

Die neuen Entwurfsstandards für Außerortsstraßen im internationalen Vergleich

von

Werner Brilon, Ruhr-Universität Bochum

Ray Krammes, Texas A & M University

Brilon, W.; Krammes, R.

Die neuen Entwurfsstandards für Außerortsstraßen im internationalen Vergleich.
Straßenverkehrstechnik, Heft 11, S. 529 – 536, 1997

Die Entwurfsstandards des Straßenwesens bestimmen das tagtägliche Arbeitsfeld der Straßen- und Verkehrsingenieure maßgebend. In den beiden vergangenen Jahren sind die wichtigsten Bestandteile des Richtlinienwerkes in Deutschland neu erschienen. Dies sind die RAS-L 1995 und die RAS-Q 1996. Das Ereignis gibt Anlaß, darüber nachzudenken, welches die Grundlagen der Richtlinienwerke sind. Bei den Änderungen ist es wichtig zu erkennen, was neue technische Erkenntnisse sind und was nur lediglich dem Zeittrend in diesen Neuausgaben entspringt. Vor allem ist auch zu überlegen: Wie betten sich unsere Richtlinien in das internationale Umfeld ein? Dieser Frage wird in diesem Artikel nachgegangen¹. Dabei gründen sich alle Antworten auf Ergebnisse des 1. Internationalen Symposiums on Geometric Design, das 1995 in Boston (USA) vom amerikanischen Transportation Research Board (TRB) veranstaltet wurde (Krammes e.a., 1995; Polus e.a., 1995; Hall e.a., 1996). Das nächste Symposium soll 1999 vom TRB in Zusammenarbeit mit der FGSV in Deutschland durchgeführt werden.

Die Richtlinien für den Straßenentwurf sind immer geprägt von neuen technischen Erkenntnissen und noch stärker von den planerischen und politischen Anforderungen der Zeit. In den 50er und 60er Jahren war der Neubau von Straßen mit hoher Leistungsfähigkeit und zusätzlichem Fahrkomfort vorrangig. In den 80er Jahren und den frühen 90er Jahren erhielt der Umweltschutz als wesentliches Ziel ein höheres Gewicht, und in unserer Zeit steht anscheinend die Sparsamkeit im Vordergrund. Zu allen Zeiten war aber die möglichst hohe Verkehrssicherheit das wesentliche Ziel der Entwurfsrichtlinien. Wenn wir in Deutschland von Entwurfsstandards sprechen, meinen wir damit im wesentlichen die Richtlinien RAS-Q für die Querschnitte, RAS-L für die Linienführung und RAS-K für die Knotenpunkte. Aber auch die EAE (1985/95) für Erschließungsstraßen, die EAHV für Hauptverkehrsstraßen sowie die Richtlinien für Fußgänger- und Fahrradverkehrsanlagen gehören an zentraler Stelle mit dazu.

Richtlinien für Linienführung

Bei der Linienführung steht allen Überlegungen voran die Geschwindigkeit, die für die Herleitung der Elemente der Linienführung maßgebend ist. Hier haben wir in Deutschland eine Zweiteilung: die Entwurfsgeschwindigkeit und die sogenannte V_{g5} . Dabei ist der Unterschied zwischen beiden Arten der Trassierungsgeschwindigkeiten nur schwer zu erklären.

¹Der Artikel knüpft damit an frühere internationale Vergleiche von Lamm e.a. (1992) und Durth, e.a. (1991) an.

Die Entwurfsgeschwindigkeit ermöglicht eine gleichmäßige Trassierung. Sie soll wirtschaftliche und umweltangepaßte Trassierungen erreichen. Zusätzlich soll sie der Bedeutung der Straße im Netz gerecht werden. Sie wird aber auch benutzt, um aus fahrdynamischen Überlegungen Mindestwerte für Elemente der Linienführung herzuleiten wie z.B. die Mindestradien von Kurven. Die V_{85} soll dagegen das Fahrverhalten von schnellen, freifahrenden PKW auf nasser und sauberer Straße charakterisieren. Sie wird in Deutschland vornehmlich zur Herleitung sicherheitsrelevanter Entwurfsparameter verwendet.

Die Ermittlung der beiden Geschwindigkeiten nach der neuen RAS-L 95 hat sich gegenüber früher leicht verändert. Die Entwurfsgeschwindigkeit V_e wird nach wie vor (aus Tabelle 2 der RAS-L) in Abhängigkeit von der Kategorie und sonstigen Entwurfsmerkmalen der Straße (z.B. dem Querschnitt und der Knotenpunktart) hergeleitet. Hier hat sich von 1984 bis 1995 keine Änderung ergeben. Dagegen ist die Ermittlung der V_{85} gegenüber 1984 verändert. Für zweibahnige Straßen werden nach wie vor pauschale Annahmen über die V_{85} getroffen. Für einbahnige Straßen enthielt die RAS-Q 1984 Kurven von Lamm (1973). An deren Stelle sind neue Kurven von Durth, Lippold (1996) ermittelt worden. Dabei wird nach dem Neubau und dem Umbau von einbahnigen Straßen unterschieden. In allen Fällen wird bei der V_{85} nicht berücksichtigt, daß Verkehrsteilnehmer unzulässig hohe Geschwindigkeiten fahren. Alle Formulierungen im Zusammenhang mit der V_{85} verdeutlichen: Der Richtliniengeber hat hier bei der Festlegung der V_{85} erhebliche Ungewißheiten in Kauf genommen. Eine realistische Ermittlung der V_{85} nach den Richtlinien ist eher als fraglich anzusehen. Fraglich ist vor allem: Warum werden die einen Entwurfselemente mit V_e und die anderen mit V_{85} bemessen? Es gibt keine zwingenden Gründe, diese zweifache Entwurfsgeschwindigkeit in Zukunft beizubehalten.

Wie wird die Frage einer zweigeteilten Entwurfsgeschwindigkeit im Ausland beantwortet? Eine Umfrage in 18 Ländern im Jahre 1995 ergab, daß 11 Länder von einer einheitlichen Entwurfsgeschwindigkeit ausgehen. 7 Länder haben dagegen eine zusätzliche Geschwindigkeit zur Prüfung des Entwurfs. Durch diese zusätzliche Prüfgröße soll verhindert werden, daß an einzelnen Stellen der Straße deutlich schneller als mit V_e gefahren wird und daß deshalb aufeinander folgende Abschnitte zu große Geschwindigkeitsunterschiede aufweisen. Die zweite Geschwindigkeit ist dann eine reine Prüfgröße zur Untersuchung des Entwurfs auf Diskrepanzen. Sie dient nicht zur Festlegung von Parametern des Straßenentwurfs. In Deutschland steht dagegen bei der Anwendung der zweiten Entwurfsgeschwindigkeit V_{85} auch die Bemessung von Entwurfselementen im Vordergrund. Dadurch tritt in der RAS-L eine Vermischung der beiden Geschwindigkeitsbegriffe ein, die schwer zu verstehen ist und die auch für den Insider zunehmend schwerer zu begründen ist.

