

(19)



(10)

AT 521042 B1 2019-10-15

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50501/2018

(22) Anmeldetag: 21.06.2018

(45) Veröffentlicht am: 15.10.2019

(51) Int. Cl.: **E02B 9/02** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
Giesecke, J. et al., "Wasserkraftanlagen. Planung, Bau und Betrieb"; 6. Auflage, Springer Verlag Berlin 2014

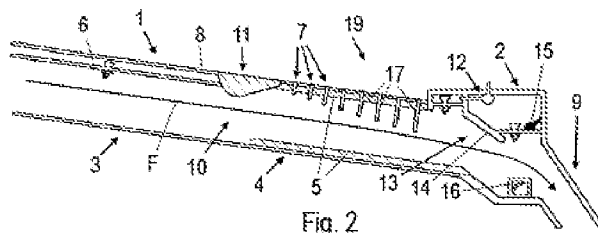
(73) Patentinhaber:
Wien Energie GmbH
1030 Wien (AT)

(72) Erfinder:
Verdino Rainer
1220 Wien (AT)
Klatzer-Hoffman Josef
1190 Wien (AT)
Prenner Reinhard
2824 Seebenstein (AT)
Huber Boris
1110 Wien (AT)

(74) Vertreter:
Schwarz & Partner Patentanwälte OG
1010 Wien (AT)

(54) Verfahren und Vorrichtung zur Erhöhung der Abflusskapazität einer Freispiegelleitung

(57) Verfahren zur Erhöhung der Abflusskapazität einer Freispiegelleitung (1) eines Wasserkraftwerks mit zumindest abschnittsweise reduziertem Querschnitt, umfassend ein Erzeugen einer Engstelle (10) durch Reduzieren einer Deckenhöhe der Freispiegelleitung (1) in Fließrichtung (F) vor dem Abschnitt (4) mit reduziertem Querschnitt, ein Einbringen einer Vakuumpumpe (12) an einer Decke (8) der Freispiegelleitung (1) in Fließrichtung (F) nach der Engstelle (10), ein Erzeugen eines, im Vergleich zu dem Abschnitt (4) mit reduziertem Querschnitt, verstärkten Gefälles (13) der Decke (8) der Freispiegelleitung (1) in Fließrichtung (F) nach dem Abschnitt (3) mit reduziertem Querschnitt und ein Absaugen von, zwischen der Engstelle (10) und dem verstärkten Gefälle (13) eingeschlossener Luft mit der Vakuumpumpe (12).



Beschreibung

[0001] Verfahren und Vorrichtung zur Erhöhung der Abflusskapazität einer Freispiegelleitung
Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erhöhung der Abflusskapazität einer Freispiegelleitung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Des Weiteren betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Erhöhung der Abflusskapazität einer Freispiegelleitung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 7.

[0003] Freispiegelleitungen sind beispielsweise Triebwasserstollen von Wasserkraftwerken, in welchen Wasser gemäß dem Gesetz der Schwerkraft von einem höher gelegenen Anfangspunkt zu einem tiefer gelegenen Endpunkt gelangt. Hierbei wird der Querschnitt der Freispiegelleitung in der Regel nicht voll durchflossen, sodass im Gegensatz zu einer Druckrohrleitung eine freie Flüssigkeitsoberfläche vorhanden ist. Eine Anwendung von Freispiegelleitungen besteht in der Zuleitung von Wasser zu Wasserkraftwerken, wobei hierbei eine Freispiegelleitung in der Regel in eine nachgeordnete Druckrohrleitung mündet, welche mit einer Turbine eines Wasserkraftwerks verbunden ist. Des Weiteren sind Freispiegelleitungen von Wasserkraftwerken in der Regel mit Wasserschlossern oder Überlaufbauwerken versehen. Wasserschlosser kompensieren Druckschwankungen in der nachgeordneten Druckleitung, beziehungsweise schwächen diese ab, um Beschädigungen an Turbinenteilen oder der Druckrohrleitung zu vermeiden. Überlaufbauwerke stellen des Weiteren einen kontinuierlichen Abfluss, beispielsweise im Fall eines Turbinenstillstandes sicher.

