

Außer Wohlfeilheit in der Erzeugung der Kraft ist sorgfältige Oekonomie in ihrer Verwendung eine Haupt-Aufgabe bei jedem größeren Maschinenbetriebe. Möglichste Entfernung aller Hindernisse, welche einen Theil der Kraft nutzlos absorbiren, ist von allen Mitteln zur Lösung jener Aufgabe dasjenige, welches den nachhaltigsten Erfolg sichert.

Die Beförderung schwerer Gegenstände in bestimmter Richtung ist durch die Eisenbahnen in das Gebiet des Maschinenbetriebes gezogen. Locomotiven, Wagen und Bahn sind Theile der Maschinerie; verbunden bilden sie ein Ganzes, eine Maschine zum Bewegen von Transportmassen.

Wie die Locomotiven in den meisten Fällen als das wohlfeilste Mittel angewendet werden, um die Zugkraft auf Eisenbahnen zu erzeugen, so dienen Wagen und Bahn dazu, die Hindernisse, welche die Bewegung erschweren, auf das kleinste Maas zu beschränken.

Die zu überwindenden Widerstände sind hauptsächlich die Wirkungen der Schwere, deren zwei, wesentlich von einander verschiedene, bei Eisenbahnen ihren Einfluß äußern.

Findet die Bewegung in horizontaler Richtung statt, so wirkt die Schwere blos auf Reibung; ist aber ein höher gelegener Punkt zu ersteigen, so muß zugleich die gesammte Last auf diese Höhe gehoben, also der Schwere direct entgegen gewirkt werden.

Die Reibung bleibt in jedem Falle zu überwinden; gute Wagen und eine stets glatte feste Bahn sind die Mittel, sie so viel wie möglich zu verringern.

Um nach einem höher liegenden Punkte zu gelangen, führt man die Bahn in schräger Richtung hinauf, und erhält so eine geneigte Ebene.

In der Praxis sind Steigungen fast nie ganz zu vermeiden; jede Steigung erfordert aber unvermeidlich einen bestimmten Kraftaufwand, welcher mit der Höhe der Steigung wächst. Ersparungen sind dabei nur dadurch zu erlangen, daß man die unvermeidlich zu ersteigende Höhe auf eine Weise zu erreichen sucht, die der Natur der anzuwendenden Betriebskraft am Meisten entspricht; oder, mit anderen Worten, auf eine Weise, wobei die Kraft unter möglichst günstigen Bedingungen wirken kann.

Die Kraft, welche — abgesehen von der Reibung — nöthig ist, um eine Last eine geneigte Ebene hinauf zu ziehen, ist gleich einem bestimmten Theile dieser Last, welcher gefunden wird, wenn man die senkrechte Höhe der geneigten Ebene durch ihre Länge dividirt. Hat eine Bahn z. B. 20 Fuß Höhe auf 6000 Fuß Länge zu ersteigen, so ist der Quotient $\frac{1}{300}$, und es muß zur Ersteigung dieser geneigten Ebene die Zugkraft um den dreihundertsten Theil des Gewichtes des ganzen Wagenzuges, gegen die auf einer horizontalen Bahn erforderliche Zugkraft, vermehrt werden. Aus diesem Grunde ist es üblich, die Steilheit geneigter Ebenen (gewöhnlich Steigung, Gefälle oder Neigung der Bahn genannt) durch den Bruch auszudrücken, den man erhält, wenn man ihre Höhe durch ihre Länge dividirt.

Die Kraft zur Ueberwindung der Reibung, oder, was Dasselbe ist, die auf horizontaler Bahn erforderliche Zugkraft ist auf guten Bahnen $\frac{1}{300}$, bei minder guten bis $\frac{1}{240}$ des Gewichtes der Wagenzüge. Es ist also auf einer geneigten Ebene von $\frac{1}{300}$ Steigung beim Hinauffahren an Zugkraft erforderlich: $\frac{1}{300}$ zur Ueberwindung der Reibung und $\frac{1}{300}$ zum Hinaufziehen der Last, folglich im Ganzen $\frac{2}{300}$ des Gewichtes der Wagenzüge. Es muß mithin bei einer solchen Steigung im Vergleiche zu horizontaler Bahn schon das Doppelte der Kraft angewendet, oder, was das Nämliche ist, es kann mit derselben Kraft nur die Hälfte der Ladung hinaufgezogen werden.

Die Last, welche man mit einer gewissen Kraft geneigte Ebenen hinaufziehen kann, nimmt sehr stark ab, wenn die Neigung steiler wird.

Ist die Neigung z. B.

$$\begin{array}{lcl} \frac{1}{150} : & \text{so ist die nöthige Zugkraft} & = \frac{1}{150} + \frac{1}{300} = \frac{3}{300}, \\ \frac{1}{100} : & = & = & = & = \frac{1}{100} + \frac{1}{300} = \frac{4}{300}, \\ \frac{1}{50} : & = & = & = & = \frac{1}{50} + \frac{1}{300} = \frac{7}{300}. \end{array}$$

Man kann also mit derselben Kraft im ersten Falle nur $\frac{1}{3}$, im zweiten $\frac{1}{4}$ und im dritten $\frac{1}{7}$ der Last hinaufziehen, welche man in der Horizontale bewegen könnte.

Bei dem Betriebe mit Locomotiven stellt sich aber das Verhältniß noch ungünstiger, weil sie ihr eigenes Gewicht mit hinaufziehen müssen, und dieses noch von der nutzbaren Last in Abzug kommt. Dieser Umstand wirkt so stark, daß bei einer Neigung von $\frac{1}{30}$ gewöhnliche Locomotiven selten im Stande sind, mehr als ihr eigenes Gewicht hinauf zu fahren.

Es ist also keine günstige Bedingung für die Wirksamkeit der Locomotivenkraft, wenn man sie zum Hinauffahren steiler Bahnen verwendet. Zwei gleich starke Locomotiven werden in einem Falle, wo wegen der Steigung doppelte Zugkraft erforderlich ist, nicht

hinreichen, dieselbe Last zu ziehen, welche Eine derselben in der horizontalen Bahn zieht, weil die Last beider Locomotiven mit hinaufgeschafft, und um eben so viel das Gewicht des Wagenzuges verringert werden muß. Diese nothwendige Verringerung nimmt wegen des beträchtlichen Gewichtes der Locomotiven bei stärkeren Steigungen in dem Maaße zu, daß auf einer geneigten Ebene, auf welcher die Locomotiven nur eben noch ihr eigenes Gewicht hinaufschaffen, kein Wagen mehr hinaufgezogen werden kann, wie viel man auch der Locomotiven vorspannen mag.