Um die weitere Verwendung der Geschwindigkeit zu verstehen, müssen wir uns ein wenig mit Fahrdynamik befassen. Wir betrachten zunächst die Dynamik in Längsrichtung, d.h. tangential zur Fahrtrichtung. Für die Linienführung interessieren uns dabei nur die Bremsvorgänge des Fahrzeuges. Bild 1 veranschaulicht die angreifenden Kräfte. Hier gilt bekanntlich die Grundgleichung: Die maximale Bremsverzögerung ist:

$$b_{\max}(v) = \left[f_{T,\max}(v) + \frac{s}{100} \right] \cdot g + \frac{W_L(v)}{m}$$

mit

b_{\max}	=	maximale Verzögerung in Abhängigkeit von der der Geschwindigkeit	
v	=	Geschwindigkeit	(m/s)
$f_{T,\max}(v)$	=	Gleitreibungsbeiwert in Fahrtrichtung	(-)
s	=	Gradientenneigung	(%)
		> 0 : Steigung	
		< 0 : Gefälle	
g	=	Erdbeschleunigung = 9.81	(m/s ²)
$W_L(v)$	=	Luftwiderstand	(N)
m	=	Masse	(kg)

Der Luftwiderstand trägt nur geringfügig zum Bremsen aus hoher Geschwindigkeit bei. Er wird auch in einigen anderen Ländern - jedoch nicht in allen - berücksichtigt. Der Luftwiderstand ist in Deutschland 1995 gegenüber den alten Richtlinien geringfügig verringert worden, um die geänderten Karosserieformen der PKW zu berücksichtigen.

Entscheidend für das Bremsvermögen ist also die Reibung ($f_{T,\max}$) zwischen Reifen und Straße. Hier gibt es eine verblüffende grundsätzliche Übereinstimmung zwischen den Ländern: Maßgebend für die Trassierung ist immer die nasse Straße. Maßgebend ist nirgends der Durchschnitt der Straßen, sondern immer ein Kennwert für besonders reibungsarme Straßenbeläge, also für relativ schlechte Bedingungen. Maßgebend ist immer das blockierte gleitende Rad. Bild 2 veranschaulicht den gedanklichen Hintergrund. Sie stammt aus Messungen der TU Berlin, die von Lamm, Herring (1970) in einer Form dargestellt wurden, wie sie den Richtlinien RAS-L von 1984 zugrunde lag. Die Abbildung soll verdeutlichen: Es wird der Gleitbeiwert verwendet, der von 95 % aller Straßenbeläge überschritten wird. D.h. nur 5 % der Straßen haben eine geringere Reibung. Es wird klar, daß dieser Gleitbeiwert bei nasser Straße sehr deutlich von der Geschwindigkeit abhängt. In Bild 3 wird dieser Unterschied noch deutlicher. Der internationale Vergleich zeigt zugleich, daß auch die neue in Deutschland verwendete Linie in anderen Ländern (Frankreich, USA, Österreich und Schweiz) noch überschritten wird. Dies bedeutet, daß diese Länder entweder bessere Straßenbeläge besitzen oder - was eher anzunehmen ist - andere Meßergebnisse festgestellt werden. Ein anderer Grund - der aber hier nicht unterstellt wird - könnte sein, daß in diesen Ländern geringfügig geringere Sicherheitsreserven verwendet werden. Dadurch, daß die Linie der RAS-L 95 jedoch über der von 1984 liegt, werden bisher vorhandene Sicherheitsmargen in Deutschland zurückgenommen.

Woher kommen die Unterschiede in den deutschen Richtlinien? Die ursprünglichen Messungen der Griffigkeit auf nasser Straße stammen aus den 60er und 70er Jahren. Sie wurden mit einem Phoenix-Diagonal-Meßreifen durchgeführt. Später ist ein PIARC-Gürtelreifen entsprechend einer internationalen Konvention im Rahmen der PIARC verwendet worden (Einzelheiten: vgl. Köppel, 1984). Die Messungen und Auswertungen für diesen neueren Reifen durch die TU Berlin fanden bis 1980 statt. Allerdings sind diese Ergebnisse in der RAS-L 1984 noch nicht verwendet worden (vgl. Köppel, 1984). Bild 3 zeigt, daß trotz internationaler Normung des Meßreifens die einzelnen Länder

unterschiedliche zulässige Kraftschlußbeiwerte verwenden. Lamm u.a. (1992) schlagen vor, einfach eine gemittelte internationale Linie zu verwenden (vgl. Bild 3). Dem hat sich der deutsche Richtliniengeber nicht angeschlossen. Die Abbildung verdeutlicht aber, daß - verglichen mit anderen Ländern - die neue Linie für Deutschland noch in durchaus niedrige - d.h. auf der sicheren Seite liegenden - Bereiche fällt.

Diese Reibungsbeiwerte werden nun umgerechnet in Anhaltewege. Bild 4 zeigt die Anhaltewege nach der alten und der neuen RAS-L für ebene Streckenabschnitte. Als Folge der erhöhten Gleitreibungsbeiwerte gehen die somit unterstellten Anhaltewege der RAS-L 1995 gegenüber den alten Werten von 1984 naturgemäß zurück.

Die grundlegende Sicherheitsphilosophie der Richtlinie für die Linienführung lautet nun seit alters her: Die Sichtweite des einzelnen fahrenden Fahrers (d.h. ohne Vordermann) muß stets so groß sein wie der Anhalteweg bei Nässe. Dieses Entwurfsprinzip findet weitgehend auch Anwendung in der Rechtsprechung. Aus diesem Grundkonzept leiteten sich nun verschiedene geometrische Abmessungen der Entwurfselemente her.

Entwurf im Lageplan

Genauso wichtig wie in Längsrichtung ist die Fahrdynamik in Querrichtung. Hier müssen die Querneigung und die Reibung quer zur Fahrtrichtung gemeinsam der Fliehkraft entgegenwirken und das Auto daran hindern, seitlich wegzurutschen. Die Fahrdynamik der Richtlinien aller Länder behandelt hierbei das Auto wie einen Punkt. Berücksichtigt werden weder die Umlagerung der Last bei der Kurvenfahrt auf die äußeren Räder und der dadurch hervorgerufene starke Beitrag der äußeren Räder zu den haltenden Kräften, noch die Unterschiede zwischen Vorder- und Hinterachse. Ansätze hierzu sind von Herring (1977) in seiner Dissertation vorgeschlagen worden und von Dieterle (1982) weiter untersucht worden. Aber diese zusätzliche Genauigkeit erfordert so komplizierte und aufwendige Messungen und Auswertungen, daß dies Konzept bisher noch nicht so recht umsetzbar ist. Hier müßte auch die Vielfalt der verschiedenen Fahrwerkkonstruktionen bei Personenkraftwagen und großen Nutzfahrzeugen bedacht werden. Andererseits kann man auf diese Genauigkeit für die Praxis wohl auch verzichten, weil für die Bemessung nicht eine rallye-artige Raserei angesetzt wird, sondern eine durchaus noch moderate Fahrweise, bei der dieser Aspekt der Kraftverteilung auf die einzelnen Räder im allgemeinen für nicht zu große Abweichungen von der einfachen Betrachtungsweise sorgt.

