

A n h a n g XVI.

Locomotivgeschwindigkeit und Gegengewicht.

Um das Schlingern der Locomotive und den Verderb der Bahn durch die einseitig des Gesamtschwerpunktes der Maschine wirkenden Massendrucke hintanzuhalten, müssen Gegengewichte in die Räder gelegt werden, wie bereits im Texte Seite 246 u. f. erörtert wurde. Die allein benöthigten Horizontalcomponenten derselben sind aber ohne die gleichzeitig mit-geweckten Verticalcomponenten nicht zu erhalten, deren böse Wirkung zweiseitig auftritt. Nach oben wirkend begrenzt sie die Geschwindigkeit der Fahrt nach unten gerichtet überlastet sie die Brücken.

1. Begrenzung der Geschwindigkeit.

Die Grenzgeschwindigkeit tritt ein, wenn die freie Fliehkraft des Gegengewichtes gleich der Radbelastung wird, indem erstere dann das Rad in jenen Momenten von der Schiene abzuheben sucht, in welcher sie senkrecht nach oben wirkt. Unter freier Fliehkraft ist hierbei nicht die der gesammten Balanzmasse, sondern nur jenes Theiles derselben zu verstehen, welcher nach Abzug der gegenüberliegenden Kurbel und des laut Abwage am Kurbelzapfen lastenden Theiles der Treib- und Kuppelstangen erübrigt. Der Eintritt der Grenzgeschwindigkeit erfolgt also bei

$$F = Q.$$

a) Hätte beispielsweise eine Locomotive

Hub	$l = 6 \text{ m}$	Kurbel	3 m
Gewicht der rein hin- und hergehenden Theile		$P = 300 \text{ Kil.}$	
Adhäsionsgewicht des Treibrades		$Q = 5000 \text{ „}$	

so würde bei einem Gegengewichte, welches außer dem für die Kurbel und die Schubstange etc. entfallenden Theil, auf den Kurbelkreis reducirt gleich dem ganzen Gewichte der hin- und hergehenden Theile wäre, bereits bei einer

Geschwindigkeit w im Kurbelkreise nach der Formel $\frac{Pw^2}{gr} = Q$, d. i. bei

$w = 7.1 \text{ m}$ per Secunde im Kurbelkreis, die Grenzgeschwindigkeit eintreten. Wäre der Radhalbmesser mit 90 m eben dreimal so groß als der Kurbelhalbmesser, so entspräche dies einer Fahrt von $V = 3.7.1 = 21.3 \text{ m}$ per Secunde oder 77 km per Stunde.

b) Bei Balanzirung auf die Hälfte wird unter gleichen Verhältnissen $\frac{1}{2} P \frac{w^2}{gr} = Q$ oder $w = 10.0 \text{ m}$ per Sec., d. i. $V = 30 \text{ m}$ per Sec. oder 108 Kilometer per Stunde, bei welcher das Entgleisen eintreten würde.

c) Wird das frei zu balanzirende Gestängegewicht etwa auf 250 Kil. gebracht und etwa mit $.45$ auf ein Treib- und ein Kuppelrad vertheilt, der Radhalbmesser auf 3.5 r ($D = 2.1 \text{ m}$) und die Belastung auf 6000 Kilogr.

erhöht, so würde doch das Abheben von den Schienen bei $w = 13 m$, $V = 164 km$ Fahrt per Stunde erfolgen, was sich auf $V = 113 km$ reducirt, wenn nur halbe Entlastung des Rades der Sicherheit gegen Losheben und Gleiten wegen gestattet werden wollte. Die Rücksicht auf die Tragfedern, auf andere schädliche Bewegungen und Umstände und insbesondere auf das Erübrigen des nöthigen Adhäsionsgewichtes, begrenzen aber die Fahrgeschwindigkeit für den normalen Dienst meist noch früher.

d) Bei Maschinen mit mehreren gekuppelten Achsen und kleinen Rädern kann häufig im Treibrade nur das Gegengewicht für die Kurbel und die Treib- und Kuppelstangen-Theilgewichte, also die rotirenden Massen allein, untergebracht werden, wo dann die Kuppelräder für das übrige, das rein hin- und hergehende Gestänge erhalten müssen. Sind dann diese Kuppelräder noch klein im Durchmesser, so kann es leicht vorkommen, dass bereits bei $\sim 60 km$ Fahrgeschwindigkeit eine Entlastung bis zu einem Rest von ~ 1000 Kilogr. per Rad eintritt, wodurch wenig Zugkraft für angehangene Last mehr verbleibt.

In Folge dieser zeitweisen Entlastung der Triebräder und Verringerung des Adhäsionsgewichtes sinkt die Zugkraft der Maschinen mit steigender Geschwindigkeit und die stärkere Abnutzung der Radreifen auf der Gegenseite der Balanzgewichte ist der Beweis hiefür. Das im Texte Seite 204 angeführte „Gestatten“ verringerter Fahrgeschwindigkeit beim Anstieg über steile Rampen oder sonst benöthigter erhöhter Zugkraft ist also kein freiwilliges, sondern eine nothwendige Folge der Gegengewichte, deren abhebende Fliehkraftscomponenten rasch sinken, wenn sich die Geschwindigkeit ermäßigt. Durch das Spiel der Quadranten wird nichts dabei geändert.

