

Vorbildliche energetische Nutzung des Trinkwassers in der Region Thun

An der Fachtagung von Swiss Small Hydro am 22. Mai 2026 steht auch der Besuch des Trinkwasserkraftwerks Blattenheid auf dem Programm. Diese Anlage, betrieben von der Wasserversorgung Gemeindeverband Blattenheid (WGB), turbiniert das Trinkwasser der 17 angeschlossenen Gemeinden im Nord-Westen von Thun. Im Folgenden wird der Kraftwerkspark der WGB vorgestellt und auch die Problematik der Kavitation bei Pelton-Turbinen erläutert.

MEHR ALS EIN JAHRHUNDERT STROMERZEUGUNG AUS TRINKWASSER

Die Wasserversorgung Gemeindeverband Blattenheid (WGB) in der Region Thun versorgt 17 Gemeinden und 2 Vertragsgemeinden mit insgesamt 30 000 Einwohnern mit Trinkwasser und produziert damit an fünf verschiedenen Standorten Strom (siehe 01). Die erste Anlage wurde 1918 (siehe 02) in der Gemeinde Blumenstein in Betrieb genommen. Knapp ein Jahrhundert später, im Jahre 2012, nahm die WGB in derselben Gemeinde ein zweites Kleinwasserkraftwerk in Betrieb: Das Trinkwasserkraftwerk TWKW Blattenheid (siehe 04 und 05). Dieses wird anlässlich der Fachtagung Kleinwasserkraft vom 22. Mai 2026 besucht. Das Gehäuse seiner vierdüsigigen Pelton turbine ist mit einem Sichtfenster ausgestattet, durch welches man das beaufsichtigte Turbinenrad beobachten kann. Bei der Besichtigung werden Peter Wenger, Präsident und Volker Dölitzsch, Betriebsleiter der WGB, ihre Erfahrungen aus dem mehrjährigen Betrieb schildern.

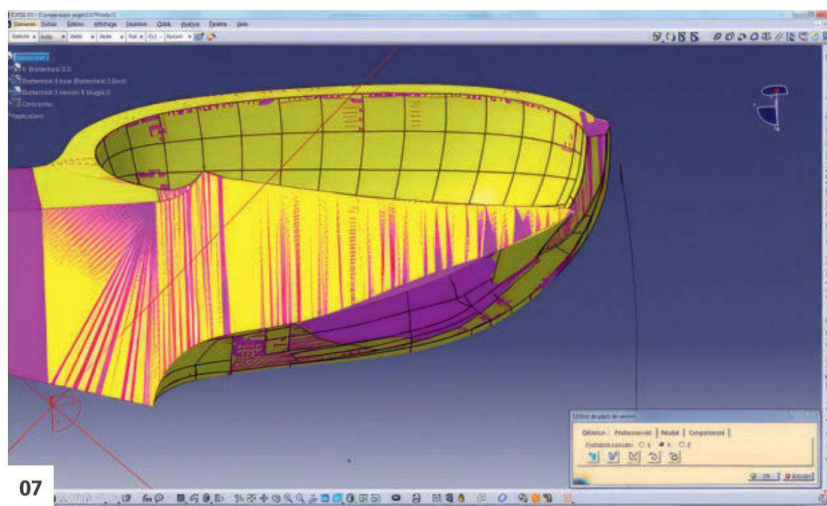
Insbesondere die Einführung der Kostendeckenden Einspeisevergütung (KEV) hatte die WGB dazu motiviert, nicht weniger als vier zusätzliche Trinkwasserkraftwerk-Projekte in Angriff zu nehmen. Diese bereits 2008 zur KEV angemeldeten Kraftwerke, die zwischen 2012 und 2013 in Betrieb genommen wurden, profitieren von den besten Bedingungen des KEV-Tarifs mit einer Laufzeit von

25 Jahren (zur Erinnerung: Die Laufzeit für neue KEV-Anlagen wurde später auf 20 und dann auf 15 Jahre verkürzt).

PELTON-TURBINE UND SCHAUFELRÜCKSEITENKAVITATION

In der 2021 erschienenen Ausgabe Nr. 103 von *Petite Hydro/Kleinwasserkraft* behandelte ein Artikel das Phänomen der Kavitation bei Pelton-Turbinen. Dieses Thema wird nochmals aufgegriffen, um es anhand eines praktischen Beispiels zu veranschaulichen: Weniger als zwei Jahre nach der Inbetriebnahme der Turbine in Blattenheid wurden Spuren von Kavitationserosion am Laufrad festgestellt. Der Betreiber wandte sich daraufhin an den Lieferanten der Turbine, der wiederum eine Spezialistin für hydraulische Profile in der Westschweiz kontaktierten.

