

Beachtung der Schallemission wasserwirtschaftlicher Anlagen im urbanen Raum

Adrian Schulz
Thomas Geyer
Konrad Thürmer
Ennes Sarradj
Jennifer Stapel

Der Wasser- und Bodenverband Oberland Calau errichtete zur Gewährleistung der ökologischen Durchgängigkeit des Priorgrabens verschiedene wasserwirtschaftliche Anlagen im Stadtgebiet Cottbus. Hierbei wurden vorhandene Anlagen durch Ersatzneubauten mit integrierten Fischaufstiegsanlagen ersetzt. Nach Umsetzung der Baumaßnahmen kam es vermehrt zu Beschwerden von Anwohnern bezüglich erhöhter Lärmemissionen. Dies hatte zur Folge, dass auf dem begehbaren Steg einer Fischaufstiegsanlage eine geneigte Schallschutzwand errichtet werden musste. Angesichts der starken Zunahme an ökologisch durchgängig ausgeführten wasserwirtschaftlichen Anlagen ist ein ausführlicher Kenntnisstand und Erkenntnisbedarf über die zu erwartenden akustischen Emissionsgrößen solcher Anlagen erforderlich. Um den Aspekt der Lärmemission für zukünftige Bauvorhaben im urbanen Raum besser mit in die Vorplanung und Bemessung zu integrieren, wurden in Abhängigkeit der Wasserstands-Abflussbeziehung für vier verschiedene Bauwerke der frequenzabhängige Schalleistungspegel bestimmt. Hierbei galt es zu klären in welchen Größenordnungen die Belastungen für Anwohner durch Geräuscheinwirkungen auftreten und wie man diese auftretenden Lärmemissionen nachweisen bzw. messen kann.

Um diesen Fragestellungen nachzugehen, existieren eine Vielzahl von Leitlinien und Grundnormen zur Bestimmung des Schalleistungspegels, die als Grundlage für diese spezielle Fallbetrachtung herangezogen wurden. Zur Ermittlung eines geeigneten Messverfahrens erfolgte eine schalltechnische Prognoseberechnung an ausgewählten Beispielen. Basierend auf der Analyse des ermittelten Schalleistungspegels betrachteter Anlagen resultierte die Optimierung des Messverfahrens zur Bestimmung des frequenzabhängigen Schalleistungspegels. Dabei wurden verschiedene Optionen entwickelt und deren Einfluss auf die Gesamtauswirkung untersucht. Eine generelle Übertragbarkeit der gewonnenen Erkenntnisse bezüglich der Schallausbreitung je nach Bauart ist hierbei jedoch nicht ohne Einschränkungen möglich, da je nach Standort eine spezifische Betrachtung der Umgebungsfaktoren erfolgen muss. Anhand der Untersuchungen lassen sich jedoch für zukünftige Bauvorhaben erste Empfehlungen, hinsichtlich des möglichen Typs der zu errichtenden Anlage, im urbanen Gebiet abgeben.

Stichworte: Fischaufstiegsanlagen, Schallschutz, Schalleistungspegel

1 Problemstellung

Der Wasser- und Bodenverband „Oberland Calau“ versetzte in den letzten Jahren durch strukturelle Veränderungen und den Bau von Fischpässen an Wehranlagen den Priorgraben in ein naturnahes Fließgewässer zurück. Diese Maßnahmen waren mit der Wiederherstellung der Durchgängigkeit für aquatische Organismen verbunden. Nach dem Umbau der Anlage an der Steinteichmühle kam es vermehrt zum Auftreten von Anwohnerbeschwerden über Lärmbeeinflussung infolge von Wasserrauschen. Im Zuge dessen musste an diesem Standort eine Schallschutzwand errichtet werden (siehe Abbildung 1). Angesichts des starken Anstiegs der Zahl der ökologisch durchgängig ausgeführten wasserwirtschaftlichen Anlagen ist ein ausführlicher Kenntnisstand und Erkenntnisbedarf über die zu erwartenden akustischen Emissionsgrößen solcher Anlagen erforderlich.



