Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Vermessung, Kulturtechnik und Photogrammetrie = Revue technique suisse des mensurations, du génie rural et de la photogrammétrie

Herausgeber: Schweizerischer Verein für Vermessungswesen und Kulturtechnik = Société suisse de la mensuration et du génie rural

Band: 66 (1968)

Heft: 5

Artikel: Bestimmung der Fahrbahnränder bei Einmündungen städtischer Strassen durch direkte photogrammetrische Darstellung der Fahrspuren

Autor: Klingenberg, F.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-222296

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 22.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

DK 625.724:528.721.1

Bestimmung der Fahrbahnränder bei Einmündungen städtischer Straßen durch direkte photogrammetrische Darstellung der Fahrspuren

F. Klingenberg, St. Gallen

Zusammenfassung

Die von Großfahrzeugen auf Straßen beim Richtungswechsel in engen Verhältnissen bestrichene Fläche wird durch ein Lichtspurverfahren und Einbildphotogrammetrie erfaßt. Die geometrische Analyse der Fahrspuren mit dreiteiligen Korbbogen führt zu einfach darstellbaren Unterlagen zur Konstruktion der Fahrbahnränder.

Résumé

La surface parcouru par un grand véhicule dans un croisement est marqué par un procédé lumineux et déterminé à l'aide de la photogrammétrie. L'analyse géométrique du tracé parcouru donne de bonnes bases pour la construction des bords, en admettant la simplification par la courbe en anse de panier.

Beim Tiefbauamt der Stadt St. Gallen stellte sich die behandelte Frage zu Beginn der Detailprojektierung auf der Grundlage des Generalverkehrsplanes. Dank der Unterstützung durch den Stadtingenieur, Herrn E. Knecht, und dem Interesse des Ingenieurs für Verkehrsplanung, Herrn F. Sulser, konnte die Arbeit durchgeführt werden.

Die Beurteilung von Baugesuchen im Bereich von Kreuzungen und Einmündungen städtischer Straßen erfordert mit Rücksicht auf die Verkehrszusammensetzung und im Hinblick auf ein bereinigtes Straßennetz auf sicheren Meßwerten beruhende Angaben über den Platzbedarf der größten gebräuchlichen Fahrzeuge. Wenn auch bisher Eingriffe in die Eckgrundstücke mit einfachen Mitteln abgeschätzt wurden, sollten nun in Anbetracht der Grundstückpreise und allfälliger hochwertiger Überbauungen die notwendigen Verkehrsflächen in Knoten präzise angegeben werden können. Dann lassen sich unter Umständen wirksame Sofortmaßnahmen ohne Gebäudeabbruch durchführen.

In St. Gallen stellt sich das Problem besonders in den Hanglagen, wo die Kreuzungen naturgemäß mit flachen Schnittwinkeln auszubilden sind. Mit den vorhandenen Angaben über Fahrbahnränder in Knoten [1, 2, 3] müssen beim vorgesehenen Ausbau bedenkliche Eingriffe in die Überbauung und hohe Stützmauern in Kehren in Kauf genommen werden. Ohne besondere Vorbereitungen durchgeführte Fahrversuche mit einigen verfügbaren Lastwagentypen zeigten, daß auch kleinere als die bereits ge-

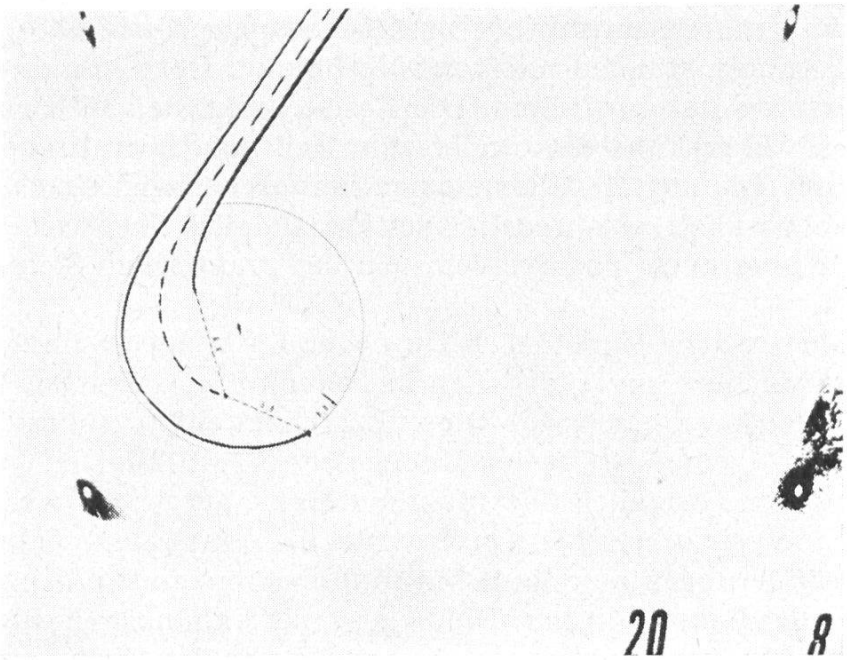


Abb. 1: Ein Fahrversuch mit kleinerem Wendekreisradius als 9 m (Werkangabe für den Saurer DU 5) macht die untere Grenze für Wendemanöver deutlich. Die Lage der Scheinwerfer wird beim Anhalten an den Spurenden erkennbar (vgl. Abb. 7). Die vier Paßpunkte erscheinen in der harten Kopie nicht mehr differenziert wie im Originalnegativ.