Hierin liegt der Grund, weshalb man bei Eisenbahnen für Locomotivenbetrieb starke Neigungen zu vermeiden bemüht ist, nämlich:

daß die Locomotivenkraft beim Ersteigen geneigter Bahnen deshalb unter ungünstigen Bedingungen wirkt, weil die bedeutende Last der Locomotiven **zu derselben Zeit** hinaufgeschafft werden muß, wo schon zur Bewegung des Wagenzuges eine vermehrte Kraft erfordert wird.

Weil aus diesem Grunde auf steilen Bahnen die Kosten des Locomotivenbetriebes sehr wachsen, so hat man, wo derselbe wegen zu starker Steigung aufhört vortheilhaft zu sein, auf kurzen Strecken andere Mittel angewendet, die Wagenzüge hinaufzuziehen. Solche kurze Strecken werden im engeren Sinne und gewöhnlichen Sprachgebrauche geneigte Ebenen genannt; auf diese beziehen sich die nachfolgenden Betrachtungen.

Der Zweck solcher geneigten Ebenen ist, der Bahn auf die möglich größte Länge ein noch für den Locomotivenbetrieb vortheilhaftes Gefälle zu geben, und dagegen eine beträchtliche Höhe auf einer kurzen Strecke durch einen anderen Betrieb zu ersteigen.

Es werden aber auch durch deren Anordnung die Baukosten der Bahn in der Regel sehr verringert. Um einigermaßen bedeutende Höhen durch sanfte Steigungen zu erreichen, muß man fast immer längere Umwege machen, oft auch die Bahn an Bergabhängen allmählig hinaufführen, wobei durch die Ueberschreitung der Querthäler mit ihren Wasserläufen und die Durchbrechung der vorstehenden Bergkanten bedeutende Bauten veranlaßt werden. Darf man dagegen geneigte Ebenen mit starker Steigung anwenden, so führt man die Bahn die Thäler entlang bis zu einer Stelle, die geeignet ist, schnell auf die Höhe zu steigen, und findet dann oben in der Regel weit günstigeres Terrain für die Weiterführung, als wenn man an unregelmäßigen Höhenrändern allmählig sich hinauf winden muß.

Zum Betriebe geneigter Ebenen sind bisher vorzugsweise die sogenannten stehenden Dampfmaschinen angewendet. Die Wagenzüge werden ohne Locomotive an ein Seil

befestigt, und dieses wird durch eine, in der Regel am oberen Ende der geneigten Ebene aufgestellte, gewöhnliche Dampfmaschine in Bewegung gesetzt; auf diese Weise werden die Wagenzüge in die Höhe gezogen.

Man erlangt durch diese Anordnung den Vortheil, daß die Maschine, durch welche man die Kraft erzeugt, nicht nöthig hat, ihr eigenes Gewicht gleichzeitig in die Höhe zu heben. Es wird hierdurch bedeutend an Kraft erspart; die stehenden Maschinen wirken also zur Ueberwindung starker Steigungen unter günstigeren Bedingungen als Locomotiven.

Die älteste Einrichtung der stehenden Maschinen für den Betrieb geneigter Ebenen auf den Kohlenbahnen in England ist von den Bergwerken entlehnt, und hat große Ähnlichkeit mit der Maschinerie zum Betriebe eines Förderschachtes; mit dem Unterschiede, daß nicht, wie bei diesem, die zu fördernden Lasten senkrecht gehoben, sondern auf einer schrägen Bahn hinaufgezogen werden. Das Seil ist über die Länge der Bahn ausgebreitet und ruht in bestimmten Zwischenräumen auf kleinen Rollen, damit es nicht über die Erde geschleppt werde. Oben ist es an einer Trommel befestigt, die, von der Dampfmaschine umgedreht, das Seil aufhaspelt und so den am unteren Ende daran befestigten Wagenzug nach sich und in die Höhe zieht. Gewöhnlich ist, gleichfalls wie bei Bergwerken, neben dieser Trommel eine zweite so angeordnet, daß ein Seil sich von ihr abwickelt, während das andere auf die erste Trommel aufgewickelt wird. Es ist dann die Bahn auf der geneigten Ebene zweispurig, und an dem sich abwickelnden Seile werden auf der einen Bahn leere Wagen hinabgelassen, während man auf der anderen die beladenen durch die erste Trommel hinaufzieht. Man erlangt dadurch nicht allein einen Gewinn an Kraft für das Hinaufziehen, sondern auch den Vortheil, daß das Ende des einen Seiles zugleich nach dem Fuße der geneigten Ebene hinabgezogen wird, um dort für den zunächst aufzuziehenden Wagenzug bereit zu sein.

Diese Trommeln veranlassen eine starke Abnutzung der Seile, und sind nicht frei von Zufälligkeiten, die zuweilen den Bruch derselben herbeiführen. Außerdem ist stets ein gleichzeitig hinabgehender Wagenzug nöthig, wenn nicht eine besondere Kraft (Locomotive) in Bereitschaft gehalten wird, das Ende des einen Seiles nach Erfordern hinabzuziehen.

Man hat daher für Personenbeförderung in neuerer Zeit eine andere Einrichtung getroffen.

Das Seil wird nicht auf eine Trommel gewickelt, sondern ist nur einigemal um ein großes Rad geschlungen, welches mit der Dampfmaschine in Verbindung steht, und dann auf der zweiten Bahn wieder bis zum Fuße der geneigten Ebene hinabgeführt. Hier sind beide Enden des Seiles auf einer großen Rolle mit einander verbunden, und auf diese Weise ein sogenanntes Seil ohne Ende dargestellt. Wird nun die Dampfmaschine in Bewegung gesetzt, so wird das Seil fortwährend über die Rolle am Fuße der geneigten Ebene gezogen.

Während es auf der einen Bahn in die Höhe geht, bewegt es sich auf der anderen hinab, einen Kreislauf beschreibend, so lange die Dampfmaschine arbeitet.

Man erlangt auf diese Weise eine sehr regelmäßige Bewegung, und kann den Wagenzug an jeder beliebigen Stelle des Seiles, die sich eben unten befindet, befestigen, um ihn hinaufziehen zu lassen.

Diese Anordnung gewährt da, wo die geneigte Ebene am Ende der Bahn liegt, mehrfache Vortheile. Die Locomotiven bringen die ankommenden Wagenzüge nur bis an den Anfang der geneigten Ebene, und nehmen die abgehenden auch dort in Empfang. Sie finden also vor Beginn der geneigten Ebene den Endpunkt ihres Laufes, ihre Remisen, Werkstätten, nebst allem, was zu einer Locomotiven-Station gehört, und die Last der Locomotiven braucht niemals hinauf und hinab bewegt zu werden. Am anderen Ende der geneigten Ebene befindet sich der Bahnhof für den Verkehr. Die Wagenzüge werden durch die stehende Maschine hinaufgezogen; hinab laufen sie von selbst, wobei die zu große Geschwindigkeit durch Hemmvorrichtungen an den Rädern der Wagen (Bremsen) gemäßigt wird *).

