

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 65 (1947)  
**Heft:** 22

**Artikel:** Die Radaufhängung des geländegängigen Kraftfahrzeuges  
**Autor:** Klanner, Rudolf  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-55887>

#### 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:** 23.02.2026

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

kann, so muss selbstverständlich die Berechnung der Biegsungsdeformation Rechnung tragen. Wenn sie auf ihrer ganzen Länge festverbunden sind, müssen überdies die Krümmungen gleich sein. Aber, wie auch der Fall liegt, immer muss die Charakteristik  $\Delta R : R$  des Systems in Betracht gezogen werden.

#### Schlussfolgerungen

Ganz allgemein weisen alle Zemente neben wertvollen Eigenschaften zwei Nachteile auf, nämlich: geringe Zugfestigkeit und Schwinden beim Erhärten an der Luft.

Der erstgenannte Nachteil ist durch die hochwertigen Zemente im Laufe der letzten Jahre etwas gemildert worden; aber der absolute Wert der Zugfestigkeit wuchs in einem kleinern Verhältnis als der ihrer Druckfestigkeit. Die Sprödigkeit der Zemente nahm also noch zu. Dadurch wird der praktische Wert dieser Fortschritte vermindert. Was das Schwinden bei der Luftherärtung anbelangt, das die Ursache so vieler sekundärer Spannungen und Risse ist, so ist es durch verschiedene Verfahren gelungen, es etwas zu vermindern, aber nicht es zum Verschwinden zu bringen.

Die Schwellzemente heben das Schwinden in Wirklichkeit nicht auf, aber sie kompensieren es, indem sie am Anfang eine Ausdehnung erfahren, die gleich oder grösser ist, als das spätere Schwinden.

Wenn ich, wenigstens so viel ich weiß, auch als erster die Möglichkeit ins Auge fasste, die räumliche Spannung des Betons durch Ausnutzung der Expansivkraft von Spezialzementen zu bewirken, so wäre meine Idee doch ohne Folgen geblieben, wenn nicht hervorragende Chemiker, deren Verdienste ich voll anerkenne, sich für meine Auffassung interessiert hätten, und es ihnen gelungen wäre, diese Zemente herzustellen. Dass ein Zement hergestellt werden könnte, der beim Erhärten anschwillt, war eine schon bekannte Tatsache, aber dieses Schwellen war meistens nur die Folge eines Fabrikationsfehlers.

Wie Feuer, das, sich selbst überlassen, verheerend wirkt, anderseits auch wohltuend sein kann, wenn es bezähmt wird, so konnte das Schwellen eines Zementes nur ausgenutzt werden, nachdem es regulierbar und stabil gemacht worden war. Die Stabilität konnte außerdem nur nach Beobachtung während mehrerer Jahre als sicher angenommen werden. Es war mir deshalb daran gelegen, zahlreiche Versuche durchzuführen, bevor ich zur praktischen Anwendung schritt, obschon meine erste Mitteilung am Internationalen Kongress für Brücken- und Hochbau im Jahre 1936 nun schon 10 Jahre zurückliegt.

Infolge ihrer Undurhängigkeit und Dichtigkeit, die für die Erhaltung der Armierungen und die Wetterbeständigkeit günstig sind, scheinen die Schwellzemente dazu bestimmt zu sein, für viele Anwendungen die andern Zemente nach und nach zu verdrängen. Die schwach schwelenden Sorten, bei denen hauptsächlich das Schwinden kompensiert werden soll, werden besonders für Arbeiten laufender Art Verwendung finden. Die stark schwelenden Sorten dagegen werden für Sonderfälle Verwendung finden, bei denen die Expansivkraft dieser Bindemittel ausgenutzt wird. Aber die Idee steht noch am Anfang ihrer praktischen Entwicklung, und man muss einen gewaltigen Aufschwung in den kommenden Jahren gewärtigen. Neben den ersten Schwellzementen, die den Weg bahnten, werden noch andere entstehen. Ich werde mich über ihren Fortschritt freuen, woher sie auch kommen mögen.

\* \* \*

Wir schliessen mit einem Gesamtüberblick und versuchen dabei festzustellen, wo wir in der Geschichte der Baukunst insbesondere des Eisenbetonbaus, stehen. Ist es möglich zu sagen, dass unsere neuzeitlichen Ideen betreffend die Vorspannung des Betons, sei es durch mechanische Verfahren oder durch Verwendung von Schwellzementen, wenigstens der

Anfang dessen sind, was die endgültigen Formen des Eisenbetons der Zukunft sein werden? Trotz der diesbezüglichen — übrigens vertretbaren — Ansicht gewisser Techniker, habe ich diese Gewissheit nicht. Wie ich bereits an anderer Stelle sagte, glaube ich vielmehr, dass diese Ideen ein Durchgangsstadium in der Geschichte des Eisenbetons sein werden — in Anbetracht der ausgeführten Werke vielleicht sogar ein sehr glänzendes — aber doch nur ein Zwischenstadium. Der Beton, den wir kennen, ist nicht ein reiches Material, wie Stahl. Obschon ein künstliches, ist es doch ein armes Material, dessen Anwendung durch seine gegenüber verschiedenen Beanspruchungen auch verschiedenen Festigkeiten begrenzt ist, wenn es nicht durch andere Elemente unterstützt wird. Die Armierungen, die das erste Stadium des Eisenbetons bestimmten, gestatteten seit mehr als einem halben Jahrhundert dessen Verwendung auf den verschiedensten Gebieten. Wie gross auch unser berechtigter Wunsch ist, ihn durch andere Verfahren zu ersetzen, so muss doch anerkannt werden, dass diejenigen seiner Anwendungen, die in jeder Beziehung rationell ausgeführt wurden, die Hoffnungen gerechtfertigt haben, die man auf ihn setzte. Die Erfahrung während längerer Zeit hat in der Tat gewisse übertriebene Befürchtungen betreffend die Rissbildung und die dynamischen Einwirkungen nicht gerechtfertigt. Daher muss auch, nach meiner Ansicht, der klassische Eisenbeton, nötigenfalls vervollkommen, neben unsern neuen Verfahren weiterleben.