Der mindestens erforderliche Kurvenradius hängt dann nach der folgenden Gleichung von der Querneigung q und der Reibung quer zur Fahrtrichtung bei nasser Straße ab.

$$R_{\min}(v) = \frac{v^2}{127 \cdot (f_{R,\max}(v) + q_{\max})}$$

mit

$R_{\min}(v)$	=	minimaler Kurvenradius	(m)
v	=	Geschwindigkeit	(m/s)
$f_{R,\max}$	=	maximal ausgenutzter radialer Kraftschlußbeiwert	(-)

$$q_{\max} = \text{Querneigung (absolut)} \quad (-)$$

>0: Neigung zur Innenseite

Nun hängen aber die maximal verfügbaren Reibungskräfte in Längsrichtung und in Querrichtung voneinander ab. Dies wird über den sogenannten Reibungskreis ausgesagt (Bild 5). Dieser bedeutet: Die verfügbare Querreibung ist dann groß, wenn in Fahrtrichtung wenig Reibung beansprucht wird und umgekehrt. Oder anders ausgedrückt: Ganz gleich, in welcher Richtung das Rad gleitet, der Reibungswiderstand in Richtung der Bewegung ist ungefähr gleich groß. Dennoch gibt es geringe Unterschiede. Die Abbildung sagt aus: In Querrichtung ist der maximale Reibungskoeffizient 0,925 mal dem maximalen Längsreibungskoeffizienten. Dies gilt allerdings nur für den verwendeten Meßreifen in genau dieser Form. Im Einzelfall können je nach Reifentyp die Verhältnisse auch geringfügig anders sein. Das in der Abbildung angegebene Beispiel bedeutet außerdem: Wenn von der verfügbaren Seitenreibung 50 % in Anspruch genommen werden, verbleiben in Längsrichtung immer noch 87 % der maximalen Reibung. Demnach kann auch bei einer Inanspruchnahme der verfügbaren Reibungen in Querrichtung Notfall noch beinahe die volle Bremsleistung in Anspruch genommen werden. Das dargestellte Beispiel liegt sowohl der alten als auch der neuen RAS-L zugrunde.

Der Anteil der ausgenutzten Querreibung hat sich von 1984 bis 1995 nicht verändert. Die neue Regelung ist jedoch einfacher und rigoroser geworden. Sie besagt, daß auf allen Straßen, für die die RAS-L 1995 gilt, bis zu 50 % der verfügbaren Querreibung in Anspruch genommen werden können (vgl. Beispiel in Bild 5).

Bild 6 zeigt einen internationalen Vergleich. Zunächst wird der Anstieg der ab 1995 in Deutschland zulässigen Querreibungsbeiwerte deutlich. Es zeigt sich, daß z.B. Japan noch niedrigere Werte ansetzt. In gleichem Umfange gibt es jedoch auch Länder, die höhere Querreibungswerte zulassen. Auch hier befindet sich die neue deutsche Regelung etwa im Mittelfeld des internationalen Vergleichs.

Aus diesen Werten der maximal ausgenutzten Seitenreibung folgt nun der minimale Kurvenradius (Bild 7). Das Bild verdeutlicht, daß der minimale Kurvenradius als Konsequenz der vorher erklärten Festlegungen in Deutschland von 1984 bis zur RAS-L 1995 geringer geworden ist. Wir erkennen aus diesem internationalen Vergleich aber erneut, daß die in Deutschland zulässigen Kurven auf den Straßen keineswegs die engsten weltweit sind. Vielmehr liegen die Mindeststradien eher an der Obergrenze des internationalen Spektrums.

Zur Herleitung der Minimalradien wird selbstverständlich die maximal zulässige Querneigung benötigt, weil diese beim Mindestradius angewandt wird. Bild 8 zeigt die verschiedenen Obergrenzen. Die Länder sind dabei gestaffelt nach der maximal zulässigen Querneigung aufgeführt. In Deutschland ist seit der RAS-L 1995 ein einheitlicher Höchstwert von 8 % definiert worden. Damit liegt Deutschland an der oberen Grenze der verglichenen Länder. Die Länder mit einer noch höheren zulässigen Querneigung (bis zu 12 %) haben entweder überhaupt kein winterliches Wetter oder sie lassen diese Höchstwerte nur in Regionen ohne Frostwetter zu.

Dennoch stellt sich die Frage, ob diese Obergrenze von 8 % tatsächlich gerechtfertigt ist. Sie wird angesetzt, um das Abrutschen eines stehenden Fahrzeugs zur Kurveninnenseite bei extremen Glatteisverhältnissen im Stand zu verhindern. Es ist aber nicht klar, inwieweit diese Überlegung sachgerecht ist. Wie kommt überhaupt das Fahrzeug bei spiegelglattem Eis an diese Stelle hin, um

dann ausgerechnet hier anzuhalten ? Es wäre zu überlegen und ggf. zu erforschen, ob nicht in extremen, engen und gefährlichen Kurven unter definierten Voraussetzungen auch größere Querneigungen zur Abwendung von Fahrurfällen zugelassen werden können.

Die bisherigen Ausführungen zeigen, daß die neuen RAS-L stärker an die Grenze der technischen Gegebenheiten herangehen als die Vorläufer-Richtlinien. Es könnte sich somit die Frage stellen, ob dabei eventuell Risiken entstehen. Die Antwort darauf lautet eindeutig: nein. Als Sicherheitsreserven stehen zur Verfügung:

- 95 %-Linie des Gleitreibungsbeiwertes; d.h. auf den meisten Straßen kann in Wirklichkeit schärfer gebremst werden, als die Richtlinien dies unterstellen.
- Gerechnet wird mit dem blockierten Rad. Ein mit optimalem Schlupf gebremstes Rad (z.B. Antiblockiersystem) vermag eine stärkere Bremsverzögerung zu erreichen.
- Begrenzte (50 %) Ausnutzung der möglichen Gleitreibung in Querrichtung.

Eine Besonderheit der deutschen Richtlinien ist die sogenannte Relationstrassierung für Straßen der Kategorie A. Damit ist gemeint: Die Krümmungsradien aufeinanderfolgender Kreisbogen sollen ein bestimmtes Verhältnis einhalten. Diese Regeln sind auf der Basis einer Untersuchung von Durth, Lippold (1996) neu und etwas großzügiger gefaßt worden. Es gibt nur noch zwei Bereiche (gut und brauchbar). Dabei ist der brauchbare Bereich etwas weiter gefaßt als in der RAS-L 1984. Es hat sich aber gezeigt, daß bei der Folge enger Radien am ehesten Risiken eintreten. Deshalb sind hier in den neuen Richtlinien Toleranzen zurückgenommen worden. Der Richtliniengeber der RAS-L 1995 und sonstige Experten in Deutschland sind überzeugt: Die Relationstrassierung ist der entscheidende Schlüssel zu einer sicheren Straßenplanung. Die Relationstrassierung ist der eigentliche Ersatz für die in anderen Ländern benutzte zweite Entwurfsgeschwindigkeit, die als Prüfgröße für den Entwurf benutzt wird (vgl. oben).

