Zeitschrift: Zeitschrift über das gesamte Bauwesen

Band: 3 (1839)

Heft: 1

Artikel: Ueber die Widerstandsverhältnisse horizontaler und ansteigender Strassen

Autor: Hegner

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-5525

Ueber die Widerstandsverhältnisse horizontaler und ansteigender Straßen.

Von dem Herrn Eidgenössischen Oberst Hegner.

Bei horizontalen Straßen sind die Unebenheiten derselben, nebst dem Anhängen und Einschneiden der Räder, und der Axenreibung der sie befahrenden Wagen, die einzigen durch die Zugkraft zu überwindenden Bewegungshindernisse, welche, bei gleicher Transportgeschwindigkeit, dem Wagen- und Lastgewicht proportional angenommen werden, so daß, wenn auf 1 Fuß Weglänge W diesen Widerstand bei dem Wagen- und Lastgewicht P, und W^1 den Widerstand bei dem Wagen- und Lastgewicht P^1 bezeichnet:

$$\frac{W}{W^1} = \frac{P}{P^1} \quad (1)$$

ist.

Fig. 1

Es bezeichne ferner M das Moment irgend einer Zugkraft, eines Pferdes zum Beispiel, und v die Geschwindigkeit, mit welcher diese Kraft wirkt, sowohl M als v während der Dauer von 1 Secunde als Zeiteinheit, genommen, so ist $\frac{M}{v}$ die Größe der Zugkraft durch jeden Fuß Weglänge, und da dieselbe den auf eben diese Weglänge zu überwindenden Bewegungshindernissen, oder W, stets gleich seyn muß, so ist zugleich auch

$$W = \frac{M}{v} \text{ und hinwieder } W.\,v = M \quad (2).$$

Nimmt man ferner an, die Transportgeschwindigkeit sey durch die ganze Länge einer Straße gleichförmig, und bezeichnet L diese Länge, gleichwie T die Zeitdauer, in welcher dieselbe zurückgelegt wird, so ist

$$v = \frac{L}{T} \ (3), \text{ folglich ebenfalls } W = \frac{T.M}{L} \text{ und hinwieder } W.L = T.M.$$

Dieses vorausgesetzt, so hängt einleuchtend, bei horizontalen Straßen von gleicher physischer und constructioneller Beschaffenheit, dieser Widerstand nur von der Länge der Straße ab, indem er lediglich um so öfter überwunden werden muß, als die Straße lang ist. Wenn demnach zwei solche Straßen von verschiedener Länge, wie ab und acb Fig. 1, von a nach b führen, und Q den Gesammtwiderstand der geraden Straße ab, von einem Endpunct derselben zum andern, gleichwie Q^1 den Gesammtwiderstand der gebogenen Straße acb bezeichnet, so hat man

$$Q = W\,L \ (4) \text{ und } Q^1 = W\,L^1 \ (5),$$

und hienach für das Widerstandsverhältniß beider Straßen:

$$\frac{Q^1}{Q} = \frac{L^1}{L} \quad (6).$$

Ist nun T die Zeitdauer, in welcher mit dem Wagen- und Lastgewicht P die gerade Straße ab befahren wird, und T^1 die Zeitdauer, in welcher mit gleicher Belastung P die gebogene Straße acb befahren wird, so ist auf ersterer in jeder Zeiteinheit der Bewegungswiderstand gleich $\frac{Q}{T}$ und auf letzterer gleich $\frac{Q^1}{T^1}$. Soll daher auf der gebogenen Straße die Zugkraft zur Ueberwindung dieses Bewegungswiderstandes nicht stärker angestrengt werden, als auf der geraden Straße, so muß $\frac{Q}{T} = \frac{Q^1}{T^1}$, folglich

$$T^1 = T. \frac{Q^1}{Q} = T. \frac{L^1}{L.} \quad (7).$$

seyn. Es bedarf also eine auf der gebogenen Straße acb fahrende Last, im Verhältniß von L^1 zu L mehr Zeit, als auf der geraden Straße ab.

