strassenentwurf darstellt.

► Es wird vorgeschlagen, eine Visualisierung der übergeordneten Inhalte und Zusammenhänge in die Norm zu integrieren. Bei Bedarf können zusätzliche textliche Erläuterungen ergänzt werden, je nachdem, wie detailliert die Themen in den nachfolgenden Kapiteln der Norm behandelt werden.

► Des Weiteren wird empfohlen, mit einer weiteren grafischen Darstellung die Verwendung der Geschwindigkeitsbegriffe in weiteren Normen zu veranschaulichen.

Die Ergebnisse aus der Analyse der Abschnitte «B. Ausbaugeschwindigkeit», «C. Projektierungsgeschwindigkeit», «D. Geschwindigkeitsdiagramm» und «E. Auswertung des Geschwindigkeitsdiagramms» sowie die Grundlagen für die strukturelle und inhaltliche Überarbeitung und Ergänzung der Norm werden in späteren Berichtskapiteln behandelt.

8.2 Ergänzen einer grafischen Übersicht ‘Geschwindigkeit als Projektierungselement’

Eine im Rahmen der Forschung entwickelte mögliche Darstellung zur Veranschaulichung der wesentlichen Norminhalte (Themen) und deren Zusammenhänge wird in Abb. 35 gezeigt.

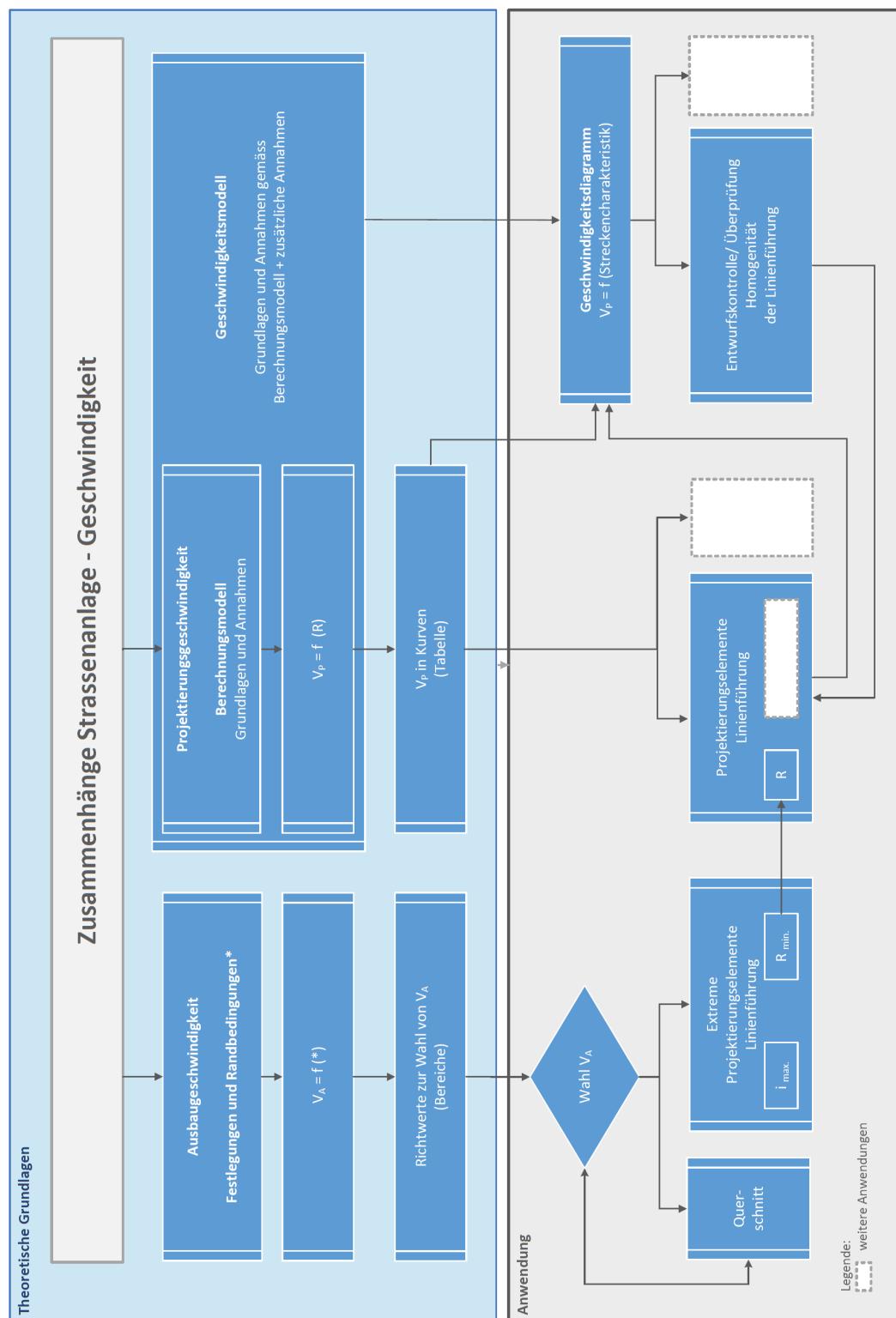


Abb. 35 Überblick über die Inhalte der Norm und deren Zusammenhänge

8.3 Ergänzen einer Übersicht zur Verwendung von V_A und V_P in weiteren Normen

Die folgende Abb. 36 zeigt die Verwendung der Geschwindigkeitsbegriffe Ausbaugeschwindigkeit und Projektierungsgeschwindigkeit in weiteren VSS-Normen. Sie erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Im Rahmen der vorliegenden Forschung erfolgt keine Analyse dieser Normen, da sich aus der Forschung keine grundlegenden Änderungen an der Norm VSS-40080b ergeben.

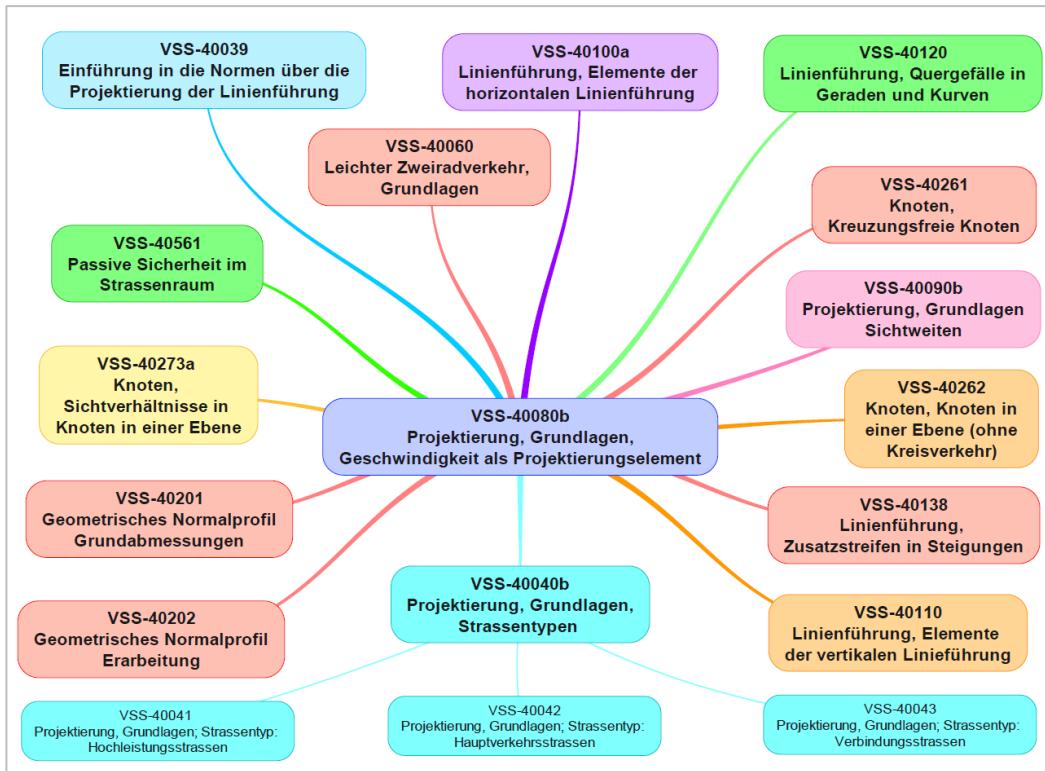


Abb. 36 Verwendung von V_A und V_P als Grundlage in weiteren Normen im VSS-Normenwerk (eigene Darstellung, ohne Anspruch auf Vollständigkeit)

Eine ausführlichere Übersicht ist Anhang VIII zu entnehmen.

Aufgrund der Erkenntnisse insbesondere aus der Analyse der Schweizer Literatur sollten diese Normen dahingehend geprüft werden, ob die Geschwindigkeitsbegriffe und weitere Grundlagen gemäss VSS-40080b korrekt beschrieben und angewendet werden.

9 Ausbaugeschwindigkeit V_A

9.1 Vorbemerkung

Die Ausbaugeschwindigkeit kann als übergeordneter Parameter in der Straßenprojektierung betrachtet werden, da mit ihrer Festlegung ein gewünschter Ausbaugrad (Ausbaustandard) für einen Strassenzug definiert wird.

Zur Verständlichkeit der folgenden Ausführungen wird zunächst der derzeitige Normtext in Abb. 37 dargestellt, ohne die Begriffsdefinition, welche bereits im Berichtskapitel 7.2 behandelt wurde.

B. Ausbaugeschwindigkeit	B. Vitesse de base																																		
4. Wahl der Ausbaugeschwindigkeit	4. Choix de la vitesse de base																																		
Den einzelnen Strassentypen [1] werden je nach Lage (ausserhalb/innerhalb besiedelter Gebiete) Bereiche der Ausbaugeschwindigkeit zugewiesen. Die Ausbaugeschwindigkeit richtet sich nach:	A chaque type de route [1] et selon la situation (hors/en zone bâtie) correspond une tranche de vitesses de base comprise à l'intérieur d'une fourchette. Le choix de la vitesse de base dépend:																																		
<ul style="list-style-type: none"> - der Bedeutung der Strasse im Netz - der Charakteristik des Geländes - den wirtschaftlichen Bedingungen - der Verkehrsmenge und Verkehrszusammensetzung - der zulässigen Höchstgeschwindigkeit (generell oder signalisiert) 	<ul style="list-style-type: none"> - de la fonction de la route dans le réseau - des conditions topographiques - des considérations économiques - du volume et de la structure du trafic - de la vitesse maximale autorisée (limitation générale ou signalisée) 																																		
Im Hinblick auf die Verkehrssicherheit kommt bei der Wahl der Ausbaugeschwindigkeit der Abstimmung mit dem geometrischen Normalprofil eine grosse Bedeutung zu. Einer höheren Ausbaugeschwindigkeit ist ein grosszügiges geometrisches Normalprofil beizzuordnen. Die Wahl der Ausbaugeschwindigkeit ist im Laufe der Projektierung auf ihre Zweckmässigkeit hin zu überprüfen.	Eu égard à la sécurité du trafic, on attachera une importance particulière à la relation entre vitesse de base et profil géométrique normal. A une vitesse de base élevée doit correspondre un profil géométrique largement dimensionné. Au cours de l'étude d'un projet routier, il conviendra de vérifier que la vitesse de base a été convenablement choisie. Lors de projets d'aménagements localisés, la vitesse de base sera choisie en tenant compte des conditions de vitesse sur l'ensemble du tronçon routier, par exemple entre deux noeuds importants.																																		
Bei örtlichen Sanierungsprojekten ist zur Bestimmung der Ausbaugeschwindigkeit eine Geschwindigkeitsbetrachtung über den ganzen Strassenzug anzustellen, zum Beispiel Strecke zwischen zwei wichtigen Knoten.																																			
Tab. 1 Bereiche der Ausbaugeschwindigkeit	Tab. 1 Fourchettes de la vitesse de base																																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Strassentyp</th> <th colspan="2">Ausbaugeschwindigkeit V_A [km/h]</th> </tr> <tr> <th>Lage bezüglich des besiedelten Gebietes</th> <th></th> </tr> <tr> <td></td> <td>innerhalb</td> <td>ausserhalb</td> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Hochleistungsstrassen (HLS)</td> <td>60 - 100</td> <td>80 - 120</td> </tr> <tr> <td>Hauptverkehrsstrassen (HVS)</td> <td>40 - 60</td> <td>60 - 80</td> </tr> <tr> <td>Verbindungsstrassen (VS)</td> <td>40 - 60</td> <td>50 - 80</td> </tr> </tbody> </table>	Strassentyp	Ausbaugeschwindigkeit V_A [km/h]		Lage bezüglich des besiedelten Gebietes			innerhalb	ausserhalb	Hochleistungsstrassen (HLS)	60 - 100	80 - 120	Hauptverkehrsstrassen (HVS)	40 - 60	60 - 80	Verbindungsstrassen (VS)	40 - 60	50 - 80	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Type de route</th> <th colspan="2">Vitesse de base V_A [km/h]</th> </tr> <tr> <th>Situation par rapport à la zone bâtie</th> <th></th> </tr> <tr> <td></td> <td>en zone</td> <td>hors zone</td> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Routes à grand débit (RGD)</td> <td>60 - 100</td> <td>80 - 120</td> </tr> <tr> <td>Routes principales (RP)</td> <td>40 - 60</td> <td>60 - 80</td> </tr> <tr> <td>Routes de liaison (RL)</td> <td>40 - 60</td> <td>50 - 80</td> </tr> </tbody> </table>	Type de route	Vitesse de base V_A [km/h]		Situation par rapport à la zone bâtie			en zone	hors zone	Routes à grand débit (RGD)	60 - 100	80 - 120	Routes principales (RP)	40 - 60	60 - 80	Routes de liaison (RL)	40 - 60	50 - 80
Strassentyp		Ausbaugeschwindigkeit V_A [km/h]																																	
	Lage bezüglich des besiedelten Gebietes																																		
	innerhalb	ausserhalb																																	
Hochleistungsstrassen (HLS)	60 - 100	80 - 120																																	
Hauptverkehrsstrassen (HVS)	40 - 60	60 - 80																																	
Verbindungsstrassen (VS)	40 - 60	50 - 80																																	
Type de route	Vitesse de base V_A [km/h]																																		
	Situation par rapport à la zone bâtie																																		
	en zone	hors zone																																	
Routes à grand débit (RGD)	60 - 100	80 - 120																																	
Routes principales (RP)	40 - 60	60 - 80																																	
Routes de liaison (RL)	40 - 60	50 - 80																																	
Für die Projektierung von Sammel- und Erschließungsstrassen sowie von untergeordneten Verbindungsstrassen ist die Festlegung einer Ausbaugeschwindigkeit nicht sinnvoll. Bei diesen Strassentypen ist der Ausbaugrad durch die Querschnittsgestaltung festzulegen.	Il n'est pas judicieux de fixer une vitesse de base pour le projet d'une route collectrice ou d'une route de desserte, ni pour celui d'une route de liaison d'ordre inférieur. Pour ces types de route, le niveau d'aménagement doit être déterminé par les caractéristiques du profil en travers.																																		

Abb. 37 Abschnitt Ausbaugeschwindigkeit gem. bestehender Norm [1]

Die Ausführungen zur Ausbaugeschwindigkeit beschränken sich, abgesehen von der Begriffsdefinition, ausschliesslich auf knappe Hinweise zur Wahl der Ausbaugeschwindigkeit, die auf weniger als einer A4-Seite zusammengefasst sind.

In Anbetracht der grundlegenden Bedeutung der Ausbaugeschwindigkeit und des in der vorliegenden Forschungsarbeit nachgewiesenen Handlungsbedarfes in Bezug auf Verständnis und Anwendung der Ausbaugeschwindigkeit sollte das Kapitel Ausbaugeschwindigkeit in der Norm VSS-40080b präzisiert und erweitert werden.

► Es wird empfohlen, künftig an einem Abschnitt 'Ausbaugeschwindigkeit' festzuhalten, jedoch zwei neue Kapitel zu ergänzen und das bestehende Kapitel zu überarbeiten und zu ergänzen. Eine Empfehlung für eine neue Kapitelstruktur ist im Kapitel 12 ersichtlich.

9.2 Bedeutung von Ausbaugeschwindigkeit und Ausbaugrad hervorheben

Aus Fehlinterpretationen und inkorrekt Anwendungen resp. falschem Umgang mit der Ausbaugeschwindigkeit lässt sich schliessen, dass die Bedeutung der Ausbaugeschwindigkeit in der Praxis oft nicht ausreichend erkannt wird. In der aktuellen Norm wird der Bedeutung und dem Zweck der Ausbaugeschwindigkeit ungenügend Rechnung getragen. Es wird daher vorgeschlagen, in einer Überarbeitung der Norm ein Kapitel zur Bedeutung von Ausbaugeschwindigkeit und Ausbaugrad zu ergänzen.

► Definition wiederholen und verstärken

In diesem neuen Kapitel sollte, ergänzend zum Kapitel Begriffe, nochmals hervorgehoben werden, dass mit der Wahl der Ausbaugeschwindigkeit eine Geschwindigkeit definiert wird, auf die die extremen Projektierungselemente in Situation und Längenprofil (minimaler Radius und maximale Längsneigung) und der Querschnitt mindestens ausgelegt sein sollen.

► Bezug zu Ausbaugrad herstellen

In der Begriffsdefinition wird erwähnt, dass die Ausbaugeschwindigkeit eine Entwurfsgrösse für die Festlegung des Ausbaugrads der Strasse darstellt. Um diese Zusammenhänge nachvollziehbarer zu vermitteln, empfiehlt es sich, entweder nochmals auf den Gesamtüberblick (vgl. Abb. 35) zu verweisen oder ergänzend dazu eine detailliertere separate Grafik zu integrieren.

Je nach Detaillierungsgrad einer allfälligen zusätzlichen Abbildung oder Verweis auf die Gesamtübersicht sollten textliche Erläuterungen gegeben werden, die die folgenden Aspekte berücksichtigen:

- Die Wahl der Ausbaugeschwindigkeit bestimmt den Ausbaugrad.
- Welche Einflüsse/Randbedingungen haben Einfluss auf den Ausbaugrad.
- Die gewählte Ausbaugeschwindigkeit bestimmt
 - den minimalen Kurvenradius, der auf der gesamten Strecke nicht unterschritten werden sollte,
 - die maximale Längsneigung, die für den gewünschten Ausbaugrad nicht überschritten werden soll,
 - den Querschnitt, der eine bezüglich gewünschter Verkehrsqualität optimale Geschwindigkeit widerspiegelt.
- Der in der Norm enthaltene Hinweis zum geometrischen Normalprofil sollte beibehalten werden: «Im Hinblick auf die Verkehrssicherheit kommt bei der Wahl der Ausbaugeschwindigkeit der Abstimmung mit dem geometrischen Normalprofil eine grosse Bedeutung zu. Einer höheren Ausbaugeschwindigkeit ist ein grosszügigeres geometrisches Normalprofil beizuhören.»
- Es können weitere Querverweise zu anderen Normen gegeben werden, zum Beispiel in Bezug zu den Richtwerten der maximalen Längsneigung (vgl. Abb. 38).

Richtwerte für maximale Längsneigungen Déclivité maximale, valeurs recommandées					
Ausbaugeschwindigkeit [km/h] / Vitesse de base [km/h]	40	60	80	100	120
Maximale Längsneigung [%] / Déclivité maximale [%]	12	10	8	6	4
Tab. 1 Richtwerte für maximale Längsneigungen		Tab. 1 Déclivité maximale, valeurs recommandées			

Abb. 38 Ausbaugeschwindigkeit und maximale Längsneigung, aus Norm VSS-40110 [93]

► Vorgabe der Ausbaugeschwindigkeit herausstreichen

Da in der Praxis festgestellt wurde, dass den projektierenden Fachleuten oft keine Vorgaben zur Ausbaugeschwindigkeit vorliegen – dies trifft besonders auf Sanierungen, aber auch auf Neubauten zu – und Unsicherheit darüber herrscht, wie in solchen Situationen verfahren werden soll, erscheint eine präzise Handlungsanweisung an dieser Stelle sinnvoll. Die Norm könnte einen entsprechenden Hinweis enthalten, dass in solchen Fällen die Projektverantwortlichen eine angemessene Ausbaugeschwindigkeit vorschlagen sollten, und dieser anschliessend mit dem Bauherrn diskutiert und von diesem bestätigt werden muss. Es ist essenziell in der Projektdokumentation, z.B. im technischen Bericht, die Ausbaugeschwindigkeit als wesentliche Grundlage zu dokumentieren.

► Hinweis zu Ausbaugeschwindigkeit als EIN Baustein im Trassierungsmodell

Obwohl die Gesamtgrafik bereits eine umfassende Darstellung der Komplexität und der wechselseitigen Zusammenhänge bietet, ist es im Hinblick auf die Vermeidung von Fehlinterpretationen empfehlenswert, darauf zu verweisen, dass die Ausbaugeschwindigkeit zwar einen grundlegenden Baustein des Trassierungsmodells darstellt, jedoch gleichzeitig einer von mehreren Faktoren ist, die darin einfließen.

9.3 Ausbaugeschwindigkeit und Höchstgeschwindigkeit: Unterschied verdeutlichen

Die gewählte Ausbaugeschwindigkeit V_A kann je nach angestrebtem Ausbaugrad der Höhe der Höchstgeschwindigkeit V_{zul} entsprechen oder bewusst darunter liegen.

Im Zuge der Forschung und in der beruflichen Tätigkeit des Forschungsteams wurde festgestellt, dass nicht selten die falsche Vorstellung besteht, dass man immer die Höchstgeschwindigkeit fahren können muss und/oder die Ausbaugeschwindigkeit dieser entsprechen müsse.

Es wird empfohlen, den Unterschied zwischen der Ausbaugeschwindigkeit und der generellen respektive signalisierten Höchstgeschwindigkeit zu erklären.

Zudem sollte der mit dem Verhältnis zwischen Ausbaugeschwindigkeit und Höchstgeschwindigkeit einhergehende Anspruch an die Abstimmung der Elemente der Linienführung beispielhaft verdeutlicht werden.

Dazu bietet es sich an, ein neues Unterkapitel zu erstellen, und die Aspekte anhand einfacher Skizzen und kurzer Texte zu vermitteln.

- Eine einleitende Skizze wäre zweckmäßig, um zu zeigen, dass die für einen bestimmten Streckenzug festzulegende Ausbaugeschwindigkeit innerhalb eines Bereiches zu wählen ist, wobei die obere Grenze im jeweiligen Bereich der gesetzlich gültigen Höchstgeschwindigkeit entspricht.
- Anhand von weiteren Skizzen mit Angabe von konkreten Werten für V_A und V_{zul} könnte verdeutlicht werden, welche Auswirkungen das Verhältnis Ausbaugeschwindigkeit und Höchstgeschwindigkeit auf den Abstimmungsbedarf beim Entwurf der horizontalen Linienführung mit sich bringt.

Einleitende Skizze und Hauptinformationen:

► Die folgenden Hauptinformationen sollten zunächst textlich vermittelt als auch mit einer ersten Skizze veranschaulicht werden:

- Die Ausbaugeschwindigkeit kann der Höchstgeschwindigkeit entsprechen oder bewusst darunter liegen.
- Je mehr die gewählte Ausbaugeschwindigkeit von der Höchstgeschwindigkeit abweicht, umso anspruchsvoller und wichtiger ist die Abstimmung der Elemente der

Linienführung, um eine homogene Linienführung und damit einen homogenen Geschwindigkeitsverlauf zu gewährleisten.

Die folgende Abb. 39 würde diese Informationen vermitteln:

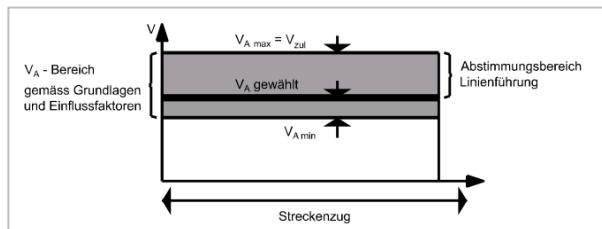


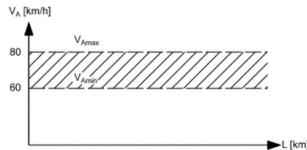
Abb. 39 Wahl einer V_A innerhalb eines V_A -Wahlbereichs und Höchstgeschwindigkeit V_{zul} (angepasst auf Grundlage von [2])

Bei Überarbeitung der Norm wäre ferner zu prüfen, ob die Skizze mit einem textlichen Bezug zur Projektierungsgeschwindigkeit ergänzt werden sollte. Dieser könnte sich anlehnen an die Formulierung [2]: «Der Verlauf von V_P entlang einer Strecke ist von der horizontalen Linienführung abhängig. Ihre obere Grenze wird der jeweils geltenden zulässigen Höchstgeschwindigkeit der Strasse gleichgesetzt. Dies bedeutet, dass bei Abschnitten mit einer Projektierungsgeschwindigkeit, die deutlich unter der zulässigen Höchstgeschwindigkeit liegt, strengere Anforderungen an die Homogenität des Trassees gestellt werden. Dieser Umstand muss bereits bei der Festlegung des Ausbaugrades berücksichtigt werden.»

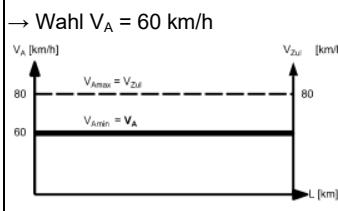
Skizzen zum Verhältnis Ausbaugeschwindigkeit und Höchstgeschwindigkeit und damit verbundener Anforderungen an die Homogenität der Linienführung:

Um den mit dem Verhältnis von Ausbaugeschwindigkeit und Höchstgeschwindigkeit einhergehenden Anspruch an die Abstimmung der Elemente der Linienführung zu verdeutlichen, könnten drei vereinfachte Fälle gezeigt werden. Eine mögliche Darstellung wird in Tab. 4 vorgeschlagen. Alle drei Beispiele gehen von Strassen ausserhalb besiedelter Gebiete mit einer allgemeinen Höchstgeschwindigkeit von 80 km/h aus, bei jeweils unterschiedlichen Ausbaugeschwindigkeiten.

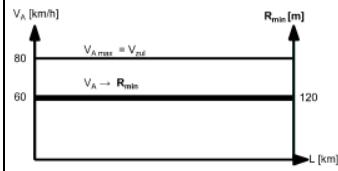
- Es wird empfohlen, eine Darstellung, wie in der folgenden Abbildung gezeigt, der Norm hinzuzufügen.

Tab. 4 Verhältnis Ausbaugeschwindigkeit und Höchstgeschwindigkeit und Anspruch an die Abstimmung der Elemente der horizontalen Linienführung, anhand von 3 BeispielenBeispiele Ausgangslage: $V_{zul} = 80 \text{ km/h}$ | V_A -Wahlbereich 60 bis 80 km/h**Beispiel 1:**

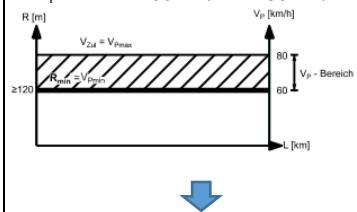
Regionalverbindungsstrasse, sehr kurvenreiches Gelände, aufgrund ihrer Bedeutung auf fahrdynamische Grundsätze ausgelegt, erfordert einen tiefen Ausbaugrad, evtl. $V_A = 60 \text{ km/h}$ angemessen.



$V_A = 60 \text{ km/h} \rightarrow R_{min} = 120 \text{ m}$, Mindestradius, der auf diesem Strassenzug nicht unterschritten werden sollte



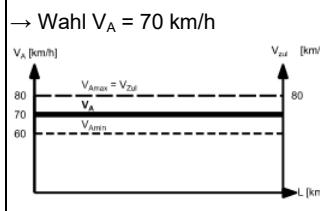
$R_{min} = 120 \text{ m} \rightarrow V_{Pmin} = 60 \text{ km/h}$
 $\rightarrow R \geq R_{min}$
 $\rightarrow V_P$ -Bereich: 60 km/h bis 80 km/h



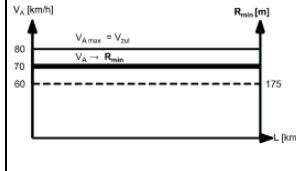
Sehr hoher Anspruch an die Abstimmung der Elemente der Linienführung respektive der Projektierungsgeschwindigkeiten im V_P -Bereich
 \rightarrow Eine sehr sorgfältige Abstimmung der Elemente der Linienführung ist in einem solchen Fall von entscheidender Bedeutung.
 \rightarrow In diesem Kontext ist es unerlässlich, das Geschwindigkeitsdiagramm heranzuziehen, um den Verlauf der Projektierungsgeschwindigkeit zu konstruieren und die Homogenität des Streckenabschnittes zu beurteilen.

Beispiel 2:

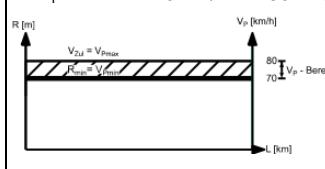
Hauptverkehrsstrasse mit mittleren Verkehrsmengen, leicht erschwerte topografische Verhältnisse, eine zweckmässige Ausbaugeschwindigkeit könnte bei $V_A = 70 \text{ km/h}$ liegen.



$V_A = 70 \text{ km/h} \rightarrow R_{min} = 175 \text{ m}$, Mindestradius, der auf diesem Strassenzug nicht unterschritten werden sollte



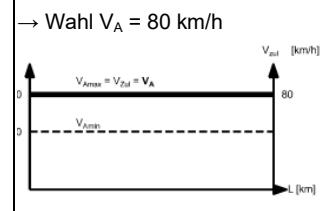
$R_{min} = 175 \text{ m} \rightarrow V_{Pmin} = 70 \text{ km/h}$
 $\rightarrow R \geq R_{min}$
 $\rightarrow V_P$ -Bereich: 70 km/h bis 80 km/h



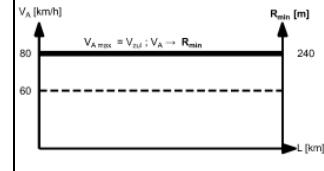
Hoher Anspruch an die Abstimmung der Elemente der Linienführung respektive der Projektierungsgeschwindigkeiten im V_P -Bereich
 \rightarrow Die sorgfältige Abstimmung der Elemente der Linienführung ist von grosser Bedeutung.
 \rightarrow In diesem Kontext ist es unerlässlich, das Geschwindigkeitsdiagramm heranzuziehen, den Verlauf der Projektierungsgeschwindigkeit zu konstruieren und die Homogenität des Streckenabschnittes zu beurteilen.

Beispiel 3:

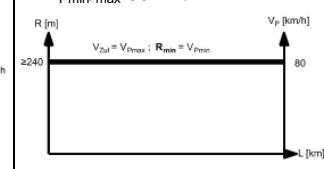
Überregionale Hauptverkehrsstrasse im Mittelland, hohe Verkehrsbedeutung und -belastung, topografisch wenig anspruchsvolles Gelände, $V_A = 80 \text{ km/h}$ kann in Betracht gezogen werden.



$V_A = 80 \text{ km/h} \rightarrow R_{min} = 240 \text{ m}$, Mindestradius, der auf diesem Strassenzug nicht unterschritten werden sollte



$R_{min} = 240 \text{ m} \rightarrow V_{Pmin} = 80 \text{ km/h}$
 $\rightarrow R \geq R_{min}$
 $\rightarrow V_{Pmin/max} = 80 \text{ km/h}$



Somit sind gemäss Modell Geschwindigkeitsmindestwert und Höchstgeschwindigkeit gleich gross, der kleinste Kurvenradius ist mit der zulässigen Höchstgeschwindigkeit befahrbar, damit besteht keine spezielle Anforderung an die Abstimmung der Kurvenradien.
 \rightarrow Es ist kein Geschwindigkeitsdiagramm erforderlich*.

*sofern der Mindestradius (V_{Pmin} resp. V_A) nicht unterschritten wird

9.4 Wahl der Ausbaugeschwindigkeit umfassender beschreiben

9.4.1 Vorbemerkung

Für eine Überarbeitung des Kapitels, welches sich auf die Wahl der Ausbaugeschwindigkeit bezieht, bieten sich folgende Ergänzungen und Präzisierungen an:

- Grundlagen zur Wahl der Ausbaugeschwindigkeit:
 - Darin sollte sich nicht nur eine Aufzählung der Einflussgrößen, die der Wahl einer adäquaten Ausbaugeschwindigkeit zugrunde liegen, wiederfinden, sondern deren Bedeutung und gesamtheitliche Betrachtung.
 - Die Rolle der Strassentypen könnte präzisiert werden, zudem die Hinweise zur Lage der Straßen.
- Richtwerte (Bereiche) zur Wahl der Ausbaugeschwindigkeit:
 - Die Angaben sollten erweitert und präzisiert werden.
- Die Bedeutung einer konstanten Ausbaugeschwindigkeit für einen gleichmässigen Ausbaugrad (über längere Distanzen) sowie der Umgang mit örtlichen Abweichungen könnten erwähnt werden.

Im Folgenden werden entsprechende Überlegungen und Vorschläge unterbreitet.

9.4.2 Grundlagen zur Wahl der Ausbaugeschwindigkeit hervorheben

Die aktuelle Norm weist in Bezug auf die Darlegung von Randbedingungen und Kriterien, die der Wahl einer Ausbaugeschwindigkeit zugrunde liegen, Optimierungspotential auf. Insbesondere sollte bei der Überarbeitung der Norm verdeutlicht werden, dass die Festlegung der Ausbaugeschwindigkeit für einen Strassenzug das Ergebnis einer umfassenden Betrachtung ist.

Um diese gesamtheitliche Betrachtungsweise den Nutzenden der Norm zu verdeutlichen, wird empfohlen, alle Einflussgrößen und Randbedingungen nicht nur aufzuzählen, sondern zu erläutern. Die wesentlichsten Hinweise werden in der Folge diskutiert.

Zur Orientierung werden hier nochmals die wesentlichen Informationen aus der Norm genannt:

«Den einzelnen Strassentypen [1] werden je nach Lage (ausserhalb/innerhalb besiedelter Gebiete) Bereiche der Ausbaugeschwindigkeit zugewiesen.»

Im darauffolgenden Satz wird gesagt «Die Ausbaugeschwindigkeit richtet sich nach:

- der Bedeutung der Strasse im Netz
- der Charakteristik des Geländes
- den wirtschaftlichen Bedingungen
- der Verkehrsmenge und Verkehrszusammensetzung
- der zulässigen Höchstgeschwindigkeit (generell oder signalisiert)»

Ferner geht die Norm mit einem Satz auf die Bestimmung der Ausbaugeschwindigkeit bei örtlichen Sanierungsprojekten ein. Eine Abgrenzung zu bestimmten Strassentypen findet am Ende des Kapitels statt.

Die Nennung der ‘einzelnen Strassentypen’ zusammen mit dem Hinweis zur ‘Lage’ der Straßen ‘ausserhalb und innerhalb besiedelter Gebiete’ sowie die Abgrenzungen lassen die Interpretation zu, eine Ausbaugeschwindigkeit sei zum einen bei allen Strassentypen und zudem ausserorts und auch innerorts festzulegen.

Hinweis zur gesamtheitlichen Betrachtung

- Es wird vorgeschlagen, künftig die Notwendigkeit einer ganzheitlichen Betrachtung sämtlicher relevanter Faktoren bei der Festlegung der Ausbaugeschwindigkeit und somit

des Ausbaugrads eines Strassenzugs präziser zu beschreiben und übersichtlicher darzustellen. Dies beinhaltet unter anderem die konkrete Auslistung der relevanten Strassentypen und der jeweils zu berücksichtigen Einflussfaktoren.

Bei der Beschreibung der Grundlagen sollte zur Verbesserung des Gesamtverständnisses zusätzlich zu den bereits in der Norm genannten Einflussfaktoren zum Ausdruck gebracht werden,

- dass jeder Art von Verkehrsanlage je nach ihrem Ausbaugrad eine optimale Geschwindigkeit zugewiesen werden kann, die die bestmögliche Verkehrsqualität gewährleistet,
- dass mit einem höheren Ausbaugrad nicht nur die Leistungsfähigkeit, sondern auch die Geschwindigkeit, bei der diese erreicht wird, zunimmt. Dadurch lässt sich insbesondere der Link zum Querschnitt herstellen, dessen Wahl von Faktoren wie Bedeutung der Strasse, den erwarteten Verkehrsbelastungen oder der Lage beeinflusst wird.

Gleichzeitig unterstützen diese Erklärungen zur optimalen Geschwindigkeit auch den Zusammenhang mit der maximalen Längsneigung und dem minimalen Radius.

SPACEK [2] schreibt dazu: «Es liegt (...) nahe, jedem Strassentyp eine Geschwindigkeit zuzuordnen, deren Höhe dem leistungsbezogenen Optimum entsprechen soll. Sie wird in den Projektierungsnormen der VSS als Ausbaugeschwindigkeit bezeichnet.»

Eine anschauliche Möglichkeit, diese Ausgangslage zu vermitteln, wäre die Verwendung einer Grafik. Dies sollte im Zuge der Normüberarbeitung geprüft werden, als Grundlage kann die Abbildung aus BÄCHTOLD [100] dienen (vgl. Abb. 40).

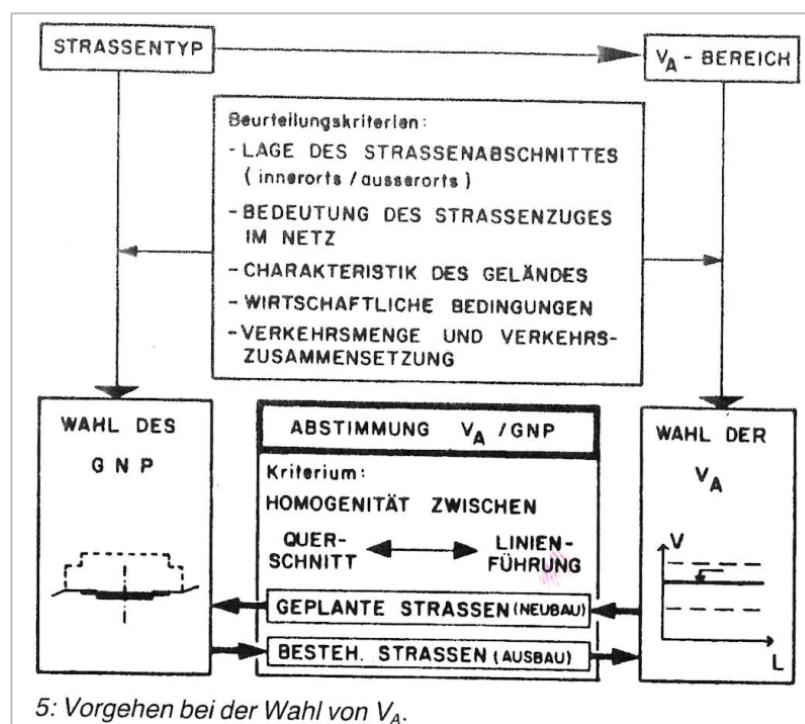


Abb. 40 Vorgehen bei der Wahl der Ausbaugeschwindigkeit aus BÄCHTOLD [100]

Hinweise zur Rolle der Strassentypen

In der Schweiz wird das Strassennetz nach unterschiedlichen Gesichtspunkten klassiert. Dazu zählen unter anderem die Klassierungen nach rechtlichen Gesichtspunkten, nach bautechnischen oder nach verkehrsplanerischen und verkehrstechnischen Kriterien. Bei der Klassierung nach verkehrsplanerischen und verkehrstechnischen Kriterien wird von einer Gliederung nach 'Strassentypen' gesprochen. Diese stellt die funktionale Strassenhierarchie dar.

Wie bereits erwähnt, basiert die Wahl der Ausbaugeschwindigkeit unter anderem auf dem Strassentyp. Folgende Aspekte bedürfen jedoch einer verbesserten Betonung oder klareren Formulierung:

- Die Erwähnung 'Strassentypen' ist derzeit mit einem Literaturverweis versehen, der sich nur auf die «Grundnorm» Strassentypen VSS-40040b [94] beschränkt.
- Die Aufzählung der Strassentypen in der Tabelle beschränkt sich auf Haupttypen, es erfolgt keine Gliederung nach Untertypen oder wird auf diese verwiesen.
- Die Tabelle führt Verbindungsstrassen auf, unter der Tabelle erfolgt ein Vermerk, dass 'untergeordnete' Verbindungsstrassen ausgeschlossen werden. Die Bezeichnung 'untergeordnet' ist nicht präzis genug, da unter anderem nicht in Übereinstimmung mit der Verwendung in der entsprechenden Strassentypennorm.
- Generell liegen Ungenauigkeiten vor, sowohl in Bezug auf die unterschiedliche Betrachtungsebene als auch hinsichtlich der Übereinstimmung mit der normkonformen Bezeichnung der Untertypen.
- Trotz sehr wenig Text sind zudem Aussage und Übersichtlichkeit nicht optimal.

Querweise:

- Eine Überarbeitung der Norm sollte Querverweise zu sämtlichen relevanten Normen der Normengruppe 'Projektierung, Grundlagen, Strassentypen' berücksichtigen. Das wird als äusserst zweckmässig erachtet, da diese Normen die jeweiligen Bereiche der Ausbaugeschwindigkeiten der Untertypen angegeben, und andererseits, Informationen darüber liefern, welche Merkmale zur Unterscheidung von Grundtypen und reduzierten Typen dienen, dies auch im Sinne einer angestrebten standardisierten Strassentypisierung.

Nennung der Untertypen:

- Es wird empfohlen, die Gliederung der Haupt-Strassentypen in Untertypen in die Überarbeitung der hier behandelten Norm aufzunehmen, indem sie genannt werden und der Verweis zur Norm erfolgt.

Bereinigung von Ungenauigkeiten:

- Ungenauigkeiten sind zu bereinigen.