Dagegen hat diese Anordnung auch ihre Nachtheile.

1. Die Seile verändern bei dem Wechsel von Nässe und Trockenheit ihre Länge in sehr hohem Grade. Das Seil ohne Ende muß immer gespannt bleiben; dieses geschieht durch schwere Gewichte, die, durch Rollen mit ihm verbunden, in einem Brunnen auf- und niedergehen, je nachdem das Seil sich zusammenzieht oder ausdehnt. Diese Spannung verursacht an den Zapfenlagern der großen Rollen starke Reibung; dadurch und durch den Gang des ganzen Seiles über die Spannrollen wird Kraft verloren und das Seil abgenutzt. Außerdem hat die Spannvorrichtung viel zu leiden und veranlaßt oftmals Aufenthalt, indem die Gewichtsketten brechen, oder das Seil sich so stark längt, daß es abgeschnitten, verkürzt und wieder zusammengesetzt werden muß; denn der Brunnen für die Gewichte kann wegen des Grundwassers selten so tief gemacht werden, daß er für die bedeutende Ausdehnung so langer Seile, besonders wenn sie noch neu sind, ausreicht.

*) Es muß hier besonders bemerkt werden, daß die geneigten Ebenen niemals so steil angelegt werden, daß man nicht mit der gehörigen Anzahl gut eingerichteter Bremsen die Bewegung eines jeden Wagenzuges beim Hinabfahren mit voller Sicherheit reguliren und nach Belieben ganz hemmen könnte.

Gute Kunststraßen in bergigen Gegenden sind in der Regel weit steiler, als die steilsten geneigten Ebenen für Personenverkehr; die Furcht vor Gefahr bei etwanigem Bruch des Seiles hat einzig ihren Grund in der übertriebenen Vorstellung von der Steilheit dieser Bahnen. Ist die Einrichtung der Wagen zweckentsprechend, und wird der Betrieb ordnungsmäßig geleitet, so ist die Gefahr auf diesen geneigten Ebenen, wo eine große Geschwindigkeit nie stattfinden darf, geringer als bei schnellen Locomotivenfahrten auf ebener Bahn.

2. Das Seil muß etwas mehr als doppelt so lang sein, wie die geneigte Ebene. Im Vergleiche mit einem Seile von der einfachen Länge der geneigten Ebene *) wird das Seil ohne Ende nicht allein kostspieliger in der Anschaffung, sondern auch in der Unterhaltung, weil die doppelte Länge den nachtheiligen Einflüssen des Wetters und dem Verderben ausgesetzt ist. Auch ist ein doppelt so langes Seil zu bewegen, wodurch stärkere Maschinen nothwendig werden. **)

3. Das Seil leidet dauernd durch den Umstand, daß das Triebrad der Maschine nur durch Reibung auf das gespannte Seil wirkt.

4. In Fällen, wo die stehende Maschine schadhaft wird, ist der Verkehr unterbrochen, wenn nicht eine vollständige zweite Einrichtung zur Reserve besteht. Es ist aber schon zu einer solchen Einrichtung für großen Bahnbetrieb eine Maschinenkraft von etwa 200 Pferden nöthig, die mit ihren Gebäuden, Kesselräumen und allem Zubehör so kostspielig wird, daß die Anlage einer Reserve-Vorrichtung jedenfalls eine sehr erschwerende Bedingung dieser Betriebsart ist.

Die vorstehend unter 1—4 angeführten Nachtheile finden selbst dann Statt, wenn die geneigten Ebenen die vortheilhafteste Lage, nämlich am Endpunkte der Bahn, haben. Liegen sie aber inmitten der Bahn, so tritt bei der Anordnung von Seilen ohne Ende noch ein nicht unbedeutender Nachtheil hinzu.

Wenn ein Wagenzug an einem solchen Seile aufgezogen werden soll, so befindet sich das in der Mitte zwischen den Bahnschienen auf den Rollen liegende Seil unter den Wagen, und nur der vorderste Wagen wird durch ein Verbindungsseil an dem Hauptseile befestigt. Wollte man in gleicher Weise eine Locomotive befestigen, so würde das Hauptseil sich auch unter der Locomotive befinden, eine und dieselbe Stelle desselben während der ganzen Fahrt der Hitze des Feuerkastens ausgesetzt sein, und ungeachtet aller anzuwendenden Schutz-Maassregeln zerstört werden. Man kann also keine geheizten Locomotiven durch ein solches Seil ohne Ende hinauf ziehen.

Nun ist es nicht allein sehr störend für den Betrieb, sondern auch sehr kostspielig, wenn man mit den Locomotiven nicht durch die ganze Bahn fahren kann. Man muß dann auf den einzelnen Bahnstrecken besondere Locomotiven für den regelmäßigen Dienst halten, diese auch in der Zwischenzeit von einer Fahrt zur anderen heizen, und außerdem noch auf jeder dieser Strecken eine geheizte Reserve-Locomotive für Nothfälle bereit haben.

*) wovon später die Rede sein wird.

**) Zur bloßen Bewegung des Seiles ohne Ende, mit der für die Wagenzüge nöthigen Geschwindigkeit, werden auf größeren geneigten Ebenen etwa 50 Pferdekraft erfordert.

Dieses und die Einrichtung der verschiedenen Locomotiven-Stationen, die ein solcher Betrieb erfordert, vertheuern ihn so sehr, daß eine Bahn unter solchen Verhältnissen wohl fast nie rentiren möchte. Es wurde hauptsächlich aus diesem Grunde bisher sorgfältig vermieden, den geneigten Ebenen auf den für Locomotiven-Betrieb bestimmten Bahnen eine andere Stelle als am Ende der Bahn zu geben, selbst wenn hierdurch bedeutende Kosten hätten erspart werden können.

Eine in Vorstehendem noch nicht beschriebene Methode, geneigte Ebenen zu befahren, ist auf den Englischen Bahnen für Steinkohlen-Transport schon lange da im Gebrauch, wo die beladenen Wagen immer bergab gehen und nur die leeren Wagen wieder hinauf zu schaffen sind. Man benutzt für diesen Zweck das größere Gewicht der hinabgehenden beladenen Wagen in folgender Art.

Es befinden sich auf der geneigten Ebene zwei Bahnen neben einander. Auf der einen ist das Seil ausgestreckt und ruht auf den vorher beschriebenen kleinen Rollen; es ist am Kopfe der geneigten Ebene über ein großes Rad in die andere Bahn geführt, in welcher das Ende wieder abwärts weist. An diesem Seil-Ende wird der beladene Wagenzug befestigt, während an dem unteren Ende (am Fuße der geneigten Ebene) ein Zug leerer Wagen festgemacht wird. Rollen nun die beladenen Wagen hinab, so ziehen sie vermittelst des über das große Rad gehenden Seiles die leichteren leeren Wagen hinauf, etwa wie zwei Eimer in einem Brunnen auf- und niedergehen, welche an einer oben über eine Rolle laufenden Kette hängen. Durch Bremsen wird die Bewegung regulirt, damit die Geschwindigkeit durch die Ueberwucht der hinabgehenden beladenen Wagen nicht zu groß werde.