Oder aber soll auf beiden Straßen die gleiche Last in der gleichen Zeit T gefahren werden, so ist, währenddem auf der geraden Straße der in jeder Zeiteinheit zu überwindende Bewegungswiderstand $\frac{Q}{T}$ ist, derselbe auf der gebogenen Straße $\frac{Q^1}{T.}$ Es ist aber, wenn in (4) durch T dividirt wird und zufolge (2) und (3):

$\frac{Q}{T} = \frac{WL}{T} = W. v = M$, und wird ähnlich $\frac{Q^1}{T} = \frac{WL^1}{T} = W. v^1 = M^1$, gesetzt, so hat man $M : M^1 :: \frac{Q}{T} : \frac{Q^1}{T}$, woraus

$$M^1 = M. \frac{Q^1}{Q} = M. \frac{L^1}{L} \quad (8).$$

Folglich bedarf es in diesem Falle auf der gebogenen Straße eines ebenfalls im Verhältniß von L^1 zu L größeren Kraftmomentes, oder eines in eben diesem Verhältniß stärkeren Zuges, als auf der geraden Straße.

Gesetzt zum Beispiel, es sey die gebogene Straße acb um $1/6$ länger, als die gerade ab, so daß $L^1 = 7/6$ L, und es werde die letztere mit einem mit 6 Pferden bespannten Lastwagen in der Zeit $T = 1\frac{1}{2}$ Stunden = 5400 Secunden befahren, so ist nach (5) $Q^1 = W. 7/6$ L und nach (6) das Widerstandsverhältniß beider Straßen $\frac{Q^1}{Q} = 7/6$; folglich muß, wenn die Pferde eines gleich beladenen und gleich bespannten, die gebogene Straße acb fahrenden Lastwagens nicht stärker angestrengt werden sollen, als diejenigen auf der geraden Straße ab, nach (7)

$$T^1 = 5400 \text{ Secunden} \times 7/6 = 1\tfrac{3}{4} \text{ Stunden}$$

seyn. Es bedarf also hiefür $1/4$ Stunde mehr Zeit, als auf der geraden Straße ab, und der die gebogene Straße acb fahrende Wagen wird $1/4$ Stunde später, als auf jener, in b eintreffen.

Sollen aber beide Straßen in der gleichen Zeit zurückgelegt werden, so bedarf es hiefür zufolge (8), auf der gebogenen Straße eines Kraftmoments gleich $7/6\, M = M + 1/6\, M$, oder der Zugkraft von 1 Pferde mehr, als auf der geraden Straße; oder es muß ein jedes der 6 Pferde des auf der gebogenen Straße fahrenden Wagens um $1/6$ stärker angestrengt werden, als auf der geraden Straße.

Man ersieht hieraus, daß jede Abweichung einer Straße von der kürzesten geraden Linie, immer mit Verlust, sey es entweder an Zeit, oder aber an stärkerer Anstrengung der Zugkräfte, verbunden ist.

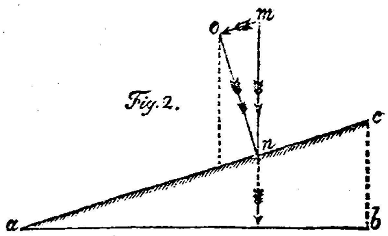

Fig. 2.

Auch auf ansteigenden Straßen, wie ac Fig. 2, ist die Summe der vorerwähnten Bewegungshindernisse die gleiche, wie auf ihrer Horizontalprojection ab, oder wie auf einer von a bis b horizontal geführten Straße, immer gleiche Construction und physische Beschaffenheit beider vorausgesetzt. Denn es bezeichne die senkrechte Linie mn eine auf der ansteigenden Straße ac fahrende Last P, das Wagengewicht wie bisher inbegriffen, so wirkt dieselbe nun auf diese Straße, in Größe und Richtung, nach der rechtwinklicht darauf gezogenen Linie on, im Uebrigen aber auf ganz ähnliche Weise, wie die Last P nach der Senkrechten mn auf die Horizontalstraße ab wirken würde. Nun ist, wenn der Gefällwinkel bac durch φ bezeichnet wird, der Druck der Last P auf ac, nach der Richtung on gleich P. cos φ; folglich hat man, da die Bewegungshindernisse dem durch die Belastung ausgeübten Drucke proportional angenommen werden, wenn dieselben auf jeden Fuß Weglänge der von a nach b geführten Horizontalstraße durch W, und auf die gleiche Weglänge der ansteigenden Straße ac durch W^1 bezeichnet werden, zufolge Gleichung (1), in welcher zugleich P. cos φ für P^1 gesetzt wird, $\frac{W}{W^1} = \frac{P}{P.\ \cos\varphi}$, woraus