Der erste Schritt bestand darin, mögliche Unterschiede zwischen den für die Dimensionierung verwendeten Daten und den tatsächlichen Gegebenheiten des Standortes zu ermitteln. Daher wurden vor Ort Druckmessungen durchgeführt, die deutliche Unterschiede aufzeigten: Die Bruttofallhöhe betrug nicht 61,1 Meter, wie in den Spezifikationen angegeben, sondern 57,7 Meter, und die Nettofallhöhe bei einem Nenndurchfluss von 283 l/s betrug 52,7 Meter und nicht 56,3 Meter.



07

07 Vorgeschlagene Materialzugabe (gelb) und -entfernung (rosa) für die Aussenseite des Bechers. *Suggestion d'ajout (en jaune) et de retrait de matière (en rose) pour l'extrados de l'auget.*



08 Kavitationsspuren an der Oberseite des Bechers, vor der Änderung des Profils. *Traces de cavitation à l'extrados de l'auget avant la modification de son profil.*



09 Beobachtung des instabilen Wasserstrahls am Laufrad vor Änderung des Becherprofils. *Observation du jet instable sur la roue avant la modification du profil de l'auget.*

Diese Unterschiede ($-6,4\%$ für die Nettofallhöhe) mögen gering erscheinen, doch wenn eine Pelton-Turbine für eine solch geringe Höhe ausgelegt ist, zählt jeder Meter. Der theoretische Fallhöhenbereich für Pelton-Turbinen beginnt zwar in der Regel bei 60 Meter, doch sobald die Fallhöhe unter 80 Meter liegt, muss man sich Gedanken über Kavitationsrisiken machen. Je geringer die Fallhöhe, desto stärker ist nämlich der Einfluss der Schwerkraft auf die Strahlachse, also auf den Auftreffpunkt des Strahls auf das Laufrad und auf seine Position beim Verlassen des Bechers. Ein Fallhöhenunterschied in der Grössenordnung von 6%, wie er in diesem Fall vorliegt, kann daher zum Auftreten von Kavitation führen.

Im Falle von Erosion des Bechers durch Kavitation ist der Einfluss der Schwerkraft auf den Strahl mit blossen Auge erkennbar. Bei einer vertikalachsigen Pelton-Turbine ist die Erosion daher nicht symmetrisch zu beiden Seiten der Mittelschneide, sondern stärker auf der unteren Hälfte des Bechers ausgeprägt (*siehe 08*).

Bei der Turbine von Blattenheid haben stroboskopische Beobachtungen, die durch das Sichtfenster erleichtert wurden, die instabile Dynamik der Wasserströmung beim Kontakt mit der Aussenseite des Bechers aufgezeigt (*siehe 09*). Nach der Analyse des vor Ort beobachteten Phänomens und der Flugbahn des Strahls an der Oberseite kam Mhylab zum Schluss, dass ein Bereich mit niedrigem Druck unter dem Becher tatsächlich die Entstehung von Kavitation begünstigte, wobei der festgestellte Fallhöhenunterschied zu einer Veränderung der relativen Flugbahn des Strahls auf dem Becher führte.

Nach der Validierung der tatsächlichen Position der Becher bezüglich des Strahls entschied sich die Spezialistin in

Rücksprache mit der Lieferantin, das Profil der Oberseite des Bechers zu überarbeiten, um die tatsächlichen Fallhöhen zu berücksichtigen. Durch eine iterative Analyse zwischen der Anpassung der Oberseite an das 3D-Profil des Bechers und der Untersuchung der Strahlbahnen und der Ablösungszone, wurde eine Änderung der Oberseite vorgeschlagen. Auf deren Grundlage wurden die Oberflächen aller 21 Becher durch Hinzufügen oder Entfernen von Material überarbeitet (*siehe 07*). Dank den am Laufrad angeschraubten Bechern wurde dieses Vorgehen bedeutend erleichtert.

Diese Anpassung des Laufrades hat sich als wirksam erwiesen: Seither ist keine Kavitationserosion mehr aufgetreten, wie kürzlich vom Betreiber Volker Dölitzsch von WGB bestätigt wurde: «Jährliche Kontrolle erfolgt, keine Anzeichen von Kavitation erkennbar». Dieses Beispiel zeigt deutlich, wie wichtig die genaue Definition der Fallhöhe bei jedem Projekt ist.