Diese Einrichtung findet selbstredend nur da Anwendung, wo die hinabgehenden Wagenzüge immer schwerer sind, als die hinaufgehenden, weil durch das Mehrgewicht der ersteren nicht allein die sämtlichen Wagen in Bewegung gebracht, d. h. ihre Reibung überwunden, sondern auch die Kraft gewonnen werden muß, das Seil zu bewegen.

Hätten beide Wagenzüge gleiches Gewicht, und man brächte eine andere Kraft an, groß genug, um die Reibung der Wagen zu überwinden und das Seil zu bewegen, so würde diese Kraft Dasselbe thun, was in obigem Falle das Mehrgewicht des hinabgehenden Wagenzuges leistete, sie würde beide Wagenzüge in Bewegung setzen. Denkt man sich nun am oberen Ende eine Locomotive an das Seil gespannt und am unteren einen Wagenzug von demselben Gewichte, so hat man den eben beschriebenen Fall. Die Kraft der Locomotive ist mehr als hinreichend, die Reibung der Wagen zu überwinden und das Seil zu bewegen. Ihr Gewicht gleicht das des eben beschriebenen Wagenzuges aus; setzt sich also die Locomotive abwärts in Bewegung, so wird sie, vermittelst des über das Rad gezogenen Seiles, die Wagen in die Höhe ziehen.

Fügt man dem hinaufziehenden Wagenzuge ebenfalls eine Locomotive hinzu, und diese wäre nur im Stande, ihr eigenes Gewicht hinauf zu bringen, so ändert dieses in Bezug auf Kraftaufwand in dem übrigen Systeme nichts; die Bewegung wird eben so wie vorher erfolgen, während die untere Locomotive durch ihre eigene Kraft mit hinauf geht.

Es ist aber das Gewicht des unteren Wagenzuges jetzt nicht mehr dem des oberen gleich, sondern übersteigt es um das Gewicht der unten hinzugekommenen Locomotive; man hat also ein neues System. Es wird nämlich nunmehr an dem einfachen, über eine Rolle geführten Seile ein Wagenzug hinaufgebracht, welcher schwerer ist als der hinabgehende.

Die Wirkung dieser Anordnung läßt sich auch so betrachten. Denkt man sich die beiden Locomotiven von gleicher Größe und Schwere in der geneigten Ebene an das Seil gespannt, so werden sie mittelst der Rolle einander das Gleichgewicht halten. Dann ist die Kraft beider Locomotiven disponibel zur Hervorbringung der Bewegung, ebenso als wenn beide auf horizontaler Bahn ständen. Ihr Gewicht ist gegenseitig aufgehoben und deshalb für die geneigte Ebene als nicht mehr vorhanden zu betrachten; sie wirken also in dieser Beziehung jetzt unter eben so vortheilhafter Bedingung, wie oben für die stehende Dampf-Maschine hervorgehoben ist. Man hat die volle Kraft zweier Locomotiven, um den Wagenzug hinauf zu ziehen und das Seil zu bewegen, ohne daß ihre Wirksamkeit durch die Last der Locomotive vermindert würde.

Der zu beschaffende Kraftbedarf ist aber außerdem geringer, als bei Anwendung von stehenden Maschinen mit Seil ohne Ende. Denn:

1. es fallen die Spannrollen und die dadurch erzeugte Zapfenreibung fort; das Seil geht nur über Eine Wenderolle; aller Kraftverlust, der durch die Steifigkeit des Seiles beim Uebergange über die Triebräder der stehenden Maschine und die Spannrollen entsteht, verschwindet.
2. Das Seil wird nur halb so lang wie ein Seil ohne Ende; es ist also nur ein halb so großes Seilgewicht und die halbe Anzahl kleiner Seilrollen zu bewegen. Diese Ersparung an Kraft ist allein schon wichtig *); es ist aber auch nicht zu übersehen, daß nur ein halb so langes Seil anzuschaffen und zu unterhalten ist, auch nur die halbe Länge durch die fortwährenden nachtheiligen Einflüsse der abwechselnden Nässe und Trockenheit in freier Luft zu leiden hat.
3. Das Seil wird bei dem bloßen Uebergange über die große Wenderolle weit weniger angegriffen, als ein durch die Triebräder der stehenden Maschine bewegtes; es kann daher schwächer und leichter genommen werden, und wird dennoch eben so lange halten als jenes.

*) auf einer größeren geneigten Ebene etwa 25 Pferdekraft.

Die Kraft der Locomotiven wirkt also bei dieser Anordnung unter noch günstigeren Bedingungen als die stehender Maschinen.

Auch die übrigen Nachtheile des Betriebes durch stehende Maschinen werden verringert. Einer schadhaft gewordenen Locomotive läßt sich sofort eine andere substituiren. Hält man ein Reserveseil vorrätzig, so ist bei der Einfachheit der gesamten Maschinerie eine irgend erhebliche Unterbrechung des Betriebes nicht zu befürchten.

Was aber dieser Anordnung einen besonderen Vorzug vor dem Betriebe mit Seil ohne Ende giebt, ist: daß die Locomotiven durch dieselbe nicht gehindert sind, die geneigten Ebenen zu überschreiten, daß man daher, wo es nöthig ist, unbedenklich auch inmitten der Bahn geneigte Ebenen anlegen darf. Das Seil wird nämlich nur mit seinen Enden an die Locomotiven befestigt und es befindet sich kein Theil desselben so nahe dem Feuerkasten, daß es durch die Hitze leiden könnte. — Dieselben Locomotiven können daher die Wagenzüge durch die ganze Bahn ziehen, und der Betrieb kann im Uebrigen eben so organisirt werden, wie auf jeder anderen Bahn.

Es können dann Thäler für die Bahnlinie benutzt, und sowohl breitere wie höhere Bergrücken überschritten werden, ohne daß man gezwungen wäre, entweder kostspielige Tunnelbauten auszuführen, oder ein Gefälle, welches für Locomotiven-Betrieb unvortheilhaft ist, anzunehmen, oder — wie es in gebirgigen Gegenden manchmal vorkommt, — Tunnelbauten und unvortheilhafte Gefälle vereinigt zuzulassen. Mit Einem Worte, es ist ein wirksames Mittel mehr gegeben zur Ausführung von Eisenbahnen in schwierigem Terrain, und in jedem besonderen Falle kann annähernd berechnet werden, ob die Anwendung dieses oder eines anderen Mittels vortheilhafter ist.

