

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse
Herausgeber: Schweizerischer Forstverein
Band: 114 (1963)
Heft: 7

Artikel: Können neue Projektierungs- und Absteckungsverfahren aus dem Autobahnbau auch beim Waldstrassenbau angewandt werden?
Autor: Hossli, H.H.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-765353>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 30.03.2025

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

Können neue Projektierungs- und Absteckungsverfahren aus dem Autobahnbau auch beim Waldstrassenbau angewandt werden?

Von *H. H. Hossli*, Kloten

Oxf. 383.1

1. Grundsätzliches über ein im Autobahnbau übliches Verfahren

Von den zahlreichen im heutigen Autobahnbau angewandten Projektierungsverfahren ist wohl eines der modernsten, anpassungsfähigsten und einfachsten dasjenige, welches durch das Vermessungsbüro Weissmann und die DIGITAL (Institut für elektronische Datenverarbeitung) in Zürich entwickelt wurde (Ingenieure R. Konzett, R. Sulzer, P. Russenberger, R. Köchle). Ohne auf die ebenfalls speziell ausgebaute Photogrammetrie als Mittel der Grundlagenbeschaffung und sogar der Massenberechnung einzugehen, möchte ich das System, welches erstmalig im Großen an der linksufrigen Höhenstraße (Nationalstraße N 3) durch das Tiefbauamt des Kantons Zürich (und seither bei zahlreichen Autobahnen, Kantons- und Gemeindestraßen in der ganzen Schweiz) seine Erprobung fand, wie folgt charakterisieren:

Nach Bestimmung der wichtigsten Kreisbogenkurven, welche sozusagen die Grundelemente der situationsmäßigen Linienführung («horizontale Axe») bedeuten, können nach einfachen Grundregeln und Nomogrammen die günstigsten Verbindungselemente konstruiert werden, wobei sich gelegentlich auch Gerade einschalten lassen. Die langwierige, komplizierte Berechnung von Klothoiden mit Hilfe der umfangreichen Tabellenwerke entfällt vollständig. Der elektronische Rechenautomat liefert die fertige Linienführung in der Form von fortlaufenden Koordinatenpaaren für die Axpunkte in jedem gewünschten Abstand, selbstverständlich auch für Anfang und Ende jedes Elementes (Kreisbogen, Gerade, Klothoide). Dazu können im gleichen Arbeitsgang die gewünschte Anzahl Versicherungspunkte im gewünschten Abstand von der Axe aus gerechnet werden.

Durch die Bestimmung, Vermessung und Eingabe ganz beliebig und daher unabhängig von Bewachsung, Geländeform oder Überbauung möglichst günstig gewählter Absteckungs-Fixpunkte können ebenfalls auf elektronischem Wege die von diesen aus anzuwendenden polaren Absteckungselemente zu allen gewünschten Ax- und Versicherungspunkten gerechnet werden (Richtung und Distanz). Die Absteckung erfolgt anhand dieser Werte von den Fixpunkten aus meist mittels zweier Instrumente durch Einschnei-

den und mit optischer Distanzmessung oder nur mit einem Instrument und Bandmaß.

Die Planung und Berechnung des Längenprofils («vertikale Axe») erfolgt auf ähnliche Weise.

2. Veranlassung und Vorgehen beim vorliegenden Versuch

Beim Autobahnbau zeigte sich schon bei der Planung und Projektierung von Anschlußbauwerken, Umleitungen, Unter- und Überführungen von Nebenstraßen usw. mit zum Teil zwangsmäßig sehr kleinen Radien, daß die Methode absolut nicht an «großräumige» Verhältnisse und Projekte gebunden ist, sondern im Gegenteil hier erst recht ein rasches und eindeutiges Arbeiten erlaubt. Es lag daher auf der Hand, das Verfahren grundsätzlich auch auf seine Anwendbarkeit beim Wald- und Güterstraßenbau zu prüfen. Dem Verfasser war durch Forstmeister Dr. A. Huber in verdankenswerter Weise Gelegenheit geboten, an einem Wald- und Güterstraßenprojekt (Randenauffahrt Schleithelm) wenigstens für die Projektierung und Absteckung der horizontalen Axe die Methode erstmals auf diesem Gebiete zu praktizieren. Es handelt sich um eine Neuanlage von insgesamt 2,4 km Länge, meist im Wald in Gelände mittlerer bis stärkerer Neigung, wobei Anfang und Ende sowie fünf geländemäßig bedingte Zwangspunkte vorgegeben waren. Die Anlage zweier Wendepunkten war somit nicht zu umgehen. Die mittlere Steigung beträgt auf der Hauptstrecke etwa 8 Prozent.