Diese neuzeitlichen Verfahren, die die Idee von Doebring wieder aufnahmen, sie erweiterten und ergänzten, haben den Eisenbeton von der Rissbildung befreit, während sie gleichzeitig dessen möglichst umfangreiche Verwendung gestatten. Erfahrung und Zeit allein werden über ihren Wert in der Zukunft entscheiden. Wir stehen ihnen noch zu nahe, um darüber selber endgültig urteilen zu können. Welchen Wert werden die damit erzielten Einsparungen etwa haben? Es ist schwierig, dies heute zu bestimmen. Wenn man nach den heutigen Verhältnissen urteilt, die eine Ausnahme bilden und anormal sind, so läuft man tatsächlich Gefahr, eine Psychose zu schaffen, die darin bestehen würde, die augenblicklichen Schwierigkeiten auf die Zukunft zu übertragen.

\* \* \*

Sei dem wie ihm wolle, unsere alten und neuen Ideen können keinen andern Zweck verfolgen, als den Mängeln eines unvollkommenen Materials, das heute der Beton ist, zu begegnen. Wir binden, heften und umschnüren ihn wie einen kranken Organismus. Wer weiß — so sehe ich die Zukunft voraus — ob es unsern Nachfolgern nicht gelingen wird, den Eisenbeton von seinen Uebeln zu heilen? Wenn es einmal gelingt, Bindemittel — ich sage nicht mehr Zemente — herzustellen, die einerseits wirtschaftlich sind, aber anderseits von den Mängeln, die den aus Stein hergestellten Materialien anhaften, befreit sind, dann wird das Problem zwar noch nicht vollständig gelöst sein, aber es wird ein wichtiger Schritt in dieser Richtung getan sein. Die schweizerische Industrie nimmt in der Zementfabrikation, sowohl durch ihre Gleichmässigkeit, wie durch die hohen charakteristischen Eigenschaften ihrer Produkte, einen unbestrittenen Ehrenplatz ein. Ich habe in Frankreich meine ersten Arbeiten, die eine rasche Erhärtung erforderten, mit einem schweizerischen Zement — Holderbank — ausgeführt. Aber trotz dieser Vorzugstellung ist das Werk der Zementfabrikanten noch lange nicht vollendet. Ihre Studien müssen noch intensiver darauf ausgehen, Zemente zu finden, die weniger spröde und trotzdem in bezug auf rasches Erhärten und expansive Energie hochwertig sind, ohne mit prohibitiven Gestehungskosten belastet zu sein.

Ich begrüsse im voraus den schweizerischen Chemiker, der uns, so will ich hoffen, den vollkommenen Zement der Zukunft bringen wird!

## Die Radaufhängung des geländegängigen Kraftfahrzeuges

Von Dr. RUDOLF KLANNER, Dipl. Ing., Wien

DK 629.113.012.857

Um bei Räderkraftfahrzeugen eine hohe Geländegängigkeit zu erzielen, sind zahlreiche Massnahmen allgemein bekannt, deren wichtigste grosse Bodenfreiheit, Allradantrieb, Allradlenkung, geringe Bodenpressung und ein Laufwerk mit spurender Radanordnung sind. Wenig beachtet wurde bisher, dass auch die Ausbildung der Radaufhängung die Fahreigenschaften im Gelände wesentlich beeinflusst. Da sich weder

in den zahlreichen Ausführungsformen noch im Schrifttum Ansätze zu einheitlichen Gestaltungsrichtlinien erkennen lassen, erscheint die vorliegende Untersuchung gerechtfertigt, deren Ziel eine Wertung der verschiedenen Radaufhängungen hinsichtlich ihrer Eignung für geländegängige Kraftfahrzeuge ist.

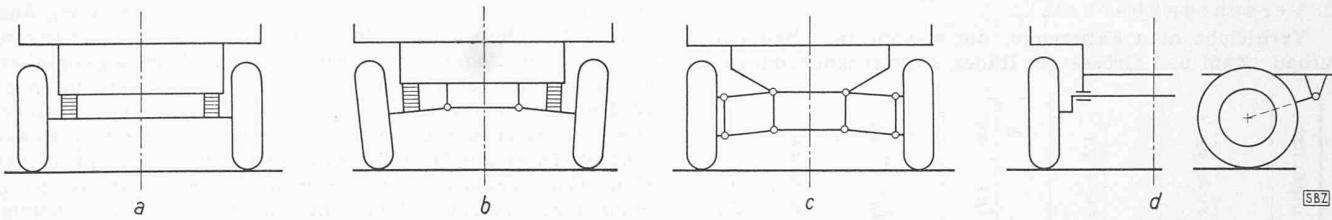


Bild 1. Die untersuchten Radaufhängungen: a Starrachse, b Pendelschwingachse, c Doppelpendelschwingachse, d Kurbelschwingachse

**I. Grundlagen****1.1. Vergleichsgrößen**

Die rechnerische Beurteilung der verschiedenen Bauarten von Radaufhängungen im Hinblick auf die Eignung für das Geländefahrzeug setzt die Einführung von Kennwerten voraus, die ein einwandfreies Bild des Fahrverhaltens ergeben und auf Grund geometrischer oder mechanischer Beziehungen genau erfassbar sind. Die folgende Untersuchung vergleicht vier solche Kennwerte: Verschränkbarkeit, Kurvensteifigkeit, Radführung und Federung.