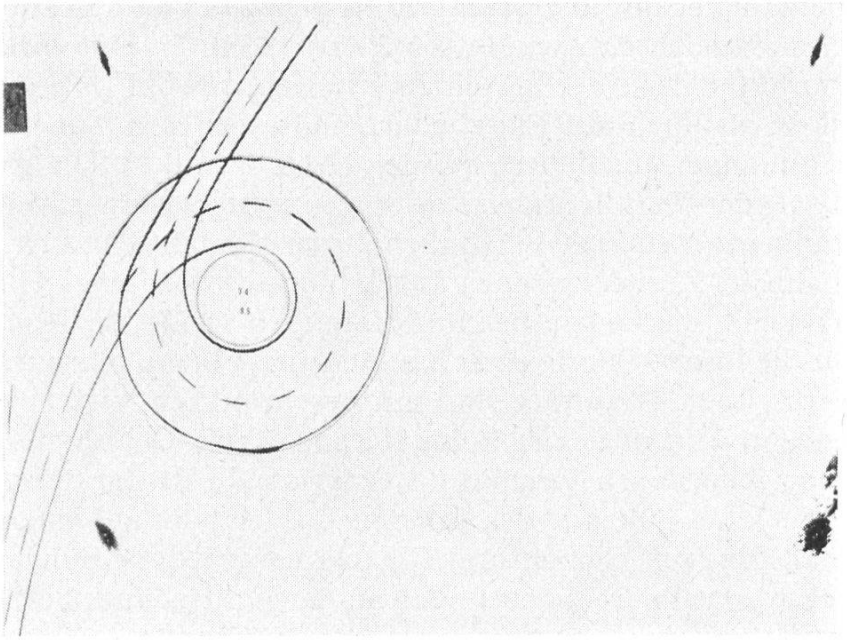


Abb. 2: Eine Richtungsänderung von 400^g ohne vorgegebene Bahnbegrenzung wurde bei vollem Radeinschlag mit durchschnittlich 14,5 km/h gefahren. Die Eigenschaften der Schleppkurve sind hier klar abzulesen.

normten Fahrspuren gut fahrbar sind. Gemessene Werte über diese kleineren Fahrspuren standen nicht zur Verfügung. Der Gedanke lag nahe, eigene Versuche durchzuführen. Die Feststellung, daß bisher veröffentlichte Werte über Fahrbahnränder zum Teil aus theoretischen Überlegungen, zum Teil aus Modellversuchen hervorgegangen sind und nur in kleiner Zahl wirklich «erfahrene» Resultate sind, ließ Skepsis aufkommen, ermunterte aber auch, das Problem von der praktischen Seite nochmals anzugehen.

Für Fahrversuche eignete sich ein neuer Lastwagen Saurer DU 5 mit Anhänger, welcher vom städtischen Tiefbauamt St. Gallen zur Verfügung gestellt werden konnte, sehr gut. Dieser Lastenzug entspricht bis auf 170 cm in Länge und 10 cm in Breite den Maßen der SNV 40110. Der Wunsch, bereits vorhandene Angaben über Fahrspuren zu Vergleichszwecken in die Untersuchung einzubeziehen, bestimmte die Wahl der vorzugebenden Richtungsänderungen und äußeren Bahnbegrenzungsradien sowie die Aufteilung der Fahrten in solche ohne und mit Anhänger (Fahrzeugtypen II und III). Die ursprünglich vorgesehene Reihe der Richtungsänderungen: 80g, 100g, 140g, 200g, ließ sich aus verschiedenen, unter anderem Platzgründen leider nicht realisieren. Gefahren wurde beim Hauptversuch dann schließlich die Reihe: 100g, 140g, 170g, 215g. Besonders die Aufgabe der 80g-Richtungsänderung schränkte bei der Versuchsauswertung den Aussagebereich merklich ein. Der vorgegebene äußere Fahrbahnradius von 12 m sollte einen Vergleich mit entsprechenden Untersuchungen des kantonalen Tiefbauamtes Aargau [2] ermöglichen. Uns interessierten speziell die Versuche mit 10 m und 9 m Außenradiusvorgabe. Nach Werkangabe entspricht der 9-m-Radius dem Wendekreis des Saurer DU 5. Ein Wendemanöver mit abgestecktem Außenrand von 8 m Radius scheiterte denn auch nach einigen Metern Fahrt (Abb. 1). Um wirklich einen Minimalcharakter der Fahrfiguren zu erhalten, sowohl in bezug auf Geschwindigkeit als auch auf Platzbedarf, sollte der 9-m-Außenradius mit und ohne Anhänger abgefahren werden (Abb. 3 und 4). Die grundsätzliche Frage, wie der Chauffeur den Lastwagen zwischen einer Einfahrt- und Ausfahrttangente steuern soll, nämlich durch Vorgabe eines Außenrandes der Fahrbahn in Kreisform oder durch Vorschieben eines Hindernisses auf der Winkelhalbierenden, beantworteten wir wie folgt: Je weniger Parameter für die Beschreibung einer bestrichenen Fläche gebraucht werden, desto zuverlässigere Resultate sind mit beschränkten Mitteln erreichbar. Der Außenrand wird mit einer Folge Gerade–Kreis–Gerade in einfachster Form beschrieben. Nach Krenz und Osterloh [5] ist der Eingriff in das Eckgrundstück bei Führung des äußeren Vorderrades auf einem Kreisbogen minimal. Eine mit elementaren Mitteln vorgegebene Führung erlaubt zudem auch wertvolle Beobachtungen an der Fahrtechnik bei Richtungsänderungen.

Die vom Lastenzug bestrichene Fläche wird durch zwei extreme Punkte der Karosserie beschrieben: durch eine Ecke des vorderen Überhanges und durch den äußersten Karosserieteil in Verlängerung der Hinterachse auf der gegenüberliegenden Seite. Zur Einmessung der überstrichenen

Fläche muß die Position dieser beiden Punkte in möglichst vielen Stadien der Fahrt fixiert werden. In den Publikationen über Versuchsfahrten sind verschiedene Markierungs- und Aufnahmemethoden beschrieben, zum Beispiel Düsen für einen Wasserstrahl, wenige Zentimeter über Boden an den wichtigen Fahrzeugstellen angebracht, Setzen von Markierungs-Gummikegeln durch Schnelläufer neben den Rädern usw. sowie oft ortho-