Dazu zählt die ungenaue Aussage, dass «Für die Projektierung von Sammel- und Erschliessungsstrassen sowie von untergeordneten Verbindungsstrassen ist die Festlegung einer Ausbaugeschwindigkeit nicht sinnvoll.» Wer die Norm VSS-40043 «Verbindungsstrassen» [95] konsultiert, wird feststellen, dass die Formulierung 'untergeordnete Verbindungsstrassen' in der einschlägigen Norm bei allen Typen von Verbindungsstrassen verwendet wird: «Die Verbindungsstrassen sollen untergeordnete Verbindungen bei begrenzter Leistung und Geschwindigkeit gewährleisten.». Es ist zwar zu vermuten, dass in der hier behandelten Norm VSS-40080b mit dem Ausschluss von untergeordneten Verbindungsstrassen Verbindungswege und allenfalls bestimmte Lokalverbindungsstrassen gemeint sind. Dennoch erscheint es zweckmässig, eine Übereinstimmung der Begrifflichkeiten herzustellen.

Die Typen von Verbindungsstrassen gemäss [95] sollten daher zur Vollständigkeit in die Norm VSS-40080b integriert werden. Im Weiteren sollte ein Quellenverweis auf die nachfolgende Tabelle (vgl. Abb. 41) aus der Norm Strassentypen, Verbindungsstrassen [95] erfolgen, da darin je Typ Verbindungsstrasse ein Bezug zur Ausbaugeschwindigkeit hergestellt wird, und weitere Informationen zu den Verbindungsstrassen und ihren wichtigsten Merkmalen zu finden sind.

C. Typen und Anwendung von Verbindungsstrassen		C. Types de routes de liaison et directives d'application																																					
8. Gliederung und Anwendungshinweise		8. Classification et directives d'application																																					
Bei den Verbindungsstrassen werden drei Typen unterschieden. Ihre wichtigsten Merkmale sind in Tabelle 1 zusammengestellt.		On distingue 3 types de routes de liaison. Leurs principales caractéristiques sont présentées dans le tableau 1.																																					
Tab. 1 Typen von Verbindungsstrassen		Tab. 1 Types de routes de liaison																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>VS-Typen Types de RL</th> <th>Regionalverbindungsstrasse Route de liaison régionale</th> <th>Lokalverbindungsstrasse Route de liaison locale</th> <th>Verbindungswege Chemin de liaison</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ausbaugeschwindigkeit V_A [km/h] Vitesse de base V_A [km/h]</td><td>60...80</td><td>50...80</td><td>Auslegung nur auf Fahrgeometrie Dimensionnement uniquement selon les caractéristiques géométriques de conduite</td></tr> <tr> <td>Anzahl Fahrstreifen Nombre de voies de circulation</td><td>2</td><td>2</td><td>1</td></tr> <tr> <td>Ausbaugrössen der Fahrstreifen Caractéristiques d'aménagement des voies de circulation</td><td>normal normales</td><td>reduziert réduites</td><td>reduziert réduites</td></tr> <tr> <td>Bankette Accotements</td><td>befestigt stabilisés</td><td>in der Regel befestigt dans la règle stabilisés</td><td>nicht befestigt non stabilisés</td></tr> <tr> <td>Abstellbuchten Places d'arrêt d'urgence</td><td>keine non</td><td>keine non</td><td>als Ausweichstellen comme places d'évitement</td></tr> <tr> <td>Seitliche Hindernisfreiheit Distance aux obstacles latéraux</td><td>reduziert réduite</td><td>reduziert réduite</td><td>in der Regel keine normalement aucune</td></tr> <tr> <td>Fahrbahnmarkierung [5] Marquage [5]</td><td>mindestens Mittellinie au moins la ligne médiane</td><td>in der Regel keine dans la règle aucun</td><td>keine aucun</td></tr> <tr> <td>Grundbegegnungsfall Cas de croisement/ dépassement de base</td><td>Lastwagen/Lastwagen in der Regel mit reduzierter Geschwindigkeit camion/camion à vitesse réduite</td><td>Lastwagen/Personenwagen bei reduzierter Geschwindigkeit camion/voiture de tourisme à vitesse réduite</td><td>Personenwagen/Zwei-rad bei reduzierter Geschwindigkeit voiture de tourisme/deux-roues à vitesse réduite</td></tr> </tbody> </table>		VS-Typen Types de RL	Regionalverbindungsstrasse Route de liaison régionale	Lokalverbindungsstrasse Route de liaison locale	Verbindungswege Chemin de liaison	Ausbaugeschwindigkeit V_A [km/h] Vitesse de base V_A [km/h]	60...80	50...80	Auslegung nur auf Fahrgeometrie Dimensionnement uniquement selon les caractéristiques géométriques de conduite	Anzahl Fahrstreifen Nombre de voies de circulation	2	2	1	Ausbaugrössen der Fahrstreifen Caractéristiques d'aménagement des voies de circulation	normal normales	reduziert réduites	reduziert réduites	Bankette Accotements	befestigt stabilisés	in der Regel befestigt dans la règle stabilisés	nicht befestigt non stabilisés	Abstellbuchten Places d'arrêt d'urgence	keine non	keine non	als Ausweichstellen comme places d'évitement	Seitliche Hindernisfreiheit Distance aux obstacles latéraux	reduziert réduite	reduziert réduite	in der Regel keine normalement aucune	Fahrbahnmarkierung [5] Marquage [5]	mindestens Mittellinie au moins la ligne médiane	in der Regel keine dans la règle aucun	keine aucun	Grundbegegnungsfall Cas de croisement/ dépassement de base	Lastwagen/Lastwagen in der Regel mit reduzierter Geschwindigkeit camion/camion à vitesse réduite	Lastwagen/Personenwagen bei reduzierter Geschwindigkeit camion/voiture de tourisme à vitesse réduite	Personenwagen/Zwei-rad bei reduzierter Geschwindigkeit voiture de tourisme/deux-roues à vitesse réduite		
VS-Typen Types de RL	Regionalverbindungsstrasse Route de liaison régionale	Lokalverbindungsstrasse Route de liaison locale	Verbindungswege Chemin de liaison																																				
Ausbaugeschwindigkeit V_A [km/h] Vitesse de base V_A [km/h]	60...80	50...80	Auslegung nur auf Fahrgeometrie Dimensionnement uniquement selon les caractéristiques géométriques de conduite																																				
Anzahl Fahrstreifen Nombre de voies de circulation	2	2	1																																				
Ausbaugrössen der Fahrstreifen Caractéristiques d'aménagement des voies de circulation	normal normales	reduziert réduites	reduziert réduites																																				
Bankette Accotements	befestigt stabilisés	in der Regel befestigt dans la règle stabilisés	nicht befestigt non stabilisés																																				
Abstellbuchten Places d'arrêt d'urgence	keine non	keine non	als Ausweichstellen comme places d'évitement																																				
Seitliche Hindernisfreiheit Distance aux obstacles latéraux	reduziert réduite	reduziert réduite	in der Regel keine normalement aucune																																				
Fahrbahnmarkierung [5] Marquage [5]	mindestens Mittellinie au moins la ligne médiane	in der Regel keine dans la règle aucun	keine aucun																																				
Grundbegegnungsfall Cas de croisement/ dépassement de base	Lastwagen/Lastwagen in der Regel mit reduzierter Geschwindigkeit camion/camion à vitesse réduite	Lastwagen/Personenwagen bei reduzierter Geschwindigkeit camion/voiture de tourisme à vitesse réduite	Personenwagen/Zwei-rad bei reduzierter Geschwindigkeit voiture de tourisme/deux-roues à vitesse réduite																																				

Abb. 41 Typen von Verbindungsstrassen, Ausbaugeschwindigkeit und weitere Merkmale, Auszug aus Norm VSS-40043 [95]

Hinweise zur Lagebetrachtung

Die bestehende Formulierung 'je nach Lage (ausserhalb/innerhalb besiedelter Gebiete' kann zu einer Interpretation führen, eine Ausbaugeschwindigkeit sei 'generell' sowohl ausserorts als auch innerorts festzulegen.

► In der Überarbeitung der Norm ist zu verdeutlichen, dass sich der Aspekt 'Strassenlage' hauptsächlich auf Strassen ausserhalb besiedelter Gebiete bezieht, und dies immer vor dem Hintergrund der fahrdynamischen Anforderungen. Ein ergänzender Vermerk sollte zudem vermitteln, dass Strassen innerhalb besiedelter Gebiete ausschliesslich dann Gegenstand dieser Norm sind, wenn es sich um fahrdynamisch trassierte Strassen handelt.

Mit der Lagebetrachtung einher gehen auch Hinweise zum Umgang mit Passstrassen. Auch für Passstrassen, die Wendeplatten beinhalten, und Hauptverkehrsstrassen oder Verbindungsstrassen ausserorts sind, wird eine Ausbaugeschwindigkeit festgelegt. Dementsprechend wird, mit Ausnahmen der Wendeplatten, auch ein minimaler Radius festgelegt.

Weitere Einflussfaktoren auf die Wahl der Ausbaugeschwindigkeit

Um eine zweckmässige Ausbaugeschwindigkeit wählen zu können, ist es unzureichend, wie bereits dargelegt, lediglich den «Hauptstrassentyp» heranzuziehen. Den weiteren Faktoren für eine feinere Differenzierung kommt eine wesentliche Bedeutung zu.

Der empfohlene Überblick über alle Einflussfaktoren auf die Wahl der Ausbaugeschwindigkeit rückt diese Faktoren bereits ins Licht.

9.4.3 Ergänzende Hinweise zur Darstellung der Richtwerte (Bereiche) zur Wahl der Ausbaugeschwindigkeit geben

Die aktuelle Norm stellt als Hilfsmittel zur Wahl der Ausbaugeschwindigkeit die in Abb. 42 dargestellte Tabelle zur Verfügung.

Tab. 1 Bereiche der Ausbaugeschwindigkeit			Tab. 1 Fourchettes de la vitesse de base		
Strassentyp	Ausbaugeschwindigkeit V_A [km/h] Lage bezüglich des besiedelten Gebietes		Type de route	Vitesse de base V_A [km/h] Situation par rapport à la zone bâtie	
	innerhalb	ausserhalb		en zone	hors zone
Hochleistungsstrassen (HLS)	60 - 100	80 - 120	Routes à grand débit (RGD)	60 - 100	80 - 120
Hauptverkehrsstrassen (HVS)	40 - 60	60 - 80	Routes principales (RP)	40 - 60	60 - 80
Verbindungsstrassen (VS)	40 - 60	50 - 80	Routes de liaison (RL)	40 - 60	50 - 80

Abb. 42 Bereiche der Ausbaugeschwindigkeit gemäss Norm [1]

Im Rahmen der Forschungsarbeit wurden verschiedene Darstellungen diskutiert. Aus der Diskussion und Abstimmung mit der Begleitkommission resultiert der Vorschlag, der in folgender Tabelle dargestellt ist.

- Dieser Vorschlag orientiert sich weitgehend an der bisherigen Struktur. Die Tabelle wurde feiner aufgeschlüsselt, ferner wird auf die Bezeichnungen $V_{P\min}$ und $V_{P\max}$ verzichtet, um den Bereich als Wahlbereich zu stärken.
 - Eine alternative Bezeichnung für 'Wahlbereiche Ausbaugeschwindigkeit' wäre allenfalls 'Richtwerte für die Wahl der Ausbaugeschwindigkeit', entsprechend der aus Sicht der Forschungsstelle verständlicheren Bezeichnung, wie sie in der Normausgabe von 1981 [85] verwendet wurde.
 - In der aktuellen Norm fehlt die Legende, in welcher Hinweise zu den Wahlbereichen gegeben werden sollten. Künftig sollten die unten der Tabelle angegebenen Informationen hinzugefügt werden.
- Es wird empfohlen, die bestehende Tabelle 1 der Norm VSS-40080b [1] mit einer detaillierteren zu ersetzen. Die folgende Tab. 5 stellt eine Empfehlung dar.

Tab. 5 Richtwerte für die Wahl der Ausbaugeschwindigkeiten (Bereiche)

Strassentyp	Norm mit Hinweisen zu Ausbaugrad und Merkmalen	Ausserhalb besiedelter Gebiete	Innerhalb besiedelter Gebiete
Hochleistungsstrassen HLS mit baulicher Richtungstrennung (Autobahnen): Grundtyp	VSS-40041	80 - 120	80 - 120
Hochleistungsstrassen HLS mit baulicher Richtungstrennung (Autobahnen): reduzierter Typ	VSS-40041	80 - 120	60 - 100
Hochleistungsstrassen HLS ohne bauliche Richtungstrennung (Autostrassen): Grundtyp	VSS-40041	80 - 100	60 - 80
Hochleistungsstrassen HLS ohne bauliche Richtungstrennung (Autostrassen): reduzierter Typ	VSS-40041	**	60 - 80
Strassentyp	Norm mit Hinweisen zu Ausbaugrad und Merkmalen	Ausserhalb besiedelter Gebiete	Innerhalb besiedelter Gebiete, sofern nach fahrdynamischen Grundsätzen trassiert
Hauptverkehrsstrassen HVS: Grundtyp	VSS-40042	60 - 80	50 - 80
Hauptverkehrsstrassen HVS: reduzierter Typ	VSS-40042	60 - 80	50 - 60
Verbindungsstrasse VS (Regionalverbindungsstrasse)	VSS-40043	60 - 80	50 - 60
Verbindungsstrasse VS (Lokalverbindungsstrasse)	VSS-40043	50 - 80	50 - 60
Verbindungsstrasse VS (Verbindungsweg)	VSS-40043	*	*
Sammelstrasse SS	VSS-40044	*	*
Erschliessungsstrasse ES	VSS-40045	*	*

* Fahrgeometrie im Vordergrund, nicht die Fahrdynamik

** diesen Strassentyp gibt es nicht ausserhalb besiedelter Gebiete

Künftig sollten die folgenden Informationen in der Legende hinzugefügt werden:

- Unterer Bereich: kleinste Ausbaugeschwindigkeit, die ohne wesentliche Beeinträchtigung der Attraktivität und Sicherheit der Strasse angewendet werden (nach DIETRICH [34])
- oberer Bereich: höchste Ausbaugeschwindigkeit, die aus planerischen Überlegungen und aus Sicherheitsgründen wirtschaftlich noch vertretbar ist (nach DIETRICH [34])

Ferner sollten die erwähnten Normen referenziert werden, insbesondere, da die Untertypen und detaillierten Informationen eine Unterstützung darstellen: VSS-40040b [94], VSS-40041 [96], VSS-40042 [97], VSS-40043 [95], VSS-40044 [98], VSS-40045 [99].

9.4.4 Bedeutung einer konstanten Ausbaugeschwindigkeit hervorheben und Hinweise zu örtlichen Abweichungen geben

Bedeutung einer konstanten Ausbaugeschwindigkeit für einen gleichmässigen Ausbaugrad (über längere Distanzen)

Im Zuge der Forschungsarbeit hat sich gezeigt, dass, insbesondere bei fehlenden Vorgaben zur Ausbaugeschwindigkeit durch die Bauherrschaft und/oder im Kontext von Sanierungsprojekten oder Beurteilungen bestehender Strassen, der Umgang mit der Ausbaugeschwindigkeit fehlerhaft ist. So kommt es vor, dass die Ausbaugeschwindigkeit in Abhängigkeit von den geometrischen Gegebenheiten stellenweise «angepasst» wird, sprich punktuell herabgesetzt respektive auf einem Streckenzug mehrfach geändert wird. Dies geschieht beispielsweise, um bestimmte Charakteristika, wie beispielsweise kleinere Kurvenradien «zu rechtfertigen». Das deutet darauf hin, dass das Prinzip des Ausbaugrads nicht verstanden wurde.

Mit den folgenden Empfehlungen liesse sich die Bedeutung einer konstanten Ausbaugeschwindigkeit für einen gleichmässigen Ausbaugrad über längere Distanzen deutlicher hervorheben:

- Die Norm weist zwar darauf hin, dass bei örtlichen Sanierungsprojekten zur Bestimmung der Ausbaugeschwindigkeit eine Geschwindigkeitsbetrachtung über den ganzen Streckenzug anzustellen ist. Dieser Hinweis ist wichtig, er sollte jedoch ergänzt werden. Es muss an dieser Stelle klargestellt werden, dass dieser Hinweis darauf abzielt, im Kontext der örtlichen Gegebenheiten einen Geschwindigkeitswert zu ermitteln, der über eine längere Distanz (Streckenzug) und durchgängig die Anforderungen an Leistung (u.a. Querschnitt (u.a. Begegnungsgeschwindigkeit) und Sicherheit optimal erfüllt.
- In den Strassentypen-Normen findet die Wichtigkeit eines gleichmässigen Ausbaugrads Erwähnung. Die Norm zum Strassentyp ‘Hauptverkehrsstrasse HVS’ [97] betont beispielsweise «durch einen gleichmässigen Ausbaugrad über lange Strecken soll ein homogener Verkehrsfluss und ein entsprechend hohes Sicherheitsniveau gewährleistet werden. Abweichungen im Ausbaugrad sind auf HVS ausserhalb besiedelter Gebiete zu vermeiden.». Diese Aussagen müssten in der hier besprochenen Norm aufgenommen werden. Die Norm sollte künftig daher klar darauf verweisen, dass Abweichungen vom Ausbaugrad grundsätzlich vermieden werden sollten. Eine einfache Skizze, beispielsweise wie in Abb. 43 vereinfacht dargestellt, könnte diese Aussage unterstützen.

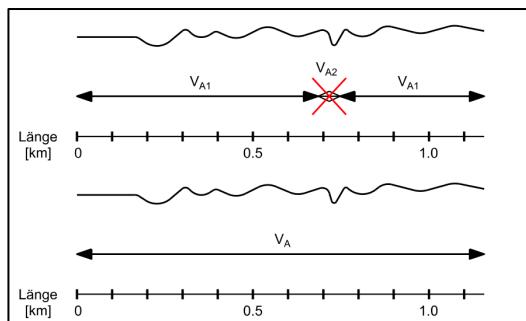


Abb. 43 Konstanz der Ausbaugeschwindigkeit resp. des Ausbaugrads über längere Distanzen

Örtliche Abweichungen vom Ausbaugrad

Da örtliche Unterschreitungen vom festgelegten Ausbaugrad nicht immer auszuschliessen sind, zum Beispiel aus Gründen der Verhältnismässigkeit, sollte die Norm auch Hinweise zum Umgang mit diesen Abweichungen enthalten. Dabei handelt es sich bei örtlichen Abweichungen vom Ausbaugrad meist um Unterschreitungen des auf Basis der Ausbaugeschwindigkeit festgelegten Mindestradius. In der hier behandelten Norm gibt es keinen Verweis dazu, wie damit umzugehen ist. Innerhalb des VSS-Normenwerks wird heute lediglich in der Norm VSS-40043 «Verbindungsstrassen» [95] darauf verwiesen, dass örtliche Abweichungen vom Ausbaugrad für alle Verkehrsteilnehmenden frühzeitig erkennbar sein müssen.

- Im Zuge einer Überarbeitung der Norm VSS-40080b sollte ein entsprechender Hinweis in Bezug auf den Umgang mit Abweichungen vom Ausbaugrad aufgenommen werden.

10 Projektierungsgeschwindigkeit V_P (Funktionszusammenhang)

10.1 Vorbemerkung

Wie bereits erwähnt, herrscht oft Verwirrung bezüglich des Begriffs Projektierungsgeschwindigkeit, was zu fehlerhaften Anwendungen führen kann.

Diese Verwirrung wird teilweise durch die Norm selbst hervorgerufen. Gleichzeitig sind fehlerhafte Interpretationen, falsche Anwendungen in verschiedenen Literaturquellen und Richtlinien und unvollständige oder widersprüchliche Erläuterungen dafür mitverantwortlich. Erschwerend kommen Fehlinterpretationen der Geschwindigkeitsbegriffe (Ausbaugeschwindigkeit, Höchstgeschwindigkeit, Projektierungsgeschwindigkeit und V85) hinzu.

Aus der Norm geht die Unterscheidung zwischen der Projektierungsgeschwindigkeit in Kurven, und dem theoretischen Verlauf der Projektierungsgeschwindigkeit in Funktion der horizontalen Krümmungsverhältnisse einer Strasse (Streckencharakteristik) zu wenig klar hervor. Gleichermaßen gilt für die jeweils zugrundeliegenden Modelle, das Berechnungsmodell und das Geschwindigkeitsmodell.

Nebst der optimierbaren inhaltlichen klaren Vermittlung der Unterschiede und Zusammenhänge von V_P in Kurven und dem Verlauf von V_P in Funktion der Krümmungsverhältnisse besteht auch Anpassungsbedarf hinsichtlich der hierarchischen Struktur der Normkapitel.

Die folgenden Kapitel geben einen Einblick in die wesentlichsten Ergebnisse aus der Auseinandersetzung mit den Norminhalten und zeigen, welche inhaltlichen Aspekte künftig berücksichtigt werden sollten.

10.2 Gliederung der Inhalte

In der heutigen Normstruktur sind die folgenden Themen auf der gleichen Gliederungsebene angeordnet:

- Ausbaugeschwindigkeit,
- Projektierungsgeschwindigkeit,
- Geschwindigkeitsdiagramm,
- Auswertung des Geschwindigkeitsdiagramms.

Damit wird implizit vermittelt, dass diese Inhalte als gleichwertig betrachtet werden und keiner der Inhalte einem anderen als untergeordnet angesehen wird.

Da jedoch inhaltlich Hierarchien zwischen Projektierungsgeschwindigkeit, Geschwindigkeitsdiagramm und Auswertung des Geschwindigkeitsdiagramms bestehen, die nicht in der Gliederung deutlich werden, sollte die Struktur der Inhalte angepasst werden. Bereits eine präzise Gliederung unterstützt durch die Darstellung der Beziehungen das Verständnis der Inhalte.

► Es wird empfohlen, eine neue Struktur einzuführen und damit die inhaltlichen Zusammenhänge hierarchisch zu verdeutlichen. Die Empfehlung für eine neue Kapitelstruktur der zu überarbeitenden Norm ist dem Berichtskapitel 12 zu entnehmen.

10.3 Berechnungsmodell, Grundlagen und Annahmen verdeutlichen und ergänzen

Zur Nachvollziehbarkeit der folgenden Ausführungen wird zunächst der derzeitige Normtext zu 'Grundlagen und Annahmen' abgebildet (vgl. Abb. 44).

C. Projektierungsgeschwindigkeit	C. Vitesse de projet
5. Grundlagen und Annahmen	5. Bases et hypothèses
Die Projektierungsgeschwindigkeit basiert auf folgenden Grundlagen und vereinfachenden Annahmen:	La vitesse de projet repose sur les hypothèses simplificatrices et les bases suivantes:
<ul style="list-style-type: none"> - Aus Messungen an freifahrenden Personenwagen kann angenommen werden, dass der Fahrer seine Geschwindigkeit nach den Radien der horizontalen Kurven richtet, sofern diese eine genügende Bogenlänge aufweisen, um als solche erkannt zu werden [2]. - Ein Einfluss der Längsneigung auf die Projektierungsgeschwindigkeit kann für Neigungen unter 7 % vernachlässigt werden [3]. - Für die physikalischen Berechnungen der Projektierungsgeschwindigkeit wird das Fahrzeug vereinfachend als Massenpunkt betrachtet. Die Kurvenfahrt wird mit idealem Spurverhalten angenommen. - Der den Berechnungen zugrunde gelegte Reibungskoeffizient μ entspricht der Grösse des Gleitreibungskoeffizienten eines profilierten Reifens auf nasser, sauberer Fahrbahn. Dieser Reibungskoeffizient ist geschwindigkeitsabhängig. - Bei der Kurvenfahrt wird der verfügbare Reibungskoeffizient μ durch einen tangentialen Anteil f_t und einen radialen Anteil f_r beansprucht. Die Aufteilung erfolgt näherungsweise nach folgender Beziehung: 	<ul style="list-style-type: none"> - L'observation de véhicules circulant librement permet d'admettre que le conducteur règle sa vitesse en fonction du rayon de courbure en plan, pour autant que la courbe ait une longueur suffisante pour être perçue comme telle par l'automobiliste [2]. - Si la déclivité est inférieure à 7 %, son influence sur la vitesse de projet peut être négligée [3]. - Pour calculer la vitesse de projet, le véhicule est assimilé par simplification à un point masse. On admet qu'en courbe il suit une trajectoire idéale. - Le coefficient de frottement μ utilisé dans les calculs correspond au coefficient de frottement de glissement d'un pneu profilé sur une chaussée propre et mouillée. Ce coefficient est fonction de la vitesse. - En courbe, le coefficient de frottement μ se décompose en une composante tangentielle f_t et une composante radiale f_r. La relation entre ces deux composantes est approximativement de la forme:
$\mu = \sqrt{f_t^2 + f_r^2}$	$\mu = \sqrt{f_t^2 + f_r^2}$
<ul style="list-style-type: none"> - Zur Sicherstellung des Bremsweges innerhalb der Anhaltesichtweite sollen in Kurven für den tangentialen Anteil f_t 90 % des Reibungskoeffizienten μ zur Verfügung stehen. Der zulässige radiale Anteil f_r kann der Abbildung 1 entnommen werden. - Die Projektierungsgeschwindigkeit V_p [km/h], mit der entsprechende Radien R [m] im angenommenen Modell befahren werden können, ergibt sich aus der 	<ul style="list-style-type: none"> - En courbe, pour que la distance de freinage soit inférieure à la distance de visibilité d'arrêt, le 90 % du coefficient de frottement f_t doit être attribué à la composante tangentielle f_t. La composante radiale admissible f_r est donnée à la figure 1. - La vitesse de projet V_p [km/h] à laquelle une courbe R [m] peut être parcourue, compte tenu du modèle physique retenu, est donnée par la relation
$V_p = \sqrt{127 R (f_r + p)}$	$V_p = \sqrt{127 R (f_r + p)}$
Für die Berechnung wird die Querneigung p mit 7 % (0,07) eingesetzt.	Pour le calcul, la valeur du dévers p est fixée à 7 % (0,07).
 Abb. 1 f_t in Funktion der Geschwindigkeit	 Fig. 1 f_r en fonction de la vitesse

Abb. 44 Grundlagen und Annahmen, Auszug aus [1]

Die Forschungsgruppe stellt fest, dass die Grundlagen und Annahmen, auf denen die Projektierungsgeschwindigkeit basiert, obwohl in der Norm aufgelistet, zu wenig wahrgenommen werden und Unklarheiten beinhalten.

Daher werden folgende Empfehlungen unterbreitet:

Inhaltliche Erweiterung

Die inhaltliche Aussage der Aufzählung der Grundlagen und Annahmen bedarf keiner Überarbeitung. Allerdings wäre es im Interesse einer besseren Bedeutungsvermittlung hilfreich, einleitend eine Erläuterung zu ergänzen, dass es sich um ein Modell handelt, welches auf physikalischen Grundlagen und aus Messungen an ungehindert fahrenden

Personenwagen basiert, und die Projektierungsgeschwindigkeit eine weitgehend theoretische Grösse ist. Insbesondere die Tatsache, dass es sich, sofern die Geometrie massgebend ist, um eine «sichere» Geschwindigkeit gemäss Berechnungsmodell handelt, kommt nicht deutlich genug zum Ausdruck. Dieser Umstand ist jedoch wichtig, um beispielsweise die Unterscheidung zu V85 bei trockener Fahrbahn zu verstehen.

- Aus oben genannten Gründen sollte einleitend eine kurze übergeordnete Erklärung zu den Grundlagen und Annahmen ergänzt werden.

Inhaltliche Korrektur/Ergänzung

Ein weiterer, bei einer Überarbeitung zu berücksichtigender Aspekt betrifft die Abbildung 1 der aktuellen Norm VSS-40080b. In den Grundlagen und Annahmen wird erwähnt, dass zur Sicherstellung des Bremsweges innerhalb der Anhaltesichtweite, in Kurven 90 % des Reibungskoeffizienten μ für den tangentialen Anteil f_L zur Verfügung stehen sollen. Es folgt der Hinweis, dass der zulässige radiale Anteil f_R aus dem Diagramm Abb. 1 « f_R in Funktion der Geschwindigkeit» abgelesen werden kann.

Die einzige inhaltliche Information beschränkt sich auf die Daten im Diagramm. Weitere Erklärungen fehlen. Hinsichtlich der Darstellungsform der Geschwindigkeitsabhängigkeit der Reibungskoeffizienten ist festzuhalten, dass diese zwar grundsätzlich unmissverständlich ist, jedoch fehlt in dem Diagramm der Hinweis, um welche Geschwindigkeit es sich handelt. Die Nachforschung ergab, dass von der Höchstgeschwindigkeit ausgegangen wird [73].

Die Anwendung der Berechnungsformel $V_p = \sqrt{127R(f_R + p)}$, wie sie in der Norm für die Herleitung der Projektierungsgeschwindigkeiten in Kurven angegeben wird, zeigt, dass die berechneten Werte nicht exakt mit den Werten in der Tabelle der Norm übereinstimmen (vgl. Ziffer 5 und Tab. 2 der Norm [1]). Ein Hinweis für die Normanwendenden, dass es sich um eine Näherungsformel handelt, wäre daher hilfreich.

- Es wird empfohlen, einen erklärenden Hinweis zum radialen Reibungsanteil zu integrieren, dass aus der vektoriellen Beziehung der Kräfte folgt, dass für radiale Belastungen, also bei der Gefahr des Ausbrechens des Fahrzeugs in Kurven, nur etwa 44% der vorhandenen Reibung verbleiben (nach [2]).

- Im Weiteren muss das Diagramm mit der Angabe V_{zul} ergänzt werden.

10.4 Projektierungsgeschwindigkeit in Kurven, Werte und deren Anwendung präzisieren

Zur Nachvollziehbarkeit der folgenden Ausführungen wird wiederum zunächst der Normtext abgebildet (Abb. 45):

6. Werte der Projektierungsgeschwindigkeit	6. Valeurs de la vitesse de projet																																																																												
Die Projektierungsgeschwindigkeit in Kurven ist der Tabelle 2 zu entnehmen.	La vitesse de projet en courbe est donnée au tableau 2.																																																																												
Tab. 2 Projektierungsgeschwindigkeit in Kurven	Tab. 2 Vitesse de projet en courbe																																																																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Radius R [m]</th><th>45</th><th>60</th><th>75</th><th>95</th><th>120</th><th>145</th><th>175</th><th>205</th><th>240</th><th>280</th><th>320</th><th>370</th><th>420</th><th>470</th><th>525</th><th>580</th><th>≥ 650</th><th>Rayon R [m]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>V_p [km/h]</td><td>40</td><td>45</td><td>50</td><td>55</td><td>60</td><td>65</td><td>70</td><td>75</td><td>80</td><td>85</td><td>90</td><td>95</td><td>100</td><td>105</td><td>110</td><td>115</td><td>120</td><td>V_p [km/h]</td> </tr> </tbody> </table> <p>Den Radien, die zwischen den angegebenen Werten liegen, ist stets die nächsthöhere Projektierungsgeschwindigkeit zuzuordnen (zum Beispiel $R = 100$ m, $V_p = 60$ km/h). In Geraden wird die Projektierungsgeschwindigkeit der geltenden zulässigen Höchstgeschwindigkeit der Strasse gleichgesetzt. Dies gilt auch für Kurven, deren Radien eine höhere Geschwindigkeit als die zulässige Höchstgeschwindigkeit zulassen.</p>	Radius R [m]	45	60	75	95	120	145	175	205	240	280	320	370	420	470	525	580	≥ 650	Rayon R [m]	V_p [km/h]	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	V_p [km/h]	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Radius R [m]</th><th>45</th><th>60</th><th>75</th><th>95</th><th>120</th><th>145</th><th>175</th><th>205</th><th>240</th><th>280</th><th>320</th><th>370</th><th>420</th><th>470</th><th>525</th><th>580</th><th>≥ 650</th><th>Rayon R [m]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>V_p [km/h]</td><td>40</td><td>45</td><td>50</td><td>55</td><td>60</td><td>65</td><td>70</td><td>75</td><td>80</td><td>85</td><td>90</td><td>95</td><td>100</td><td>105</td><td>110</td><td>115</td><td>120</td><td>V_p [km/h]</td> </tr> </tbody> </table> <p>Pour les rayons intermédiaires, on choisira la vitesse de projet immédiatement supérieure (par exemple, pour $R = 100$ m, $V_p = 60$ km/h). En alignement la vitesse de projet sera égale à la vitesse maximale autorisée en vigueur pour la route. Il en est de même dans les courbes de grand rayon qui peuvent être parcourues à une vitesse plus élevée que la vitesse maximale autorisée.</p>	Radius R [m]	45	60	75	95	120	145	175	205	240	280	320	370	420	470	525	580	≥ 650	Rayon R [m]	V_p [km/h]	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	V_p [km/h]
Radius R [m]	45	60	75	95	120	145	175	205	240	280	320	370	420	470	525	580	≥ 650	Rayon R [m]																																																											
V_p [km/h]	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	V_p [km/h]																																																											
Radius R [m]	45	60	75	95	120	145	175	205	240	280	320	370	420	470	525	580	≥ 650	Rayon R [m]																																																											
V_p [km/h]	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	V_p [km/h]																																																											

Abb. 45 Werte der Projektierungsgeschwindigkeit in Kurven (isoliert betrachtet, ohne Einfluss der Streckencharakteristik) [1]

Im heutigen Kapitel ‘Werte der Projektierungsgeschwindigkeit’ wird die ‘Projektierungsgeschwindigkeit in Kurven’ behandelt.

Die Norm ordnet einem definierten Radius eine bestimmte Projektierungsgeschwindigkeit zu. Im Text unter der Tabelle erfolgen Hinweise zum Umgang mit den Zwischenbereichen. Es soll keine Interpolation erfolgen, es ist stets die nächsthöhere Projektierungsgeschwindigkeit zu wählen, und dass die Projektierungsgeschwindigkeit in Geraden der geltenden zulässigen Höchstgeschwindigkeit gleichgesetzt wird.

Im Rahmen der vorliegenden Forschungsarbeit wurde erkannt, dass verschiedene Aspekte dazu beitragen, den Geschwindigkeitsbegriff Projektierungsgeschwindigkeit falsch zu interpretieren und dessen Anwendung zu erschweren:

- Der Zweck und die Anwendung der obigen Werte der Projektierungsgeschwindigkeit in Kurven werden nicht erläutert. Damit einher geht die fehlende klare Differenzierung von Projektierungsgeschwindigkeit in Kurven und Verlauf der Projektierungsgeschwindigkeit in Funktion der Streckencharakteristik.
- Es kommt zu wenig deutlich zum Ausdruck, dass es sich bei den Werten der Projektierungsgeschwindigkeit in Kurven um Werte handelt, die rein auf dem Funktionszusammenhang $V_p = f(R)$ gemäss Berechnungsmodell basieren, ohne Bezug zur Streckencharakteristik einer Strasse.
- Die kurze Information, dass in Geraden die Projektierungsgeschwindigkeit «der geltenden zulässigen Höchstgeschwindigkeit» der Strasse gleichgesetzt wird, birgt ebenfalls Potential für Fehlinterpretationen.
- Bei Anwendung der Tabellenwerte konnten Unsicherheiten in Bezug auf den Umgang mit den Radienzwischenbereichen festgestellt werden.
- Es fehlen Querverweise zu anderen Normen respektive Hinweise, wie damit umgegangen werden soll, wenn Situationen vorliegen, die den Grundlagen und Annahmen nicht entsprechen, beispielweise bei grösseren Längsneigungen als 7%.
- In der Projektierung von Strassen nach fahrdynamischen Grundsätzen wird davon ausgegangen, dass sich eine Kurve aus Kreisbögen und Klothoiden zusammensetzt. Dieser Aspekt wird mit der Bezeichnung Projektierungsgeschwindigkeit in «Kurven» zu wenig Rechnung getragen. ‘Kurve’ wird bei fahrdynamisch trassierten Strassen auch heute noch zu häufig mit ‘Kreisbogen’ gleichgesetzt, wie Erfahrungen aus der Praxis zeigen.
- Die bestehenden Kapitelstrukturen in der aktuellen Norm unterstützen die inhaltlichen Zusammenhänge kaum.

► Es wird empfohlen, den Anwendungsbereich der Werte aus der Tabelle zu benennen. Dazu würden sich wortwörtlich die Formulierungen von SPACEK [2] anbieten:

«Die Richtwerte erlauben es, jedem Element der horizontalen Linienführung unter Berücksichtigung der generellen Tempolimite eine theoretische Geschwindigkeit zuzuordnen. Durch den Bezug der V_P zu den generellen Tempolimiten erhofft man sich ein Ansatz zur angemessenen Trassierung. Die V_P ist die wichtigste Hilfsgrösse für den Entwurf der Linienführung von Strassen. Aufgrund der V_P werden weitere Projektierungselemente (wie Sichtweiten, Knotenzufahrten etc.) bemessen. Die Projektierungsgeschwindigkeit ist zudem eine Grundlage für ein eigentliches Geschwindigkeitsmodell, das es erlaubt, für den Zusammenbau einzelner Elemente der horizontalen Linienführung (die Elementfolge) Kriterien und Regeln aufzustellen, um Unstetigkeiten auszuschliessen, gefährliche Übergänge zu vermeiden und dadurch eine sichere Gestaltung der Anlage zu erreichen.»

Mit dieser Formulierung würde gleichzeitig der Link zum Geschwindigkeitsmodell als Grundlage für den Verlauf der Projektierungsgeschwindigkeit in Funktion der Streckencharakteristik hergestellt.

Ergänzend liesse sich auf die Gesamtübersicht verweisen. Aus dieser geht ebenfalls grob hervor, wo diese Werte Anwendung finden. Ob es allenfalls zweckmässig ist, einen Teil dieser Gesamtübersicht noch einmal aufzunehmen, kann erst bei der Überarbeitung der Norm beantwortet werden.

► Um den beobachteten Unsicherheiten in Bezug auf die Zwischenbereiche in der Tabelle entgegenzuwirken, wird empfohlen, eine andere Darstellung in Betracht zu ziehen. Es sollte so weit möglich versucht werden, ergänzenden Text zu reduzieren und die Abbildungen in ihrer Aussage zu präzisieren. Eine Möglichkeit wäre, statt Radienwerten neu Radienbereiche mit Zuordnung der V_P anzugeben und damit auf den ergänzenden Text zum Umgang mit den Radienzwischenbereichen zu verzichten. Der bestehende Textvermerk, dass den Radien, die zwischen den angegebenen Werten liegen, stets die nächsthöhere Projektierungsgeschwindigkeit zuzuordnen ist respektive maximal der Höchstgeschwindigkeit, kann und muss belassen.

Umgang mit Abweichungen von Normgrundlagen und Annahmen

Bei der Anwendung von Normen ist stets zu prüfen, ob im konkreten Anwendungsfall eine Abweichung vom Geltungsbereich der Norm oder von den der Norm zugrundliegenden Grundlagen und Annahmen vorliegt. Als Beispiel für den zweiten Fall lässt sich die Längsneigung heranziehen:

In den Grundlagen und Annahmen ([1] Ziffer 5) ist angegeben: «ein Einfluss der Längsneigung auf die Projektierungsgeschwindigkeit kann für Neigungen unter 7 % vernachlässigt werden.» Zum Vorgehen bei grösseren Längsneigungen als 7 % fehlen Hinweise.

Da das VSS-Normenwerk aus einer Vielzahl Einzelnormen besteht, ist eine Verknüpfung erforderlich und hilfreich. So ist in der Norm Linienführung; Zusatzstreifen in Steigungen und Gefällen [87] festgehalten, dass bei grösseren Längsneigungen die Projektierungsgeschwindigkeit nach oben begrenzt ist, es sei denn, es gelten niedrigere Werte aufgrund der horizontalen Linienführung oder der Beschränkungen der Höchstgeschwindigkeit. Die Tabelle 1 in [87] (siehe dazu Abb. 46) zeigt die entsprechenden Werte.

Projektierungsgeschwindigkeit (V_P) von Personenwagen in grossen Längsneigungen (i) Vitesse de projet (V_P) de voitures de tourisme pour fortes déclivités (i)				
i [%]	$\pm 7,0$	$\pm 8,0$	$\pm 9,0$	$\geq \pm 10,0$
V_P [km/h]	80	75	75	70

Tab. 1
Projektierungsgeschwindigkeit (V_P) von Personenwagen
in grossen Längsneigungen (i)

Tab. 1
Vitesse de projet (V_P) de voitures de tourisme
pour fortes déclivités (i)

Abb. 46 Obere Grenze der V_P im Falle von Längsneigungen grosser 7 %, aus Norm VSS-40138b [87]

Möglicherweise fehlt ein Verweis aufgrund des unterschiedlichen letzten Überarbeitungsstands der Normen: Die letzte Überarbeitung der Norm VSS-40138b [87] erfolgte 2004, dies auf Grundlage der Erarbeitung der Grundlagen zur Anpassung der bestehenden «Zusatzzstreifen in Steigungen und Gefällen» (KOY [102]). Die letzte Überarbeitung der Norm VSS-40080b erfolgte 1991.

Die obige Tabelle sollte allerdings im Tabellenkopf präzisiert werden, es handelt sich um die obere Grenze der Projektierungsgeschwindigkeit. Ansonsten besteht auch hier die Gefahr von Fehlinterpretationen.

- Es wird empfohlen, einen entsprechenden Hinweis in der Norm anzugeben.

