

Ueber das Wesen und die Ursachen der Dampfkessel-Explosionen

Autor(en): **Strupler, J.A.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Die Eisenbahn = Le chemin de fer**

Band (Jahr): **8/9 (1878)**

Heft 20

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-6775>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

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

gaben des Arbeitsmessers als Grundlage der Prämierung benutzt wird, nicht nothwendig.

Die Vortheile, welche der Arbeitsmesser als Grundlage für die Prämienberechnung bietet, liegen in der Anwendung einer Normirungseinheit, welche

- a) unabhängig ist von den oftmals unrichtigen Angaben der Belastungstabellen der Züge,
- b) allen Zufälligkeiten, welche durch die wechselnde Belastung der Züge bei der Berg- und Thalfahrt entstehen, volle Rechnung trägt,
- c) von der Jahreszeit und Witterung unabhängig ist,
- d) durch die Zuggeschwindigkeit nicht beeinflusst wird.

Auch wird durch den Wegfall der Berechnung der beförderten Kilometer-Tonnen eine wesentliche Vereinfachung der Prämien-Berechnung gestattet.

Für den Zweck der Prämierung ist es, wenn die Dienstleistung der Maschine bei den Zügen nicht durch längere Verwendung zum Rangirdienst unterbrochen wird, genügend, wenn die Ablesungen am Arbeitsmesser am Beginn und Ende jeder Prämierungs-Periode gemacht werden.

Die Differenz der Ablesungen, welche in dem Falle, dass der Raddurchmesser der treibenden Tenderachse grösser oder kleiner als 1 m ist, noch mit dem Raddurchmesser (ausgedrückt in Metern) zu multipliciren ist, dient unmittelbar zur Berechnung des für die Beförderung der Zuglast stattgehabten Brennstoff-Verbrauches und ist hierzu noch die Brennstoffmenge, welche für den von der Locomotive zurückgelegten Weg normirt ist, hinzu zu addiren um die Gesamtmenge des gestatteten Brennstoff-Verbrauches zu erhalten.

Der Apparat wird den Zugkräften, zu deren Messung er dienen soll, entsprechend construirt; bis jetzt wurden nur Instrumente für fünf Tonnen Zugkraft (Leichte Lastzug-Maschine) angefertigt von der Firma *Schäffer und Budenberg* in Buckau-Magdeburg zum Preis von 700 Mark.

Die Vortheile, die durch die allgemeine Anwendung des Arbeitsmessers für den Eisenbahnbetrieb zu erzielen sind, lassen sich nach dem Vorhergehenden in Folgendem resumiren.

1) Die Führer werden dadurch, dass die Leistung ihrer Maschine von Fall zu Fall genau bekannt ist, gegen die nachtheiligen Folgen geschützt, die ihnen häufig dadurch erwachsen, dass bei ungünstigem Wetter an die Leistungsfähigkeit ihrer Maschine Anforderungen gestellt werden, die auch bei der besten Bedienung der Locomotive nicht befriedigt werden können.

Die Aufklärung solcher Anstände liegt ebensogut auch im Interesse der Verwaltungen, da in den meisten Fällen durch die richtige Erkenntniss der Ursachen der Betriebsanstände auch der Wiederholung derselben vorgebeugt werden kann.

2) Durch die Vorschriften für Brennstoffersparniss-Prämien, welche bei verschiedenen Bahnen eingeführt sind, wird zumeist bezweckt, den guten Willen des Personals für die Einhaltung möglicher Oeconomie anzuregen, ohne dass es jedoch gewiss ist, dass derjenige, welcher die grössten Prämien macht, auch am meisten gespart hätte.

Es kann selbst unter Berücksichtigung des Umstandes, dass sich die Ungerechtigkeiten, die aus der Grundlage einer durchschnittlichen Verbrauchseinheit resultiren, in einer längeren Zeitperiode zum Theil ausgleichen; nicht in Zweifel kommen, dass es unbedingt ein Vortheil ist, wenn es durch die directe Messung der Arbeit möglich wird, in jedem einzelnen Falle fast mit Genauigkeit sagen zu können, welcher Materialaufwand der Leistung entsprechend war.