Ein interessanter Aspekt dieses internationalen Vergleichs ist der Gebrauch von Übergangskurven zwischen Gerade und Kreisbogen oder zwischen Kreisbogen unterschiedlicher Ausrichtungen und Radien. Hier zeigt der internationale Vergleich, daß in dieser Hinsicht inzwischen weitestgehend Übereinstimmung besteht: Die Klotoide hat sich international durchgesetzt. Sie ist in beinahe allen Ländern in einer vergleichbaren Regelung wie in der RAS-L eingeführt.

Entwurf im Höhenplan

Bevor wir auf Einzelheiten des Höhenplans eingehen, sollten wir uns kurz in Erinnerung rufen, welche Sicherheitsphilosophie hinter der Bemessung von Kurven und Wannens steckt. Die Bemessung von Wannens richtet sich nach vier Aspekten (Durth, Levin, 1990):

- Unter querenden Brücken sollte bei einer lichten Höhe von 4,5 m eine ausreichende Anhaltesicht bestehen.
- Die Sicht bei Dunkelheit, die außerorts nur durch das Scheinwerferlicht des eigenen Fahrzeugs gewährleistet wird, soll beim Befahren von Wannens nicht zu stark eingeschränkt werden.
- Gestalterische Aspekte: Eine zu eng gestaltete Wanne führt zu einem unbefriedigenden Erscheinungsbild der Straße.
- Die Vertikalbeschleunigung beim Befahren der Wanne soll aus Gründen der Annehmlichkeit für die Fahrzeuginsassen unter $0,5 \text{ m/s}^2$ bleiben.

Unter diesen Gesichtspunkten ergibt sich aufgrund der oben dargestellten geringeren Haltesichtweite auch bei den Mindesthalbmessern der Wannens eine Verringerung für die RAS-L 1995 gegenüber der RAS-L 1984. Bild 9 zeigt die beiden Kurven im internationalen Vergleich.

Bei der Bemessung von Kuppen ist die Sicherheitsphilosophie von 1984 auf 1995 nicht verändert worden. Sowohl die angesetzte Höhe für das Auge des PKW-Fahrers über der Fahrbahn ($1 \text{ m} = 2 \%$ Percentile; Mittelwert rd. $1,10 \text{ m}$; nach Durth e.a., 1982). Auch die Zielpunkthöhe ist unverändert. Sie beträgt bei einer Entwurfsgeschwindigkeit von 60 km/h 0 m ; d.h. ein Ölfleck auf der Fahrbahn soll dann erkennbar sein. Bei hoher Geschwindigkeit von z.B. 120 km/h wird nur angestrebt, einen Gegenstand von wenigstens $0,45 \text{ m}$ Höhe so rechtzeitig zu erkennen, daß vor ihm angehalten werden kann. Der Verzicht auf niedrigere Zielpunkthöhen ist deshalb gerechtfertigt, weil bei hoher Geschwindigkeit über die Länge des Anhalteweges hinweg ein kleineres Hindernis vom Fahrer wegen des begrenzten Sehvermögens gar nicht wahrgenommen werden kann, zumal da alle Berechnungen für den Zustand der nassen Fahrbahn gelten (hier ist durch Sprühfahnenbildung vielfach nur eine deutlich geringere Sichtweite gegeben). Der internationale Vergleich (vgl. Bild 10) zeigt erneut, daß die Kuppenhalbmesser sich in der RAS-L von 1984 bis 1995 verringert haben. Im Vergleich zu anderen Ländern liegen die in Deutschland angewandten Werte aber immer noch besonders hoch.

Als wesentliche Neuerung der RAS-L 95 ist die differenzierte Kuppenbemessung nach Durth, Levin (1990) anzusehen. Dieses Prinzip besagt: Sichtweiten zwischen der halben und der vollen Überholstrecke sollen durch die Wahl des Kuppenhalbmessers vermieden werden. Auf diese Weise sollen Kraftfahrer gar nicht erst in Versuchung gebracht werden, bei begrenzter Sichtweite Überholversuche zu starten. Von dieser Neuerung wird für Landstraßen ein entscheidender Sicherheitsgewinn erwartet. Dies ist in der RAS-L bisher verbindlich nur für Kuppen geregelt. Kritische Sichtweiten, die zu riskanten Überholmanövern animieren könnten, gibt es aber auch in Abhängigkeit von der horizontalen Trassierung. Dazu gibt die RAS-L 1995 nur einige Hinweise. So können hier Überholverbote durch Beschilderung sinnvoll sein. In den englischen Richtlinien z.B. wird sowohl an Kuppen als auch in Kurven dieser kritische Sichtweitenbereich systematisch verboten. Hier stellt sich die Frage, ob in der Praxis auch in horizontalen Kurven von Landstraßen in diesem Sinne verstärkt auf Überholverbote (Zeichen 276 oder Fahrstreifenbegrenzung, Zeichen 295 StVO) geachtet werden soll.

Die Richtlinien der Linienführung haben natürlich noch sehr viel mehr Aspekte. Dazu gehören die Querneigungsverwindung, negative Querneigung oder die Überholstrecke. Auf diese Details wird hier nicht eingegangen. Festzuhalten bleibt aber: Die Grundlage der Trassierung nach RAS-L ist nicht etwa eine exakte Beschreibung der Fahrdynamik der Fahrzeuge. Grundlage sind vielmehr fahrdynamisch begründete, aber stark vereinfachte Modelle, für die im Konsens der Experten Vorgaben gegeben werden. Dies sind Vorgaben, die vor allem von dem Bestreben zur Erhaltung der Verkehrssicherheit getragen sind. Neben diesen fahrdynamischen Überlegungen sind aber die praktischen Erfahrungen mit den verschiedensten realisierten Lösungen entscheidende Eingangsgrößen für die in den Richtlinien getroffenen Regelungen.

In diesem Vergleich zeigt sich auch, daß sich die neue RAS-L 1995 ganz gut in die internationale Sicht einpaßt. Sie liegt - im Zweifelsfall - nach wie vor eher auf der sicheren Seite. Vergleichsweise überzogene Sicherheitsvorstellungen der bisherigen Richtlinien sind aber zurückgenommen worden. Dies wird der landschaftlich angepaßten Trassierung und der Einsparung von Investitionsmitteln zugute kommen. Die Unterschiede zwischen Straßen, die nach alter (RAS-L 84) oder neuer Richtlinie (RAS-L 95) geplant sind, werden aber so begrenzt sein, daß sie dem Kraftfahrer kaum ins Auge fallen werden.

Querschnittsgestaltung

Ähnliche internationale Vergleiche lassen sich natürlich auch für die Gestaltung der Straßenquerschnitte anstellen. Bild 11 zeigt die Fahrstreifenbreite auf Autobahnen in verschiedenen Ländern. Dargestellt ist jeweils der obere sowie der untere zugelassene Wert. Wir sehen, daß Deutschland sich mit einer Fahrstreifenbreite von 3,50 bis 3,75 m (nach RAS-Q 1996) im Mittelfeld bewegt. Verglichen mit den großen europäischen Nachbarn liegt Deutschland jedoch eher an der oberen Grenze. Die Reduzierung der Fahrstreifenbreite auf 6-streifigen Autobahnen auf 3,50 m, die in der RAS-Q 96 festgeschrieben wird, liegt also durchaus im Trend.