11 Geschwindigkeitsmodell und -diagramm (Verlauf der Projektierungsgeschwindigkeit V_p in Funktion der Streckencharakteristik)

11.1 Geschwindigkeitsmodell

11.1.1 Vorbemerkung

Ein Kapitel 'Geschwindigkeitsmodell' existiert heute nicht. Die Modellannahmen sind zwar unter der Überschrift 'Geschwindigkeitsdiagramm' aufgeführt, jedoch genügen die Informationen für das Verständnis des zugrundeliegenden Geschwindigkeitsmodells und dessen Sinn und Zweck nicht. Das Verständnis des Modells ist jedoch von elementarer Bedeutung, insbesondere vor dem Hintergrund seiner Bedeutung für die korrekte Konstruktion und Auswertung des Geschwindigkeitsdiagramms. Daher ist es aus Sicht der Autoren erforderlich, wesentliche Informationen angemessen zu integrieren.

- Es wird empfohlen, diese wesentlichen Informationen klar und verständlich einzuordnen und umfassend aufzubereiten, um den Anwendern der Norm die bestmögliche Nutzung zu ermöglichen.

11.1.2 Zweck des Geschwindigkeitsmodells betonen

Für den Anwender der Norm sind Informationen von Nutzen, die zum Ausdruck bringen, dass es zur Sicherheitskontrolle einer entworfenen Strecke oder eines bestehenden Straßenabschnitts essenziell ist, den theoretischen Verlauf der Geschwindigkeit zu kennen.

Es sollte daher eine Formulierung wie diejenige von Spacek integriert werden [2]: «Für Entwurfszwecke sind nicht die Durchschnittsgeschwindigkeiten, sondern der Verlauf der Geschwindigkeit entlang der Strecke von Bedeutung. Dieser interessiert vor allem im Zusammenhang mit den Elementen der Linienführung, die unter dem Begriff „Streckencharakteristik“ zusammengefasst werden können. So deuten beispielsweise unruhige Geschwindigkeitsverläufe von ungehindert fahrenden Fahrzeugen (mit häufigen Verzögerungen und Beschleunigungen) auf eine unstetige Linienführung hin.»

In einer Überarbeitung der Norm sollten weitere Erläuterungen zum Geschwindigkeitsmodell gegeben werden.

Um auf den Modellcharakter hinzuweisen, sollte erwähnt werden, dass mit dem Geschwindigkeitsmodell eine Annäherung des Straßenentwurfs an die Realität der Fahrt, erfolgt. Die Formulierungen können sich an die folgenden Formulierungen von SPACEK [2] anlehnen:

- «Das Geschwindigkeitsmodell in den VSS-Normen bildet den theoretischen Verlauf der Projektierungsgeschwindigkeit in Funktion der horizontalen Krümmungsverhältnisse entlang eines Straßenabschnitts nach.
- Es dient zur Überprüfung der Homogenität der Linienführung, indem gefährliche Geschwindigkeitsdifferenzen bzw. Geschwindigkeitsübergänge als Folge von Unstetigkeiten der Trassierung erkannt und vermieden werden können.
- Das Geschwindigkeitsmodell legt die lokalen Projektierungsgeschwindigkeiten fest und ist somit die Grundlage zur Bestimmung der Projektierungselemente, insbesondere der notwendigen Sichtweiten.

- Die Darstellung des V_p -Verlaufs erfolgt im sogenannten Geschwindigkeitsdiagramm. Das Diagramm kann sowohl für den Entwurf neuer als auch zur Überprüfung bestehender Anlagen angewendet werden.»

Mit dem letzten Satz erfolgt bereits der Bezug zur praktischen Anwendung, was ebenfalls dem Verständnis der Zusammenhänge dienlich ist.

11.1.3 Modellannahmen vervollständigen und präzisieren

In einem Modell stellen Annahmen die grundlegenden Voraussetzungen dar, auf denen das Modell aufbaut. Sie definieren, welche Aspekte der Realität im Modell berücksichtigt werden und welche vereinfachenden oder idealisierenden Annahmen gemacht werden, um das Modell handhabbar und analytisch lösbar zu machen.

Die Annahmen des Geschwindigkeitsmodells sind in der bestehenden Norm innerhalb des Abschnitts D. 'Geschwindigkeitsdiagramm' unter Ziffer 8. 'Annahmen' beschrieben.

Zum Verständnis der Ausführungen wird der Normtext in Abb. 47 abgebildet.

D. Geschwindigkeitsdiagramm	D. Diagramme de vitesse
7. Zweck	7. But
8. Annahmen	8. Hypothèses
<p>Zur Konstruktion des Geschwindigkeitsdiagrammes als Modell des tatsächlichen Geschwindigkeitsverhaltens werden zusätzlich zu Ziffer 5 folgende vereinfachende Annahmen getroffen:</p> <ul style="list-style-type: none"> Unter Berücksichtigung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit richtet der Fahrer seine Geschwindigkeit nach den Radien der Kreisbögen (Ziffer 6). Die Projektierungsgeschwindigkeit wird über die Länge der Kreisbögen als konstant angenommen. Der Fahrer passt seine Geschwindigkeit immer nur dem nächstfolgenden Kreisbogen an; auch dann, wenn der zweitfolgende Kreisbogen vom Fahrerstandort aus sichtbar ist. In Geraden, Klothoiden und anderen Übergangsbögen wird die Projektierungsgeschwindigkeit der geltenden zulässigen Höchstgeschwindigkeit gleichgesetzt. Die Verzögerung endet zu Beginn des Kreisbogens. Die Beschleunigung beginnt am Ende des Kreisbogens. Zur Anpassung der Geschwindigkeit werden in der Straßenprojektierung die Werte für Verzögerung und Beschleunigung vereinfachend als gleich gross und konstant mit $a = 0,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ angenommen. 	<p>Pour l'établissement du diagramme de vitesse en tant que modèle de variation réelle de la vitesse, on admet, en plus des indications sous chiffre 5, les hypothèses simplificatrices suivantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> Tout en observant la vitesse maximale autorisée, le conducteur adapte sa vitesse au rayon des arcs de cercle (chiffre 6). La vitesse de projet est admise comme étant constante sur toute la longueur des arcs de cercle. Le conducteur adapte toujours sa vitesse uniquement à l'arc de cercle qui suit immédiatement, même si l'arc de cercle subséquent est visible depuis l'endroit du conducteur. Dans les alignements, les clothoïdes et les autres courbes de raccordement, la vitesse de projet considérée est la vitesse maximale autorisée en vigueur. La décélération se termine au début de l'arc de cercle. L'accélération commence à la fin de l'arc de cercle. Pour l'adaptation de la vitesse lors de l'étude des projets on admet, pour simplifier, que les valeurs de la décélération et de l'accélération sont constantes et égales à $a = 0,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

Abb. 47 Annahmen Geschwindigkeitsmodell [1]

Im Rahmen der Forschung wurde erkannt, dass es nachteilig ist, wenn der einleitende Text lediglich durch einen Hinweis darauf aufmerksam macht, es handle sich hierbei um 'zusätzliche' Annahmen. Der Verweis auf Ziffer 5 der Norm verdeutlicht zu wenig, dass die Grundlagen und Annahmen, die bereits in das Berechnungsmodell für den Funktionszusammenhang $V_p = f(R)$ einfließen, ebenso Bestandteil des Geschwindigkeitsmodells sind.

Weiterhin lässt sich feststellen, dass es bei genauerer Betrachtung unter Berücksichtigung der Grundlagen und Annahmen aus Ziffer 5 vereinzelt zu Doppelnennungen kommt, was die Klarheit und Übersicht beeinträchtigt.

Die Grundlagen und Annahmen sollten vollständig aufgeführt werden, das heisst unter Einbezug der Grundlagen und Annahmen in Ziffer 5, und gleichzeitig könnten die Formulierungen und die Reihenfolge der Aufzählung optimiert werden.

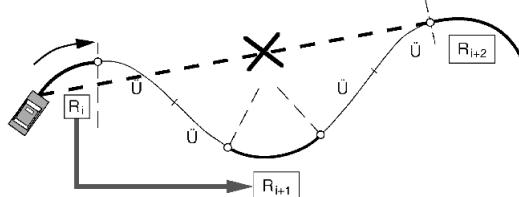
Eine überarbeitete Darstellung der Modellannahmen könnte in tabellarischer Form erfolgen. Die unten abgebildete Tabelle (Tab. 6) enthält Vorschläge für eine optimierte

Formulierung sowie Hinweise, wo diese Grundlagen und Annahmen bei der Konstruktion und/oder Auswertung des Geschwindigkeitsdiagramms eine Rolle spielen.

Tab. 6 Mögliche Darstellung aller Grundlagen und Annahmen des Geschwindigkeitsmodells

Nr.	Grundlagen und Annahmen	Bemerkung
Grundlagen und Annahmen physikalisches Berechnungsmodell V_p		
1	Aus Messungen an freifahrenden Personenwagen kann angenommen werden, dass der Fahrer seine Geschwindigkeit nach den Radien der horizontalen Kurven richtet, sofern diese eine genügende Bogenlänge aufweisen, um als solche erkannt zu werden.	Normgerechte Bogenlänge wird vorausgesetzt, Link Entwurfskontrollen.
2	Die Berechnung von V_p basiert auf einer Querneigung p von 7 %. Ein Einfluss der Längsneigung auf die Projektierungsgeschwindigkeit kann für Neigungen unter 7 % vernachlässigt werden.	Hinweis für Anwendung/Geltungsbereich
3	Für die physikalischen Berechnungen der Projektierungsgeschwindigkeit wird das Fahrzeug vereinfachend als Massenpunkt betrachtet. Die Kurvenfahrt wird mit idealem Spurverhalten angenommen.	
4	Der den Berechnungen zugrunde gelegte Reibungskoeffizient μ entspricht der Grösse des Gleitreibungskoeffizienten eines profilierten Reifens auf nasser, sauberer Fahrbahn. Dieser Reibungskoeffizient ist geschwindigkeitsabhängig.	Wichtig für das Verständnis von V_p
5	Bei der Kurvenfahrt wird der verfügbare Reibungskoeffizient μ durch einen tangentialen Anteil f_L und einen radialen Anteil f_R beansprucht. Die Aufteilung erfolgt näherungsweise nach der Beziehung	
	$\mu = \sqrt{f_L^2 + f_R^2}$	
6	Zur Sicherstellung des Bremsweges innerhalb der Anhaltesichtweite sollen in Kurven für den tangentialen Anteil f_L 90 % des Reibungskoeffizienten μ zur Verfügung stehen.	
7	Die Projektierungsgeschwindigkeit V_p [km/h], mit der entsprechende Radien R [m] im angenommenen Modell befahren werden können, ergibt sich aus	(Fazit Berechnungsformel)
	$V_p = \sqrt{127 R (f_R + p)}$	
Alt-neu	Zusätzliche Annahmen für ein Geschwindigkeitsmodell	
(8)	Unter Berücksichtigung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit richtet der Fahrer seine Geschwindigkeit nach den Radien der Kreisbögen (Ziffer 6). Formulierungsvorschlag: Die Fahrzeuglenkenden wählen ihre Geschwindigkeit unter Einhaltung der geltenden Höchstgeschwindigkeit nach den Kurvenradien (siehe Werte der Projektierungsgeschwindigkeit in Kurven).	Wichtig für Konstruktion und Auswertung des Diagramms.
(9)	Die Projektierungsgeschwindigkeit wird über die Länge der Kreisbögen als konstant angenommen.	Vorbereitungsschritt für Konstruktion, dann wichtig für Auswertung
(10)	Der Fahrer passt seine Geschwindigkeit immer nur dem nächstfolgenden Kreisbogen an; auch dann, wenn der zweitfolgende Kreisbogen vom Fahrerstandort aus sichtbar ist. Norm (1991) [1]: 'nächstfolgender Kreisbogen' DIETRICH[34]: Die Fahrzeuglenkenden passen ihre Geschwindigkeit immer nur dem nächstfolgenden Element (Kreisbogen oder Gerade) an; auch dann, wenn das zweitfolgende Element für den Fahrer sichtbar ist (es wird kein Element „übersprungen“). Problematik: nächstfolgender Kreisbogen, nächstfolgendes Element (Geraden und Klothoiden sind auch Elemente der horizontalen Linienführung). Formulierungsvorschlag: Die Fahrzeuglenkenden passen ihre Geschwindigkeit immer nur der folgenden Geraden oder dem nächstfolgenden Kreisbogen an, auch dann, wenn die zweitfolgende Kurve für die Fahrzeuglenkenden sichtbar ist.	Wichtig für Konstruktion und Auswertung

Hier könnten Skizzen hilfreich sein, wie zum Beispiel aus DIETRICH [34]:



Eine weitere Skizze mit einer Zwischengeraden ($R/A/R^\infty/A/R$) sollte ergänzt werden.

- | | |
|---|---|
| (11) In Geraden, Klothoiden und anderen Übergangsbogen wird die Projektierungs-
geschwindigkeit der geltenden zulässigen Höchstgeschwindigkeit gleich-
gesetzt.
Formulierungsvorschlag:
In Geraden und Klothoiden (und anderen Übergangsbogen) wird die Projek-
tierungsgeschwindigkeit der geltenden Höchstgeschwindigkeit (generell oder
signalisiert) gleichgesetzt. Dies gilt auch für Kreisbögen, die gemäss
Funktionszusammenhang $V_p = f(R)$ eine höhere Geschwindigkeit als die
geltende Höchstgeschwindigkeit zuließen. | Wichtig für Konstruktion und Hilfswert (Vorbereitung), heisst nicht, dass diese V erreicht wird. |
| (12) Die Verzögerung endet zu Beginn des Kreisbogens.
Formulierungsvorschlag:
Einen Satz gemäss [2] ergänzen: «Für die Konstruktion ist diese Bedingung aus Sicherheitsgründen der nächsten Bedingung übergeordnet.» | Wichtig für Konstruktion und die Auswertung. |
| (13) Die Beschleunigung beginnt am Ende des Kreisbogens.
Kein Anpassungsbedarf | Wichtig für Konstruktion. |
| (14) Zur Anpassung der Geschwindigkeit werden in der Straßenprojektierung die Werte für Verzögerung und Beschleunigung vereinfachend als gleich gross und konstant mit $a = 0,8 \text{ m/s}^2$ angenommen.
Formulierungsvorschlag:
Zur Geschwindigkeitsanpassung werden im Modell die Werte für Ver-
zögerungs- und Beschleunigung vereinfachend als gleich gross und konstant
mit $a = 0,8 \text{ m/s}^2$ angenommen. Dieser Wert entspricht in der Regel einer Fahrweise ohne Betätigung der Bremsen. (angelehnt an [2]) | Wichtig für Konstruktion.
Wichtig für Auswertung (Verzögerung gemäss Modell möglich oder erforderlich) |

► Es wird empfohlen, alle Grundlagen und Annahmen übersichtlich darzustellen, beispielsweise wie in Tab. 6 gezeigt. Eine alternative Veranschaulichung, zum Beispiel als Mindmap, sollte im Zuge der Überarbeitung der Norm geprüft werden. Ferner ist zu überlegen, ob Skizzen zur Visualisierung ergänzt werden sollten.

11.1.4 Zweck des Geschwindigkeitsdiagramms präzisieren und ergänzen

Ein Kapitel 'Zweck des Geschwindigkeitsdiagramms' wird auch künftig als zweckmässig erachtet. Dies auch wenn neu zu Beginn der Norm ein Kapitel Zweck (der Norm) ergänzt wird.

Der folgende Normauszug in Abb. 48 zeigt den bestehenden Beschrieb zum Zweck des Geschwindigkeitsdiagramms.

D. Geschwindigkeitsdiagramm	D. Diagramme de vitesse
<p>7. Zweck</p> <p>Die grafische Darstellung des Verlaufs der Projektierungsgeschwindigkeit eines Strassenzuges erfolgt im Geschwindigkeitsdiagramm. Es dient zur Überprüfung der Homogenität der Linienführung, indem gefährliche Geschwindigkeitsdifferenzen bzw. Geschwindigkeitsübergänge als Folge der Trassierung erkannt und vermieden werden können. Mit Hilfe des Geschwindigkeitsdiagrammes werden die lokalen Projektierungsgeschwindigkeiten festgelegt.</p> <p>Auf Straßen innerhalb besiedelter Gebiete mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von $\leq 50 \text{ km/h}$ ist die Anwendung des Geschwindigkeitsdiagrammes als Hilfsmittel zur Trassierung in der Regel nicht notwendig. Den Übergangsbereichen in die besiedelten Gebiete ist jedoch besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Bei durchgehenden Straßen (HVS, VS) empfiehlt es sich deshalb, die Anwendung des Geschwindigkeitsdiagrammes bis in die besiedelten Gebiete auszudehnen. Der zusätzliche Abschnitt sollte einer Strecke entsprechen, die mit der Projektierungsgeschwindigkeit in etwa 10 bis 15 s durchfahren wird.</p>	<p>7. But</p> <p>Le diagramme de vitesse est la représentation graphique de la variation de la vitesse de projet le long d'un tronçon de route. Il sert à vérifier l'homogénéité du tracé, en permettant de déceler et d'éliminer les différences, respectivement les variations dangereuses de vitesse consécutives au tracé choisi. Le diagramme de vitesse fixe la vitesse de projet pour tous les points du tracé.</p> <p>Le recours au diagramme de vitesse comme instrument pour établir le tracé n'est normalement pas nécessaire pour les routes en zones bâties où la vitesse autorisée maximale est $\leq 50 \text{ km/h}$. Une attention particulière doit toutefois être vouée aux zones de transition en périphérie des zones bâties. Dans le cas de routes de transit (RP et RL), il est par conséquent recommandé d'étendre l'application du diagramme de vitesse jusqu'à l'intérieur des zones bâties. Le tronçon supplémentaire devrait correspondre à un tronçon parcouru à la vitesse de projet durant env. 10 à 15 s.</p>

Abb. 48 Zweck des Geschwindigkeitsdiagramms [1].

Der heutige Text müsste nur minimal präzisiert werden.

- ▶ Die Formulierung im ersten Satz «des Verlaufs der Projektierungsgeschwindigkeit eines Strassenzugs» sollte ersetzt werden mit ‘des Verlaufs der Projektierungsgeschwindigkeit in Funktion der Streckencharakteristik eines Strassenzugs’.
- ▶ Ferner wird empfohlen, den Zweck des Geschwindigkeitsdiagramms zu betonen. Im Normtext werden zwar die zwei Zwecke genannt, sie gehen allerdings im Text unter. Als Aufzählung, wie folgt, könnte ihnen mehr Aufmerksamkeit zu teil werden.
 - Es dient zur Überprüfung der Homogenität der Linienführung, indem gefährliche Geschwindigkeitsdifferenzen bzw. Geschwindigkeitsübergänge als Folge der Trassierung erkannt und vermieden werden können.
 - Zudem werden mit Hilfe des Geschwindigkeitsdiagrammes die lokalen Projektierungsgeschwindigkeiten festgelegt.
- ▶ Es wäre ferner empfehlenswert, weitere Ausführungen zu den lokalen Projektierungsgeschwindigkeiten zu ergänzen, wo werden sie beispielsweise benötigt. Diese könnten entweder in diesem Normkapitel oder bei der Auswertung des Geschwindigkeitsdiagramms integriert werden.

11.2 Konstruktion des Geschwindigkeitsdiagramms

11.2.1 Vorbemerkung

In der bestehenden Norm sind die notwendigen Informationen für die Konstruktion des Geschwindigkeitsdiagramms nicht konzentriert in einem Kapitel abgehandelt, schwer nachvollziehbar sowie teilweise verwirrlt dargelegt. Die Informationen zur Konstruktion des Geschwindigkeitsdiagramms sollten präzisiert sowie ergänzt werden. Die Konstruktionsanleitung muss die einzelnen Schritte nachvollziehbar und vollständig aufzeigen.

- ▶ Es wird daher empfohlen, die folgenden Aspekte bei einer Überarbeitung der Norm zu berücksichtigen:
 - Hilfsgrößen für die Konstruktion anwenderfreundlicher aufbereiten (Distanz D, Übergangslänge D_T),
 - eine ausführliche Konstruktionsanleitung erstellen,
 - beispielhafte Anwendungsfälle aus der praktischen Tätigkeit ergänzen,
 - vorhandene Diskrepanzen ausräumen.

11.2.2 Verwendung Kürzel «D» bereinigen

Das Kürzel „D“ wird in der Norm an zwei Stellen im Text verwendet:

- In der Zusammenstellung der wichtigsten Fälle, die sich bei der Konstruktion des Geschwindigkeitsdiagramms ergeben können, siehe Abb. 49,
- und bei der Erläuterung, was im Zuge der Auswertung des Geschwindigkeitsdiagramms unter gestreckten Trassierungselementen verstanden wird, Abb. 50.

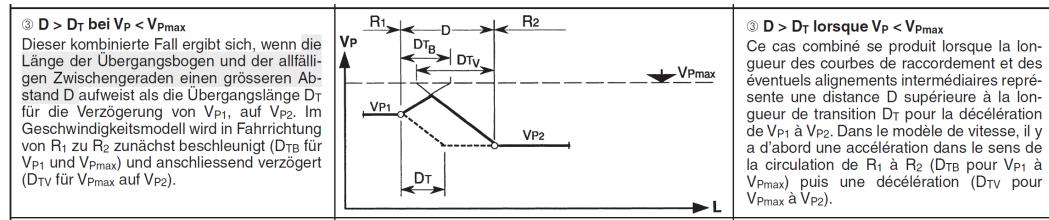


Abb. 49 «Abstand D», Auszug aus Abbildung 3 der Norm VSS-40080b [1]

Als gestreckte Trassierungselemente gelten Geraden und Kurven mit Radien $R \geq 420$ m, deren Gesamtlänge D (Abbildung 3) inkl. Übergangsbogen grösser ist als die Erfassungsdistanz D_E .

Abb. 50 «Gesamtlänge D», aus Ziffer 11. Bedingungen für die Projektierung der Norm VSS-40080b [1]

Wie aus den obigen Abbildungen ersichtlich, ist die Verwendung von D in der Norm nicht einheitlich gelöst:

- Der „Abstand D“ umfasst die Länge von Übergangsbogen und allfälligen Zwischenkurven.
- Die „Gesamtlänge D“ hingegen umfasst Radien mit $R \geq 420$ m und Übergangsbogen und Geraden.

Eine grafische Darstellung, die untermauert, dass mit „D“ der erstere Inhalt, die Distanz zwischen zwei Kreisbögen gemeint ist, also nur Übergangsbogen und Geraden umfasst, findet sich in der grafischen Darstellung mit ergänzendem Text in [2], siehe Abb. 51.

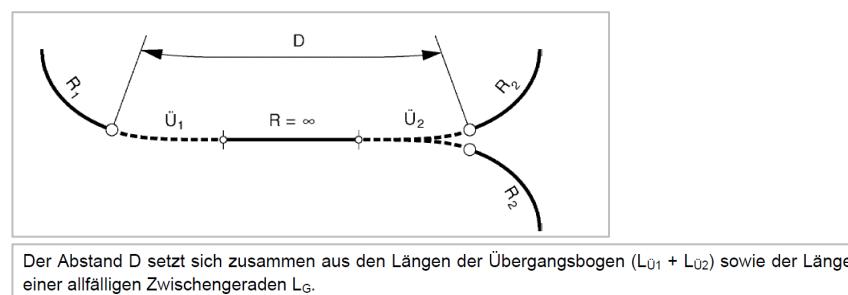


Abb. 51 Grafik und Text zu Abstand D, aus SPACEK [2]

► Es wird empfohlen, an der Bezeichnung «Abstand D» nur im Rahmen der Konstruktion festzuhalten, und ergänzend eine Grafik, wie oben gezeigt, zu integrieren.

► Bei der Erläuterung eines gestreckten Elements im Rahmen der Auswertung hingegen sollte eine Anpassung erfolgen, beispielsweise entweder das Wort ‘Gesamtlänge’ verwenden, ohne Kürzel D, oder ein neues Kürzel einführen.

11.2.3 Erfassungsdistanz D_E anwenderfreundlich aufbereiten

Die Erfassungsdistanz wird zur Konstruktion und zur Auswertung des Geschwindigkeitsdiagramms herangezogen. Bisher wird die Erfassungsdistanz nicht in 'Begriffe' aufgeführt. Allerdings erfolgt im Abschnitt «D. 'Geschwindigkeitsdiagramm' / Ziffer 9. Übergangslänge und Erfassungsdistanz [1] eine Begriffsbestimmung (vgl. Abb. 52).

<p>Unter der Erfassungsdistanz D_E wird jene Strecke verstanden, innerhalb welcher der Fahrer Vorgänge und Hindernisse erfasst. Sie ist geschwindigkeitsabhängig und wird nach der empirischen Beziehung $D_E = t \cdot V_p$ mit $t = 12\text{ s}$ und V_p im $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ berechnet.</p> <p>Es wird angenommen, dass nur innerhalb der Erfassungsdistanz die für die Wahl der Geschwindigkeit massgebenden Krümmungsverhältnisse erfasst werden. Die Übergangslänge bei Verzögerungen muss deshalb kleiner sein als die Erfassungsdistanz.</p> <p>In Tabelle 3 sind die Übergangslängen D_T in Funktion von V_{p1} und V_{p2} zusammengestellt. Bei der Anwendung der Tabelle sind die Bedingungen für die Projektierung (Ziffer 11) zu beachten.</p>	<p>La distance de perception D_E est la longueur du tronçon à l'intérieur duquel le conducteur enregistre des obstacles et des événements. Elle dépend de la vitesse et peut être calculée grâce à la relation empirique $D_E = t \cdot V_p$, où $t = 12\text{ s}$ et V_p est en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.</p> <p>On admet que l'appréciation de la courbure, qui permet au conducteur d'adapter sa vitesse, ne peut se faire que sur cette distance de perception. Lors d'une décélération, la longueur de transition doit donc être inférieure à la distance de perception.</p> <p>Le tableau 3 indique les longueurs de transition D_T en fonction de V_{p1} et de V_{p2}. Lors de l'utilisation du tableau les conditions pour l'étude du projet (chiffre 11) seront prises en considération.</p>
--	---

Abb. 52 Erfassungsdistanz D_E [1]

Es ist sinnvoll, wie bereits vorgeschlagen, den Begriff 'Erfassungsdistanz' bereits in den einleitenden Begriffsdefinitionen zu erwähnen, und bei den Hilfsgrößen zur Konstruktion ebenfalls aufzuführen. Dafür sprechen mehrere Gründe:

- Die Bezeichnung Erfassungsdistanz wird in der Literatur unterschiedlich verwendet.
- Fehlinterpretationen, beispielsweise häufig Verwechslung mit Sichtdistanz oder Interpretation als eine minimale Distanz statt einer, innerhalb welcher eine Erfassung möglich ist.

Bei der Erfassungsdistanz handelt es sich um eine wesentliche Größe für die korrekte Auswertung des Geschwindigkeitsdiagramms. Sie ist ein direktes Kriterium zur Überprüfung der Linienführung.

Es wird daher empfohlen, im Zuge der Beschreibung der Hilfsgrößen für die Konstruktion des Geschwindigkeitsdiagramms nochmals zu betonen, dass es sich im Rahmen des vorliegenden Modells um eine Entfernung handelt, innerhalb derer eine Erfassung möglich ist. In diesem Sinne handelt es sich bei der Erfassung oder Wahrnehmung um die grundlegende Fähigkeit der Fahrzeuglenkenden (des Menschen), Informationen über ihre Umgebung zu sammeln. Im Gegensatz dazu sind beispielsweise Übergangslänge oder Anhaltstrecken modellierte oder physikalische Werte, zudem ist Erfassen können und Sehen auch nicht das gleiche.

Die Aussage in der heutigen Beschreibung, dass die Krümmungsverhältnisse der Straße, die bei der Wahl der Geschwindigkeit berücksichtigt werden müssen, innerhalb der Erfassungsdistanz erkannt werden müssen, ist richtig. Das gilt auch für die Hinweise, dass aus diesem Grund bei Verzögerungen die Länge des Übergangs, das heißt der Abstand zwischen dem Kreisbogen und dem Punkt, an dem die Verzögerung einsetzen sollte, kleiner sein muss als die Erfassungsdistanz. An der Berechnungsformel kann festgehalten werden. Allenfalls könnten kurze Hinweise zur Abgrenzung zu den strassenbezogenen vorhandenen Sichtweiten und den erforderlichen Anhaltesichtweiten angebracht werden. Diese könnten allenfalls mit Skizzen ergänzt werden.

11.2.4 Übergangslänge D_T anwenderfreundlicher aufbereiten

In diesem Kapitel wird auf die Berechnungsformel der Übergangslänge D_T und die für die Konstruktion zur Verfügung gestellte Tabelle, in welcher die Übergangslängen in Funktion der Änderung der Projektierungsgeschwindigkeit zur Anwendung aufbereitet sind, eingegangen.

Es besteht Handlungsbedarf hinsichtlich der Darstellung der Berechnungsformel inklusive Legende insbesondere in Bezug auf die Variablen (Verwendung von gleichen Variablen für unterschiedliche Größen). Im Weiteren hat sich gezeigt, dass die Tabelle 3, die ein grundlegendes Hilfsmittel für die Konstruktion des Geschwindigkeitsdiagramms darstellt, in Bezug auf ihre Handhabung Fragen aufwirft, die die Konstruktion erschweren oder auch zu Fehlern führen können.

Zur Formel

Zur besseren Nachvollziehbarkeit der folgenden Ausführungen erfolgt an dieser Stelle wiederum ein Auszug aus der bestehenden Norm (Abb. 53):

9. Übergangslänge und Erfassungsdistanz	9. Longueur de transition et distance de perception
<p>Die Projektierungslänge D_T ist jene Strecke, in der sich die Projektierungsgeschwindigkeit zwischen zwei Elementen mit den Projektierungsgeschwindigkeiten V_{P_1} und V_{P_2} momentan ändert. Sie kann wie folgt berechnet werden:</p> $D_T = \frac{\Delta V \cdot V_m}{12,96 \cdot a} \equiv \frac{\Delta V \cdot V_m}{10}$ <p>wobei:</p> <ul style="list-style-type: none"> D_T Übergangslänge der Beschleunigungs- oder Verzögerungsstrecke [m] ΔV Geschwindigkeitsdifferenz $V_{P_1} - V_{P_2}$ [km/h] V_m mittlere Geschwindigkeit zwischen zwei benachbarten Stellen der Strasse: $V_m = \frac{V_{P_1} + V_{P_2}}{2} \quad [\text{km/h}]$ <p>a Beschleunigungsstreifen oder Verzögerung 0,8 m · s⁻²</p>	<p>La longueur de transition D_T est la longueur du tronçon le long duquel, conformément au modèle théorique admis, la vitesse de projet V_{P_1} d'un élément passe à la vitesse V_{P_2} de l'élément suivant. Elle peut être calculée comme suit:</p> $D_T = \frac{\Delta V \cdot V_m}{12,96 \cdot a} \equiv \frac{\Delta V \cdot V_m}{10}$ <p>où:</p> <ul style="list-style-type: none"> D_T longueur de transition correspondant au tronçon d'accélération ou de décélération [m] ΔV différence de vitesse $V_{P_1} - V_{P_2}$ [km/h] V_m vitesse moyenne entre deux éléments voisins de la route: $V_m = \frac{V_{P_1} + V_{P_2}}{2} \quad [\text{km/h}]$ <p>a accélération ou décélération 0,8 m · s⁻²</p>

Abb. 53 Berechnungsformel D_T gemäss [1]

Die Bezeichnung ‘Geschwindigkeitsdifferenz’ sowie die Verwendung von ‘ ΔV ’ können nicht sowohl zur Berechnung der Übergangslänge als auch zur späteren Auswertung des Geschwindigkeitsdiagramms verwendet werden, wenn sie jeweils etwas anderes bedeuten. Darauf wurde bereits im Kapitel ‘Begriffe’ hingewiesen.

► Als einfache Möglichkeit zur Lösung dieser Unstimmigkeit wird eine Anpassung, wie in **Tab. 7** gezeigt, vorgeschlagen:

Tab. 7 Vorschlag zur Anpassung Formel und Legende der Übergangslänge D_T

Formel	Legende (nur Änderung)
<p>Aktuelle Norm</p> $D_T = \frac{\Delta V \cdot V_m}{12,96 \cdot a} \equiv \frac{\Delta V \cdot V_m}{10}$	<p>ΔV Geschwindigkeitsdifferenz $V_{P_1} - V_{P_2}$ [km/h], wobei V_{P_1} oder V_{P_2} auch $= V_{P\max}$ sein können.</p>
<p>Vorschlag Überarbeitung</p> $D_T = \frac{ V_{P_1} - V_{P_2} \times V_m}{12,96 \times a} \cong \frac{ V_{P_1} - V_{P_2} \times V_m}{10}$	<p>$V_{P_1} - V_{P_2}$ Betrag der Geschwindigkeitsänderung zwischen $V_{P_1} - V_{P_2}$ [km/h], wobei V_{P_1} oder V_{P_2} auch $= V_{P\max}$ sein können.</p>

Zur Tabelle inklusive Text

Zur besseren Übersicht erfolgt wird in der folgenden Abb. 54 wiederum der relevante Auszug aus der aktuellen Norm dargestellt.

In Tabelle 3 sind die Übergangslängen D_T in Funktion von V_{P1} und V_{P2} zusammengestellt. Bei der Anwendung der Tabelle sind die Bedingungen für die Projektierung (Ziffer 11) zu beachten.

Le tableau 3 indique les longueurs de transition D_T en fonction de V_{P1} et de V_{P2} . Lors de l'utilisation du tableau les conditions pour l'étude du projet (chiffre 11) seront prises en considération.

		Tab. 3 Übergangslängen D_T [m]								Tab. 3 Longueurs de transition D_T [m]								
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120
V_{P1} resp. V_{P2} [km/h]	V_{P2} resp. V_{P1} [km/h]	40	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	
		40	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	
40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	
45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	
50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	
55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	
60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	
65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	
70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	
75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	
80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	
85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	
90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	
95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	
100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	
110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	
115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	
120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120

Abb. 54 Übergangslängen zur Anwendung aufbereitet / Tabelle 3 der Norm [1]

Hinweise zum Text:

Die beiden zur Tabelle gehörenden Sätze beschreiben die Verwendung der Tabelle, indem sie aussagen, dass in der Tabelle die Übergangslängen in Funktion von V_{P1} und V_{P2} aufgeführt sind.

Satz 1:

Es konnte bei der Anwendung der Tabelle beobachtet werden, dass die Benennung V_{P1} und V_{P2} Schwierigkeiten bei der Konstruktion bereitet, siehe dazu mehr bei der Betrachtung der Tabelle.

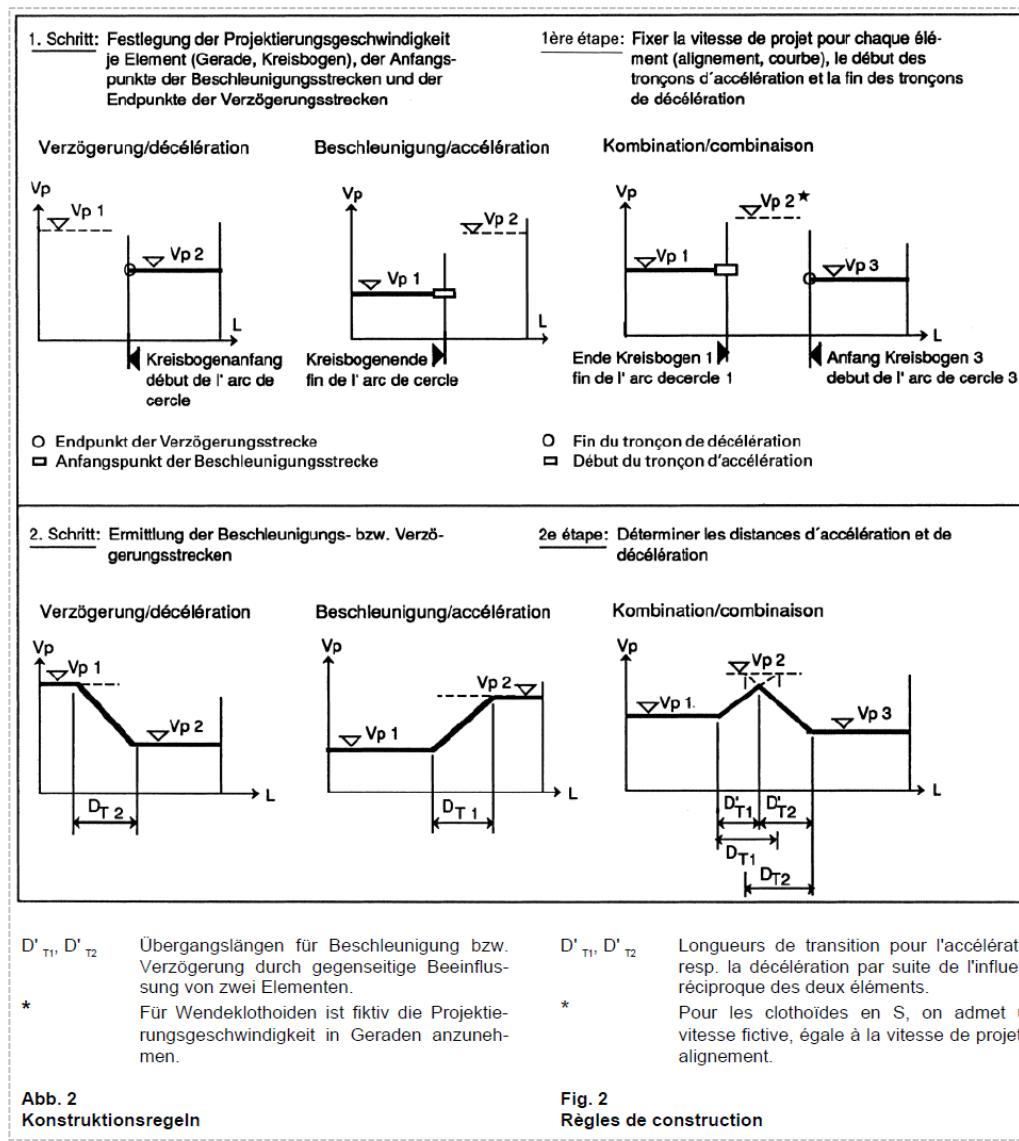
Satz 2:

Insbesondere der zweite Satz ist für das Verständnis der Konstruktion und der Auswertung äußerst wichtig: «Bei der Anwendung der Tabelle sind die Bedingungen für die Projektierung (Ziffer 11) zu beachten.». Bedauerlicherweise steht diese Information nicht direkt vor der Tabelle, sondern auf der vorherigen Seite der Norm. Dort ist sie vom Textaufbau her den Ausführungen zur Erfassungsdistanz zugeordnet (es besteht keine Absatztrennung). Dadurch geht die wichtige Information für den Normanwendenden verloren. Gleichzeitig ist die Aussage zu wenig konkret.

Hinweise zur Tabelle:

Die aktuelle Tabelle kann zu Schwierigkeiten bei der Konstruktion führen.

Um dies zu erläutern, werden zunächst die Konstruktionsregeln herangezogen. Die Konstruktionsregeln (vgl. Abb. 55) werden aktuell unter Ziffer 10. Konstruktion des Geschwindigkeitsdiagramms der Norm behandelt.

**Abb. 55 Konstruktionsregeln gemäss [1]**

Hinsichtlich der Konstruktionsregeln lässt sich feststellen, dass die in Schritt 1 genannten Regeln bereits in den Annahmen des Geschwindigkeitsmodells (aktuell unter 'Annahmen Geschwindigkeitsdiagramm') enthalten sind. Schritt 2 vermittelt keine ausreichend klare Information.

Im Schritt 2 sind sowohl die Indizes als auch die verallgemeinerten Darstellungen je nach Anwendungsfall nicht eindeutig. Die Indizes V_{P1} und V_{P2} in der Tabelle und in den Konstruktionsregeln (auch in den ausgewählten Fällen, die sich aus der Konstruktion ergeben können) sind untereinander nicht vollständig konsistent. Zudem sind die Darstellungen nicht aufeinander abgestimmt. Einzelne Konstruktionsfälle, die dem Verständnis dienen könnten, sind nicht abgedeckt.

Die folgende Abb. 56 zeigt beispielhaft, wo hinsichtlich der Verwendung von Indizes Optimierungspotential besteht.

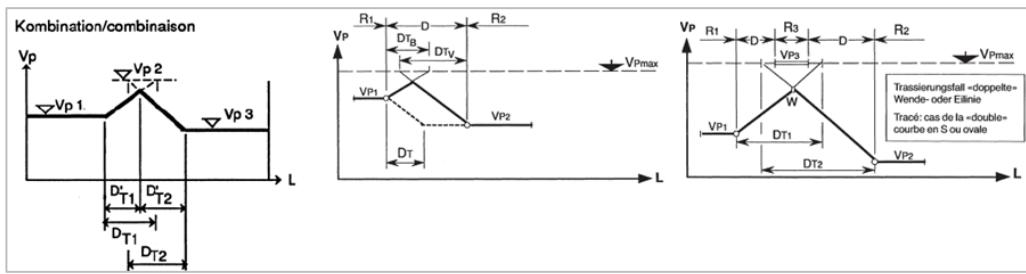


Abb. 56 Beispiel für Optimierungspotential bei den Darstellungen inkl. Indizes [1]

- Es wird empfohlen, künftig diese Konstruktionsregeln zu ersetzen. Es bietet sich an,
 - zum einen die Tabelle zu den Übergangslängen zu präzisieren,
 - eine Schritt-für-Schritt-Konstruktionsanleitung zu ergänzen (siehe Berichtskapitel 11.2.6 und 11.2.7),
 - die wichtigsten Fälle, die sich aus der Konstruktion ergeben können, aufzubereiten (siehe Berichtskapitel 11.2.8).

Für die Entwicklung einer anwendungsfreundlicheren Tabelle wurden nebst den Erfahrungen aus der Anwendung der Tabelle ältere Normausgaben analysiert. Dabei wurde festgestellt, dass eine frühere Version der Tabelle, dargestellt in **Abb. 57**, darauf verweist, welche Werte die Erfassungsdistanz überschreiten und deshalb nicht zulässig sind, und zudem darauf, welche Geschwindigkeitsübergänge ferner zu vermeiden sind.