Das bisherige System der Prämien kann dann auf eine ganz andere Basis gestellt werden, und was bisher ausschliesslich dem guten Willen überlassen war, kann unbeschadet der Aufrechthaltung des bisherigen Principes, den Führern durch einen Antheil an dem Geldwerthe der Ersparnisse einen Gewinn zuzuwenden, in Folge der Möglichkeit einer strengeren Controle, nöthigenfalls auch durch ein zwangsweises Einschreiten gegen solche Führer, die sich der Oeconomie nicht in vollem Maasse befeissigen, erreicht werden.

Die k. k. priv. Erzherzog Albrecht-Bahn hat auf Grund der günstigen Resultate, die durch die Anwendung des Arbeits-

messers erzielt wurden, denselben eingeführt, und vom 1. Mai d. J. die Prämien-Berechnung für Brennstoff-Ersparnisse auf die directe Arbeitsmessung basirt.

* * *

Ueber das Wesen und die Ursachen der Dampfkessel-Explosionen

von J. A. Strupler, Maschineningenieur des Vereins schweiz. Dampfkesselbesitzer.

Bekanntlich existirt seit einigen Jahren ein Verband von Dampfkesselüberwachungs-Vereinen, dessen Zweck unter Andern auch darin besteht: „alle im Bezirke der Vereine stattfindenden „Dampfkessel-Explosionen durch die Vereins-Ingenieure „wissenschaftlich und erschöpfend nach ihren Ursachen erforschen zu lassen, um diese Ursachen wirksam bekämpfen „zu können.“

Wenn nun auch nicht alle Explosionsfälle zur rechtzeitigen Kenntniss und Untersuchung gelangen, und keineswegs die wünschbare gleichmässige Behandlung des Stoffes stattfindet, so gelangt man doch zur Ueberzeugung, dass diese Unfälle ihre ganz natürlichen, einfach zu erklärenden und praktisch beweisbaren Ursachen haben und dass es in der Macht des Menschen liege, solchen wirksam entgegen zu treten; man findet aber auch, dass es an der Zeit ist, mit allen den geheimnissvollen Hypothesen, wie Vorhandensein von Electricität, Magnetismus, Bildung von Knallgas, Sphäroidalzustand und mit dem sogenannten Siedeverzug abzufahren, alles Ursachen, die nirgends praktisch bewiesen, dagegen geeignet sind, Nachlässigkeiten und andere Fehler der Menschen, welche Kessel zu erstellen, zu unterhalten und zu bewarten haben, zu verdecken.

Es wird zwar noch längere Zeit dauern, dass diese und andere abenteuerlichen Ursachen aufgetischt werden, da doch gewöhnlich diejenigen, welche unmittelbar vorher mit dem verunglückten Object zu thun gehabt haben, nicht mehr zeugfähig sind, oder wenn sie lebend davon kommen, es nur zu sehr in ihrem Interesse finden, unterstützt von andern Beteiligten, alles Andere zu behaupten, als das, was zur unmittelbaren Aufklärung des Falles dienen könnte.

Hieraus resultiren dann jene Hypothesen, die aber immer weniger glaubwürdig erscheinen und durch eingeleitete fachgemässe Untersuchung von Seite der Beamten der Kesselvereine als vollständig haltlos bewiesen werden.

Wir erlauben uns nun, in Nachstehendem an der Hand uns bekannt gewordener Resultate von solchen fachgemässen Untersuchungen, die nach unserer Ansicht einzig vorhandenen Ursachen von Dampfkessel-Explosionen kurz anzuführen, halten es aber für angezeigt, vorher über diese Unfälle Folgendes im Allgemeinen zu bemerken und zuerst den *Begriff* einer Explosion zu definiren.

Wir verstehen unter „*Explosion eines Dampfgefässes*“ denjenigen Unfall, der eintritt, wenn dasselbe an ein oder mehreren Stellen plötzlich reisst und sich ebenso plötzlich seines Inhaltes an Dampf und Wasser entledigt.

Die beiden Vorgänge, das Reissen und die Abgabe des Inhaltes, sind zwar unmittelbar auf einander folgend, doch getrennt zu betrachten, beide aber müssen die Eigenschaft der Plötzlichkeit besitzen, ohne welche der Vorgang nicht Explosion genannt werden kann.

