heraus zu schachern suchen, wenn die Natur nicht hiermit einverstanden ist! Der Natur helfend mitwirken und nicht ihr hinderlich in den Weg treten, muss die Devise des Forstmanns sein! Darum soll man aufmerksamere, grössere Pflege dem einheimischen Mischwald zwecks Heranziehung wertvolleren Nutzholzes durch bessere Durchforstungsprinzipien, durch sachgemässere Verjüngungsmethoden bei Förderung der Bodengüte zuteil werden lassen. Selbstverständlich sind jene Flächen, auf denen weder die Buche noch die Eiche zu vollkommenen Stammformen heranwachsen, jene kalten und feuchten Lagen tiefer Schluchten, der Fichte zuzuwenden. Im Mischwald kann auch die Weistanne, der Buche sehr nahe stehend, ihren Platz finden. — Grundbestand soll und muss der einheimische Laubwald aber bleiben.

Wir kommen jetzt auf einen andern Punkt zu sprechen. Durch unsachgemässe, rücksichtslose Hauungen sind manche Bestände in Produktion und Bodengüte herunter gesunken. Bis dass die Natur allein ihre ursprüngliche Leistung wieder erlangen wird, vergehen Generationen. (Grosse Kulturarbeiten werden selten im Walde ausgeführt.) Hier müssen wir wiederum helfend entgegen kommen, indem wir den Krüppelbestand in vorsichtiger Weise kahl abtreiben und eine weniger anspruchsvolle Lichtholzart als Vorbau benutzen. In dieser Beziehung haben sich die beiden Holzarten Birke und Kiefer bewährt. Für letztere muss noch betont werden, dass sie als Nutzholzstamm einwachsen kann. Der betreffende normale Buchenbestand wird dann in kürzester Zeit auf die billigste Weise in den Vordergrund zurücktreten. Sucht man diese Kulturmassregeln nicht auszunutzen, indem man den Kiefernbestand mit dem 40—50ten Jahre kahl abtreibt, (Vereinsblatt Seite 129 J. 1913) was leider in sehr vielen Gemeindewaldungen üblich ist, darf man nicht den Anspruch erheben, nachhaltige Wirtschaft zu führen. Bringt man bei Kahlabtrieb der Buchenkrüppelbestände die Fichte an diesen Platz, wird anstatt eine Verbesserung des Bodens, wie oben gezeigt, eine Verschlimmerung desselben herbeigeführt. Die Wirtschaft muss aber nachhaltig sein auch in bezug auf Bodenkraft.

Wie die Dampfkessel platzen.

Aus unserem Meisterkursus über die Wärme.

Ehe wir diese Frage im Grunde untersuchen, sehen wir zunächst, wie die Dampfkessel nicht platzen.

An jedem Dampfkessel befinden sich vorschriftsmässig zwei Sicherheitsventile. Diese Ventile müssen so berechnet sein, dass,

jedes für sich allein, die ganze Dampfmenge ableiten kann, welche der Kessel zu erzeugen vermag, wenn sonst für den vorgesehenen Verbrauch kein Dampf daraus entnommen wird (z. B. bei Stillstand der Maschinen während der Arbeitspausen). In normalen Verhältnissen kann also durch Ueberproduktion von Dampf kein Kessel platzen, so lange nur eines der Sicherheitsventile ordnungsmässig funktioniert.

Die Kesselprobe geschieht gewöhnlich auf einen Druck, der doppelt so gross ist als er bei normaler Arbeit sein darf. In Wirklichkeit sind aber wohl die meisten Kessel auf eine fünf bis sechsfache Sicherheit gebaut. Normal ist also keine Gefahr vorhanden.

Ist der Kessel momentan mit Wasser überfüllt, dann ist höchstens die Gefahr noch geringer. Anders aber liegen die Verhältnisse, wenn aus irgend einer Ursache zu wenig Wasser in dem Kessel ist.

Es kann dann vorkommmen, dass der ohne Wasser befindliche Teil des Kessels, bis zur Rotglühhitze erwärmt wird, und man nimmt nun an, dass, wenn dann Wasser mit dem rotglühenden Metall in Berührung kommt, die Dampfbildung plötzlich eine übermässige wird, dass dann die Sicherheitsventile den Kessel nich schnell genug entlasten können, und dass so ein Platzen desselben unvermeidlich wird.