Völlig außerhalb des Trends liegen die deutschen Richtlinien jedoch bei den grünen Bereichen der Straße. Bild 12 zeigt die Bankettbreite an Autobahnen, die in Deutschland nur 1,50 m beträgt. Damit liegen die deutschen Werte an der Untergrenze des internationalen Standards. Die meisten anderen Länder verwenden deutlich höhere Bankettbreiten an Autobahnen.

Bild 13 zeigt die gleichen Verhältnisse für die Bankettbreiten an Landstraßen. Hier liegen die deutschen Regelungen etwa im Mittelfeld. Der hier für Deutschland geltend gemachte Wert von 2,50 m wird nur in Ausnahmefällen (Querschnitt 2 + 1) auf einer Straßenseite angewandt.

Bild 14 zeigt den ähnlichen Vergleich für die Mittelstreifenbreite auf Autobahnen. Auch hier verlangen die deutschen Richtlinien den offensichtlich geringstmöglichen Wert von nur 3,50 m. Andere Länder gehen über diesen Wert deutlich hinaus. Dies liegt nicht daran, daß es sich dabei stets um Länder mit zuviel freiem Raum handelt - im Gegenteil (z.B. Niederlande und Japan)!

Die Gründe für die im Ausland verwandten größeren Grünbereiche an den Straßen liegen offensichtlich in einer so erreichbaren günstigen Einpassung der Straße in die Landschaft. Maßgebende Gründe sind aber auch eine höhere Sicherheit für die Verkehrsteilnehmer. So kann z.B. bei sehr breiten Mittelstreifen eine befriedigende Sicherheit auch ohne passive Schutzeinrichtungen

hergestellt werden (vgl. auch Sichtfeldbetrachtungen der RAS-L 95, Anhang 10). Insbesondere wird aber im Ausland (z.B. USA) das Prinzip der "forgiving roadside" angewandt, was soviel bedeutet: Wenn ein Fahrer von der regulären Fahrbahn abkommt, wird er nicht gleich mit dem Tode bestraft. Wenn man neuere Erkenntnisse über Baumunfälle in Deutschland betrachtet, (GdV, 1997; ADAC, 1997), gelangt man zu dem Eindruck, daß die deutsche Praxis hier eher das Gegenteil der im Ausland angewandten Prinzipien akzeptiert. U.U. ergeben sich daraus auch in Zukunft Konsequenzen für die RAS-Q, die beim Neubau aus einem möglicherweise falsch verstandenen Naturschutzgedanken Bäume im Abstand von 4,50m zum Fahrbahnrand zuläßt. Im Straßenbestand sind außerorts Bäume sogar unmittelbar am Fahrbahnrand durchaus üblich.

Ähnlich einseitig sind die Regelungen für die Böschungsneigung. Mit 1:1.5 geben die deutschen Richtlinien die im internationalen Vergleich steilsten Böschungen an Straßen vor.

Wenn man also einen internationalen Trend im Bereich der Querschnitte ausmachen will, so lautet der: Es gibt auf dem internationalen Hintergrund keinen Anlaß, die eigentliche Fahrbahn in Zukunft wieder breiter zu gestalten. Mit den getroffenen Verringerungen liegt die RAS-Q 1996 durchaus im internationalen Trend. Der internationale Trend sagt aber auch: Die nichtbefahrbaren Flächen der Straßen wie Randstreifen, insbesondere aber Bankette und Mittelstreifen, können durchaus

großzügiger dimensioniert sein. Inwieweit derartige Überlegungen auch in Deutschland in Zukunft in Richtlinien einfließen, wird die weitere Diskussion ergeben.

Am Ende läßt sich eine eigentlich verblüffende Feststellung treffen: Die Richtlinienwerke aller Länder weisen bei dem Entwurf von Straßen keine grundsätzlichen Unterschiede auf. Wenn Abweichungen bestehen, so liegen diese eher im Detail und in der formalen Darstellung und Einbindung in die jeweilige Normung des Landes. Abgesehen von diesen formalen Details und begrenzten Unterschieden bei den festgelegten Maßen kann es also gar nicht so schwer sein, einen international gültigen Standard der Linienführung zu entwickeln. Es ist verwunderlich, daß es dazu bisher noch keine starken administrativen Initiativen gibt, etwa auf europäischer Ebene.

Literatur:

ADAC (1997):

Baum und Straße.

Hrsg.: ADAC, Reihe Verkehrstechnik Fachgespräch 4

Dieterle, K. (1982):

Fahrzeugverhalten auf nasser Fahrbahn.

Veröffentlichungen des Instituts für Straßenbau und Eisenbahnwesen der Universität Karlsruhe, Heft 26

Durth, W.; Lippold, Ch. (1996):

Anpassung der Entwurfsrichtlinien für die Linienführung (RAS-L1 1984) an neuere Entwurfsrichtlinien.

Forschungsbericht FE G 2.2/91 an das Bundesverkehrsministerium.

Durth, W.; Levin, C. (1990):

Differenzierte Kuppenbemessung.

Forschungsbericht FE 02.127 G88E an das Bundesverkehrsministerium.

Durth, W.; Körner, G.; Manns, K. (1982):

Überprüfung von fahrdynamischen Ausgangswerten der RAL-L.

Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 365

Durth, W.; Dengler, E.; Ferrero, T. (1991):

Literaturlauswertung "Linienführung" und "Querschnitt".

Bericht für die Bundesanstalt für Straßenwesen, TH Darmstadt

GDV (1997):

Unfälle mit Hindernissen am Fahrbahnrand.

Gesamtverband der deutschen Versicherungswirtschaft (GDV),

Institut für Straßenverkehr, Köln

Hall, L.E.; Powers, R.D.; Turner, D.S.; Brilon, W.; Hall, J.W. (1996):

Overview of Cross Section Design Elements.

Unveröffentlichtes Papier, vorgetragen beim Transportation Research Board Annual Meeting, Jan. 1996, Washington D.C.

Herring, H.E. (1977):

Simultane Erfassung der Kraftübertragung zwischen Fahrzeug und Fahrbahn.
Dissertation Universität Karlsruhe

Köppel, G. (1984):

Entwicklung einer Bemessung von Kurvenradius, Kurvenquerneigung und Haltesichtweiten in Abhängigkeit von der Fahrbahngeometrie.
Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 429

Krammes, R.A.; Garnham, M.A. (1995):

Review of Alignment Design Policies Worldwide.
International Symposium on Highway Geometric Design Practices, Boston

Lamm, R. (1973):

Fahrdynamik und Streckencharakteristik.
Institut für Straßenbau und Eisenbahnwesen, Heft 11, Universität Karlsruhe

Lamm, R.; Herring, H.E. (1970):

Der radiale Kraftschlußbeiwert in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit.
Straße und Autobahn, Nr. 11, S. 435-443

Lamm, R.; Mailänder, T.; Choueiri, E.M.; Steffen, H. (1992):

Radialer Kraftschluß im internationalen Straßenentwurf und mögliche Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit.
Straßen- und Tiefbau, Nr. 5, S. 6 - 25