Das Reissen eines Kessels würde auch an und für sich lange nicht die bedenklichen Folgen haben, wenn nicht der vorhandene Explosionsstoff, nämlich der mit überschüssiger Wärme versehene Inhalt des Kessels, noch seine verheerenden Wirkungen hinzufügte. Durch das Reissen desselben wird nämlich das vorher unter einem Druck von mehreren Atmosphären gestandene Dampf- und Wasserquantum plötzlich unter den gewöhnlichen Luftdruck versetzt; die sich sofort bildende Dampfmasse sucht sich einen Ausweg, indem sie Theile des Kessels, des Mauerwerkes und des Gebäudes losreisst, fortschleudert und diesen in Bewegung kommenden Gegenständen eine Summe lebendiger Kraft auf den Weg mitgibt, dass sie im Stande sind, Alles, was

ihnen im Wege steht und nicht entsprechenden Widerstand leistet, zu zerstören.

Die Grösse der Wirkung einer Explosion ist nun in erster Linie von der Art und Weise abhängig, wie sich der erste Vorgang macht, d. h. wie der Kessel reisst und dieser wiederum von der Ursache, die dem Reissen zu Grunde liegt; in jedem Fall werden die Folgen um so verderblicher sein, je plötzlicher die Abgabe der überschüssigen Wärme stattfinden kann.

Eine bestimmte Ansicht aber jetzt schon zu äussern, ob Wassermangel oder Abrostung oder zu hoher Druck etc. gefährlicher sei, hätte wohl keine Berechtigung, dagegen wird unzweifelhaft die eben begonnene Explosionsstatistik im Laufe der Zeit mit genügender Genauigkeit erweisen, welche der nachher zu erörternden Ursachen die unheilvollsten Unfälle nach sich ziehen und welchen daher auch am meisten entgegengearbeitet werden muss.

Bestimmt kann dagegen angegeben werden, wovon die Grösse der Wirkung des zweiten Vorganges, der plötzlichen Dampfbildung abhängig ist; es ist das erstens von der Grösse des Wasser- und Dampfquantums im Kessel und zweitens von der Höhe der Temperatur desselben oder vom Druck, der eben vorhanden war.

Wenn man also mit Dampfkesseln möglichst sicher arbeiten will, so ist in erster Linie der Wassergehalt derselben möglichst klein zu halten. Diese Ansicht hat sich auch schon längst bei der Construction der sogenannten Wasserröhrenkessel manifestirt; dabei ging allerdings die Tendenz mit, möglichst kleine Durchmesser zu wählen, um einem Zerreißen möglichst vorzubeugen. Von den bei der Construction eines Kessels vorherrschend zu berücksichtigenden zwei Punkten, Sicherheit und Oeconomie spielte also unbedingt die erstere hierbei die Hauptrolle. Man nannte diese Kessel dann auch und zwar mit Unrecht „inexplosible Kessel“, weil es überhaupt keine solche geben und jeder Kessel springen kann; dagegen verdienen sie mit Recht den Namen „Sicherheitskessel“, weil sie vermöge ihrer Construction grössere Sicherheit bieten und im Falle einer Explosion in Folge ihres geringen Wassergehaltes nur unerhebliche Zerstörungen bewirken können.

Dass die Oeconomie aber bei der Aufstellung dieser Systeme erst in zweiter Linie zur Berücksichtigung kam, beweist die Erfahrung, indem sie in dieser Hinsicht im Verhältniss zum Anlagecapital etc. nicht dasjenige zu leisten im Stande sind, wie die andern Systeme der Neuzeit. Trotzdem sie ausser der grössern Sicherheit noch weitere Vortheile, wie Leichtigkeit der Aufstellung und Reparatur, geringes Raumbedürfniss, schnelle Dampfentwicklung etc. aufzuweisen im Falle sind, wurden dieselben doch alle nicht so hoch angeschlagen, dass sie die Vortheile der grössern Oeconomie anderer Kessel in der Praxis überwiegen konnten, so dass eine Ausbreitung dieser Sicherheitskessel nur sehr spärlich erfolgt.

Es ist jedoch sehr zu wünschen, dass es dem Constructeur gelinge, dieselben durch Verbesserungen öconomischer zu machen und namentlich ist dies zu wünschen mit Rücksicht auf die Schiffskessel, bei welchen doch immerhin die Sicherheit ungleich höher taxirt und eine etwelche Einbusse an Leistungsfähigkeit eher gerechtfertigt werden kann, als bei Landkesseln, indem bei einem Schiffe doch in den meisten Fällen bezüglich Kesselexplosionen viel mehr an Menschenleben und materiellem Werth auf dem Spiele steht, als bei andern Anlagen.