Bei Röhrenkesseln mag es oft genug vorkommen, dass sich ein Siederohr teilweise oder ganz verstopft. Ist nun kein Wasser mehr darin vorhanden, so kann es schliesslich glühend und somit weich werden und seine Widerstandsfähigkeit gegen inneren Druck verlieren. Solch ein Rohr platzt dann sehr leicht, und wir haben verschiedene derartige Fälle zu beobachten Gelegenheit gehabt.

Die Kessellieferanten liefern nicht selten, gleich mit den Röhrenkesseln, Ersatzröhren, auch das nötige Werkzeug mit Gebrauchsanweisung, um die auf diese Weise defekt gewordenen Röhren ersetzen zu können. Man hat sogar solche Röhrenkessel «unexplodierbare» Kessel genannt, weil tatsächlich immer nur ein Rohr explodieren kann, und ausser einem, gewöhnlich nur geringen Materialverlust, kein Unfall zu befürchten ist.

Bei Schiffskesseln, und bei solchen, welche in geschlossenen Räumen arbeiten, können aber leicht durch Verbrühen der Kesselwärter und der Heizer grössere Unfälle vorkommen, dieselben gehören sogar nicht zu den Seltenheiten.

* * *

Nun könnte es aber auch vorkommen, dass an einem Stockkessel mit grösseren Kochröhren, oder an einem Kornwallkessel,

grössere Metallflächen rotglühend, und dann plötzlich mit Wasser bespült würden. Was könnte da vorkommen? — Im schlimmsten Falle könnte ein entsprechendes, durch Glühhitze weich gewordenes Stück, aus der Kesselwand herausgerissen werden, und der Unfall wäre ähnlich dem, der vorkommt, wenn ein glühend gewordenes Siederohr platzt. Das zunächst am Kessel befindliche Wärterpersonal könnte in Mitleidenschaft gezogen werden, aber der ganze Unfall bliebe immer lokalisiert, d. h. auf einen engen Raum beschränkt. — Auch Unfälle dieser Art sind häufig beobachtet worden. In allen Fällen aber, wo die Kesselwand durch die Wärme nicht brüchig oder weich geworden wäre, könnte sich durch den Umstand, dass die Wände rotglühend würden, keine Explosion ereignen.

Nehmen wir an, ein Kessel, gleichviel welcher Konstruktion, von einem Gesamtgewicht von 1000 klg. würde bis zu einem Drittel glühend werden. Ein Fall, der sicher zufällig nicht vorkommen könnte, die Temperatur des Metalles wäre dann 600°. Wir hätten dann 330 klg. Eisen von einer Temperatur von 600°. Wenn diese Masse plötzlich abgekühlt würde bis auf eine Temperatur von 150°, welche ungefähr dem Dampfdruck von 5 klg. entspricht, so würde die schliessliche Temperatur der Masse 600—150=450° betragen. Nun dürfen wir uns fragen: «Wieviel Kalori sind in dieser Masse enthalten?

Die spezifische Wärme des Eisens ist 0,114. Ein Grad Wärme entspricht also für ein klg. Eisen 0,114 Kalori. Die 150° entsprechen demnach 450×0,114=51,3 Kalori und die 133 klg. Eisen enthalten demnach bei 450° Wärme, 333×15,3=17072 Kalori.

Zur Erzeugung eines klg. Dampfes zu 150°, also zu 5 klg. Druck, braucht man jedoch 631×50=681 Kalori,. und die in der Eisenmasse enthaltenen 17072 Kalori könnten demnach zur Bildung von $\frac{17\,072}{681}$ = rund 25 klg. Dampf Veranlassung geben. Die erzeugte Dampfmenge würde dann ein Volumen von $\frac{25}{4}$ = 6,2 m³ haben. — Jedes richtig funktionierende Sicherheitsventil, der kleinste Riss im Kessel, würde genügen, den Kessel in einer geringeren Zeit zu entlasten, als das rotglühende Eisen brauchte, um seine Wärme an das Wasser abzugeben. Solche partielle Kesselexplosionen, sind dann auch selten gefährlich und rufen niemals grössere Katastrophen hervor.

* * *

Es gibt aber auch Kesselexplosionen, welche sich plötzlich ereignen, ohne dass etwas Anormales, weder vorher, noch während des Betriebes am Kessel nachgewiesen werden konnte. In diesem

Falle wird gewöhnlich der Kessel in kleinste Fetzen zerrissen, und alle Teile desselben auf grosse Entfernungen fortgeschleudert; nicht mehr wie das unter der Wirkung hochgespannten Dampfes geschehen würde, sondern vielmehr, wie unter der Einwirkung von Dynamit, oder eines sonstigen gewaltigen Sprengkörpers.