Polus, A.; Poe, C.M.; Mason, J.M. (1995):

Review of International Design Speed Practices in Roadway Geometric Design.
International Symposium on Highway Geometric Design Practices, Boston

RAS-Q (1996):

Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil: Querschnitte
Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln

RAS-L (1995):

Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil: Linienführung
Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln

Verzeichnis der Abbildungen:

- Bild 1:** Kräftespiel in tangentialer Richtung
- Bild 2:** Bewertungshintergrund für die maßgebende Gleitreibung in tangentialer Richtung. (Quelle Köppel, 1984)
- Bild 3:** Maßgebende Gleitreibung in tangentialer Richtung im internationalen Vergleich.
- Bild 4:** Anhaltewege auf horizontaler Gradienten in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit nach RAS-L 1984 und 1995.
- Bild 5 :** Zusammenhang zwischen der ausgenutzten Gleitreibung in Querrichtung (f_r) und der dann noch verfügbaren Gleitreibung (f_t) in tangentialer Richtung („Reibungskreis“)
- Bild 6:** Größe des ausgenutzten Querreibungsbeiwerts in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit: ein internationaler Vergleich.
- Bild 7:** Minimaler Kurvenradius bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten: ein internationaler Vergleich
- Bild 8:** Spannweite der maximal zulässigen Querneigungen im internationalen Vergleich.
- Bild 9:** Zulässige minimale Wannenhalmesser als Funktion der Geschwindigkeit - ein internationaler Vergleich
- Bild 10:** Zulässige minimale Kuppenhalmesser als Funktion der Geschwindigkeit - ein internationaler Vergleich.
- Bild 11:** Fahrstreifenbreite auf Autobahnen im internationalen Vergleich
- Bild 12:** Breite der Bankette auf Autobahnen: Unter- und Obergrenzen im internationalen Vergleich.
- Bild 13:** Breite der Bankette auf einbahnigen Außerortsstraßen im internationalen Vergleich
- Bild 14:** Breite der Mittelstreifen auf Autobahnen im internationalen Vergleich.

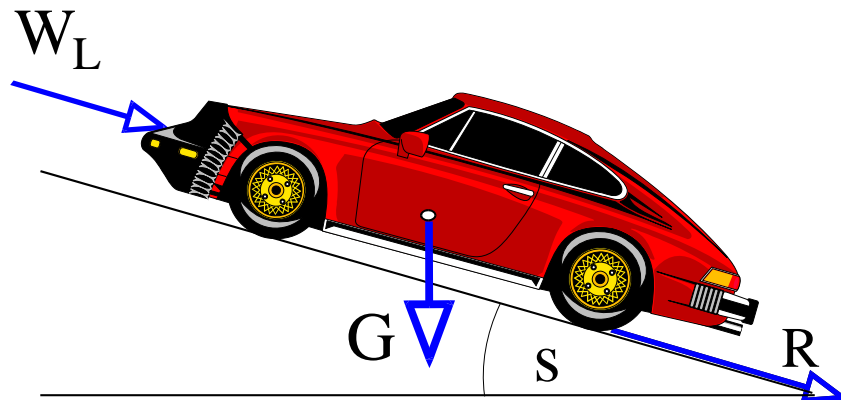


Bild 1: Kräftespiel in tangentialer Richtung

Bild 2: Bewertungshintergrund für die maßgebende Gleitreibung in tangentialer Richtung. (Quelle Köppel, 1984)

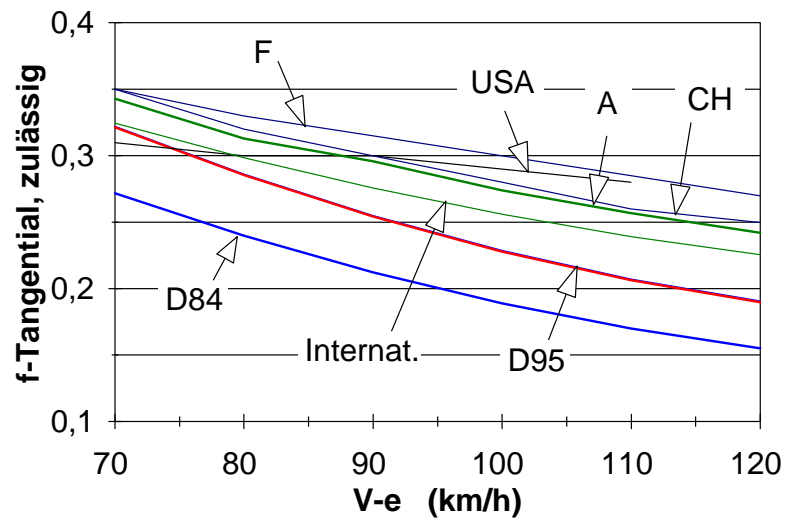


Bild 3: Maßgebende Gleitreibung in tangentialer Richtung im internationalen Vergleich.

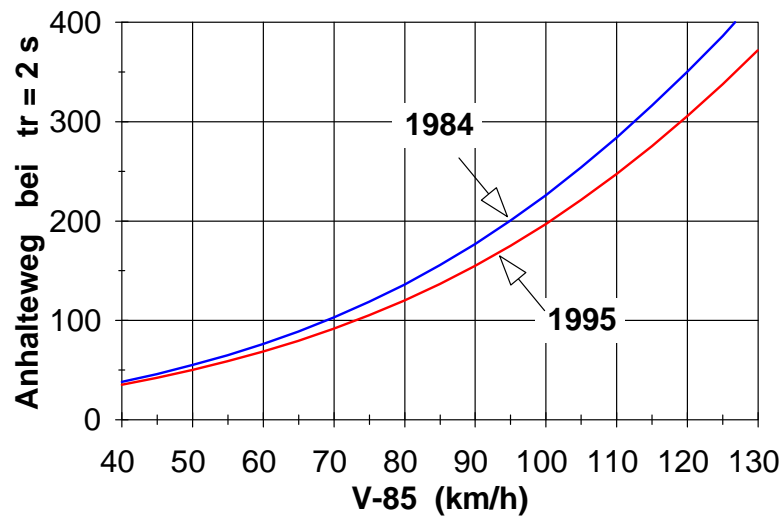


Bild 4: Anhaltewege auf horizontaler Gradiente in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit nach RAS-L 1984 und 1995.