Die Verschränkbarkeit ist durch die Höhe eines unter einem Rad liegenden Hindernisses gekennzeichnet, bei dessen langsamem Überfahren sich gerade noch kein anderes Rad vom Boden abhebt. Sie stellt den für die Geländegängigkeit wichtigsten Kennwert der Radaufhängung dar [8, 9, 14]\*).

Die Kurvensteifigkeit ist durch die Grösse der seitlichen Neigung des Rahmens gegenüber der Fahrbahn bei gegebener Fahrgeschwindigkeit und Krümmung festgelegt und ist umso höher, je weniger sich das Fahrzeug unter Einwirkung der Fliehkraft zur Seite neigt [1, 2, 5, 10, 13, 14].

Die Radführung wird durch den Kippwinkel des Rades und die seitliche Bewegung seines Spurpunktes bei Durchfederung gekennzeichnet. Beide Werte sollen, um eine Rückwirkung der Federung auf die Lenkung und übermässigen Reifenverschleiss zu vermeiden, möglichst klein sein [1, 2, 5, 13, 14].

Die Federung schliesslich ist durch den auf das Rad bezogenen Federkennwert bestimmt. Sie wird, wie die Erfahrung lehrt, dann als gut empfunden, wenn die minutlichen Schwingungszahlen der Hub- und Nickschwingungen zwischen 80 und 120 liegen und die Nickschwingungen in möglichst geringem Masse erregt werden [11, 16, 18, 19]. Von einer guten Federung wird ferner annähernd gleiche Eigenschwingungszahl bei belastetem und unbelastetem Fahrzeug verlangt. Das dieser Bedingung genügende Federgesetz wurde von Lehr angegeben [12]. Sein Einfluss auf die Fahreigenschaften ist im Abschnitt III untersucht.

Um einerseits ein möglichst klares Bild zu vermitteln, anderseits aber den Ueberblick nicht zu erschweren, wird die Untersuchung auf die vier verbreitetsten Radaufhängungen, nämlich Starrachse, Pendelschwingachse, Doppelpendel- und Kurbelschwingachse beschränkt und gleichartige Aufhängung aller Räder des Fahrzeugs vorausgesetzt (Bild 1). Die entsprechenden Berechnungen für andere Ausführungsformen, sowie für verschiedenartige Ausbildung von Vorder- und Hinterachse bereiten keine Schwierigkeiten.

Ferner wird ausschliesslich das Vierradfahrzeug behandelt. Dies erscheint gerechtfertigt, weil der oft gebaute Sechsradwagen mit Federausgleich zwischen den beiden Hinterachsen sich in der rechnerischen Behandlung von den untersuchten Ausführungen nicht unterscheidet und andere Bauarten keine grosse Bedeutung erlangt haben.

**1.2. Bezeichnungen**

<i>a</i>	cm	Summe der Hindernishöhen unter zwei diagonal gegenüberliegenden Rädern (Verschränkung des Fahrzeugs)
<i>a<sub>i</sub></i>	cm	Hindernishöhe unter dem mit dem Index <i>i</i> bezeichneten Rad
<i>c<sub>i</sub></i>	kg/cm	Federkennwert der zum Rad mit dem Index <i>i</i> gehörigen Blatt- oder Schraubenfeder (Kraft, um an der Feder gemessen eine Durchfederung von 1 cm zu erzielen)
<i>C</i>	kg	Fliehkraft
<i>e</i>		2,71828, Basis des nat. Logarithmus
<i>f<sub>i</sub></i>	cm	Durchfederung der zum Rad mit dem Index <i>i</i> gehörigen Feder

\*) Die Zahlen in eckiger Klammer verweisen auf das Schrifttum-Verzeichnis am Schluss des Aufsatzes.

<i>f<sub>i<sub>0</sub></sub></i>	cm	Durchfederung der zum Rad mit dem Index <i>i</i> gehörigen Feder bei Nennlast
<i>g</i>	cm/s <sup>2</sup>	9,81, Erdbeschleunigung
<i>G</i>	kg	Gesamtgewicht der abgefederten Massen des Fahrzeugs
<i>h</i>	cm	Höhe des Schwerpunktes über der Fahrbahn bei Nennlast
<i>h<sub>f</sub></i>	cm	Höhe der Federauflage der Starrachse über der Fahrbahn bei Nennlast
<i>i</i> = 1, 2, 3, 4, V, H	Index. Es bezeichnen: 1 ... linkes Vorderrad, 2 ... rechtes Vorderrad, 3 ... rechtes Hinterrad, 4 ... linkes Hinterrad, V ... Vorderachse, H ... Hinterachse	
<i>k<sub>i</sub></i>	cm	Mittenabstand des Drehpunktes der Radschwinge
<i>l</i>	cm	Radstand
<i>l<sub>V</sub>, l<sub>H</sub></i>	cm	Waagrechter Abstand der Vorder- bzw. Hinterachse von der Lotrechten durch den Schwerpunkt
<i>m<sub>i</sub></i>	cm	Halbe Federspur bzw. Abstand des Federangriffspunktes vom Schwingendrehpunkt der Drehstabfeder des Rades mit dem Index <i>i</i> bei belastendes Drehmoment beim Raddruck <i>P<sub>i</sub></i> bzw. <i>P<sub>i<sub>0</sub></sub></i>
<i>M<sub>fi</sub>, M<sub>fi<sub>0</sub></sub></i>	cmkg	
<i>n<sub>i</sub></i>	cm	Abstand des Radmittels vom Anlenkpunkt der Radschwinge
<i>P<sub>i</sub></i>	kg	Raddruck des Rades mit dem Index <i>i</i>
<i>P<sub>i<sub>0</sub></sub></i>	kg	Raddruck des Rades mit dem Index <i>i</i> bei Nennlast
<i>P<sub>fi</sub>, P<sub>fi<sub>0</sub></sub></i>	kg	Federbelastung bei Raddruck <i>P<sub>i</sub></i> bzw. <i>P<sub>i<sub>0</sub></sub></i>
<i>r</i>	cm	Reifenhalbmesser
<i>R</i>	cm	Kurvenhalbmesser
<i>s<sub>i</sub></i>	cm	Halbe Spurweite
<i>v</i>	cm/s	Fahrzeuggeschwindigkeit
<i>z<sub>i</sub></i>	cm	Schwingenlänge bei Einzelradaufhängung
<i>α<sub>i</sub></i>		Neigungswinkel der Radschwinge
<i>α<sub>i<sub>0</sub></sub></i>		Neigungswinkel der Radschwinge bei Nennlast
<i>α<sub>c</sub></i>		Neigung des Aufbaues unter Einwirkung der Fliehkraft
<i>γ<sub>i</sub></i>	cmkg	Kennwert der zum Rad mit dem Index <i>i</i> gehörigen Drehstabfeder (zur Erzielung einer Verdrehung der Feder um die Winkeleinheit im Bogenmass erforderliches Drehmoment)
<i>φ<sub>i</sub></i>	cm	Durchfederung des Rades mit dem Index <i>i</i> vom unbelasteten Zustand bis zur Nennbelastung bei gerader Federkennlinie
<i>λ</i> = <i>ω</i> <sup>2</sup> /g	cm <sup>-1</sup>	Federbeiwert bei belastungsunabhängiger Federung
<i>ω</i>	s <sup>-1</sup>	Kreisfrequenz der Eigenschwingung