Einstweilen sind wir also, wie oben bemerkt, nicht im Falle, die Kessel mit grossem Wassergehalt entbehren zu können, ebenso wenig können wir uns aus bekannten, gleichfalls öconomischen Gründen, dazu verstehen, wenigstens bei der Hauptart der Dampfverwendung, dem Betrieb der Maschinen mit niederm Druck, beziehungsweise geringem Wärmegehalt des Wassers zu arbeiten das Wort zu reden und müssen also gewärtigen, im Falle einer Explosion auch die verderblichsten Folgen zu tragen; das soll uns aber um so mehr veranlassen, möglichst zu verhindern, dass der Explosionsstoff zur Geltung komme, d. h. und damit kommen wir wieder auf den ersten Vorgang zurück, möglichst zu verhindern, dass der Kessel reisse.

Um dies thun zu können, haben wir uns, wie Eingangsbemerkung, eindringlich und möglichst gründlich um die Ursachen des Reissens zu bekümmern.

Dieselben lassen sich alle zusammen auf den Satz zurückführen, dass ein Kessel reisst, sobald die Beanspruchung desselben grösser ist als seine Widerstandsfähigkeit.

Wir haben es also hier mit zwei Hauptfactoren zu thun und bemerken, dass wir unter Beanspruchung die gemeinsame Wirkung des innern Druckes und der verschiedenen, durch die Temperaturdifferenzen hervorgerufenen Spannungen verstehen.

Es lassen sich demnach folgende drei Hauptfälle unterscheiden:

1. Die Beanspruchung ist normal, die Widerstandsfähigkeit des Kessels aber nicht,
2. die Widerstandsfähigkeit ist normal, die Beanspruchung aber nicht und
3. Beanspruchung und Widerstandsfähigkeit sind beide abnormal.

In diese drei Hauptabtheilungen lassen sich sämtliche Ursachen der Kesselexplosionen einreihen.

Betrachten wir diese einzelnen Fälle mit ihren Unterabtheilungen nacheinander und suchen wir jedesmal das Gegenmittel anzugeben, so finden wir:

I. Die Beanspruchung ist normal, die Widerstandsfähigkeit des Kessels aber nicht oder er ist zu schwach.

Hier können wir unterscheiden, ob der Kessel von Hause aus zu schwach (unrichtig) erstellt oder zu schwach geworden ist.

a) *Der Kessel ist unrichtig erstellt.* — Es können Constructionsfehler vorkommen, er kann schlecht gearbeitet, fehlerhaft aufgestellt oder eingemauert sein, oder aus schlechtem Material bestehen. Um daher einer Explosion aus diesen Gründen vorzubeugen, muss er vor seiner Inbetriebsetzung fachgemäss untersucht, es müssen Construction, Arbeit, Material geprüft werden. Fehler der ersten Sorte sind leicht zu finden, ebenso ist ersichtlich, ob der Kessel gut oder schlecht gearbeitet ist, schwieriger dagegen ist die Prüfung der Güte des Materials, sofern der Kessel, wie es gewöhnlich der Fall, fertig vorliegt und nicht schon bei der Erstellung Blechproben vorgenommen werden konnten.

Da muss man sich meistens auf die Gewissenhaftigkeit des Fabrikanten verlassen, der aber hinwiederum in seinem eigenen Interesse, mit Rücksicht auf seinen Ruf und die zu leistende Garantie, von Verwendung schlechten Bleches Umgang nehmen sollte.

Die Vornahme einer Wasserdruckprobe, bei welcher der Druck innerhalb mässiger Grenzen gehalten wird, kann schliesslich bei einem neuen Kessel auch noch vorgenommen werden, obschon der Werth derselben nicht sehr hoch angeschlagen werden darf und das Hauptresultat wohl darin gefunden wird, ob derselbe an seinen Verbindungen dicht ist oder nicht. Die Fälle sind sehr selten, wo die Druckprobe eclatante Fehler zu Tage förderte, im Verhältniss zu denjenigen, wo sie einen Kessel als durchaus untadelhaft darstellte, der nachher doch fallirte. —

b) *Der Kessel ist zu schwach geworden.* — Die Beschädigungen, in Folge welcher dieser Zustand eintritt, können zweierlei Art sein:

aa) *Allmälige Beschädigungen* gibt es verschiedene und es mögen wohl folgende am meisten vorkommen:

1. *Abrostung.* — Selten fehlen bei einer Kesselanlage die Bedingungen der Rostbildung an einem oder mehreren Theilen und ist es ja sogar in einzelnen Fällen gar nicht zu verhüten, dass sich dieser gefährliche Gast einstellt.