Abb. 57 Übergangslängen gemäss SN-640080a (1981) [85]

Diese Information mag auf den ersten Blick hilfreich erscheinen. Jedoch vermittelt sie mit der farblich abgestuften Darstellung und der Legende den Eindruck, dass die weiss hinterlegten «Geschwindigkeitsübergänge» in Ordnung seien. Die relevanten und richtigen Informationen, die diese Tabelle vermitteln sollte, sind jedoch nur der Verweis auf die Erfassungsdistanz D_E und darauf, dass es sich rein um Distanzen handelt, die für eine Geschwindigkeitsanpassung gemäss Modell nötig sind.

In der derzeit gültigen Ausgabe der Norm [1] wurde der Hinweis zu den vermeidenden 'Geschwindigkeitsübergängen' korrekterweise weggelassen. Es wurde nur der Bereich markiert, in welchem $D_T > D_E$ ist. Es wurde beobachtet, dass es dennoch zu falschen Interpretationen der Tabelle kommt: es wird auf «Geschwindigkeitsübergänge» im Sinne von «Geschwindigkeitsdifferenzen» geschlossen.

Die nachfolgende Abb. 58 präsentiert die im Rahmen der vorliegenden Arbeit optimierte Tabelle, die eine einfacher Handhabung ermöglicht und im Einklang mit den vorgeschlagenen überarbeiteten Abbildungen der Norm steht. Die Vorteile dieser Tabelle liegen.

- im Einbezug von $V_{P\max}$, da D_T zur Konstruktion des Geschwindigkeitsdiagramms nicht nur zwischen V_{P1} und V_{P2} bestimmt werden muss, sondern auch Fälle beinhaltet, die $V_{P\max}$ betreffen, wenn V_{P1} und V_{P2} unter $V_{P\max}$ liegen,
- in einer Vereinfachung beim Herauslesen der relevanten Werte der Übergangslänge,
- in der Ergänzung eines Hinweises zur vorgeschlagenen Konstruktionsanleitung.

		V_{P2} (oder $V_{P\max}$) [km/h]																		
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120		
V_{P1} (oder $V_{P\max}$) [km/h]	40	0	20	45	70	95	125	160	195	230	270	315	360	405	455	505	560	615	40	
	45	20	0	25	50	75	105	140	175	210	250	295	340	385	435	485	540	595	45	
	50	45	25	0	25	55	85	115	150	190	230	270	315	360	410	465	515	575	50	
	55	70	50	25	0	30	60	90	125	165	205	245	290	335	385	440	490	550	55	
	60	95	75	55	30	0	30	65	100	135	175	215	260	310	360	410	465	520	60	
	65	125	105	85	60	30	0	35	70	105	145	185	230	280	330	380	435	490	65	
	70	160	140	115	90	65	35	0	35	70	110	155	200	245	295	345	400	460	70	
	75	195	175	150	125	100	70	35	0	35	75	120	165	210	260	310	365	425	75	
	80	230	210	190	165	135	105	70	35	0	40	80	125	175	225	275	330	385	80	
	85	270	250	230	205	175	145	110	75	40	0	40	85	135	185	235	290	345	85	
	90	315	295	270	245	215	185	155	120	80	40	0	45	90	140	195	245	305	90	
	95	360	340	315	290	260	230	200	165	125	85	45	0	45	95	150	205	260	95	
	100	405	385	360	335	310	280	245	210	175	135	90	45	0	50	100	155	210	100	
	105	455	435	410	385	360	330	295	260	225	185	140	95	50	0	50	105	165	105	
	110	505	485	465	440	410	380	345	310	275	235	195	150	100	50	0	55	110	110	
	115	560	540	515	490	465	435	400	365	330	290	245	205	155	105	55	0	55	115	
	120	595	575	550	520	490	460	425	385	345	305	260	210	165	110	55	0	120		
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120		

xxx $D_T > D_E$ (Bedingung $D_E \geq D_T$ nicht erfüllt)

Anwendung gemäss Flussdiagramm

Abb. 58 Vorschlag überarbeitete Tabelle D_T , abgestimmt mit vorgeschlagener Konstruktionsanleitung (vgl. Berichtskapitel 11.2.6 und 11.2.7)

- Es wird aus vorgenannten Gründen empfohlen,
- die bestehende Tabelle durch eine anwenderfreundlichere Tabelle zu ersetzen,
- eine eindeutige Erklärung zur Tabelle anzubringen, dass die in der Tabelle dargestellten Übergangslängen D_T als Hilfsmittel bei der Konstruktion des Geschwindigkeitsdiagramms dienen,
- die angegebenen Werte zwar $D_T \leq D_E$ erfüllen, aber noch keinerlei Aussagen zu den zu beurteilenden Geschwindigkeitsdifferenzen daraus abzuleiten sind.

11.2.5 Hinweise zum Kurvenband

Die Konstruktion des Geschwindigkeitsdiagramms setzt die Angaben zur horizontalen Linienführung im Kurvenband voraus.

Wenn aus den Projektgrundlagen kein Kurvenband vorliegt, was bei bestehenden Straßen häufig der Fall sein kann, müssen die Daten erhoben werden. Dazu bestehen verschiedene Möglichkeiten, wovon einige kurz genannt werden, aber nicht Bestandteil der Forschung sind. Durch die Kombination dieser Methoden kann die Geometrie der horizontalen Linienführung von bestehenden Straßen präzise erhoben und dokumentiert werden.

- Vermessung vor Ort und daraus manuelle Bestimmung der Straßenachse/geometrischen Daten mittels Trassierungssoftware.
- Photogrammetrie-Grundlagen und daraus manuelle Bestimmung der Straßenachse-/geometrischen Daten mittels Trassierungssoftware.
- Mobile Mapping Auswertung der erhobenen Daten und mittels Software daraus Bestimmung der Straßenachse und entsprechenden geometrischen Daten der Straße, vergleiche ein Beispiel im Anhang V.
- Baupläne und Dokumentationen: Bestandspläne: Oftmals existieren alte Baupläne oder Dokumentationen, die Aufschluss über die ursprüngliche Linienführung geben können. Diese Pläne müssen allerdings auf ihre Aktualität und Genauigkeit überprüft werden.
- Geoinformationssysteme (GIS): Viele Straßenverwaltungen verfügen über digitale GIS-Daten, die Informationen zur Straßenführung enthalten. Diese Daten können zur Rekonstruktion der Linienführung genutzt werden.

11.2.6 Konstruktionsanleitung verbessern mit Hilfe eines Flussdiagramms

Mit dem Ziel, eine ausführliche Konstruktionsanleitung in die Norm zu integrieren und den Prozess der Erstellung eines Geschwindigkeitsdiagramms nachvollziehbar zu gestalten, wurde ein Flussdiagramm entwickelt. Das Flussdiagramm, dargestellt in Abb. 59, bietet eine klare, strukturierte Anleitung, die Schritt für Schritt durch den Prozess der Konstruktion führt.

- Es wird empfohlen, zur klaren und detaillierten Anleitung der Konstruktion des Geschwindigkeitsdiagramms ein Flussdiagramm zur Verfügung zu stellen.

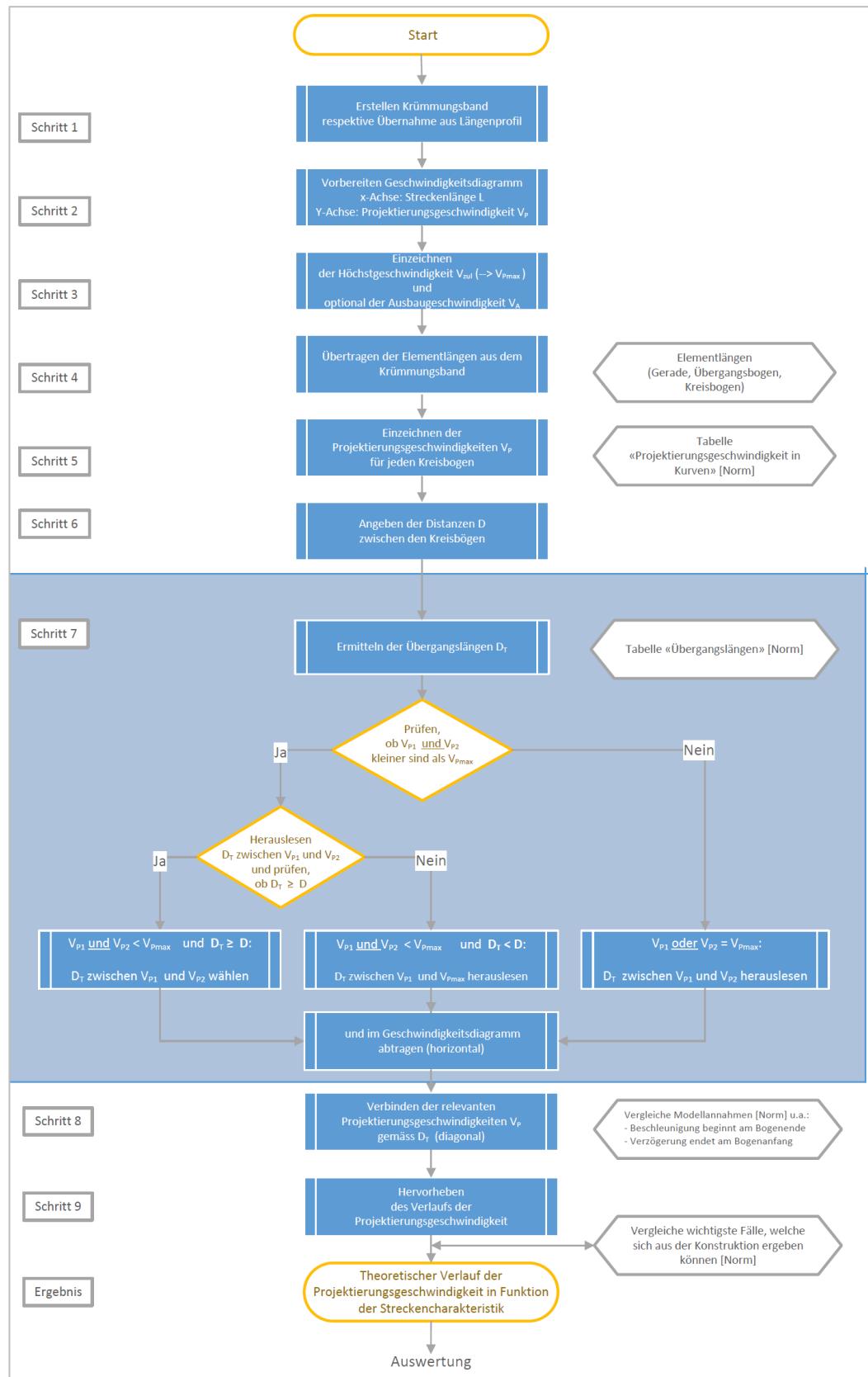


Abb. 59 Konstruktionsanleitung: Flussdiagramm

11.2.7 Konstruktionsanleitung verbessern anhand eines Praxisbeispiels

Zusätzlich zu einem Flussdiagramm sollte die Konstruktionsanleitung beispielhaft und genauso ausführlich an einem Praxisbeispiel gezeigt werden. Dieser Ansatz ermöglicht es, die Norm praxisnaher zu gestalten und sicherzustellen, dass das Vorgehen zur Konstruktion nicht nur theoretisch beschrieben, sondern anhand von Anwendungsfällen verstanden und umgesetzt werden kann.

In dieser Arbeit wird ein Anwendungsbeispiel zur Verfügung gestellt, in welchem die Konstruktionsschritte zur manuellen Erstellung des Geschwindigkeitsdiagramms Schritt für Schritt, entsprechend dem Ablauf im Flussdiagramm, im Diagramm aufbereitet wurden.

Die Abb. 60 zeigt einen Auszug aus der Konstruktionsanleitung: Schritt 1, 9 und das konstruierte Geschwindigkeitsdiagramm. Die Abbildung mit allen Schritten ist dem Anhang VI zu entnehmen.

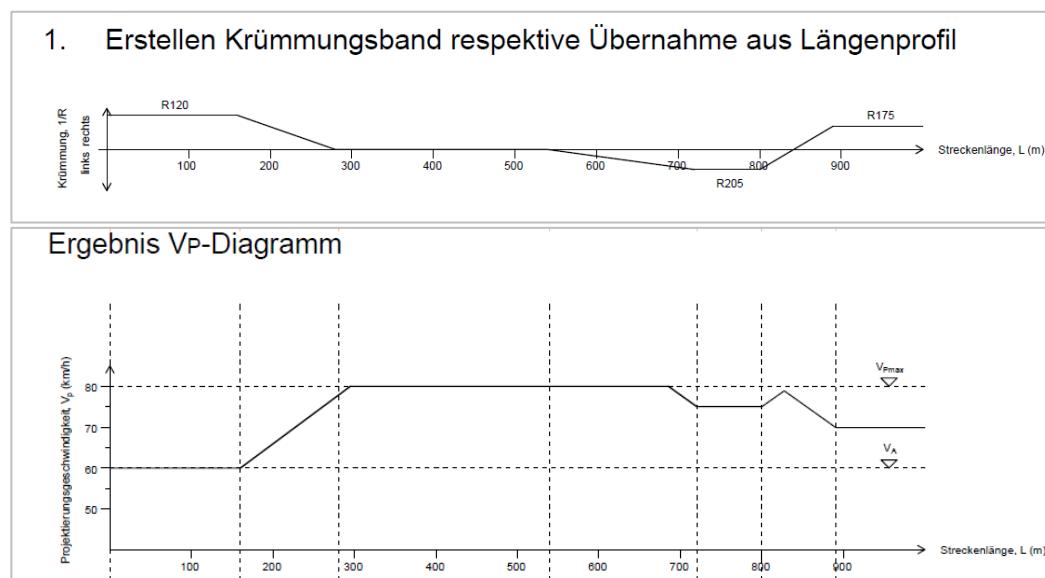


Abb. 60 Auszug aus Konstruktionsanleitung anhand eines Praxisbeispiels (Vollständige Konstruktionsanleitung Schritt-für-Schritt im Anhang VI)

► Es wird empfohlen, nebst der Konstruktionsanleitung als Flussdiagramm eine entsprechende Anleitung am Praxisbeispiel in die Überarbeitung der Norm aufzunehmen.

11.2.8 Darstellung der wichtigsten Fälle verbessern

Unter Ziffer 10. der Norm ‘Konstruktion des Geschwindigkeitsdiagramms’ werden nach den bereits erwähnten Konstruktionsregeln auch die «wichtigsten Fälle», die sich bei der Konstruktion des Geschwindigkeitsdiagramms «je nach Kombination der Trassierungselemente» ergeben, abgebildet.

Die Grundidee, die Fälle zu veranschaulichen, wird als sehr hilfreich beurteilt. Jedoch konnte festgestellt werden, dass diese Fälle im Sinne einer Konstruktionsunterstützung sowohl hinsichtlich Darstellung als auch Aussage überarbeitet werden sollten.

Folgende Aspekte wurden bei der Überarbeitung berücksichtigt:

- Die Überarbeitung der Fälle erfolgte unter Berücksichtigung der vorgeschlagenen Konstruktionsanleitung. Daraus ergaben sich eine neue Gruppierung der Fälle.
- Ferner erfolgt eine Erweiterung um drei Fälle. Diese Erweiterung dient in erster Linie der Verständlichkeit und Nachverfolgung, wenn nach dem Flussdiagramm vorgegangen wird.
- Zudem wurde die Beschriftung der Fälle präzisiert und übersichtlicher dargestellt.

- Es erfolgte eine klare Trennung Abgrenzung der Konstruktion von der Auswertung. So wird zum Beispiel
 - auf die Darstellung grösserer Verzögerungen als nach Modell vorgegeben sind, verzichtet, oder
 - die Verortung der Geschwindigkeitsdifferenzen weggelassen, da dies erst bei der Auswertung des Geschwindigkeitsdiagramms zugeordnet wird.

Grundsätzlich wäre es auch möglich, die Fallgruppierungen nicht an die Konstruktionsanleitung zu koppeln und die vorgeschlagenen Darstellungen und Ergänzungen am bestehenden Prinzip auszurichten.

Die vorgeschlagenen, überarbeiteten Fälle, die sich bei der Konstruktion ergeben können, sind in den folgenden drei Tabellen zusammengestellt:

Tab. 8: Gruppe V_{P1} oder $V_{P2} = V_{Pmax}$

Tab. 9: Gruppe V_{P1} und $V_{P2} < V_{Pmax}; D_T \geq D$

Tab. 10: Gruppe V_{P1} und $V_{P2} < V_{Pmax}; D_T < D$

Zur Nachverfolgung im Vergleich zur aktuellen Norm werden die alten Fallnummern und Darstellungen ebenfalls angegeben.

► Es wird empfohlen, eine neue Darstellung der Fälle in der Überarbeitung der Norm zu berücksichtigen (siehe aus Tab. 8, Tab. 9, Tab. 10). Falls Bemerkungen zu den einzelnen Konstruktionsfällen angebracht werden sollen, ist darauf zu achten, nicht bereits Auswertungshinweise zu formulieren, da diese erst bei der Auswertung aufgenommen werden sollten.

► Ferner wird vorgeschlagen, die Darstellung der Fälle mit einer textlichen Erklärung einzuleiten. Ein möglicher Text könnte lauten: 'Die Konstruktion des Verlaufs der Projektierungsgeschwindigkeit V_P in Abhängigkeit der horizontalen Krümmungsverhältnisse basiert auf den Grundlagen und Annahmen des Geschwindigkeitsmodells. Die wichtigsten Fälle, die aus der Konstruktion des V_P -Verlaufs resultieren können, je nach Abstand D zwischen zwei Kreisbögen in Relation zur Übergangslänge D_T und je nach geltender Höchstgeschwindigkeit V_{zul} , das heisst V_{Pmax} , werden in den folgenden Tabellen dargestellt.'

Tab. 8 Fälle Gruppe V_{P1} oder $V_{P2} = V_{Pmax}$ und Vergleich aktuelle Darstellung

Nr. prov.	Gruppe V_{P1} oder $V_{P2} = V_{Pmax}$	Aktuelle Darstellung [VSS-40080b]
1b	V_{P1} oder $V_{P2} = V_{Pmax}$ $D_T = D$	(ergänzend zu alt 1)
2a	V_{P1} oder $V_{P2} = V_{Pmax}$ $D_T < D$	② $D > D_T$ bei $V_{P1} = V_{Pmax}$
3b max (mit Anpassung V_{P3}/V_{P2})	V_{P1} oder $V_{P2} = V_{Pmax}$ $D_T \geq D$	⑥ $D < D_T$ zwischen drei Kreisbögen
3c max	V_{P1} oder $V_{P2} = V_{Pmax}$ $D_T \geq D: D_T \gg D$	(ergänzend zu alt 7)

Tab. 9 Fälle Gruppe V_{P1} und $V_{P2} < V_{Pmax}$; $D_T \geq D$ und Vergleich aktuelle Darstellung

Nr. prov.	Gruppe V_{P1} und $V_{P2} < V_{Pmax}$; $D_T \geq D$	Aktuelle Darstellung [VSS-40080b]
1a	V_{P1} und $V_{P2} < V_{Pmax}$; $D_T \geq D$	<p>① $D = D_T$ bei $V_P < V_{Pmax}$</p>
3a	V_{P1} und $V_{P2} < V_{Pmax}$; $D_T \geq D$	<p>⑤ $D < D_T$</p> <p>UNGÜNSTIG</p>
3b	<p>3b V_{P1} und $V_{P2} < V_{Pmax}$; $D_T \geq D$</p> <p>(angepasst V_{P2}/V_{P3})</p> <p>UNGÜNSTIG</p>	<p>(zusätzlich zu alt 6)</p>
3c	<p>Zwingend zu vermeiden.</p> <p>(Konstruktion gemäss Modell nicht möglich)</p>	<p>⑦ $D \ll D_T$ und ΔV gross</p>

Tab. 10 Fälle Gruppe V_{P1} und $V_{P2} < V_{Pmax}$; $D_T < D$ und Vergleich aktuelle Darstellung

Nr. prov.	Gruppe V_{P1} und $V_{P2} < V_{Pmax}$; $D_T < D$	Aktuelle Darstellung/ Nr. [VSS-40080b]
2b	V_{P1} und $V_{P2} < V_{Pmax}; D_T < D$	③ $D > D_T$ bei $V_P < V_{Pmax}$
	<p>Diagram illustrating velocity V_P versus distance L. The profile consists of two segments, R_1 and R_2, connecting points V_{P1} and V_{P2}. The total distance between the start and end points is D_{R_1, R_2}. The maximum velocity is V_{Pmax}. Below the diagram, time intervals D_T are indicated for different velocity ranges: $D_T(V_{P1}, V_{Pmax})$ and $D_T(V_{Pmax}, V_{P2})$.</p>	<p>Detailed diagram showing the velocity profile with segments R_1 and R_2. Points V_{P1} and V_{P2} are marked. The total distance is D. Time intervals DT_B and DT_V are shown for the segments. The maximum velocity is V_{Pmax}.</p>

2c	V_{P1} und $V_{P2} < V_{Pmax}; D_T < D$	④ $D \gg D_T$ bei $V_{P1,2} < V_{Pmax}$
	<p>Diagram illustrating velocity V_P versus distance L. The profile consists of two segments, R_1 and R_2, connecting points V_{P1} and V_{P2}. The total distance between the start and end points is D_{R_1, R_2}. The maximum velocity is V_{Pmax}. Below the diagram, time intervals D_T are indicated for different velocity ranges: $D_T(V_{P1}, V_{Pmax})$ and $D_T(V_{Pmax}, V_{P2})$.</p>	<p>Detailed diagram showing the velocity profile with segments R_1 and R_2. Points V_{P1} and V_{P2} are marked. The total distance is D. Time intervals DT_B and DT_V are shown for the segments. The maximum velocity is V_{Pmax}.</p>

11.2.9 Semi-Automatische Erstellung des Geschwindigkeitsdiagramms mittels eines eigenständigen Tools

Wie in dieser Arbeit bereits erläutert, besteht teilweise eine gewisse Ablehnung oder Schwierigkeit bei der Erstellung von Geschwindigkeitsdiagrammen, insbesondere wegen des damit verbundenen Aufwands. Ein Grund ist sicher darin zu suchen, dass die Erstellung der Plangrundlagen mit CAD-Software (Computer-Aided Design) erfolgt, die Plangrundlagen also direkt in digitalen Formaten erstellt und bearbeitet werden, das Geschwindigkeitsdiagramm jedoch kein Bestandteil ist. Es ist in der Regel nicht enthalten oder wenn doch, dann, soweit aufgrund der Untersuchung beurteilbar, nur ungenau.

IngenieurInnen und PlanerInnen nutzen tagtäglich CAD-Software, um die nativen digitalen (maschine-lesbaren) Daten in einer Weise zu visualisieren, die für Menschen verständlich ist. Native digitale Daten der CAD-Software können in menschen-lesbare Formate, wie das Geschwindigkeitsdiagramm, exportiert werden, was offensichtlich noch nicht (vollständig) gelöst ist. Aus einem Interview mit ORTIZ [116], geht hervor, dass in viele anderen Disziplinen, wie zum Beispiel der Statik, Berechnungen mithilfe eines Tabellenkalkulationsprogramms immer noch als Handberechnungen betrachtet werden. Dennoch stellen Tabellenkalkulationsprogramme eine einfache und äußerst hilfreiche Möglichkeit dar, um maschine-lesbare Daten zu verarbeiten und menschen-lesbare Auswertungen zu generieren. Sowohl in der Praxis als auch in der wissenschaftlichen Forschung wird solche Software für die Datenbearbeitung gebraucht. Insbesondere bei Aufgaben mit

- eingeschränkten Datenmengen,
- komplizierten Berechnungsalgorithmen,
- zahlreichen Zwischenenergebnissen,
- logischen und booleanischen Bedingungen,
- menschliche Zwischenschritte,
- visuellen Auswertungen.

Im Rahmen des vorliegenden Forschungsprojekts wurde die erste Version eines Excel-Tools entwickelt, die speziell darauf abzielt, den Konstruktionsprozess von Geschwindigkeitsdiagrammen zu automatisieren. Das Tool besteht aus einer umfassenden Anleitung, einem Berechnungsblatt mit Eingabe und Zwischenschritten (Abb. 61) und der Darstellung des Geschwindigkeitsdiagramms (Abb. 62).

Konstante Werte		HVS		Anz. Elemente		28		Die r	
Strassentyp	V _{zul}	(m)	(m)	(km/h)	(km/h)	(m)	(km/h)	(km/h)	(m)
Höchstgeschwindigkeit	V _{zul}			80					
Ausbaugegeschwindigkeit	V _A			50					
(m)	(m)								
x Anfang	x Ende	d	V _{Pmax}	V _A	R	V _{P(R)}	V _{P1 einfache}	D	
-180	-100	80	80	50					
-100	-15	85	80	50	135	65	65		
-15	15	30	80	50	200	75	75		
15	75	60	80	50	125	65	65		
75	80	5	80	50					
80	101	21	80	50					
101	205	104	80	50					
205	254	49	80	50	130	65	65		
254	308	54	80	50					
308	370	62	80	50	120	60	60		
370	425	55	80	50					

Abb. 61 Ausschnitt aus Berechnungsblatt mit blau hinterlegten Eingabefeldern (aus Anwendung an einem Praxisbeispiel)

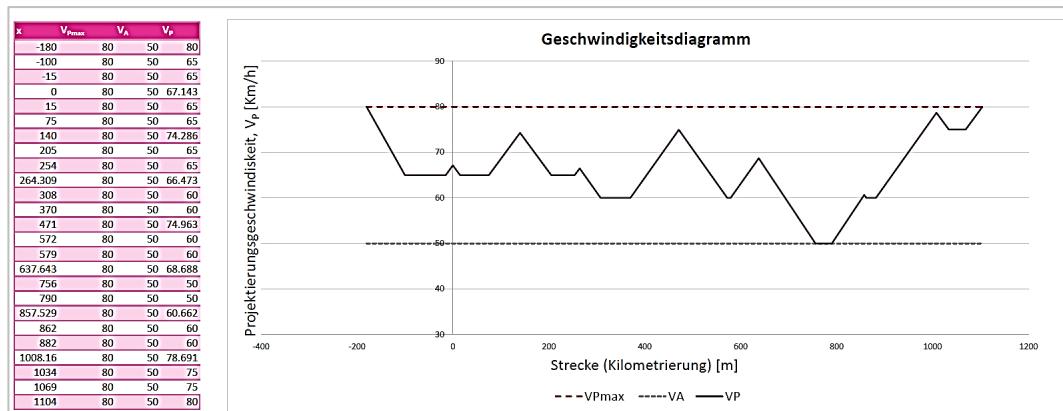


Abb. 62 Ergebnis Geschwindigkeitsdiagramm (aus Anwendung an einem Praxisbeispiel)

Die erste Version des Tools zeigt eine Reihe von Vorteilen:

- Aus der Automatisierung der Diagrammerstellung resultiert eine enorme Zeitersparnis.
- Die Automatisierung trägt dazu bei, die Genauigkeit der erstellten Diagramme zu verbessern und potenzielle Fehlerquellen zu eliminieren.
- Die Vorlage erfordert nur wenige Eingaben seitens der Anwendenden, was die Benutzerfreundlichkeit erhöht.
- Die Möglichkeit, Geschwindigkeitsdiagramme schneller und einfacher zu erstellen als mit der manuellen Konstruktion, kann ganz grundsätzlich die Motivation zur Anwendung des Geschwindigkeitsdiagramm deutlich fördern.
- Das Excel-Tool bietet zudem eine solide Grundlage für die spätere Integration oder Übertragung in digitale Anwendungssoftware.

Eine zukünftige verarbeitete Version des Tools könnte nach ORTIZ [116], folgende Eigenschaften vorweisen:

- Definition einer klare tabellarische Datenschema für die Dateneingabe,
- Nachvollziehbare Dokumentation der getroffenen Annahmen und deren Quellen,
- Tabellarische Auswertung der Zwischenberechnungen,

- Visuelle massstäbliche Darstellung der Zwischenberechnungen und des Geschwindigkeitsdiagramms,
- Auswertung von ausgewählten menschen-artigen Nachweisen im Geschwindigkeitsdiagramm.

Das Tool könnte in ONLINE-Form veröffentlicht werden, mit folgenden Möglichkeiten:

- Eingabe via Text/Excel/CSV Dateien oder von Hand,
- Ausgabe via Graphiken, Text/Excel/CSV Dateien oder Ergebnisblatt,
- Dokumentation der Berechnung für die Ablage (PDF).

► Es wird dringend empfohlen, die Weiterentwicklung des Excel-Tools voranzutreiben und mit der überarbeiteten Norm als praktisches Werkzeug zur automatisierten Erstellung des Geschwindigkeitsdiagramms zur Verfügung zu stellen.

11.3 Auswertung des Geschwindigkeitsdiagramms

11.3.1 Vorbemerkung und genereller Überarbeitungsbedarf

Aus dem Geschwindigkeitsdiagramm gehen die lokalen Projektierungsgeschwindigkeiten in Funktion der Streckencharakteristik hervor. Die Auswertung des Geschwindigkeitsdiagramms ermöglicht unter anderem die Beurteilung der Homogenität der Linienführung, indem gefährliche Geschwindigkeitsschwankungen infolge der Trassierung erkannt werden. Im Weiteren gibt der visualisierte Verlauf Hinweise auf allfällige Gefahrenbereiche. Die lokalen Projektierungsgeschwindigkeiten liegen zudem der Bestimmung weiterer Projektierungselemente zugrunde.

Die in der Norm genannten Angaben zur Auswertung, bezeichnet als 'Bedingungen für die Projektierung', sind jedoch für eine präzise Interpretation und Beurteilung unzureichend.

Die Auswertung ist ein wesentlicher Bestandteil der Norm. Umso wichtiger ist es, dass der anspruchsvollen und wichtigen Auswertung des Geschwindigkeitsdiagramms ausreichend Rechnung getragen wird.

Folgende generelle Aspekte sollten bei einer Überarbeitung berücksichtigt werden:

- Besonderes Augenmerk ist auf eine klare Formulierung und Darstellung der Bedingungen zu legen, damit die Informationen verständlich und nachvollziehbar sind. Dazu zählen:
 - eine aussagekräftige Kapitelbezeichnung,
 - eine unmissverständliche Beschreibung der empfohlenen maximalen Geschwindigkeitsdifferenzen,
 - eine klare Verortung der relevanten Geschwindigkeitsdifferenzen,
 - Bereinigung unklarer Formulierungen.
- Im Zuge der Überarbeitung der Norm sollte ferner deutlicher betont werden, dass die Auswertung des Geschwindigkeitsdiagramms ermöglicht,
 - potenziell gefährliche Geschwindigkeitsschwankungen zu identifizieren,
 - und sich die Projektierungsgeschwindigkeiten an jeder Stelle der Strasse bestimmen lassen, welche die Grundlage für die Bestimmung verschiedener Projektierungselemente bilden.
- Ferner sollte darauf hingewiesen werden, dass sich bei der Auswertung des Diagramms auch im Fall akzeptabler Geschwindigkeitsdifferenzen potenzielle Gefahren, die sich aus der Trassierung ergeben, erkennen lassen.
- Es wird zudem empfohlen, in der Norm künftig explizit zu erwähnen, dass die Überprüfung der Homogenität der Linienführung nur eine von mehreren wichtigen Entwurfskontrollen ist, die beim Entwurf, der Projektierung oder der Sanierung von Strassen durchgeführt werden müssen. Dazu kann ein entsprechender Verweis auf weitere

Prüfteile integriert werden, unter anderem zur Überprüfung der Elementwahl, zur Kontrolle der Anhaltesichtweiten oder die verschiedenen Prüfaspkte zur räumlichen Linienführung, siehe Beispiel «Entwurfskontrollen» im Anhang I.

Der in der Norm bestehenden Hinweis, dass für die Verkehrssicherheit das Fahrverhalten in der Verzögerung massgebend ist und das Geschwindigkeitsdiagramm daher in beide Richtungen ausgewertet werden muss, soll zwingend beibehalten werden.

Hinsichtlich Auswertung des Geschwindigkeitsdiagramms finden sich in der Norm im Abschnitt «E. Auswertung des Geschwindigkeitsdiagramms» zwei Kapitel:

- Bedingungen für die Projektierung (Norm Ziffer 11):
 - siehe dazu Berichtskapitel 11.3.2 bis 11.3.10
- Verbesserungsmöglichkeiten (Norm Ziffer 12)
 - Siehe dazu Berichtskapitel 11.3.11

11.3.2 Bedingungen für die Projektierung präzisieren (Überblick)

Zum Verständnis der nachfolgenden Ausführungen wird in der folgenden Abb. 63 zunächst der Normtext dargestellt:

E. Auswertung des Geschwindigkeitsdiagrammes	E. Examen du diagramme de vitesse
<p>11. Bedingungen für die Projektierung</p> <p>Für die Verkehrssicherheit ist das Fahrverhalten in der Verzögerung massgebend. Deshalb muss das Geschwindigkeitsdiagramm grundsätzlich in beiden Fahrtrichtungen ausgewertet werden.</p> <p>Um die erforderliche Homogenität der Linienführung zu erreichen, sind die nachfolgenden Bedingungen zu beachten.</p> <p>Auf Hochleistungsstrassen (HLS):</p> <ul style="list-style-type: none"> – Bei Übergängen zwischen einem Strassenabschnitt mit gestreckten Trassierungselementen und Kurven mit Projektierungsgeschwindigkeiten unter 120 km/h sind Geschwindigkeitsdifferenzen von ≤ 10 km/h einzuhalten. Als gestreckte Trassierungselemente gelten Geraden und Kurven mit Radien $R \geq 3000$ m. – Zwischen zwei benachbarten Kurven sind Geschwindigkeitsdifferenzen von ≤ 15 km/h anzustreben; eine Geschwindigkeitsdifferenz von mehr als 20 km/h ist zu vermeiden. – Die vorhandene Sichtweite vor einer Kurve muss grösser sein als die Übergangslänge D_T. <p>Auf Hauptverkehrsstrassen (HVS) und Verbindungsstrassen (VS):</p> <ul style="list-style-type: none"> – Bei Übergängen zwischen einem Strassenabschnitt mit gestreckten Trassierungselementen und Kurven mit Projektierungsgeschwindigkeiten unter 80 km/h sind Geschwindigkeitsdifferenzen von 5 km/h einzuhalten. Als gestreckte Trassierungselemente gelten Geraden und Kurven mit Radien $R \geq 420$ m, deren Gesamtlänge D (Abbildung 3) inkl. Übergangsbogen grösser ist als die Erfassungsdistanz D_E. – Zwischen zwei benachbarten Kurven sind Geschwindigkeitsdifferenzen von ≤ 10 km/h anzustreben; eine Geschwindigkeitsdifferenz von mehr als 20 km/h ist zu vermeiden. – Die vorhandene Sichtweite vor einer Kurve muss grösser sein als die Übergangslänge D_T. <p>Bei bestehenden Strassen ist es möglich, dass die erwähnten Bedingungen nicht erfüllt sind. Die Konstruktion des Geschwindigkeitsdiagrammes hilft in solchen Fällen, die allfälligen Gefahrenbereiche zu lokalisieren und die Anordnung geeigneter Massnahmen zu prüfen.</p>	<p>11. Conditions pour l'étude du projet</p> <p>Pour la sécurité du trafic la manière de conduire en décélération est déterminante. C'est pourquoi le diagramme de vitesse doit être en principe examiné dans les deux sens de circulation.</p> <p>Pour obtenir l'homogénéité du tracé requise, il est nécessaire de tenir compte des conditions suivantes:</p> <p>Sur les routes à grand débit (RGD):</p> <ul style="list-style-type: none"> – Lors de transitions entre un tronçon à tracé fluide et des courbes dont les vitesses de projet sont inférieures à 120 km/h, des différences de vitesses de ≤ 10 km/h doivent être respectées. Par tracé fluide, on entend des alignements et des courbes de rayon $R \geq 3000$ m. – Entre deux courbes successives on s'efforcera d'avoir des différences de vitesse ≤ 15 km/h; une différence de plus de 20 km/h doit être évitée. – La distance de visibilité effective précédant une courbe doit être supérieure à la longueur de transition D_T. <p>Sur les routes principales (RP) et les routes de liaison (RL):</p> <ul style="list-style-type: none"> – Lors de transitions entre un tronçon à tracé fluide et des courbes dont les vitesses de projet sont inférieures à 80 km/h, des différences de vitesse de 5 km/h doivent être respectées. Par tracé fluide, on entend des alignements et des courbes de rayon $R \geq 420$ m, dont la longueur totale D (figure 3) comprenant les courbes de raccordement est supérieure à la distance de perception D_E. – Entre deux courbes successives on s'efforcera d'avoir des différences de vitesse ≤ 10 km/h; une différence de vitesse de plus de 20 km/h doit être évitée. – La distance de visibilité effective précédant une courbe doit être supérieure à la longueur de transition D_T. <p>Dans le cas de routes existantes, il est possible que les conditions énumérées ne soient pas remplies. La construction du diagramme de vitesse permet dans de tels cas de localiser les éventuelles zones dangereuses et d'étudier la mise en oeuvre de mesures adéquates.</p>

Abb. 63 Auswertung des Geschwindigkeitsdiagramms – Auszug aus [1]

Hinweis zur Überschrift:

Im Geschwindigkeitsmodell werden zur Gewährleistung der Homogenität der Linienführung Bedingungen festgelegt. Diese müssen bei der Projektierung beachtet werden

oder auch bei der Überprüfung bestehender Straßen herangezogen werden. Zweiterer Einsatzzweck kommt nicht genügend zum Ausdruck, zudem geht es tatsächlich um die Bedingungen zur Gewährleistung einer homogenen Linienführung.

► Es wird empfohlen, die Überschrift umzubenennen in «Bedingungen zur Gewährleistung der Homogenität der Linienführung».

Hinweise zum Inhalt:

Die Bedingungen zur Gewährleistung der Homogenität der Linienführung umfassen:

- die maximalen Geschwindigkeitsdifferenzen ΔV , welche nicht überschritten werden sollen,
- die vorhandenen Sichtweiten S_{vorh} , die grösser sein müssen als die Distanzen, die zum Verzögern gemäss Modell erforderlich sind, $S_{vorh} \geq D_T$,
- die Erfassungsdistanz, die grösser sein muss als die Distanz, welche zum Verzögern gemäss Modell erforderlich ist, $D_E > D_T$.
- Die Bedingungen sind in beiden Fahrtrichtungen zu prüfen und zu erfüllen.

Die Tabelle Tab. 11 zeigt, in welchen Kapiteln der Norm diese Bedingungen behandelt werden.

Tab. 11 Geschwindigkeitsdiagramm: Bedingungen zur Gewährleistung der Homogenität der Linienführung

Bedingungen (oder Anforderungen)	Wo in der aktuellen Norm berücksichtigt:
Maximale Geschwindigkeitsdifferenzen ΔV	E. Auswertung des Geschwindigkeitsdiagramms, Ziffer 11 Bedingungen für die Projektierung
Vorhandene Sichtweite $S_{vorh} >$ Übergangslänge D_T	E. Auswertung des Geschwindigkeitsdiagramms, Ziffer 11 Bedingungen für die Projektierung
Erfassungsdistanz $D_E >$ Übergangslänge D_T	D. Geschwindigkeitsdiagramm Ziffer 9. Übergangslänge und Erfassungsdistanz, Tabelle 3 Übergangslängen D_T

Die Erläuterungen der 'Bedingungen für die Projektierung' in der Norm umfassen verschiedene Begriffe und adressieren verschiedene Aspekte, darunter Werte für maximale Geschwindigkeitsdifferenzen, mit Unterscheidung nach Strassentyp oder Unterscheidung nach Streckencharakteristik. Weitere wichtige Informationen und Zusammenhänge werden nicht genannt oder sind im Text «versteckt», was zu einer erschwerten Informationsaufnahme führen kann. Die kompakte Fülle an Informationen sowie einzelne Ungereimtheiten in den Bedingungen lassen sich anhand folgender Aspekte grob verdeutlichen:

- «Bei Übergängen zwischen einem Straßenabschnitt mit gestreckten Trassierungselementen und Kurven mit Projektierungsgeschwindigkeiten unter 80 km/h sind Geschwindigkeitsdifferenzen von 5 km/h einzuhalten. Als gestreckte Trassierungselemente gelten Geraden und Kurven mit Radien $R \geq 420$ m, deren Gesamtlänge D (Abbildung 3) inkl. Übergangsbogen grösser ist als die Erfassungsdistanz D_E .» [...]
- Der Satzteil «zwischen einem Straßenabschnitt mit gestreckten Trassierungselementen und Kurven mit Projektierungsgeschwindigkeiten unter 80 km/h» ist schwerfällig und dadurch eher schwer verständlich.
- Als gestreckte Trassierungselemente werden Geraden und Kurven mit Radien $R > 420$ m bezeichnet, deren Gesamtlänge D inklusive Übergangsbogen grösser ist als die Erfassungsdistanz D_E . Wie bereits früher erwähnt, besteht eine Diskrepanz hinsichtlich der Verwendung von «D».
- Die Verwendung verschiedener Begrifflichkeiten wie zum Beispiel 'Kurven mit Projektierungsgeschwindigkeiten', 'Kurven mit Radien', 'Radien der Kreisbogen', 'Radiendifferenzen', 'Radien der horizontalen Kurven', 'Kurvenradius', 'benachbarnte Kurven'

kann das Verständnis der Inhalte erschweren. Dies könnte insbesondere der Fall sein, wenn Anwendende der Norm nicht regelmässig mit diesen Fachbegriffen arbeiten.