$$W^1 = W.\ \cos\varphi.$$

Es ist demnach die Summe aller dieser Bewegungshindernisse auf der ansteigenden Straße ac, von a bis c, gleich ac. W cos φ. Allein es ist ac $= \frac{ab}{\cos\varphi}$, folglich

$$ac.\ W \cos\varphi = \frac{ab}{\cos\varphi}.\ W \cos\varphi = ab.\ W.$$

oder gleich eben dieser Summe auf der Horizontalstraße ab.

Bei ansteigenden Straßen muß aber zugleich die sie befahrende Last noch um die ganze Höhe des Ansteigens, oder in Fig. 2 um die Höhe bc über die Horizontale ab gehoben werden, wovon das dynamische Moment gleich P. bc ist, so daß man für das Gesammtmoment des Widerstandes von a bis c

$$W.\ ab + P.\ bc$$

hat.

Da bc $=$ ac. sin φ und ab $=$ ac. cos φ, so hat man ebenfalls

$$W.\ ab + P.\ bc = ac\ (W.\ \cos\varphi + P.\ \sin\varphi),$$

wo dann W. cos φ den vorerwähnten, auf jeden Fuß der ansteigenden Straße ac fallenden Bewegungshindernissen, P. sin φ hingegen der Komposante on der Belastung P gleich ist*). Beide

---

*) Da die Summe der Bewegungshindernisse auf der ansteigenden Straße ac gleich W. ab ist, oder auch gleich W cos φ ac, weil cos φ ac $=$ ab, so ist $\frac{W.\ \cos\varphi.\ ac}{ac} = W \cos\varphi$, gleich der Summe der auf

diese Widerstände sind in gleicher Richtung, mit der Straße parallel, unmittelbar der Zugkraft entgegengesetzt, und müssen daher von dieser in ihrer ganzen Größe, von a bis c, überwunden werden, weßhalb auch das Product derselben durch die Länge ac, dem Gesammtwiderstand der Straße wieder gleich ist.

Bezeichnet man das Moment des Gesammtwiderstandes der Horizontalstraße ab durch Q, und dasjenige der ansteigenden ac durch S; die Horizontallänge ab durch L und das Ansteigen bc durch H, so hat man:

$$Q = W.L \ (9) \text{ und } S = W.L + P.H \ (10)$$

und für das Widerstandsverhältniß zwischen der Horizontalstraße ab und der ansteigenden ac:

$$\frac{S}{Q} = \frac{WL + PH}{W.L} \quad (11)$$

Da hier S die Summe sämmtlicher Widerstandsmomente auf der ganzen Straße von a bis c ist, so sind $\frac{S}{L}$ und $\frac{S}{T}$ die auf jede Längen- und Zeiteinheit fallenden Widerstandsmomente, und werden diese durch W^1 und M^1 bezeichnet, so ist $\frac{S}{L} = W^1$ und $\frac{S}{T} = M^1$. Eben so hat man auch für die Horizontalstraße von der gleichen Länge L $\frac{Q}{L} = W$ und $\frac{Q}{T} = M$; folglich $W^1 : W :: \frac{S}{L} : \frac{Q}{L}$ und $M^1 : M :: \frac{S}{T} : \frac{Q}{T}$, woraus $\frac{W^1}{W} = \frac{S}{Q}$, $\frac{M^1}{M} = \frac{S}{Q}$ und

$$W^1 = W. \frac{S}{Q} \ (12) \quad M^1 = M. \frac{S}{Q} \ (13)$$

Es gibt somit die Gleichung (11) das Verhältniß von W^1 und M^1 zu eben diesen Größen auf einer Horizontalstraße von gleicher Länge und vorausgesetzt gleicher physischer und constructioneller Beschaffenheit, und dient solchergestalt zur Vergleichung des dynamischen Werthes oder der Zugverhältnisse beider dieser Straßen.