[0004] Während des Betriebes von Freispiegelleitungen führt der ständige Durchfluss von Wasser zu Verschleißerscheinungen. Beispielsweise treten in Freispiegelleitungen, welche in der Vergangenheit in der Regel aus Beton gefertigt, oder direkt in Gestein geschlagen wurden, Undichtheiten auf. Hierdurch entsteht ein Wasserverlust, wodurch umliegendes Material um die Freispiegelleitung von Wasser unterspült wird. Dies kann beispielsweise zu Auswaschungen im Gesteinsgefüge von Bergen oder Hängen führen und diese destabilisieren. Gängige Methoden zur Behebung derartiger Undichtheiten sind Reliningverfahren, in welchen ein Innenrohr in die Freispiegelleitung eingesetzt wird. Dieses ist in der Regel aus Kunststoff gefertigt. Das eingesetzte Innenrohr nimmt den Wasserfluss auf und verhindert ein Austreten von Wasser durch die bereits undicht gewordene Hülle der Freispiegelleitung. Ein Nachteil von Reliningverfahren besteht darin, dass durch den Einsatz des Innenrohrs in die Freispiegelleitung eine Querschnittsreduktion auftritt. Hierdurch wird die Abflusskapazität der Freispiegelleitung verringert, sodass nur ein geringeres maximales Wasservolumen pro Zeiteinheit die Freispiegelleitung passieren kann. Dies führt in weiterer Folge zum Beispiel zu einer Verringerung der Maximalleistung der, von der Freispiegelleitung versorgten, Turbine.

[0005] Hierdurch reduziert sich die jährlich erzeugte Energiemenge des Wasserkraftwerks, wodurch dessen Wirtschaftlichkeit negativ beeinflusst wird.

[0006] Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Verfahren und eine Vorrichtung bereitzustellen, welche die Abflusskapazität einer Freispiegelleitung erhöht.

[0007] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch ein Verfahren mit den Merkmalen des kennzeichnenden Teils von Anspruch 1 und eine Vorrichtung mit den Merkmalen des kennzeichnenden Teils von Anspruch 7 gelöst.

[0008] Das erfindungsgemäße Verfahren zur Erhöhung der Abflusskapazität einer Freispiegelleitung eines Wasserkraftwerks, mit zumindest abschnittsweise reduziertem Querschnitt, umfasst das Erzeugen einer Engstelle in der Freispiegelleitung durch Reduzieren einer Deckenhöhe der Freispiegelleitung. Die Engstelle wird in Fließrichtung des, in der Freispiegelleitung fließenden Wassers vor dem Abschnitt mit reduziertem Querschnitt angeordnet. Des Weiteren wird eine Vakuumpumpe an einer Decke der Freispiegelleitung in Fließrichtung nach der Engstelle eingebracht. Im Vergleich zu dem Abschnitt mit reduziertem Querschnitt wird ein verstärktes Gefälle der Decke der Freispiegelleitung, in Fließrichtung nach dem Abschnitt mit reduziertem Querschnitt erzeugt. Zwischen der Engstelle und dem verstärkten Gefälle wird in diesem

Bereich eingeschlossene Luft mit der Vakuumpumpe abgesaugt. Durch das verstärkte Gefälle der Decke der Freispiegelleitung und die Engstelle wird ein Abschnitt in der Freispiegelleitung erzeugt, in welchem, bei steigendem Wasserspiegel in der Freispiegelleitung, Luft eingeschlossen wird. In diesem Bereich ist die Vakuumpumpe vorgesehen, welche die eingeschlossene Luft absaugt. Dies führt zu einem Saugeffekt, welcher aus den hierbei erzeugten unterschiedlichen Druckverhältnissen entlang der Freispiegelleitung resultiert. Hierdurch wird der Vorteil erreicht, dass die Durchflussgeschwindigkeit in der Freispiegelleitung erhöht und eine höhere Durchflussmenge erreicht wird. Besonders vorteilhaft ist, dass mittels dem erfindungsgemäßen Verfahren die Abflusskapazität der Freispiegelleitung erhöht und ein potentieller Verlust an Abflusskapazität durch ein vorgegangenes Reliningverfahren kostengünstig kompensiert wird.