Das Vorgehen sei hier kurz erklärt und mit der Methode beim Autobahnbau sowie den im Forstwesen üblichen Methoden in Vergleich gesetzt:

Nach generellen Abklärungen erfolgt die Absteckung der Null-Linie wie üblich in sorgfältiger Weise im Gelände (im Gegensatz zum Autobahnbau).

Währenddem nun normalerweise auch die Detailprojektierung vollständig im Gelände erfolgt, wobei mittels verschiedener Methoden (von der Tangente aus, Einrücken usw.) die Elemente (Kreisbogen und Gerade) ausprobiert oder festgelegt werden, beschränkt sich die weitere Arbeit im Gelände bei der hier beschriebenen Methode vorläufig auf folgendes: Der Projektant hat sich anhand der Null-Linie eine möglichst flüssige Linienführung vorzustellen, allfällige Zwangspunkte sowie die durch die Topographie bedingte Toleranz in der seitlichen Abweichung zu studieren (visueller Massenausgleich und technische Möglichkeiten), sich einzuprägen und zu notieren. Letzteres kann durch eine einfache Tabelle im Feldbuch erfolgen, wobei die Punkte der Null-Linie eine fortlaufende provisorische Nummerierung erhalten.

Auf grundsätzlich gleiche Weise wie beim Autobahnbau werden die günstigsten Absteckungs-Fixpunkte bestimmt, verpflockt und polygonzugsmäßig vermessen. «Günstig» will dabei hauptsächlich heißen:

- daß sie nebst der gegenseitig guten Sichtverbindung auch eine umfangreiche und möglichst unbehinderte Sicht auf die Projektstrecke gewähren;

- daß sie außerhalb des durch den Bauvorgang berührten oder beanspruchten Straßenareals liegen;
- daß die rationellen gegenseitigen Abstände etwa 50 bis 110 m betragen;
- daß sie sich rein arbeitstechnisch als Stationen für das Instrument eignen.

Von diesen Absteckungs-Fixpunkten aus wird gleichzeitig mit deren Vermessung oder in einem zweiten Arbeitsgang (je nach Instrument) die ganze Null-Linie situationsmäßig aufgenommen, wobei in der Regel eine Genauigkeit von ± 10 cm für die letztere genügt.

Mittels Koordinatograph werden die Absteckungs-Fixpunkte sowie allfällige weitere koordinatenmäßig bestimmte Punkte netzgetreu aufgetragen. Die Übertragung der Null-Linie in diese Situation sowie weiterer Situationsdetails (Grenzen, Bäche, Wege, Felsen, Leitungen usw.) erfolgt entweder direkt ab Kartierblatt oder durch einfachsten Polarkoordinatographen.

Es erfolgt der wichtigste Teil der Projektgestaltung: Das Einplanen der Kurven in die notierten und ebenfalls provisorisch eingetragenen Toleranzen der Null-Linie. Mittels Kreiskurvenlinealen können die absolut günstigsten Radien gewählt werden. Der Projektierende ersieht hierauf sofort, wie diese Folge von Kreisbögen mit Zwischengeraden oder Übergangsbögen verbunden werden kann. Die auf diese Weise graphisch gewählte Axe kann und soll im Gelände anhand der Null-Linie nochmals überprüft werden (Bild 1).