Besteht eine Straße aus horizontalen und ansteigenden Strecken, und ist l die Gesammtlänge Ersterer, l^1 die horizontale Gesammtlänge Letzterer, H_1 die Summe aller zu ersteigenden Höhen und S_1 das Widerstandsmoment dieser ganzen Straße, so ist

$$S_1 = W\, l + W\, l^1 + P.\, H_1,$$

oder, setzt man $l + l^1 = L_1$, so daß L_1 der Horizontallänge der ganzen Straße, sowohl der horizontalen als der ansteigenden Strecken, gleich ist, ebenfalls:

$$S_1 = W\, L_1 + P\, H_1$$

und man hat für das Widerstandsverhältniß zwischen dieser Straße und einer Horizontalstraße von der gleichen Länge L_1:

$$\frac{S}{Q} = \frac{W\, L_1 + P\, H_1}{W\, L_1} \quad (14)$$

Wird hier $\frac{S_1}{L_1} = W_1$ und $\frac{S_1}{T} = M_1$ gesetzt, gleichwie $\frac{Q}{L_1} = W$ und $\frac{Q}{T} = M$, wo dann

---

jeden Fuß dieser Straße fallenden Bewegungshindernisse, und diese sind im Verhältniß von cos φ zu 1 kleiner, als die auf die gleiche Länge der Horizontalstraße ab fallenden.

Q die Summe aller Bewegungshindernisse auf einer Horizontalstraße von gleicher Länge L_1 ist, so findet man ähnlich, wie vorhergehend:

$$\frac{W_1}{W} = \frac{S_1}{Q},\quad \frac{M_1}{M} = \frac{S_1}{Q} \text{ und } W_1 = W.\frac{S_1}{Q},\ M_1 = M.\frac{S_1}{Q},$$

so daß auch hier die Gleichung (14), wie vorhin die Gleichung (11), zur Vergleichung des dynamischen Werthes oder der Zugverhältnisse zwischen der letzteren Straße und einer Horizontalstraße von vorausgesetzt gleicher physischer und constructioneller Beschaffenheit dient. Da inzwischen dießfalls S_1 die Summe sämmtlicher Widerstandsmomente der horizontalen, wie der ansteigenden Strecken bezeichnet, so sind auch bei den auf die Längen- und Zeiteinheit fallenden Momenten $\frac{S_1}{L^1} = W_1$ und $\frac{S_1}{T} = M_1$, sowohl die horizontalen als ansteigenden Strecken in einander gerechnet, folglich diese Momente überhaupt als die mittleren zu betrachten, ohne nähere Beziehung auf mehr oder weniger starke Ansteigungen, sondern lediglich nur in Beziehung auf die Gesammtsumme dieser Ansteigungen, gleichwie in Beziehung auf die Gesammtlänge der Straße. Aus diesem Grunde kann die Formel (14) auch nicht in allen Fällen ihre Anwendung finden; wie zum Beispiel in solchen, wo die Straße sehr starke Ansteigungen und Wechsel hätte, wodurch die Wirkung der Zugkräfte unzusammenhängend und ungleichförmig, oder sogar Vorspann erforderlich würde. In allen denjenigen Fällen aber kann sie angewandt werden, in welchen die in ihren dynamischen Verhältnissen unter einander zu vergleichenden Straßenzüge so beschaffen sind, wie die Regeln des Straßenbaues und das Bedürfniß es meistens gegenwärtig gebieten. Wo nämlich diese Züge keinerlei Steigungen enthalten, die Vorspann benöthigen, und die Steigungen so ermäßigt sind, daß die auf denselben verminderte Transportgeschwindigkeit auf den horizontalen Strecken wieder eingeholt werden, folglich ein, sowohl in Stärke, als in Geschwindigkeit, stets sich wieder ausgleichender, ununterbrochener Zug Statt finden kann. Wir müssen daher uuausschließlich auch nur derlei Straßenzüge hier voraussetzen.