- Es sollte zum Ausdruck kommen, dass die Norm voraussetzt, dass Kurven die geometrischen Normenforderungen erfüllen, in der Regel aus Übergangsbögen (Klothoiden) und Kreisbögen bestehen.

Die folgende Bedingung erschwert die Auswertung zusätzlich:

«Zwischen zwei benachbarten Kurven sind Geschwindigkeitsdifferenzen von < 10 km/h anzustreben; eine Geschwindigkeitsdifferenz von mehr als 20 km/h ist zu vermeiden.»

- Die Abgrenzung von «zwischen zwei benachbarten Kurven» zur vorherigen Bedingung ist nicht eindeutig.
- Die Bedingung nennt zum einen eine Spannbreite für die einzuhaltende Geschwindigkeitsdifferenz, ohne jedoch Angaben zur Anwendung der unterschiedlichen Werte zu liefern.
- Die Formulierung «Zwischen zwei benachbarten Kurven» ist ebenfalls nicht präzis genug, da auch der «gestreckte» Straßenabschnitt Kurven aufweisen kann.

Ferner muss bei der Überarbeitung berücksichtigt werden, den Nutzenden der Norm klar zu vermitteln, wo die Geschwindigkeitsdifferenzen effektiv abzulesen sind. In der geltenden Norm fehlt diese eindeutige Verortung

Die nachfolgenden Berichtskapitel 11.3.3 bis 11.3.6 besprechen diese Aspekte und unterbreiten Vorschläge zu deren Bereinigung.

11.3.3 Übergang zwischen einem Straßenabschnitt mit gestreckten Trassierungselementen und Kurven mit Projektierungsgeschwindigkeiten unter 80 km/h

Die aktuelle Norm anerkennt die Bedeutung, die Streckencharakteristik bei der Beurteilung von Geschwindigkeitsdifferenzen zu berücksichtigen. Es werden strengere Anforderungen an die Geschwindigkeitsdifferenzen gestellt, wenn es sich um einen Übergang von einer weitläufigen Linienführung zu einer engen Kurve handelt, wie in Abb. 64 schematisch dargestellt. Wenn vor einer Kurve mit $V_P < 80$ km/h die Linienführung über einen Straßenabschnitt definierter Länge «gestreckt» ist, wird daher gefordert, Geschwindigkeitsdifferenzen ΔV von 5 km/h nicht zu überschreiten.

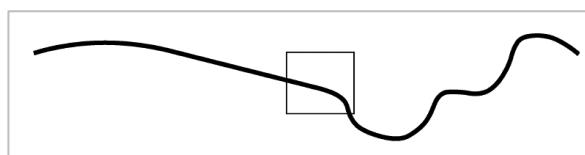


Abb. 64 Visualisierung Übergang von einem Abschnitt mit «gestreckten» Trassierungselementen zu Kurven mit $V_P < 80$ km/h (nach SPACEK [2])

Gemäss Norm handelt es sich um einen «gestreckten» Straßenabschnitt, wenn Geraden und/oder Kurven mit Radien $R \geq 420$ m inklusive Übergangsbogen eine Länge aufweisen, die grösser ist als die Erfassungsdistanz D_E .

Die hier behandelte Norm VSS-40080b geht auf eine Zeit zurück, in der auf Strassen ausserhalb besiedelter Gebiete die generelle Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h galt. Für Geraden und Kurven mit Radien ≥ 420 m entsprach dies damals $V_P = 100$ km/h. Daraus resultierte eine Erfassungsdistanz $D_E = 333$ m. Geraden und Radien $R \geq 420$ m entsprechen an Ausserortsstrassen heute einer Projektierungsgeschwindigkeit $V_P = 80$ km/h (sofern die geltende Höchstgeschwindigkeit nicht darunter liegt). Daraus folgt eine Erfassungsdistanz von $D_E = 267$ m.

Um beurteilen zu können, ob die Definition «gestreckt» nach wie vor sinnvoll ist, wurde untersucht, ob der Kurvenradius von 420 m als Grenzwert beibehalten werden sollte, und nicht beispielsweise Radien $R = 300$ m oder $R = 240$ m, die ebenfalls einer Projektierungs-geschwindigkeit $V_P = 80$ km/h entsprechen, als Grenzwert herangezogen werden müssten. Gleichzeitig wurde berücksichtigt, welcher Unterschied aus einer Erfassungsdistanz $D_E = 333$ m respektive bei $V_{Pmax} = 80$ km/h $D_E = 267$ m aus Fahrerperspektive resultiert.

Dazu wurden verschiedene Situationen von Radienabfolgen auf Strassen ausserorts analysiert. Es wurde darauf geachtet, dass alle Kurven eine genügende Bogenlänge aufweisen. Die Untersuchung hat gezeigt,

- dass Kurvenradien $R \geq 420$ m gestreckt wirken. Kleinere Kurvenradien werden hingegen, vorausgesetzt sie weisen eine normgerechte Bogenlänge auf, als «echte» Kurven wahrgenommen.
- hinsichtlich Erfassungsdistanz kein erkennbarer Unterschied zwischen einer Streckenlänge von 333 m oder 267 m besteht. Eine Erfassung einer Kurve mit $V_P < 80$ km/h war ab beiden Distanzen kaum oder nur knapp möglich, je nach Situation und Streckenkenntnis.

Es muss an dieser Stelle betont werden, dass es sich nicht um eine statistisch relevante Aussage handelt, sondern die Beurteilung der Forschungsgruppe auf Basis der begrenzten Untersuchung wiedergibt.

► Es wird empfohlen, an der Bedingung $R \geq 420$ m festzuhalten. Die sich ergebende Erfassungsdistanz bei einer Höchstgeschwindigkeit 80 km/h ergibt sich zu $D_E = 267$ m, was ebenfalls als akzeptabel beurteilt wird.

11.3.4 Übergang zwischen zwei benachbarten Kurven

Formulierung zwischen zwei benachbarten Kurven

Auf die in der Norm erstgenannte Bedingung «Bei Übergängen zwischen einem Strassenabschnitt mit gestreckten Trassierungselementen und Kurven mit Projektierungs-geschwindigkeiten unter 80 km/h sind Geschwindigkeitsdifferenzen von 5 km/h einzu-halten.» folgt die zweite mit der Formulierung «Zwischen zwei benachbarten Kurven sind Geschwindigkeitsdifferenzen $\Delta V < 10$ km/h anzustreben; eine Geschwindigkeitsdifferenz von mehr als 20 km/h ist zu vermeiden.». Die Formulierung der zweiten Bedingung ist in zweifacher Hinsicht ungenau und kann zu Unklarheiten und Fehlinterpretationen führen.

Die folgenden zwei Beispiele erläutern dies.

- Übergänge «zwischen zwei benachbarten Kurven» können auch in die erstgenannte Gruppe «zwischen einem Strassenabschnitt mit gestreckten Trassierungselementen und Kurven mit Projektierungsgeschwindigkeiten unter 80 km/h» fallen. Ein Beispiel dazu, vergleiche Abb. 65: Ein Übergang von einer Kurve mit Radius $R = 420$ m, deren Gesamtlänge inklusive Übergangsbogen grösser ist als D_E , zu einer Kurve mit $V_P < 80$ km/h.

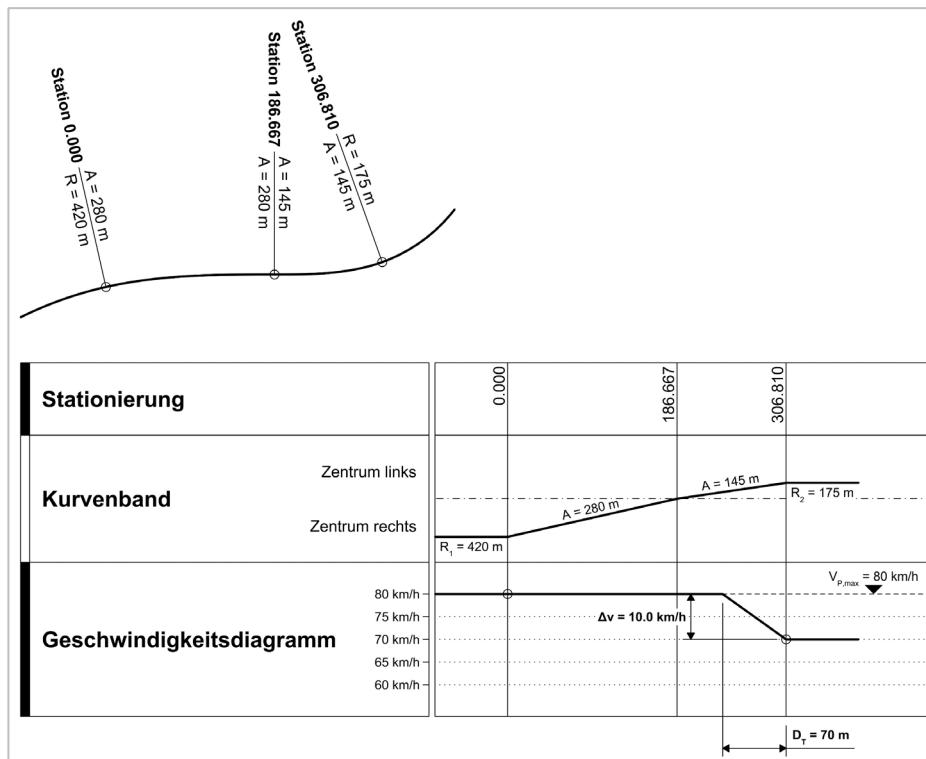


Abb. 65 Beispiel: zwei benachbarte Kurven, aber dem Übergang gestreckte Trassierungselemente zu Kurven mit $V_P < 80 \text{ km/h}$ zuzuordnen (gezeichnet Dominic Grünig)

- Übergänge zwischen zwei Kurven mit einer Zwischengerade, sofern nicht die Bedingung «gestreckt» erfüllt ist, sind nicht der erstgenannten Gruppe zuzuordnen, jedoch auch nicht der zweiten, da es sich nicht um effektiv «benachbarte» Kurven handelt. Diese Übergänge, ein Beispiel dazu in Abb. 66 sollten aus fachlicher Sicht der zweiten Gruppe zugeordnet werden, vorausgesetzt deren Bezeichnung wird angepasst.

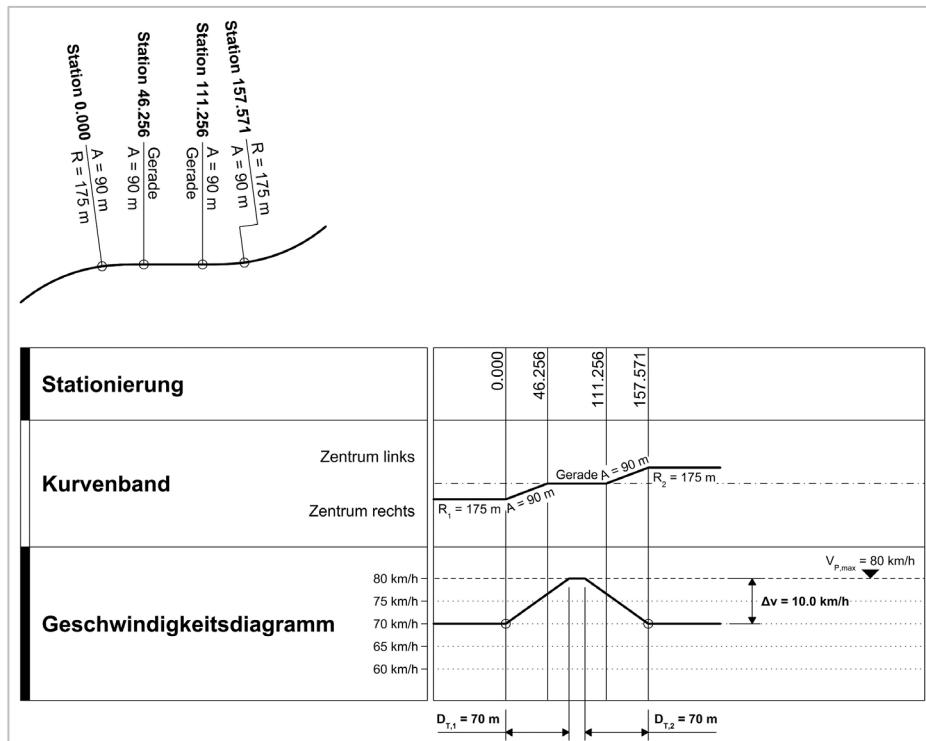


Abb. 66 Beispiel: Übergang mit Zwischengerade (nicht gestreckt) deckt sich nicht mit der Bezeichnung «benachbarte Kurven» (gezeichnet Dominic Grünig)

► Es wird vorgeschlagen, die Formulierung «zwischen zwei benachbarten Kurven» zu ersetzen. Neu würde sich die Formulierung von SPACEK anbieten «Übergänge zwischen den übrigen Kurven» oder unter Berücksichtigung allfälliger, nicht gestreckter Zwischengeraden schlicht die die Formulierung «zwischen allen anderen Übergängen».

Da in der Literatur nebst dem Begriff «gestreckt» der Begriff «kurvig» anzutreffen ist, wurde im Rahmen der Forschung ferner untersucht, inwiefern es zweckmässig ist, das Wort kurvig zu verwenden und zu definieren. Daraus resultiert, dass im Interesse einer einfachen Handhabung darauf verzichtet werden sollte: zur Unterscheidung der beiden Gruppen genügt die Klärung, ob der Übergang aus einem gestreckten Abschnitt erfolgt oder nicht.

11.3.5 Geschwindigkeitsdifferenzen zwischen zwei benachbarten Kurven

In der Gruppe «zwischen zwei benachbarten Kurven» sind im Gegensatz zur Gruppe mit gestreckten Trassierungselementen nicht 5 km/h einzuhalten, sondern gemäss Norm Geschwindigkeitsdifferenzen von ≤ 10 km/h anzustreben; eine Geschwindigkeitsdifferenz von mehr als 20 km/h ist zu vermeiden.

Die Erfahrungen aus der Praxis zeigen, dass die Bedingung « ≤ 10 km/h anstreben, mehr als 20 km/h vermeiden» regelmässig zu Unklarheiten und Fragen führt. In der Praxisanwendung werden aufgrund dieser Formulierung Differenzen von 20 km/h als akzeptabel beurteilt. Der Ursache dieser Formulierung wurde nachgegangen, mit folgendem Ergebnis:

Der Vergleich mit der Norm von 1981 [85], vergleiche Auszug in Abb. 67, zeigt, dass dazumal folgende Anforderung galt:

- $\Delta V \leq 20$ km/h für Radien grösser 175 m ($V_P \geq 70$ km/h),
- $\Delta V \leq 10$ km/h für kleinere Radien ($V_P < 70$ km/h).

11. Bedingungen für die Projektierung

Für die Verkehrssicherheit ist das Fahrverhalten in der Verzögerung massgebend. Deshalb muss das Geschwindigkeitsdiagramm grundsätzlich in beiden Fahrrichtungen ausgewertet werden.

Folgende Bedingungen sind zu beachten:

- Eine Geschwindigkeitsdifferenz zweier benachbarter Trassierungselemente von mehr als 20 km/h ist zu vermeiden. Bei Trassierungselementen mit Projektionsgeschwindigkeiten ~~unter~~ ^{unter} 70 km/h sind

Elementfolgen mit Geschwindigkeitsdifferenzen von 10 km/h anzustreben. Den Übergangsbereichen innerorts/ausserorts ist besondere Aufmerksamkeit zu schenken (evtl. abgestufte Geschwindigkeitssignalisation).

- Die vorhandene Sichtweite vor einer Kurve muss grösser sein als die Übergangslänge D_T bei Verzögerungen.
- Die Übergangslänge D_T muss kleiner sein als die Erfassungsdistanz D_E .

Abb. 67 Bedingungen für die Projektierung 1981 [85]

Bis 1984 galt auf Strassen ausserhalb besiedelter Gebiete Tempolimit 100 km/h, das heisst für die Auswertung $V_{P\max} = 100$ km/h. Seit 1984 gilt auf Strassen ausserhalb besiedelter Gebiete die generelle Höchstgeschwindigkeit 80 km/h. Die 1991 überarbeitete Norm, die bis heute Gültigkeit hat, lässt auf Strassen ausserorts im gesamten Bereich $V_P \leq 80$ km/h Geschwindigkeitsdifferenzen bis 20 km/h zu.

Dem Anhang VII ist stark vereinfacht ein Vergleich zwischen den Anforderungen und der Bewertung zwischen 1981 und 1991 zu entnehmen.

In der Norm von 1981 wurden demnach an die unteren Radienbereiche (Kurven mit Radien $R < 175$ m resp. mit $V_P < 70$ km/h strengere Anforderungen gestellt als heute. Diese strengeren Anforderungen im unteren Radienbereich entsprechen den Erkenntnissen aus der Literatur, insbesondere dem Vergleich mit der deutschen Richtlinie. In niedrigen Geschwindigkeitsbereichen kann eine ähnliche Geschwindigkeitsänderung wie in höheren Geschwindigkeitsbereichen eine grössere Veränderung in der Trägheit und in den auf das Fahrzeug wirkenden Kräften verursachen.

- Es wird empfohlen, die Anforderungen an die Geschwindigkeitsdifferenzen zu präzisieren und die Einhaltung von $\Delta V \leq 10 \text{ km/h}$ zu fordern. Als Zusatz lässt sich mit einem Hinweis auf bestehende Straßen der Bereich $\Delta V \leq 20 \text{ km/h}$ integrieren, indem dies als Ausnahme deklariert wird, verbunden mit der Forderung nach entsprechenden Massnahmen zur Information der Fahrzeuglenkenden.

11.3.6 Darstellung der wichtigsten Fälle mit Verortung der Geschwindigkeitsdifferenzen

In der aktuellen Norm kann der Begriff Geschwindigkeitsdifferenz zu Missverständnissen führen.

- Wie bereits erwähnt, wird in der Formel für die Übergangslänge D_T der Begriff Geschwindigkeitsdifferenz als « $\Delta V = \text{Geschwindigkeitsdifferenz } |V_{P1} - V_{P2}|$ » verwendet.
- Gleichzeitig wird im Normkapitel Auswertung des Geschwindigkeitsdiagramms die Geschwindigkeitsdifferenz ΔV als Massstab zur Bewertung herangezogen.
- Die in der aktuellen Norm abgebildeten Konstruktionsfälle bieten keine ausreichend präzisen Hinweise auf die Verortung der zu beurteilenden Geschwindigkeitsdifferenzen.
- Zudem wurde beobachtet, dass von der reinen Gegenüberstellung von V_{P1} und V_{P2} ohne Konstruktion des Geschwindigkeitsdiagramms vorschnell darauf geschlossen wird, dass dies die zu beurteilende Geschwindigkeitsdifferenz sei.

Die Bereinigung der Definitionen der zwei unterschiedlich verwendeten ‘Geschwindigkeitsdifferenzen’ wurde im vorliegenden Bericht bereits im Kapitel ‘Begriffe’ besprochen.

Die Bereinigung der Definition allein ist jedoch nicht ausreichend. Um einem fehlerhaften Ablesen der Geschwindigkeitsdifferenzen, die sich erst aus der Konstruktion ergeben, entgegenzuwirken, bedarf es im Abschnitt Auswertung zwingend einer unmissverständlichen Darstellung der entsprechenden Angaben.

Wie in folgender Abb. 68 ersichtlich, kann sich zwar eine Geschwindigkeitsdifferenz durchaus auf die Differenz zwischen V_{P1} und V_{P2} beziehen (Beispiele links und rechts), jedoch trifft dies nicht zu, wenn zunächst eine Beschleunigung erfolgt (Beispiel Mitte).

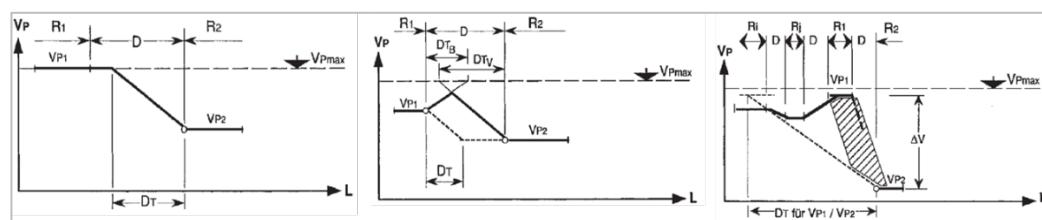


Abb. 68 Ungenügende Verortung ΔV (Beispiele aus VSS-40080b [1])

Die folgenden Tabellen (Tab. 12, Tab. 13, Tab. 14) schlagen eine mögliche Darstellungsform vor. Auf Basis der wesentlichsten Fälle, die sich aus der Konstruktion ergeben können (neu vorgeschlagene Falldarstellungen, siehe Kapitel Konstruktion), werden die Geschwindigkeitsdifferenzen verortet. Die Darstellung veranschaulicht zudem die Auswertung je Fahrtrichtung.

- Aus genannten Gründen wird empfohlen, die bereits bei der Konstruktion gezeigten Fälle auch im Abschnitt Auswertung aufzunehmen. Für die Auswertung sollten alle Fälle mit der Verortung der Geschwindigkeitsdifferenz ergänzt werden.

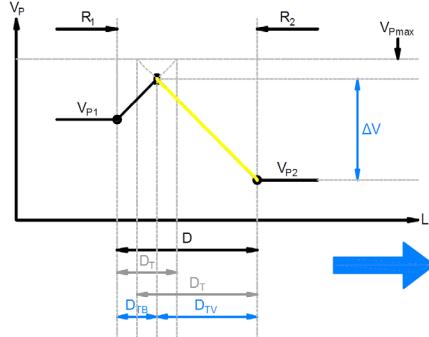
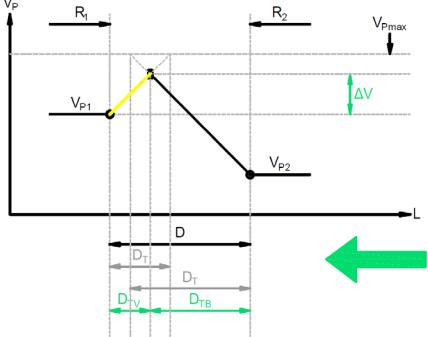
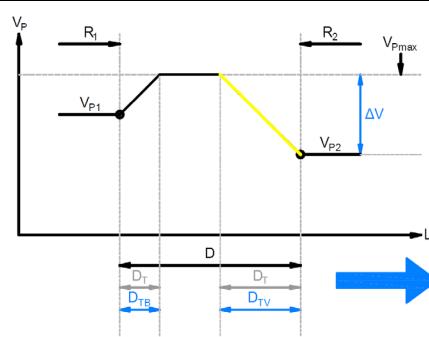
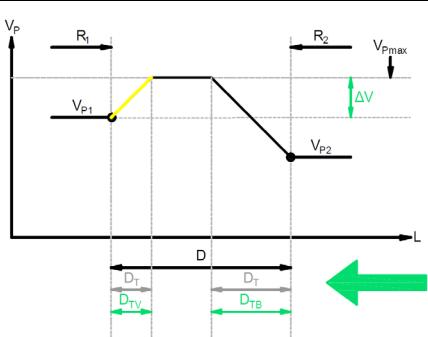
Tab. 12 Verortung ΔV , Gruppe V_{P1} oder $V_{P2} = V_{Pmax}$

Nr. prov (Nr. alt)	Auswertung Fahrtrichtung 	Auswertung Fahrtrichtung
1b (zusätzlich zu alt 1)	<p>$D_T = D$</p>	
2a (2)	<p>$D_T < D$</p>	
3b max (6)	<p>$D_T \geq D$</p> <p>UNGÜNSTIG</p>	
3c max (7)	<p>ZWINGEND vermeiden</p> <p><i>gemäss Modellannahme</i></p>	

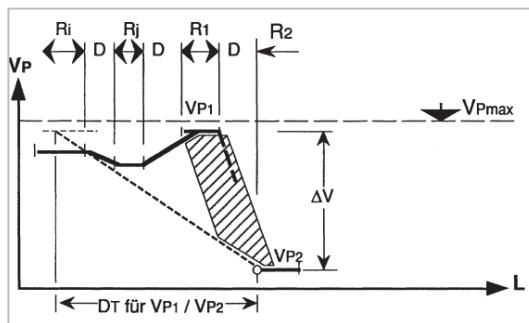
Tab. 13 Verortung ΔV , Gruppe V_{P1} und $V_{P2} < V_{Pmax}$; $D_T \geq D$

Nr. prov (Nr. alt)	Auswertung Fahrtrichtung 	Auswertung Fahrtrichtung
1a (1)		
3a (5) UNGÜNSTIG		
3b (zusätzlich zu alt 6, und angepasst V_{P2}/V_{P3}) UNGÜNSTIG		
3c (7) ZWINGEND vermeiden		

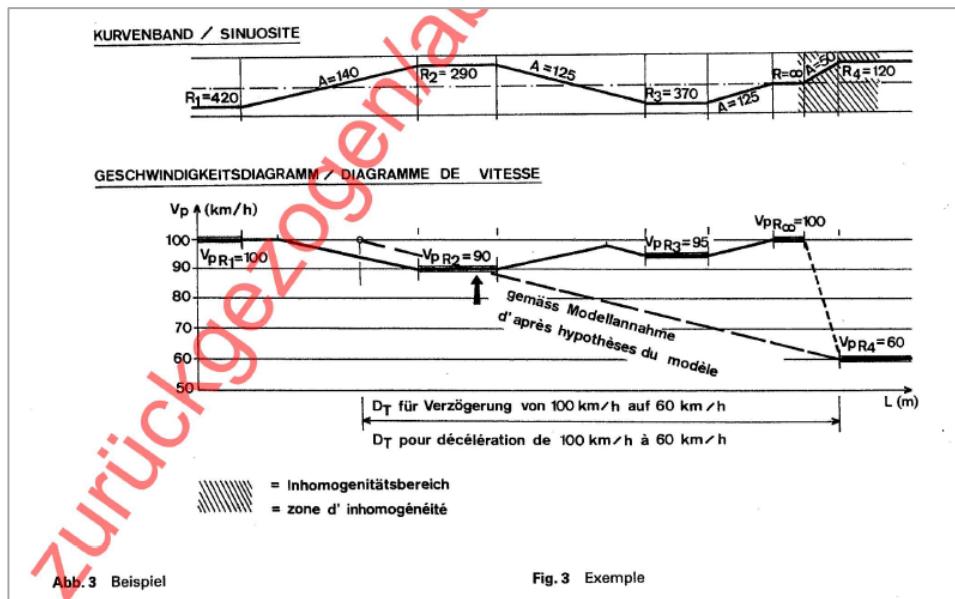
Tab. 14 Verortung ΔV : Gruppe V_{P1} und $V_{P2} < V_{Pmax}$; $D_T < D$

Nr. prov (Nr. alt)	Auswertung Fahrtrichtung →	Auswertung Fahrtrichtung ←
2b (3)		
2c (4)		

Die Darstellung von Gefahrenbereichen erfolgt in der aktuellen Norm VSS-40080b [1] nur beim Konstruktionsfall 7 und in einer Form, die aus Sicht der Anwendenden nicht eindeutig verständlich ist (vgl. Abb. 69). Die dargestellte Situation bezieht sich insbesondere auf den Fall, wenn die Geschwindigkeitsdifferenzen sehr gross sind und zudem die Distanz zum Verzögern deutlich zu kurz ist. Anhand einer Schraffur wird der Gefahrenbereich veranschaulicht. Die Geschwindigkeitsanpassung ist hier nur mit Bremsbetätigung möglich. Diese sollte aber vermieden werden, da sie einer gleichmässigen Fahrweise widerspricht. Starkes Abbremsen kann insbesondere bei hohen Geschwindigkeiten und in Kurven zu gefährlichen Situationen führen.

**Abb. 69 Visualisierung eines Gefahrenbereiches in der aktuellen Norm, Ziffer 10. Konstruktion des Geschwindigkeitsdiagramms [1]**

Als verständlichere Darstellung wird die in der Norm SN-640080a 1981 [85] abgebildete beurteilt (vgl. Abb. 70).

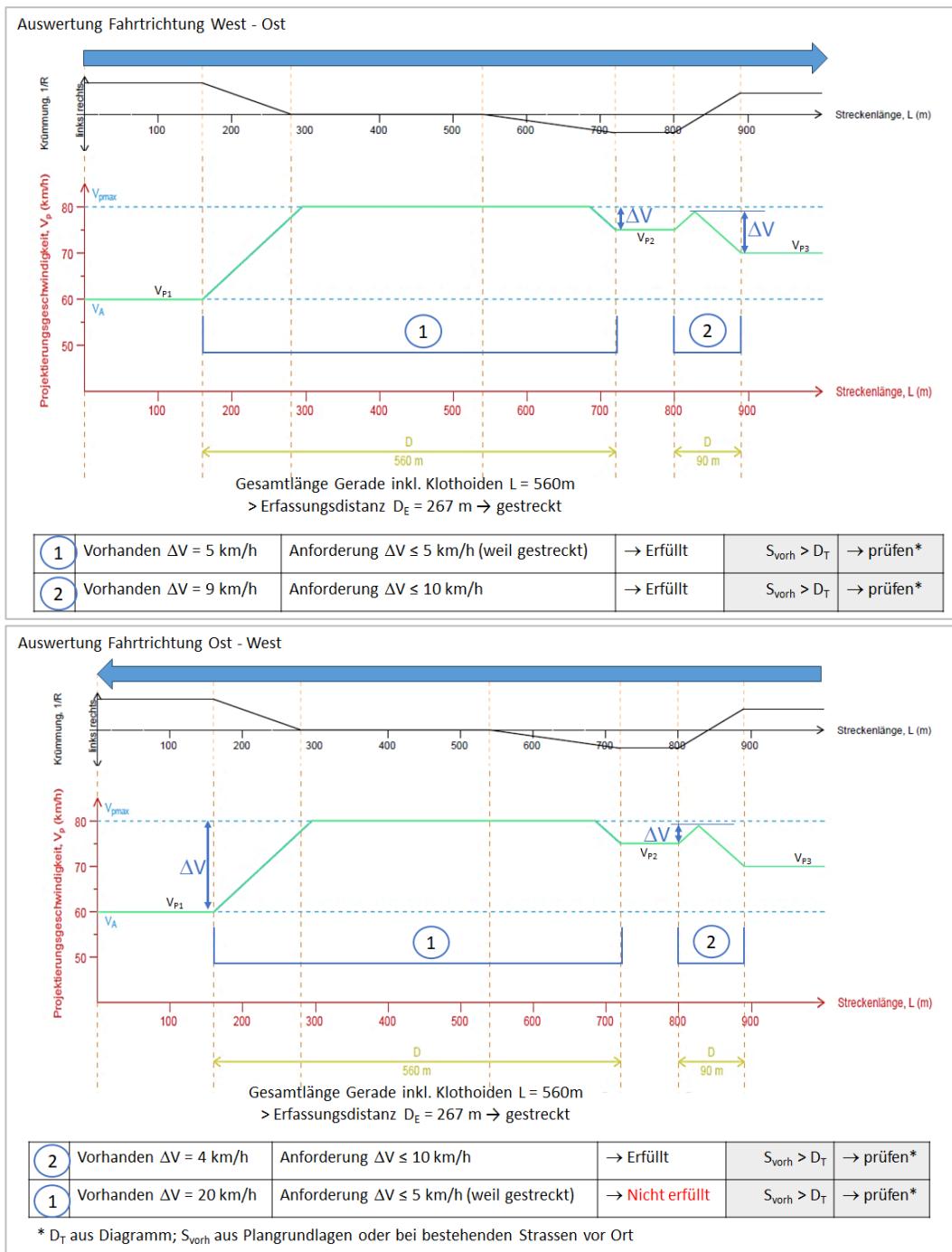
**Abb. 70** Darstellung zur Veranschaulichung von Gefahrenbereichen [85]

Es ist zu überlegen, ob im Anhang der Norm eine ähnliche Darstellung zur Erläuterung ergänzt werden sollte.

11.3.7 Darstellung der wesentlichen Auswertungsergebnisse

Zur Nachvollziehbarkeit der Auswertung wird vorgeschlagen, der Norm einen Auszug aus einem Praxisbeispiel anzuhängen.

Die folgende Abb. 71 zeigt beispielhaft die Prüfung der Bedingungen zur Gewährleistung der Homogenität der Linienführung sowie eine mögliche Darstellung, die ferner die Auswertung in beide Fahrtrichtungen veranschaulicht.

**Abb. 71** Auswertung: Beurteilung der Geschwindigkeitsdifferenzen am Praxisbeispiel

Hinweis: Die Überprüfung der Bedingung $S_{\text{vorh}} > D_T$ erfolgt nicht im Geschwindigkeitsdiagramm.

11.3.8 Darstellung von weiteren Gefahrenbereichen

Im Vordergrund der Auswertung des Geschwindigkeitsdiagramms steht die Überprüfung der Geschwindigkeitsdifferenzen und der erforderlichen Sichtweiten vor den Kurven. Gleichzeitig lassen sich, sowohl bei Einhaltung als auch Nichteinhaltung der maximalen Geschwindigkeitsdifferenzen, allfällige weitere Gefahrstellen erkennen.

Die Überprüfung der Situation, wie der Elementlängen und -folge, sind allerdings nicht Bestandteil der Auswertung des Geschwindigkeitsdiagramms, sondern Bestandteil

separater Entwurfskontrollen. Das Geschwindigkeitsdiagramm dient lediglich als zusätzliche Unterstützung.

So kann das Geschwindigkeitsdiagramm Hinweise auf Gefahrenbereiche liefern, die nicht zwingend im Zusammenhang mit zu hohen Geschwindigkeitsdifferenzen stehen. Das heißt, auch wenn beispielsweise alle Bedingungen eingehalten werden (vorhandene Sichtweiten $S_{\text{vorh}} \geq \text{Übergangslängen } D_T$; maximale Geschwindigkeitsdifferenz ΔV) lassen sich Hinweise zu allfälligen weiteren Gefahrenbereichen identifizieren. Ein Beispiel: Das Geschwindigkeitsmodell geht von einem konstanten Geschwindigkeitsverlauf im Kurvenradius (Kreisbogen) aus. Wenn jedoch Beschleunigungsstrecke D_{TB} und Verzögerungsstrecke D_{TV} im Kurvenradius liegen, wie in Abb. 72 dargestellt, kann der nicht konstante Geschwindigkeitsverlauf im Kurvenradius zu Instabilität führen, insbesondere bei hohen Geschwindigkeiten und nasser Fahrbahn, wodurch sich das Risiko von Unfällen erhöhen kann.

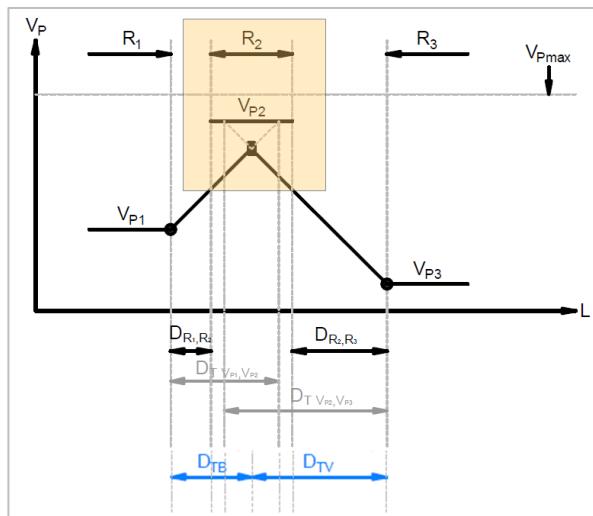


Abb. 72 Gefahrenbereich infolge unsteter Elementfolgen (bei Einhaltung oder Nichteinhaltung maximaler Geschwindigkeitsdifferenzen)

Ferner lässt sich optional mit der Visualisierung im Geschwindigkeitsdiagramm die Einhaltung des Mindestradius prüfen, der durch die Ausbaugeschwindigkeit vorgegeben wird.

- Die Visualisierung möglicher Gefahrenbereiche sollte verständlicher aufbereitet werden und Bestandteil der Norm sein, im Minimum sollte darauf hingewiesen werden.

11.3.9 Verbesserungsmöglichkeiten

Die Auswertung des Geschwindigkeitsdiagramms liefert eine Grundlage zur Identifizierung potenzieller Massnahmen zur Verbesserung der Homogenität der Linienführung.

Die in der hier behandelten Norm, Ziffer 12, beschriebenen Verbesserungsmöglichkeiten (vgl. Abb. 73) erfordern aus Sicht der Forschungsgruppe keine zusätzliche Ergänzung, da sie lediglich Hinweise darstellen und die tatsächliche Situation individuell beurteilt werden muss.

12. Verbesserungsmöglichkeiten	12. Possibilités d'amélioration
<p>Ergeben sich Konflikte mit den genannten Bedingungen, so ist vorerst zu prüfen, wieweit sie mit vertretbaren Mitteln durch Projektänderungen eliminiert werden können. Folgende Möglichkeiten sind zu prüfen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reduzierung der Geschwindigkeitsdifferenz zwischen zwei Kurven durch Verkleinerung der Radiendifferenz; - Anpassung der Länge der Geraden, Kreis- und Übergangsbogen unter Einhaltung der Richtwerte in der Norm [2]. - Verbesserung der Sichtverhältnisse durch Anordnung von Sichtbermen oder durch Vergrößerung vertikaler Ausrundungsradien. <p>Ist es trotzdem nicht möglich, die Bedingungen einzuhalten, so sind Signalisierungs- und Markierungsmassnahmen zu prüfen. Im Beispiel des in Abbildung 3 dargestellten Falles Nr. 7 wären diese Massnahmen am Ende des Kreisbogens R, anzuordnen.</p>	<p>S'il y a des divergences avec les conditions exposées ci-dessus, on examinera en premier lieu dans quelle mesure elles peuvent être éliminées de manière acceptable par une modification du projet. On envisagera les possibilités suivantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - diminuer la différence de vitesse entre deux courbes en réduisant la différence entre les rayons; - adapter les longueurs des alignements, des arcs de cercle et des courbes de raccordement, en tenant compte des valeurs indicatives de la norme [2]. - améliorer les conditions de visibilité en créant des bermes de visibilité ou en augmentant les rayons des raccordements verticaux. <p>Si malgré ces mesures les conditions ne peuvent pas être respectées, on envisagera une signalisation horizontale et verticale adéquate. Dans l'exemple du cas no 7 de la figure 3, ces mesures devraient être appliquées à la fin de l'arc de cercle R,</p>

Abb. 73 Verbesserungsmöglichkeiten, Auszug aus [1]

Die in der Norm angegebenen zu prüfenden Möglichkeiten umfassen unter anderem Signalisationsmassnahmen. Diesbezüglich sollte geprüft werden, ob ein Hinweis zur Signalisation einer örtlich herabgesetzten Höchstgeschwindigkeit angebracht werden sollte, wie in PIARC [11] festgehalten: die Geschwindigkeit, bei der ein Schleudern auftreten kann, sollte stets deutlich höher sein als die signalisierte Höchstgeschwindigkeit (nicht zu verwechseln mit der generellen Höchstgeschwindigkeit). Das bedeutet, dass in diesem Fall die signalisierte Geschwindigkeit gemäss Modell gefahren werden müssen.

► Es wird empfohlen, die in der bestehenden Norm enthaltenen Empfehlungen zu den Verbesserungsmöglichkeiten beizubehalten. Als Ergänzung sollten die oben erwähnten Hinweise angebracht werden.

12 Empfehlung für eine künftige inhaltliche Gliederung der Norminhalte

► Auf Basis der Ergebnisse aus der Erarbeitung der Grundlagen zur Revision der Norm VSS-40080b [1] wird empfohlen, bei der Überarbeitung der Norm die Tab. 15 vorgeschlagene Kapitelstruktur zu berücksichtigen. Zum Vergleich ist die bisherige Struktur aus Tab. 16 ersichtlich.