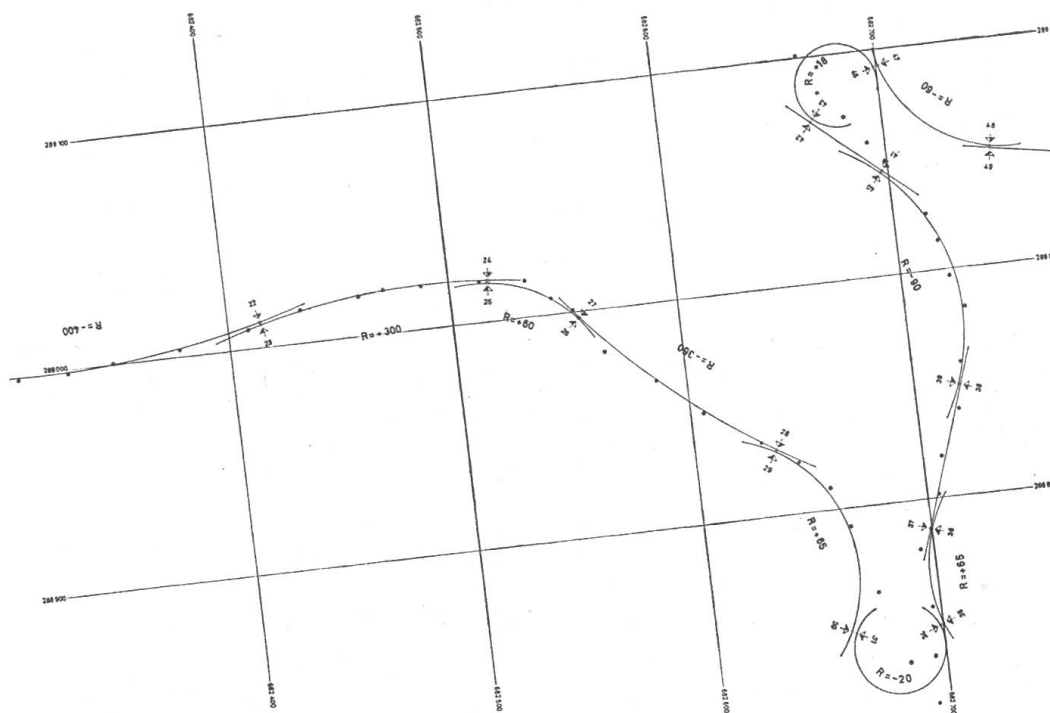


Bild 1

Nach den Grundregeln der elektronischen Axdefinition, auf die einzugehen hier zu weit führen würde, werden die Kreisbogen und Geraden durch je zwei herausgegriffene oder berechnete Punkte und durch die Radien der betreffenden Elemente (für die Gerade $r = \infty$) eingegeben, worauf uns die Rechenmaschine (Spezialprogramm DIGITAL) nicht nur die Axpunkte der Kreisbogen und Zwischengeraden in gewünschten Abständen, sondern auch die zugehörigen Übergangskurven mit Anfang und Ende nebst Radius in jedem Punkt berechnet (Bild 2). Die Resultate werden in einer übersicht-