Dass Abrostung, sei es innerliche oder äusserliche, die Widerstandsfähigkeit eines Kessels vermindert, ist klar und ebenso, dass wenn ihr nicht Einhalt gethan wird, dieselbe auf eine Mächtigkeit kommen kann, dass das Gefäss einem innern, ganz normalen Druck nicht mehr widerstehen kann und reissen muss. —

Explosionen solcher Art lassen sich aber verhüten, indem man einestheils bei der Anlage und dem Unterhalt der Kessel möglichst allen Anlass zur Bildung des Rostes fern hält, anderntheils, dass man sie regelmässig untersucht, bestehende Undichtigkeiten, welche beständige Abrostung zur Folge haben, beseitigt,

von Aussen kommende Feuchtigkeit abhält und sodann, falls Stellen zum Vorschein kommen, welche bedenkliche Abrostungen erzeugen, ungesäumt Reparatur oder Erneuerung vornimmt.

Ist die Besorgung und Ueberwachung in dieser Weise eine richtige, so wird auch in Folge solcher Abnutzung kein Kessel springen.

2. Allmähliche Abnutzung kann auch durch anderweitige Fehler, wie Bildung von *Rissen*, *Verbiegungen*, *Blasen* etc. eintreten. Wenn auch, so lange sie vereinzelt und in geringer Ausdehnung vorkommen, von einer Explosionsgefahr nicht gesprochen werden darf, so kann sich ihre Zahl und Ausdehnung doch nach und nach derart vergrößern, dass sie der Sicherheit erheblichen Eintrag thun und, um Unfall zu verhüten auf Abhilfe Bedacht genommen werden muss.

3. Ein allerdings heikler Punkt ist die innerliche Abnutzung der Kessel in Folge *hohen Alters*. Es ist eine bekannte Thatsache, dass das Eisen, welches eine gewisse Arbeit verrichtet, sich nach und nach in seiner Structur ändert und zwar zu Ungunsten seiner Festigkeit, es wird also je länger je schwächer und es kann der Fall eintreten, dass es in Folge zu hohen Alters zu schwach geworden ist, um der normalen Beanspruchung zu widerstehen und reisst.

Dabei müssen wir gleich bemerken, dass das Alter eines Kessels nicht nach der Zahl der seit seiner Erstellung verfloßenen Jahre bemessen werden darf, sondern nach der Summe der, während seiner Dienstzeit verrichteten Arbeit, indem ein Kessel wohl ungleich früher alt wird, wenn er z. B. Hochdruckdampf für eine Maschine, als wenn er Niederdruckdampf für eine Heizung zu liefern hat, ebenso, sei es in diesem oder jenem Fall, die zur Verwendung kommende Wärmemenge rasch oder langsam vermitteln muss, das heisst, wenn der Betrieb forcirt oder normal ist.

Während man nun jede äusserliche Beschädigung bei gewissenhafter Untersuchung und bei gehöriger Vorbereitung des Kessels entdecken muss, ist man leider nicht im Stande, ebenso wenig wie ins neue Blech ins alte hineinzusehen. Man hilft sich da mit der Vornahme der einigerorts gesetzlich vorgeschriebenen periodischen Druckprobe, die aber ebenso wenig bei neuen wie bei alten Kesseln zuverlässige Auskunft geben kann, so dass als einziges, zwar radicales Mittel nur dasjenige bleibt, periodisch einzelne Stücke des Kessels herauszuschneiden und durch Probe sich zu vergewissern, ob und wie weit das Blech an seiner Festigkeit verloren habe, oder aber dann, wenn er eine gewisse Dienstzeit hinter sich hat, eine Reduction in der Beanspruchung einzuführen oder ihn ganz ausser Dienst zu stellen.

Bis jetzt geschah in dieser Beziehung bei uns fast gar nichts; wenn auch Einzelne in anerkennenswerther Weise zum zweiten Mittel, zur Reduction der Beanspruchung griffen, einige Wenige auch die Kessel ganz beseitigten, so wurden doch — einzig aus dem Grunde der zu langen Dienstzeit — wenig Vorkehrungen getroffen; im Gegentheil werden immer noch auf Veranlassung von Händlern mit alten Kesseln, solche, nachdem sie unendlich lang schon da oder dort schwere Dienste verrichtet haben, wieder neu eingemauert und zu frischer und oft vermehrter Leistung angespannt.