Tab. 15 Empfohlene Struktur für die Revision der Norm VSS-40080b

Vorschlag NEU
A. Allgemeines
1. Geltungsbereich
2. Gegenstand
3. Zweck
B. Begriffe
4. Ausbaugeschwindigkeit V_A
5. Projektierungsgeschwindigkeit V_P
6. Geschwindigkeit V_{85}
7. Höchstgeschwindigkeit V_{zul}
8. Homogenität der Linienführung
9. Geschwindigkeitsmodell / -diagramm (Verlauf von V_P in Abhängigkeit von der Streckencharakteristik)
10. Geschwindigkeitsdifferenz ΔV
11. Erfassungsdistanz D_E
12. Übergangslänge D_T und Beschleunigungs-/Verzögerungsstrecke D_{TB} / D_{TV}
C. Geschwindigkeit als Projektierungselement
13. Überblick Inhalte der Norm und Zusammenhänge
14. Übersicht Verwendung Norminhalte in weiteren Normen (optional)
D. Ausbaugeschwindigkeit V_A
15. Bedeutung von Ausbaugeschwindigkeit und Ausbaugrad
16. Unterschied Ausbaugeschwindigkeit und Höchstgeschwindigkeit
17. Wahl der Ausbaugeschwindigkeit
17.1 Grundlagen zur Wahl der Ausbaugeschwindigkeit
17.2 Richtwerte (Bereiche) zur Wahl der Ausbaugeschwindigkeit
17.3 Bedeutung einer konstanten Ausbaugeschwindigkeit für einen gleichmässigen Ausbaugrad
17.4 Örtliche Abweichungen
E. Projektierungsgeschwindigkeit V_P
18. Projektierungsgeschwindigkeit V_P
18.1 Berechnungsmodell, Grundlagen und Annahmen
18.2 Werte der Projektierungsgeschwindigkeit in Kurven
D. Geschwindigkeitsmodell (Verlauf von V_P in Abhängigkeit von der Streckencharakteristik)
19. Geschwindigkeitsmodell, Grundlagen und Annahmen
20. Geschwindigkeitsdiagramm
20.1 Konstruktion des Geschwindigkeitsdiagramms

-
- 20.1.1 Konstruktionsanleitung
 - 20.1.2 Häufige Fälle, die sich aus der Konstruktion des Geschwindigkeitsdiagramms ergeben können
 - 20.2 Auswertung des Geschwindigkeitsdiagramms
 - 20.2.1 Bedingungen zur Gewährleistung der Homogenität der Linienführung
 - 20.2.2 Verbesserungsmöglichkeiten
-

Tab. 16 Bestehende Struktur der Norm VSS-40080b

A. Allgemeines

1. Geltungsbereich

2. Gegenstand

3. Begriffe

B. Ausbaugeschwindigkeit

4. Wahl der Ausbaugeschwindigkeit

C. Projektierungsgeschwindigkeit

5. Grundlagen und Annahmen

6. Werte der Projektierungsgeschwindigkeit

D. Geschwindigkeitsdiagramm

7. Zweck

8. Annahmen

9. Übergangslänge und Erfassungsdistanz

10. Konstruktion des Geschwindigkeitsdiagramms

E. Auswertung des Geschwindigkeitsdiagramms

11 Bedingungen für die Projektierung

12. Verbesserungsmöglichkeiten

13 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

13.1 Schlussfolgerungen

Das Ziel der Forschung bestand darin, die Norm VSS-40080b [1] auf ihre Aktualität sowie ihre Anwendung und Handhabung hin zu überprüfen und dabei allfälligen Handlungsbedarf zu identifizieren. Auf Grundlage dieser Analyse sollte die Frage geklärt werden, ob ein vollständiger Ersatz der Norm erforderlich ist oder ob eine Revision ausreichend ist. Weiterführend sollten entweder die Grundlagen für einen Normersatz oder die Grundlagen für eine Revision erarbeitet werden. Das Forschungsprojekt konzentrierte sich explizit auf Ausserortsstrassen, insbesondere auf Hauptverkehrs- und Verbindungsstrassen. Hochleistungsstrassen waren nicht Gegenstand der Forschung.

Im Zuge des Forschungsprojekts konnten die folgenden Erkenntnisse gewonnen werden:

Die Bedeutung der Homogenität der Linienführung ist unbestritten.

Die Auswertung der Literatur sowie verschiedene internationale Entwurfsrichtlinien bestätigen deutlich, dass Inhomogenitäten der horizontalen Linienführung von Ausserortsstrassen erhebliche Sicherheitsdefizite darstellen. Diese Defizite resultieren insbesondere aus den daraus resultierenden Geschwindigkeitsschwankungen. Abrupte und unerwartete Änderungen in der Linienführung sind klar als Risikofaktor identifiziert und sollten daher vermieden werden. Innerhalb des komplexen Systems von Einflussfaktoren auf die Geschwindigkeit kommt der Homogenität der horizontalen Linienführung eine entscheidende Bedeutung zu, um gefährliche Geschwindigkeitsschwankungen und somit potenzielle Unfälle auf Ausserortsstrassen zu vermeiden.

Diese Grundsätze stehen im Einklang mit den schweizerischen Richtlinien, die ebenfalls die Bedeutung einer homogenen Linienführung unterstreichen.

Die Zweckmässigkeit des Schweizer Geschwindigkeitsmodells bestätigt sich.

Ferner wird in der Literatur die grundlegende Bedeutung eines Entwurfskonzepts hervorgehoben, welches zwei auf zentralen Prinzipien basiert:

- Erstens wird ein angemessener Ausbaugrad für den Strassenzug gefordert, der durch zahlreiche Faktoren wie Leistungsfähigkeit, Strassentyp, topografische Bedingungen sowie Wirtschaftlichkeit definiert wird.
- Zweitens ist ein ausgewogenes Verhältnis der Elemente der Linienführung unerlässlich, um homogene und vorhersehbare Fahrbedingungen sicherzustellen.

Die durchgeführte Literaturrecherche und die ergänzenden Interviews zeigen, dass die Richtlinien je nach Land zwar variieren, jedoch werden diese beiden Grundprinzipien überwiegend anerkannt.

Die Norm VSS-40080b, die die Geschwindigkeit als zentrales Projektierungselement betrachtet, erweist sich, nach wie vor, als grundsätzlich geeignet für die Entwurfspraxis. Die Norm berücksichtigt sowohl die Forderung nach einem angemessenen Ausbaugrad als auch die Anforderungen für ein ausgewogenes Verhältnis der Linienführungselemente untereinander, um eine homogene und sichere Verkehrsführung zu gewährleisten.

Handlungsbedarf hinsichtlich Anwendung und Handhabung der Norm

Des Weiteren verdeutlichen die Ergebnisse der Forschungsarbeit einen klaren Handlungsbedarf in Bezug auf die Anwendung und Handhabung der Norm. Besonders häufig kommt es zu Missverständnissen im Umgang mit den Geschwindigkeitsbegriffen, was zur ungenauen oder falschen Anwendung führt. Zudem wird das Geschwindigkeitsdiagramm, welches dazu dient, gefährliche Geschwindigkeitsdifferenzen

beziehungsweise Geschwindigkeitsübergänge als Folge von Unstetigkeiten in der Trassierung frühzeitig zu erkennen, nicht so häufig eingesetzt, wie es sachdienlich wäre.

Als Ursachen hierfür wurden mehrere Faktoren identifiziert, darunter Unstimmigkeiten sowohl in der einschlägigen Fachliteratur als auch in der Norm selbst. Insbesondere mangelt es an präzisen Anleitungen zur Konstruktion und Auswertung des Geschwindigkeitsdiagramms, was dessen praktische Anwendung erheblich erschwert. Zudem zeigt die Untersuchung, dass das erforderliche Wissen zu dieser speziellen Thematik häufig insbesondere bei Personen fehlt, die sich nur selten damit auseinandersetzen, was die Wahrscheinlichkeit von Fehlanwendungen weiter erhöht.

Empfehlung für eine Revision der Norm statt Ersatz

Die Analyse zur Aktualität der Norm VSS-40080b sowie deren Anwendung und Handhabung in der Praxis hat die Frage geklärt, ob ein vollständiger Ersatz der Norm – also ein neues Verfahren oder ein neuer Ansatz – erforderlich ist oder ob eine Überarbeitung der bestehenden Norm ausreicht. Die Forschungsarbeit zeigt, dass ein vollständiger Ersatz nicht nötig ist, jedoch wird eine dringende Revision der bestehenden Inhalte empfohlen. Ziel dieser Überarbeitung muss sein, sowohl die Verständlichkeit als auch die Benutzerfreundlichkeit zu verbessern. Dadurch soll die Anwendung der Norm gefördert und gleichzeitig ihre korrekte Umsetzung in der Praxis sichergestellt werden.

Erarbeitung von Grundlagen und Empfehlungen zur Revision

In der Folge wurden präzise Grundlagen für eine notwendige Überarbeitung der Norm VSS-40080b entwickelt und Empfehlungen zu deren Implementierung gegeben. Diese Grundlagen werden im Forschungsbericht in den Kapiteln 7 bis 12 detailliert beschrieben. Die wichtigsten Aspekte dabei sind:

Allgemeine Angaben und Begriffsdefinitionen (Kapitel 7):

Als wesentlicher Aspekt hat sich herauskristallisiert, dass der Geltungsbereich dieser Norm deutlich hervorgehoben werden muss, um eine eindeutige und korrekte Anwendung der Norm zu gewährleisten. Darüber hinaus ist eine klare und eindeutige Verwendung zentraler Begriffe entscheidend, um Fehlinterpretationen zu vermeiden und eine konsistente Anwendung in jedem Kontext sicherzustellen. Daher sollte insbesondere der Abschnitt zu den Begriffen gegenüber heute erweitert, die Begriffe präziser definiert und mit den zu überarbeitenden, weiterführenden Inhalten in der Norm besser abgestimmt werden. Die Arbeit schlägt entsprechende Formulierungen vor.

Gesamtübersicht: Inhalte und Zusammenhänge (Kapitel 8):

Aus der Forschungsarbeit resultiert die Entwicklung einer Gesamtübersicht, welche die zwei Geschwindigkeitsbegriffe und das Geschwindigkeitsmodell, ihre Zusammenhänge und Anwendung veranschaulicht.

Ferner lässt sich schlussfolgern, dass es hilfreich wäre, eine weitere Übersicht anzubieten, wo Anknüpfungspunkte zu weiteren Normen bestehen. Dies scheint sinnvoll, da das VSS-Normenwerk aus zahlreichen Einzelnormen besteht und Ausbau- und Projektierungsgeschwindigkeit als Grundlage in weiteren Normen im VSS-Normenwerk herangezogen werden. Die Arbeit unterbreitet ebenfalls einen Vorschlag für die Verknüpfungsübersicht.

Vertiefte Ausweinadersetzung mit den Geschwindigkeitsbegriffen Ausbaugeschwindigkeit und Projektierungsgeschwindigkeit (Kapitel 9 und 10):

Bei der Bearbeitung des Forschungsthemas wurde deutlich, dass in der Norm eine vertiefte Auseinandersetzung mit den beiden Geschwindigkeitsbegriffen Ausbau- und Projektierungsgeschwindigkeit erforderlich ist. Die Forschungsarbeit liefert die entsprechenden Grundlagen dazu. Im Hinblick auf die Ausbaugeschwindigkeit sind dabei

mehrere Aspekte von besonderer Bedeutung. Dazu gehört die Betonung der Rolle der Ausbaugeschwindigkeit und des Ausbaugrades, die klare Unterscheidung zwischen Ausbaugeschwindigkeit und zulässiger Höchstgeschwindigkeit sowie eine umfassendere Erläuterung der Kriterien für die Wahl der Ausbaugeschwindigkeit. Um das Verständnis der Projektierungsgeschwindigkeit zu verbessern, sind Erläuterungen zum Berechnungsmodell hilfreich, konkret zu den Grundlagen und Annahmen, sowie Präzisierungen zum Anwendungsbereich der Werte der Projektierungsgeschwindigkeit inklusive Abgrenzung zum Verlauf der Projektierungsgeschwindigkeit in Funktion der Streckencharakteristik.

Klarstellungen und Erläuterungen zum Geschwindigkeitsmodell und dessen Umsetzung im Geschwindigkeitsdiagramm (Kapitel 11):

Derzeit existiert in der Norm kein eigenständiges Kapitel zum Geschwindigkeitsmodell. Zwar sind die Modellannahmen unter der Überschrift Geschwindigkeitsdiagramm aufgeführt, jedoch reichen diese Informationen nicht aus, um Geschwindigkeitsmodell vollständig zu verstehen und dessen Sinn und Zweck zu erfassen. Ein fundiertes Verständnis des Modells ist jedoch von zentraler Bedeutung, insbesondere für die korrekte Konstruktion und Auswertung des Geschwindigkeitsdiagramms. Aus diesem Grund muss darauf Wert gelegt werden, die wesentlichen Informationen ausführlicher und klarer in die Norm zu integrieren.

Darüber hinaus werden konkrete Vorschläge gemacht, um die Konstruktionsregeln sowie der Bedingungen zur Auswertung des Geschwindigkeitsdiagramms verständlicher zu vermitteln. Besonders hervorzuheben sind dabei:

- die Entwicklung einer detaillierten Anleitung zur Konstruktion des Geschwindigkeitsdiagramms, bestehend aus Flussdiagramm und Praxisbeispiel,
- die Entwicklung eines Excel-Tools als praktisches Werkzeug zur semi-automatisierten Erstellung des Geschwindigkeitsdiagramms, die Klärung und Präzisierung der Bedingungen zur Gewährleistung einer homogenen Linienführung,
- die visuelle Darstellung der Verortung der zu beurteilenden Geschwindigkeitsdifferenzen und eine Darstellung der wesentlichen Auswertungsergebnisse.

Aufbau der Norm (Kapitel 12):

Die vorangegangenen Kapitel liefern die inhaltlichen Grundlagen für die Revision der Norm. Auf Basis dieser Inhalte liess ich eine neue Gliederung ableiten, die nicht nur den strukturellen Aufbau der Norm abbildet, sondern auch die inhaltlichen Zusammenhänge widerspiegelt. Diese Gliederung dient als Leitfaden für die Neustrukturierung der Norm und gewährleistet, dass die einzelnen Themenbereiche logisch miteinander verknüpft sind und die praktische Anwendung in der Planung und Umsetzung erleichtert wird.

Fazit

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die vorliegende Forschung die Zweckmässigkeit der Norm VSS-40080b bestätigt. Die Umsetzung der im Bericht aufgeführten Empfehlungen werden die Anwendung dieser bewährten Norm erheblich fördern und dadurch wesentlich zur Verbesserung der Verkehrssicherheit auf Strassen ausserhalb besiedelter Gebiete bei.

13.2 Empfehlungen

Normierung

Basierend auf den gewonnenen Erkenntnissen wird empfohlen, diese nun konsequent in der Normierung umzusetzen. Die Forschungsergebnisse zeigen klar auf, dass die Norm VSS-40080b weiterhin eine geeignete Grundlage bietet, jedoch in mehreren Bereichen

überarbeitet und verbessert werden muss. Besonders die Vereinfachung der Begriffsdefinitionen, die klare Darstellung des Geschwindigkeitsmodells und die Förderung der praktischen Anwendung des Geschwindigkeitsdiagramms sind wesentliche Punkte, die in einer Revision der Norm berücksichtigt werden sollten.

Eine zeitnahe Umsetzung dieser Empfehlungen trägt dazu bei, die Anwendbarkeit der Norm und ihre Wirksamkeit in der Praxis zu verbessern und die Verkehrssicherheit auf Ausserortsstrassen weiter zu erhöhen. Die Verbesserungen in der Anwendung und in der Handhabung kommen zudem allen Strassen, die nach fahrdynamischen Grundsätzen trassiert sind/werden, zugute, das heisst auch Hochleistungsstrassen.

Es ist ferner notwendig, weitere Normen als auch Richtlinien und Handbücher, in denen die Geschwindigkeitsbegriffe oder das Geschwindigkeitsdiagramm zur Anwendung kommen, auf ihre korrekte Anwendung hin zu überprüfen.

Forschung

Angesichts der raschen Entwicklung neuer Fahrzeugtypen und Technologien wird empfohlen, zusätzliche Untersuchungen durchzuführen, um die Grundlagen und Annahmen des aktuellen Geschwindigkeitsmodells zu überprüfen und gegebenenfalls anzupassen. Insbesondere die Verzögerungswerte sollten evaluiert werden, um sicherzustellen, dass das Modell auch künftig realitätsnah bleibt.

Darüber hinaus sollten Automatisierung und Digitalisierung des Geschwindigkeitsdiagramms weiter vorangetrieben werden. Eine vollständig digitale Lösung würde die Erstellung, Analyse und Anwendung des Geschwindigkeitsdiagramms vereinfachen und beschleunigen, was zu einer breiteren Nutzung in der Praxis führen würde. Durch digitale Tools könnten zudem potenzielle Fehlerquellen minimiert und die Effizienz erhöht werden. Solche Entwicklungen bieten auch die Möglichkeit, die Norm kontinuierlich an neue technologische Rahmenbedingungen anzupassen und weiter zu optimieren.

Sensibilisierung

Der Forschungsbericht leistet bereits einen wesentlichen Beitrag zur Sensibilisierung und Verbesserung des Verständnisses, noch bevor die Norm offiziell revidiert wird. Durch die detaillierte Analyse der aktuellen Norm, die Identifizierung von Schwachstellen sowie die Erarbeitung von Empfehlungen zur Optimierung trägt der Bericht dazu bei, das Bewusstsein für die Bedeutung der korrekten Anwendung der Norm und ihrer Begriffe zu schärfen.

Zudem kann der Forschungsbericht als Grundlage für Aus- und Weiterbildungsprogramme dienen, um Fachleute bereits vor der Normrevision mit den optimierten Inhalten vertraut zu machen. Schulungen in diesem Bereich tragen zur langfristigen Verbesserung der Planungs- und Entwurfsqualität bei und sollten dringend gefördert werden.

Anhänge

I	Projektierung, Kontrollen	158
I.1	Wesentliche Entwurfskontrollen	158
II	Geschwindigkeitsbegriffe (Auswahl Schweiz und internationale Literatur).....	159
III	Befragungen (Fragebogen)	161
III.1	Bund, Kantone und Planungs- und Ingenieurbüros	161
III.2	Hochschulen.....	167
IV	Kompakte Übersicht: Überarbeitete und ergänzte Begriffsdefinitionen der Norm 171	
V	Erhebung von Strassengeometriedaten.....	173
VI	Geschwindigkeitsdiagramm: Konstruktionsanleitung einfaches Praxisbeispiel ..	174
VI.1	Empfohlene Schritt-für-Schritt Konstruktionsanleitung	174
VI.2	Alternative Darstellung	177
VII	Geschwindigkeitsdifferenzen 1981 und 1991.....	179
VIII	Übersicht mit Bezug zum VSS-Normenwerk.....	180

Projektierung, Kontrollen

I.1 Wesentliche Entwurfskontrollen

Unterlage	Prüfteil	Prüfaspekte
Situation	Elementfolge	<ul style="list-style-type: none"> - $R \geq R_{\min}$ - Verhältnisse Kreisradius / Parameter Übergangsbogen - Bogenlängen - Geradenlängen / Bogenlängen - Überschneidungen bei Übergangsbogen - Verzicht auf Übergangsbogen bei $R > R_G$
Längenprofil	Neigungen Ausrundungen Elementfolge	<ul style="list-style-type: none"> - extreme Steigung / Gefälle - evtl. Zusatzstreifen (Platz) - Sicht bei Kunstbauten (Radien R_V) - Pfeilhöhen bei Kunstbauten - Überschneidung (Überlappung) von Ausrundungskreisen
Geschwindigkeitsdiagramm	Homogenität von V_P	<p>für beide Richtungen separat:</p> <ul style="list-style-type: none"> - $\Delta V \leq 5/10/20 \text{ km/h}$, je nach Fall (vgl. 11.4.3.) - $S_{\text{vorh}} > D_T$ *) - $D_T < D_E$ - $S_{\text{vorh}} > D_E$ *) - Zufahrten zu Knoten
Querprofile	örtliche Lage	<ul style="list-style-type: none"> - Quergefälle - zulässige Damm- / Einschnitthöhe (Stabilität / Böschungsneigung) - Achslage - lichte Höhe / Konstruktionshöhe - minimale Abstände von Häusern - Stützmauerlagen (Sicht) - Immissionsschutzmassnahmen
Sichtweiten	Sichtverhältnisse	<ul style="list-style-type: none"> - notwendige Sichtweite S_A, gegebenfalls auch S_U, in $f(V_P) \leq S_{\text{vorh}}$ - Sichtbermen in Kurven / Sichtfelder in Knoten
Räumliche Linienführung	Elementkombination	<ul style="list-style-type: none"> - optische Anforderungen - Perspektiven - Fahrbahnräder / Anramungen - Fallliniengefälle - gegenseitige Lage der Wendepunkte von HLFR und VLFR

*) genaue Berechnung nur bei vorhandenen Straßen möglich

Abb. 1 Wesentliche Entwurfskontrollen [2]

II Geschwindigkeitsbegriffe (Auswahl Schweiz und internationale Literatur)

Die folgende Tabelle stellt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Tab. 1 Geschwindigkeitsbegriffe in der Norm 40080b und der internationalen Literatur

Begriff Quelle	Begriffsdefinition
Ausbaugeschwindigkeit V_A VSS-40080b, (2019, genehmigt 1991) [1]	«Die Ausbaugeschwindigkeit V_A ist im Sinne einer Projektierungsvorgabe jener Minimalwert der Projektierungsgeschwindigkeit, der auf einem ganzen Strassenzug nicht unterschritten werden sollte. Die Ausbaugeschwindigkeit dient zur Festlegung der extremen Projektierungselemente wie minimalem Kurvenradius und maximaler Längsneigung eines Strassenzuges sowie zur Bestimmung eines geeigneten geometrischen Normalprofils. Sie ist somit ein Mass für den Ausbaugrad der Strasse.»
Ausbaugeschwindigkeit V_A Spacek [2]	Entwurfsgrösse für die Festlegung des Ausbaugrades
Design Speed (V_P) World Road Assosiation PIARC TC C.2 [114]	“In general, it is the theoretical speed considered during the design procedure, based on road function and physical constraints. The definitions in detail varies and depends in the national standards for road design. It is largely used to assign a Design Speed to each type of road (masterplan, national plan and standards, hierarchy and classification, etc); as a consequence each road type will be build only considering the appropriate range of geometrical features.”
Design Speed (Kroatien) Cvitanic [16]	“Design speed is the maximum speed for which safety is guaranteed along the entire road section.”
Entwurfsgeschwindigkeit (v_e) FIS [117]	«Die Entwurfsgeschwindigkeit v_e ist beim Entwurf von Verkehrswegen ein Richtwert, der zur bautechnischen Bemessung der Wegführung bestimmt wird. Die Entwurfsgeschwindigkeit beeinflusst verschiedene Parameter wie zum Beispiel Kurvenmindestradius, Längs- und Querneigung, Höchstlänge von Geraden, Klothoidenparameter und Kuppen- und Wannenmindesthalbmasser.»
Planungsgeschwindigkeit FGSV RAL 2012 [35]	«Den Landstraßen einer Entwurfsklasse ist mit dem Ziel einer standardisierten Ausbildung eine Planungsgeschwindigkeit zugeordnet, die sich an der Netzfunktion orientiert. Diese bestimmt die fahrdynamisch begründeten Grenzwerte einzelner Entwurfsparameter. Die Planungsgeschwindigkeit ist nicht identisch mit der zulässigen Höchstgeschwindigkeit nach der Straßenverkehrs-Ordnung.»
Planungsgeschwindigkeit Hartkopf [109]	«Planungsgeschwindigkeit: Landstrassen sollen gleichmäßig mit einer für die jeweilige Netzfunktion angemessenen Geschwindigkeit befahren werden. Zu diesem Zweck wird den Landstraßen einer EKL eine feste Planungsgeschwindigkeit zugeordnet.»
Entwurfseingangsgeschwindigkeit V_E FSV [21]	«Entwurfseingangsgeschwindigkeit: jene Geschwindigkeit, für welche die Linienführung eines längeren Straßenabschnitts zumindest auszulegen ist (RVS 03.03.23).»
Entwurfseingangsgeschwindigkeit V_E Schmidl [119]	(Entwurfsgeschwindigkeit) «Somit gibt sie Grenzwerte für folgende Parameter vor: die minimalen Bogenradien und die maximalen Längsneigungen. Die Wahl der Entwurfsgeschwindigkeit erfolgt nach einer räumlich-verkehrlichen Straßenklassifizierung. So ist bei Straßen mit größerer Verkehrsbedeutung eine höhere Entwurfsgeschwindigkeit vorzusehen als bei Straßenzügen mit niedriger Verkehrsbedeutung.»
Projektierungsgeschwindigkeit V_P VSS-40080b, (2019, genehmigt 1991) [1]	Die Projektierungsgeschwindigkeit V_P ist die höchste Geschwindigkeit, mit der eine Stelle der Strasse entsprechend dem angenommenen Berechnungsmodell mit genügender Sicherheit befahren werden kann. Der Verlauf der Projektierungsgeschwindigkeit ist massgebend für die Homogenität der Linienführung und somit indirekt für die Verkehrssicherheit eines Strassenzuges. Die Projektierungsgeschwindigkeit dient zur Festlegung der notwendigen Sichtweiten, der minimalen vertikalen Ausrundungen sowie zur Beurteilung des Quergefälles.

Begriff Quelle	Begriffsdefinition
Projektierungsgeschwindigkeit V_p , Spacek [2]	Entwurfsgröße für die Linienführung und für die Bemessung weiterer Projektierungselemente
Projektierungsgeschwindigkeit V_p FSV [21]	Projektierungsgeschwindigkeit: jene Geschwindigkeit, die sich als Planungsgröße in Abhängigkeit von Kreisbogenradius und Geradenlänge sowie der erlaubten Höchstgeschwindigkeit ergibt (RVS 03.03.23)
Project Speed (Kroatien) Cvitanic [16]	"Project speed is the maximum expected speed in free flow conditions that can be achieved with sufficient safety on a particular part of the road segment depending on its horizontal and vertical characteristics."
Operating Speed (VO or V85) World Road Assossiation PIARC TC C.2 [114]	Actual operating speed (VO) is the speed at which vehicles operate on the road. It is commonly referring to the 85th percentile speed (V85). More specifically, 85th percentile speed is the punctual speed at, or below which, the 85% of users drive under free-flowing conditions.
Expected or Desired Speed (V_e) World Road Assossiation PIARC TC C.2 [114]	This is the individual speed that drivers think that can be adopted in the road segment they are approaching to, that generally tends to the speed that they hold on the less constrained elements (i.e. straight segments and large radius horizontal curves of a reasonably uniform section in free flowing conditions) and is heavily influenced by the last road segment they have travelled (see HF Rule 3, (PIARC, 2016)) as well as by traffic, roadside environment, landscape, road function and speed limits.
Safe Speed (V_s) World Road Assossiation PIARC TC C.2 [114]	It is a target speed that can be considered 'safe' for a specific driver that travel a specific road segment under specific conditions. It is the speed at which the driver should use the road to reach its destination with acceptable risk of injury. This means that a safe speed is a speed less than the maximum at which the operator can take proper and effective action to avoid collision and stop within a distance appropriate to the prevailing circumstances and conditions. As a consequence, the Safe Speed can be considered the value corresponding to that maximum. The Safe Speed mainly depends on road geometrical and physical features, traffic conditions and weather conditions. The Safe Speed for a road considers the safety risks present, including the likelihood of a crash and severity of the crash (a road with many hazards would have a low safe speed) and a complex road that has a high chance of user error or mistake, would have a low 'safe speed'; on the opposite, a simple road or road with high quality infrastructure would have a high 'safe speed').
Sicherheitsgeschwindigkeit V_s Dumont [115]	«Die Sicherheitsgeschwindigkeit V_s ist die Geschwindigkeit, die theoretisch durch ein Fahrzeug erreicht wird, dessen Lenker rein aufgrund der subjektiven Einschätzung der örtlichen Verhältnisse verkehrt. Sie wird analog zur Projektierungsgeschwindigkeit V_p bestimmt, aber ohne durch die legale Höchstgeschwindigkeit begrenzt zu sein. Es wird aber davon ausgegangen, dass die Lenkenden die legale Höchstgeschwindigkeit nicht massiv überschreiten. Die Sicherheitsgeschwindigkeit V_s ermöglicht die Analyse der Homogenität der Linienführung und der allenfalls zu korrigierenden Stellen.»
Generelle Höchstgeschwindigkeit VRV Art. 4 [118]	Höchstgeschwindigkeiten Die allgemeine Höchstgeschwindigkeit für Fahrzeuge beträgt unter günstigen Strassen-, Verkehrs- und Sichtverhältnissen: a. 50 km/h in Ortschaften b. 80 km/h ausserhalb von Ortschaften, ausgenommen auf Autobahnen c. 100 km/h auf Autostrassen d. 120 km/h auf Autobahnen (...)
Generalised Speed Limit (V_{gl}) World Road Assossiation PIARC TC C.2 [114]	Maximum speed allowed for one, more or all vehicle categories on a road, depending on its classification (i.e. motorways, arterials, collectors, or local roads).
Local Speed Limit (V_l) World Road Assossiation PIARC TC C.2 [114]	Maximum speed allowed for one, more or all vehicle categories on a specific road section. The local speed limit generally derives directly from the safe speed, but can be set also because of other factors (i.e. noise reduction).
Posted Speed Limit World Road Assossiation PIARC TC C.2 [114]	A speed limit that is displayed along the road with signs and other instruments allowing to inform drivers. The posted speed limit can be permanent or variable.

III Befragungen (Fragebogen)

III.1 Bund, Kantone und Planungs- und Ingenieurbüros

Der Fragebogen wurde in deutscher und französischer Sprache verfasst und versandt. Hier wird jedoch nur der einführende Text in beiden Sprachen abgebildet und der Fragebogen auf Deutsch.

The screenshot shows a survey interface. At the top right, there is a language selection bar with 'Français (France)' and a dropdown arrow. Below it is a navigation bar with icons for back, forward, and search. The main title 'Projet, généralités' is centered at the top of the page. Below the title, a subtitle reads 'La vitesse, base de l'étude des projets (VSS40-080b) | routes hors localité'. The page content begins with a greeting: 'Mesdames et Messieurs, chers collègues'. It explains the purpose of the survey: 'Dans le cadre d'un projet de recherche de l'OFROU, notre équipe de recherche examine l'actualité et l'utilisation de la norme VSS40-080B "Projet, généralités : La vitesse, base de l'étude des projets" (adoptée en 1991).'. It states the objective: 'L'objectif de cette enquête est de connaître vos expériences concernant l'application de la norme, notamment en ce qui concerne les notions de vitesse et l'application du modèle de vitesse sur les routes hors localité.' It asks respondents to take time: 'Nous vous serions très reconnaissants de prendre un peu de temps pour participer à l'enquête. Remplir le questionnaire ne prend qu'environ **10 minutes**.' It encourages participation: 'Vos réponses nous fourniront des informations importantes pour le succès de la recherche. Nous attendons volontiers vos réponses **avant le 17 janvier 2022**.' It assures confidentiality: 'A la fin du questionnaire, vous trouverez un champ de texte libre pour des remarques générales qui ne s'inscrivent pas dans la structure du formulaire. Toutes les réponses seront traitées de manière anonyme et confidentielle.' It expresses gratitude: 'Nous vous remercions d'avance pour votre précieux soutien !'. At the bottom left is a 'Suivant' button, and at the bottom right is a page navigation bar showing 'Page 1 sur 8'.

Projektierung, Grundlagen

Geschwindigkeit als Projektierungselement (VSS40-080b) | Ausserortsstrassen

* Erforderlich

Sehr geehrte Damen und Herren, liebe Kolleginnen und Kollegen

In einem Forschungsprojekt des ASTRA untersucht unser Forschungsteam die Aktualität und Handhabung der Norm VSS40-080B „Projektierung, Grundlagen; Geschwindigkeit als Projektierungselement“ (genehmigt 1991).

Ziel der Umfrage ist es, Ihre Erfahrungen mit der Anwendung der Norm zu ermitteln, insbesondere mit den Geschwindigkeitsbegriffen und der Anwendung des Geschwindigkeitsmodells an Ausserortsstrassen.

Wir wären Ihnen sehr dankbar, wenn Sie sich etwas Zeit nehmen könnten, um an der Umfrage teilzunehmen. Das Ausfüllen des Fragebogens dauert nur ca. **10 Minuten**.

Ihre Antworten werden uns wichtige Informationen liefern, die für den Erfolg der Forschungsarbeit von Bedeutung sind. Gerne erwarten wir Ihre Antworten **bis zum 17. Januar 2022**.

Am Ende des Fragebogens finden Sie ein freies Textfeld für allgemeine Anmerkungen, die nicht in die Formularstruktur passen. Alle Antworten sind anonym und werden vertraulich behandelt.

Wir danken Ihnen vielmals für Ihre wertvolle Unterstützung.

M. Doerfel (BFH) | Y. Katzenstein (SNZ) | T. Hirt (B+H, ab 1.1.22 Forchbahn)

PS: Falls Sie selbst auf nur wenige Erfahrungen zurückgreifen können, bitten wir Sie dennoch, den ersten und letzten Fragenblock zu beantworten, und den Link zum Fragebogen einer Person in Ihrem Amt / Ihrem Büro zur Bearbeitung zuzustellen. Herzlichen Dank!

Fragen zur Ihrer Organisation / Ihrem Zuständigkeitsbereich

1. Bitte geben Sie an, welcher Organisation Sie angehören. *

- öffentliche Verwaltung (Bund, Kanton)
- Planungs-/Ingenieurbüro
-
- Sonstiges

2. Welche Funktion üben Sie innerhalb Ihrer Organisation aus ?

- *Mehrfachantworten möglich* - *

- Amtsleitung / Geschäftsleitung
- Abteilungsleitung
- Projektleitung
- Sachbearbeitung
- Projektleitung/Sachbearbeitung mit Fokus Verkehrssicherheit
-
- Sonstiges

Einleitende Frage zur Norm VSS40-080b

Die Geschwindigkeit bildet einen zentralen Parameter des Strassenentwurfs und damit des Ausbaugrads einer Strecke. Die Norm VSS40-080b „Projektierung, Grundlagen; Geschwindigkeit als Projektierungselement“ (genehmigt 1991) legt die für die Projektierung massgebenden Geschwindigkeitsbegriffe, ihre Anwendung und Werte fest.

Diese Norm gilt für Straßen, die nach fahrdynamischen Grundsätzen trassiert werden.

3. Findet die Norm in Ihrer Organisation resp. Ihrem Tätigkeitsbereich Anwendung?

(*Es spielt an dieser Stelle keine Rolle, ob teilweise oder volumänglich angewendet, d.h. ob im Hinblick auf Ausbaugeschwindigkeit, Projektierungsgeschwindigkeit und/oder Geschwindigkeitsdiagramm, ob im Zusammenhang mit der Kontrolle der Homogenität der Linienführung bei Neubau-/Sanierungsprojekten oder mit der Überprüfung bestehender Anlagen.) **

- ja
- nein
- weiss nicht

4. Können Sie uns bitte Gründe angeben, weshalb die Norm VSS40-080b keine Anwendung findet (fachliche Gründe, organisatorische Gründe, etc.)?

Falls Sie keine Angaben machen können, bitte vermerken Sie dies auch. *

5. Ist Ihnen persönlich die Norm VSS40-080b "Projektierung Grundlagen; Geschwindigkeit als Projektierungselement" mit ihren Inhalten bekannt? *

- ja
- nein

Anwendungsorientierte Fragen (Teil I von III)

Zur Unterstützung der Beantwortung der folgenden Fragen werden an dieser Stelle die zwei Geschwindigkeitsbegriffe 'Ausbaugeschwindigkeit' und 'Projektierungsgeschwindigkeit' kurz beschrieben:

- Die Ausbaugeschwindigkeit VA ist im Sinne einer Projektierungsvorgabe jener Minimalwert der Projektierungsgeschwindigkeit, der auf einem ganzen Strassenzug nicht unterschritten werden sollte.
Sie dient zur Festlegung der extremen Projektierungselemente eines Strassenzuges (wie minimaler Kurvenradius, maximale Längsneigung) sowie zur Bestimmung eines geeigneten geometrischen Normalprofils. Sie ist somit ein Mass für den Ausbaugrad der Strasse.
- Die Projektierungsgeschwindigkeit VP ist die höchste Geschwindigkeit, mit der eine Stelle des Strassenzuges entsprechend dem angenommenen Berechnungsmodell mit genügender Sicherheit befahren werden kann.
Sie dient als wichtigste Hilfsgröße für den Entwurf der Linienführung der freien Strecke. Sie bildet zudem die Grundlage zur Bemessung weiterer Projektierungselemente.

Das Verständnis der geltenden Modelle in den Projektierungsnormen und deren Anwendung setzt das Verständnis dieser zwei Geschwindigkeitsbegriffe voraus.

6. Wie beurteilen Sie die Verständlichkeit der zwei Geschwindigkeitsbegriffe? *

- verständlich
- nur teilweise verständlich
- nicht verständlich
-

Sonstiges

7. Welche Erfahrungen haben Sie hinsichtlich Verständlichkeit der zwei Geschwindigkeitsbegriffe in Ihrem Umfeld gemacht? *

- Begriffe werden gut verstanden und korrekt angewendet
- Fehlerhafte Anwendung, daher möglicherweise nicht verstanden
- keine Erfahrungen

-

Sonstiges

8. Können Sie sich vorstellen, welche Gründe allfälligen Verständnisschwierigkeiten zugrunde liegen könnten?

- *Mehrfachantworten möglich* -
*

- keine Normkenntnis
- keine Kenntnis der Modellannahmen und Bedingungen
- Formulierungen in der Norm unverständlich
- Unzureichende Erklärungen in der Norm (zu wenig umfassend)
- Fehlendes Grundlagenwissen
- Fehlendes Interesse
- weiss nicht
- 

Sonstiges

Anwendungsorientierte Fragen (Teil II von III)

Die Wahl der Ausbaugeschwindigkeit richtet sich nach dem Strassentyp, innerhalb eines Strassentyps des Weiteren nach Verkehrsbedeutung, Verkehrsmenge/-zusammensetzung, Topografie und Wirtschaftlichkeit. Die Ausbaugeschwindigkeit ist zu Beginn der Projektbearbeitung stets durch den Bauherrn festzulegen oder von ihm zu bestätigen.

9. Wird vom Strasseneigentümer / Auftraggeber eine Ausbaugeschwindigkeit festgelegt resp. festgehalten (z.B. in Nutzungsvereinbarungen)?

*

- ja, immer
- ja, manchmal
- nein

10. Ist Ihnen bekannt, welche Aspekte für oder wider die Festlegung einer Ausbaugeschwindigkeit sprechen? *

11. Ist Ihnen bekannt, weshalb keine Festlegungen hinsichtlich Ausbaugeschwindigkeit getroffen werden? *

Anwendungsorientierte Fragen (Teil III von III)

Die Projektierungsgeschwindigkeit ist die Grundlage für das eigentliche Geschwindigkeitsmodell, welches die Bestimmung der zu erwartenden Geschwindigkeiten eines ungehindert fahrenden Fahrzeugs erlaubt. Der Verlauf der Projektierungsgeschwindigkeit über einen Strassenzug lässt sich im Geschwindigkeitsdiagramm konstruieren resp. darstellen. Die Auswertung des Geschwindigkeitsdiagramms trägt dazu bei, Unstetigkeiten bzw. gefährliche Geschwindigkeitsübergänge als Folge der Trassierung entlang einer neuen oder bestehenden Strasse zu erkennen und zu vermeiden.

12. Wird vom Auftragnehmer explizit ein Geschwindigkeitsdiagramm inkl. dessen Auswertung verlangt, z.B. als Bestandteil im Projektdossier? Hinweis: Fokus HVS/VS ausserorts, nicht HLS. *

- ja, immer
- ja, teilweise
- nein
- weiss nicht

- 

Sonstiges

13. Können Sie bitte angeben, wann ein Geschwindigkeitsdiagramm verlangt wird?

- *Mehrere Antworten möglich* - *

- bei Neubauprojekten
- bei Sanierungsprojekten
- im Zusammenhang mit Verkehrssicherheitsgutachten an bestehenden Straßen
- bei offensichtlich inhomogener Streckencharakteristik
-

Sonstiges

14. Können Sie bitte angeben, weshalb kein Geschwindigkeitsdiagramm resp. dessen Auswertung verlangt werden. (z.B. 'Projektkontrolle liegt im Verantwortungsbereich des Planungs-/Ingenieurbüros', etc.) *

15. Wie überprüfen Sie die Strasse / den Strassenabschnitt auf gefährliche Geschwindigkeitsübergänge, wenn Sie kein Geschwindigkeitsdiagramm erstellen? *

16. Kennen Sie selbst die Darstellung des Verlaufs der Projektierungsgeschwindigkeit im Geschwindigkeitsdiagramm? *

- ja
- nein

17. Haben Sie selbst Erfahrung mit der Konstruktion und der Auswertung eines Geschwindigkeitsdiagramms? *

- ja, mit der Konstruktion
- ja, mit der Auswertung
- ja, mit Konstruktion und Auswertung
- nein

18. Wenn Sie ein Geschwindigkeitsdiagramm erstellen, konstruieren Sie es per Hand, mit CAD oder wird es durch Ihr CAD-Programm generiert? *

- per Hand
- mit CAD
- Das CAD-Programm generiert ein Geschwindigkeitsdiagramm.
-

Sonstiges

19. Welches CAD-Programm nutzen Sie? (Bitte geben Sie am Ende des Fragebogens an, ob wir Sie kontaktieren dürfen.) *

20. Wie zufrieden sind Sie mit dem Informationsgehalt der Konstruktionsregeln in der Norm VSS40-080b? *

- sehr zufrieden (= ausreichend, nachvollziehbar)
- eher zufrieden
- eher unzufrieden
- sehr unzufrieden

21. Bei der Auswertung des Geschwindigkeitsdiagramms wird überprüft, ob die Bedingungen zur Gewährleistung der Homogenität der Linienführung erfüllt sind (maximale Geschwindigkeitsdifferenzen, Sichtweiten vor den Kurven grösser Übergangslänge). Sind die Bedingungen aus Ihrer Sicht nachvollziehbar und hilfreich? *

- ja
- teilweise
- nein
- weiss nicht
-
- Sonstiges

22. Haben Sie nebst der Norm VSS-080b schon weitere Literatur zur Thematik hinzugezogen? *

- ja
- nein

23. Es wäre hilfreich, wenn Sie uns angeben, welche Quellen konkret dazu zählen.

24. Sie sind fast am Ende des Fragebogens angekommen. Bitte teilen Sie uns noch mit, wie zufrieden Sie insgesamt mit der Handhabung der Norm sind. *

- sehr zufrieden
- zufrieden
- eher unzufrieden
- sehr unzufrieden

Fragen zum Abschluss

Sie sind am Ende des Fragebogens angelangt.

25. Da Sie die Norm selbst nicht kennen, wurden die anwenderorientierten Fragen übersprungen.
Wenn möglich, leiten Sie doch bitte später den Link zum Fragebogen an eine Kollegin / einen Kollegen weiter, der zum Anwenderkreis gehört.
Falls Sie noch Anmerkungen haben, die nicht in der Formularstruktur Platz fanden, können Sie diese im folgenden Textfeld anbringen.