Es ist jedoch zu beachten, dass Risiken nicht zu 100% ausgeschlossen werden können, insbesondere bei niedrigen Fallhöhen, wo eine gewisse Kavitationserosion akzeptabel sein kann. Darüber hinaus legen die Normen IEC 60609 einen Grenzwert für den Materialverlust (in Volumen und Tiefe) nach einer bestimmten Anzahl von Betriebsstunden und unter bestimmten Betriebsbedingungen fest. ■

Text Aline Choulot für Swiss Small Hydro (SSH), in Zusammenarbeit mit Volker Dölitzsch und Peter Wenger (WGB), Hans-Martin Schneider (Häny), Jürg Breitenstein (SSH) und Vincent Denis (Mhylab).

Fotos WGB (ausser 07, Mhylab)

Turbinage d'eau potable dans la région de Thoune

Le 22 mai 2026, lors de sa Journée technique annuelle, SSH proposera de visiter la petite centrale de Blattenheid sur l'eau potable de la commune de Blumenstein, près de Thoune. C'est l'occasion de faire un point sur ce type de turbinage, depuis cette région jusqu'à la nouvelle définition d'une installation d'exploitation accessoire, en passant par des notions de cavitation pour les Pelton.

Dans la région de Thoune, la société Wasserversorgung Gemeindeverband Blattenheid (WGB), soit littéralement «Association intercommunale pour l'approvisionnement en eau de Blattenheid», gère l'eau potable de 19 communes (dont deux sous contrats) pour un total de 30 000 habitants, avec cinq sites de turbinage (*carte 01*). Le premier (*photo 02*) a été mis en service en 1918, sur la commune de Blumenstein. Un peu moins d'un siècle plus tard, en 2012, WGB mettait en service, sur cette même commune, une seconde petite centrale (*photo 03*). C'est celle-ci que SSH a choisie pour la visite du 22 mai 2026. Équipée d'un turbogroupe Pelton à quatre injecteurs, d'une puissance électrique de 130 kW, cette installation, appelée TWKW Blattenheid («Trinkwasserkraftwerke») (*photos 04 et 05*), a été retenue notamment pour son bâti équipé d'une fenêtre permettant d'observer les écoulements sur la roue Pelton.

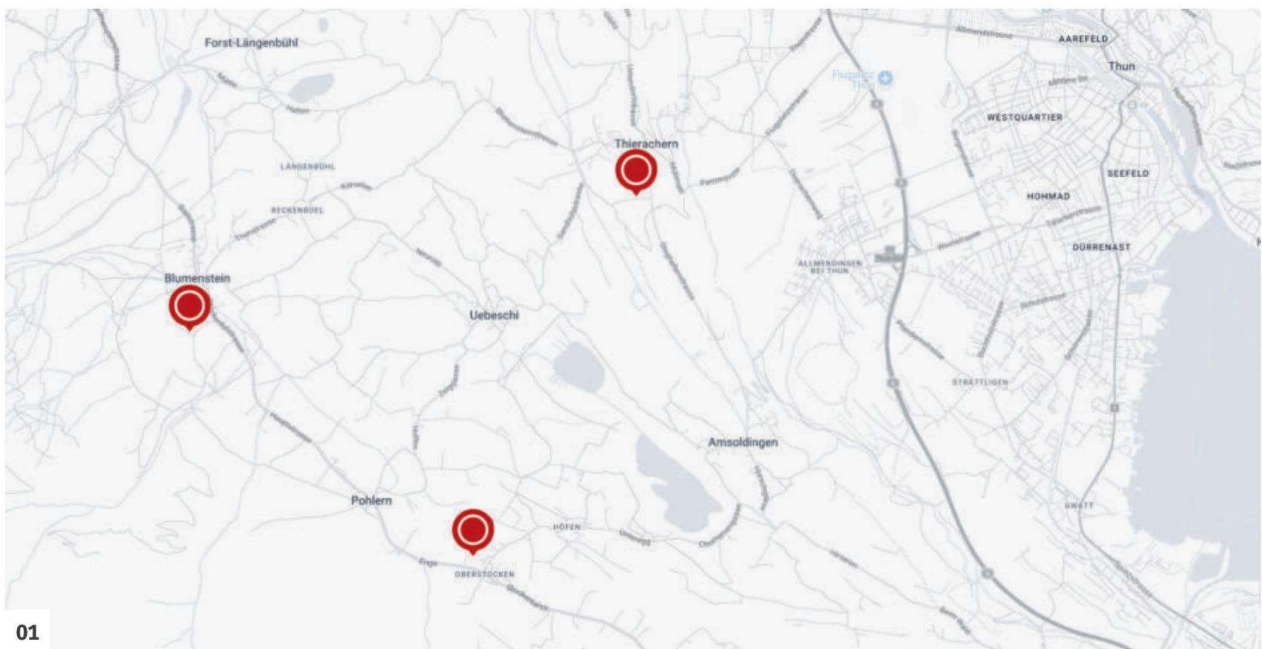
C'est notamment l'arrivée de la RPC qui avait motivé la WGB à se lancer dans pas moins de quatre projets de turbinage d'eau potable. Annoncés dès 2008, ces turbinages, mis en service entre 2012 et 2013, bénéficient des meilleures conditions de ce tarif subventionné avec une durée de validité de vingt-cinq ans (pour rappel, cette validité a ensuite été réduite à vingt, puis à quinze ans).