Abbildung 1: Genaigte Schallschutzwand an Fischaufstiegsanlage

2 Untersuchungsgebiet

Der Priorgraben als Fließgewässer II Ordnung entspringt südöstlich von Cottbus zwischen den Ortsteilen Madlow und Kiekebusch aus dem Mühlgraben. Der Mühlgraben ist ein circa 1,5 km langer Altarm der Spree, der linksseitig dieser in einem großen Bogen vor dem Madlower Wehr abzweigt. Stromabwärts verläuft der Priorgraben durch die Niederung der Sachsendorfer Wiesen und Glinziger Fischteiche, um kurz dahinter das Koselmühlenfließ aufzunehmen. Nach einer Gesamtlänge von 20 km mündet das Gewässer nahe der Ortschaft Babow in das Greifenhainer Fließ. Der Priorgraben bildet damit eine wichtige Verbindung zwischen der Spree und dem Oberspreewald. Eine Auflistung der betrachteten Bauwerke ist in Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1: Übersicht der betrachteten wasserwirtschaftlichen Anlagen

| | Wehr Babow D1 | Steinteichmühle D9 | Priormühle D10 | Einlaufbauwerk D11 |
|---------------|----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| Fluss-km | 0+700 | 13+650 | 18+500 | 19+900 |
| Art der FAA | Rauhgerinne- Beckenpass | Rauhgerinne- Beckenpass | Naturnahe Soh- lengleite | Doppelschlitzpass |
| Anzahl Becken | 7 | 8 | 14 | 10 |
| Wehrfeld | Staubohlen (überströmt) | Schütztafel (unterströmt) | - | Schütztafel (unterströmt) |

3 Methodik

3.1 Akustik

Die wichtigste Messgröße der Akustik ist der Schalldruck p , eine Wechselgröße, die dem statischen Luftdruck überlagert, jedoch wesentlich kleiner ist. Da der Schalldruck als zeitabhängige Wechselgröße für die Charakterisierung der Stärke eines Schalles nicht geeignet ist, wird stattdessen der Effektivwert des Schalldrucks verwendet. Bei akustischen Messungen an Maschinen oder Industrieanlagen wird dazu üblicherweise über eine Messdauer von mindestens 30 s linear gemittelt. Da der Lautstärkeindruck des Menschen näherungsweise einer logarithmischen Skala folgt, wird in der Praxis der sogenannte Schalldruckpegel (L_p) verwendet.

Um die Schallentstehung einer Maschine oder Anlage anzugeben, ist jedoch der Schalldruckpegel eher ungeeignet, da dieser sowohl von der Entfernung zur Schallquelle, von deren Richtwirkung, als auch generell von den örtlichen Gegebenheiten am Messplatz abhängt. Stattdessen wird zur Charakterisierung einer Schallquelle die sogenannte Schalleistung L_W verwendet, welche die erzeugte Schallenergie einer Quelle pro Zeiteinheit angibt. Wird dieser Schalleistungspegel frequenzabhängig (üblicherweise in Terz- oder Oktavbändern) gemessen, so lässt sich daraus ein Gesamtschalleistungspegel wie folgt bestimmen:

$$L_{W,ges} = 10 \cdot \log_{10} \left(\sum_i 10^{\frac{L_{W_i}}{10}} \right) \text{ dB} \quad (1)$$

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden verschiedene wasserwirtschaftliche Anlagen in der Umgebung von Cottbus hinsichtlich ihrer Schallemission untersucht. Dazu wurde an verschiedenen Positionen um und über der Anlage durch Messungen mit einem Handschallpegelmessgerät der jeweilige Schalldruckpegel bestimmt. Um eine grobe Aussage zum Einfluss der Fließgeschwindigkeit auf die Schallerzeugung zu erhalten, wurden am Wehr in Babow sowie am Einlaufbauwerk zusätzliche Messungen bei einer von der ersten Messung verschiedenen Fließgeschwindigkeit durchgeführt.