[0009] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das verstärkte Gefälle der Decke der Freispiegelleitung mittels einer, in die Freispiegelleitung eingebrachten, Tauchwand erzeugt. Hierdurch wird der Vorteil erreicht, dass das Gefälle ohne besonderen konstruktiven Aufwand erzeugt werden kann. Des Weiteren bietet die Tauchwand den Vorteil, dass ein großes Steuervolumen für die Vakuumpumpe bereitgestellt wird. Gemäß einer alternativen Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das verstärkte Gefälle der Decke der Freispiegelleitung mittels einem, in die Freispiegelleitung eingebrachten Rohrkrümmer erzeugt.

[0010] Gemäß der bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird ein Füllstandmesser und ein, mit dem Füllstandmesser verbundener Entlastungsschutz in die Freispiegelleitung eingebracht, wobei der Entlastungsschutz unterhalb eines Flüssigkeitsniveaus in der Freispiegelleitung angeordnet wird. Der Entlastungsschutz öffnet sich bei Überschreiten eines, durch den Füllstandmesser bestimmten Maximalfüllstandes der Freispiegelleitung. Hierdurch wird der Vorteil erreicht, dass bei Durchflussreduktion oder Stopp der Turbine oder anderer Regelorgane eine Sicherheitsfunktion gegenüber Druckschwankungen, und die Gewährleistung eines kontinuierlichen Flüssigkeitsabflusses, zusätzlich zu einem eventuell vorhandenen Wasserschloss oder Überlaufbauwerk, bereitgestellt wird.

[0011] Das Verfahren umfasst gemäß der bevorzugten Ausführungsvariante das Vorsehen der Freispiegelleitung mit, an der Decke der Freispiegelleitung angeordneten Drainageöffnungen. Die Drainageöffnungen werden mit Drainageleitungen verbunden, welche in einem Bereich der Freispiegelleitung einmünden, in welchem ein Flüssigkeitsdruck vorherrscht, welcher den Atmosphärendruck übersteigt. Hierdurch wird eine Bergwasserentwässerung bereitgestellt. Wasser, aus über der Freispiegelleitung liegenden Gesteinsschichten, wird über die Drainageöffnungen in die Freispiegelleitung abgeführt. Durch die Einmündung der Drainageleitungen in einen Bereich der Freispiegelleitung, in welchem ein Flüssigkeitsdruck vorherrscht, welcher den Atmosphärendruck übersteigt, wird verhindert, dass zusätzliche Luft durch die Drainageleitungen in die Freispiegelleitung eingebracht wird. Vorzugsweise werden die Drainageleitungen an einer Wand der Freispiegelleitung verlegt. Hierdurch wird der Strömungswiderstand der Drainageleitungen in der Freispiegelleitung verringert.

[0012] Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Erhöhung der Abflusskapazität einer Freispiegelleitung eines Wasserkraftwerks mit zumindest abschnittsweise reduziertem Querschnitt, umfasst einen Vorsprung, welcher an einer Decke der Freispiegelleitung und in Fließrichtung vor dem Abschnitt mit reduziertem Querschnitt angeordnet ist. Des Weiteren umfasst die Vorrichtung eine Vakuumpumpe, welche an der Decke der Freispiegelleitung und in Fließrichtung nach dem Vorsprung angeordnet ist und eine Tauchwand oder einen Rohrkrümmer, welche beziehungsweise welcher in Fließrichtung nach dem Abschnitt mit reduziertem Querschnitt in der Freispiegelleitung angeordnet ist.