26. Falls Sie mit uns in Kontakt treten möchten, erreichen Sie uns per E-Mail (Projektleiterin):
marion.doerfel@bfh.ch (<mailto:marion.doerfel@bfh.ch>). Sie können aber auch gern hier Ihre E-Mail-Adresse notieren. Wir werden uns dann zeitnah bei Ihnen melden. Ihre Angaben werden selbstverständlich vertraulich behandelt.

27. Falls Sie noch Anmerkungen haben, die nicht in der Formularstruktur Platz fanden, können Sie diese im folgenden Textfeld anbringen.

28. Da die Umfrage anonym ist, können wir Ihnen nicht antworten.
Falls Sie mit uns in Kontakt treten möchten, erreichen Sie uns per E-Mail (Projektleiterin):
marion.doerfel@bfh.ch (<mailto:marion.doerfel@bfh.ch>). Sie können aber auch gern hier Ihre E-Mail-Adresse notieren. Wir werden uns dann zeitnah bei Ihnen melden.
Ihre Angaben werden selbstverständlich vertraulich behandelt.

III.2 Hochschulen

Die folgenden Hochschulen wurden für die Befragung angeschrieben:

- Eidgenössisch Technische Hochschule Zürich
 - *hansruedi.mueller@baliox.ch*
- École Polytechnique Fédérale De Lausanne
 - *micael.tille@citec.ch*
- Berner Fachhochschule, Departement Architektur, Holz und Bau Burgdorf (BFH AHB)
 - *marion.doerfel@bfh.ch*
- Hochschule für Technik Rapperswil (HSR)
 - *rolf.steiner@fachwissenbau.ch*
- Fachhochschule Nordwestschweiz Muttenz
 - *stefan.roth1@fhnw.ch*
- Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften Winterthur (ZHAW)
 - *patrik.thalparpan@zhaw.ch, hael@zhaw.ch*
- Hochschule Luzern (HSLU)
 - *p.eberling@bfu.ch*
- Haute école d'ingénierie et d'architecture Fribourg (HEIA-FR)
 - *marc-antoine.fenart@hefr.ch*
- Haute Ecole d'Ingénierie et de Gestion du Canton de Vaud (HEIG-VD)
 - *yves.delacretaz@heig-vd.ch*
- Hochschule für Technik und Wirtschaft Chur (htw)
 - *imad.lifa@htwchur.ch*
- Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève (HEPIA)
 - *franco.tufo@hesge.ch*
- La Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana Mendrisio (SUPSI)
 - *gianfranco@beg-ingegneri.ch, gianfranco.delcurto@supsi.ch*

Der Fragebogen war sowohl in deutscher als auch französischer Sprache verfügbar.

Français (France) ▾ ...

Projet, généralités (Enquête dans les hautes écoles)

La vitesse, base de l'étude des projets (VSS40-080b) | routes hors localité

Chers collègues

Dans le cadre d'un projet de recherche de l'OFROU, notre équipe de recherche examine l'actualité et l'utilisation de la norme VSS40-080B "Projet, généralités ; La vitesse, base de l'étude des projets".

Dans le cadre de notre travail de recherche, nous nous intéressons, entre autres, à savoir si et dans quelle mesure les connaissances spécialisées correspondantes sont transmises dans l'enseignement des hautes écoles. Nous vous serions très reconnaissants de prendre un peu de temps pour participer à l'enquête. Remplir le questionnaire ne prend qu'environ **10 minutes**.

Vos réponses nous fourniront des informations importantes pour le succès de la recherche. Nous attendons volontiers vos réponses **avant le 6 avril 2022**.

A la fin du questionnaire, vous trouverez un champ de texte libre pour des remarques générales qui ne s'inscrivent pas dans la structure du formulaire. Toutes les réponses seront traitées de manière anonyme et confidentielle.

Si vous n'êtes pas vous-même la correcte personne de contact, nous vous prions de transmettre le lien vers le questionnaire à une personne correspondante. Merci beaucoup.

Nous vous remercions d'avance pour votre précieux soutien !

M. Doerfel (BFH) | Y. Katzenstein (SNZ) | T. Hirt (B+H, depuis 1.1.22 Forchbahn)

Suivant Page 1 sur 4

Projektierung, Grundlagen (Umfrage Hochschulen)

Geschwindigkeit als Projektierungselement (VSS40-080b) | Ausserortsstrassen

* Erforderlich

Geschätzte Kolleginnen und Kollegen

In einem Forschungsprojekt das ASTRA untersucht unser Forschungsteam (BFH/SNZ/Forchbahn) die Aktualität und Handhabung der Norm VSS40-080B „Projektierung, Grundlagen; Geschwindigkeit als Projektierungselement“.

Im Rahmen der Forschungsarbeit interessiert uns unter anderem, ob resp. in welchem Umfang das entsprechende Fachwissen an den Hochschulen in der Lehre vermittelt wird. Wir wären Ihnen sehr dankbar, wenn Sie sich etwas Zeit nehmen könnten, um an der Umfrage teilzunehmen. Das Ausfüllen des Fragebogens dauert nur ca. **10 Minuten**.

Ihre Antworten werden uns wichtige Informationen liefern, die für den Erfolg der Forschungsarbeit von Bedeutung sind. Gerne erwarten wir Ihre Antworten bis zum **6. Mai 2022**.

Am Ende des Fragebogens finden Sie ein freies Textfeld für allgemeine Anmerkungen, die nicht in die Formularstruktur passen. Wir versichern Ihnen, dass Ihre Antworten vertraulich behandelt werden und nur für Forschungszwecke in diesem Projekt verwendet werden.

Falls Sie selbst nicht die richtige Ansprechperson sind, bitten wir Sie, den Link zum Fragebogen einer entsprechenden Person weiterzuleiten. Herzlichen Dank!

Wir danken Ihnen vielmals für Ihre wertvolle Unterstützung.

Für das Forschungsteam

M. Doerfel (BFH) | Y. Katzenstein (SNZ) | T. Hirt (Forchbahn; ehem. Basler+Hofmann)

Vorbemerkung

Die Norm VSS 40 080b „Projektierung, Grundlagen; Geschwindigkeit als Projektierungselement“ (genehmigt 1991) legt für die Projektierung massgebenden Geschwindigkeitsbegriffe, ihre Anwendung und Werte fest. Diese Norm gilt für Strassen, die nach fahrdynamischen Grundsätzen trassiert werden.

Das Verständnis der geltenden Modelle in den Projektierungsnormen und deren Anwendung setzt unter anderem das Verständnis dieser zwei Geschwindigkeitsbegriffe voraus.

- Die **Ausbaugeschwindigkeit VA** ist im Sinne einer Projektierungsvorgabe jener Minimalwert der Projektierungs-geschwindigkeit, der *auf einem ganzen Strassenzug* nicht unterschritten werden sollte. Sie dient zur Festlegung der extremen Projektierungselemente eines Strassenzuges (wie minimaler Kurvenradius, maximale Längsneigung) sowie zur Bestimmung eines geeigneten geometrischen Normalprofils. Sie ist somit ein *Mass für den Ausbaugrad der Straße*. Die Wahl der Ausbaugeschwindigkeit richtet sich nach dem Strassentyp. Des Weiteren spielen u.a. Verkehrs-bedeutung, Verkehrsmenge, Verkehrs Zusammensetzung, Topografie und Wirtschaftlichkeit eine Rolle. Die Ausbaugeschwindigkeit ist zu Beginn der Projektbearbeitung stets durch den Bauherrn festzulegen oder von ihm zu bestätigen.
- Die **Projektierungsgeschwindigkeit VP** ist die höchste Geschwindigkeit, mit der *eine Stelle des Strassenzuges* entsprechend den angenommenen Berechnungsmodell mit genügender Sicherheit befahren werden kann. Sie dient als wichtigste Hilfsgröße für den Entwurf der Linienführung der freien Strecke. Sie bildet zudem die Grundlage zur Bemessung weiterer Projektierungselemente.

Die Projektierungsgeschwindigkeit ist die Grundlage für das eigentliche Geschwindigkeitsmodell, welches die Bestimmung der zu erwartenden Geschwindigkeiten eines ungehindert fahrenden Fahrzeugs erlaubt. Der Verlauf der Projektierungsgeschwindigkeit über einen Strassenzug lässt sich im Geschwindigkeitsdiagramm konstruieren resp. darstellen. Die Auswertung des Geschwindigkeitsdiagramms trägt dazu bei, Unstetigkeiten bzw. gefährliche Geschwindigkeitsübergänge als Folge der Trassierung entlang einer neuen oder bestehenden Straße zu erkennen und zu vermeiden.

1. In welchem Studiengang unterrichten Sie (optional)?

2. Werden die Inhalte der Norm VSS 40 080b in Ihrer Lehrveranstaltung vermittelt? *

ja

nein

Sonstiges

3. Werden die Inhalte im Rahmen eines Bachelor- und/oder Masterstudiengangs vermittelt und dort innerhalb eines Pflicht- und/oder Wahlmoduls? *

Bachelor | Pflichtmodul

Bachelor | Wahlmodul

Master | Pflichtmodul

Master | Wahlmodul

4. Um welche Art Modul handelt es sich (Strassenbau, Verkehrssicherheit, etc.)?

5. Wieviel 'Student Working Hours' (Kontaktektionen resp. Selbststudium) sind für die Thematik vorgesehen? *

	0	1-2	3-6	7-14	15-30	mehr als 30
Pflichtmodul - Kontaktektionen	<input type="radio"/>					
Pflichtmodul - Selbststudium	<input type="radio"/>					
Wahlmodul - Kontaktektionen	<input type="radio"/>					
Wahlmodul - Selbststudium	<input type="radio"/>					

6. Auf welche Aspekte gehen Sie in Ihrer Lehrveranstaltung ein? *

Begriffe VA und VP

Zusammenhang VA und VP

Grundlagen und Annahmen von VP

Geschwindigkeitsmodell

Annahmen Geschwindigkeitsdiagramm

Geschwindigkeitsdiagramm, Konstruktion und Auswertung

Sonstiges

7. Wird mit den Studierenden die Konstruktion von Geschwindigkeitsdiagrammen geübt?

ja, anhand einfacher theoretische Übungen

ja, anhand von Praxisbeispielen

nein

Sonstiges

8. Wird mit den Studierenden die Auswertung von Geschwindigkeitsdiagrammen geübt? *

ja, anhand einfacher theoretische Übungen

ja, anhand von Praxisbeispielen

nein

Sonstiges

9. Welche Literatur zu dieser Thematik nutzen Sie (Normen, Vorlesungsskript, Fachliteratur (welche), ...)? *

10. Welche Vorlesungsunterlagen werden den Studierenden zur Verfügung gestellt (Powerpoint-Folien, Vorlesungsskript, Normen, Fachliteratur (welche), ...)? *

11. Haben Sie selbst Praxiserfahrung mit Konstruktion und Auswertung von Geschwindigkeitsdiagrammen? *

- ja
 - nein
 - Sonstiges
-

12. Wie zufrieden sind Sie mit dem Informationsgehalt der Konstruktionsregeln in der Norm VSS 40 080b? *

- sehr zufrieden (= ausreichend, nachvollziehbar)
- eher zufrieden
- eher unzufrieden
- sehr unzufrieden

13. Können Sie uns bitte in Stichworten mitteilen, was genau zu Ihrer Unzufriedenheit in Bezug auf die Konstruktionsregeln führt? *

Fragen zum Abschluss

Vielen Dank für Ihre Antworten. Sie sind am Ende des Fragebogens angelangt.

14. Falls Sie noch Anmerkungen haben, die nicht in der Formularstruktur Platz fanden, können Sie diese im folgenden Textfeld anbringen.

15. Falls Sie mit uns in Kontakt treten möchten, erreichen Sie uns per E-Mail (Projektleiterin: marion.doerfel@bfh.ch (<mailto:marion.doerfel@bfh.ch>)). Sie können aber auch gern hier Ihre E-Mail-Adresse notieren. Wir werden uns dann zeitnah bei Ihnen melden. Ihre Angaben werden selbstverständlich vertraulich behandelt.

IV Überarbeitete und ergänzte Begriffe der Norm

Auf Wunsch der Begleitkommission werden alle vorgeschlagenen Begriffsbestimmungen in einer Übersicht abgebildet, siehe dazu die folgende Tab. 2.

Tab. 2 Empfehlung überarbeitete und weitere aufzunehmende Begriffe

Ausbaugeschwindigkeit V_A

Die Ausbaugeschwindigkeit V_A ist die höchste konstante Geschwindigkeit, mit welcher der Strassenabschnitt sicher und komfortabel befahren werden kann, sofern für Sicherheit und Komfort die Geometrie der Strasse massgebend ist.

Die Ausbaugeschwindigkeit dient zur Festlegung der extremen Projektierungselemente eines Strassenzuges (minimaler Kurvenradius und maximale Längsneigung) sowie zur Bestimmung eines geeigneten Querschnitts. Sie ist somit eine Entwurfsgröße für die Festlegung des Ausbaugrads der Strasse.

Aus der gewählten Ausbaugeschwindigkeit resultiert (über den minimalen Kurvenradius) zugleich die kleinste, nicht zu unterschreitende Projektierungsgeschwindigkeit

Projektierungsgeschwindigkeit V_p

Die Projektierungsgeschwindigkeit V_p ist die höchste Geschwindigkeit, mit der eine Stelle der Strasse entsprechend dem angenommenen Berechnungsmodell mit genügender Sicherheit auf nasser, sauberer Fahrbahn befahren werden kann.

Die Projektierungsgeschwindigkeit dient als eigentliche Entwurfs- und Kontrollgröße für die Linienführung und für die Bemessung weiterer Projektierungselemente.

Geschwindigkeit V_{85}

V_{85} bezeichnet die Geschwindigkeit, die von 85% der Fahrzeuge an einem Messquerschnitt nicht überschritten wird (85. Perzentil der Geschwindigkeitsverteilung). V_{85} wird in km/h angegeben.

Höchstgeschwindigkeit V_{zul}

Die Höchstgeschwindigkeit V_{zul} bezeichnet diejenige Geschwindigkeit, welche die Fahrzeuge nicht überschreiten dürfen. In der Schweiz gilt auf allen Strassen eine gesetzlich vorgeschriebene Höchstgeschwindigkeit (allgemein oder signalisiert), vgl. SSV Art. 22 [122], VRV Art. 4a [123].

Ferner schreibt Art. 32 des Strassenverkehrsgesetzes SVG [92] vor «die Geschwindigkeit stets den Umständen anzupassen, namentlich den Besonderheiten von Fahrzeug und Ladung, sowie den Strassen-, Verkehrs- und Sichtverhältnissen».

Homogenität der Linienführung

Eine homogene Linienführung zeichnet sich durch einen fließenden harmonischen Verlauf aus, der keine unerwarteten abrupten Richtungswechsel oder gefährliche Schwankungen der Geschwindigkeit erfordert. Für die Verkehrssicherheit ist das Fahrverhalten in der Verzögerung massgebend.

Geschwindigkeitsmodell

Das Geschwindigkeitsmodell bildet den theoretischen Verlauf der Projektierungsgeschwindigkeit in Funktion der horizontalen Krümmungsverhältnisse entlang eines Strassenabschnittes ab. Es beschreibt zudem die Bedingungen, welche zur Gewährleistung der Homogenität der Linienführung einzuhalten sind.

Geschwindigkeitsdiagramm

Die Umsetzung des Geschwindigkeitsmodells, die grafische Darstellung des Verlaufs der Projektierungsgeschwindigkeit, erfolgt im Geschwindigkeitsdiagramm. Diese erlaubt die Überprüfung der Homogenität der Linienführung durch Identifikation und Vermeidung gefährlicher Geschwindigkeitsdifferenzen aufgrund von Unstetigkeiten in der projektierten oder bestehenden Trassierung.

Aus dem Diagramm können lokale Projektierungsgeschwindigkeiten bestimmt werden, die eine Grundlage für die Festlegung weiterer Projektierungselemente, insbesondere der erforderlichen Sichtweiten, darstellen.

Geschwindigkeitsdifferenz $\Delta V / \max \Delta V$

Die Geschwindigkeitsdifferenzen ΔV zeigen die Veränderungen der Geschwindigkeit, die sich aus dem Verlauf der Projektierungsgeschwindigkeit infolge Trassierung ergeben. Sie sind im Geschwindigkeitsdiagramm ersichtlich. Für die Verkehrssicherheit ist das Fahrverhalten in der Verzögerung massgebend.

Die Norm legt Höchstwerte für diese Geschwindigkeitsdifferenzen fest ($\max \Delta V$), die nicht überschritten werden sollen.

Erfassungsdistanz D_E

Unter Erfassungsdistanz D_E wird jene Strecke verstanden, innerhalb welcher die Fahrzeuglenkenden - aufgrund ihrer menschlichen Fähigkeiten und Grenzen - Vorgänge und Hindernisse erfassen können. Sie ist geschwindigkeitsabhängig.

Übergangslänge D_T und Beschleunigungsstrecke und Verzögerungsstrecke D_{TB} und D_{TV}

Übergangslänge D_T

Die Übergangslänge D_T bezeichnet eine modellmässige rechnerische Distanz, in der sich die Projektierungs geschwindigkeit zwischen zwei Kurven oder zwischen Kurven und Geraden modellhaft ändert. Sie dient als Hilfsgrösse bei der Konstruktion und der Auswertung des Geschwindigkeitsdiagramms.

Im Modell wird vereinfachend angenommen, dass die Werte für Verzögerung und Beschleunigung gleich gross und konstant sind, angenommen werden $a = 0.8 \text{ m/s}^2$. In der Verzögerung entspricht dies gemäss Geschwindigkeitsmodell einer Fahrweise ohne Betätigung der Bremsen.

Beschleunigungsstrecke und Verzögerungsstrecke D_{TB} und D_{TV} :

Die Beschleunigungs- und Verzögerungsstrecken D_{TB} und D_{TV} bezeichnen jene Distanzen, die sich aufgrund der Konstruktion mit den Übergangslängen D_T unter Einfluss der effektiven horizontalen Krümmungsverhältnisse gemäss Modell ergeben. Sie sind aus der Konstruktion des Geschwindigkeitsdiagramms herauslesbar. Die Verzögerungsstrecke D_{TV} wird für die Auswertung des Geschwindigkeitsdiagramms benötigt.

V Erhebung von Strassengeometriedaten

Zur Erhebung der Strassengeometriedaten von bestehenden Straßen stehen, wie in Kapitel 11.2.5 umrissen, verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung. Ein Beispiel ist Produkt "Geometry Classifier" vom Austrian Institute of Technology (AIT).

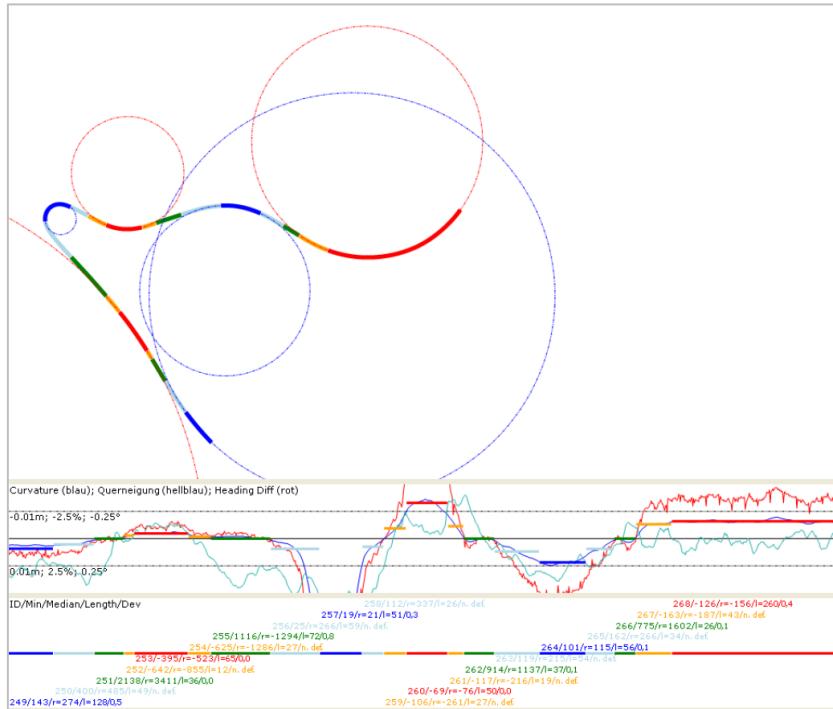


Abb. 2 Benutzeroberfläche des Geometry Classifier von AIT, aus [111]

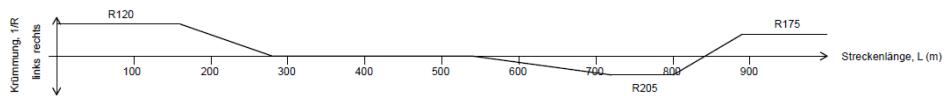
VI Geschwindigkeitsdiagramm: Konstruktionsanleitung einfaches Praxisbeispiel

VI.1 Empfohlene Schritt-für-Schritt Konstruktionsanleitung

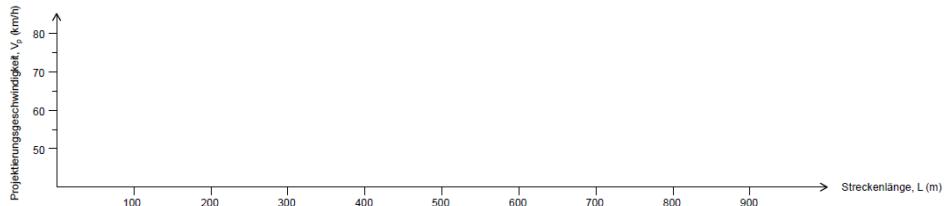
Die Anleitung umfasst jeden einzelnen Schritt der Konstruktion (1 bis 9 und Ergebnis) gemäss beschriebenem Vorgehen im Flussdiagramm. Der jeweils neue Schritt wird ab Schritt 3 **FETT** dargestellt.

Die Schreibweise der Indizes ist in dieser Darstellung vereinfacht (keine Angabe von/nach). Bei Verwendung einer solchen schrittweisen Vorgehensweise in der Norm sollten die Indizes präzis ergänzt werden.

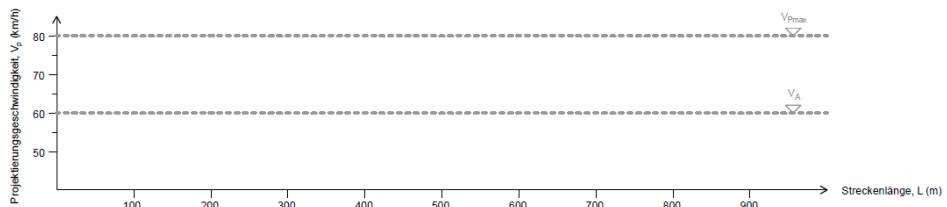
1. Erstellen Krümmungsband respektive Übernahme aus Längenprofil



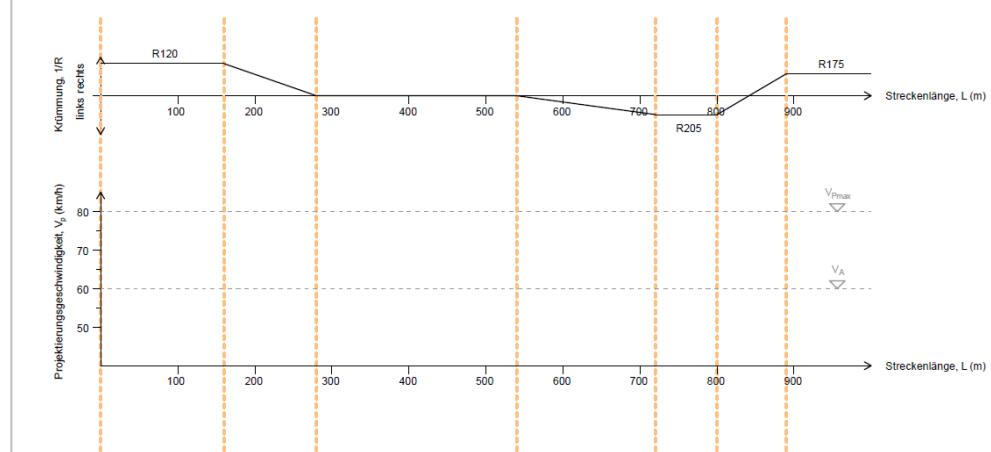
2. Vorbereiten Geschwindigkeitsdiagramm, x-Achse: Streckenlänge (L), y-Achse: Projektierungsgeschwindigkeit (V_p)



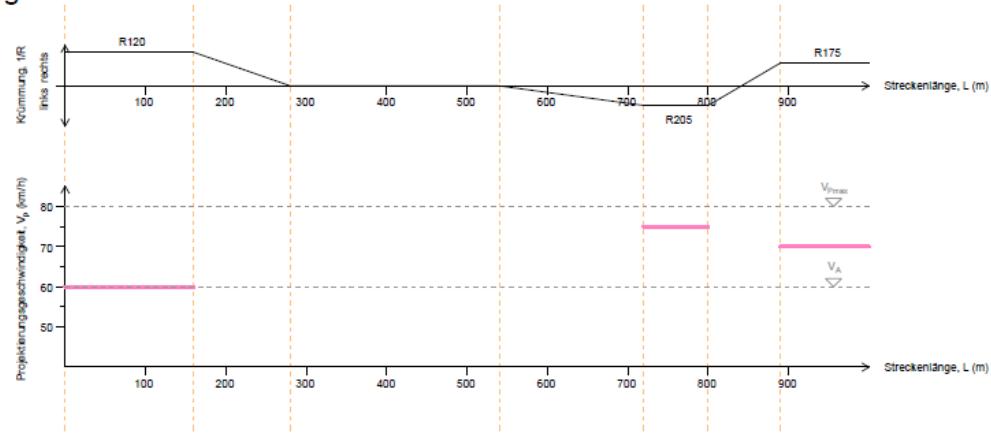
3. Einzeichnen der Höchstgeschwindigkeit V_{zul} (=> V_{pmax}) und optional der Ausbaugeschwindigkeit V_A



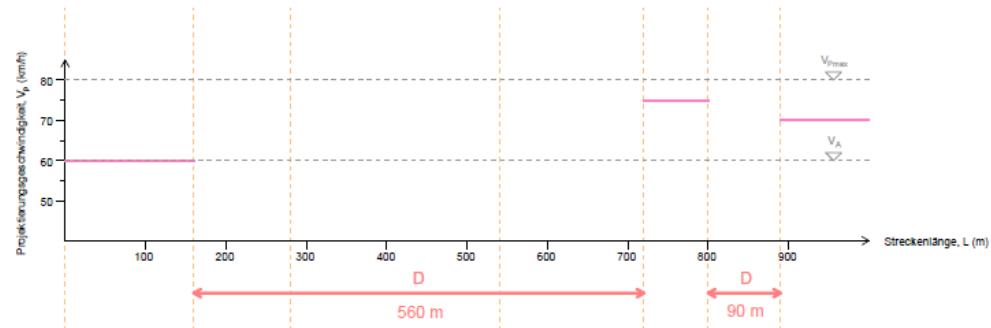
4. Übertragen der Elementlängen aus dem Krümmungsband



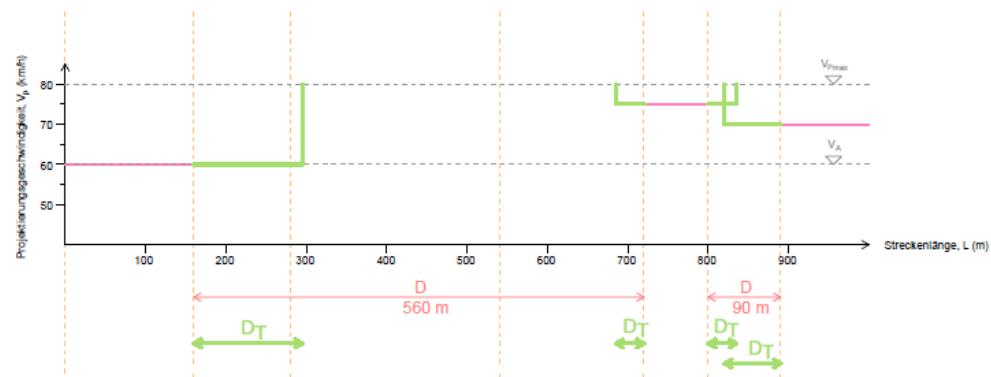
5. Einzeichnen der Projektierungsgeschwindigkeit V_p für jeden Kreisbogen gemäss Tabelle 'VP in Kurven' Norm



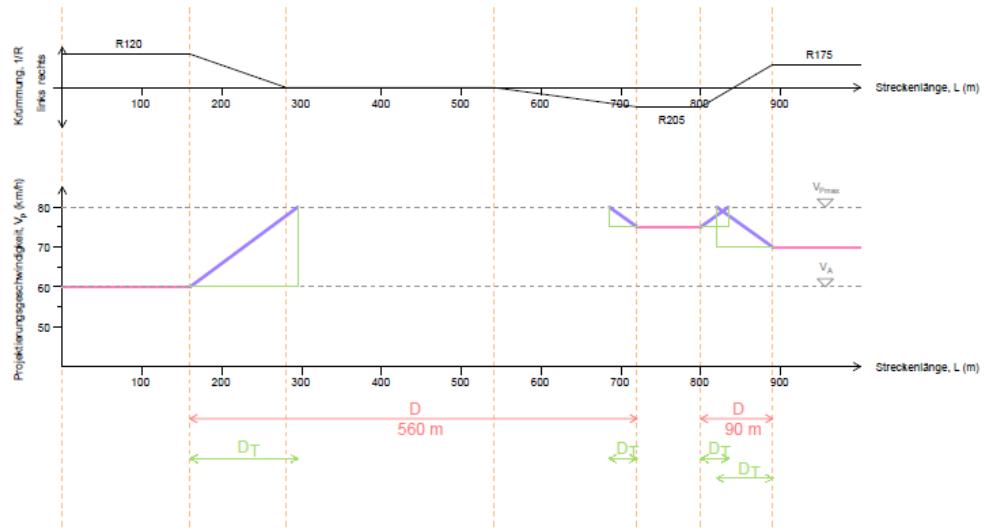
6. Angeben der Distanzen D zwischen den Kreisbögen



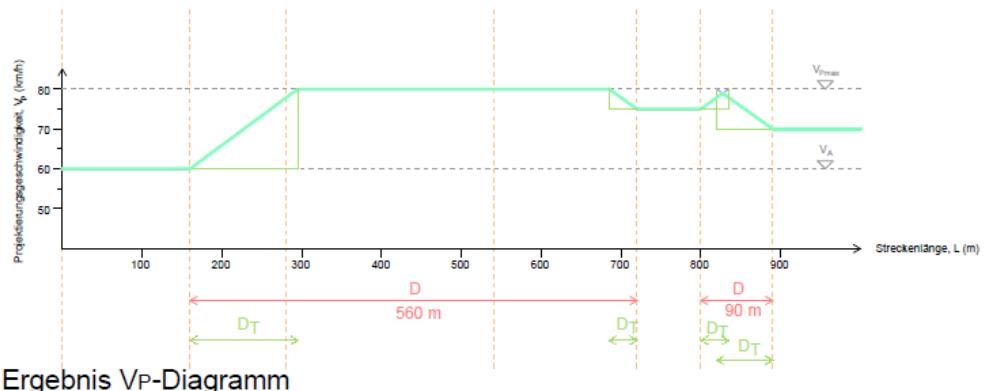
7. Ermitteln der Übergangslängen D_T gemäss Tabelle Norm



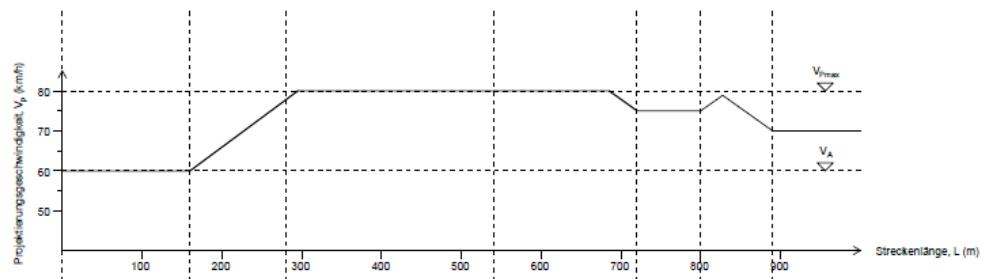
8. Verbinden der relevanten Projektierungsgeschwindigkeiten V_p gemäss der Übergangslängen D_T



9. Hervorheben des Verlaufs der Projektierungsgeschwindigkeit



Ergebnis V_p -Diagramm

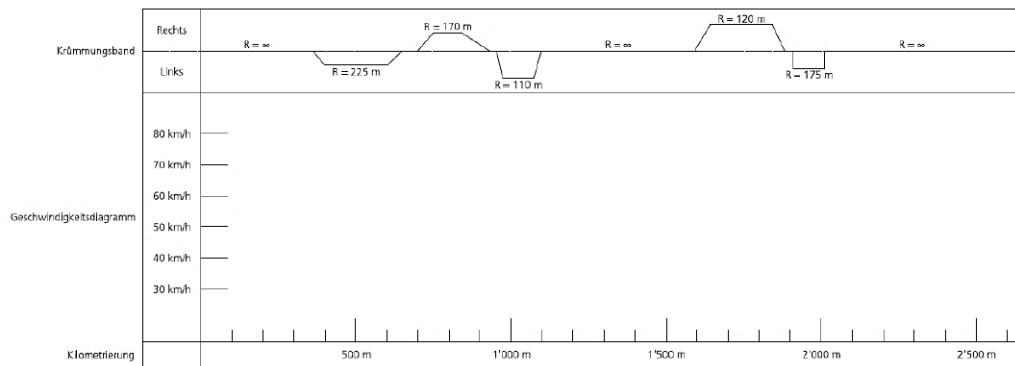


Ergebnis = Grundlage für die Auswertung des Geschwindigkeitsdiagramms

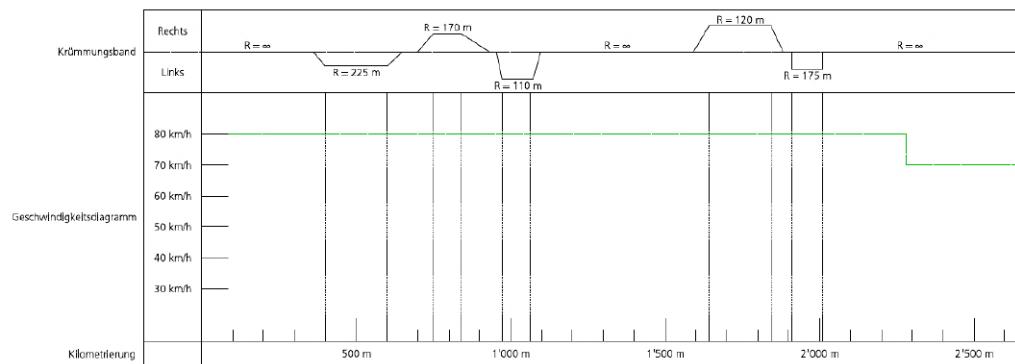
VI.2 Alternative Darstellung

Eine alternative Darstellung der Konstruktionsanleitung fasst einzelne Schritte zusammen. Basis ist ein anderes Projekt als in Anhang VI.1. (gezeichnet Dominik Zwygart)

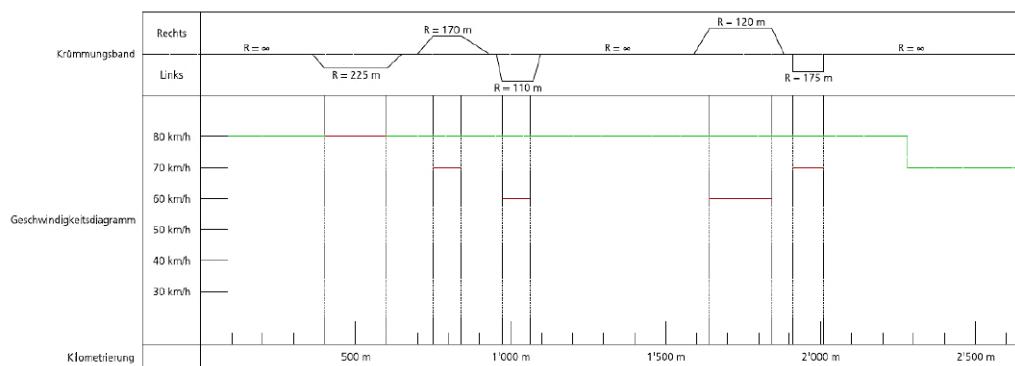
Schritt 1, Krümmungsband erstellen respektive übernehmen und
Schritt 2, Diagramm vorbereiten



Schritt 3, Einzeichnen der Höchstgeschwindigkeit und
Schritt 4, Übertragen der Elementlängen aus dem Krümmungsband



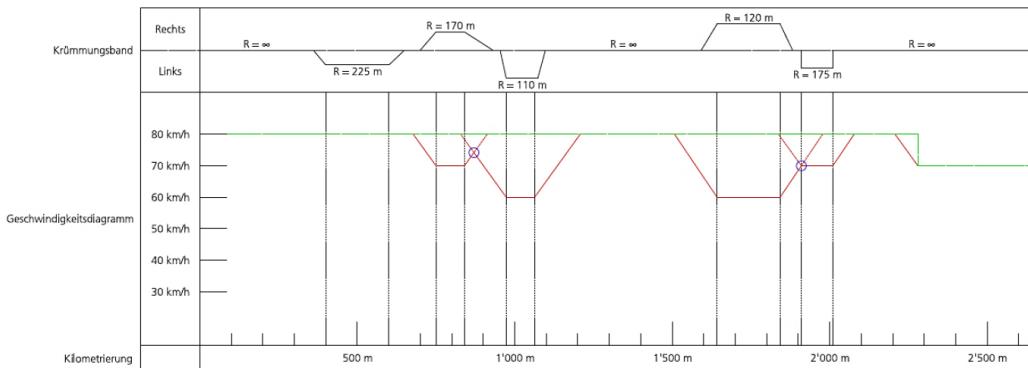
Schritt 5, Einzeichnen der Projektierungsgeschwindigkeiten für jeden Kreisbogen



Schritt 6, Angeben der Distanzen zwischen den Kreisbögen (hier nicht dargestellt)

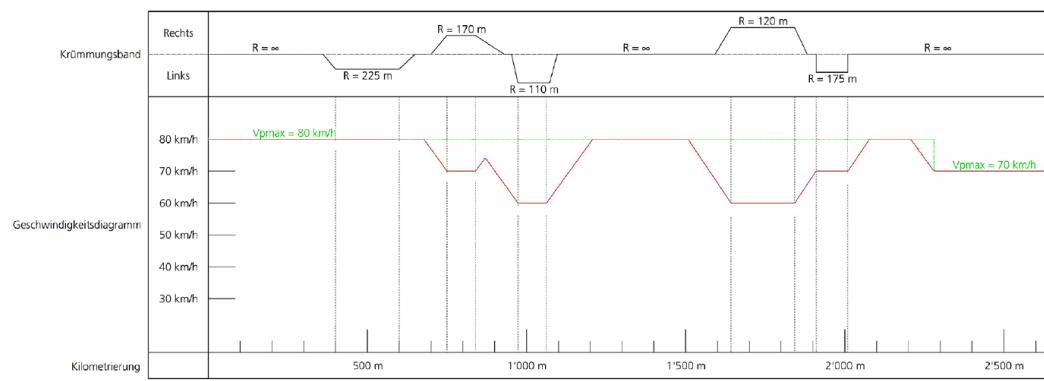
Schritt 7, Ermitteln der Übergangslängen und

Schritt 8, Verbinden der relevanten Projektierungsgeschwindigkeiten gemäss Übergangslängen



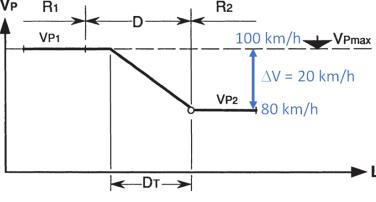
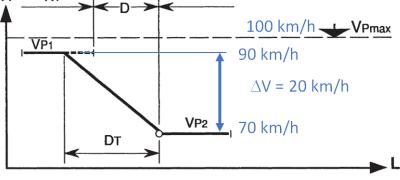
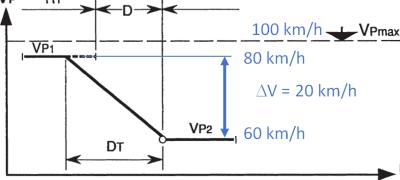
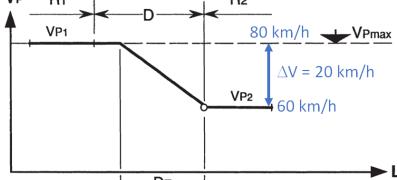
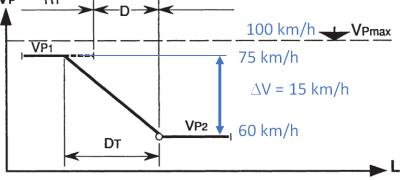
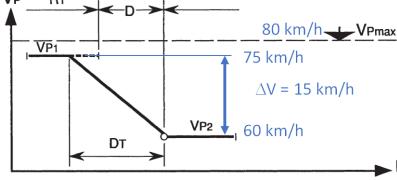
Schritt 9, Verlauf der Projektierungsgeschwindigkeit