Tabelle 2: Übersicht der verwendeten Messraster

| Bez. | | Einlaufbauwerk D11 | Priormühle D10 | Steinteichmühle D9 | Wehr Babow D1 |
|----------------------------------|----------------|--------------------|----------------|--------------------|---------------|
| Länge Messraster | m | 32 | 48 | 37,5 | 24 |
| Breite Messraster | m | 13,3 | 8,7 | 14,4 | 18,23 |
| Höhe Messraster | m | 2,25 | 2,25 | 2,25 | 2,25 |
| Messfläche | m ² | 629,45 | 672,75 | 773,55 | 627,75 |
| Anzahl Mikrofonpositionen | - | 27 | 41 | 32 | 32 |
| Mikrofonabstand in Fließrichtung | m | 8 | 6 | 7,5 | 6 |
| Messdauer | s | 30 | 60 | 60 | 60 |

Für die Bestimmung der Schalleistung einer wasserwirtschaftlichen Anlage aus gemessenen Schalldruckpegeln gibt es grundsätzlich zwei Möglichkeiten:

1. die Messung entlang eines einfach geformten, geschlossenen Pfades um die Anlage und die Ermittlung der zugehörigen Messfläche nach DIN EN ISO 8297 (DIN8297)
2. die Messung auf einer die Quelle umschließenden Hüllfläche, entsprechend der erreichbaren Genauigkeit nach DIN EN ISO 3744 (DIN3744) (für Genauigkeitsklasse 2) oder DIN EN ISO 3746 (DIN3746) (Genauigkeitsklasse 3)

Obwohl eine Messung nach dem Hüllflächenverfahren (zweite Möglichkeit) bei vielen wasserwirtschaftlichen Anlagen aufgrund deren Größe und unter Umständen einer begrenzten Zugänglichkeit sehr aufwändig ist, bietet sie den Vor-

teil, dass auch eine nach oben gerichtete Schallemission berücksichtigt wird. In der vorliegenden Studie wurde daher die Schallleistung der unterschiedlichen Anlagen mit Hilfe des Hüllflächenverfahrens in Anlehnung an DIN EN ISO 3746 durchgeführt. Zu diesem Zweck wurde um die Anlagen jeweils ein etwa quaderförmiges Messraster definiert, mit dessen Hilfe die Mikrofone positioniert werden konnten. Beidseitig der Anlagen wurde das Mikrofon dabei in zwei unterschiedlichen Höhen von 1,55 m und 2,25 m aufgestellt. Auf Grund der zum Teil beschränkten Zugänglichkeit der Anlagen war es dabei jedoch nicht in jedem Fall möglich, die über den Anlagen befindlichen Messpunkte ebenfalls ideal gleichmäßig zu verteilen. Die vorliegende Studie ist daher als erste Untersuchung der Durchführbarkeit von Schallemissionsmessungen an solchen Anlagen zu verstehen. Tabelle 2 gibt eine Übersicht über die für die akustischen Messungen verwendeten Messraster.

In Abweichung zu DIN EN ISO 3746 konnte in der vorliegenden Untersuchung kein Störgeräusch gemessen werden, da die wasserwirtschaftlichen Anlagen zum Zweck der Messung nicht abgeschaltet werden können. Vereinfachend wird die laut Norm zu berechnende Fremdgeräuschkorrektur K_{1A} an dieser Stelle als Null angenommen. Da die Messungen im Freien stattfanden, wurde in Übereinstimmung mit der Norm als Korrekturwert K_{2A} für die Messumgebung ebenfalls Null angenommen.

Alle akustischen Messungen wurden mit einem Handschallpegelmessgerät der Klasse 1 und einem 1/4 Zoll Messmikrofon der Klasse 2 durchgeführt, welches mit einem Windschutz versehen war. Die Messdauer betrug mindestens 30 s, in ausgewählten Fällen 60 s. Die Messungen wurden gemäß der Norm in Terzbändern mit Mittenfrequenzen von 125 Hz bis 8 kHz durchgeführt.

3.2 Abfluss-Wasserstands-Beziehung

Für die Abflussmessungen wurde als Messgerät der ADC (Acoustic Digital Current Meter) der Fima OTT Hydromet GmbH & Co.KG verwendet. Alle vorgenommenen Messungen mittels des OTT ADC erfolgten unter Berücksichtigung von LAWA: „Richtlinie für das Messen und Ermitteln von Abflüssen und Durchflüssen“, der Pegelvorschrift Anlage D. Gemessen wurde nach dem Prinzip des Messlotrechten Verfahrens. An den regelbaren Wehranlagen erfolgte die Aufnahme der Ober- und Unterwasserstände (OW & UW) durch Ablesen der Lattenpegel. Für die naturnahe Sohlengleite resultierte die Höhendifferenz (Δh) zwischen Ober- und Unterwasser aus Nivelliermessungen.