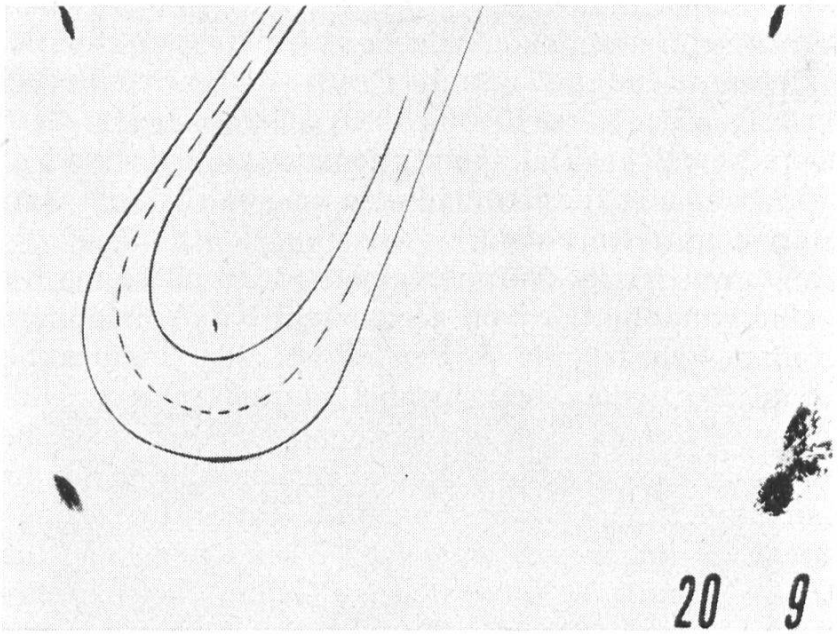
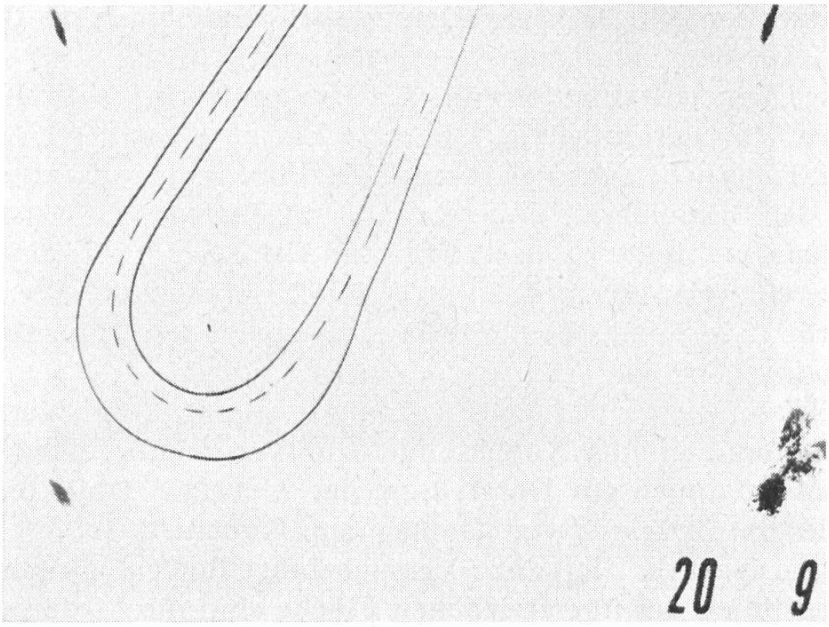


Abb. 3 und 4: Minimale Fahrgeschwindigkeit und geringster Platzbedarf treten beim vorgegebenen Außenradius von 9 m und Fahrten mit und ohne Anhänger auf.



gonale Aufnahme der Zeichen. Größere Versuchsserien erfordern mit diesen Methoden beträchtlichen Zeitaufwand; die Zahl der aufgenommenen Spurpunkte ist dabei beschränkt; Angaben über die Fahrgeschwindigkeiten in verschiedenen Kurvenpunkten sind nicht einfach zu gewinnen.

Photographische Aufnahmemethoden versprachen gegenüber herkömmlichen verschiedene Vorteile: Die Möglichkeit, dank kurzer Registrierungszeit eine große Zahl von Fahrten auszuführen, die eigentlichen Meßarbeiten vom Versuchsgelände ins Büro zu verlegen und bei angepaßter Aufnahmetechnik die Begrenzungskurven der überstrichenen Fläche selbst aufzunehmen (eine Folge beliebig vieler Meßpunkte). Ohne besonders große Mehraufwendung kann die Geschwindigkeit miterfaßt werden. Für Auswertungen der Versuche nach unvorhergesehenen Gesichtspunkten ist stets authentisches Dokumentationsmaterial vorhanden. Der Fahrer findet wirklichkeitsnahe Bedingungen vor, da er durch den Registrierungsvorgang nicht gestört wird.

Die photogrammetrische Aufnahmemethode ist allerdings nur anwendbar, wenn eine Kombination von geeignetem Kamerastandort und ausreichend großem Fahrgelände vorhanden ist. Von einem unbeweglichen Hochpunkt aus wird die Versuchsfahrt photographiert. Die erfaßbare Bodenfläche soll die wichtigen Fahrbewegungen erlauben. Eine vollkommen unsern Wünschen entsprechende Versuchsanlage war in annehmbarer Distanz von St. Gallen nicht zu finden, die Ideallösung vertikaler Aufnahmerichtung daher nicht möglich. Wir entschlossen uns, die Versuchsfahrten auf dem Bahnhofvorplatz in Goßau durchzuführen, wo der Siloturm der Futtermühle NAFAG einen erschütterungsfreien Kamerastandort abgibt. Zu- und Wegfahrten auf den Platz sind in den erforderlichen Richtungen und Längen vorhanden. Ungünstig wirkt sich nur eine Baumreihe am Fuß des Turmes aus, da sie die Sicht auf wertvolles Fahrgelände raubt und damit die Aufnahmetechnik etwas kompliziert.

War die Aufnahmemethode einmal gewählt, standen nochmals zwei prinzipielle Möglichkeiten zur Diskussion: die Aufnahme von Einzelbildern in kurzer zeitlicher Folge mit einer Spezialkamera (zum Beispiel der Hasselblad EL) und andererseits die Dauerbelichtung einer Aufnahme während des Versuchsablaufes von ca. 10 Sekunden mit einer Kamera für terrestrische Photogrammetrie. Die erste Variante gestattet Aufnahmen bei vollem Tageslicht und liefert normale Photos. Dafür müssen an die Konstanz der Bildfolgezeit und an die Filmführung hohe Ansprüche gestellt werden. Nachteilig bei der Auswertung ist die große Zahl von Einzelbildern, die einander zuzuordnen sind, sowie natürlich der Verbrauch an Filmmaterial. Die zweite Variante lag uns zuerst fern, überzeugte dann aber durch ihre Vorteile.