Zur Anwendung der Formel (11) wollen wir nun zu einigen Beispielen übergehen, und anbei das normale Secundenmoment eines gut gehaltenen Zugpferdes zu 275 annehmen, wobei es nämlich mit einer Geschwindigkeit von 2¾ Fuß per Secunde, oder etwas mehr als ⅗ Wegstunden per Zeitstunde, über Berg und Thal und während 10 Arbeitsstunden per Tag, eine Zugkraft von 100 Pfd. ausübt, — und zuerst wählen wir zwei gewöhnliche Kiesstraßen von 1 Stunde Weglänge, von denen die eine horizontal, die andere zu 5 pzt. ansteigend sey, und worauf, den mehr oder weniger guten Zustand derselben in einander gerechnet, im Mittel das 16fache der normalen Zugkraft, als Wagen- und Lastgewicht, gefahren werden könne. Man hat also $M = 275$ und $v = 2{,}75$ Fuß, und für die normale Zugkraft oder $W = \frac{275}{2{,}75} = 100$, folglich für das Wagen- und Lastgewicht $P = 100 \times 16 = 1600$ ℔. Ferner ist $L = 16000$ und $H = \frac{5 \times 16000}{100} = 800$.

Dem zufolge ist nach (9) $Q = 100 \times 16000 = 1600000$ und nach (10) $S = 100 \times 16000 + 1600 \times 800 = 2880000$, folglich nach (11)

$$\frac{S}{Q} = \frac{2880000}{1600000} = 1{,}8$$

und nach (12) und (13)

$$W^1 = 100 \times 1,8 = 180 \text{ ℔ und } M^1 = 275 \times 1,8 = 495.$$

Während dem also die 16 Ctnr. Wagen- und Lastgewicht per Pferd, bei $2^3/_4$ Fuß Transportgeschwindigkeit per Secunde, auf der horizontalen Straße nur eine Zugkraft von 100 ℔ erfordern, so erfordern sie hingegen auf der zu 5 pZt. ansteigenden Straße eine Zugkraft von 180 ℔, oder eine Kraftanstrengung, welche eben so groß ist, als wenn auf der horizontalen Straße mit der Geschwindigkeit 2,75 eine Last von $1,8 \times 16 = 28,8$ Ctnrn. mit einer Geschwindigkeit per Secunde gleich $2,75 \times 1,8 = 4,95$ Fuß gefahren werden müßte.

Wollte man, daß auf dieser ansteigenden Straße der Zug das normale Moment M nicht überstiege oder die Pferde nicht stärker angestrengt werden, als auf der horizontalen Straße, so müßte, wenn die hiefür erforderliche Transportgeschwindigkeit durch v^1 bezeichnet wird, $v^1 . W^1 = M$, oder $v^1 \times 180 = 275$, woraus $v^1 = \frac{275}{180}$, oder auch einfach $v^1 = \frac{v}{1,8} = \frac{2,75}{1,8} = 1,529$ Fuß seyn *). Die Zurücklegung dieser Straße erforderte dann $\frac{16000}{1,529} = 10464$ Secunden $=$ 2,907 Stunden, während dem es auf der Horizontalstraße nur $\frac{16000}{2,75} = 5818$ Secunden $=$ 1,616 Stunden bedarf, um sie zurückzulegen.

Oder wollte man die ansteigende Straße ohne mehrere Anstrengung der Pferde in der nämlichen letzteren Zeit von 1,616 Stunden zurücklegen, so dürfte hiefür per Pferd nicht mehr als $\frac{16 \text{ Ctnr.}}{1,8} = 8,889$ Ctnr. aufgeladen werden **), und das Uebrige müßte man entweder durch Vorspann oder Beifuhre einbringen.

Vergleicht man diese zu 5 pZt. ansteigende Straße mit einer zum Beispiel nur zu 3 pZt. ansteigenden von gleicher Länge, und bezeichnet die Summe der Widerstandsmomente Letzterer, für den gleichen Werth von $P = 1600$ ℔, durch S^1, so ist

$$S^1 = 100 \times 16000 + 1600 \times 480 = 2368000$$

und

$$\frac{S}{S^1} = \frac{2880000}{2368000} = 1,246.$$

---

*) $v^1 . M^1 = M$ gibt $v^1 = \frac{M}{W^1} = \frac{W . v}{\frac{S}{Q} W} = \frac{v}{\frac{S}{Q}} = \frac{v}{1,8.}$