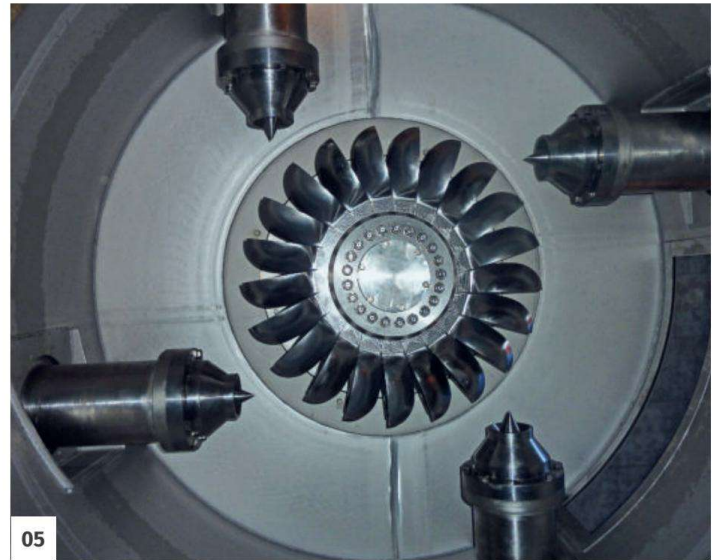
Lors de notre visite mentionnée plus haut, Peter Wenger et Volker Dölitzsch, respectivement président et directeur de WGB, prendront soin de nous faire part de leurs retours de terrain.

TURBINE PELTON ET CAVITATION

Dans le n° 103 de *Petite Hydro*, un article dédié à la cavitation revenait sur la problématique propre aux turbines Pelton. Ce sujet est repris ici pour l'illustrer de manière pratique. Moins de deux ans après la mise en service de la turbine de Blattenheid, des traces d'érosion par cavitation ont été observées sur la roue. L'exploitant s'est alors tourné vers Häny AG, le fournisseur de la turbine, qui s'est adressé, à son tour, à MhyLab, à l'origine du profil hydraulique.

La première démarche a été d'identifier les éventuelles différences entre les données considérées pour le dimensionnement et les caractéristiques réelles sur site. Des mesures de pression ont donc été menées sur site, révélant effectivement des différences: la chute brute n'était pas de 61,1 mètres comme indiqué dans le cahier des charges, mais de 57,7 mètres, et la chute nette au débit nominal de 283 l/s, de 52,7 mètres et non pas de 56,3 mètres. Ces différences (-6,4 % pour la chute nette) peuvent sembler faibles, cependant, quand une Pelton





01 Carte de la région de Thounne avec les communes où sont implantées les cinq stations de turbinage d'eau potable de la société Wasserversorgung Gemeindeverband Blattenheid. *Karte der Region Thun mit den Gemeinden, in denen sich Trinkwasserkraftwerke der Wasserversorgung Gemeindeverband Blattenheid befinden.*

02 TWKW Blumenstein: ancienne installation. *Frühere Turbinenanlage.*

03 TWKW Blumenstein: installation après rénovation en 1990. *Heutiger Innenraum Kraftwerk-Zentrale (Renovierung im Jahre 1990).*

04 TWKW Blattenheid: Le groupe Pelton de Blattenheid à 4 injecteurs avec une fenêtre intégrée au bâti. *Die Pelton-Turbine von Blattenheid mit 4 Düsen und Gehäuse mit Sichtfenster.*

05 TWKW Blattenheid: vue de dessous de la turbine: la roue de 21 augets rapportés et les 4 injecteurs (sans déflecteurs). *Ansicht der Turbine von unten: 4 Düsen (ohne Strahlableiter) und Laufrad mit 21 angeschraubten Bechern.*

