

# Die Leistungsfähigkeit der Strassen : ein Beitrag zur Lösung der Marschprobleme motorisierter Truppen (Schluss)

Autor(en): **Maag, E.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **ASMZ : Sicherheit Schweiz : Allgemeine schweizerische Militärzeitschrift**

Band (Jahr): **121 (1955)**

Heft 3

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-25849>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

chef *Stalin* den Westmächten am 14. Oktober 1944 vorgeschlagen, die Schweiz anzugreifen, um die deutsche Siegfriedlinie vom Rücken her aufzurollen. Die Verwirklichung dieses Vorschlages scheiterte vor allem am Widerstand des britischen Premierministers Churchill.

#### Literatur

<sup>1</sup> *Kurz*, Die militärische Bedrohung der Schweiz im Zweiten Weltkrieg, ASMZ 1951, S. 757 ff.

<sup>2</sup> *Lt.Col. Lugand*, Les forces en présence au 10 mai 1940, in *Revue d'Histoire de la deuxième guerre mondiale*, Juni 1953, S. 14 ff.

<sup>3</sup> *Lugand*, aaO S. 30 ff.

<sup>4</sup> *Kurz*, Die operative Bedeutung der Schweiz in der Geschichte ihrer Neutralität, ASMZ 1952, S. 882 ff.

<sup>5</sup> *Kurz*, Militärische Bedrohungen, aaO. S. 770.

<sup>6</sup> *Kurz*, Militärische Bedrohungen, aaO. S. 774 und dortige Literatur. Ferner *Kurt Huber*, Vom italienischen Imperialismus gegen die Schweiz vor und während des Zweiten Weltkrieges, in *Politische Rundschau* Nr. 7/8, 1952, S. 245 ff., insbes. 250.

<sup>7</sup> *Kurz*, Militärische Bedrohungen, aaO. S. 777.

<sup>8</sup> *Gerda Louise Dietl/Oberst Herrmann*; General Dietl, S. 255 ff.  
*Erfurth*, Der finnische Krieg 1941–1944, S. 137 ff.

<sup>9</sup> *Guisan*, Entretiens, S. 150 ff.

*Barbey*, P.C. du Général, S. 150 ff.

## Die Leistungsfähigkeit der Straßen

### Ein Beitrag

### zur Lösung der Marschprobleme motorisierter Truppen

Von Major i. Gst. E. Maag

(Schluß)

#### B. Die Eigenschaften der Straße

##### 1. Der Zustand der Straße

Eine militärische Beurteilung der Fahrbahnqualitäten wird sich in erster Linie nach jenen Faktoren richten, welche die Fahrsicherheit gewährleisten, also vor allen die Beschaffenheit der Fahrbohnoberfläche (griffig – glatt, wellig – eben, naß – trocken, sauber – schmutzig usw.). Diese Eigenschaften lassen sich zahlenmäßig darstellen durch die Angabe des Bremsvermögens, denn die Weglänge, die ein Fahrzeug zum Anhalten benötigt, ist eine direkte Funktion der Reibungsverhältnisse ( $f(\varrho)$ ) zwischen Rad und Straßenoberfläche.

Andererseits ist dieser Bremsweg auch abhängig von der Konstruktion des Fahrzeuges, insbesondere von der Wirksamkeit seiner Bremsen ( $f(\eta)$ ), deren gutes Funktionieren wir voraussetzen müssen.

Berücksichtigt man ferner, daß beim Bremsen kinetische Energie vernichtet werden muß, was eine quadratische Abhängigkeit von der Geschwindigkeit in sich schließt, so läßt sich für den Bremsweg nachstehende generelle Formel anschreiben:

$$9) \quad b = \frac{v^2}{2} f(\varrho, \eta)$$

Eine exakte Darstellung der Mechanik des Bremsvorganges ist ziemlich kompliziert, u. a. schon deshalb, weil zwischen Haft-, Gleit- und Rollreibung unterschieden werden muß, welche Größen zudem Funktionen der Geschwindigkeiten sind. Wir wählen deshalb eine einfachere, allerdings nur symptomatische Darstellung des Problems, deren Genauigkeit für unsere Zwecke vollauf genügt.

Die Funktion  $f(\varrho, \eta)$  bewirkt eine Abnahme der Geschwindigkeit  $v$ ; sie hat, wie auch eine Dimensionsbetrachtung zeigt, den Charakter einer (negativen) Beschleunigung. Ersetzen wir in Gleichung 9 die Ursache (Bremsmechanismus, Reibung) durch die Wirkung (Abnahme der Geschwindigkeit), so ergibt sich die Bremsweglänge zu:

$$9a) \quad b = \frac{v^2}{2p}$$

*Tabelle II*

Zustand der Fahrbahn	Maximal mögliche Bremsverzögerung $p$ in $m/sec^2$
Glatteis	0,5
Vereist	1,0
Schnee	1,5
Schnee gesandet	2,0
Schlammige Fahrbahn	4,0
Gute Schotterstraße	6,0
Beton- oder Bitumenbelag naß	8,0
Beton- oder Bitumenbelag trocken	10,0

In der *maximal möglichen Bremsverzögerung*  $p$ , die wir als *Kennzahl für die Fahrbahnqualität* wählen, sind neben den genannten Faktoren die Einflüsse der Witterung, soweit sie die Straßenoberfläche betreffen (Regen, Schnee, Eis, Frost) implizite enthalten. Die vorstehende Tabelle II stellt beobachtete Verzögerungswerte und Beschaffenheit der Fahrbahnoberfläche gegenüber.

Gleichung 9a wird von Polizeiorganen mit Vorliebe für die Kontrolle der Bremsen an Fahrzeugen verwendet; die Straßenbauer andererseits benötigen die gleiche Beziehung zur Bewertung der Fahrbahneigenschaften.

Es ist aber darauf hinzuweisen, daß die beiden Funktionen  $f(\varrho)$  und  $f(\eta)$  voneinander vollständig unabhängig sind. Wie beim Versagen einer Kette nur auf die Eigenschaft des schwächsten Gliedes geschlossen werden kann, so ist auch hier, aus einem beobachteten Bremsweg  $b$ , a priori nicht zu entscheiden, ob das Resultat auf die Eigenschaften des Bremsmechanismus oder aber auf die Fahrbahnqualität zurückzuführen sei.

Im erstgenannten Fall ist deshalb abzuklären, ob die Belagsrauigkeit mit Sicherheit größere Bremskräfte zuläßt als die zu prüfende Fahrzeugbremse; umgekehrt muß im zweiten Fall die Bremse größere Verzögerungen gewährleisten als die Belagsqualität ergeben kann. Eine Mißachtung dieser Zusammenhänge führt zu falschen Schlüssen hinsichtlich der Ursache des mangelnden Bremsvermögens.

Als Ergebnis vorstehender Überlegung sind in der Abbildung 2b die *Anhaltestrecken* – Bremsweglänge plus Reaktionsweg<sup>1</sup> – in Funktion der *Fahrgeschwindigkeit* für die verschiedenen *Fahrbahnzustände* respektive Verzögerungswerte graphisch dargestellt. Da die Sichtweite stets größer bleiben muß als die unter den gegebenen Umständen erforderliche Anhaltedistanz, kommt der Fahrbahnqualität entscheidende Bedeutung zu.

Ein weiterer Faktor zur Beurteilung der Marschgeschwindigkeit ist die zur Verfügung stehende *Breite der Fahrspur*. Je größer die Fahrgeschwindigkeit, um so größer wird auch der notwendige seitliche Sicherheitsabstand (Lichtraumprofil) gegenüber der Fahrbahnbegrenzung. Im Mittel kann angenommen werden, daß ein beidseitiger Sicherheitsabstand von 20 cm bei 20 km/h, 50 cm bei 50 km/h usw. notwendig und hinreichend ist. Diese Werte sind für Nachtfahrten entsprechend der Dunkelheit zu vergrößern, respektive die Geschwindigkeit zu verkleinern.

Unter diesem Titel muß auch erwähnt werden, daß im Kriegsfall die Straßen vorwiegend bei Kreuzungen und in *Défiléen* Zielobjekte darstellen.

---

<sup>1</sup> Da die Reaktionszeit ( $t_0$ ) eines normal disponierten Fahrers im Mittel gleich 1 sec gesetzt werden kann, so entspricht die in m/sec gemessene Geschwindigkeit dem Reaktionsweg in m (Abb. 2b, Skala rechts).