Es bleibt noch nachzuweisen, daß Locomotiven in der beschriebenen Anwendung Kraft genug haben, um Wagenzüge, wie sie auf Eisenbahnen in der Regel vorkommen, über geneigte Ebenen zu befördern.

Auf der geneigten Ebene der Düsseldorf-Elberfelder Eisenbahn ist den Seilrollen der stehenden Maschine eine Einrichtung gegeben, bei welcher ein bloßer Locomotiven-Betrieb gleichzeitig stattfinden kann. Bei Einübung des Betriebs-Personales habe ich einige Beobachtungen angestellt, welche, wenn auch unvollständig, doch hinreichenden Anhalt zur Beurtheilung des Effectes von Locomotiven auf steilen geneigten Ebenen geben.

Es wurden dabei benutzt zwei Stephenson'sche Locomotiven von 13 Zoll Engl. Cylinder-Durchmesser mit 4 gekuppelten Rädern von $4\frac{1}{2}$ Fuß Engl. Höhe, und eine von Dobbs und Pönsgen in Aachen erbaute Locomotive gleichfalls von 13 Zoll Engl. Cylinderweite, aber 5 Fuß hohen Triebbrädern, welche nicht mit den anderen Rädern gekuppelt sind. Die letztere Locomotive ist nicht so schwer als die ersteren; da indeß bei den Versuchen die Ladung an Wasser und Coaks in den Tendern nicht speciell berücksichtigt wurde, so ist

diese Differenz nicht genau in die Rechnung zu ziehen; sie mag etwa 50 Ctr. betragen. Die höchste Spannung des Dampfes beträgt bei allen diesen Locomotiven vier Atmosphären über den äußeren Luftdruck.

Die geneigte Ebene ist 650 Ruthen lang, in gerader Linie ausgeführt, hat eine Steigung von 1 : 30, ersteigt also eine senkrechte Höhe von 260 Fuß. Das Seil hatte neu $6\frac{1}{2}$ Zoll Engl. Umfang, 704 Ruthen Preuß. Länge und wog 126 Centner Preuß.

Kleine Seilrollen befinden sich in jeder der beiden Bahnen 259 Stück in 30 Fuß Entfernung von einander; jede hat 1 Fuß Durchmesser, Zapfen von $\frac{5}{8}$ Zoll Stärke und wiegt 40 Pfund. Am oberen Ende der geneigten Ebene stehen 2 Rollen von 3 Fuß Durchmesser mit $1\frac{1}{2}$ Zoll starken Zapfen, jede 320 Pfund schwer, und in der oberen horizontalen Strecke jeder Bahn noch 9 Rollen der ersten Art. In einer Entfernung von 25 Ruthen vom Kopfe der geneigten Ebene wird das Seil in der einen Bahn durch eine senkrecht stehende Rolle, deren Umdrehungs-Ebene in der Richtung der Mittellinie der Bahn liegt, vertical unter die Erde, und in der andern durch eine gleiche Rolle wieder heraufgeführt. Jede dieser beiden Rollen hat 6 Fuß Durchmesser, $2\frac{1}{2}$ Zoll starke Zapfen, und ist 1344 Pfund schwer. Eine unter ihnen in einem gewölbten Raume senkrecht aufgestellte große Seilrolle leitet das Seil von der einen jener beiden Rollen auf die andere. Die große untere Seilrolle hat 11 Fuß Durchmesser, reicht also vom Mittel des einen Bahngleises bis zu dem 11 Fuß davon entfernten Mittel des andern. Sie wiegt 3537 Pfund; ihre Zapfen sind $3\frac{1}{2}$ Zoll stark. Nur die Durchmesser der drei letztgedachten Rollen sind einschließlich Einer Seildicke, also von Mittel zu Mittel des Seiles, gemessen.

Die Gewichte der Wagen sind theils nach Frachtbriefen, theils nach Rechnungen über das Eisenwerk derselben und Berechnung des Holzwerkes bestimmt; die Ladungen theils wirklich gewogen, theils, wie bei Sand und Steinen, nach üblichen Gewichts-Annahmen normirt. Personen sind im Durchschnitt jede zu $1\frac{1}{2}$ Ctr. in Rechnung gebracht.

Ohne Hülfe des Seiles ging die Nachener Maschine, keine weitere Last als ihren Tender ziehend, durchschnittlich in 7 Minuten die geneigte Ebene hinauf.

Eine Stephenson'sche Maschine zog ohne Hülfe des Seiles, außer dem Tender, hinauf:

am 10ten April 1841. 2 Wagen incl. Ladung 156 Ctr. in $7\frac{3}{4}$ Minuten,

am 5ten Septbr. 1841. 2 " " " 170 " " 12 " *).

Bei einem unmittelbar folgenden Versuche wurde noch ein leerer Wagen von 40 Ctr. Gewicht angehängt, so daß der Zug von 3 Wagen 210 Ctr. wog. Obgleich inzwischen das Wasser und die Coaks des Tenders etwa zur Hälfte verbraucht, also der Tender viel leichter geworden war, so war die Maschine bei vollem Dampf doch nicht im Stande, diese drei Wagen hinauf zu ziehen; in 12 Minuten erreichte sie $\frac{2}{3}$ der Höhe und blieb dann stehen.

*) Der Tender hatte beinahe volle Ladung an Wasser und Coaks, und die Maschine war in sehr gutem Arbeitszustande.

Mit Anwendung des Seiles wurden am 13ten April 1841 folgende Versuche gemacht.

A. Die leichtere Aachener Maschine zog am Seile zu Thal; eine der Stephenson'schen, vor den Wagenzug gespannt, arbeitete zu Berg. Es wurden aufgezogen:

1. 8 Wagen incl. Ladung 740 Ctr. in $11\frac{1}{2}$ Minuten, *)
2. 12 " " " 738 " " $8\frac{5}{6}$ " "

B. Die Stephenson'sche Maschine zog am Seile zu Thal und die leichtere Aachener zu Berg. Es wurden aufgezogen:

3. 7 Wagen incl. Ladung 764 Ctr. in $7\frac{1}{2}$ Minuten,
4. 9 " " " 868 " " $9\frac{3}{4}$ " "
5. 6 " " " 518 " " $5\frac{5}{6}$ " "
6. 6 " " " 523 " " $5\frac{1}{2}$ " "

Geringe Unterschiede des Effectes, wie z. B. in den Versuchen No. 5 und 6, rühren zum Theil daher, daß die Ladung der Tender nicht ausgeglichen war. Weitere Beobachtungen bezogen sich auf Versuche mit Hülfe der stehenden Maschine, und haben für den vorliegenden Fall keinen Werth.