[0013] Die erfindungsgemäße Vorrichtung umfasst, gemäß einer bevorzugten Ausführungsform, darüber hinaus einen, in der Freispiegelleitung angeordneten Füllstandmesser und einen Entlastungsschutz. Der Entlastungsschutz ist unterhalb eines Flüssigkeitsniveaus in der Freispiegelleitung angeordnet und mit dem Füllstandmesser verbunden. Der Entlastungsschutz öffnet sich bei Überschreiten eines, durch den Füllstandmesser bestimmten Maximalfüllstandes

der Freispiegelleitung. Hierdurch wird der Vorteil erreicht, dass bei Durchflussreduktion oder Stopp der Turbine oder anderer Regelorgane eine verbesserte Sicherheitsfunktion gegenüber Druckschwankungen, und ein kontinuierlicher Flüssigkeitstransport bereitgestellt wird, und die Funktion eines eventuell vorhandenen Wasserschlosses oder Überlaufbauwerks unterstützt wird.

[0014] Die erfindungsgemäße Vorrichtung umfasst darüber hinaus, gemäß der bevorzugten Ausführungsvariante, an der Decke der Freispiegelleitung angeordnete und mit Drainageleitungen verbundene Drainageöffnungen. Die Drainageleitungen münden in einen Bereich der Freispiegelleitung ein, in welchem ein Flüssigkeitsdruck vorherrscht, welcher den Atmosphärendruck übersteigt. Hierdurch wird verhindert, dass zusätzliche Luft durch die Drainageleitungen in die Freispiegelleitung eingebracht wird. Die Drainageleitungen verlaufen vorzugsweise an einer Wand der Freispiegelleitung, wodurch der, durch die Drainageleitungen bewirkte Strömungswiderstand reduziert wird.

[0015] Die Erfindung wird nun anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert.

[0016] Figur 1 zeigt eine Freispiegelleitung mit einem Abschnitt mit reduziertem Querschnitt.

[0017] Figur 2 zeigt die, in Figur 1 dargestellte, Freispiegelleitung nach Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens beziehungsweise mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung.

[0018] Figur 3 zeigt einen Querschnitt durch die Freispiegelleitung mit einer Drainageöffnung und einer Drainageleitung.

[0019] Figur 1 zeigt eine Freispiegelleitung 1 eines Wasserkraftwerks, welches in den Figuren nicht dargestellt ist, und ein Überlaufbauwerk 2 umfasst. Die Freispiegelleitung 1 weist einen Abschnitt 3 ohne reduzierten Querschnitt und einen Abschnitt 4 mit reduziertem Querschnitt auf. In dem Abschnitt 4 mit reduziertem Querschnitt wird der Querschnitt der Freispiegelleitung 1 von einem Innenrohr 5 bestimmt, welches beispielsweise im Zuge notwendiger Sanierungsarbeiten mittels eines Reliningverfahrens in die Freispiegelleitung 1 eingebracht wurde. Das Innenrohr 5 ist in Figur 1 schraffiert dargestellt. Die Freispiegelleitung 1 weist ein Flüssigkeitsniveau mit einer Flüssigkeitsoberfläche 6 auf, welches die Freispiegelleitung 1 nicht vollständig ausfüllt. Die Freispiegelleitung 1 weist des Weiteren Drainageöffnungen 7 auf, welche an einer Decke 8 der Freispiegelleitung 1 angeordnet sind. Die Drainageöffnungen 7 dienen zur Bergwasserentwässerung von Gestein, welches über der Freispiegelleitung 1 liegt. Bergwasser fließt durch die Drainageöffnungen 7 in die Freispiegelleitung 1, wobei keine Flüssigkeit aus der Freispiegelleitung 1 in das umliegende Gestein gelangt, da die Drainageöffnungen 7 über der Flüssigkeitsoberfläche 6 angeordnet sind. Die Freispiegelleitung 1 weist eine Fließrichtung F auf, welche von dem Abschnitt 3 ohne reduzierten Querschnitt, über den Abschnitt 4 mit reduziertem Querschnitt, vorbei an dem Überlaufbauwerk 2 in Richtung eines, an die Freispiegelleitung anschließenden Druckrohres 9 orientiert ist, welches beispielsweise eine Turbine des Wasserkraftwerks mit Wasser beaufschlagt. Der Abschnitt 4 mit reduziertem Querschnitt reduziert die Abflusskapazität der Freispiegelleitung 1, da das maximale Flüssigkeitsniveau bis zur vollständigen Ausfüllung der Freispiegelleitung 1 mit Flüssigkeit in dem Abschnitt 4 mit reduziertem Querschnitt im Vergleich zu dem Abschnitt 3 ohne reduzierten Querschnitt verringert ist. Die in Figur 1 dargestellte Freispiegelleitung 1 kann auch ohne ein Überlaufbauwerk 2 ausgeführt sein, oder ein Wasserschloss anstatt des Überlaufbauwerks 2 umfassen.