# ANHALTSTRECKEN VON FAHRZEUGEN BEI VERSCHIEDENARTIGEN FAHRBAHNZUSTÄNDEN

(BREMSSTRECKE HORIZONTAL)

- a = ANHALTESTRECKE
- v = GESCHWINDIGKEIT
- t<sub>0</sub> = REAKTIONSZEIT (")
- p = BREMSVERZÖGERUNG

$$a = \frac{v}{t_0} + \frac{v^2}{2p}$$

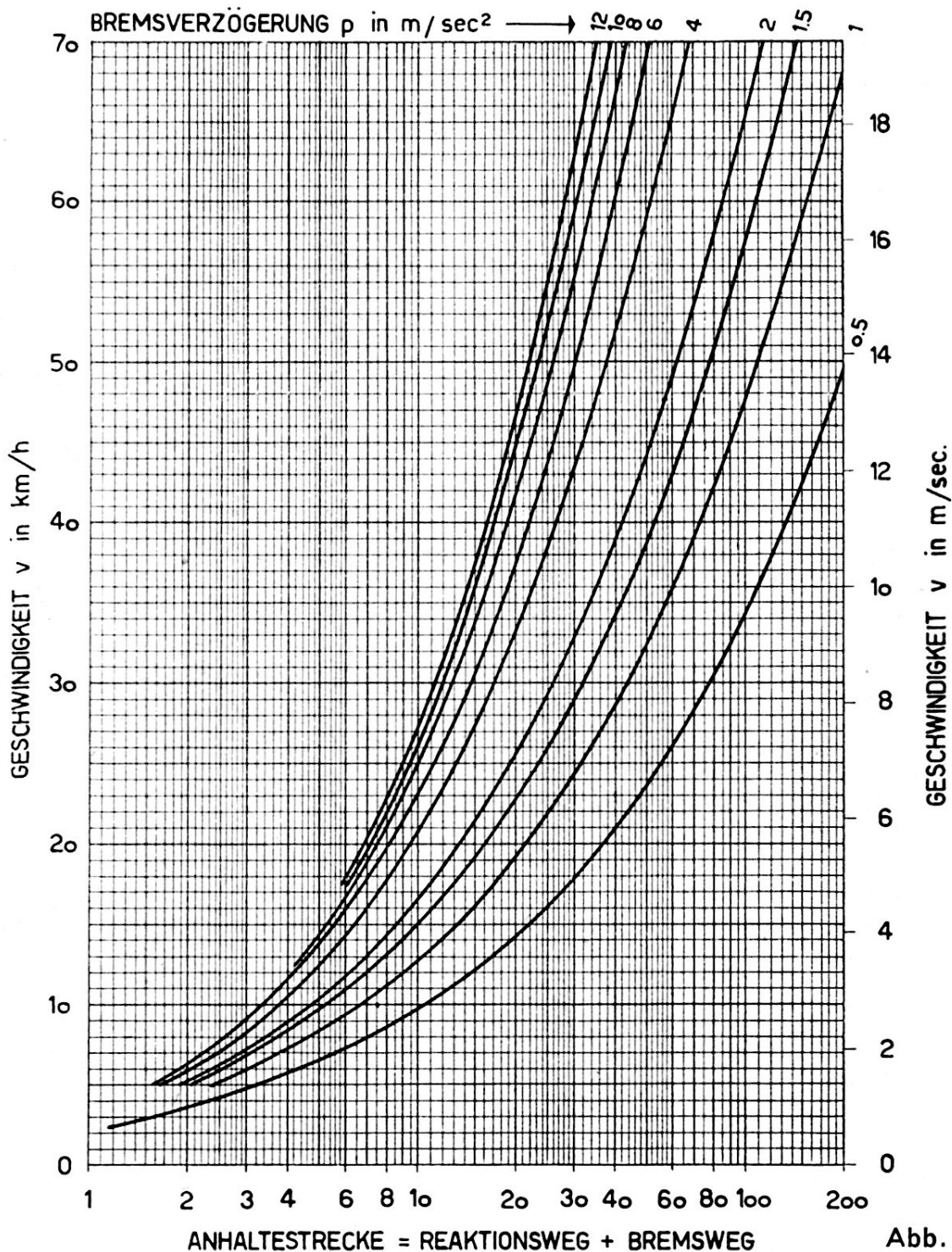


Abb. 2b

Wenn auch angenommen werden kann, daß die Fahrbahn rasch wieder behelfsmäßig hergestellt sein wird, können Unebenheiten zu erheblichen Reduktionen der Geschwindigkeit zwingen.

## 2. Kurven

Mit Ausnahme der Hauptverkehrsadern im Mittelland sind unsere Straßen kurvenreich. Die bei der Kurvenfahrt auftretende Zentrifugalkraft (genauer: Zentrifugalbeschleunigung  $p_r$ ) darf aus Gründen der Fahrsicherheit ein gewisses Maß nicht überschreiten, was zu einer Anpassung der Geschwindigkeit zwingt. Formelmäßig lautet dieser Zusammenhang:

$$10) \quad v_r = \sqrt{r \cdot p_r}$$

In Abbildung 3 ist diese Abhängigkeit von der Kurvenkrümmung ( $r$ ) graphisch dargestellt.

Fahrversuche ergaben, daß für Lastwagen, insbesondere beim Truppentransport, die Geschwindigkeit in der Kurve soweit reduziert werden muß, daß die Zentrifugalbeschleunigung den Wert  $p_r = 1,0 \text{ m/sec}^2$  nicht wesentlich überschreitet. Bei  $p_r = 2,35 \text{ m/sec}^2$  tritt bereits eine zirka 50prozentige Mehrbelastung der äußeren Räder auf, was nur mehr für Personewagen tragbar erscheint.<sup>1</sup>

Es sei hier auf eine psychologisch interessante Erscheinung aus dem Sektor des zivilen Tourismus aufmerksam gemacht.

Die erwähnte Zentrifugalbeschleunigung erweist sich als Kennzahl für den automobilistischen Charakter des Fahrzeugführers. Er fährt nämlich Kurven verschiedenster Krümmung stets mit dem gleichen ihm eigenen  $p_r$ -Wert. Dies erklärt sich aus dem Zusammenwirken der am Aufbau der Kurvenfahrt beteiligten psychologischen, physiologischen und physikalischen Faktoren. Der auf die Kurve zurollende Fahrzeugführer erfaßt – normale Übersicht vorausgesetzt – visuell die Situation, beurteilt die Kurvenkrümmung auf Grund dieses Anblickes und reduziert – alles im Unterbewußtsein – entsprechend seine Fahrgeschwindigkeit.<sup>2</sup>

Selbstredend handelt es sich dabei um eine statistische Gesetzmäßigkeit, das heißt sie gilt für den Mittelwert vieler Einzelbeobachtungen. Diese Fahrweise entspricht dem Leitsatz des MFG, das vorschreibt, die Geschwindigkeit den örtlichen Verhältnissen anzupassen; sie erklärt aber auch, weshalb Signale mit Geschwindigkeitsvorschriften selten oder nie respektiert werden.

---

<sup>1</sup> Die genannten Werte gelten für Kurven ohne Querneigung, weder richtige noch falsche, eine Voraussetzung, die in den nächsten Jahren noch aufrecht erhalten werden muß.

<sup>2</sup> Ein Temperament mit Kennzahl 1 entspricht einer Fahrweise, die man mit «andante», 2 mit «allegro» bezeichnen kann. Werte von 3 und mehr kennzeichnen den sportlichen Fahrer, der sein «presto» bis «prestissimo» mit einer entsprechenden Musik untermalt.

Um ein Bild von der Größenordnung des Einflusses einer Kurve auf die Marschgeschwindigkeit zu erhalten, idealisieren wir die Fahrweise auf eine Reduktion der Geschwindigkeit von  $v_0$  auf den in der Kurve zulässigen Wert  $v_r$  (Kurvenanfang) und das unmittelbare Wiederanziehen bis zum ursprünglichen Wert  $v_0$ . Setzt man dabei die Bremsverzögerung (Motorbremse) und die Anfahrbeschleunigung konstant und gleich groß, so läßt sich der durch die Kurvenfahrt *bedingte Zeitverlust*  $\Delta t_r$  mit einem einfachen Ausdruck angeben:

$$11) \quad \Delta t_r = \frac{(v_0 - v_r)^2}{p \cdot v_0}$$

oder, unter Anwendung von Gleichung 10

$$11a) \quad \Delta t_r = \frac{(v_0 - \sqrt{r \cdot p_r})^2}{p \cdot v_0}$$

Die vorgenannten, vereinfachenden Annahmen sind so lange gerechtfertigt, als die Bogenlänge der Kurve klein bleibt im Verhältnis zu den für Bremsung und Beschleunigung benötigten Strecken, eine Voraussetzung, die bei den Straßen unseres Mittellandes meistens zutrifft. Diese Fahrweise entspricht auch der Fahrpraxis, die ein «Durchziehen», das heißt ein Beschleunigen des Fahrzeuges in der Kurve fordert.