Ergebnis

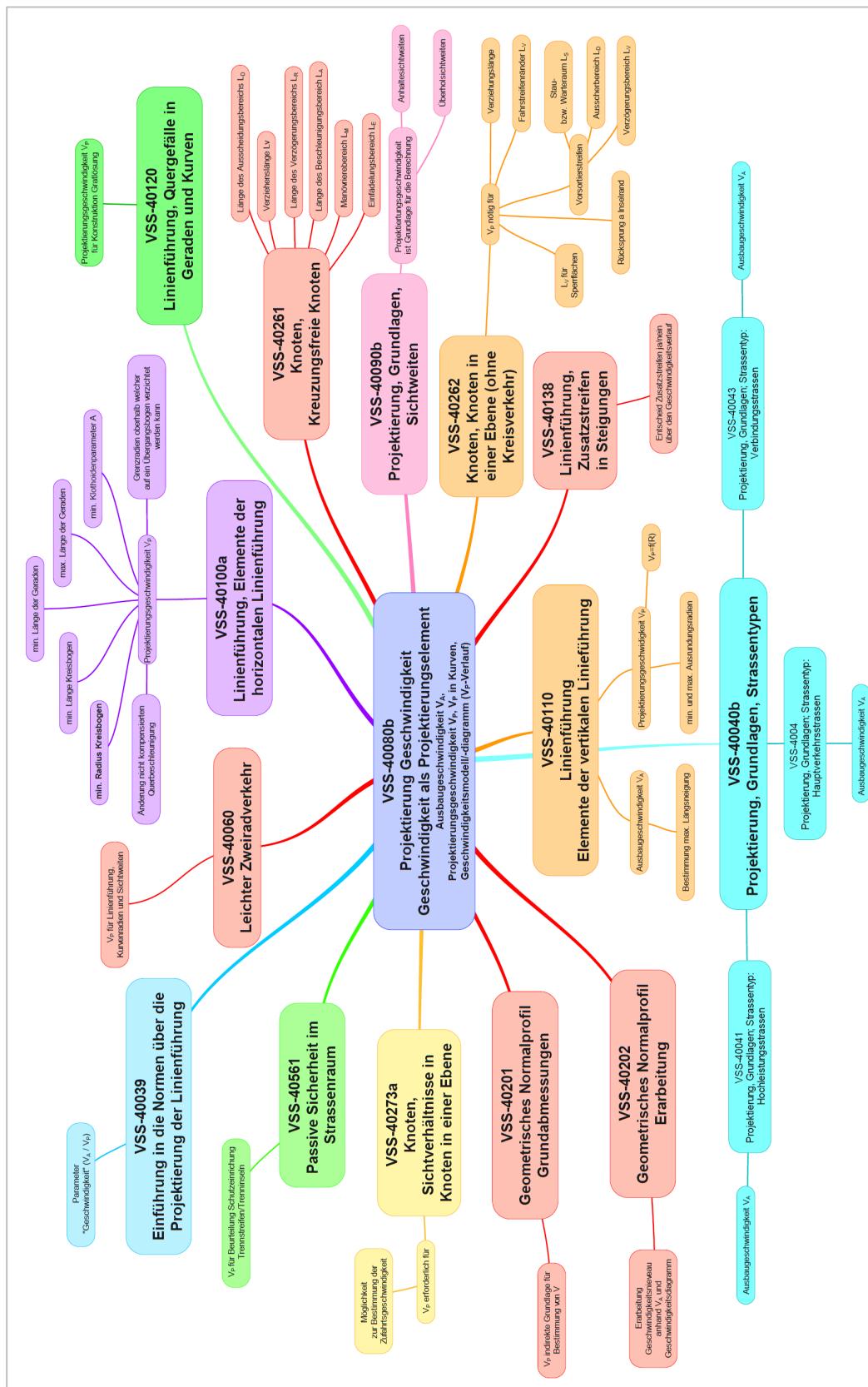


VII Geschwindigkeitsdifferenzen 1981 und 1991

Tab. 3 Vergleich ΔV 1981 und 1991 (stark vereinfacht, nur schematisch an Fällen ohne Beschleunigung zwischen V_P , Grundlage Abbildung Norm)

1981 (SN-640080a, 1981) [85]	Gültig seit 1991 VSS-40080b [1]
Allgemeine Höchstgeschwindigkeit 100 km/h	Allgemeine Höchstgeschwindigkeit 80 km/h
«Geschwindigkeitsdifferenz zweier benachbarter Trassierungselemente» $\Delta V \leq 10 \text{ km/h}$: wenn 1 Trassierungselement $V_P < 70 \text{ km/h}$ $\Delta V > 20 \text{ km/h}$ vermeiden in allen anderen Fällen (spezifische Berücksichtigung von Streckenabschnitten nicht vorgesehen)	Geschwindigkeitsdifferenz «zwischen zwei benachbarten Kurven» $\Delta V \leq 10 \text{ km/h}$ empfohlen, $\Delta V > 20 \text{ km/h}$ vermeiden («separate» Bewertung im Fall «gestreckter» Streckenabschnitte $\Delta V \leq 5 \text{ km/h}$ empfohlen)
	Nicht relevant.
Vorhanden: $\Delta V = 20 \text{ km/h}$ Anforderung: $\Delta V > 20 \text{ km/h}$ vermeiden Bewertung: erfüllt	
	Nicht relevant.
Vorhanden: $\Delta V = 20 \text{ km/h}$ Anforderung: $\Delta V > 20 \text{ km/h}$ vermeiden Bewertung: erfüllt	
	
Vorhanden: $\Delta V = 20 \text{ km/h}$ Anforderung: $\Delta V \leq 10 \text{ km/h}$ (weil ein Trassierungselement mit $V_P < 70 \text{ km/h}$) Bewertung: nicht erfüllt	Anforderung Geschwindigkeitsdifferenz zweier benachbarter Kurven: $\Delta V \leq 10 \text{ km/h}$ anstreben, $\Delta V > 20 \text{ km/h}$ vermeiden Bewertung erfüllt
	
Vorhanden: $\Delta V = 15 \text{ km/h}$ Anforderung: $\Delta V \leq 10 \text{ km/h}$ (weil ein Trassierungselement mit $V_P < 70 \text{ km/h}$) Bewertung: nicht erfüllt	Anforderung Geschwindigkeitsdifferenz zweier benachbarter Kurven: $\Delta V \leq 10 \text{ km/h}$ anstreben, $\Delta V > 20 \text{ km/h}$ vermeiden Bewertung erfüllt

VIII Übersicht mit Bezug zum VSS-Normenwerk



(kein Anspruch auf Vollständigkeit)

Glossar

Begriff	Bedeutung
ASTRA	Bundesamt für Strassen
VSS	Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)
VSS-XXXXX	Norm des Schweizerischen Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS), Nationales Register zur Veröffentlichung von Normen, Standards und weiteren Regelungen (REGnorm)
SN-XXXXXX	Schweizer Norm, Vereinigung Schweizerischer Verkehrsfachleute (VSS), Schweizerische Normen-Vereinigung (SNV)
V_{zul}	Höchstgeschwindigkeit
V_A	Ausbaugeschwindigkeit
V_P	Projektierungsgeschwindigkeit
V_{85}	Geschwindigkeit der 85-Percentile aus der Geschwindigkeitsverteilung [km/h]
$\Delta V / \max \Delta V$	Geschwindigkeitsdifferenz (aus dem Verlauf von V_P in Funktion der Streckencharakteristik / einzuhaltende Höchstwerte gemäss Norm)
SSV	Schweizerische Eidgenossenschaft (1979), „Signalisationsverordnung vom 5. September 1979 (SSV)“, SR 741.21, (Stand am 9. Juni 2020), www.admin.ch
VRV	Schweizerische Eidgenossenschaft (1962), „Verkehrsregelnverordnung vom 13. November 1962 (VRV)“, SR 741.11, (Stand am 1. Januar 2021), www.admin.ch
SVG	Schweizerische Eidgenossenschaft (1958), „Strassenverkehrsgesetz vom 19. Dezember 1958 (SVG)“, SR 741.01, (Stand am 1. Mai 2024), www.admin.ch

Literaturverzeichnis

- [1] VSS-40080b (2019, genehmigt 1991), «**Projektierung Grundlagen, Geschwindigkeit als Projektierungselement**», Norm VSS-40080b, Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrs fachleute, Zürich
- [2] Spacek, P. (2008), «**Entwurf von Strassen, Grundzüge**», Vorlesungsunterlage Institut für Verkehrsplanung und Transporttechnik IVT der Eidgenössisch Technischen Hochschule Zürich ETH
- [3] VSS-40039 (2019, genehmigt 1994/1970), «**Projektierung Grundlagen, Einführung in die Normen über die Projektierung der Liniengleichheit**», Norm VSS-40039, Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrs fachleute, Zürich
- [4] Schweizerische Beratungsstelle für Unfallverhütung BFU (2022), «**Sicherheitsniveau und Unfallgeschehen im Strassenverkehr 2021**», Bern
- [5] Schweizerische Beratungsstelle für Unfallverhütung BFU (2018), «**Sicherheitsniveau und Unfallgeschehen im Strassenverkehr 2017**», Bern
- [6] Schweizerische Beratungsstelle für Unfallverhütung BFU (2019), «**Sicherheitsniveau und Unfallgeschehen im Strassenverkehr 2018**», Bern
- [7] Schweizerische Beratungsstelle für Unfallverhütung BFU (2021), «**Sicherheitsniveau und Unfallgeschehen im Strassenverkehr 2020**», Bern
- [8] Schweizerische Beratungsstelle für Unfallverhütung BFU (2015), «**Sicherheitsniveau und Unfallgeschehen im Strassenverkehr 2014**», Bern
- [9] World Health Organization WHO (2011), «**Global Plan for the Decade of Action for Road Safety, 2011–2020**», Geneva
- [10] Zegeer et al (1992), **Safety Effects of Geometric Improvements on Horizontal Curves**, Transportation Research Board 1356. Seiten 11-19.
- [11] PIARC (2003), **Road Safety Manual, Technical Sheets**, World Road Association, Paris, France
- [12] SETRA (1992), **Sécurité des routes et des rues**, Service d'études techniques, des routes et autoroutes, France
- [13] Glennon (1987), **Effect of alignment on highway safety**. State of the art report. Engineering, Environmental Science, Corpus ID: 106474855
- [14] Lamm, R., Beck, A. & Zumkeller, K. (1999), **Analyse von Zusammenhängen zwischen Verkehrssicherheit und Straßenentwurf auf Außerortsstraßen**, Karlsruhe: Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Straßen- und Eisenbahnwesen (ISE).
- [15] Peden, M. et al (2004), **World report on road traffic injury prevention**, World Health Organization WHO, Geneva
- [16] Cvitanic, D., Vukoje, B., Breski, D. (2012), **Methods for ensuring consistency of horizontal alignment elements**, Gradevinar 64 (2012) 5, 385-393
- [17] Praticò, F.G., Giunta, M. (2012), **Modeling operating speed of two lane rural roads**. Elsevier Procedia - Social and Behavioral Sciences 53 (2012) 664 – 671
- [18] Jacob, A., Dhanya, R., Anjaneyulu, M.V.L.R. (2013), **Geometric design consistency of multiple horizontal curves on two-lane rural highways**, 2nd Conference of Transportation Research Group of India (2nd CTRG), Elsevier, Procedia - Social and Behavioral Sciences 104 (2013) 1068 – 1077
- [19] Zimmermann, M., Riffel, S.B. (2013), **Modellierung des Fahrverhaltens an Kurven**, Fachverlag NW in der Carl-Schünemann-Verlag-GmbH, 2013, ISBN 3956060326, 9783956060328
- [20] Ministère de l'Intérieur et des Outre-Mer (2016), **Bilan de l'accidentalité routière de l'année 2015**, www.interieur.gouv.fr (Zugriff 11/2023), France
- [21] FSV (2022), **Ein neuer Ansatz für höchstzulässige Geschwindigkeiten im Straßenverkehr in Österreich aus synergetischer, nachhaltiger Sicht**, Österreichische Forschungsgesellschaft Strasse-Schiene-Verkehr FSV, FSV-Schriftenreihe 025 | 2022
- [22] ONISR (2024), Observatoire national interministériel de la sécurité routière. www.onisr.securite-routiere.gouv.fr. (Zugriff am 03 02 2024).
- [23] UN (2018), **Road Safety Strategy for the United Nations System and Personnel, A partnership for safer journeys**, United Nations, 2018
- [24] US Department of Transportation (2024), **What Is a Safe System Approach?** www.transportation.gov/NRSS/SafeSystem (Zugriff 01/2024)
- [25] ASTRA (2010). **Mehr Verkehrssicherheit dank Via sicura**. Bundesamt für Strassen, Bern, www.astra.admin.ch/astra/de/home/themen/verkehrssicherheit/via-sicura.html (Zugriff 01/2023)

- [26] Durth, W. (1972), **Ein Beitrag zur Erweiterung des Modells für Fahrer, Fahrzeug und Straße in der Straßenplanung**, (Dissertation), Technische Hochschule Darmstadt.
- [27] Haddon, W. J. (1980), Vol.95 No. 5. **Advances in the epidemiology of injuries as a basis for public policy**. Landmarks in American Epidemiology, Public Health Report, Vol. 95 No. 5
- [28] Evans, L., (2004), **Traffic safety**, Science Serving Society, Bloomfield Hills, USA
- [29] Wegman, F. (2010). **Road traffic in the Netherlands: Relatively safe but not safe enough**, Delft University Of Technology, SWOV Institute for Road Safety Research, Netherlands
- [30] Leemann, N., Lindenmann, H.P., Spacek, P. (2010), **Sicherheit von Verkehrsanlagen**, Eidgenössisch Technische Hochschule Zürich ETHZ, Institut für Verkehrsplanung, Transporttechnik, Strassen- und Eisenbahnbau IVT, Vorlesungsskript, Zürich
- [31] Houtenbos, M. (2012), **Road safety and road user behavior. Focusing on human factors to improve road safety**, SWOV Institute for Road Safety Research, Presentation Malaysia 14th May 2012, <https://slideplayer.com/slide/2524569/>
- [32] Marsh, B., Doerfel, M. (2014), **The Safe System Approach**, International Conference on "Road Safety Scenario in India and Way Forward", New Delhi, India
- [33] Wissenschaftlicher Beirat beim Bundesminister für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2010), **Sicherheit zuerst – Möglichkeiten zur Erhöhung der Straßenverkehrssicherheit in Deutschland**, Bundesministerium für Digitales und Verkehr, Deutschland
- [34] Dietrich, K., Rotach, M., Boppart, E. (1993), **Strassenprojektierung**, Eidgenössisch Technische Hochschule Zürich ETH, Institut für Verkehrsplanung, Transporttechnik, Strassen- und Eisenbahnbau IVT, Unterlagen zur Vorlesung Projektierung von Verkehrsanlagen GZ, 8. Auflage 1993, Zürich
- [35] FGSV (2013), **Richtlinien für die Anlage von Landstrassen RAL**, Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen, Köln
- [36] Islam, H. et al (2019), **Relationship of Accident Rates and Road Geometric Design**, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 357 (2019) 012040, doi: 10.1088/1755-1315/357/1/012040
- [37] Katzenstein, Y. (2016), **Linienführung von Strassen. Geschwindigkeit als Projektierungselement**, Berner Fachhochschule BFH AHB, Masterarbeit MSE, unveröffentlicht, Burgdorf
- [38] Massachusetts Highway Department 2006), **Project Development & Design Guide**, MASS Highway.
- [39] Berger, R. (2016), **Modelle zur Bewertung der Verkehrssicherheit von Landstraßen**, Technische Universität Dresden, Schriftenreihe des Instituts für Verkehrsplanung und Straßenverkehr.
- [40] Leutzbach, W., Zoellmer, J. 1988. **Zusammenhang zwischen der Verkehrssicherheit und den Elementen des Straßenentwurfs**, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung / Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 5, Bonn / Bad Godesberg.
- [41] Natzschka, H. (1996), **Strassenbau: Entwurf und Bautechnik**. Fachhochschule Stuttgart – Hochschule für Technik, B.G. Teubner Stuttgart, ISBN 3-519-05256-3
- [42] CEREMA (2016), **Fondamentaux de la conception routière. Les Souplesses offertes par les règles de conception**, Rapport de synthèse, Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement, Paris, France
- [43] Lippold, C. (1997), **Weiterentwicklung ausgewählter Entwurfsgrundlagen von Landstraßen**, Dissertation, Darmstadt: Technische Universität Darmstadt.
- [44] McFadden, J. & Elefteriadou, L. (2000), **Evaluating Horizontal Alignment Design Consistency of Two-Lane Rural Highways: Development of New Procedure**, Transportation Research Records: Journal of the Transportation Research Board, 1 Jan, pp. 9-17.
- [45] Baumgartner, F. (2014), **Spurverhalten von Motorfahrzeugen in Kurven: Zusammenhänge zwischen Spurtypen, Unfallgeschehen und Kurvengeometrie**, Eidgenössisch Technische Hochschule ETH, Institut für Verkehrsplanung, Transporttechnik, Strassen- und Eisenbahnbau IVT, Zürich
- [46] Schüller, H. et al (2016), **Massnahmen und Potenziale im Bereich Infrastruktur**, Forschungspaket 'Verkehrssicherheitsgewinne aus Erkenntnissen aus Datapooling und strukturierte Datenanalysen (VeSPA)', Teilprojekt 2-M, Forschungsprojekt SVI 2014/009 auf Antrag der Schweizerischen Vereinigung der Verkehringenieure und Verkehrsexperten (SVI), UVEK Bericht-Nr. 1598, Dezember 2016
- [47] SETRA (2006), **Comprendre les principaux paramètres de conception géométrique des routes**. Setra service d'Études techniques des routes et autoroutes, Sourdun, France.
- [48] Buck, M., Grau, N., Spacek, P. (2016), **Forschungspaket VeSPA: Synthesebericht**, Forschungsprojekt SVI 2012/001 auf Antrag der Schweizerischen Vereinigung der Verkehringenieure und Verkehrsexperten (SVI), UVEK Bericht-Nr. 1588, Dezember 2016
- [49] Dietze, M., Ebersbach, D., Lippold, CH., Mallschützke, K., Gatti, G., Wieczensky, A. (2008), **Safety Performance Function**. Schlussbericht zum RIPCORD-ISEREST-Projekt. <http://ripcord.bast.de>
- [50] Taylor, M., Baruya, A., Kennedy, J. (2002). **The relationship between speed and accidents on rural single carriageway roads**. Transport Research Laboratory, Report 511, ISSN: 0968-4107

- [51] Lippold, C. (1999), **Zur Geschwindigkeit V85 als Projektierungsgröße im Strassenentwurf**, Strassenverkehrstechnik Volume 43, Issue Number 1, ISSN: 0039-2219
- [52] PIARC (2022), **State of the art in road design standards. A literature review**, World Road Association, Task Force 4.1 Road Design Standards, www.piarc.org 2022R22EN
- [53] McLean, J. (1981), **Driver speed behaviour and rural road alignment design**. Traffic Engineering and Control Vol. 22, No. 4, pp. 208-211.
- [54] Lamm, R. et al (1988), **Possible design procedure to promote design consistency in highway geometric design on two-lane rural roads**, Transportation Research Record, No. 1195, pp. 111-122.
- [55] Krammes, R. et al (1995), **Horizontal alignment design consistency for two- lane highways**, Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation, Report FHWA-RD-94-034
- [56] Fitzpatrick, K. et al (2000), **Speed prediction for two-lane rural highways**, Federal Highways Administration, U.S. Department of Transportation, Report No. FHWA-RD-99-171
- [57] Misaghi, P., Hassan, Y. (2005), **Modeling Operating Speed and Speed Differential on Two-Lane Rural Roads**. Journal of ASCE, Vol. 131, No. 6, pp. 408-416.
- [58] AASHTO (2001), **A Policy on Geometric Design of Highways and Streets**, Fourth Edition, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C., ISBN: 1-56051-156-7
- [59] Ringgenberg, P. (2015), **Grundlagen zur Sicherheitstrassierung von Strassenverkehrsanlagen**, Bachelorthesis Bauingenieurwesen (unveröffentlicht), Berner Fachhochschule Architektur, Bau und Holz, Burgdorf
- [60] Lamm, R. et al (2007), **How to make Two-Lane Rural Roads safer**, Scientific Backround and Guide for Practical Application. Southampton, Boston: WIT Press, ISBN-10: 1-84564-1566, ISBN-13: 978-1-84564-156-6
- [61] Perco, P. (2008), **Influence of the general character of the horizontal alignment on the operating speed of two-lane rural road**. Transportation Research Record 2075, pp. 16-23.
- [62] Hu, W., Donell, E.T. (2010), **Models of acceleration and deceleration rates on a complex two-lane rural highway: Results from a nighttime driving experiment**. Transportation Research Part F 13 pp.397-408.
- [63] TRB (2011), **Modeling Operating Speed, Synthesis Report**, Transportation Research Board, Transportation Research Circular E-C151, Juli 2011, Washington, D.C.
- [64] Ministra właściwego ds transportu (2023), **Wytyczne projektowania odcinków dróg zamiejscowych, Część 2: Kształtowanie geometryczne WR-D-22-2**, Ministra właściwego ds. Transport, Warszawa, Polen
- [65] Brilon, W., Krammes, R. (1997), **Die neuen Entwurfsstandards für Außerortsstraßen im internationalen Vergleich**. Straßenverkehrstechnik, Heft 11, pp. 529-536, .
- [66] Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (2001), **Norme Funzionali e Geometriche per la Costruzione delle Strade**, Ispettorato Générale per la Circolazione E La Sicurezza Stradale, Italia
- [67] VSS-40100a (2019 (genehm. 1996)), **«Linienführung, Elemente der horizontalen Linienführung»**, Norm VSS-40100a, Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsleute VSS, Zürich
- [68] Mattar-Habib, C., Polus, A., Farah, H. (2008), **Further Evaluation of the Relationship between Enhanced Consistency Model and Safety of Two-Lane Rural Roads in Israel and Germany**, European Journal of Transport and Infrastructure Research EJTIR, Issue 8(4), December 2008, pp. 320-332, ISSN: 1567-7141
- [69] AGK Software Consulting GmbH (2024), **VESTRA INFRAVISION AutoCAD**, www.akgsoftware.de/docs/de/infravision/b61/acad/webhelp/topics/laengsschnitt_r_hohenplan_geschwindigkeitsband.html
- [70] Lamm, R., Mailaender, T., Psarianos, B. (1999) **Highway design and traffic safety engineering handbook**, McGraw-Hill, ISBN: 0070382956
- [71] Lippold, C. (2010), **Entwurf von Landstraßen und Autobahnen – Ausgewählte Meilensteine in der Entwicklung von Querschnittsgestaltung und Linienführung in der Bundesrepublik Deutschland nach 1949 bis zur Wiedervereinigung**, straße + autobahn, Heft 7/2010
- [72] Belopitov, I., Spacek, P. (1998), **Geschwindigkeit in Kurven**, Eidgenössisch Technische Hochschule Zürich ETH, Institut für Verkehrsplanung, Transporttechnik Strassen- und Eisenbahnbau (IVT), Forschungsauftrag 01/96 auf Antrag der Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS), UVEK Bericht-Nr. 420, Februar 1999
- [73] SN-640511b (1984), **«Griffigkeit, Bewertung»**, (ungültig) Schweizer Norm SN 640 511b, Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsleute, Zürich
- [74] Pilawa, N., (2022) **Schweizer Geschwindigkeitsmodell für Ausserortsstrassen**, Projektarbeit (unveröffentlicht), Berner Fachhochschule AHB, Burgdorf
- [75] Jacot, A., Lindenmann, H.P., Seiler, L. (2007), **Grundlagen zur Revision der Griffigkeitsnormen**, Forschungsauftrag VSS 1999/298 auf Antrag des VSS, SACRAG & Eidgenössisch Technische Hochschule Zürich ETH, IVT, Bundesamt für Strassen, Bericht Nr. 1202
- [76] Entwurf der Richtlinien für die Anlage von Landstrassen (RAL), Kirschbaumverlag, 1959

- [77] VSS-40525 (2019), «**Eigenschaften der Fahrbahnoberflächen, Anforderungen**», Norm VSS-40525, Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsstileute VSS, Zürich
- [78] Interview Jacot, A., (2023), **Entwicklung der Griffigkeitswerte und deren Berücksichtigung in der Norm VSS-40080b**, Interview M. Doerfel mit A. Jacot 16 01 2023.
- [79] Schiffmann, F. (2024), Informelles Gespräch zu Griffigkeit und Reibungskoeffizient, IMC - Infrastructure Management Consultants GmbH, Zürich
- [80] Brosi, M. (2024), Informelles Gespräch zu Schleppmomenten von Personenwagen, Kantonspolizei Bern
- [81] Vereinigung schweizerischer Strassenfachmänner (1941), Strassenbau-Normalien (ausgenommen Bergstrassen und Innerortsstrecken), Von der Baudirektoren-konferenz zur Anwendung empfohlen.
- [82] SNV-640080 (1969). «**Projektierungsgrundlagen, Ausbau- und Projektierungsgeschwindigkeit**», Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute VSS, Zürich
- [83] SNV-640081 (1969). «**Projektierungsgrundlagen, Projektierungsgeschwindigkeit in Kurven und Steigungen**», Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute VSS, Zürich
- [84] SNV-640092 (1972). «**Projektierung, Kontrolle, Geschwindigkeitsdiagramm**», Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute VSS, Zürich
- [85] SNV-640080a (1981) «**Projektierung Grundlagen, Geschwindigkeit als Projektierungselement**», Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute VSS, Zürich
- [86] Köppel, G., Bock, H. (1970), **Die Neufassung der Richtlinien für die Anlage von Landstrassen, Teil: Linienführung, Abschnitt: Entwurfselemente RAL-L-1, Ausgabe 1973**, Strasse und Autobahn, Bd. 4, S. 155–162, 1973
- [87] VSS-40138b (2019) «**Linienführung; Zusatzstreifen in Steigungen und Gefällen**», genehmigt 2004, Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsstileute VSS, Zürich
- [88] Bundesamt für Strassen (2020), **Auswirkungen des automatisierten Fahrens; Erkenntnisse und Massnahmen aus Sicht des ASTRA**, Forschungsprojekt ASTRA 2017/004, Bericht Nr. 1691, Bundesamt für Strassen ASTRA
- [89] Fehlberg, H. (2021) **Auswirkungen des automatisierten Fahrens, Erkenntnisse und mögliche Massnahmen**, Fachtagung Forschung SVI 6. September 2021
- [90] Berger, W. J., (2014), **Linienführung und Trassierung von Freilandstrassen in Österreich - der Stand der Dinge**. Strassenverkehrstechnik, 9.
- [91] Schweizerische Eidgenossenschaft (1979), „**Signalisationsverordnung vom 5. September 1979 (SSV)**“, SR 741.21, (Stand am 9. Juni 2020), Art. 23 Mindestgeschwindigkeit, www.admin.ch
- [92] Schweizerische Eidgenossenschaft (1958), „**Strassenverkehrsgesetz vom 19. Dezember 1958 (SVG)**“, SR 741.01, (Stand am 1. Januar 2020), Art. 32, www.admin.ch.
- [93] VSS-40110 (2020), **Linienführung, Elemente der vertikalen Linienführung**, Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsstileute VSS.
- [94] VSS-40040b (2019), **Projektierung, Grundlagen, Strassentypen**, genehmigt 1992, Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsstileute VSS, Zürich
- [95] VSS-40043 (2019), **Projektierung, Grundlagen, Strassentyp: Verbindungsstrasse**, Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsstileute VSS, Zürich
- [96] VSS-40041 (2019), **Projektierung, Grundlagen, Strassentyp: Hochleistungsstrassen**, Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsstileute VSS, Zürich
- [97] VSS-40042 (2019), **Projektierung, Grundlagen, Strassentyp: Hauptverkehrsstrassen**, Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsstileute VSS, Zürich
- [98] VSS-40044 (2019), **Projektierung, Grundlagen, Strassentyp: Sammelstrasse**, (genehmigt 1992), Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsstileute VSS.
- [99] VSS-40045, 2019. **Projektierung, Grundlagen, Strassentyp: Erschliessungsstrassen**, Zürich: Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsstileute VSS, Zürich
- [100] Bächtold, M., Graf, U., Schilling, H.R., Spacek, P. und D. Suter (1983), **Geschwindigkeit als Projektierungselement**, Strasse und Verkehr, Nr. 6, S. 191–197, Juni 1983
- [101] Wikipedia (2022), Hamburger Verständlichkeitskonzept. https://de.wikipedia.org/wiki/Hamburger_Verständlichkeitskonzept, Zugriff 10/2022
- [102] Koy, T., Spacek, P. (2003), **Geschwindigkeiten in Steigungen und Gefällen**, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich ETH, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme IVT, Forschungsauftrag Nr. VSS 1998/079 des Eidgenössischen Verkehrs- und Energiedepartements (UVEK)
- [103] Horat, M., Caprez, M., Seiler-Scherer, L. (2003), **Entwicklung der Griffigkeit von Strassenbelägen verschiedener Strassentypen in der Schweiz**, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich ETH, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme IVT, Forschungsauftrag 11/96 auf Antrag des VSS

-
- [104] Latuske, N., Puffe, E., Spacek, P. (2010), **Geschwindigkeiten in Steigungen und Gefällen, Überprüfung**, Forschungsauftrag ASTRA 2009/010, Bundesamt für Straßen ASTRA, Bericht Nr. 1303
- [105] Holland, M (2024) **Informelles Gespräch zum Entwurf einer homogenen Linienführung und deren Bewertung in Frankreich**, Cerema, Sourdun, Frankreich
- [106] Cerema (2022), **Design of Major Roads. Ordinary roads, assigned three-lane roads or interurban major roads**. Bron: CEREMA "022. Collection References. ISBN: 978-2-37180-672-6 (pdf), 978-2-37180-673-3 (printed), Frankreich, August 2022 (englischsprachige Ausgabe)
- [107] Bundesanstalt für Straßen (2024), **RAL – Die neuen Strassentypen für Landstrassen**, <https://www.bast.de/DE/Verkehrstechnik/Fachthemen/v1-strassentypen.html>
- [108] Zimmermann, M. (2022), **Informelles Gespräch zum Entwurf von Landstrassen**, Institut für Straßen- und Eisenbahnwesen, Karlsruher Institut für Technologie
- [109] Hartkopf, G. (2013), **Sicherheit durch funktionsgerechte Standardisierung von Landstraßen**, FGSV-Kolloquium 'Richtlinien für die Anlage von Landstraßen (RAL)', Köln
- [110] Gerster, B. (2021), **Informelles Gespräch zu 'elektronischer Fahrer und Projektierungsnormen'**, Berner Fachhochschule, Automobil- und Fahrzeugtechnik
- [111] Marchhart, C. (2010), **Analyse des Unfallgeschehens in Kreisbögen**, Diplomarbeit, Institut für Verkehrswesen, Departement für Raum, Landschaft und Infrastruktur, Universität für Bodenkultur Wien
- [112] Blumenfeld, T., Elvarsson, A., Schiffmann, F., Grund, C., Kempf, D., Balck, H., Bald, S. u. Hajdin, R. (2021), **Multi-kriterielle probabilistische Prognose der Zustandsentwicklung (ProZEnt). Ergebnisbericht zum Werkvertrag**, FFG-Programm: D-A-CH Kooperation Verkehrsinfrastrukturforschung. Berlin / Wien / Bern 2021
- [113] Rosauer, V., Buscham, B., Blumenfeld, T. (2017), **Überprüfung der Präzision des Seitenkraftmessverfahrens (SKM) – Ergebnisse der Vergleichsfahrt der Gütegemeinschaft Griffigkeitsmessungen**, Straße Und Autobahn 2, Kirschbaum Verlag, Bonn, pp. 110–116
- [114] PIARC (2019) **Setting Credible Speed Limits - Case Studies Report**, Technical Committee C.2 Design and Operation of Safer Road Infrastructure, Bericht 2019R26EN, www.piarc.org, World Road Association PIARC, Paris
- [115] Dumont, A.-G., Tille, M., (2019), **Verkehrswege**, 1ère édition, Presses polytechniques et universitaires romandes (EPFL Press), Lausanne
- [116] Ortiz, F. (2024), **Informelles Gespräch**, Fernando Ortiz Quintana, Professor für Bauinformatik, Digitalisierung und BIM (Berner Fachhochschule) /Dozent (ETH Zürich)
- [117] FIS (2022), **Entwurfsgeschwindigkeit**, Glossar Mobilität und Verkehr, Forschungs-Informations-System, beauftragt vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr, Köln
- [118] Schweizerische Eidgenossenschaft (1962), « **Verkehrsregelverordnung vom 13. November 1962 (VRV)** », SR 741.11, Art. 4, www.admin.ch.
- [119] Schmidl, S (2011), **Untersuchung des Fahrverhaltens in unterschiedlichen Kurvenradien bei trockener Fahrbahn**, Masterarbeit, Institut für Verkehrswesen, Departement für Raum, Landschaft und Infrastruktur, Universität für Bodenkultur Wien
- [120] Novovic, F. und Mart, C. (2016), **Trassieren und Visualisieren von Strassenzügen mit CAD**, Projektarbeit (unveröffentlicht), Berner Fachhochschule Architektur, Holz und Bau, Burgdorf
- [121] Affolter, P. und Murri, R. (2022), **Informelle Gespräche zu Verzögerungswerten**, Berner Fachhochschule, Technik und Informatik, Automobil- und Fahrzeugtechnik
- [122] Schweizerische Eidgenossenschaft (1979), „**Signalisationsverordnung vom 5. September 1979 (SSV)**“, SR 741.21, (Stand am 9. Juni 2020), Art. 22 Höchstgeschwindigkeit, www.admin.ch
- [123] Schweizerische Eidgenossenschaft (1962), „**Verkehrsregelnverordnung vom 13. November 1962 (VRV)**“, SR 741.11, (Stand am 1. Januar 2021), Art. 4a Allgemeine Höchstgeschwindigkeit; Grundregel, www.admin.ch
- [124] SN-640510b (1985), « **Griffigkeit, Messverfahren**», (ungültig) Schweizer Norm SN 640 510b, Schweizerischer Verband der Straßen- und Verkehrsfachleute, Zürich
- [125] FGSV (2023) **Merkblatt zur Anwendung der Entwurfsklassen der RAL an bestehenden Landstrassen (MERL)**, Ausgabe 2023, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen FGSV, Arbeitsgruppe Straßenentwurf, Köln

Projektabschluss

Formular 3 ARAMIS SBT als PDF (Das Formular einscannen, dann das PDF öffnen und dann mit dem Schnappschuss-Werkzeug (Fotoapparat) die Seiten markieren und dann hier einfügen).

 <p>Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra</p>	<p>Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK Bundesamt für Straßen ASTRA</p>
<p>FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK</p> <p>Formular Nr. 3: Projektabschluss</p>	
<p>erstellt / geändert am: <input type="text" value="Datum"/></p>	
<p>Grunddaten</p>	
Projekt-Nr.:	<input type="text" value="VSS_2020_239"/>
Projektstitel:	<input type="text" value="Geschwindigkeit als Projektierungselement; Überprüfung und Empfehlungen"/>
Enddatum:	<input type="text" value="30.11.2024"/>
<p>Texte</p> <p>Zusammenfassung der Projektresultate:</p> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 10px; min-height: 150px;"> <p>Das Ziel der Forschung besteht darin, die Norm VSS-40080b [1] hinsichtlich ihrer Aktualität sowie ihrer Anwendung und Handhabung in der Praxis zu überprüfen. Darauf aufbauend sind Grundlagen entweder zum Ersatz der Norm oder zu deren Revision zu erarbeiten. Das Forschungsprojekt konzentriert sich dabei auf Straßen ausserorts, welche nach fahrdynamischen Grundsätzen trassiert sind (ohne Einbezug von Hochleistungsstrassen). Die Forschung führte zu folgenden Resultaten:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Eignung der Geschwindigkeit als Projektierungselement: Die Forschung bestätigt, dass die Geschwindigkeit als Projektierungselement, wie es die Norm VSS-40080b vorsieht, grundsätzlich für die Entwurfspraxis geeignet ist. Den grundlegenden Prinzipien - Wahl eines angemessenen Ausbaugrads für einen Strassenzug sowie ein ausgewogenes Verhältnis der Elemente der Linienführung zueinander - wird in dieser Norm entsprechend Rechnung getragen. Es besteht jedoch ein Bedarf an weiteren Untersuchungen zu den zugrunde liegenden Annahmen, ohne dass das Modell selbst infrage gestellt wird. 2. Handlungsbedarf bei Anwendung und Handhabung der Norm: Des Weiteren belegen die Resultate, dass Handlungsbedarf hinsichtlich der Anwendung und Handhabung der Norm besteht. Insbesondere werden Geschwindigkeitsbegriffe oft missverstanden und ungenau oder falsch angewendet. Zudem wird das Geschwindigkeitsdiagramm, welches dazu dient, gefährliche Geschwindigkeitsdifferenzen beziehungsweise Geschwindigkeitsübergänge als Folge von Unstetigkeiten in der Trassierung zu erkennen, nicht so häufig eingesetzt, wie es sachdienlich wäre. Verschiedene Ursachen für diese Herausforderungen wurden identifiziert, darunter Unstimmigkeiten sowohl in der relevanten Literatur als auch in der Norm selbst. Es fehlen klare Anleitungen zur Konstruktion und Auswertung des Geschwindigkeitsdiagramms, was die praktische Anwendung erschwert. 3. Grundlagen und Empfehlungen zur Revision der Norm: Aufgrund der Erkenntnisse zur Aktualität der Norm und deren Anwendung und Handhabung in der Praxis wird eine Revision der Norm als sinnvoll erachtet und wird dringend empfohlen. Ziel dieser Revision ist es, die Verständlichkeit und Benutzerfreundlichkeit der Norm zu verbessern, um deren Anwendung zu fördern und die korrekte Umsetzung sicherzustellen. Der Forschungsbericht stellt die entsprechenden Grundlagen für diese Revision bereit und gibt Empfehlungen zur Implementierung. </div>	
<p>Forschung im Strassenwesen des UVEK: Formular 3</p>	
<p>Seite 1 / 3</p>	



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Straßen ASTRA

Zielerreichung:

Mit der Überprüfung der Norm VSS-40080b und der Erarbeitung der Grundlagen zu deren Revision wurden die Forschungsziele gemäss Aufgabenstellung erreicht. Es werden fundierte Antworten auf die gestellten Fragen geliefert, und klare Handlungsempfehlungen zur Revision der Norm gegeben.

Folgerungen und Empfehlungen:

Die Umsetzung der detaillierten Empfehlungen wird die Verständlichkeit und Handhabung der Norm deutlich verbessern und deren Anwendung in der Praxis erheblich fördern. Die Revision der Norm wird auch die Automatisierung von Geschwindigkeitsdiagrammen erleichtern, da exakte Vorgaben und präzise Anleitungen die Fehleranfälligkeit bei der Programmierung entsprechender Tools reduzieren. Insgesamt hat die Forschungsarbeit die Grundlage für eine bedeutende Verbesserung der Norm VSS-40080b geschaffen, wodurch ein wichtiger Beitrag zur Verkehrssicherheit auf den Schweizer Strassen geleistet wird.

Das Forschungsteam empfiehlt der Normierungs- und Forschungskommission NFK2.1 "Entwurf und Projektierung" des Schweizerischen Verbands der Strassen- und Verkehrs fachleute VSS, die Überarbeitung der Norm VSS-40080b auf Basis der in diesem Forschungsprojekt erarbeiteten Grundlagen und Empfehlungen umgehend anzugehen.

Publikationen:

- Schlussbericht (de) inklusive Zusammenfassung (de/fr/en)

Der Projektleiter/die Projektleiterin:

Name: Doerfel

Vorname: Marion

Amt, Firma, Institut: Berner Fachhochschule BFH, Institut für Infrastruktur und Umwelt IIU

Unterschrift des Projektleiters/der Projektleiterin:

04. August 2024



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Strassen ASTRA

FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

Formular Nr. 3: Projektabschluss

Beurteilung der Begleitkommission:

Beurteilung:

Le projet de recherche a permis de vérifier l'actualité, respectivement l'utilité, de la norme VSS 40 080b "Projet, généralités - La vitesse, base de l'étude des projets pour les projets routiers" dans laquelle le tracé est établi en tenant compte de la dynamique des véhicules. Il a également permis de déceler des lacunes d'interprétation notamment pour l'établissement du diagramme des vitesses ainsi que pour d'autres notions fondamentales grâce à un questionnaire en ligne.

La commission d'accompagnement estime que le projet de recherche répond à satisfaction aux objectifs fixés et elle souligne l'excellent travail effectué par l'équipe de recherche.

Umsetzung:

Le résultat de cette recherche permettra d'améliorer la base normative utile à la conception et à l'étude des projets routiers pour toutes les routes dont le tracé est établi en tenant compte de la dynamique des véhicules. La vitesse étant considérée comme l'une des principales causes d'accidents graves de la circulation, son évolution le long du tracé doit être évaluée correctement afin de concevoir un tracé homogène garant d'un degré de sécurité optimal.

weitergehender Forschungsbedarf:

En raison de l'évolution rapide des types de véhicules et des technologies, il convient de procéder à des analyses complémentaires et détaillées afin d'adapter, le cas échéant, les hypothèses du modèle relatif à la valeur de décélération ou à l'évolution de la vitesse dans les courbes. En outre, l'automatisation et la numérisation du diagramme de vitesse devraient être poursuivies. Il s'agit également de vérifier la bonne interprétation d'autres normes dans lesquelles les termes de vitesse ou de diagramme de vitesse sont utilisés.

Einfluss auf Normenwerk:

La norme VSS 40 080b adoptée en 1991 est à actualiser et à compléter sur la base des propositions du rapport de recherche. Cette révision est de la responsabilité de la commission VSS NFK 2.1.

Der Präsident/die Präsidentin der Begleitkommission:

Name: Stoppa

Vorname: Frédéric

Amt, Firma, Institut: Bundesamt für Strassen ASTRA Zentrale, Abteilung Strasseninfrastruktur West, Fachunterstützung

Unterschrift des Präsidenten/der Präsidentin der Begleitkommission:


 Stoppa Frederic LTV02Y
 11.08.2024
Info: admin.ch/esignature | validator.ch