[0020] Figur 2 zeigt die, in Figur 1 dargestellte, Freispiegelleitung 1, welche mit einem erfindungsgemäßen Verfahren zur Erhöhung der Abflusskapazität modifiziert wurde. Im Zuge des erfindungsgemäßen Verfahrens wird eine Engstelle 10 in der Fließrichtung F vor dem Abschnitt 4 mit reduziertem Querschnitt in der Freispiegelleitung 1 erzeugt. Dies erfolgt beispielsweise mittels eines Vorsprungs 11, welcher an der Decke 8 der Freispiegelleitung 1 angebracht wird und in den Querschnitt der Freispiegelleitung 1 hineinragt. Hierbei wird eine Deckenhöhe der Freispiegelleitung 1 reduziert. Des Weiteren wird an der Decke 8 der Freispiegelleitung 1 in

Fließrichtung F nach der Engstelle 10 eine Vakuumpumpe 12 eingebracht, welche in Figur 2 symbolisch dargestellt ist. Außerdem wird ein im Vergleich zu dem Abschnitt 4 mit reduziertem Querschnitt verstärktes Gefälle 13 der Decke 8 der Freispiegelleitung 1 in der Fließrichtung F nach dem Abschnitt 4 mit reduziertem Querschnitt erzeugt. Steigt das Flüssigkeitsniveau in der Freispiegelleitung 1 auf ein Niveau, ab welchem der, von der Decke 8 herabragende Vorsprung 11, welcher die Engstelle 10 erzeugt, in die Flüssigkeitsoberfläche 6 eintaucht, entsteht ein Bereich mit eingeschlossener Luft in der Freispiegelleitung 1 zwischen der Engstelle 10 und dem verstärkten Gefälle 13 der Decke 8. Diese eingeschlossene Luft wird mittels der Vakuumpumpe 12 abgesaugt. In Figur 2 ist die Freispiegelleitung 1 in einem Zustand nach dem Absaugen von Luft durch die Vakuumpumpe 12 dargestellt. Hierdurch wird der Vorteil erreicht, dass durch die Entlüftung der Freispiegelleitung 1 in diesem Abschnitt Druckverhältnisse in der Freispiegelleitung 1 erzeugt werden, welche zu einem Saugeffekt für die nachkommende Flüssigkeit führen. Dies führt zu einer Erhöhung der Fließgeschwindigkeit in der Freispiegelleitung 1 und somit zu einer Erhöhung der Abflusskapazität. Hierdurch kann der negative Effekt des verringerten Querschnitts durch, in der Umsetzung sehr kostengünstige Maßnahmen kompensiert, beziehungsweise die Abflussmenge im Vergleich zu einer Freispiegelleitung 1 ohne reduzierten Querschnitt sogar etwas erhöht werden. Die Engstelle 10 verhindert, dass im Saugbetrieb weitere Luft entlang der Fließrichtung F nachströmt. Zusätzlich kann eindringende Luft mittels der Vakuumpumpe 12 auch während des Saugbetriebs entfernt werden. Durch das erfindungsgemäße Verfahren entfällt eine kostenintensive Neuerrichtung der gesamten Freispiegelleitung 1 mit einem größeren Gefälle. Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht vorteilhafterweise eine Absenkung des Flüssigkeitsniveaus an der Austrittsstelle aus der Freispiegelleitung 1. Hierdurch wird die Möglichkeit geschaffen, die Fließgeschwindigkeit zusätzlich zu erhöhen.