4 Ergebnisse

Abbildung 2 zeigt den Vergleich der ermittelten A-bewerteten Schallleistungspegel für die untersuchten wasserwirtschaftlichen Anlagen als Funktion der Terzmittenfrequenz. Die während der Messungen vorherrschenden Wasserspiegeldifferenzen und Fließgeschwindigkeiten sind in Tabelle 3 angegeben (für die beiden Anlagen, bei denen zwei Messungen durchgeführt wurden, gehört der jeweils erste Wert zur in Abbildung 2 dargestellten Schallleistung). Es ist ersichtlich, dass der spektrale Verlauf bei allen Anlagen grundsätzlich ähnlich ist: Die Schallleistung steigt von tiefen zu mittleren Frequenzen an (mit etwa 10 bis 12 dB(A) pro Frequenzverdopplung) und erreicht dann bei etwa 1000 Hz bis 1250 Hz das Maximum. Anschließend fällt der Schallleistungspegel mit weiter steigender Frequenz wieder ab (mit etwa 6 bis 8 dB(A) pro Frequenzverdopplung). Der höchste Schallleistungspegel wurde dabei für die Fischaufstiegsanlage gemessen, das Maximum beträgt hier 85,9 dB(A). Die geringste Schallleistung mit einem Spitzenwert von 73,9 dB(A) ergibt sich für das Wehr Babow. Das gemessene Schallleistungsspektrum des Wehrs in Babow zeigt neben dem globalen Maximum bei 1250 Hz noch ein weiteres, lokales Maximum bei 200 Hz. Dieses Schallleistungsmaximum kommt durch einen sehr hohen Schalldruckpegelmesswert an der Messposition direkt auf dem Bediensteg zustande, der sich direkt oberhalb des Wehrüberfalls befand. Bereits während der Messungen ist subjektiv festgestellt worden, dass die Lautstärke an dieser Position vergleichsweise hoch ist.