Die Belichtung einer einzigen Aufnahme während der Versuchsfahrt bedingt Maßnahmen oder Anpassungen zur Vermeidung der Überbelichtung und Maßnahmen zur Darstellung der wichtigen Objekte. Das Problem ist hier die Erzielung von genügendem Kontrast. Gelingt dies, dann ist auf einem Negativ die ganze Versuchsfahrt lückenlos registriert, die Begrenzungslinien der überstrichenen Fläche sind direkt dargestellt.

Die Realisierung dieser Methode sei im folgenden eingehender dargestellt:

Die Filmebene der Kamera ist horizontal, das heißt ungefähr parallel zur Fahrtebene, auszurichten. Mit einem Weitwinkelobjektiv ist dann die erfaßbare Fläche bei genügender Stationierungshöhe für Fahrversuche groß genug. Die Fahrbahn selbst muß innerhalb gewisser Grenzen eine Ebene, aber nicht unbedingt streng horizontal sein. Vertikal nach oben ausgerichtete Scheinwerfer über den beiden wichtigen Fahrzeugpunkten erzeugen im Negativ Spuren mit genügend Kontrast auch bei Tageslicht, solange sich das Objektiv im Lichtkegel befindet. Eine Überbelichtung des Negativs wird durch Vorschalten von Zeitverlängerungsfiltern vor das Objektiv verhindert. Auf einfache Weise kann auch die Fahrzeuggeschwindigkeit festgehalten werden: durch einen mitgeführten in festgelegten Zeitintervallen blinkenden Scheinwerfer, der auf dem Negativ einen unterbrochenen Linienzug erzeugt. Die Auswertung solcher Aufnahmen geschieht nach der Vergrößerung auf einen geraden Maßstab. Von

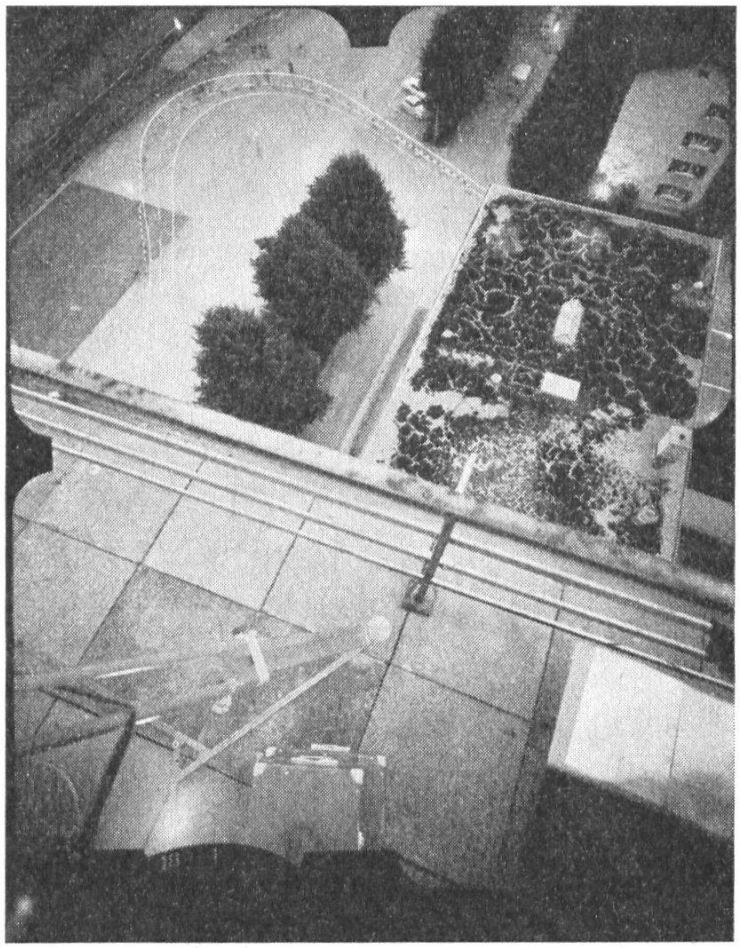


Abb. 5: Die Meßaufnahme vom 29. August 1967, 19.30 Uhr, gibt einen Überblick über die Versuchsanordnung. Innerhalb der 4 Paßpunkte findet die Richtungsänderung statt. Die Fahrspuren «schweben» 2,25 m über Boden in der Paßpunktebene (vgl. Abb. 7).

dieser idealen Grundkonzeption mußten wir abweichen, da die Sicht vom Siloturm auf die mit vertikaler Aufnahme erfaßbare Fläche durch Bäume teilweise behindert war (Abb. 5).

Das Institut für Photogrammetrie der ETH stellte uns in verdankenswerter Weise eine terrestrische Weitwinkelkamera zur Verfügung. Diese Kamera kann mit festen Kippungswinkeln gegen die Vertikale aufgestellt werden (Abb. 6). Bei einer Kippung von 30^g aus der Lotrechten, einer Brennweite von 60 mm und einem Bildformat von 8×10 cm wird aus 37 m Höhe über der Fahrbahn eine trapezförmige Bodenfläche von $(90+40) \cdot 90 \cdot 0{,}5$ m² erfaßt. Diese Fläche war bis auf Abweichungen von wenigen Zentimetern eben, wie das Flächennivellement ergab. Die Markierungsscheinwerfer und das Blinklicht am Lastenzug sowie vier Paßpunkte in Form von 220-V-Glühbirnen und eine Signalisierung des Mittelpunktes des Fahrbahnradius wurden sämtliche auf 2,25 m über Boden installiert (Abb. 7). Ein mobiler Generator betrieb die Paßpunktbeleuchtung. Die vier Paßpunkte in eingemessener gegenseitiger Lage gewährleisten den geometrischen Zusammenhang zwischen Fahrversuch und

Abb. 6:

Die Zeiss-Stereomeßkamera SMK 120 in Aufnahmestellung (Kippung = -70^g).