[0021] Das verstärkte Gefälle 13 der Decke 8 der Freispiegelleitung 1 wird gemäß einer in Figur 2 dargestellten, bevorzugten Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Verfahrens mittels einer, in die Freispiegelleitung 1 eingebrachten Tauchwand 14 erzeugt. Hierdurch kann das Flüssigkeitsniveau am Ende der Freispiegelleitung 1 ohne Lufteintritt abgesenkt werden. Des Weiteren wird ein großes Regelvolumen für die Vakuumpumpe 2 gewährleistet. Gemäß einer alternativen Ausführungsvariante wird das verstärkte Gefälle 13 der Decke 8 der Freispiegelleitung 1 mittels einem, in die Freispiegelleitung 1 eingebrachten Rohrkrümmer erzeugt. Hierdurch wird der Vorteil erreicht, dass das verstärkte Gefälle 13 der Decke 8 besonders einfach und kostengünstig bereitgestellt wird.

[0022] In der bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird ein Füllstandmesser 15 in die Freispiegelleitung 1 eingebracht, welcher in Figur 2 symbolisch dargestellt ist. In der in Figur 2 dargestellten Freispiegelleitung 1 mit einem Überlaufbauwerk 2, ist der Füllstandmesser 15 in dem Überlaufbauwerk 2 angeordnet. In einer Freispiegelleitung 1 welche ein Wasserschloss anstatt des Überlaufbauwerks 2 umfasst, ist der Füllstandmesser 15 beispielsweise in dem Wasserschloss der Freispiegelleitung 1 angeordnet. Ist weder ein Wasserschloss noch ein Überlaufbauwerk 2 vorgesehen, so ist der Füllstandmesser 15 an einer geeigneten Stelle innerhalb der Freispiegelleitung 1, beispielsweise in Fließrichtung F vor der Engstelle 10 beziehungsweise dem Vorsprung 11 angeordnet. Des Weiteren wird ein Entlastungsschutz 16, welcher mit dem Füllstandmesser 15 verbunden ist, unterhalb des Flüssigkeitsniveaus in die Freispiegelleitung 1 eingebracht. Der Entlastungsschutz 16 wird bei Überschreiten eines, durch den Füllstandmesser 15 bestimmten Maximalfüllstands der Freispiegelleitung 1 geöffnet. Hierdurch wird eine Sicherheitsfunktion gegenüber Druckschwankungen innerhalb der Freispiegelleitung 1 bereitgestellt, welche aus einem abrupten Stopp des Flüssigkeitstransports durch die Freispiegelleitung 1 resultieren. Des Weiteren unterstützt der Entlastungsschutz 16 die Funktion des Überlaufbauwerks 2, beziehungsweise des Wasserschlosses, welche durch die Installation des verstärkten Gefälles 13 der Decke 8 unter Umständen, aufgrund eines verringerten Flüssigkeitsstandes im Wasserschloss beziehungsweise im Überlaufbauwerk 2 eingeschränkt sein kann. Der Entlastungsschutz 16 öffnet bei Überschreiten des durch den Füllstandmesser 15 bestimmten Maximalfüllstandes einen Entlastungsweg für die in der Freispiegelleitung 1 transportierten Flüssigkeit und führt diese zumindest teilweise aus der Freispiegel-

leitung 1 ab.