**) Wenn F das Verhältniß der Belastung zur Zugkraft, das Wagengewicht inbegriffen, bezeichnet, so daß $F = \frac{P}{W}$, und P^1 diejenige Belastung ist, bei welcher die auf der ansteigenden Straße benöthigte Zugkraft die gleiche ist, wie auf der Horizontalstraße, so ist diese Zugkraft dießfalls gleich $\frac{P^1}{F}$ und $\frac{P^1}{F} L + P^1 . H = Q$, woraus $P^1 = \frac{F Q}{L + F H}$ oder, indem $\frac{P}{W}$ für F substituirt wird: $P^1 = \frac{\frac{P}{W} Q}{L + \frac{P}{W.} H} = \frac{P}{\frac{S}{Q}} = \frac{16 \text{ Ctr.}}{1,8.}$

Die Stärke des Zuges auf der zu 5 pCt. ansteigenden Straße steht also zu demjenigen auf der nun zu 3 pCt. ansteigenden, im Verhältniß von 1,216 zu 1. Auf dieser ist die erforderliche Zugkraft gleich $\frac{S^1}{L} = \frac{2360000}{16000} = 148$, folglich ist dieselbe auf der zu 5 pCt. ansteigenden Straße $148 \times 1,216 = 180$ ℔, wie wir es im vorhergehenden Beispiel schon gefunden haben. Der Zug auf dieser Straße ist demnach eben so stark, als wenn auf der zu 3 pCt. ansteigenden $16 \times 1,216 = 19,456$ Ctr. per Pferd geführt würden, und soll er auf ersterer nicht angestrengter seyn, als auf dieser, so muß auf derselben entweder die Geschwindigkeit, oder aber die Belastung per Pferd, im Verhältniß von 1,216 zu 1 kleiner seyn, als auf der zu 3 pCt. ansteigenden Straße.

Zur Anwendung der Formel (14) sey ein, von einem Puncte A nach B führendes Straßenproject von 5 Wegstunden oder 80000 Fuß horizontaler Länge, welches auf 50000 Fuß Länge aus horizontalen Strecken, und auf 30000 Fuß in mehr und minder starken, jedoch nirgends Vorspann benöthigenden Steigungen bestehe. Die Summe sämmtlicher Steigungen betrage 700 Fuß, worunter aber, in der Richtung von A nach B, auf eine horizontale Gesammtlänge von 10000 Fuß, 200 Fuß Gegengefälle vorkommen, so daß die Höhendifferenz beider Endpuncte A und B nur 500 Fuß betrage.

Wir betrachten nun zuerst die dynamischen Verhältnisse dieses Projectes in der Richtung von A nach B, hinsichtlich welcher wir vorerst bemerken, daß wir die auf 10000 Fuß Gesammtlänge hier vorkommenden abwärts gehenden Strecken den horizontalen beizählen, indem auf denselben, besonders wenn öftere Wechsel dabei Statt finden, die Kräfte der Pferde im Ganzen nicht viel weniger, als bei normalem gleichförmigem Zuge auf guter horizontaler Straße, in Anspruch genommen werden. Wir nehmen zugleich an, es betreffe dieses eine Straße 1ster Classe von sorgfältigster Anlage und Unterhaltung, so daß im Mittel die Belastung mit Inbegriff des Wagengewichtes, auf das 20fache der normalen Zugkraft, und demnach, das normale Pferdemoment immer zu 275 gesetzt, die Belastung per Pferd zu 20 Ctr. angenommen werden könne.

Man hat demnach $M = 275$, $v = 2,75$ und $W = 100$. Ferner $P = 100 \times 20 = 2000$ ℔, $L_1 = 80000$ Fuß und $H_1 = 700$ Fuß, folglich, indem in (14) substituirt wird:

$$\frac{S_1}{Q} = \frac{100 \times 80000 + 2000 \times 700}{100 \times 80000} = 1,175,$$

$M_1 = 275 \times 1,175 = 323,125$ und $W_1 = 100 \times 1,175 = 117\frac{1}{2}$ ℔.

Es müßten also hier die Pferde im Mittel eben so arbeiten, als wenn sie auf gleicher horizontaler Straße statt bloß 20 Ctr. per Pferd, $20 \times 1,175 = 23\frac{1}{2}$ Ctr. mit der Geschwindigkeit von 2,75 Fuß, oder aber, als wenn sie 20 Ctr. per Pferd mit der Geschwindigkeit $2,75 \times 1,175 = 3,231$ per Secunde führen müßten. Mit 2,75 Fuß Geschwindigkeit per Secunde und damit $117\frac{1}{2}$ ℔ per Pferd benöthigter Zugkraft, oder mit dem Momente $M_1 = 223,125$, würde die Straße in $\frac{80000}{2,75} = 29091$ Secunden $= 8$ Stunden zurückgelegt werden.