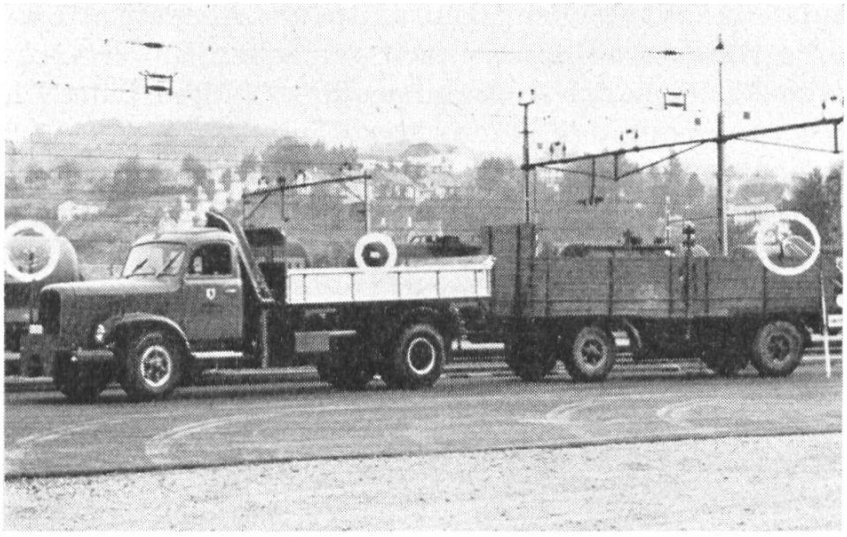


Abb. 7: Saurer DU 5 mit Anhänger und installierten Markierungsscheinwerfern.

Aufnahmen. An zwei Vorversuchen untersuchten wir die günstigsten Belichtungsverhältnisse. Wegen der schiefen Aufsicht war die nutzbare Helligkeit der Markierungsscheinwerfer reduziert. Gute Resultate erhielten wir bei Verwendung von Halogen-Nebelscheinwerfern und bei Tageslicht von weniger als Lichtwert 3 für $^{14}/_{10}$-DIN-Glasplatten.

An zwei aufeinanderfolgenden Tagen steckten 2 Mann in je 4 Stunden die vorbereiteten Elemente der Fahrbahnvorgabe ab (Abb. 8). Um 18 Uhr begann eine Equipe von 4 Mann mit der Installation der Paßpunkte

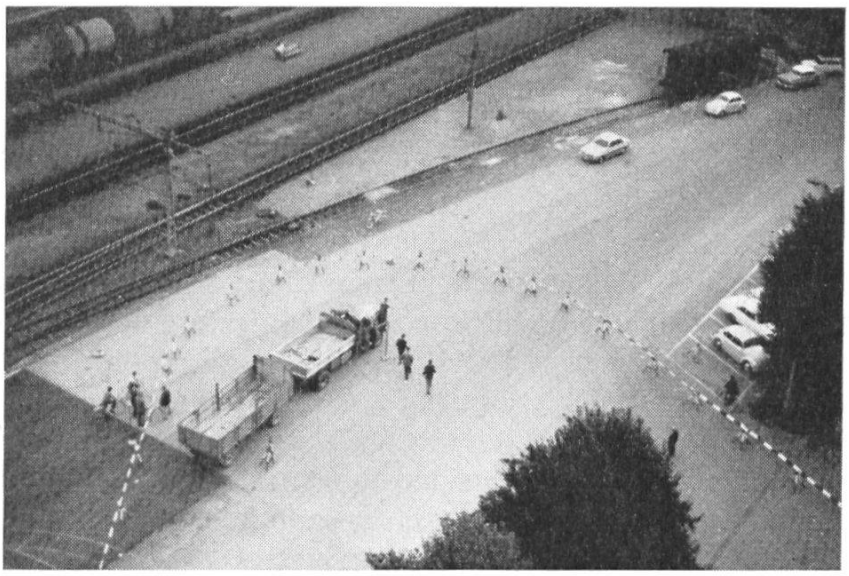


Abb. 8: Abgesteckter und markierter Fahrbahnrand. Mit Hilfe der vorgängig durch Kartontafeln bezeichneten Bogenanfänge und Tangentenpunkte konnte diese Markierung von 4 Mann in wenigen Minuten umgestellt werden.

und der Aufstellung eines Fahrbahnrandes aus Absperrlatten. Gleichzeitig wurde die Kamera aufnahmebereit gemacht. Ein Versuchsleiter koordinierte die Aktionen der Aufnahmeequipe (2 Mann), des Fahrers und der Signalisierungsequipe (4 Mann) über Funk. Von 19.30 Uhr bis 21.15 Uhr konnten darauf je 20 Versuchsfahrten aufgenommen werden. Eine Versuchsfahrt dauerte ca. 15 Sekunden. Die übrige Zeit wurde für Bereitstellung des Lastenzuges vor der Einfahrttangente und für Umstellungen der Fahrbahnmarkierungen gebraucht.