Lesen wir nun die Ankündigung eines solchen Unfalles in einer Zeitung, so beginnt dieselbe fast stereotyp mit den Worten: «Die Explosion ereignete sich in dem Augenblick, wo gerade die Arbeiter sich an die Arbeit begeben wollten; es ist als ein besonderes Glück zu betrachten, dass nur noch erst die wenigsten die Arbeitsräume betreten hatten. . . .» als weitere Betrachtungen wird dann gewöhnlich noch hinzugefügt: «Der Kessel war noch neu», oder «Der Kessel war erst gründlich repariert worden, er funktionierte tadellos, wie solches von der Ueberwachungsbehörde festgestellt worden war».

In Paris «explodierte», wir können hier nicht mehr sagen «platzte» vor einigen Jahren ein Lokomotivkessel, was gewiss zu den Seltenheiten gehört. Der Bericht lautete: «Die Lokomotive stand auf einem Nebengleise im Bahnhof, Führer und Heizer waren nicht anwesend. Die Explosion fand statt, als gerade ein Zug auf einem anderen Gleise in einiger Entfernung vorüberfuhr. Kessel und Maschine waren noch neu, nichts war daran defekt.»

Tatsächlich platzen defekte Kessel nicht auf diese Weise, und die Erklärung ist deshalb anderweitig, als in einer schlechten Konstruktion, oder einer speziellen Nachlässigkeit des Wärterpersonals zu suchen.

* * *

Es ist nun angezeigt, uns andere Erscheinungen betreffend die physischen Eigenschaften des Wassers zu vergegenwärtigen.

Setzen wir Wasser in einem Gefäss der Kälte aus, an einem Ort, wo dasselbe absolut ruhig steht; ein Thermometer befindet sich natürlich in der Flüssigkeit; nun können wir sehen, wenn unsere Vorkehrungen richtig getroffen sind, dass die Temperatur des Wassers bis auf 12° unter Null herunter gehen kann, ohne dass dasselbe gefriert. Bringt man dann auch nur die kleinste Erschütterung des Wassers oder des Gefässes hervor, so gefriert dasselbe mit Blitzschnelligkeit und die Temperatur des Ganzen stellt sich auf Null. Das Eis, welches im Wasser entstanden ist, bildet eine schwammige Masse, welche aus lauter Eiskrystallen in Nadelform besteht, und welches die Flasche ganz ausfüllt.

Der Autor dieses hatte einmal in einer sehr kalten, und folglich sehr ruhigen Winternacht, eine mit Wasser gefüllte

Flasche in seinem Laboratorium stehen. Als er des Morgens die Türe seines Laboratoriums öffnete, geschah ein heftiger dumpfer Knall, ein Eispfropfen hatte sich auswärts auf die Flasche gestellt. Als er das Wasser ausfliessen liess, blieb die ganze Flasche voll feiner Eisnadeln, welche eine lockere, aber schwammige, zusammenhängende Masse bildeten.

Als wir später viel mit Dampfkesseln zu tun hatten, und manche Beobachtungen machen konnten, haben wir uns oft gefragt, ob nicht etwa eine parallele Erscheinung sich ereignen dürfte, wenn das Wasser aus dem flüssigen in den dampfförmigen Zustand übergeht. — Das scheint wirklich so zu sein.

Wir nehmen ein Gefäss, am liebsten eine mittelgrosse Kochflasche, wie man sie in jedem Laboratorium vorrätig hat; wir füllen dieselbe etwa zu zwei Drittel mit Wasser, setzen ein kleines Thermometer hinein, und verschliessen dieselbe, indem wir ein dünnes Kautschukblättchen darüber befestigen. Am besten eignet sich dafür ein Kautschukblättchen, das wir einem der kleinen Gasballons entnehmen, wie sie in jedem Spielwarenladen zu haben sind.

Ehe wir die Flasche verschliessen, bringen wir das Wasser zuerst an's Kochen und warten ab bis der Wasserdampf alle Luft daraus verdrängt hat. Dann erst stülpen wir das Blättchen über den Hals der Flasche, indem wir dasselbe, am besten vermittels eines Kautschukringes befestigen. Das macht sich sehr leicht und sehr rasch.