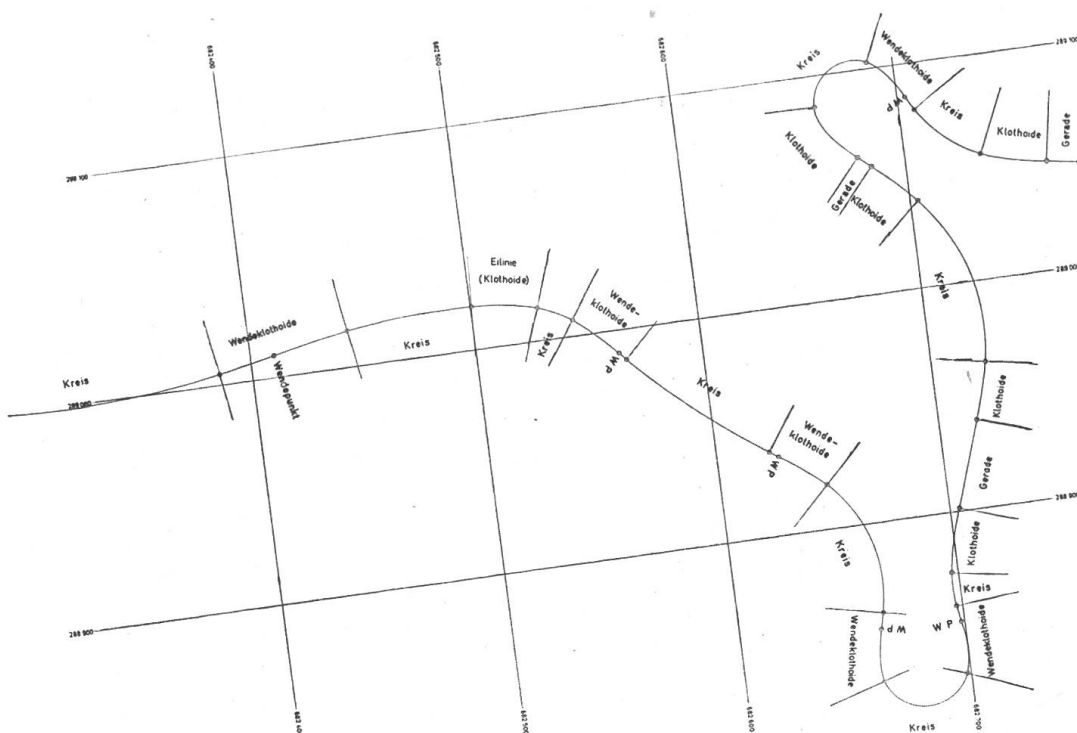


Bild 2

lichen Tabelle geliefert. Bei der Eingabe unmöglicher Dispositionen stoppt die Rechnung und zeigt die Art des gemachten Fehlers auf (Tab. 1).

Die Axe wird nun ebenfalls mittels Koordinatograph mit großer Genauigkeit und trotzdem sehr rasch in die Situation eingetragen, wobei der Situation die gewünschten Absteckungsabschnitte für die einzelnen Fixpunkte entnommen werden (wie beim Autobahnbau).

Die Absteckungselemente werden analog dem Autobahnbau elektronisch berechnet (Tab. 2).

Anhand der Resultattabelle wird die Axe von den Fixpunkten aus im Gelände abgesteckt und verpflockt. Die Absteckung wird mittels der eben-

Tab. 1

Horizontale Axe Nr. 1 Schleithelm

Gerechnet durch DIGITAL AG

Profil-km m	Y-Koordin. m	X-Koordin. m	Azimut g	Radius m	Parameter
1 272,521	682 696,794	288 824,804	36,5431	20,000—	
1 275 924	682 698,390	288 827,804	25,7110	20,000—	
1 280,924	682 699,807	288 832,589	11,4881	25,402 +	21,683
1 285,924	682 700,260	288 837,563	0,6501	34,803 +	21,683
1 290,924	682 699,997	288 842,552	393,1968	55,252 +	21,683
1 295,924	682 699,283	288 847,500	389,1283	133,959 +	21,683
1 299,434	682 698,656	288 850,954	388,2942	∞	21,683
1 306,668	682 697,466	288 858,088	391,8367	64,999 +	21,683
1 321,517	682 697,258	288 872 903	6,3798	65,000 +	
1 341,517	682 701,588	288 892,393	19,2000	210,381 +	43,373
1 350,459	682 704,365	288 900,893	20,5530	∞	43,373
1 370,459	682 710,709	288 919 859	20,5530	∞	

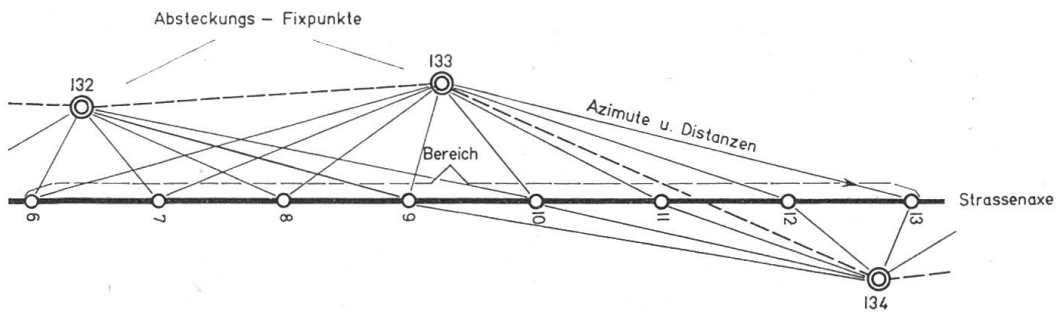
und so weiter.