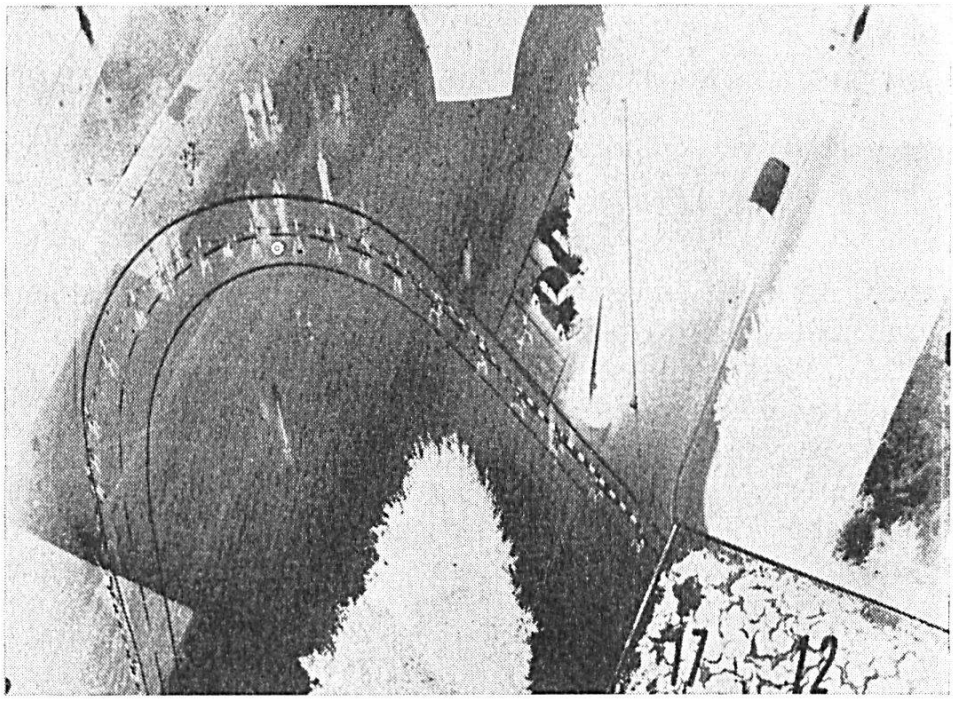


Abb. 9: Abbildung 5 nach der Entzerrung. Die Paßpunkte sind mit dem eingemessenen Grundriß zur Deckung gebracht. Vom Originalnegativ wird eine Vergrößerung – ein Positiv – und von diesem eine zweite entzerrte Vergrößerung erstellt.

Die entwickelten Glasnegative zeigen klare Begrenzungslinien der überstrichenen Fläche, den unterbrochenen Linienzug der mit einem elektronischen Relais gesteuerten Blinklampe, die vier Paßpunkte und den ebenfalls markierten Mittelpunkt des vorgegebenen Außenradius. Nur bei den Aufnahmen vom frühen Abend ist die Umgebung erkennbar (Abb. 5).

Um aus den Schrägaufnahmen den gewünschten Grundriß der Fahrspuren zu erhalten, wurden die Negative zuerst 2,3fach vergrößert und dann mit nochmaliger Vergrößerung entzerrt. Dabei wurden die Bilder der Paßpunkte mit ihrem Grundriß in Übereinstimmung gebracht. Für die Auswertungen lagen damit Photonegative im Maßstab 1:200 vor (Abb. 9).

Eine erste Durchsicht bestätigte die berechnete und tolerierte Genauigkeit von $\pm 1 - 1{,}5$ dm der Fahrspuren. Die Beobachtung von Petrović [4] – daß beim Übergang von Kreisbogen in die Ausfahrttangente zuweilen negative Krümmungsradien auftreten können – wurde in verschiedenen Fällen ebenfalls gemacht. In einigen Fällen wurde auch ein Pendeln des Außenrandes der bestrichenen Fläche um die Ausfahrtrichtung festgestellt (Abb. 4).

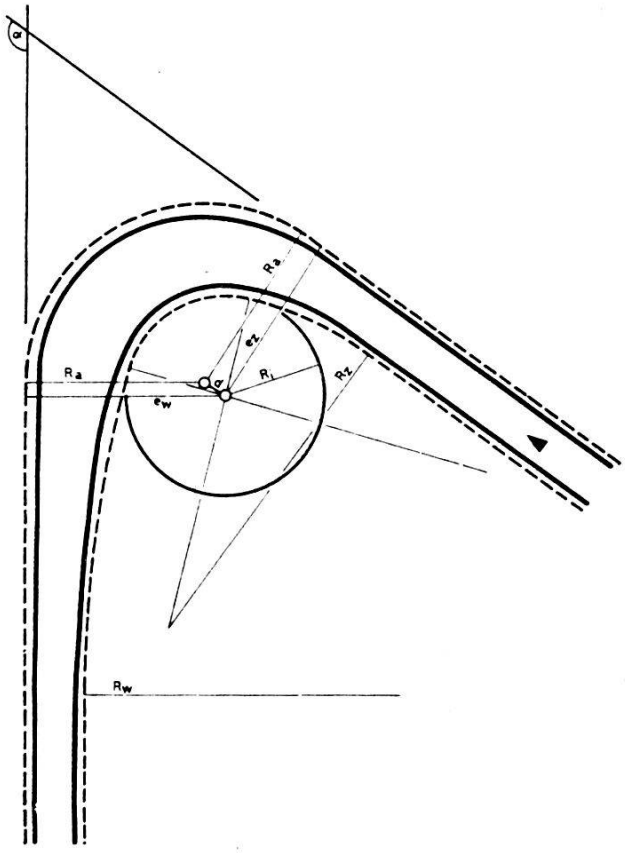


Abb. 10: Die sechs gewählten Approximationselemente für den Innenrand der Fahrbahn. Die Übergangsbogen passen sich in der Nähe des Innenkreises der bestrichenen Fläche am schlechtesten an.

Das Ziel unserer Untersuchungen war, verbindliche Daten – zum eigenen Gebrauch – über die Fahrbahnränder in engen Abbiegungen festzulegen. Aus dem Aufnahmematerial (je zwei Fahrten pro Richtungsänderung und Außenradius) mußten einfach darzustellende und anzuwendende Konstruktionselemente für den inneren Fahrbahnrand über einen Bereich von 100^g der Tangentenschnittwinkel abgeleitet werden. Wir legten uns darauf fest, den Innenrand der überstrichenen Fläche unter Berücksichtigung eines Sicherheitsabstandes von 20 bis 50 cm durch sechs variable Elemente möglichst gut wiederzugeben. Diese sechs Parameter beschreiben

bei der Rekonstruktion den Innenrand einer «Stromröhre», die unbeschadet durchfahren wird. Wie in anderen Untersuchungen über die Fahrbahnränder bewährte sich auch hier als Approximationskurve ein dreiteiliger Korbbogen. Ein zusätzliches viertes Kreisstück bringt weitere drei Parameter ins Spiel. Dreiteilige Korbbögen können noch auf einfache Weise abgesteckt werden und sind übersichtlich, kompliziertere Approximationsformen kaum mehr.