Nachdem der Betrieb mit Hülfe der stehenden Maschine in Gang gebracht war, verlängerte sich das Seil sehr bedeutend. Ein Grund lag darin, daß die Fäden, woraus es besteht, etwas zu stark getheert waren. Bei der Sommerhitze tropfte ein Theil des Theers heraus, und die einzelnen Fäden wurden durch die starke Spannung des Seiles gestreckt. Es wurden nach und nach 120 Ruthen Seil abgeschnitten, so daß mit Rücksicht auf den Verlust an Theer das Seil noch höchstens 108 Ctr. Gewicht behielt.

Am 30sten August 1841 ließ ich bei Gelegenheit eines von Elberfeld zurückkehrenden leeren Extrazuges zum erstenmale einen regelmäßigen Personenzug mit 14 ganz besetzten Wagen durch Locomotiven ohne Hülfe der stehenden Maschine hinaufbringen. Es waren vor beiden Wagenzügen Stephenson'sche Locomotiven von gleichen Maassen und gleichem Gewichte; auch war die Ladung der Tender als gleich zu betrachten; die Fahrt wurde regelmäßig ausgeführt und beobachtet.

Der hinaufgehende Wagenzug bestand aus

2 Wagen	à 65 Ctr.	=	130 Ctr.
12 " "	à 45 " "	=	540 " "
396 Personen	à $1\frac{1}{3}$ " "	=	528 " "
			zusammen..... 1198 Ctr.;

der hinabgehende Wagenzug aus

2 Wagen	à 65 Ctr.	=	130 Ctr.
7 " "	à 45 " "	=	315 " "
17 Personen	à $1\frac{1}{3}$ " "	=	23 " "
			zusammen..... 468 " "

also Mehrgewicht des hinaufgehenden Zuges..... 730 Ctr.

*) Das Seil war ganz neu und steif, und der Versuch wurde früh an einem kalten Morgen gemacht. Auch die Seilrollen mit ihren hölzernen Zapfenlagern waren noch ungebraucht.

Die Fahrt dauerte 7 Minuten, was eine Geschwindigkeit von $18\frac{1}{2}$ Fuß in der Secunde, oder etwas über 13 Englische Meilen in der Stunde giebt.

Vor Eröffnung des Betriebes wurden mehrfache Versuche gemacht zur Ermittlung der erforderlichen Anzahl von Bremsen, um jeden Wagenzug auf der Neigung von 1 : 30 mit Sicherheit anhalten zu können. Es ergab sich, daß mit einer guten Bremse zwei beladene Wagen gehalten werden konnten; es wurden aber der Sicherheit wegen stets wenigstens die untersten beiden Wagen eines Zuges und außerdem abwechselnd ein Wagen um den anderen mit einer Bremse versehen. Hatte der Zug mehr als 9 Wagen, so wurde noch eine Bremse zugesetzt.

Gleich die ersten Versuche zeigten, daß die gewöhnlichen Anhängelketten, womit die Wagen eines Zuges verbunden zu werden pflegen, in der geneigten Ebene nicht genügten. Das Gewicht der Wagenzüge wirkte beim Hinaufziehen so stark, daß die Ketten und Anhängelketten zersprangen. Es erhielt daher jeder Wagen noch zwei, durch eiserne unter der ganzen Länge des Wagens durchgehende Stangen mit einander verbundene Sicherheitsketten. Wenn beim Anziehen des Seiles die Zugfedern der Wagen nachgaben, so wurden beide Sicherheitsketten mit in Anspruch genommen, so daß nun drei Ketten die Wagen verbanden. Die Sicherheitsketten waren erst stark genug, als man ihnen $\frac{3}{4}$ Zoll Eisenstärke gab.

Es muß zur Erläuterung bemerkt werden, daß die stehende Maschine nicht ein Seil ohne Ende hat. Damit die Locomotiven durch die ganze Bahn gehen können, ist die Einrichtung so getroffen, als sollten bloß Locomotiven am einfachen Seile arbeiten; das Seil kann aber außerdem um das Triebrad der stehenden Maschine geschlungen werden, so daß diese helfend mitwirkt. Da es an starken Locomotiven noch fehlte, so wurden leichte Locomotiven von 11 Zoll Cylinder zum Hinabziehen des Seiles benutzt, und die stehende Maschine ersetzte, was ihnen an Kraft fehlte. So lange in dieser Weise die stehende Maschine im Gebrauche war, liefen abwärts die Wagenzüge mit den Locomotiven an ihrer Spitze, ohne am Seile befestigt zu sein, und regulirten ihren Lauf theils durch die Bremsen, besonders aber dadurch, daß die Steuerung der Locomotiven für den Gang rückwärts gestellt, aber kein Dampf zugelassen wurde. Im letzteren Falle wirkte die in den Cylindern comprimirte Luft als eine kräftige und sichere Hemmung. *)

Am 22sten September 1841 wurde der Betrieb so eingerichtet, wie die Fahrt am 30sten August 1841 **); die zu Thal gehenden Wagenzüge wurden benutzt, um die zu Berg gehenden hinaufzuziehen.

*) Es ist nöthig, den Locomotivenkesseln am vorderen Ende noch einen Wasserstandszeiger zu geben, damit man sich bei ihrer schrägen Stellung in der geneigten Ebene stets die Gewißheit verschaffen kann, daß die Feuerrohre nirgends über Wasser zu liegen kommen.

**) Siehe oben Seite XI.

Es bewährte sich, daß dieser Betrieb viel einfacher und sicherer sei, als der mit Hülfe der stehenden Maschine. Der hinaufgehende Zug mochte leichter oder schwerer sein als der hinabgehende, so konnte durch bloßes Zulassen oder Absperren der Dämpfe die Bewegung so sicher regulirt werden, daß in allen Fällen die Fahrt und das Anhalten sehr regelmäßig von Statten ging. Die Bremsen wurden fast gar nicht mehr gebraucht, während früher ein Paar Bremsflöße selten länger als zwei Tage hielt. So besteht der Betrieb noch jetzt.

Selbst mitten in der Fahrt kann jeder Zug ohne Schwierigkeit nach Belieben halten, weil beide Locomotiven zur Bewegung nöthig sind, in der Regel also jede, indem sie aufhört zu arbeiten, den Zug zum Stehen bringt und nur in seltenen Fällen dazu noch der Hülfe der Bremse bedarf. Dieß ist ein nicht unbedeutender Vorzug dieser Betriebsart. Ueberhaupt hat man durch die Locomotive, die sich bei dieser Anordnung in der geneigten Ebene allemal beim Wagenzuge befindet, eine große Gewalt über denselben, und ist Zufälligkeiten weit weniger ausgesetzt, als wenn man von der entfernten stehenden Maschine abhängt. Auch beim Hinabfahren hat man durch die Locomotive die Bewegung des Wagenzuges mehr und sicherer in der Gewalt, als durch die Bremsen. Es ist nicht unwichtig, daß außer den Bremsen auch die Wagen geschont, und die Räder und Schienen weniger angegriffen werden, wenn der hinabgehende Zug, statt mit festgebremsten Rädern zu gleiten, seine überflüssige Kraft anwenden muß, das Seil zu ziehen, und so seine Fahrt ohne künstliche Hemmung ausführt.