Dass sich solches Vorgehen früher oder später rächen muss, liegt auf der Hand.

Kehren wir zu unserm eigentlichen Thema, Abnutzung durch hohes Alter, zurück, so trat bis jetzt der glückliche Umstand wenigstens bei uns hinzu, dass die Mehrzahl der ältern Kessel nicht altersschwach genug werden konnten, um in das Stadium der Gefährlichkeit zu kommen, weil sie durch den verhältnissmässig raschen Aufschwung der Industrie in den letzten zwei Jahrzehnten überall da zu klein wurden, wo man sie nicht aus dem Grunde entfernte, dass ein neues leistungsfähigeres System gewählt wurde. Dadurch kamen eine Menge Kessel ausser Dienst; ebenso bewahrte uns bis jetzt eine rechtzeitige Erneuerung einzelner sich am raschesten abnützender Theile der Kessel vor dem Zualtwerden derselben.

Wie dieses in Zukunft gehen wird, wissen wir nicht; es scheint aber fast sicher zu sein, dass wenigstens die der Indu-

strie dienenden Kessel aus dem Grunde, weil sie zu klein sind, nicht zum Ersatz kommen werden und man auch mit der Erneuerung einzelner Theile hie und da aus Sparsamkeitsrück-sichten etwas länger als gewöhnlich warten muss.

bb) Plötzliche Abnutzung, beziehungsweise Beschädigung. — Auch hier haben wir mehrere Unterabtheilungen zu betrachten:

1. Das *Glühendwerden der Wandungen* in Folge *Wassermangel*. — Sinkt das Niveau des Wassers im Kessel unter die Feuerlinie, so tritt der Moment der Ueberhitzung der auswendig vom Feuer berührten, inwendig aber nicht mehr abgekühlten Platten ein. In diesem Zustand hat bekanntlich das Blech bei Weitem nicht mehr die Widerstandsfähigkeit wie vorher, folgt dem Dampfdruck, biegt sich ein oder aus, je nach der Construction des Kessels, verliert zudem bei gewissen Constructionen an Festigkeit durch Verlassen der runden Form und wird, wenn man das Uebel nicht rechtzeitig entdeckt, oder andere günstige Umstände, wie Abnahme des Dampfdruckes, oder des Feuers hinzutreten, den Impuls zur Explosion abgeben, nämlich reissen, unter sonst gleichen Umständen um so früher, je schlechter das Blech ist.

Befördernd auf die Einleitung der Explosion hilft dann mit ein sofortiges rasches Nachspeisen, bei welcher Manipulation das glühende Blech mit dem verhältnissmässig kalten Wasser in Berührung kommt und noch mehr an Widerstandsfähigkeit verliert. *)

Will man vor einer Explosion aus obigem Grunde sicher sein, so halte man die Wasserstandszeiger in Ordnung, ebenso die Speisevorrichtungen und beobachte fortwährend beide Apparate genau. Da ein rasches Sinken des Wasserstandes ebenso gut vorkommen kann, wie ein langsames, so kann daher eine genaue Beobachtung und Prüfung derselben gar nicht oft genug geschehen.

2. Ein *Glühendwerden der Wandungen* kann aber auch durch allzustarke Ablagerung von *Kesselstein* eintreten.

Derselbe, als ein schlechter Wärmeleiter, wird, in gehöriger Dicke aufgehäuft, die Transmittirung der vom Feuerherd kommenden Wärme hemmen und schliesslich ganz verhindern, den Eintritt des Glühendwerdens der Platten veranlassen und um so eher zur Explosion führen, als er in Folge der Verbiegung abspringt und dadurch das Wasser in unmittelbare Berührung mit dem glühenden Blech bringt, wodurch unter gleichzeitiger massenhafter Dampfentwicklung und momentaner Steigerung des Druckes wiederum eine weitere Verminderung der Widerstandsfähigkeit erfolgt.

Man halte also den Kessel rein, was nach den heutigen Erfahrungen leicht geschehen kann und zudem auch im höchsten Interesse eines öconomischen Betriebes liegt.