Allerdings wird bei dem glücklichen Bau der normalen Locomotive mit vorne liegenden Cylindern die Achsbelastung bei der Vorwärtsfahrt noch durch jene Verticalcomponente vermehrt, welche an der Geradföhrung geweckt wird. An den Linealen tritt diese Verticalcomponente nach aufwärts gerichtet auf, daher ihre Gegenkraft im Lager nach abwärts zielt. Bei der Rückwärtsfahrt der Locomotive würde diese Geradföhrungscomponente im Lager entlastend wirken, und da sie eine GröÙe bis gegen 1000 Kil. erreichen kann, erhellt, dass bei ganz gleichen übrigen Verhältnissen die Fahrt nach vorwärts mit größerer Geschwindigkeit oder Sicherheit erfolgen kann als nach rückwärts. Die Erscheinung der Fig. 70 tritt hier wieder nur um 90° umgelegt in's Spiel. Allerdings entlastet die Geradföhrung um den gleichen Betrag, doch wirkt dieser nicht auf das Treibrad allein, sondern trifft theilweise auf die Laufachse oder vertheilt sich sonst wie.

Diese Erhöhung der Achsbelastung bei der Vorwärtsfahrt wird wohl nie berücksichtigt, weil sie bei Leerfahrt verschwindet; wenn sie aber auftritt, so ist sie nützlich. Die Verringerung der Achsbelastung bei der Rückwärtsfahrt ist aber stets schädlich und begrenzt die Geschwindigkeit vorzeitig, indem ihr Maximum mit jener der aufwärts gerichteten Fliehkraftscomponente der Gegengewichte zusammenfällt.

Im obigen Beispiele, wo eine Geschwindigkeit von 108 km per Stunde für vorwärts als Grenzwert erscheint, würden (bei 1000 Kil. Entlastung durch den Geradföhrungsdruck) $v = 97$ km per Stunde für die Rückwärtsfahrt gelten.

Bei sonst gut gebauten Locomotiven hat sich aber auch eine Balanzirung mit $\cdot 32$ der hin- und hergehenden Massen (über das Maß der Vollbalanzirung der rotirenden Theile hinaus) schon bewährt.

2. Ueberlastung der Brücken.

Die Ueberlastung tritt ein, wenn sich zum normalen Auflagedruck der Räder die freie Fliehkraft der Gegengewichte addirt, was in jenen Momenten geschieht, in welchen sie senkrecht nach unten wirkt.

Da die Größe dieser Fliehkraft selbst bis zur Größe des Eigengewichtes der einen Maschinenseite steigen kann, wodurch sich die Belastung innerhalb einer halben Radumdrehung von Null bis zum doppelten Eigengewichte ändert und gleichsam im Tacte mit Hammerschlagswucht auf die Brücke wirkt, so erhellet die Gefahr schneller Fahrt über diese Objecte. Und wenn auch eine Geschwindigkeit bis zur Völlentlastung der Räder, und der unmittelbar darauf folgenden Doppelbelastung derselben nicht vorkommen mag, so erhöht doch wieder die früher angeführte Geradföhrungscomponente den örtlichen Druck. Daher muss man erkennen, dass eine Fahrt mit der Grenzgeschwindigkeit der Locomotive die Beanspruchung der Träger einseits unter der Maschine rund auf's Doppelte steigert.

Fahren nun etwa zwei Locomotive unmittelbar hintereinander und will ein böser Zufall, dass sich die Kurbeln und daher auch die Gegengewichte auf gleiche Richtung einstellen, so erhöht sich die Gefahr der Ueberlastung noch weiters und mancher Zusammenbruch von Brücken fand darinnen vielleicht seine Mitursache*). Ob die Brückenbauingenieure des Vorkommens dieser höheren Belastungen, als es den Todtgewichten entspricht, auch Rechnung tragen, ist mir nicht sicher bekannt.

Allerdings weiß man aber, dass Brücken, und insbesondere als schwach bekannte oder gefährlich scheinende laut Vorschrift langsamer befahren werden müssen, als die feste Bahn**).

*) Im Sommer 1891 brach die Eisenbahnbrücke bei Mönchenstein unter einem schnellst fahrenden von zwei Locomotiven gezogenen Train. In keinem der technischen Berichte darüber fand ich den Einfluss der Gegengewichte erwähnt oder erhoben.

**) Es mag weiterer Forschung anheimgegeben sein, ob nicht etwa auch die S. 322 angeführte Hypothese einer nöthigen Zeit zur Erweckung der Festigkeit bei sehr hohen Brückenwänden mit eine Rolle spielt. Nehme ich an, dass der Uebergänge durch die Vernietungen und der Winkelablenkungen wegen die Fortpflanzgeschwindigkeit der Materialspannung sich auf 1000 m per Secunde reducirt, und sei sammt den Umwegen im Gittersysteme der eine Gurtquerschnitt vom andern 10 m entfernt, so würde die Zusammenwirkung der beiden Gurtungen erst in $2 \cdot \frac{1000}{10} = \frac{1}{50}$ Secunde erhaltbar sein.

Macht nun ein Treibrad vier Umgänge per Secunde, so fällt die Mehrbelastung durch die Fliehkraft des Gegengewichtes, wenn von der Elasticität der Zwischenträger abgesehen wird, binnen $\frac{1}{16}$ Secunde ein, und die Sicherheit der Gesamt-Construction erscheint nur

mehr als $\frac{50}{16} = 3$ fach gegen Ueberlastung. Schwingungen und Reflexerscheinungen könnten die Sache noch gefährlicher gestalten.