Weitere Erfahrungen zeigten, daß die Locomotiven auf dem Wege bis zur geneigten Ebene den gehörigen Sitzgrad erlangten, der zur kräftigen Dampferzeugung nöthig ist. Sie arbeiteten munter hinauf, und waren, oben angelangt, in weit vortheilhafterem Arbeitszustande zur Weiterfahrt, als wenn sie dort gestanden hätten, um den Zug in Empfang zu nehmen.

Es ist bei dieser Betriebsart bisher noch kein Unfall vorgekommen; das Seil und alle Vorrichtungen haben sich durchaus gut bewährt. Auch die Besorgniß, daß in Winterzeit der Betrieb durch Locomotiven auf der geneigten Ebene nicht gesichert sei, hat der vergangene Winter bereits vollständig beseitigt. Ein Schreiben des Ingenieurs Vanderschmidt, welcher das Technische des Betriebes auf der Düsseldorf-Elberfelder Eisenbahn gegenwärtig leitet, vom 6ten Februar d. J., spricht sich folgendermaßen über diesen Punkt aus:

„Glatteis hat es einigemal gegeben, was ich durch eine Hülfslocomotive brechen ließ; auf der geneigten Ebene ist dieß nicht nöthig geworden, weil das Manöver mit den auf- und abgehenden Zügen ohne alle Hindernisse ausgeführt werden konnte.“

Da nun diese Erfahrungen auf einer geneigten Ebene gemacht sind, welche zu den größten und steilsten auf Eisenbahnen vorkommenden gehört und durchaus nicht für Locomotiven-Betrieb angelegt war, so liefern sie einen um so sicherern Beweis für die Ausführbarkeit dieser Betriebsart, als die zu den Versuchen zum Hinabziehen am Seile gebrauchten Locomotiven eine Construction für gewöhnliche Fahrten, nicht aber für einen davon ganz ver-

schiedenen Gebrauch hatten. Es fragt sich nun zunächst, ob ein solcher Betrieb auch für den Verkehr größerer Bahnen anwendbar sei.

Es kann und darf auf großen Bahnen nicht darauf gerechnet werden, daß die Wagenzüge sich an den geneigten Ebenen begegnen, so daß der hinabgehende Zug zum Aufziehen des hinaufgehenden benutzt werden könnte. Der Effect Einer zu Thal ziehenden Locomotive, wie er aus den Versuchen vom 13ten April 1841 hervorgeht *), genügt noch nicht für einen großen Eisenbahn-Verkehr; für einen solchen ist die Neigung von 1 : 30 zu steil, um Locomotiven mit Vortheil anwenden zu können.

Es wird überhaupt vortheilhaft sein, den geneigten Ebenen auf großen Bahnen eine geringere Steigung zu geben, damit die Fahrten durch den Hinzutritt weniger wohlgeübter Leute, die in der Zwischenzeit bei Unterhaltung und Bedienung der Seilrollen volle Beschäftigung finden, auch dann sicher und gefahrlos werden, wenn bei dem übrigen großen Betriebs-Personale eine gleiche Übung für diesen speciellen Theil des Betriebes nicht zu erreichen ist.

Legt man die Resultate der Seite XI u. XII beschriebenen Fahrt einem Ueberschlage für die Leistung der Locomotiven zum Grunde; nimmt man das damalige Gewicht des Seiles zu 108 Ctr. an; die Kraft, dasselbe auf den kleinen Rollen zu bewegen, gleich $\frac{1}{22}$ seines Gewichtes; die Reibung der Wagen nach der bei Ueberschlägen üblichen Annahme zu $\frac{1}{240}$ ihres Gewichtes, und läßt bei den großen Seilrollen die Steifigkeit des Seiles und die Zapfenreibung, als für den folgenden Vergleich ohne Einfluß, fort **); nimmt man dagegen an, daß das ganze Seil zu Berg gezogen werden muß, was nur im Anfange der Bewegung, und zwar nicht einmal ganz, der Fall ist: so hat man für die Steigung von 1 : 30

- | | | | |
|--|---|----------------|-----------|
| 1. Reibung des Seiles auf den Rollen | $108 \cdot 110 \cdot \frac{1}{22} =$ | 540 Pfd. | |
| 2. Hinaufziehen des Seiles | $108 \cdot 110 \cdot \frac{1}{30} =$ | 396 " | |
| 3. Aufbringen des Wagenzuges ... | $1198 \cdot 110 \cdot (\frac{1}{30} + \frac{1}{240}) =$ | 4942 " | |
| | | zusammen | 5878 Pfd. |

davon ab:

- | | | | |
|--|--|---------------|-----------|
| 4. Die Wirkung des hinabgehenden Zuges | $468 \cdot 110 \cdot (\frac{1}{30} - \frac{1}{240}) =$ | 1502 " | |
| | | bleiben | 4376 Pfd. |

bei einer Geschwindigkeit von 13 Englischen Meilen in der Stunde.

Ueberschlägt man hiernach, mit Beibehaltung derselben Geschwindigkeit, welche für geneigte Ebenen vollständig genügt, die Leistung für eine geneigte Ebene, welche eine eben so große Höhe mit einer Neigung von 1 : 40 ersteigt, und bringt die dabei nöthige größere Länge des Seiles in Rechnung, so findet man

- | | | | |
|--|--|----------------------|------------|
| 1. Reibung des Seiles auf den Rollen | $144 \cdot 110 \cdot \frac{1}{22} =$ | 720 Pfd. | |
| 2. Hinaufziehen des Seiles | $144 \cdot 110 \cdot \frac{1}{40} =$ | 396 " | |
| 3. Aufbringen des Wagenzuges | $x \cdot 110 \cdot (\frac{1}{40} + \frac{1}{240}) =$ | 3260 " | |
| | | Summe wie vorher ... | 4376 Pfd., |

*) Siehe S. XI.

**) Keine Rechnungen sind absichtlich vermieden, weil hier nur überschlägliche Ueberschläge gegeben werden sollen. Wer näher in eine Berechnung eingehen will, findet die Data für die geneigte Ebene S. IX, X vollständig vor.

und hieraus das Gewicht des Wagenzuges, welcher durch jene beiden 13 zölligen Locomotiven aufgezogen werden kann:

$$x = 1016\frac{1}{10} \text{ Centner.}$$

Nimmt man das Gewicht eines beladenen Wagens gleich 100 Centnern an, so giebt dieses einen Zug von 10 Wagen, welcher, wegen der größeren Länge der geneigten Ebene, die Höhe von 260 Fuß in $7 \cdot \frac{4}{3} = 9\frac{1}{3}$ Minuten ersteigen würde.