Zunächst wird das Kautschukblättchen eine kleine Einsenkung erfahren, weil während des Verschliessens das Kochen einen Augenblick aufhören musste, und sich in der Flasche ein kleines Vacuum gebildet hatte. Das Thermometer, das während des Kochens 106° zeigte, wird um eine Kleinigkeit gefallen sein, aber sobald die Flasche wieder auf dem Feuer steht, steigt auch das Thermometer wieder schnell auf 100°. Das Wasser aber wird nicht mehr in's Kochen geraten, weil in einem geschlossenen Raum dasselbe nicht kochen kann. Das Thermometer geht aber bald über 100° hinauf und der Dampf setzt sich der Temperatur entsprechend in Spannung. Das Kautschukblättchen wird sich jetzt aufblähen wie ein kleiner Luftballon, und bald, wenn es den inneren Druck nicht mehr auszuhalten vermag, platzen. Der Dampf entweicht, und mit ihm auch gewöhnlich mehr oder weniger Wasser, welches mit fortgerissen wird, von dem Dampf der sich nun plötzlich in *der ganzen Masse bildet* sobald der äussere Druck aufhört.

Das so ausgeführte Experiment ist selbstverständlich ganz

ungefährlich, namentlich wenn man die Flasche nicht zu gross genommen und Vorkehrungen getroffen hat, um nicht von dem umherspritzenden kochenden Wasser getroffen zu werden.

* * *

Es kann aber auch anders kommen. Setzen wir unsere so vorbereitete Flasche auf ein Sandbad, das wir über eine Weingeist- oder eine Gasflamme stellen, so dass dieselbe keinen, auch nicht den kleinsten Erschütterungen während des Heizprozesses ausgesetzt ist, und treffen wir unsere Vorkehrungen, dass 1° auch durch keine sonstigen Ursachen die Flasche erschüttert werden kann; 2° durch das Zerspringen der Flasche und die umhergeschleuderten Glassplitter kein Schaden entstehen kann; 3° wir das Thermometer und mit ihm den ganzen Apparat im Auge behalten können, so werden wir, wenn alles normal verläuft, folgende Beobachtungen machen können: — Das Thermometer erreicht bald wieder seine 100°, das Wasser wird nicht kochen, das Thermometer wird nach und nach um mehrere Grade steigen, aber der Dampf wird sich nicht unter Druck stellen, wie es in unserem ersten Experiment nicht zum Gefrieren kam. Das Kautschukblättchen wird sich also nicht aufblähen, so dass wir daraus schliessen dürfen, dass der Dampf darunter keinerlei Druck ausübt. Wird aber nun das Gefäss erschüttert, so findet die Dampfbildung in der ganzen Masse entsprechend der jeweiligen Temperatur sofort *explosionsartig* statt. Es ist nicht mehr wie im ersten Falle, das Kautschukbläschen, welches platzt, sondern die Flasche selbst, welche in kleinste Stückchen zerrissen wird. Glas und Wasser werden mit grosser Heftigkeit nach allen Seiten hin geschleudert.

Auch wenn ein Kessel unter Druck steht, abgeschlossen und ruhig stehen gelassen wird, etwa während einer Arbeitspause, ohne dass das Feuer abgestellt wird, kann es vorkommen, dass die Temperatur des Wassers weitersteigt, ohne dass sich der Druck im Kessel der gesteigerten Temperatur entsprechend erhöht, so dass die Sicherheitsventile nicht spielen und das anormale Verhältnis anzeigen können. Wird dann der Kessel durch irgend eine äussere Ursache erschüttert, oder auch durch das Oeffnen eines Hahnes, oder das Ingangsetzen der Maschine, dann wird plötzlich der Dampf, der sich, wir möchten sagen, in latentem Zustande, in der ganzen Wassermenge befindet, frei; er wirkt dann auf die Kesselwände nicht mehr durch seinen *Druck*, sondern wie ein *gewaltiger Schlag*. Seine Wirkung ist dann zu vergleichen mit derjenigen eines brisanten Sprengkörpers, etwa des Dynamites, oder des Melinites, und so ereignen sich dann die furchtbaren Kesselexplosionen, welche unsägliches Unheil anrichten, und für welche man bis jetzt noch keine Erklärung gefunden hatte.

Die Aehnlichkeit einer solchen Explosion mit einer Dynamitexplosion ist so gross, dass schon in verschiedenen Fällen man Untersuchungen auf eine verbrecherische Dynamitexplosion anstellte, weil sonst der Dampf nie auf ähnliche Weise zu wirken pflegt.