[0023] In der Freispiegelleitung 1 können die Drainageöffnungen 7, wie in Figur 3 dargestellt, im Zuge des erfindungsgemäßen Verfahrens an der Decke 8 angeordnet werden. Die Drainageöffnungen 7 werden hierbei mit Drainageleitungen 17 verbunden, welche in einen Bereich der Freispiegelleitung 1 einmünden, in welchem ein Flüssigkeitsdruck vorherrscht, welcher den Atmosphärendruck, welcher um die Freispiegelleitung 1 herrscht, übersteigt. Hierdurch wird weiterhin die Funktion der Bergwasserentwässerung gewährleistet und gleichzeitig sichergestellt, dass durch die Drainageleitungen 17 keine weitere Luft angesaugt und in die Freispiegelleitung 1 transportiert wird. Vorzugsweise werden die Drainageleitungen 17 an einer Wand 18 der Freispiegelleitung 1 verlegt. Hierdurch wird der Vorteil erreicht, dass die Drainageleitungen 17 strömungsgünstig in der Freispiegelleitung 1 angeordnet werden.

[0024] Die in Figur 2 dargestellte erfindungsgemäße Vorrichtung 19 zur Erhöhung der Abflusskapazität der Freispiegelleitung 1 des Wasserkraftwerks mit zumindest abschnittsweise reduziertem Querschnitt umfasst den Vorsprung 11, welcher an der Decke 8 der Freispiegelleitung 1 und in der Fließrichtung F vor dem Abschnitt 4 mit reduziertem Querschnitt angeordnet ist. Der Vorsprung 11 kann beispielsweise in Form einer Nase ausgebildet sein. Des Weiteren umfasst die Vorrichtung 19 die Vakuumpumpe 12, welche an der Decke der Freispiegelleitung 1 und in Fließrichtung F nach dem Vorsprung 11 angeordnet ist. Darüber hinaus umfasst die erfindungsgemäße Vorrichtung 19 eine Tauchwand 14 oder einen Rohrkrümmer, welche beziehungsweise welcher in Fließrichtung F nach dem Abschnitt 4 mit reduziertem Querschnitt angeordnet ist.

[0025] Die erfindungsgemäße Vorrichtung 19 umfasst, gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Vorrichtung, darüber hinaus einen Füllstandmesser 15 und einen Entlastungsschutz 16. Der Entlastungsschutz 16 ist unterhalb des Flüssigkeitsniveaus in der Freispiegelleitung 1 angebracht und mit dem Füllstandmesser 15 verbunden, wobei sich der Entlastungsschutz 16 bei Überschreiten des, durch den Füllstandmesser 15 bestimmten Maximalfüllstandes der Freispiegelleitung 1 öffnet und Flüssigkeit aus der Freispiegelleitung 1 abführt. Hierdurch wird eine Sicherheitsfunktion gegenüber Druckschwankungen bereitgestellt. Umfasst die Freispiegelleitung wie in Figur 2 dargestellt ein Überlaufbauwerk 2, oder ein Wasserschloss, so unterstützt der Entlastungsschutz 16 die Druckschwankungskompensationsfunktion des Wasserschlosses beziehungsweise die Abführung von Flüssigkeit aus der Freispiegelleitung 1.