In Abb. 4 sind die Resultate dieser Überlegungen graphisch dargestellt. Die errechneten *Zeitverluste* sind erstaunlich klein. Ein anderes Bild ergibt sich erst, wenn sich die Kurven in Abständen folgen, daß sich Brems- und Anfahrbereiche überschneiden oder aber das Bogenmaß groß wird (Wendepfatten). Es muß dann über eine längere *Strecke* ( $s$ ) mit *reduzierter Geschwindigkeit* ( $v_i$ ) gefahren werden. In diesem Falle berechnet sich der *Zeitverlust*  $\Delta t_i$  zu:

$$12) \quad \Delta t_i = \frac{v_0 - v_i}{v_0 \cdot v_i} \cdot s$$

Abbildung 5 zeigt die graphische Auswertung dieser Gleichung.

Selbstredend läßt sich diese Berechnung auch verwenden, wenn die Ursache der Geschwindigkeitsreduktion nicht eine Kurve, sondern ein beliebiges anderes Hindernis ist. Dies gilt im besondern für das Befahren von Steigungen und Gefällen.

### 3. Steigungen

Im Gegensatz zu den Kurven wird der Einfluß der Steigungen auf die Fahrbahn meist unterschätzt; in erster Linie wohl deshalb, weil Steigungen allzuoft vom «Pw-Standpunkt» aus beurteilt werden. Die nachstehende

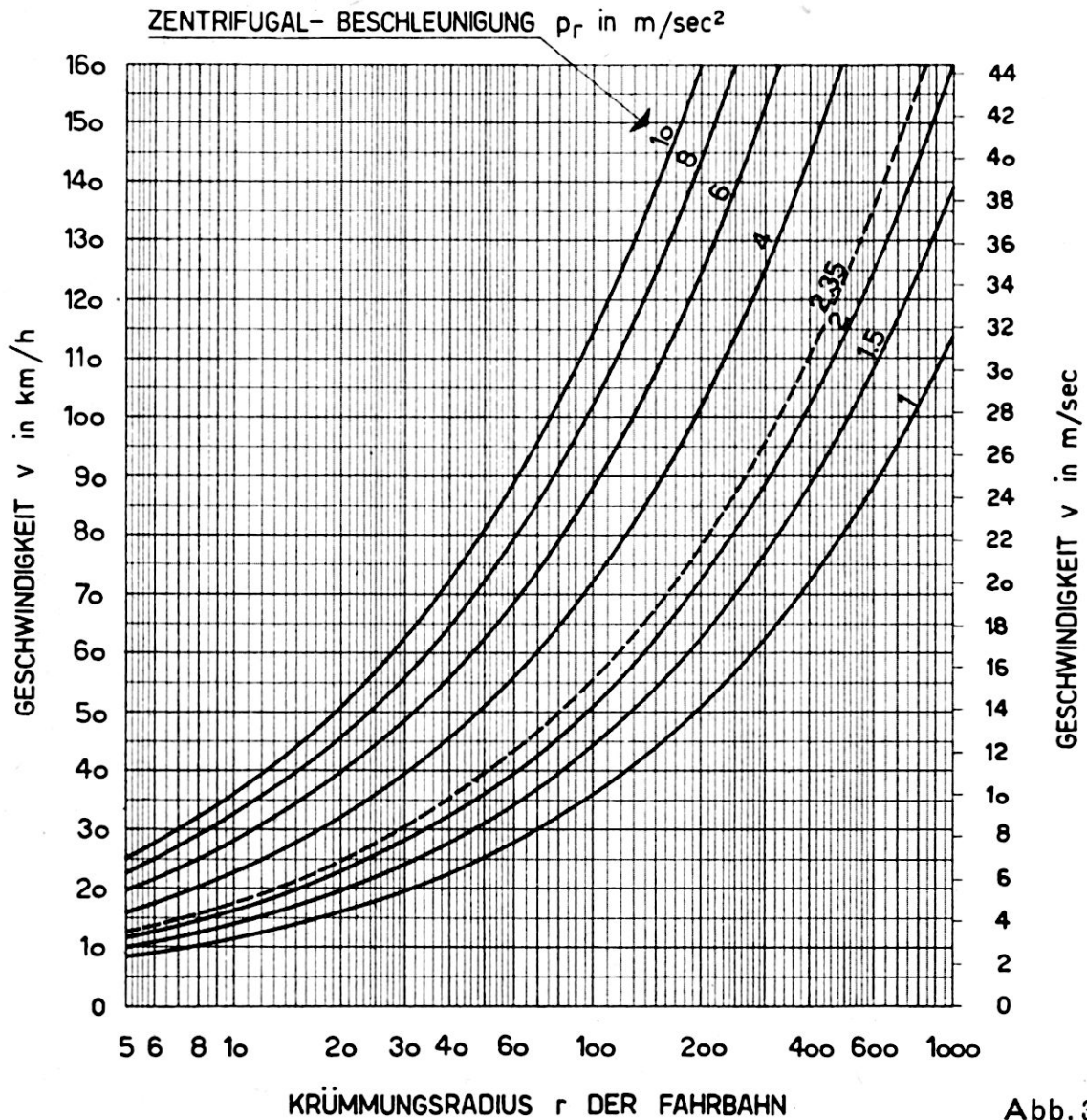
# KURVENFAHRT AUF HORIZONTALER BAHN

( OHNE QUERGEFÄLLE )

ZUSAMMENHANG ZWISCHEN GESCHWINDIGKEIT,  
KRÜMMUNGSRADIUS UND ZENTRIFUGALBESCHLEUNIGUNG

ZENTRIFUGAL- BESCHLEUNIGUNG in m/sec <sup>2</sup>	MEHRBELASTUNG DER AUSSENRÄDER in %
1	20
1.5	30
2	40
2.35	50
4	100
6	200
8	400
10	1100

$$v = \sqrt{r \cdot p_r}$$





# ZEITVERLUST BEI EINEM HINDERNIS

ALS FOLGE DER REDUKTION DER GESCHWINDIGKEIT  $v$  von  $v_0$  bis  $v_r$

(z. Bsp. KRIEGSSCHADEN, KURVENFAHRT,\* ENGPASS, BAUSTELLE etc.)