**II. Radaufhängung ohne Ausgleich, Federung mit gerader Kennlinie****2.1. Grundlagen**

Das Fahrzeug, dessen Rahmen als vollkommen starr angenommen wird, ist mit dem Laufwerk über Federn mit gerader Kennlinie verbunden. Es gelten somit folgende Grundgleichungen der Federung:

a) Für Federn, die durch eine Einzelkraft belastet werden (Blattfedern, Schraubenfedern)

$$(1) \quad f = \frac{P}{c}$$

b) Für Federn, die durch ein Drehmoment belastet werden (Drehstabfedern)

$$(2) \quad \alpha = \frac{M}{\gamma}$$

## 2.2. Verschränkbarkeit

Vergleicht man Fahrzeuge, die sowohl im allgemeinen Aufbau (Zahl und Grösse der Räder, Antriebsanordnung) als

Bezeichnung	Starrachse	Pendelschwingachse	Doppelpendel- und Kurbelschwingachse
Verschränkungswinkel $\alpha_V$ bei Verschränkung $a$	(6) $\sin \alpha_V = \frac{a l_V m_H^2 \varphi_V}{2 l_V m_H^2 s_V \varphi_V + 2 l_H m_V^2 s_H \varphi_H}$	(11) $\sin \alpha_{1,2} = \pm \frac{a l_V s_H \varphi_V}{2 l_V s_H z_V \varphi_V + 2 l_H s_V z_H \varphi_H}$	(16) $a_{1,2} = \pm \frac{a l_V s_H \varphi_V}{2 l_V s_H z_V \varphi_V + 2 l_H s_V z_H \varphi_H}$
Verschränkungswinkel $\alpha_H$ bei Verschränkung $a$	(7) $\sin \alpha_H = \frac{a l_H m_V^2 \varphi_H}{2 l_V m_H^2 s_V \varphi_V + 2 l_H m_V^2 s_H \varphi_H}$	(12) $\sin \alpha_{3,4} = \pm \frac{a l_H s_V \varphi_H}{2 l_V s_H z_V \varphi_V + 2 l_H s_V z_H \varphi_H}$	(17) $a_{3,4} = \pm \frac{a l_H s_V \varphi_H}{2 l_V s_H z_V \varphi_V + 2 l_H s_V z_H \varphi_H}$
Raddrückänderung des Vorderrades bei Verschränkung $a$	(8) $\frac{\Delta P_1}{G} = - \frac{\Delta P_2}{G} = \frac{l_H}{2(l_V + l_H)} \frac{m_V^2}{s_V \varphi_V} \sin \alpha_V$	(13) $\frac{\Delta P_1}{G} = - \frac{\Delta P_2}{G} = \frac{l_H}{2(l_V + l_H)} \frac{z_V}{\varphi_V} \sin \alpha_1$	(18) $\frac{\Delta P_1}{G} = - \frac{\Delta P_2}{G} = \frac{l_H}{2(l_V + l_H)} \frac{z_V}{\varphi_V} \sin \alpha_1$
Raddrückänderung des Hinterrades bei Verschränkung $a$	(9) $\frac{\Delta P_3}{G} = - \frac{\Delta P_4}{G} = \frac{l_V}{2(l_V + l_H)} \frac{m_H^2}{s_H \varphi_H} \sin \alpha_H$	(14) $\frac{\Delta P_3}{G} = - \frac{\Delta P_4}{G} = \frac{l_V}{2(l_V + l_H)} \frac{z_H}{\varphi_H} \sin \alpha_3$	(19) $\frac{\Delta P_3}{G} = - \frac{\Delta P_4}{G} = \frac{l_V}{2(l_V + l_H)} \frac{z_H}{\varphi_H} \sin \alpha_3$
Verschränkbarkeit (es gilt jeweils der kleinere der beiden Werte)	(10) $a^V_{\max} = \frac{2 s_V (l_V m_H^2 s_V \varphi_V + l_H m_V^2 s_H \varphi_H)}{l_V m_V^2 m_H^2}$ $a^H_{\max} = \frac{2 s_H (l_V m_H^2 s_V \varphi_V + l_H m_V^2 s_H \varphi_H)}{l_H m_V^2 m_H^2}$	(15) $a^V_{\max} = \frac{2 l_V s_H z_V \varphi_V + 2 l_H s_V z_H \varphi_H}{l_V s_H z_V}$ $a^H_{\max} = \frac{2 l_V s_H z_V \varphi_V + 2 l_H s_V z_H \varphi_H}{l_H s_V z_H}$	(20) $a^V_{\max} = \frac{2 l_V s_H z_V \varphi_V + 2 l_H s_V z_H \varphi_H}{l_V s_H z_V}$ $a^H_{\max} = \frac{2 l_V s_H z_V \varphi_V + 2 l_H s_V z_H \varphi_H}{l_H s_V z_H}$