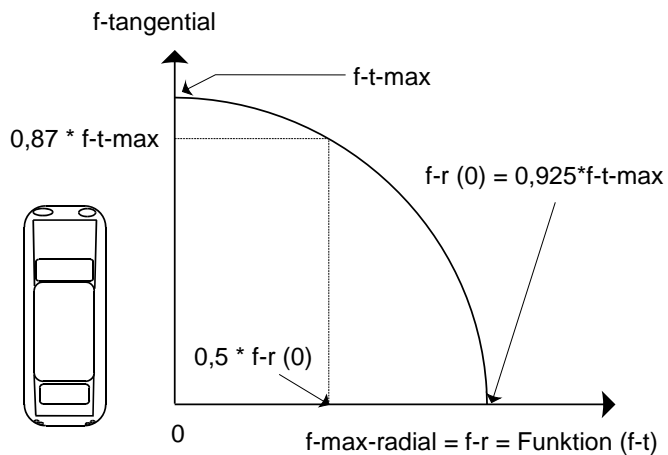


Bild 5 : Zusammenhang zwischen der ausgenutzten Gleitreibung in Querrichtung ($f-r$) und der dann noch verfügbaren Gleitreibung ($f-t$) in tangentialer Richtung („Reibungskreis“)

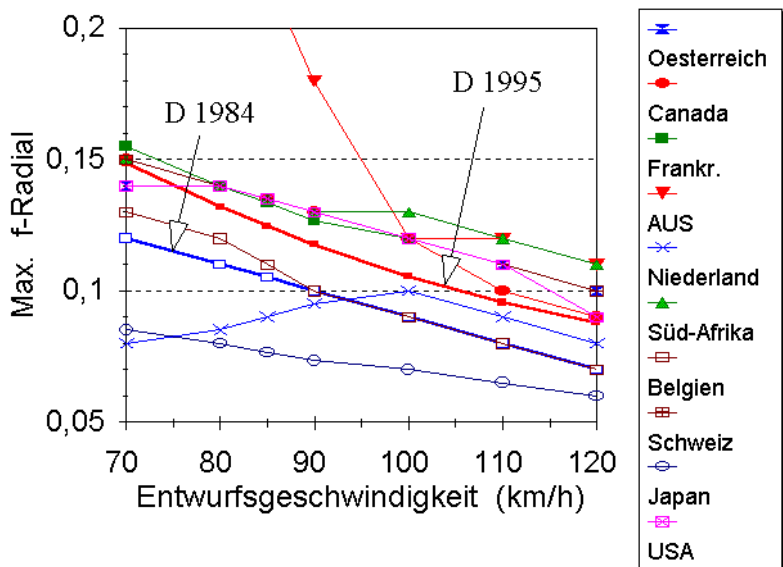


Bild 6: Größe des ausgenutzten Querreibungsbeiwerts in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit: ein internationaler Vergleich.

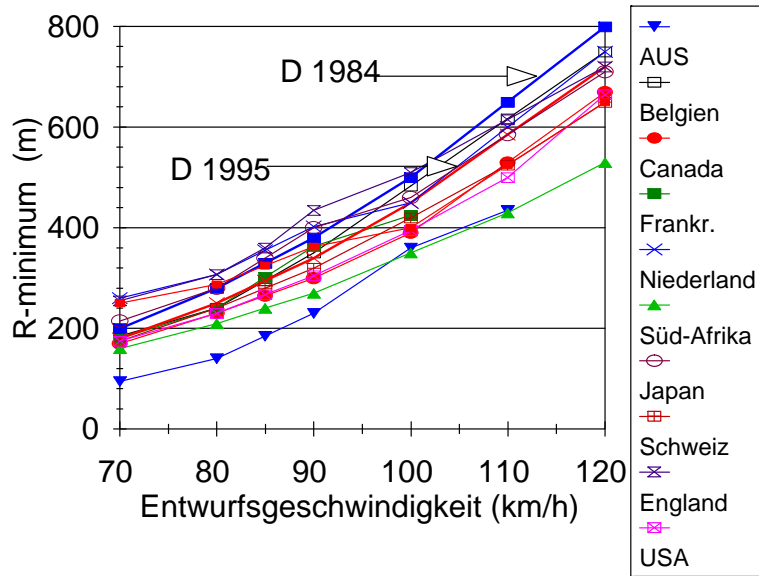


Bild 7: Minimaler Kurvenradius bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten: ein internationaler Vergleich

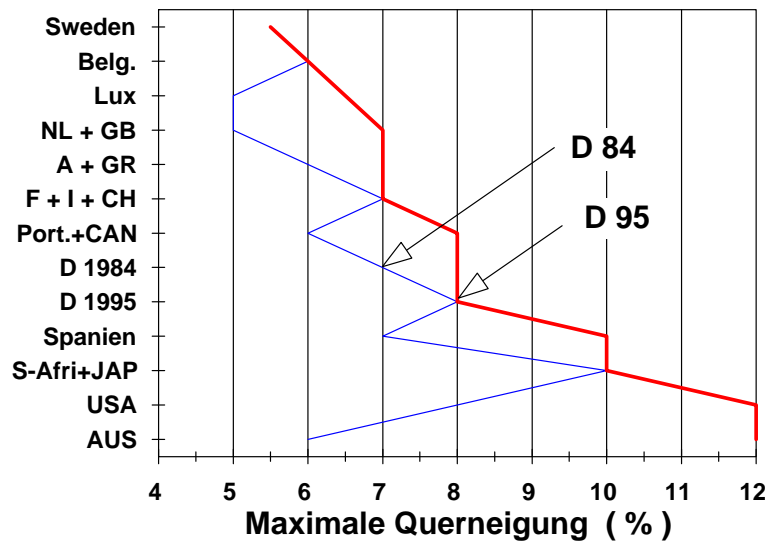


Bild 8: Spannweite der maximal zulässigen Querneigungen im internationalen Vergleich.

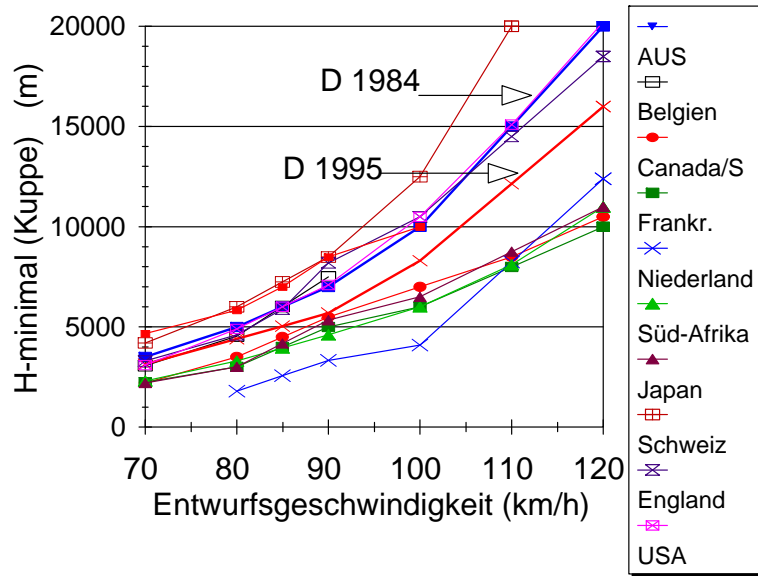


Bild 9: Zulässige minimale Wannenhalmmesser als Funktion der Geschwindigkeit - ein internationaler Vergleich