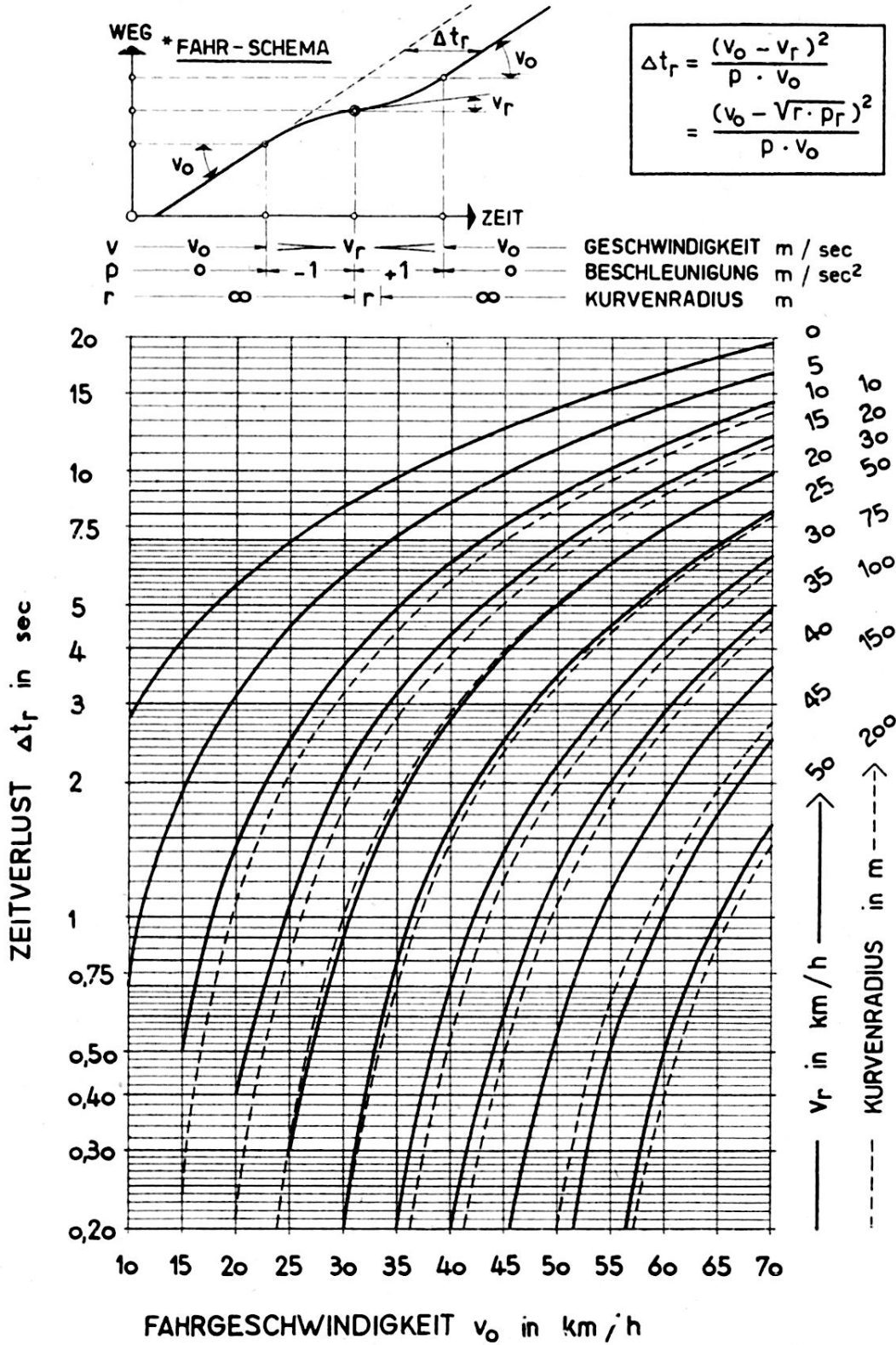


Abb. 4

Tabelle III gibt eine Übersicht der Fahrgeschwindigkeiten von Lastwagen in Steigungen. Die Zahlen geben allerdings nur Richtwerte, da unsere verschiedenartigen Wagentypen sich kaum in ein allgemeines Schema einordnen lassen. Auch spielt die Beladung eine wesentliche Rolle.

Tabelle III

Fahrgeschwindigkeiten der Lastwagen in Steigungen in km/h

	2 %	4 %	6 %	8 %	10 %	12 %
leicht	70	60	45	35	25	20
mittel	60	45	35	25	20	15
schwer	50	35	25	20	15	10

#### 4. Gefälle

Aus Gründen der Fahrsicherheit schreibt das Reglement vor, daß Gefällsstrecken im gleichen Gang wie bei der Bergfahrt zu fahren sind; dies bedeutet, daß auch die Fahrgeschwindigkeiten denen in Steigungen ähnlich sind. Wenn auch diese Regel grundsätzlich nach wie vor Geltung behalten wird, so rechtfertigen zwei Gründe eine etwas größere Auslegung:

Zunächst ist festzustellen, daß die Bremsweglängen auch bei großem Gefälle nur unwesentlich länger sind als auf ebener Bahn. Diese meist unbekannte Tatsache erklärt sich aus dem im Verhältnis zu den normalen Bremskräften bescheidenen Anteil der Gravitationskräfte (Abb. 6).

Dieses Bild ändert sich aber vollständig bei ungünstigen Fahrbahnzuständen, so zeigen bei vereisten Fahrbahnen Theorie und Praxis übereinstimmend, daß in Gefällen von über 10 % ein Anhalten kaum mehr möglich ist.

Im weitern sind die Fortschritte in der Bremskonstruktion, insbesondere der Motorbremsen, entsprechend zu würdigen.

Tabelle IV gibt eine Zusammenstellung der mittleren Geschwindigkeiten; die Werte gelten für gute Straßen, sie sind bei schlechten Fahrbahnzuständen im Verhältnis der p-Werte zu reduzieren.

Tabelle IV

Fahrgeschwindigkeiten der Lastwagen in Gefällen in km/h

	2 %	4 %	6 %	8 %	10 %	12 %
leicht	70	45	40	35	30	25
mittel	60	40	35	30	25	20
schwer	50	35	30	25	20	15

# ZEITVERLUST BEI FAHRTEN MIT REDUZIERTER GESCHWINDIGKEIT

(INFOLGE FAHRBAHNZUSTAND, STEIGUNGEN etc.)

$$\Delta t_i = \frac{v_0 - v_i}{v_0 \cdot v_i} \cdot s$$

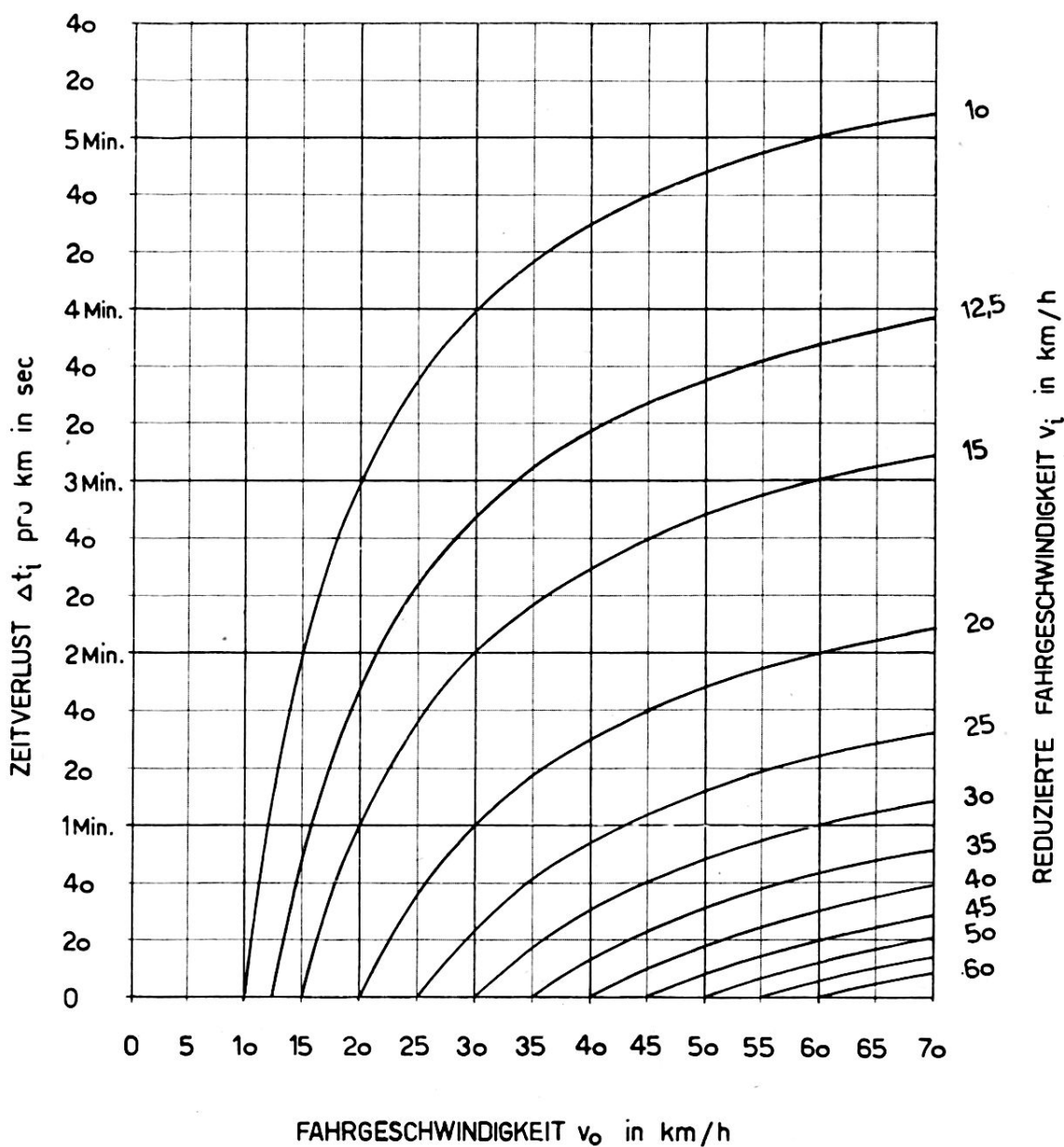


Abb. 5

## II. Die Fahrzeugfolgedistanz $d$

Es wurde schon eingangs dargelegt, daß die Wahl der Fahrzeugdistanz vorwiegend eine taktische Angelegenheit sei. Im Rahmen dieser Arbeit haben wir uns mit dieser Größe nur insoweit zu befassen, als es sich um den *Grenzfall minimaler Abstände* und damit größtmöglicher Verkehrsleistungen handelt (Friedensmarsch).