hinsichtlich des Gewichtes und der Gewichtsverteilung ähnlich sind, sich jedoch in der Federung oder Radaufhängung unterscheiden, so zeigt sich umso höhere Geländegängigkeit, je kleiner die bei Ueberfahren eines Hindernisses durch ein Rad auftretende Veränderung der Raddrücke gegenüber den Werten auf ebener Bahn und je grösser die Verschränkbarkeit ist. Diese aus der Erfahrung gewonnene Erkenntnis lässt sich leicht erklären. Auf weichem Boden sinkt als Folge einer durch Verschränkung entstandenen Raddruckerhöhung das davon betroffene Rad tiefer ein und der Fahrwiderstand steigt. Ueberschreitet die Einsinktiefe ein bestimmtes, durch die Bodenverhältnisse gegebenes Mass, so rutscht das Rad durch und das Fahrzeug gräbt sich fest. Auf hartem Boden ergibt eine durch Verschränkung bedingte Raddrucksteigerung zwar keine Minderung der Geländegängigkeit, wohl aber übermässigen Verschleiss, besonders der Reifen. Geringe Raddruckänderung bei Verschränkung ist also in allen Fällen anzustreben; daher ist die Grösse der Verschränkbarkeit ein wichtiges Mass für die Beurteilung der Radaufhängung.

Der Berechnungsgang soll nun für die Ermittlung der Beziehungen zwischen Radaufhängung, Federung und Verschränkung dargelegt werden. Die Verschränkung wird durch zwei, unter diagonal gegenüberliegenden Rädern angeordnete Hindernisse erzielt. Dabei wird das Verhältnis der Höhen der beiden Hindernisse zweckmässigerweise so gewählt, dass der verwindungssteif angenommene Fahrzeugrahmen parallel zur waagrechten Standebene bleibt. Durch diese Annahme ergeben sich nicht nur die einfachsten Gleichungen, es kommt auch infolge der Aufteilung des Hindernisses auf beide Achsen der Einfluss der Achsdruckverteilung bzw. des Verhältnisses der Federhärten auf die Geländegängigkeit zum Ausdruck.

Die Hindernisse sind unter den Rädern mit den Indices 1 und 3 angeordnet. Ihre Summe gibt die Verschränkung an.

$$(3) \quad a = a_1 + a_3$$

Der Belastungsunterschied eines Rades vor und nach der Verschränkung ist durch den Wert

$$(4) \quad \Delta P = P - P_0$$

gegeben. Die grösste Verschränkung ist erreicht, wenn sich ein Rad vom Boden abhebt, also dafür

$$(5) \quad \Delta P = -P_0$$

wird.

Zu ermitteln sind die Raddrücke nach erfolgter Verschränkung, die Neigungswinkel der Achsen bzw. Radschwingen gegenüber dem Rahmen und schliesslich die grösstmögliche Verschränkung. Die erforderlichen Bestimmungsgleichungen ergeben sich aus den Gleichgewichtsbedingungen und den geometrischen Beziehungen. Der Rechnungsgang sei am Beispiel der Starrachse erläutert.

Für die Ermittlung der Unbekannten  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$ ,  $P_4$ ,  $\alpha_V$  und  $\alpha_H$  stehen folgende sechs Gleichungen zur Verfügung (Bild 2).

$$P_1 + P_2 + P_3 + P_4 = G$$

$$(P_1 + P_2) l_V = (P_3 + P_4) l_H$$

$$(P_1 - P_2) s_V \cos \alpha_V = (P_3 - P_4) s_H \cos \alpha_H$$

$$\sin \alpha_V = (P_1 - P_2) \frac{s_V}{2 c_V m_V^2}$$

$$\sin \alpha_H = (P_3 - P_4) \frac{s_H}{2 c_H m_H^2}$$

$$2 s_V \sin \alpha_V + 2 s_H \sin \alpha_H = a$$

Durch Auflösen dieser Gleichungen erhält man

$$\sin \alpha_V = \frac{a c_H m_H^2}{2 c_V m_V^2 s_H + 2 c_H m_H^2 s_V}$$

$$\sin \alpha_H = \frac{a c_V m_V^2}{2 c_V m_V^2 s_H + 2 c_H m_H^2 s_V}$$

$$\Delta P_1 = -\Delta P_2 = \frac{c_V m_V^2}{s_V} \sin \alpha_V$$

$$\Delta P_3 = -\Delta P_4 = \frac{c_H m_H^2}{s_H} \sin \alpha_H$$

Um die Ausdrücke unabhängig vom Hebelverhältnis zwischen Rad und Feder und damit für alle Radaufhängungen direkt vergleichbar zu machen, wird der Federkennwert  $c$  durch die Durchfederung des Rades bei Nennlast ( $\varphi$ ) ersetzt. Für die Starrachse gilt, da bei paralleler Hubbewegung der Räder einer Achse die Wege von Rad und Feder gleich sind,