Zwei Locomotiven von 15 Zoll Cylinder und $4\frac{1}{2}$ Fuß hohen Triebbrädern würden nach diesem Verhältnisse schon $14\frac{1}{2}$ beladene Wagen à 100 Centner in derselben Zeit hinaufbefördern.

Construirt man zum Hinabziehen am Seile besondere Locomotiven, denen man, wegen der geringen Geschwindigkeit, die von ihnen verlangt wird, Triebräder von nur 3 Fuß Höhe und ein bedeutendes Gewicht geben kann, wobei die Cylinder nicht größer als von 15 Zoll Durchmesser angenommen werden sollen, so wird eine solche, wenn vor dem hinaufgehenden Wagenzuge sich eine der vorhergedachten 15 zölligen Locomotiven befindet, schon 19 beladene Wagen hinaufziehen. Nöthigenfalls kann die ausschließlich für die geneigte Ebene bestimmte Locomotive einen Tender bekommen, in welchen man ein Uebergewicht von Wasser füllt und nach Erfordern unten wieder abzapft, und so, besonders bei dem langsameren Gange der Güterzüge, bequem 20 Wagen hinaufbringen.

Eine Steigung von 1 : 40 wird meiner Ansicht nach den geneigten Ebenen für Locomotiven-Betrieb auf großen Bahnen genügen und überhaupt angemessen sein.

Es giebt noch ein einfaches und unfehlbares Mittel, die Kraft der hinabgehenden Locomotive nach Belieben zu vergrößern, und gleichzeitig den Betrieb zu verbessern, ja sogar wohlfeiler zu machen.

Bereits oben ist erwähnt, daß ein hinabgehender Wagenzug weit leichter und sicherer zu handhaben ist, und daß seine Bremsen und Räder geschont werden, wenn er gleichzeitig einen anderen Wagenzug hinaufzieht. Es werden daher bei einem wohl eingerichteten Betriebe die Wagenzüge so angeordnet sein, daß ein hinaufgehender Zug in der Regel mit einem hinabgehenden (ohne daß sich beide in der geneigten Ebene treffen) abwechselt. Der letztere findet dann die Locomotive der geneigten Ebene am Fuße derselben, wenn er am oberen Ende ankommt, und wird sie am Seile hinaufziehen, ohne daß sie zu arbeiten brauchte. Es ist aber auf diese Weise Kraft genug vorhanden, außer der Locomotive noch einen Wagenzug hinauf zu ziehen. Daher kann die Locomotive der geneigten Ebene eine Anzahl schwerer Wagen bei sich führen und mit deren Hülfe die größten Züge hinaufbringen, während das Wiederhinaufbringen dieser Wagen nicht nur fast nichts kostet, sondern noch den abwärts gehenden Zügen wesentlich zu Statten kommt. Nur bei Extrazügen, die außer der Reihe gehen, wird die Locomotive der geneigten Ebene nöthig haben, allein hinauf zu gehen, und wenn sie dann zwanzig Wagen hinaufbringt, so ist der Betrieb selbst einer großen Bahn vollkommen gesichert. Da sich in der Regel die für den gewöhnlichen Dienst geheizten Reserve-Locomotiven am Kopfe der geneigten Ebenen stationiren

lassen, so kann man, selbst in außerordentlichen Fällen, nie wegen Mangels an Kraft in Verlegenheit kommen.

Ist nun schon oben darauf hingedeutet worden, wie Eisenbahnen in bergigen Gegenden durch Anlage von geneigten Ebenen im Allgemeinen wohlfeiler auszuführen sind, so tritt bei deren Anordnung für Locomotiven-Betrieb noch eine nicht unbedeutende Ersparung gegen die Anlage stehender Dampfmaschinen hinzu, welche an Gebäuden und Maschinerie bei jeder geneigten Ebene auf mehr als 50000 Thlr. zu veranschlagen ist.

Wie sich die Kosten des Betriebes mit Locomotiven stellen, läßt sich bis jetzt noch nicht genau angeben. Bei der geringen Geschwindigkeit, die im Vergleiche gegen gewöhnliche Dampf-Fahrten genügt, werden die Locomotiven für die geneigten Ebenen nur wenig Reparaturkosten erfordern. Sie können mit Vortheil sehr schwer und fest construirt sein, und wie die Locomotiven auf den Englischen Kohlenbahnen mit rohen Steinkohlen geheizt werden. Dann läßt sich übersehen, daß solch eine Locomotive, deren Kraft im Augenblicke ihrer Wirksamkeit noch durch ihr Gewicht mächtig verstärkt wird, weniger Kosten verursacht, als Vorspann-Locomotiven, deren Kraft beim Hinaufgehen steiler Strecken durch ihr Gewicht vermindert wird; daß sie ferner weniger Kosten erfordert, wenn sie den ganzen Tag geheizt wird, als viel größere stehende Dampfmaschinen, die kaum Dasselbe leisten. Endlich werden auch dadurch, daß die Züge mit denselben Locomotiven durch die ganze Bahn gehen können, bedeutende Kosten erspart und der Betrieb vereinfacht und erleichtert.

Dennoch ist es immer besser, eine Bahn ohne geneigte Ebenen zu haben. Sie sind und bleiben ein Nothbehelf, wie Schleusen bei Kanal-Anlagen. Schleusen machen aber oft allein die Ausführung einer Wasserstraße möglich, wo ohne sie wegen Steilheit der Gefälle nicht mehr von Schifffahrt die Rede sein könnte. Auf ähnliche Weise kann eine Bahn, die durch geneigte Ebenen in einzelne günstige Strecken abgetheilt ist, noch Erfolge gewähren, welche nie zu erlangen sein würden, wenn man die Bahn in steile Gefälle zwängte und den Locomotiven eine ihrer Natur widerstrebende Arbeit abnöthigte.

Um Eine geneigte Ebene in einer sonst guten Bahn zu umgehen, wird man allerdings wohl thun, selbst bedeutende Opfer zu bringen. Ist aber Eine nicht zu vermeiden, und müssen die Wagen und der ganze Betrieb entsprechende Einrichtungen erhalten, so können unbedenklich auch mehrere angelegt werden, wenn dadurch die übrige Bahn bedeutend verbessert und wohlfeiler wird. Man gebe dann allen gleiche Steigung, damit die Anzahl der Bremsen, die Wagenketten und Locomotiven für alle passen, und die Einübung des Personales erleichtert werde.

Besonders wird die Anwendung dieser Betriebsart die Anlage von Local- und Zweigbahnen in schwierigem Terrain erleichtern, und dazu beitragen, den Nutzen der Eisenbahnen zu erweitern, sie zu verzweigen und gewerbthätige Berggegenden durch Anschluß in ihr Gebiet zu ziehen.