Tab. 2

Absteckungselemente

Absteckungs- Fixpunkt Nr.	Nach Pkt. Nr.		Azimut g	Distanz m
132	131		309,203	62,269
132	133		87,201	97,299
	Nach Axpunkt Nr. m			
132	37	394,671	317,715	47,814
132	39	369,671	314,172	27,959
132	41	389,671	327,861	8,270
132	43	409,671	74,439	13,461
132	45	429,671	77,904	33,386
132	47	449,671	73,490	54,131
132	48	451,271	73,055	54,687
132	49	461,978	70,180	65,049
132	51	481,250	67,451	84,026

falls tabellierten Kilometrierung durch die Zwischendistanzen auf der Axe kontrolliert (Bild 3).



Absteckungs – Schema

Bild 3

3. Durchführung und Erfahrung

Das Verfahren ist beim vorliegenden Projekt auf keinerlei Schwierigkeiten gestoßen (Bild 4). Axe und Absteckungselemente wurden durch die

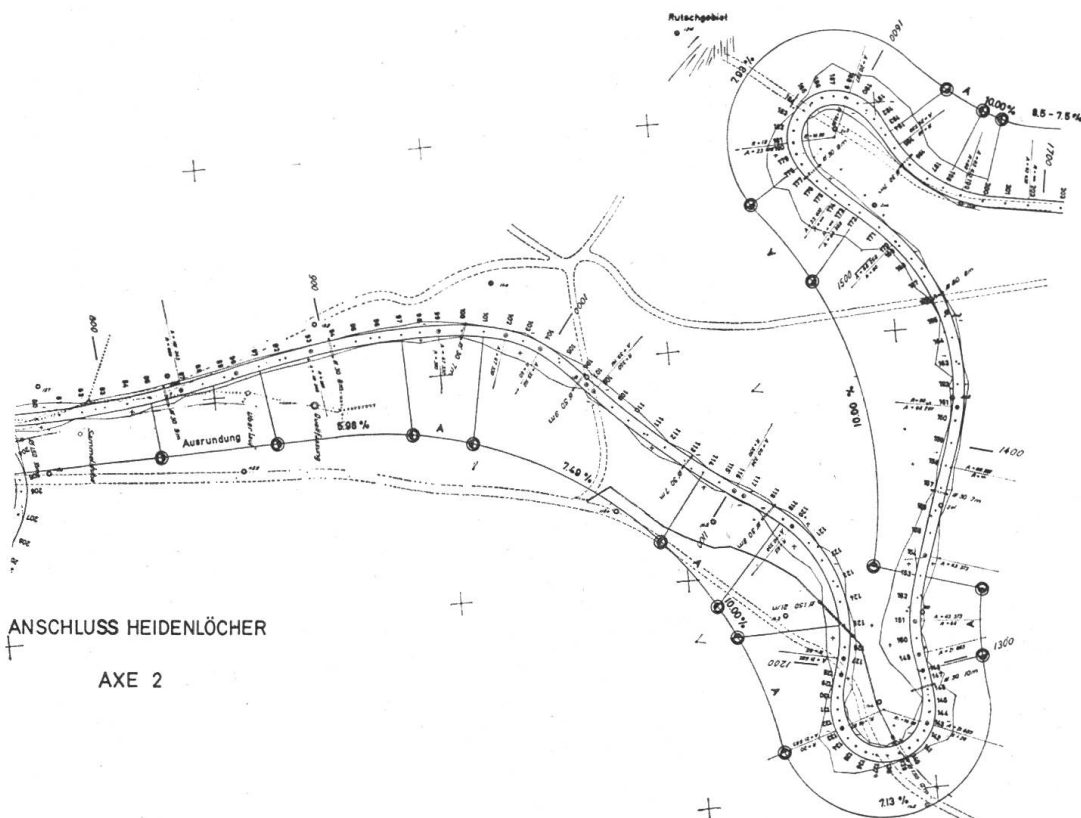


Bild 4

Maschine ohne Unterbruch durchgerechnet. Auch die Absteckung erfolgte reibungslos mit Hilfe zweier Reduktions-Tachymeter, wobei trotz guter Bestockung des Waldes etwa 85 Prozent der Punkte durch Einschneiden hergestellt wurden. Die Verpflockung hielt sich genau an die vorher festgelegten Toleranzen (seitliche Abweichung Axe—Null-Linie).