Wollte man, daß der Zug das normale Pferdmoment 275 nicht überstiege, oder daß die Pferde nicht stärker arbeiteten, als auf gleicher horizontaler Straße, so müßten entweder statt 20 Ctr. nur $\frac{20}{1,175} = 17,025$ Ctr. per Pferd geladen werden, oder aber es müßte auf 20 Ctr.

per Pferd, die mittlere Transportgeschwindigkeit per Secunde nur $\frac{2{,}75}{1{,}175} = 2{,}340$ Fuß seyn. Es würden dann $\frac{80000}{2{,}340} = 34185$ Secunden $= 9^1/_2$ Stunden, also $1^1/_2$ Stunden mehr, als ersteren Falls erfordert, um die Straße zurückzulegen; immerhin aber würde diese Zeit noch innerhalb die tägliche normale, zu 10 Stunden angenommene Arbeitsdauer fallen.

In der entgegengesetzten Richtung von B nach A, wo nur die vorigen 200 Fuß Gegengefäll als dießfalls zu ersteigende Höhe vorkommen, hat man, wenn S^1_1, H^1_1 und W^1_1 statt S^1, M^1 und W^1 gesetzt, und die abwärts gehenden Strecken wieder den horizontalen gleich gerechnet werden:

$$\frac{S^1_1}{Q_1} = \frac{100 \times 80000 + 200 \times 200}{100 \times 80000} = 1{,}050,$$

folglich $M^1_1 = 275 \times 1{,}050 = 288{,}750$ und $W^1_1 = 100 \times 1{,}050 = 105$ ℔, welche Werthe so wenig von den normalen verschieden sind, daß in dieser Richtung das Project einer Horizontalstraße bereits gleich gewerthet werden kann, und der Weg von B nach A, mit voller Ladung von 20 Ctr. per Pferd, ohne irgend im Ganzen erwähnbar mehrere Anstrengung, als die normale, in Zeit von 8 Stunden zurückgelegt werden würde.

Wir wollen jetzt annehmen, es liege noch ein zweites Project zwischen A und B vor, welches die 200 Fuß Gegengefäll ganz umgehe, dafür aber 9000 Fuß länger sey, als das Erstere. Man hat also hier $L_1 = 89000$ Fuß und, in der Richtung von A nach B, $H_1 = 500$ Fuß; folglich, wenn S^{11}_1, Q_1, M^{11}_1 und W^{11}_1 statt S^1, Q, M_1 und W_1 gesetzt werden:

$$\frac{S^{11}_1}{Q_1} = \frac{100 \times 89000 + 200 \times 500}{100 \times 89000} = 1{,}112$$

$M^{11}_1 = 275 \times 1{,}112 = 305{,}800$ und $W^{11}_1 = 100 \times 1{,}112 = 111{,}2$ ℔.

Die hier erforderliche mittlere Zugkraft ist demnach 111,2 ℔, wobei die Pferde ebenso arbeiten müßten, als wenn sie auf gleicher horizontaler Straße $20 \times 1{,}112 = 22{,}240$ Ctr. per Pferd, mit 2,75 Fuß Geschwindigkeit, oder aber 20 Ctr. per Pferd mit $2{,}75 \times 1{,}112 = 3{,}058$ Geschwindigkeit per Secunde ziehen müßten. Mit 111,2 ℔ angewandter Zugkraft und 2,75 Fuß Geschwindigkeit, oder mit dem Kraftmoment $M^{11}_1 = 305{,}800$, würde diese Straße in $\frac{89000}{2{,}75} = 32364$ Secunden $= 9$ Stunden zurückgelegt werden.

Wollte man, daß auch hier die Pferde nicht angestrengter arbeiteten, als mit dem normalen Kraftmoment von 275, oder als mit voller Ladung auf horizontaler Straße, so müßten entweder nur $\frac{20}{1{,}112} = 17{,}993$ Ctr. per Pferd geladen werden, oder aber es müßte mit 20 Ctr. per Pferd die Transportgeschwindigkeit per Secunde nur $\frac{2{,}75}{1{,}112} = 2{,}473$ Fuß seyn. In diesem Falle würden $\frac{89000}{2{,}473} = 35989$ Secunden $= 10$ Stunden, also just die volle tägliche normale Arbeitsdauer zum Zurücklegen der Straße erfordert.