Die *minimale Folgedistanz* muß auch in diesem Fall mindestens so groß sein, daß sie dem Fahrer ermöglicht, bis zu einem «hinter» (d. h. vor) dem Vorausfahrzeug ins Blickfeld tretenden Hindernis anhalten zu können; sie ist deshalb gleich der um die Fahrzeuglänge ( $c$ ) vergrößerten Anhalte-  
strecke.

$$13) \quad d = c + \frac{v}{t_0} + \frac{v^2}{2p}$$

Setzen wir diesen Ausdruck in die Gleichung 5 ein, so erhalten wir für die größtmögliche Verkehrsleistung

$$14) \quad L = \frac{I}{\frac{c}{v} + \frac{I}{t_0} + \frac{v}{2p}}$$

In dieser allgemeinen Form zeigt sich die Verkehrsleistung primär als Funktion der Fahrgeschwindigkeit und des Fahrbahnzustandes, sekundär der Fahrzeugabmessung und des Reaktionsvermögens des Fahrers.

Die graphische Darstellung dieser Verkehrsleistungen und der zugehörigen Folgedistanzen<sup>1</sup> (Abb. 7) in Funktion der Fahrbahnzustände gibt eine Übersicht über die extremen Möglichkeiten. Wenn auch diese von unserem militärischen Standpunkt aus nur als Grenzwerte in Erscheinung treten, vermitteln sie doch einen Einblick in die innern Zusammenhänge der Mechanik des Verkehrsablaufes und rechtfertigen eine Analyse dieser «zivilen Verkehrsformel».

Zunächst fällt auf, daß die *Leistungskurven* bei einer bestimmten *Geschwindigkeit ein ausgeprägtes Maximum* aufweisen. Ist die Geschwindigkeit größer oder kleiner, so sinkt die Verkehrsleistung rasch ab.

Zur Berechnung dieser optimalen Geschwindigkeit benützen wir die Bedingung, daß für das Leistungsmaximum der Differentialquotient  $\frac{dL}{dv} = 0$  sein muß. Die Durchführung dieser Rechenoperation liefert die *optimale Fahrgeschwindigkeit* zu:

<sup>1</sup> Die bekannte Faustregel – minimale Distanz in m = Fahrgeschwindigkeit in km/h – gibt einen guten Mittelwert (Abb. 7).

# Anhaltstrecken von Fahrzeugen bei geneigter Fahrbahn.

Abb. 6

$$\text{Anhaltstrecke} = \frac{v}{t_0} + \frac{v^2}{2(\rho \pm g \cdot \alpha)}$$

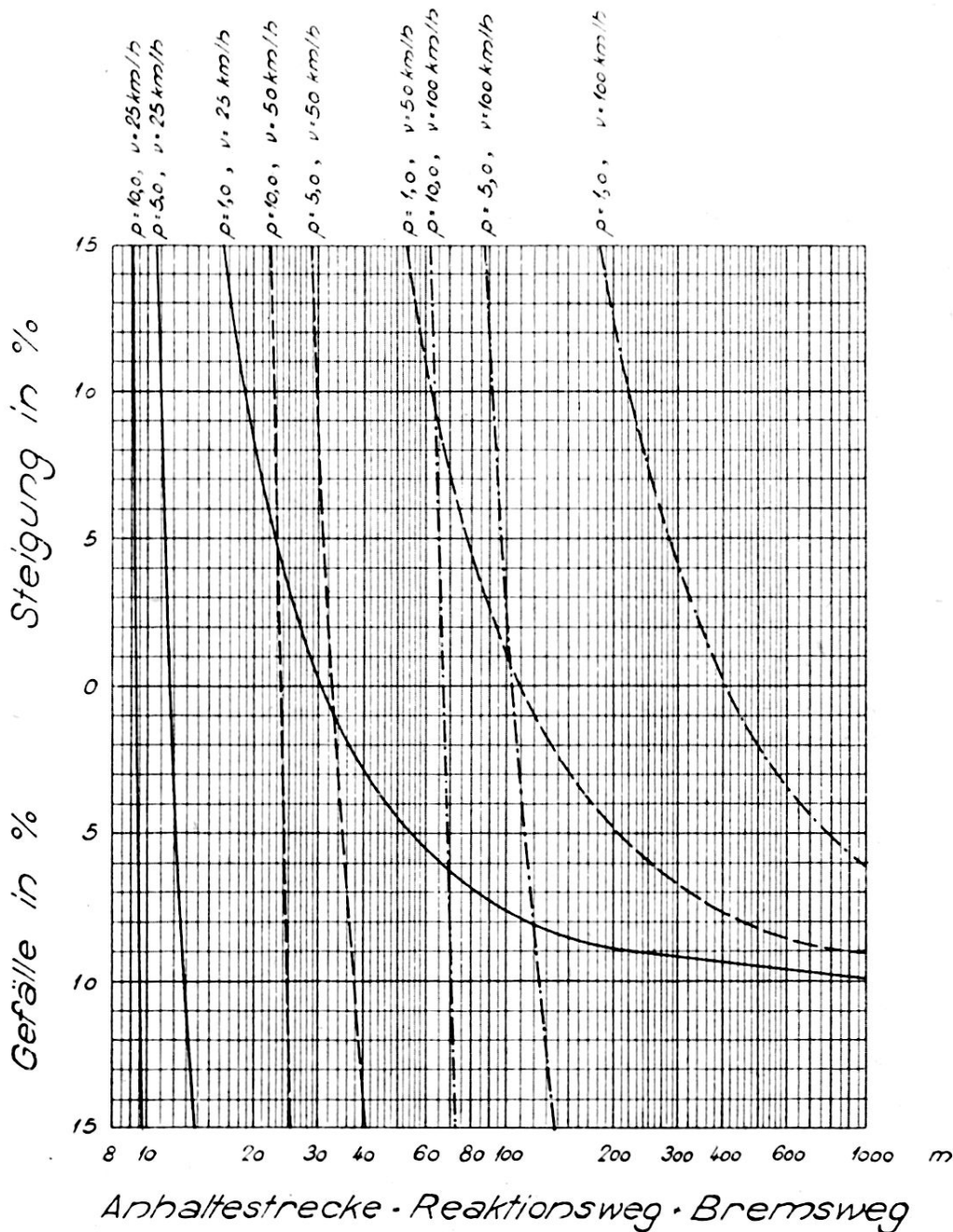
$\rho$  - Bremsverzögerung ( $\rho=10$ , Trock Bit-Belag  $\rho=5$ , Nasse Schotterstr.  $\rho=1$ , Vereist)

$t_0$  - Reaktionszeit (1")

$v$  - Geschwindigkeit

$g$  - Erdbeschleunigung

$\alpha$  - Neigung



15)

$$v = \sqrt{2 c p}$$

Die numerische Durchrechnung zeigt, daß die optimalen Geschwindigkeiten relativ klein sind, sie betragen bei guten Straßen zirka 36 km/h ( $p = 10$ ), bei vereisten Fahrbahnen zirka 10 km/h ( $p = 1$ ) (Abb. 7, Skala rechts).

Die Tatsache – Leistungsmaxima bei relativ kleinen Geschwindigkeiten – wirkt sich für den Verkehrsabfluß bei Stockungen, Verkehrsknoten usw. sehr günstig aus.