$$\varphi = f_0 = \frac{P_0}{c}$$

Tabelle 1. Verschränkbarkeit

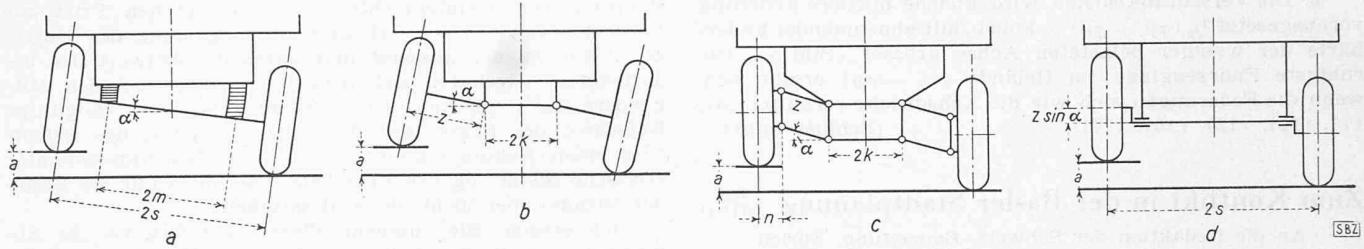


Bild 2. Verschränkbarkeit, Bezeichnungen; a Starrachse, b Pendelschwingachse, c Doppelpendelschwingachse, d Kurbelschwingachse

Da

$$P_{10} = P_{20} = \frac{G}{2} \frac{l_H}{l_V + l_H}$$

und

$$P_{30} = P_{40} = \frac{G}{2} \frac{l_V}{l_V + l_H}$$

ist, ergibt sich daraus

$$c_V = \frac{G}{2} \frac{l_H}{l_V + l_H} \frac{1}{\varphi_V}$$

$$c_H = \frac{G}{2} \frac{l_V}{l_V + l_H} \frac{1}{\varphi_H}$$

Durch Einsetzen dieser Beziehungen in die Gleichungen für  $\sin \alpha_V$ ,  $\sin \alpha_H$ ,  $\Delta P_1$ ,  $\Delta P_2$ ,  $\Delta P_3$ ,  $\Delta P_4$  und unter Berücksichtigung von (5) erhält man die in der ersten Kolonne der Tabelle 1 zusammengestellten Lösungen.

Für Schwingachsen ist die Berechnung sinngemäß durchzuführen. Die Lösungen der Tabelle 1 ergeben sich, wenn angenommen wird, dass die Radschwingen bei Nennlast waagrecht stehen und bei der Doppelpendelachse beide Lenker gleiche Länge haben.

Die Auswertung der in Tabelle 1 zusammengestellten Rechnungsergebnisse zeigen die Bilder 3, 4 und 5. Um leicht überblickbare Beziehungen zu erhalten, ist den Schaubildern gleiche Aufhängung der vier Räder des Fahrzeugs, also gleiche Federspur und Schwingenlänge zugrunde gelegt. Dadurch ergeben sich in den Gleichungen (6) bis (20) folgende Vereinfachungen:

$$m_V = m_H = m$$

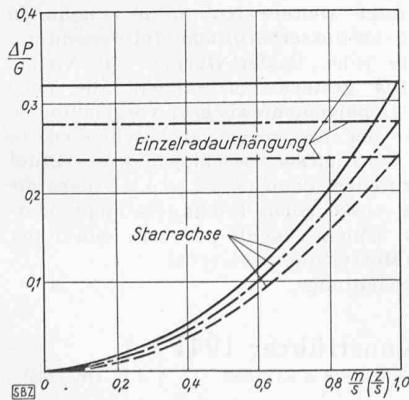
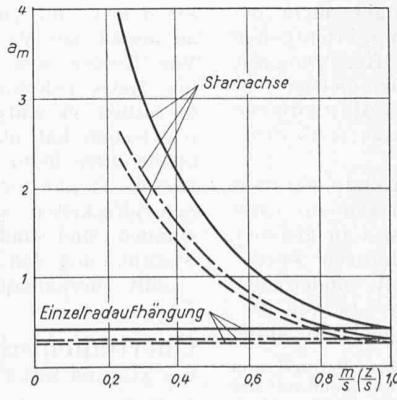
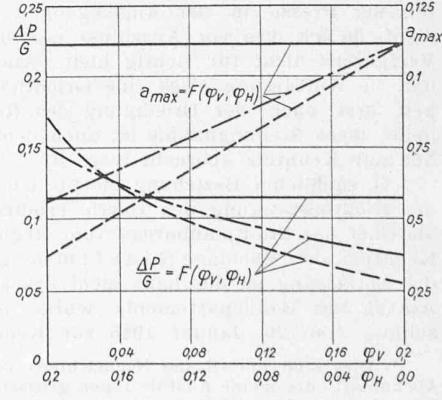
$$s_V = s_H = s$$

$$z_V = z_H = z$$

Für die Achsdruckverteilung sind die Verhältnisse 1:1, 1:2 und 1:3 gewählt. Der erste Fall entspricht den meisten Personenwagen, der zweite den Lastkraftwagen mit doppeltbereifter Hinterachse, während der dritte bei Halbkettenfahrzeugen vorkommt.