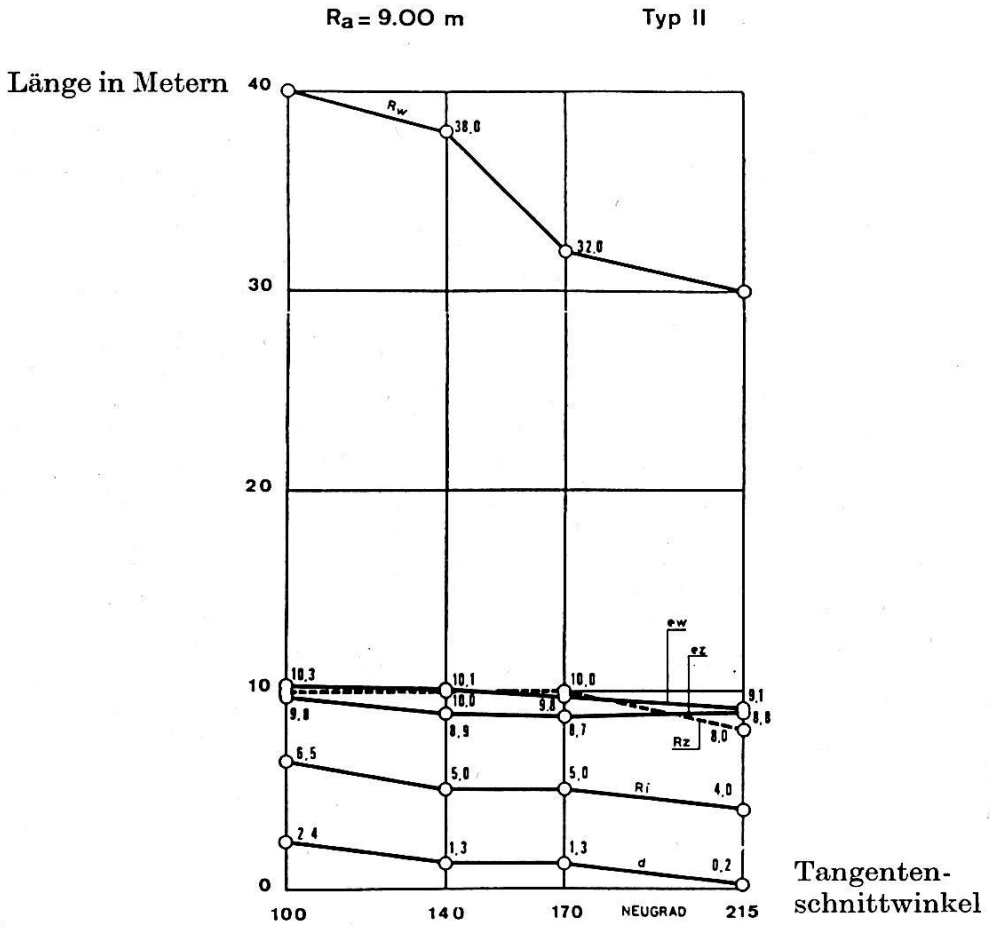


Abb. 11: Diagramm der Parameter mit bester Annäherung der bestrichenen Fläche + Sicherheitsabstand. Bei sämtlichen Auswertungen ist die Spur in den Geraden 3,0 m breit.

Die gewählten Parameter zur Beschreibung des Fahrbahninnenrandes sind folgende (Abb. 10):

1. Tangentenschnittwinkel
2. Abstand des Innenkreismittelpunktes von der Einfahrt-Tangente
3. Abstand des Innenkreismittelpunktes vom Mittelpunkt des Außenradius
4. Innenkreisradius

5. Übergangsradius auf der Zufahrtseite
6. Übergangsradius auf der Wegfahrtseite
   Sie sind empirisch zu bestimmen.

Die Fahrspurbreiten in der Geraden und der Außenradius der Fahrbahn sind Voraussetzungen und bestimmen vier der sechs Parameter mit (sind aber selbst keine Parameter). In Diagrammen mit dem Tangentenschnittwinkel als Abszisse zeigen die Parameter teils bekannte, teils neue Charakteristiken (Abb. 11).

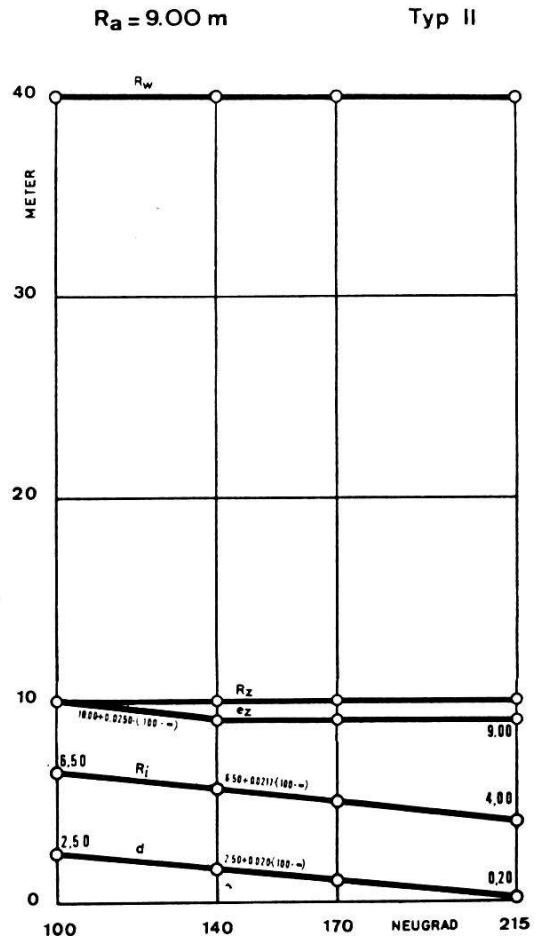


Abb. 12: Dieselben Parameter wie in Abbildung 11 in vereinfachter, bequem zu handhabender Form. Der Innenkreisradius ist bei diesem Standard nicht konstant zu halten.

Der Innenkreis wird mit zunehmendem Richtungsänderungswinkel nichtlinear kleiner; ebenso verhalten sich die seinen Mittelpunkt bestimmenden Werte. Der Übergangsbogen auf der Zufahrtseite zeigt am ehesten eine gewisse Konstanz, der Bogen auf der Wegfahrtseite ist bei den kleinen Richtungsänderungen eher größer. Hauptsächlich aber bestimmt der Innenkreis die Form des Fahrbahnrandes.

Die Parameter für beliebige Richtungsänderungen innerhalb des Geltungsbereiches sollen interpolierbar sein. Dazu eignen sich lineare Darstellungen für häufigen Gebrauch besser als polynome. Es wäre auch wünschbar, die Radien der Fahrbahnränder über größere Winkelbereiche konstant zu halten, sind sie doch die einzigen materiell sichtbar werdenden Parameter. Eine gewisse Normierung für die Vorfabrikation von Randsteinen wäre damit erreicht.