Die zugehörigen *optimalen Folgedistanzen* ergeben sich aus Gleichung 13 und 15 zu

$$16) \quad d = 2 c + \frac{\sqrt{2 c p}}{t_0}$$

Ihre Abhängigkeit vom Zustand der Fahrbahn erweist sich als gering (Abb. 8, Skala rechts), sind doch die den vorgenannten Extremfällen entsprechenden Werte zirka 20, resp. 15 m.

Wir fassen die unter diesem Abschnitt gewonnenen Resultate wie folgt zusammen (Abb. 8):

Die größtmöglichen Verkehrsleistungen ergeben sich bei sehr kleinen Folgedistanzen (ca. 20 m), welche zudem vom Fahrbahnzustand beinahe unabhängig sind.

Auch die zugehörigen Geschwindigkeiten sind relativ klein; sie variieren zwischen etwa 10 km/h bei ungünstigsten Fahrbahnzuständen und zirka 35 km/h bei idealen Straßenoberflächen.

Die entsprechenden Verkehrsleistungen berechnen sich für die vorgenannten Extremfälle zu 900 respektive 1800 Fahrzeuge pro Stunde. Letztere Zahl stellt das Leistungsmaximum einer Fahrspur dar und entspricht einer zeitlichen Fahrzeugfolge von 2 sec.

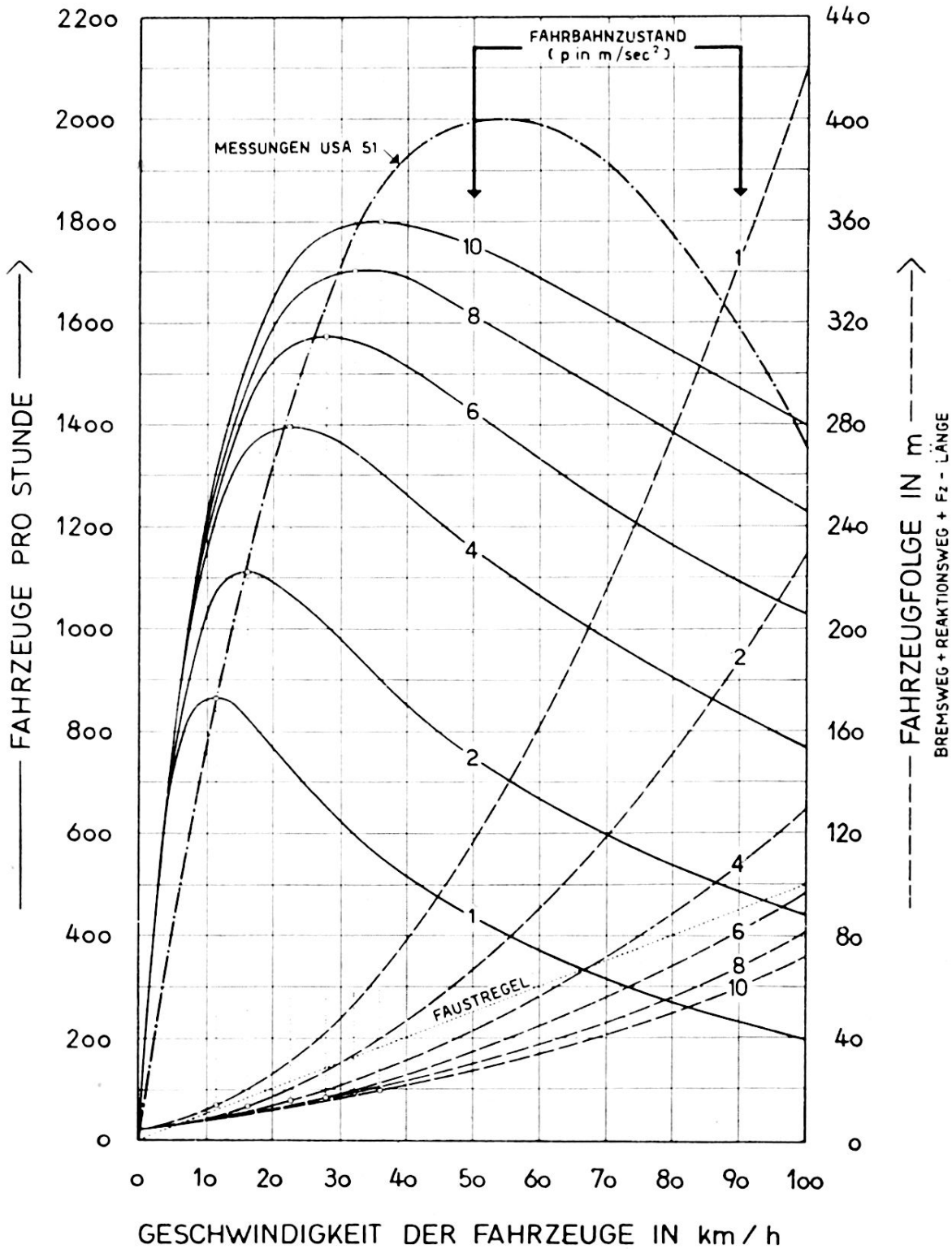
Daß dieses Ergebnis (größte Leistung bei geringer Fahrgeschwindigkeit) in einem scheinbaren Widerspruch steht zu der eingangs erwähnten Proportionalität zwischen Geschwindigkeit und Verkehrsleistung, erklärt sich aus der Tatsache, daß bei diesen minimalen Folgedistanzen die Geschwindigkeit aus Sicherheitsgründen (Rahmen des Vorfahrzeuges) die vorgenannten Werte nicht überschreiten darf.

Es ist bemerkenswert, daß man diese theoretischen Überlegungen in der Praxis bestätigt findet. Die in Abb. 7 strichpunktiert eingetragene, auf neuen Messungen in USA beruhende Leistungskurve zeigt nicht nur die Richtigkeit der Größenordnung der errechneten Zahlen, sondern sie betont auch die Charakteristik ihres Verlaufes, indem sie ein deutliches Maximum

# MAXIMALE VERKEHRSLEISTUNG EINER FAHRSPUR

BEI EINER FAHRZEUGFOLGE AUF ANHALTEDISTANZ ( BREMSWEG + REAKTIONSWEG + Fz-LÄNGE )

ALS FUNKTION VON FAHRGESCHWINDIGKEIT u. FAHRBAHNZUSTAND\*



\* DARGESTELLT DURCH DIE MAXIMAL MÖGLICHE BREMSVERZÖGERUNG

Abb. 7

aufweist. Auch in der Schweiz ist dieses Verhalten bei Zählungen der Verkehrsspitzen auf den Ausfallstraßen unserer Städte wiederholt beobachtet worden.

### *Zahlenbeispiele*

Wir wählen hierfür ein Rgt. mit einem Bestand von etwa 200 Motorfahrzeugen.

Im Tagesmarsch auf großen Talstraßen wird mit einer Reisegeschwindigkeit von 40 Kilometer pro Stunde gefahren werden. Es entspricht dies:

bei einer Fahrzeugdistanz von	100	200	300 Meter
einer Verkehrsleistung von	400	200	135 Fahrzeug/Std.
und einer Durchfahrtszeit von	30	60	90 Minuten

Wird bei Nacht gefahren, so dürfte die Reisegeschwindigkeit kaum über 20 km pro Stunde zu halten sein. Es entspricht dies:

bei einer Fahrzeugdistanz von	Minimal <sup>1</sup>	25	50 Meter
einer Verkehrsleistung von	1700	800	400 Fahrzeug/Std.
und einer Durchfahrtszeit von	7	15	30 Minuten

Zum Schlusse sei noch ein besonderes Detail untersucht: Der Einfluß eines Hindernisses, das zur Fahrt mit reduzierter Geschwindigkeit zwingt. Dem Beispiel, das wir wiederum allgemein behandeln, liegt ein Tagesmarsch unseres Rgt. vom Zürichsee über den Kerenzerberg an den Walensee zugrunde, wobei für Steigung und Gefälle vereinfachend die gleiche reduzierte Marschgeschwindigkeit  $v_r$  eingesetzt wird.

Wir unterscheiden zwei Fälle:

a. *Die Kolonne fährt mit konstanter Fahrzeugdistanz (Abb. 9a)*

$$d = 200 \text{ m} \quad v_0 = 40 \text{ km/h} \quad v_r = 15 \text{ km/h}$$

Das Spitzenfahrzeug fährt mit befohlener Geschwindigkeit  $v_0$  von Punkt A nach B, mit reduzierter Geschwindigkeit  $v_r$  über das Hindernis (Paß-Straße usw.) nach Punkt C, von wo aus das Fahrzeug wieder mit der ursprünglichen Schnelligkeit  $v_0$  gegen Punkt D weiterrollt.