Bild 3 stellt bei gegebener Hindernishöhe — angenommen sind 0,5 m — die Grösse der auf die Gewichtseinheit bezogenen Raddruckänderung in Abhängigkeit vom Verhältnis der halben Federspur (Starrachse) bzw. der Schwingenlänge (Einzelradlaufhängung) zur halben Radspur dar, also

$$\frac{\Delta P}{G} = F\left(\frac{m}{s}\right), \quad \frac{\Delta P}{G} = F\left(\frac{z}{s}\right)$$

Bild 3. Raddruckänderung bei gegebener Verschränkung für  $a = 0,5$  m,  $s = 1,0$  m,  $\varphi = 0,1$  mBild 4. Maximale Verschränkung bei  $s = 1,0$  m,  $\varphi = 0,1$  mBild 5. Verschränkbarkeit und Raddruckänderung in Abhängigkeit des Federungsverhältnisses für  $s = 1,0$  m,  $m = 0,6$  m,  $\varphi_V + \varphi_H = 0,2$ ,  $\Delta P/G = F(\varphi_V + \varphi_H)$ :  $a = 0,5$  m, Starrachse

Gleiche Aufhängung aller Räder, gerade Federkennlinie. Ausgezogene Kurven für Achsdruckverteilung  $p_V : p_H = 1 : 1$ , strichpunktierter Kurven für  $p_V : p_H = 1 : 2$ , gestrichelte Kurven für  $p_V : p_H = 1 : 3$

6. Die Verschränkbarkeit wird, gleiche mittlere Federung vorausgesetzt  $\frac{1}{2}(\varphi_V + \varphi_H) = \text{konst.}$ , mit abnehmender Federhärte der weniger belasteten Achse grösser (Bild 5). Die ruhigste Fahrzeuglage im Gelände ( $\alpha_V = \alpha_H$ ) ergibt sich, wenn die Federungen sich wie die Achsdrücke verhalten (6), (7), (11), (12), (16), (17).  
(Schluss folgt)

## Zum Konflikt in der Basler Stadtplanung DK 711.44

An die Redaktion der Schweiz. Bauzeitung, Zürich  
Herr Redaktor!

Mit Schreiben vom 2. Mai 1947 haben Sie mir die Nummer 18 der Schweizerischen Bauzeitung vom 3. Mai mit dem von Ihnen signierten Aufsatz: «Der Konflikt in der Basler Stadtplanung» übermittelt. Den unter Hinweis auf Ihren verstorbenen Vater beigefügten Ausdruck Ihres Bedauerns, dass unsere erste Begegnung in dieser Weise entstanden sei, kann ich nicht ernst nehmen; denn wenn Sie wirklich von einem solchen Gefühl ausgegangen wären, so hätten Sie die selbstverständliche Anstandspflicht erfüllt und mir das Manuskript zur Vernehmlassung und zu einer objektiven Berichtigung unterbreitet. Eine auch nur teilweise sachliche Erwiderung auf die zahlreichen gegen mich erhobenen Vorwürfe ist nun allerdings nicht möglich, da das Eintreten auf die einzelnen Fälle nicht allein den Raum von einer, sondern von mehreren Nummern der Schweizerischen Bauzeitung erfordern würde. Dagegen stelle ich fest, dass Sie in Ihrem Artikel alle Behauptungen als Ihre eigene redaktionelle Auffassung vertreten, trotzdem Ihre Ausführungen im allgemeinen die Tonart aufweisen, welche den Berichten des Herrn Trüdinger und seines Advokaten eigen ist. Namentlich der Vergleich mit dem Vorsteher des Sanitätsdepartements, welchem es nicht in den Sinn käme, einem Chefarzt Anweisungen über die Durchführung einer Operation zu geben, ist eine Phrase, die Herr Trüdinger wiederholt geäussert hat und die seine Auffassung zum Ausdruck bringt, wonach die Stadtplanung eine der Medizin gleichgestellte Wissenschaft sei.

Ihre Ausführungen erwecken beim unbefangenen Leser den von Ihnen offenbar beabsichtigten Eindruck, als ob es sich dabei um Ihre persönliche Auffassung handle, die Sie auf Grund objektiver Prüfung der Angelegenheit gewonnen hätten. Da dies aber tatsächlich nicht zutrifft, muss ich Ihren redaktionellen Artikel in formeller und materieller Hinsicht als bewusste Irreführung der Leser der Schweizerischen Bauzeitung und als eine Kampfmethode bezeichnen, die ich als unfair bewerte. Sie ist des Redaktors eines Fachblattes vom Range der Schweizerischen Bauzeitung unwürdig. Da sich Ihre Ausführungen an einen grossen Kreis von Fachleuten wenden, welchen mit Ausnahme der Basler Leserschaft die besondern Verhältnisse bei der Basler Stadtplanung grösstenteils vollständig unbekannt sind, müssen sich diese Leser auf Grund Ihrer durchaus einseitigen Darstellung ein Fehlurteil über das besprochene Problem bilden. Das Gefühl der Anständigkeit hat es den Basler Zeitungen bisher mit einer Ausnahme<sup>1)</sup> verboten, in diesem Konflikt einseitig Stellung zu nehmen, bevor das schwebende Rekursverfahren erledigt ist. Ich selbst habe mich bisher des Mittels der Presse in der Angelegenheit Trüdinger nicht bedient, da ich dies vor Abschluss des disziplinargerichtlichen Verfahrens nicht für richtig hielt. Auch der Regierungsrat hat die Auffassung, dass eine Orientierung der Oeffentlichkeit erst nach der Erledigung des Rekurses stattzufinden habe; diese Stellungnahme ist auch dem Grossen Rate deutlich zur Kenntnis gebracht worden.