3. Sehr ähnlich wie der Kesselstein wirkt das *Fett*, das mit dem Speisewasser in den Kessel gelangt und sich gerne da, wo die stärkste Verdampfung stattfindet, Kalkseife bildend, ablagert, nämlich an den Feuerplatten. Die Wirkung des Fettes erhellt wohl klar aus dem Vorhergesagten und es soll daher: „Reinhaltung des Speisewassers von fettigen Substanzen“ als Regel gelten, um einer weitern Ursache von Explosionen entgegenzutreten.

4. Ein *Glühendwerden der Kesselwandungen* kann aber auch durch *Defectwerden der Einmauerung* entstehen. Erhält dieselbe Lücken, stürzen Scheidewände ein, rückt überhaupt die Feuerlinie zu hoch, so berühren zu heisse Gase das inwendig nicht von Wasser abgekühlte Blech, das wiederum überhitzt wird.

Hier hilft regelmässige Untersuchung, gute Erstellung und Unterhaltung des Mauerwerkes.

Das *Glühendwerden* von Theilen des Kessels kann auch vorkommen, wenn der richtige Dampfabzug von den Feuerflächen weg gehindert ist; dieser Fehler liegt aber in der Construction, deren genaue Prüfung wir schon im Eingang empfohlen haben.

*) *Anm. d. Red.*

Hiezu kommt wohl noch eine plötzliche locale Dampf-bildung, die mit einer geringen, aber stossweisen Druckänderung verbunden ist.

II. Die Widerstandsfähigkeit des Kessels ist normal, die Beanspruchung aber zu gross.

Hier haben wir es nur mit Mängeln der Behandlung zu thun und notiren als Ursachen der Dampfkesselexplosionen folgende:

a) *Ansammeln zu hohen Druckes.* Es kann namentlich während Arbeitspausen vorkommen, dass entweder durch noch vorhandenes lebhaftes Feuer oder durch Wärmeausstrahlung von stark erhitztem Mauerwerk bei eingestelltem Dampfentzug der Druck auf eine abnormale Höhe steigt und zugleich das Sicherheitsventil gar nicht oder nicht zur rechten Zeit wirkt und der Manometer nicht richtig zeigt oder gar nicht beobachtet wird.

Aber auch während des Betriebes kann dieser Zustand durch übermässiges Feuern eintreten, der beide Male, wenn der Druck gross genug ist, zum Zerreißen des Kessels an seiner schwächsten Stelle und zur Explosion führt.

Auf diese Art kann auch der beste, sonst ganz gut erhaltene Kessel zum Bersten gebracht werden; will man diess vermeiden, so muss man in erster Linie das Feuer nach dem Bedürfniss der Dampfentnahme einrichten, zugleich aber auch, da diess oft nicht gut möglich ist, die Sicherheitsapparate in gutem Stand halten und fleissig beobachten.

b) *Abnormale Beanspruchung* kann auch durch *allzurashes Anheizen und allzurashes Abkühlen*, oder sehr forcirten Betrieb herbeigeführt werden, es können dabei plötzlich Risse in den Verbindungen oder im vollen Blech, und Formveränderungen entstehen, die zur sofortigen Explosion führen. Sorgfältige Behandlung in dieser Beziehung wird aber solche Fälle zur Unmöglichkeit machen.

c) *Rasches Oeffnen und Schliessen grösserer Ventile oder Hahnen* erzeugt unbedingt jedesmal eine, dem Kessel schädliche Beanspruchung, kann aber unserer Ansicht nach nur in Verbindung mit einem der vorgenannten Fälle, z. B. zu hohem Druck, zu starker Abnutzung etc. absolut gefährlich werden, d. h. den Impuls zur sofortigen Explosion geben.

Dagegen glauben wir, dass ohne diesen Impuls, also bei langsamem Oeffnen und Schliessen der Ventile in gewissen Fällen, z. B. zu hoher Druck ungefährlich hätte beseitigt werden können und empfehlen daher diese Vorsichtsmassregel ebenfalls.

d) Aehnlich verhält es sich mit den Stössen und Erschütterungen, denen eine abnormale Beanspruchung des Kessels nicht

abgesprochen werden kann, die aber nicht directe Ursache zu Explosionen geben können, wenn der Kessel nicht prädisponirt ist, z. B. sich schon in überspanntem Zustande befindet, denn gibt es in der Praxis wohl stärkere Stösse und Erschütterungen, als wenn ein Kessel unmittelbar neben einem andern platzt, oder wenn ein Schiff auf den Grund oder gegen ein anderes fährt, oder wenn eine Locomotive gegen eine andere oder gegen einen Zug fährt, da müsste man doch gewiss mehr von Explosionen bei solchen Anlässen hören, als es der Fall ist.