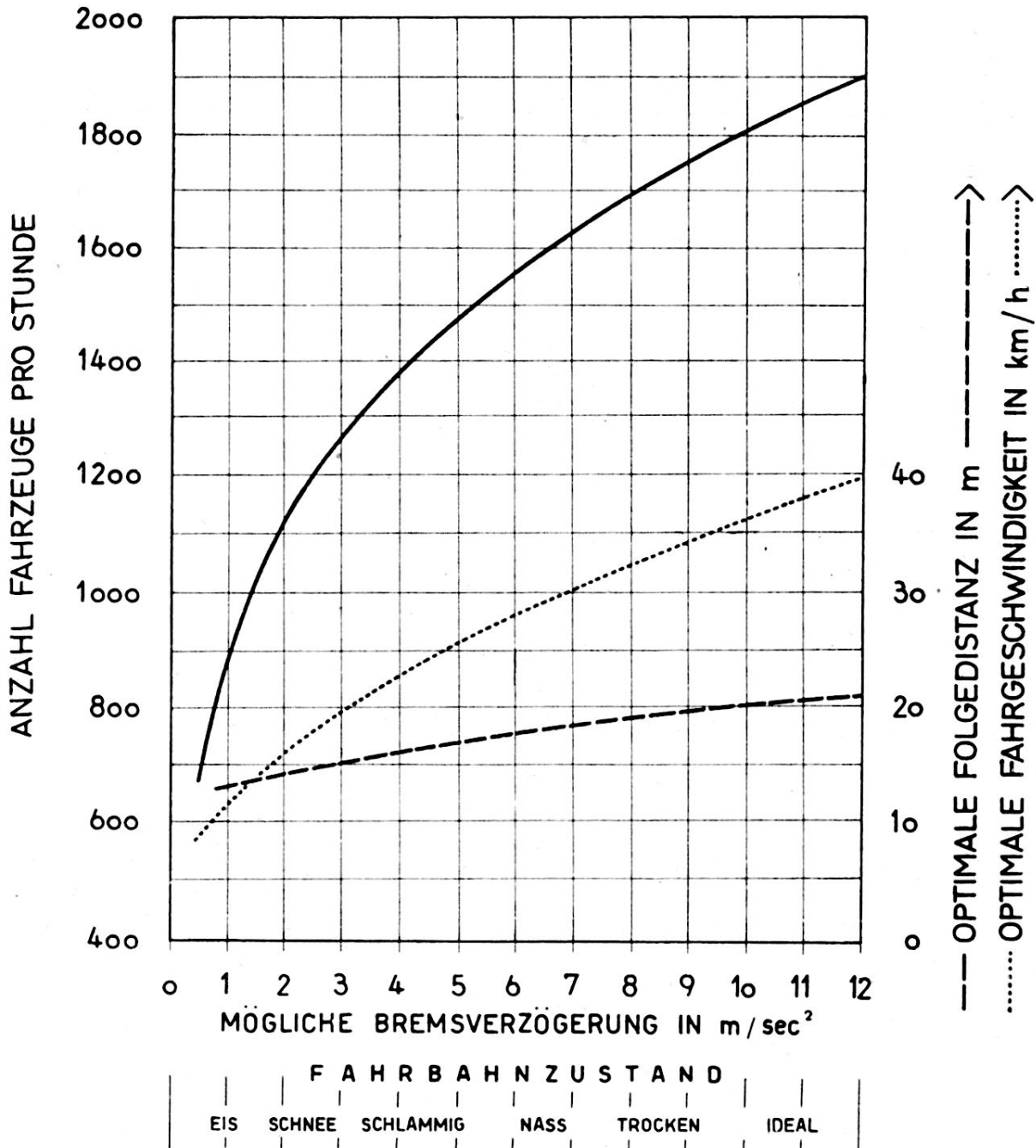
Das letzte Fahrzeug des Kolonnenpaketes folgt dem Spitzenfahrzeug in einer Distanz  $n \cdot d$  bis zum Punkt B'. Dort muß es seine Geschwindigkeit entsprechend seinen Vorauszugehen auf  $v_r$  reduzieren, weil es befehlsgemäß die Folgedistanz  $d$  innehalten muß. Es fährt somit bereits ab B' nach B, also in der hindernisfreien Ebene, mit der reduzierten Geschwindigkeit  $v_r$ .

<sup>1</sup> Das heißt aufgeschlossen, gemäß Formel 13 (12 m).



# MAXIMA DER VERKEHRSLEISTUNG EINER FAHRSPUR BEI OPTIMALER FAHRZEUGGESCHWINDIGKEIT UND FOLGEDISTANZ

IN FUNKTION DES FAHRBAHNZUSTANDES \*



\* DARGESTELLT DURCH DIE MAXIMAL MÖGLICHE BREMSVERZÖGERUNG

Abb. 8

Daraus resultiert nach Abb. 9a resp. Formel 12 ein Zeitverlust bis zum letzten Fahrzeug des Rgt. von:

$$\Delta t = n \cdot d \frac{v_0 - v_r}{v_0 \cdot v_r} = 200 \cdot 0,2 \frac{40 - 15}{40 \cdot 15} = 1\frac{2}{3} \text{ Std.}$$

Dieser Zeitverlust ist unwiederbringlich, da ein Einholen des Vorausfahrzeuges eine Geschwindigkeit größer als  $v_0$  zur Voraussetzung hätte.

Die Größe dieses Zeitverlustes ist, wie aus der Abb. 9a ersichtlich, identisch mit jenem Zeitabstand, nach welchem im Raume A ein weiteres Fahrzeugpaket freigegeben werden kann, ohne daß ein Auflaufen auf die gestaute Vorkolonnen erfolgt.

Der Zeitverlust ist auch unabhängig von der Art der Kolonnengliederung, d. h. von der Zahl der Fahrzeugpakete; hingegen ist die Ausdehnung des «Langsam-fahr-Raumes» ( $B'-B$ ) mit der Länge eines Fahrzeugpaketes ( $n \cdot d$ ) identisch. Durch Formierung kleiner Pakete kann dieser Raum begrenzt werden, es verbleibt aber die Tatsache, daß während dieser Zeit Fahrzeuge mit der reduzierten Geschwindigkeit  $v_r$  auf ebener Bahn herumfahren. Abgesehen von der Unwirtschaftlichkeit dieser Fahrweise muß deshalb in jedem Falle untersucht werden, ob der Vorteil des konstanten Fahrzeugabstandes nicht zu teuer erkauft sei.

Für die Verkehrsleistung sind die Verhältnisse auf der Bergstrecke maßgebend; sie beträgt 75 Fz./h, was gegenüber den Möglichkeiten der Talstraße (200 Fz./h) eine Verminderung von 62,5 % bedeutet.

All diese Überlegungen basieren auf der Annahme, daß die Hindernisstrecke (Paß-Straße usw.) ein größeres Ausmaß aufweist, zum Beispiel wesentlich größer ist als die Länge des Fahrzeugpaketes.