4. Nachteile der Methode

Es läßt sich nicht übersehen, daß der Methode gegenüber den allgemein üblichen Verfahren gewisse Nachteile anhaften:

Da die Notizen über die Null-Linie (Toleranzen der seitlichen Abweichung usw.) schriftlich festgehalten werden müssen, bedeutet dies eine zusätzliche zeitliche Beanspruchung.

Das Bestimmen unabhängiger Absteckungs-Fixpunkte außerhalb der Axe und die Vermessung derselben bedeutet gegenüber gewissen einfachen Verfahren ebenfalls eine zusätzliche Arbeit.

Gleich verhält es sich mit der genauen Situationsaufnahme einschließlich Einzeichnen der Null-Linie.

Das ganze Verfahren erfordert einen ziemlich vertrauten Umgang mit modernen Präzisionsinstrumenten, was bei der traditionellen Waldstraßenprojektierung kaum der Fall ist. Genügende Kenntnis der auf den Straßenbau zugeschnittenen Vermessungskunde ist also wesentlich (die bisher an der ETH praktizierte Ausbildung scheint mir in dieser Hinsicht weiterhin sehr zweckmäßig).

Zusätzliche Kosten für die elektronische Berechnung.

5. Vorteile der Methode

Nachfolgend seien jedoch auch die wesentlichen Vorteile des hier beschriebenen und in der Praxis bereits mehrfach angewandten Verfahrens erwähnt:

Durch die Methode könnte die bisher beim einfachen Straßenbau wegen ihrer komplizierten Berechnungsart zu recht etwas skeptisch betrachtete Klothoide auch für den forstlichen Gebrauch «populär» werden. Dies hätte seine technischen Vorteile. Wir pflegen zwar beim Waldstraßenbau kaum auf die Geschwindigkeit des Fahrverkehrs Rücksicht zu nehmen. Bei der ungeheuren Zunahme der motorisierten Transporte jeglicher Art soll jedoch auch im Wald die Fahrsicherheit gehoben oder mindestens im üblichen Umfange gewährleistet werden. Es liegt auf der Hand, daß eine flüssigere Linienführung, wie sie durch die Verwendung von Übergangsbögen (heute fast ausschließlich Klothoiden) geboten wird, auch ein sichereres Fahren gestattet, was besonders für Schwerst- und Langtransporte wichtig ist. Dieser Anforderung kommt um so höhere Bedeutung zu, je schmaler die Fahrstraße ist, das heißt in der Regel je schwieriger die Geländeverhältnisse sind.

Diese «zügigere» Linienführung mittels Geraden, Kreisbogen und Klothoiden braucht nun keineswegs größere Baukosten zu verursachen. Das Gegenteil ist der Fall. Auch eine «ideale Axe» mit theoretisch vollständigem Massenausgleich innerhalb kleiner Abschnitte verläuft nie in der Form von nur Kreisbogen und Geraden, wie ja schon das Höhenkurvenbild beweist. Sicher kommt daher die Anpassungsfähigkeit einer Projektierung mit dem zusätzlichen Element der Übergangskurve zwischen Kreisbogen und Gerader oder zwischen Kreisbogen und Kreisbogen dieser «idealen Axe» am nächsten.

Die Planung der «richtigen» Kurve am richtigen Ort wird erleichtert durch das freie Ausprobieren am Zeichentisch. Das ist namentlich da, wo das Gelände stark coupiert oder sonst unübersichtlich ist, an Steilhängen, in Schluchten und um Felsrippen herum usw., einer direkten Absteckung und Planung im Freien unbedingt vorzuziehen. Der Praktiker weiß aus Erfahrung, daß oft, wo bisher ein Tangentenschnittpunkt in die Luft, in einen Abgrund oder auf eine starke Überhöhung, an eine Felswand, in ein Gewässer oder ein Gebäude fällt, der Ausweg entweder in einer Aneinanderreihung kürzerer Kreisbogen oder im langwierigen und auch nicht leichten Probieren mit Einrückungsmethoden oder ebenfalls in der primären Vermessung des kritischen Geländes mit anschließender Konstruktion auf dem Papier gesucht werden muß. Es fällt daher leichter, die Null-Linie und wichtige Geländepunkte nach einem einfachen System gleich von Anfang an zu vermessen, um nachher frei von Zwangsmanipulationen an oft sogar lebensgefährlichen Stellen richtig disponieren zu können. Je schwieriger das Gelände, desto mehr Vorteile scheint mir diese Methode zu bieten.