[0026] Die erfindungsgemäße Vorrichtung 19 umfasst, gemäß der bevorzugten Ausführungsvariante, an der Decke 8 der Freispiegelleitung 1 angeordnete und in Figur 3 im Detail dargestellte Drainageöffnungen 7, welche mit Drainageleitungen 17 verbunden sind. Die Drainageleitungen 17 münden in einen Bereich der Freispiegelleitung 1 ein, in welchem ein den Atmosphärendruck übersteigender Flüssigkeitsdruck vorherrscht. Die Drainageleitungen 17 verlaufen vorzugsweise an einer Wand 18 der Freispiegelleitung 1, wodurch der, durch die Drainageleitungen 17 bewirkte Strömungswiderstand reduziert wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erhöhung der Abflusskapazität einer Freispiegelleitung (1) eines Wasserkraftwerks mit zumindest abschnittsweise reduziertem Querschnitt, **gekennzeichnet durch** das:
 - Erzeugen einer Engstelle (10) durch Reduzieren einer Deckenhöhe der Freispiegelleitung (1) in Fließrichtung (F) vor dem Abschnitt (4) mit reduziertem Querschnitt;
 - Einbringen einer Vakuumpumpe (12) an einer Decke (8) der Freispiegelleitung (1) in Fließrichtung (F) nach der Engstelle (10);
 - Erzeugen eines, im Vergleich zu dem Abschnitt (3) mit reduziertem Querschnitt verstärkten Gefälles (13) der Decke (8) der Freispiegelleitung (1), in Fließrichtung (F) nach dem Abschnitt (4) mit reduziertem Querschnitt;
 - Absaugen von, zwischen der Engstelle (10) und dem verstärkten Gefälle (13) eingeschlossener Luft mit der Vakuumpumpe (12).
2. Verfahren gemäß Anspruch 1, **gekennzeichnet durch** das Erzeugen des verstärkten Gefälles (13) der Decke (8) der Freispiegelleitung (1) mittels einem, in die Freispiegelleitung (1) eingebrachten Rohrkrümmer.
3. Verfahren gemäß Anspruch 1, **gekennzeichnet durch** das Erzeugen des verstärkten Gefälles (13) der Decke (8) der Freispiegelleitung (1) mittels, einer in die Freispiegelleitung (1) eingebrachten Tauchwand (14).
4. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, **gekennzeichnet durch** das:
 - Einbringen eines Füllstandmessers (15) in die Freispiegelleitung (1);
 - Einbringen eines, mit dem Füllstandmesser (15) verbundenen Entlastungsschützes (16) unterhalb eines Flüssigkeitsniveaus in die Freispiegelleitung (1);
 - Öffnen des Entlastungsschützes (16) bei Überschreiten eines, durch den Füllstandmesser (15) bestimmten Maximalfüllstands der Freispiegelleitung (1).
5. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, **gekennzeichnet durch** das:
 - Versehen der Freispiegelleitung (1) mit, an der Decke (8) der Freispiegelleitung (1) angeordneten Drainageöffnungen (7);
 - Verbinden der Drainageöffnungen (7) mit Drainageleitungen (17), wobei die Drainageleitungen (17) in einen Bereich der Freispiegelleitung (1) einmünden, in welchem ein den Atmosphärendruck übersteigender Flüssigkeitsdruck vorherrscht. Verfahren gemäß Anspruch 5, gekennzeichnet durch das Verlegen der Drainageleitungen (17) an einer Wand (18) der Freispiegelleitung (1).
6. Vorrichtung (19) zur Erhöhung der Abflusskapazität einer Freispiegelleitung (1) eines Wasserkraftwerks mit zumindest abschnittsweise reduziertem Querschnitt, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung (19) einen, an einer Decke (8) der Freispiegelleitung (1) und in Fließrichtung (F) vor dem Abschnitt (4) mit reduzierten Querschnitt angeordneten Vorsprung (11), eine, an der Decke (8) der Freispiegelleitung (1) und in Fließrichtung (F) nach dem Vorsprung (11) angeordnete Vakuumpumpe (12) und eine Tauchwand (14) oder einen Rohrkrümmer, welche beziehungsweise welcher in Fließrichtung (F) nach dem Abschnitt (4) mit reduzierten Querschnitt in der Freispiegelleitung (1) angeordnet ist, umfasst.
7. Vorrichtung (19) gemäß Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung (19) einen, in der Freispiegelleitung (1) angeordneten Füllstandmesser (15) und einen Entlastungsschutz (16) umfasst, wobei der Entlastungsschutz (16) unterhalb eines Flüssigkeitsniveaus in der Freispiegelleitung (1) angeordnet und mit dem Füllstandmesser (15) verbunden ist.
8. Vorrichtung (19) gemäß einem der Ansprüche 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung (19) an der Decke (8) der Freispiegelleitung (1) angeordnete und mit Drainageleitungen (17) verbundene Drainageöffnungen (7) umfasst, wobei die Drainageleitungen (17) in einen Bereich der Freispiegelleitung (1) einmünden, in welchem ein den Atmosphärendruck übersteigender Flüssigkeitsdruck vorherrscht.

9. Vorrichtung (19) gemäß Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Drainageleitungen (17) vorzugsweise an einer Wand (18) der Freispiegelleitung (1) verlaufen.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