Ist das Hindernis hingegen *bedeutend kleiner* oder gar überblickbar, so «merken» die hintern Fahrzeuge der Kolonne, daß die Spitze nach Passieren des Hindernisses wieder freie Fahrt hat und rollen deshalb ab diesem Zeitpunkt wieder mit der normalen Fahrgeschwindigkeit  $v_0$ . Der resultierende Zeitverlust ist in diesem Falle proportional der Länge der Hindernisstrecke und berechnet sich nach der Formel 12.

b. *Die Fahrzeuge der Kolonne folgen sich auf jedem Teil der Straße in gleichen Zeitabständen (Abb. 9b)*

$$z = 18 \text{ sec}^1 \quad v_0 = 40 \text{ km/h} \quad v_r = 15 \text{ km/h}$$

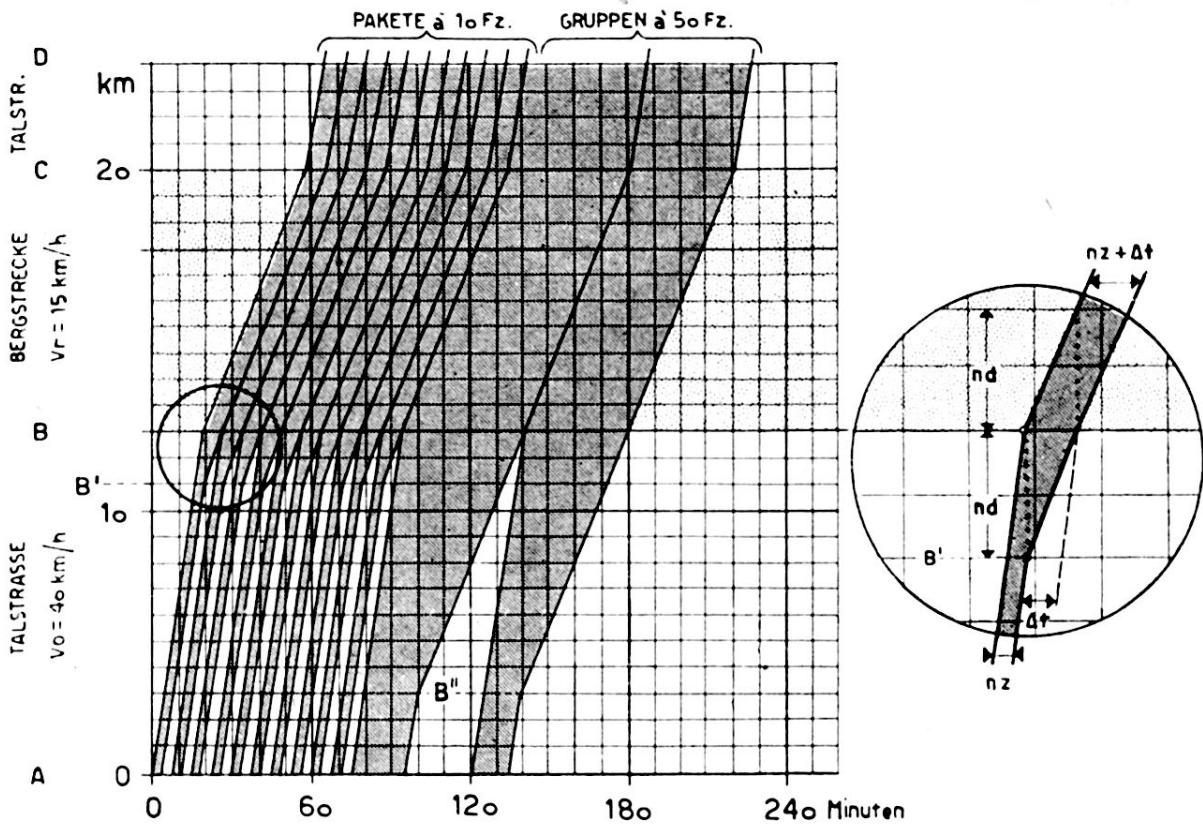
Das Spitzenfahrzeug fährt mit der befohlenen Geschwindigkeit  $v_0$  von A nach B, wird dort durch das Hindernis (Steigung usw.) gezwungen, seine Geschwindigkeit bis C auf  $v_r$  zu reduzieren.

<sup>1</sup> Entspricht bei einer Geschwindigkeit von 40 km/h einer Folgedistanz von 200 m.

# MARSCH - GRAPHIK (FAHRPLAN)

FÜR EINEN TRUPPENVERBAND VON 200 Mot. Fz.

a) DIE FAHRZEUGE FOLGEN SICH IN BEFOHLENE ABSTÄNDEN (200m)



b) DIE FAHRZEUGE FOLGEN SICH IN KONSTANTEN ZEITABSTÄNDEN (18 sec.)

(200 m bei 40 km/h)

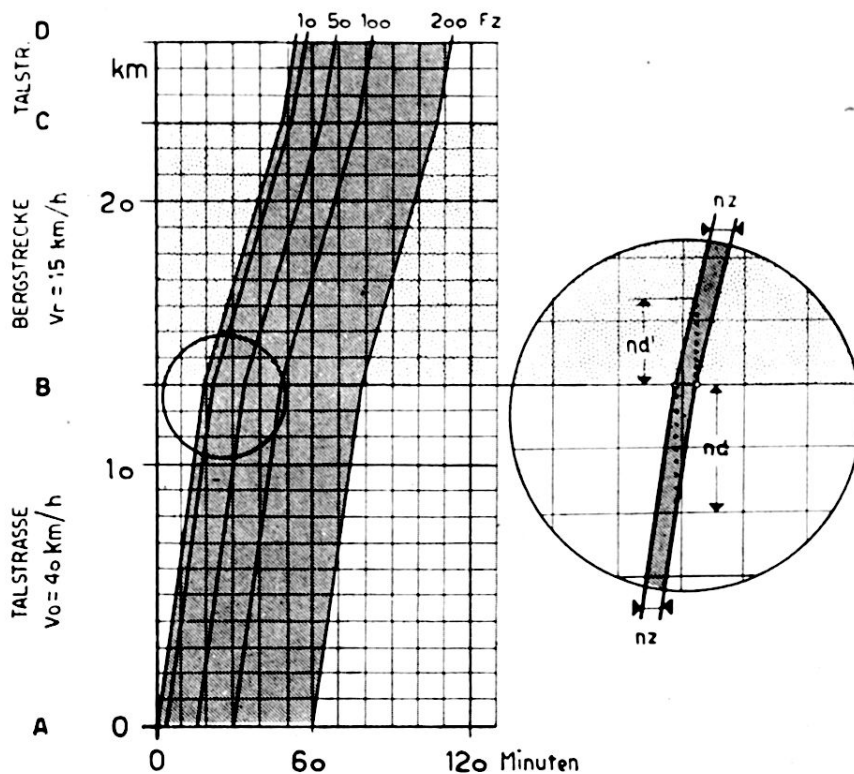


Abb. 9

Das Kolonnenende fährt mit der gleichen Geschwindigkeit im konstanten Zeitabstand, was zur Folge hat, daß auf der Hindernisstrecke B-C die Fahrzeugabstände  $d$  von  $d_0 = 200$  m auf  $d_r = d_0 \frac{v_r}{v_0} = 75$  m heruntersgesetzt werden.

Auf der Fahrt von C nach D stellt sich die ursprüngliche Fahrzeugdistanz automatisch wieder ein.

Diese Fahrweise zeitigt weder eine Leistungsreduktion noch einen Zeitverlust.

Die vorstehenden Abhandlungen wurden mit aller Absicht abstrakt, in Mundart ausgedrückt «rein theoretisch» gehalten. Basierend auf diesen einfachen physikalischen Gesetzen ist alsdann entsprechend der taktischen Lage zu entscheiden, inwieweit an die vorgenannten idealen Zahlen herangegangen werden darf, kann oder muß.

## **Gedanken über den strategischen Luftkrieg**

Von Otto Wien, Oberst i. Gst. d. Luftw. a. D.

«Es gibt etwas, das den Gegner zurückzuwerfen und niederzuschlagen vermag, das ist ein alles vernichtender und alles ausrottender Luftkrieg mit ganz schweren Bombern von England aus gegen das deutsche Heimatgebiet. Wir müssen den Feind mit diesem Mittel überwältigen, sonst sehe ich keinen Ausweg.» – Diese Worte gebrauchte der britische Premierminister Churchill am 8. Juli 1940 in einer Anweisung an seinen Minister für Flugzeugbau.

Hitler sagte am 4. September 1940 in seiner Rede zum Beginn der Luftoffensive gegen England: «Wenn die britische Luftwaffe 2000 oder 3000 oder 4000 Kilogramm Bomben wirft, dann werfen wir jetzt in einer Nacht 150 000, 180 000, 230 000, 300 000, 400 000 und mehr Kilo! Und wenn sie erklären, sie werden unsere Städte in großem Maßstab angreifen – wir werden ihre Städte ausradieren!»

Aus den Worten beider Gegner spricht der gleiche Wille. Beide waren beherrscht von der Vorstellung, daß die Widerstandskraft keines Volkes der zermürbenden Wirkung eines uneingeschränkten Bombenkrieges gewachsen sein könne. Sie waren, ebenso wie ihre Luftmarschälle, der Lehre des italienischen Generals Douhet verfallen, der als Prophet des «totalen Luftkrieges» in den Jahren zwischen den beiden Weltkriegen einen seltsam faszinierenden Einfluß auf das strategische Denken ausgeübt hat.