Weitere Vorteile bietet die definitive Absteckung der Axe, weil sie von den frei gewählten, möglichst übersichtlich platzierten Fixpunkten aus erfolgen kann. Meistenorts wird es möglich sein, die Axpunkte durch optisches Einschneiden ins Gelände zu übertragen (vgl. Schema). Auch an schwierigen Orten, wo selbst Einschneiden oder Messung mit Band oder Staffelzeug nicht in Frage kommt, besteht immer noch die Möglichkeit der Axbestimmung mittels optischer Distanzmessung. Dieses ganze Verfahren ist so zuverlässig und rasch, daß der Verpflockungstrupp, bestehend aus 2 bis 3 Mann (je nach Nachschubverhältnissen), kontinuierlich streng beschäftigt ist. Die Genauigkeit der Absteckung beträgt auch unter schwierigen Verhältnissen ± 5 cm auf den Pfahl, oder $\pm 0,5$ bis 1 cm beim Einschlagen eines Nagels auf den Pfählen. Allfällige Fehler oder Differenzen können sich nicht fortpflanzen oder summieren.

Die Absteckung kann während des Baues für verlorengegangene und schwer versicherbare Axpunkte jederzeit mit Leichtigkeit wieder hergestellt werden, was namentlich für kritische Stellen (Felssprengungen, Kunstbauten) von Bedeutung sein kann.

Für viele Fälle wirkt sich auch der genaue koordinatenmäßige Planauftrag aus. Die technischen Projektpläne können später mit Leichtigkeit in

die bestehenden Waldpläne übernommen werden. Sind die Absteckungs-Fixpunkte dauerhaft verpflockt oder gar versteint, so sind jederzeit die Grundlagen für andere technische Aufgaben vorhanden.

6. Befürchtungen

Die hier beschriebene Methode ist wie alle andern genau so «großzügig» wie der Projektverfasser oder wie die maßgebende Behörde. Sie braucht also nicht, wie dies vielleicht befürchtet werden könnte, kostenmäßig nicht zu verantwortende «Autobahnen» im Walde zu schaffen, sondern sie kann sich den genau umschriebenen Anforderungen sogar besser anpassen, wobei bei der Ausführung eine Kostensenkung erzielt werden kann.

7. Aufwand

Einen Vergleich für die reinen Projektkosten möchte ich mir auf Grund eines einzigen forstlichen Beispiels nicht erlauben. Die Kosten für die Benützung der elektronischen Programme (Axberechnung und Berechnung der Absteckungselemente) beliefen sich für 38 Definitionselemente, 199 Axpunkte und für 509 Absteckungselemente auf total Fr. 820.— bei einem mittleren Profilabstand von 12.30 m, das heißt auf Fr. —.34 pro Laufmeter. Es besteht kein Tarif für diese Arbeiten, da die Anforderungen an das Programm und die entsprechenden Aufwendungen zu verschiedenartig sind. Man kann sich aber trotzdem auf Grund der Anzahl der Elemente (Gerade, Kurven und Übergangsbogen) sowie des gewünschten Abstandes der Axpunkte ein ungefähres Bild über die Berechnungskosten machen. Der Mehraufwand für die unter Ziffer 4 erwähnten Mehrarbeiten sowie die Kosten der elektronischen Berechnung werden meines Erachtens wettgemacht durch qualitative Ausgestaltung des Projektes einerseits und durch die Vereinfachung, Zeiteinsparung und bessere Präzision bei der Absteckung anderseits. Hingegen scheint sich vorderhand die Berechnung des Längenprofils sowie die Massenberechnung auf elektronischem Wege als noch zu kostspielig für den forstlich-technischen Gebrauch zu erweisen.

8. Vorläufige Schlußfolgerungen

Obschon der Autobahnbau und der Waldstraßenbau von sehr verschiedenartigen Voraussetzungen ausgehen, scheint die Annahme berechtigt, daß sich die Übertragung gewisser Projektierungs- und Absteckungsmethoden auf den Waldstraßenbau nicht unvorteilhaft auswirken würde. Weitere Studien und Erfahrungen sind jedoch erwünscht.