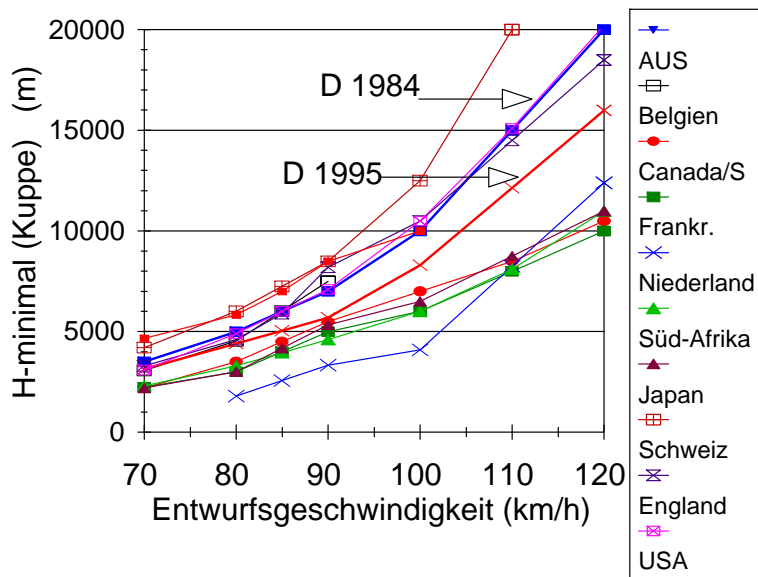


Bild 10: Zulässige minimale Kuppenhalbmesser als Funktion der Geschwindigkeit - ein internationaler Vergleich.

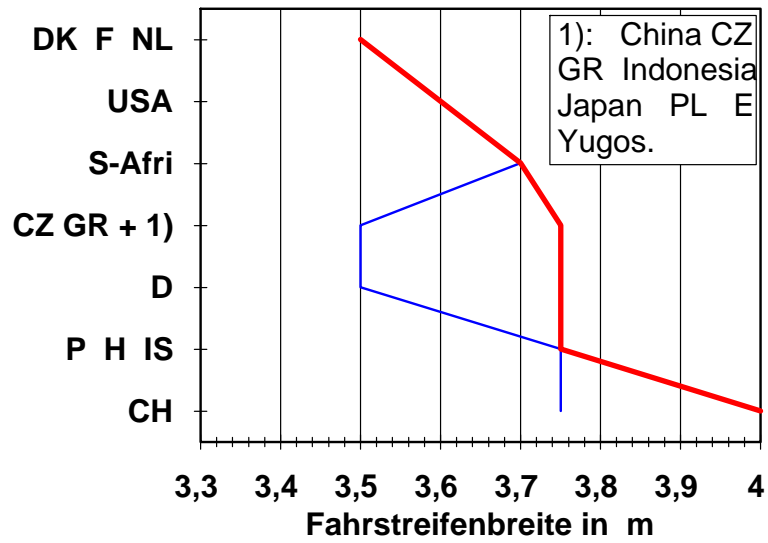


Bild 11: Fahrstreifenbreite auf Autobahnen im internationalen Vergleich

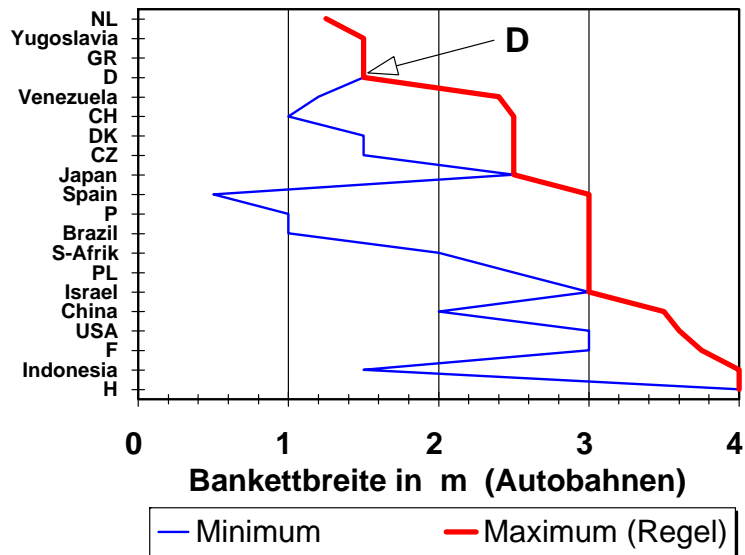


Bild 12: Breite der Bankette auf Autobahnen: Unter- und Obergrenzen im internationalen Vergleich.

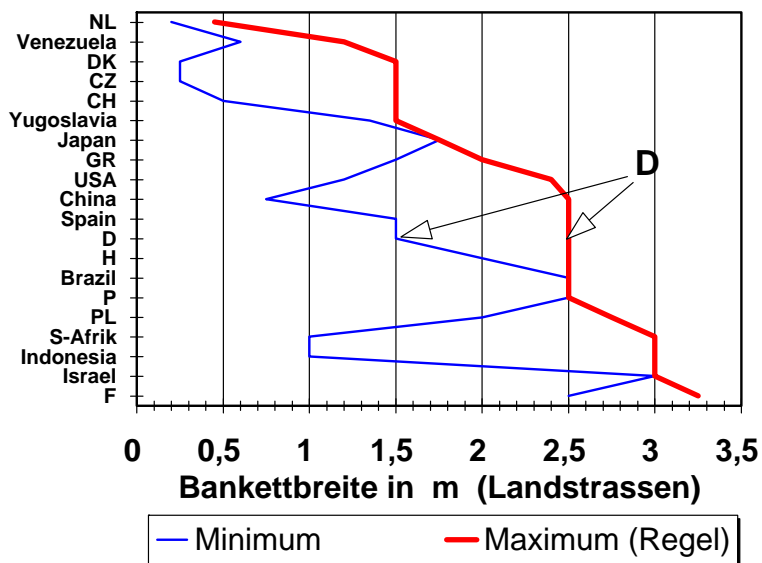


Bild 13: Breite der Bankette auf einbahnigen Außerortsstraßen im internationalen Vergleich

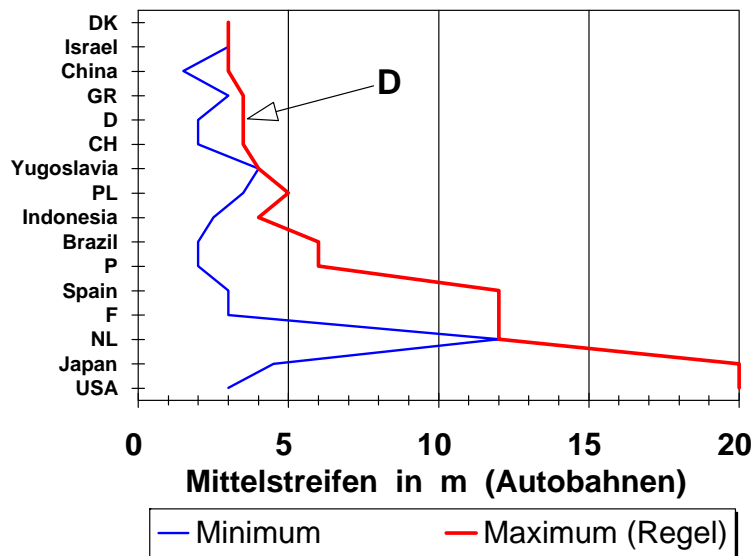


Bild 14: Breite der Mittelstreifen auf Autobahnen im internationalen Vergleich.