06 TWKW Oberstocken: Arrivée de la roue à 33 augets, couplée à la génératrice pour le montage dans le local de turbinage. *Montage des mit dem Generator gekoppelten Laufrades (33 Becher).*

est dimensionnée pour une chute faible de ce type, chaque mètre compte. Si le domaine théorique de chute pour les Pelton commence en général à 60 mètres, il faut se soucier des risques de cavitation dès que les chutes sont inférieures à 80 mètres. En effet, plus basse est la chute, plus forte est l'influence de la force de gravité sur l'axe du jet, donc sur l'arrivée du jet sur la roue, et sur sa position quand il commence à quitter l'auget. Une différence de chute de l'ordre des 6 %, comme c'est le cas ici, peut dès lors conduire à l'apparition de cavitation.

Sur une érosion de l'auget due à la cavitation, l'influence de la gravité sur le jet peut être observée à l'œil nu. Ainsi, pour une turbine à axe vertical, l'érosion n'est pas symétrique de part et d'autre de l'arête médiane; elle est plus importante sur le demi-auget inférieur (photo 08 en page 9).

Pour la turbine de Blattenheid, des observations stroboscopiques, facilitées par la présence de la fenêtre dans le bâti, ont mis en évidence le caractère dynamique instable de l'écoulement de la nappe d'eau au contact du dos de l'auget. Et, après analyse du phénomène observé sur site et de la trajectoire du jet à l'extrados (photo 09 en page 9), il a été conclu qu'une zone de faible pression sous l'auget favorisait effectivement le développement de cavitation, la différence de chute constatée conduisant à une modification de la trajectoire relative du jet sur l'auget.

Après validation du positionnement effectif de l'auget par rapport au jet, la décision a été prise de travailler sur

le profil extrados de l'auget de manière à le corriger pour tenir compte des chutes réelles du site. Par une analyse itérative entre l'adaptation de l'extrados sur le profil 3D de l'auget et l'étude, des trajectoires du jet et de la zone de décollement, Mhylab a proposé une modification de l'extrados sur la base de laquelle Häny a pu retravailler la surface de chacun des 21 augets, par ajout ou retrait de matière (illustration 07 en page 7), la roue étant à augets rapportés. Cette adaptation de la roue s'est révélée efficace, l'érosion par cavitation n'étant pas réapparue depuis, comme confirmé récemment par l'exploitant Volker Dölitzsch de WGB. Cet exemple démontre bien toute l'importance de la définition précise de la chute dans l'ensemble du projet de turbinage.

Notons toutefois que les risques ne peuvent pas être supprimés à 100 %, notamment pour les basses chutes, une certaine érosion par cavitation pouvant être acceptable. D'ailleurs, les normes CEI 60609 fixent une limite de perte de matière — en volume comme en profondeur — après un certain nombre d'heures de fonctionnement, selon des conditions d'exploitation définies. ■

Auteurs Aline Choulot pour Swiss Small Hydro (SSH) avec la collaboration de Volker Dölitzsch et Peter Wenger (WGB), Hans-Martin Schneider (Häny), Jürg Breitenstein (SSH) ainsi que Vincent Denis (Mhylab)

Photos WGB (sauf 07, Mhylab)

CENTRALES HYDROÉLECTRIQUES DE WGB KLEINWASSERKRAFTWERKE DER WGB

Centrale Kraftwerk	Turbine	Puissance électrique Elektrische Leistung	Mise en service Inbetriebnahme	Production électrique en 2024 Stromerzeugung 2024
Blumenstein		650 kW	1918/1990	4660 MWh
Vordere Schneeweid/ Oberstocken		23 kW	2012	171 MWh
Thierachern	Pelton	37 kW	2013	257 MWh
Oberstocken		96 kW	2012	550 MWh
Blattenheid/ Blumenstein		130 kW	2012	595 MWh
Centrale Kraftwerk	Chute nette Nettofallhöhe	Débit nominal Nenndurchfluss	Nombre d'injecteurs Düsenanzahl	SRI en 2024 EVS 2024
Blumenstein	560 m	140 l/s	1	—
Vordere Schneeweid/ Oberstocken	233 m	12 l/s	1	27,3 Rp. (cts)/kWh
Thierachern	65 m	70 l/s	2	22,6 Rp. (cts)/kWh
Oberstocken	389 m	30 l/s	2	24,0 Rp. (cts)/kWh
Blattenheid/ Blumenstein	53 m	283 l/s	4	22,6 Rp. (cts)/kWh