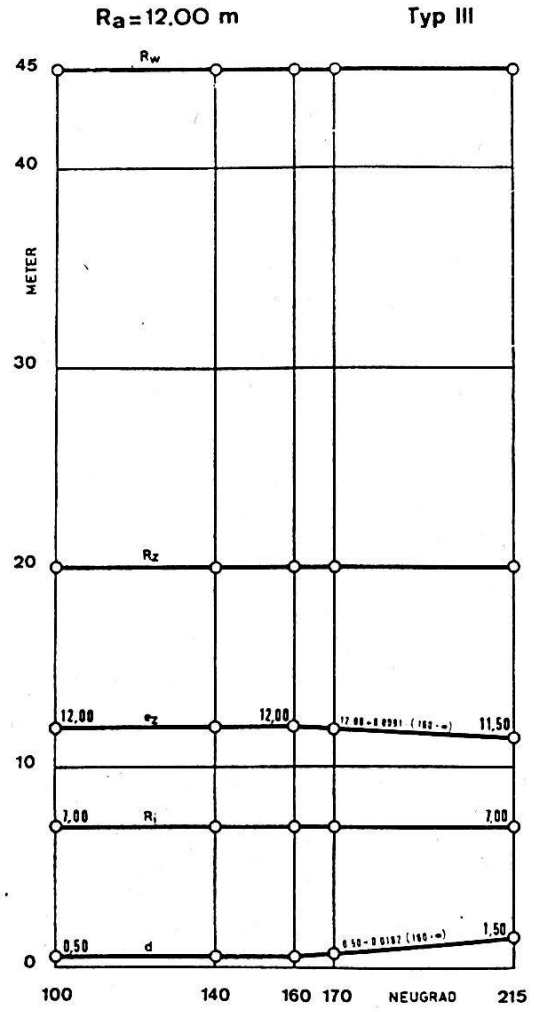


Abb. 13: Die einfachste Parameterdarstellung mit Konstanten ist erst beim 12-m-Standard akzeptabel. Sie wird beim häufigen Gebrauch geschätzt.

Es zeigte sich, daß bei den Gruppen mit 9 m und 10 m Außenradius diese Konstanz der Radien den Minimalcharakter der Fahrspuren zu sehr beeinträchtigte (Abb. 12), hingegen bei der Serie mit 12 m Außenradius eine vertretbare Darstellung erlaubt. Bei dieser letzten Gruppe wurde das Prinzip der besten Anpassung verlassen und dadurch eine außerordentlich einfache Parameterdarstellung erreicht (Abb. 13). Obwohl man über

dieses Vorgehen geteilter Meinung sein kann, soll zur Rechtfertigung der Hinweis auf den erhöhten Fahrstandard mit größeren Geschwindigkeiten und damit auch kleinerer Fahrgenauigkeit dienen. Die ermittelten Parametergruppen sind nun in einfacher mathematischer Formulierung zugänglich. Für den ersten Entwurf von Einmündungen dienen Pausen der Richtungsänderungen und des Fahrstandards in verschiedenen Maßstäben; Tabellen für eine verfeinerte Konstruktion der Fahrbahnränder sind verfügbar. Die Berechnung der Absteckungselemente geschieht am einfachsten in jedem Anwendungsfall mit den genauen Daten von Richtungsänderung und Parametern mit einem Rechenprogramm (Zeitaufwand für einen Berechnungsgang mit der Olivetti Programma 101: 5 Minuten).

Aus den Aufzeichnungen des Blinklichtes wurden die Geschwindigkeiten über den ganzen Abbiegebereich festgestellt. Die Eichung der Impulsfrequenz ergab einen Wert von 1/0,825 s. Bei einer Geschwindigkeit von 10 km/h entspricht dieser Impulsdauer eine Wegstrecke von 2,30 m. Die Distanzablesungen zwischen den Mitten der Lichtspuren führen über einen konstanten Umrechnungsfaktor direkt zu den gewünschten Geschwindigkeiten.

Ein Vergleich der Geschwindigkeitsminima bei den vier gefahrenen Fahrstandards (3 Außenradien mit Lastwagen und Anhänger, 1 Außenradius mit Lastwagen allein) zeigt deutliche Abstufungen:

In den mit Anhänger befahrenen Stufen 9 m, 10 m, 12 m Außenradius beträgt die minimale Fahrgeschwindigkeit ca. 6, 8 und 10 km/h. Der Lastwagen allein verlangsamt dagegen nur auf ca. 7 km/h bei 9 m Außenradius.

Ein Zeit–Weg-Diagramm mit Ausgangspunkt beim Bogenanfang des Außenradius beweist, daß die «Nennrichtungsänderung» in den verschiedenen Standards in annähernd gleichen Zeiten erreicht wird.

Mit den Fahrversuchen konnten die uns gestellten Fragen beantwortet werden. Eine über unsern Kreis hinaus gültige Normierung muß sich auf eine noch größere Anzahl Fahrversuche stützen. Erst statistisch belegte Werte über tatsächlich erfahrene Schleppkurven werden die Diskussion über diesen Gegenstand beenden. Die beschriebene Aufnahmemethode scheint uns geeignet, diesem Ziel näher zu kommen.

Literaturangabe

[1] Vereinigung Schweizerischer Straßenfachmänner; SNV 40110, SNV 40267.

[2] Tiefbauamt des Kantons Aargau: Normalien III.

[3] Tiefbauamt des Kantons Zürich: Grundlagen der Normknoten – Abbiegeradien.
Straße und Verkehr, Heft 4, 46. Jahrgang, 1960, S. 201.
Straße und Verkehr, Heft 10, 50. Jahrgang, 1964, S. 514.
Straße und Autobahn, Heft 6, 14. Jahrgang, Juni 1963.

[4] Österreichische Ingenieur-Zeitschrift, Heft 6, 9. Jahrgang.

[5] Die Bordsteinführung. Taschenbuch für Entwurf und Absteckung, Krenz & Osterloh, Bauverlag Wiesbaden, 1964.

[6] Grundriß der Photogrammetrie, *K. Schwidefsky,* Teubner, Verlagsgesellschaft, Stuttgart 1963.