Da nach diesem Projecte, in der Richtung von B nach A, keine Steigung vorkommt, sondern die Straße nur entweder horizontal oder abwärts läuft, so ist dieselbe auch, hinsichtlich ihres dynamischen Werthes, gänzlich einer Horizontalstraße gleich zu rechnen, und sie würde auch, wie eine solche, mit voller Ladung von 20 Ctr. per Pferd und mit der normalen Geschwindigkeit von 2,75 Fuß per Secunde, in 9 Stunden zurückgelegt werden.

Wir überlassen nun unseren geneigten Lesern die Auswahl zwischen diesen beiden Projecten, und beschränken uns darauf, die Grundsätze angedeutet zu haben, nach welchen im Allgemeinen der Einfluß der mehr und minderen Länge und Steigung einer Straße, auf den dynamischen Werth derselben zu beurtheilen ist. Man ersieht daraus, mit welchem Verluste an Zeit oder Zugkraft jede erwähnbar mehrere Länge und Steigung einer Straße stets begleitet ist, und daß daher nie von ihrer möglichsten Kürze und geringsten Steigung abgewichen werden sollte. Man irrt sehr, wenn man glaubt, daß Steigungen, die ohne Vorspann zu befahren sind, unbedenklich in ein Project aufzunehmen seyen. Denn, wenn auch derlei Steigungen allerdings ohne Vorspann zurückgelegt werden, so erfordern sie nichts desto weniger einen angestrengteren Zug, oder es muß auf deren Zurücklegen desto mehr Zeit verwandt werden. Allein wie selten geschieht das Letztere, und größtentheils werden dieselben immer nur auf Unkosten der Zugkräfte zurückgelegt. Alle derlei partielle Antreibungen dieser Kräfte summiren sich aber den ganzen Tag über zu einem namhaften Belange, und das Zugvieh wird dadurch, ohne daß der Fuhrmann aus Gewohnheit meistens es beachtet, bedeutend über das natürliche normale Maaß seiner Kräfte angestrengt. Die Folge davon ist, daß es sich um so schneller abnutzt und um so öfter wieder ersetzt werden muß. — Und so ist jede sonst auszuweichende mehrere Länge und Steigung einer Straße, welche aus bloßer Oeconomie, oder sogar aus Nebenrücksichten in eine neue Anlage aufgenommen wird, gleichsam als eine dadurch dem ganzen Publicum auferlegte Auflage zu betrachten, welche beim Gebrauche einer solchen Straße, sey es durch den mehreren Aufwand an Zeit oder an Zugkraft, ihm abgenöthigt wird.

Die vollkommensten Communicationsmittel, deren allgemeinere Anwendung die neueste Zeit sich angeeignet hat, die Eisenbahnen, werden den Maaßstab, wonach der Werth der Straßen bisher beurtheilt worden ist, verändern, und eine Straße, die bisher befriedigend erschien, dürfte in vielleicht nicht gar entfernter Zeit als nicht mehr genügend befunden werden. Inzwischen werden die Eisenbahnanlagen eine nur sehr beschränkte Anwendung bei uns finden und allerhöchstens die wichtigsten Commerzstraßenzüge sich in deren Besitz setzen können, währenddem alle übrigen, für das allgemeine Publicum nicht minder wichtigen Straßen, mit den gewöhnlichen technischen Hülfsmitteln sich behelfen müssen. — Daher es denn auch um so dringender und je länger, je gebieterischer werden wird, daß, währenddem einerseits man eben so sehr sich hüten soll, an schon bestehenden Straßen kostspielige Abänderungen vorzunehmen, oder ganz neue Straßen auszuführen, ohne vorher gründlich geprüft zu haben, ob dieselben die Ausführung wirklich werth sind, eben so sehr soll man anderseits aber, wenn dieser Werth erkannt ist, es sich dann zur gedoppelten Pflicht machen, dabei nicht um ein Haar breit von denjenigen Grundsätzen abzuweichen, worauf unausschließlich und allein nur die möglich größte Nutzbarkeit einer Straße beruht.