In sachlicher Beziehung möchte ich aber feststellen, dass die Nichtbestätigung des Herrn Trüdinger in seinem Amte als Chef des Stadtplanbüro vom Regierungsrat in genauer Kenntnis der Sachlage einstimmig beschlossen wurde; die Entlassung ist durchaus nicht brusk erfolgt, sondern der Antrag des Baudepartements wurde ihm bereits mit Beschluss vom 29. Januar 1946 zur Kenntnis gebracht unter

<sup>1)</sup> Dies sind die «Basler Nachrichten» vom 7. Mai, Beilage zum Abendblatt, die meine Ausführungen grossenteils abdrucken mit der Bemerkung: «Man wird den in seiner Grundhaltung sachlich überzeugenden Artikel auch in der Basler Regierung mit Vorteil lesen, um, was noch zu retten ist, nun richtig anzupacken». — Die Frage der Kompetenz-Abgrenzung zwischen dem Departementsvorsteher und dem Leiter einer fachtechnischen Verwaltungsabteilung wird ausführlich behandelt im Berner «Bund» vom 23. Mai, Morgenblatt. Unter dem Titel «Politiker oder Fachmann?» werden dort mit eigener Argumentation meine grundsätzlichen Forderungen auch erhoben. W. J.

Wahrung der beamtenrechtlich vorgeschriebenen Frist zur Vernehmlassung. Nach erfolgter Stellungnahme des Unterzeichneten zu der äusserst umfangreichen Antwort des beauftragten Advokaten zirkulierten die Akten bei den Mitgliedern des Regierungsrates; alsdann erging der endgültige Entscheid des Regierungsrates, gegen welchen der Betroffene einen Rekurs einreichte. Die vom Instruktionsrichter erlassene Sistierung des Entscheides berührte nur die Besoldungsfrage, aber nicht die Amtstätigkeit.

Ich ersuche Sie nunmehr, dieses Schreiben zwecks Abbildung des Sachverhalts in der nächsten Nummer der Schweizerischen Bauzeitung zu publizieren. Im übrigen erlaube ich mir, dem Herrn Präsidenten des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereins und dem Herrn Obmann des Bundes Schweizer Architekten eine Kopie des vorliegenden Schreibens zu übermitteln.

Hochachtend,  
Der Vorsteher des Baudepartements: Ebi

\*

Die von Regierungsrat Ebi mehrfach geäusserte Anzeiflung meiner Autorschaft nötigt mich zur ausdrücklichen Feststellung, dass sowohl die Initiative zu diesem Aufsatz als auch dessen Niederschrift von mir selber stammen. Auf Grund von Besprechungen mit einigen qualifizierten Fachleuten habe ich ihn veröffentlicht gleichsam als Anwalt unseres Berufsstandes, nicht aber als Richter zwischen Regierungsrat Ebi und Arch. Trüdinger. Aus diesem Grunde habe ich bewusst auf eine vorherige Aussprache mit Regierungsrat Ebi verzichtet; übrigens hat auch Arch. Trüdinger vom Inhalt meines Artikels keine Kenntnis gehabt. Der Vergleich mit dem Sanitätsdepartement ist meine eigene Erfindung; wenn Arch. Trüdinger ihn auch schon gebraucht hat, dürfte dies nur beweisen, wie naheliegend er ist.

Ich weise also den Vorwurf bewusster Irreführung unserer Leserschaft mit aller Bestimmtheit zurück und bedauere, dass Regierungsrat Ebi auf das Grundsätzliche, um das es uns in erster Linie geht, mit keinem Wort eintritt. Dafür hätte es doch wohl weder eines fertigen Gerichtsurteils, noch mehrerer Seiten der Bauzeitung bedurft. — Seit der Veröffentlichung meiner Kritik an den Zuständen auf dem Basler Stadtplanbüro haben sich auch S.I.A. und BSA in einer offiziellen Vernehmlassung geäussert, die sich auf S. 298 dieses Heftes findet, und die an Deutlichkeit so wenig zu wünschen übrig lässt, wie das nachfolgend wiedergegebene spontane Schreiben eines S.I.A.-Kollegen aus Basel, der mir persönlich nicht bekannt ist, aber einen sehr geachteten Namen trägt.

W. Jegher

\*

Herrn W. Jegher, Redaktor der Schweiz. Bauzeitung, Zürich  
Sehr geehrter Herr!

Wir Basler Ingenieure und Architekten haben uns wohl ausnahmslos über Ihren vorzüglichen Artikel in der Nummer vom 3. Mai gefreut. Er kam wie ein reinigender Gewitterregen. Ich möchte Ihnen auch persönlich meinen herzlichen Glückwunsch aussprechen. Sie haben sicherlich nicht nur unserem Kollegen Trüdinger, sondern der ganzen Stadt Basel damit den denkbar besten Dienst geleistet. Darf ich Sie bitten, mir noch einige weitere Nummern zukommen zu lassen, zur Verteilung an ausserberufliche Interessenten? Von Rechts wegen sollte jeder Basler Bürger den Artikel ins Haus bekommen. Bis gestern hofften wir alle noch im stillen, es würde ein Departementswechsel vorgenommen, inzwischen hat nun aber der Regierungsrat beschlossen, es bleibe alles beim alten. Was dieser Beschluss unsere Stadt kostet, ist gar nicht abzusehen, denn es ist ja klar, dass die Schwierigkeiten mit dem Ausscheiden Trüdingers nicht überwunden sind und dass seinem Nachfolger und damit der Stadtplanung das selbe Martyrium bevorsteht.

Mit vorzüglicher Hochachtung

N. N.

## Oberitalienischer Kunstmäzen 1947

Von ALBERT SAUTIER, La Forcla d'Evolène

DK 7(45)

### 2. Bologna

(Fortsetzung von S. 215)

Während langer Wochen lag die Front keine zwanzig Kilometer vor Bologna. In der Stadt selbst wüteten Kämpfe zwischen Partisanen, Neofascisten und Deutschen und die Namen und Photographien der zahlreichen Opfer (darunter auch Frauen), wie sie blumengeschmückt an der Fassade des