* * *

Aus diesen Beobachtungen können wir folgende direkten und indirekten Nutzanwendungen ziehen.

1° Wenn das Wasser im Kessel nicht zur Ruhe kommen kann, d. h. so lange die Maschinen arbeiten, oder zu sonstigen Zwecken dem Kessel Dampf entnommen wird, genügen die Sicherheitsventile, jeden übermässigen Druck abzuleiten.

2° Defekte Kessel befinden sich immer naturgemäss in diesem Falle, da immer an irgend welcher Stelle Dampf oder Wasser entweicht. Gerade die alten, defekten Kessel bieten also in dieser Hinsicht die grösste Sicherheit.

3° Neue, bis in alle Einzelheiten tadellos gebaute Kessel können demnach am ehesten zu grossen Katastrophen Veranlassung geben, das scheint auch die Erfahrung zu lehren.

4° Je höher der Dampfdruck, desto schwieriger ist es, denselben an Nieten, Packungen, Ventilen und Schiebern absolut direkt abzuschliessen. Das Wasser kommt also in Kesseln mit hohem Druck nicht so leicht zur vollkommnen Ruhe, wie in solchen mit niederem Druck. Aus dieser Ursache wäre denn auch die Explosionsgefahr, für Kessel, welche z. B. mit 12 klg. Druck arbeiten, geringer als für solche, welche mit 2 bis 5 klg. Druck arbeiten. Auch dieses scheint durch die Erfahrung hinreichend belegt.

5° Lokomotivkessel springen wohl seltener, weil sie stetigen Erschütterungen ausgesetzt sind und überdies gewöhnlich mit höherem Druck bis zu 12 klg. arbeiten. Wir erinnern hier an den weiter oben erwähnten Pariser Fall. Da hiess es ja: «Die Lokomotive war in bestem Zustande und befand sich allein, ohne Aufsicht, auf einem Nebengleise. Als ein anderer Zug vorüberfuhr, explodierte sie plötzlich, wohl unter der Einwirkung der durch den Zug erzeugten Bodenerschütterung. Die Wirkung der Explosion war eine solche, dass auch hier die Polizei einen Augenblick geneigt schien, eine verbrecherische Dynamitexplosion anzunehmen.

6° *Vorsichtsmassregeln.* Man heize niemals einen vollkommen hermetisch geschlossenen Kessel an, und man lasse niemals einen hermetisch geschlossenen Kessel unter Druck auf dem Feuer

stehen. Beim Anheizen des Kessels, resp. beim Abstellen der Dampfentnahme öffne man immer, wenn auch noch so wenig den kleinen Hahn des Wasserstandszeigers (wohl auch jeden andern). Das Wasser wird dann kochen, nicht zur Ruhe kommen und jeder Ueberdruck sicher durch die Sicherheitsventile abgeleitet.

* * *

Kaum hatten wir diese Arbeit beendigt, so lasen wir in der Zeitung folgende Mitteilung:

«*Aachen*, 15. Sept. Auf der an der holländischen Grenze «bei Heerlen liegenden Grube *Laura* sind heute morgen*) gegen «8 Uhr, der Hauptkessel und drei kleinere explodiert. Es wird «gemeldet, dass fünf Personen tot sind, eine liegt noch unter den «Trümmern; 16 Personen sind verletzt, davon drei schwer, die «kaum mit dem Leben davonkommen werden. Die ganze Beleg- «schaft der Grube musste sofort ausfahren.»

Hier kann es sich also wohl um eine Katastrophe handeln, welche herbeigeführt wurde durch einen Zufall, wie wir ihn eben zuletzt beschrieben.

Wäre einer der vier Kessel defekt oder überheizt gewesen, so hätte, trotzdem wohl alle Kessel in Batterie arbeiteten, doch nur dieser explodieren können. Dass alle vier Kessel gleichzeitig so sehr defekt oder überheizt gewesen sein sollen, dass sie in demselben Augenblick miteinander platzen mussten, kann doch nicht angenommen werden; um so weniger, da es sich hier um Kessel handelte, welche eine Grube bedienten, die gewiss auf das peinlichste überwacht wurden und folglich auch in allen Einzelteilen tadellos funktionierten.

Victor v. Ziegler.

---

*) Wohl nach der 8 Uhr Pause.

Luxemburg. — Buchdruckerei P. Worré-Mertens.