Résumé

Est-il possible d'appliquer à la construction de routes forestières les nouvelles méthodes de planification et de piquetage développées dans la construction des autoroutes?

Actuellement, dans la construction des autoroutes, les points de l'axe de la route, leurs repères, les bordures, etc., sont calculés électroniquement. L'utilisation des clothoïdes à côté des autres éléments usuels du piquetage (arc de cercle et droite) ne provoque pas de difficultés supplémentaires. Le calcul des éléments du piquetage par rapport à un système librement choisi de points fixes est aussi exécuté électroniquement, de telle sorte que la fixation de l'axe de la route peut être faite d'une manière rapide, pratique et précise. L'application de plus en plus généralisée de cette méthode en dehors des autoroutes pour la construction de routes les plus diverses, par exemple avec de petits rayons et beaucoup de points obligés, a amené l'auteur à étudier ses possibilités d'utilisation pour la construction de routes forestières et rurales. Dans ce but, un projet de 2,4 km de long, situé dans le canton de Schaffhouse, a été établi avec cette méthode. L'exécution de la planification et du piquetage à l'aide de valeurs calculées électroniquement ne donna lieu à aucune difficulté.

L'exposé mentionne, à côté d'un certain nombre de désavantages, les avantages principaux suivants:

- Une bonne adaptation du tracé au terrain grâce à la possibilité d'un choix clair des courbes et des droites convenant le mieux.
- Des difficultés de terrain, telles que des rochers, des pentes raides, des arêtes, un boisement dense, etc., ne jouent plus un grand rôle, aussi bien pour l'établissement du projet que pour le piquetage.
- L'utilisation de la clothoïde comme élément naturel du tracé a lieu automatiquement et sans aucune complication.
- Les plans de situation sont conformes au réseau de triangulation et de ce fait peuvent aussi servir au complètement exact des plans forestiers ou à d'autres tâches.

Les principes d'un réseau routier forestier et les exigences spécifiques des projets de détail d'un tel réseau ne sont pas touchés par ces nouvelles méthodes.

A des frais plus élevés pour le relevé de la ligne de pente et pour le calcul électronique s'opposent des temps plus courts pour le piquetage, sans qu'il soit toutefois possible jusqu'à présent d'établir une véritable comparaison des frais avec les méthodes traditionnelles.

Un calcul électronique du profil en long et des masses tel qu'il est exécuté dans la construction des autoroutes n'est pour le moment pas rentable dans le cas des routes forestières.

Traduction *Farron*

Verwendete Instrumente:

1. Redta, Präz.-Red.-Tachymeter (mit horiz. Latte, System Bosshardt).
 - Polygonzugsmessung,
 - Absteckung mittels Einschneiden und tachymetrisch.
2. Dahlta, Präz.-Red.-Tachymeter
 - Rasche Aufnahme der Nulllinie und weiterer Situationsdetails mit vertikaler Latte,
 - Absteckung zusammen mit Redta mittels Einschneiden oder Meßband.
3. Kartiertisch Karti, halbautomatisch, kombiniert mit Dahlta
 - Rasche Kartierung von Situationsdetails gleichzeitig mit Vermessung vom gleichen Stativ aus.
4. Koni, Nivellierinstrument mit automatischer Ziellinienhorizontierung.
Alle vier Instrumente Zeiß-Jena.
5. Elektronische Rechenmaschine Typ IBM 1620 (DIGITAL).

Literatur:

Kreiselmaier H. und Konzett R.: «Die Projektierung der linksufrigen Höhenstraße» in «Straße und Verkehr», Bd. 47, 1/1961.

Osterloh H.: «Straßenplanung mit Klothoiden», 1958, Bauverlag Wiesbaden.

Konzett R.: «Überblick über den Einsatz eines elektronischen Datenverarbeitungssystems» in «Straße und Verkehr», 7/1961.

Köchle R.: «Zwei Nomogramme zur Dimensionierung von Wendeklothoiden und Eilinen» in «Straße und Verkehr», 6/1961.

VSS-Normen:

No SNV 40282 «Elektronische Berechnungen, Straßenaxen»

No SNV 40295 «Elektronische Berechnungen, Absteckungselemente».