III. Sowohl Beanspruchung des Kessels als Widerstandsfähigkeit sind abnormal.

Die Ursachen hiefür liegen in dem Vorhergehenden, ebenso die Mittel zur Abhülfe und braucht wohl Weiteres nicht hinzugefügt zu werden.

Wenn wir nun aber, zum Schlusse unserer Betrachtung kommand, an der Hand der uns zugänglich gewordenen Untersuchungsergebnisse und der Erfahrung auf diese Art nur natürliche Ursachen und kein Wirken einer geheimnissvollen Kraft, gegen die der Mensch ohnmächtig ist, herausfinden und, wohl wissend, dass wir damit unsere eigene und die Verantwortlichkeit des mit den Dampfkesseln betrauten Personals um ein Bedeutendes erhöhen, constatiren, dass den genannten Ursachen auf ebenso natürliche Weise begegnet werden kann, so wird man wohl mit einigem Recht sagen, dass gar keine Kesselexplosionen mehr vorkommen sollten; dem wäre so, wenn, abgesehen von denjenigen Kesseln, deren Besitzer es immer noch nicht in ihrem Interesse finden, ihre Anlagen untersuchen zu lassen und die allerdings das grösste Contingent zu obigen Unfällen stellen, mit der Erstellung, Unterhaltung, Bewahrung und Untersuchung nicht fehlbare Menschen betraut werden müssten und mathematisch genau und vollständig zuverlässige Maschinen erfunden würden, die deren Dienst übernehmen könnten.

So lange diess aber nicht der Fall ist, und wir glauben, dass derselbe nicht sobald eintrete, werden auch Kessel explodiren.

Wir sind aber zu der Hoffnung berechtigt, dass bei allseitiger Bemühung die Zahl dieser für Menschenleben und Eigenthum so verderblich wirkenden Unfälle bald auf ein Minimum reducirt werden wird.

* * *

ETAT DES TRAVAUX DU GRAND TUNNEL DU GOTHARD au 30 Avril 1878.

La distance entre la tête du tunnel à Göschenen et la tête du tunnel de direction à Airolo est de 14920 mètres. Ce chiffre comprend donc aussi, pour 145 mètres, le tunnel de direction. La partie courbe du tunnel définitif du côté d'Airolo, de 125 mètres de longueur, ne figure pas sur ce tableau.

Désignation des éléments de comparaison	Embouchure Nord — Goeschenen			Embouchure Sud — Airolo			Total fin avril	Etat corres- pondant au pro- gramme fixé le 23/25 sept. 1875	Différen- ces en plus ou en moins
	Etat à la fin du mois précédent	Progrès mensuel	Etat fin avril	Etat à la fin du mois précédent	Progrès mensuel	Etat fin avril			
Galerie de direction . . . longueur effective, mètr. cour.	5285,0	122,0	5407,0	4740,7	85,4	4826,1	10233,1	10740,0	— 506,9
Elargissement en calotte, longueur moyenne, " "	4731,8	141,5	4873,3	4454,0	64,0	4518,0	9391,3	8932,0	+ 459,3
Cunette du strosse, " " " "	3267,2	144,2	3411,4	3292,0	139,0	3431,0	6842,4	8842,0	— 1999,6
Strosse " " " "	2570,1	102,7	2672,8	2664,0	119,0	2783,0	5455,8	7528,0	— 2072,2
Excavation complète " " " "	2248,0	56,0	2304,0	2290,0	103,0	2393,0	4697,0	—	—
Maçonnerie de voûte, " " " "	3230,6	205,0	3435,6	3522,5	71,3	3593,8	7029,4	8016,0	— 986,6
" du piédroit Est, " " " "	2710,3	55,7	2766,0	2220,5	117,2	2337,7	5103,7	7496,1	— 2280,0
" du piédroit Ouest, " " " "	2202,6	65,4	2268,0	2935,2	125,4	3060,6	5328,6	—	—
" du radier " " " "	35,3	4,8	40,1	—	—	—	40,1	—	—
" de l'aqueduc " " " "	2969,0	72,7	3041,7	2956,0	114,5	3070,5	6112,2	—	—
Tunnel complètement achevé . . . " " " "	1922,0	60,0	1982,0	2173,5	135,5	2309,0	4291,0	7112,0	— 2821,0

* * *