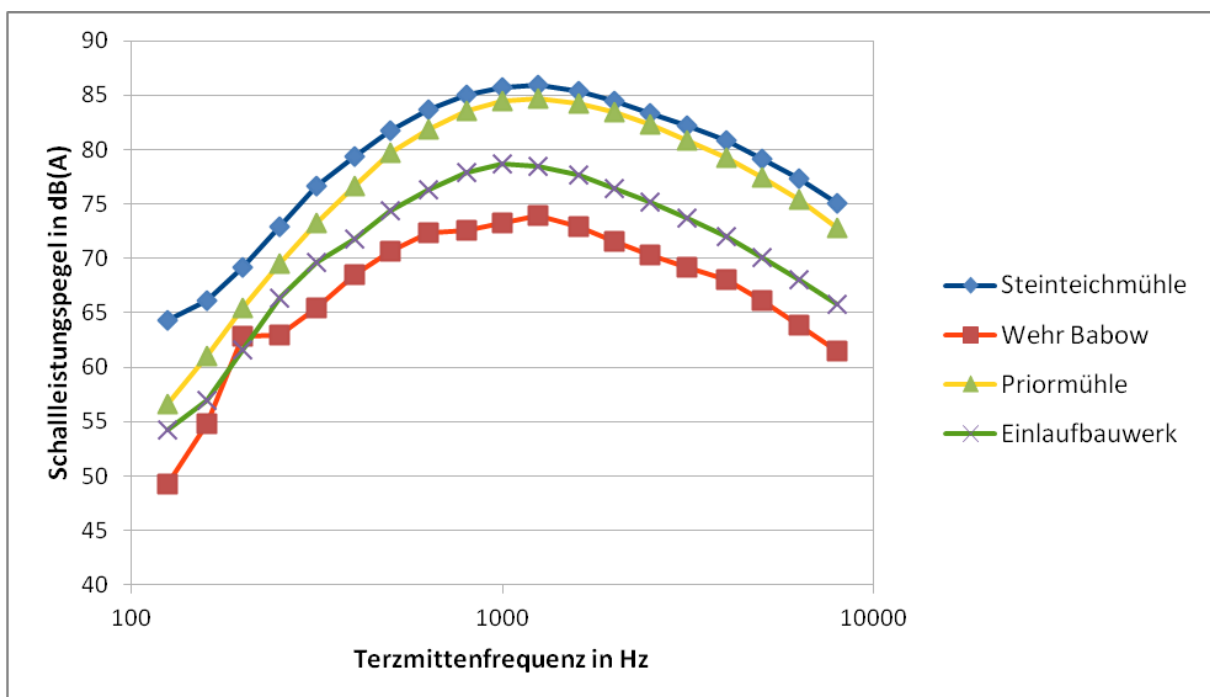


Abbildung 2: Diagramm der Schallleistungspegel

Tabelle 3: Abflussmessungen

| Bez. | | Einlaufbauwerk D11 | | Priormühle D10 | Steinteichmühle D9 | Wehr Babow D1 | |
|-------------------------------|-------------------|--------------------|------|------------------------|------------------------|------------------------|------|
| Art d. FAA | | Doppelschlitzpass | | Naturnahe Sohlengleite | Rauhgerinne-Beckenpass | Rauhgerinne-Beckenpass | |
| mittlere Tiefe | m | 0,62 | 0,53 | 0,45 | 0,64 | 0,37 | 0,42 |
| Fließquerschnitt | m ² | 3,16 | 2,63 | 2,48 | 3,51 | 2,47 | 3,56 |
| mittlere Fließgeschwindigkeit | m/s | 0,23 | 0,21 | 0,27 | 0,16 | 0,25 | 0,17 |
| Abfluss | m ³ /s | 0,73 | 0,57 | 0,68 | 0,56 | 0,41 | 0,89 |
| Δh (OW – UW) | m | 0,61 | 0,76 | 1,00 | 1,06 | 0,63 | 0,51 |

Aus den Einzelschalleistungspegeln bei den Terzmittenfrequenzen von 125 Hz bis 8 kHz wurde anschließend nach Formel 2 der A-bewertete Gesamtschalleistungspegel berechnet. Dieser ist in Abbildung 3 dargestellt. Es ist ersichtlich, dass die untersuchten Anlagen Gesamtschalleistungspegel von etwa 82 dB(A) bis 95 dB(A) aufweisen. Das sind Werte, die in der Tat schon als lästig empfunden werden können.

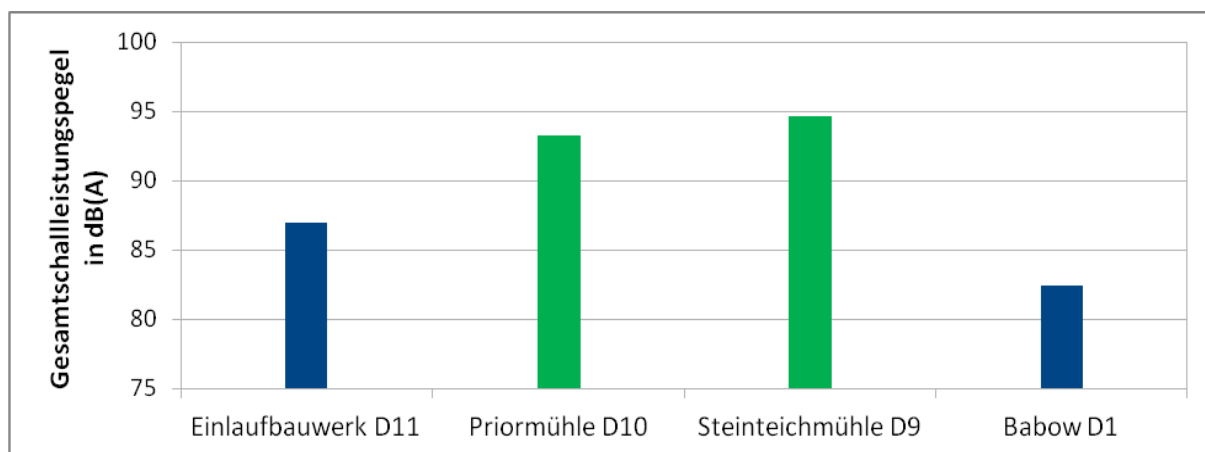


Abbildung 3: A-bewerteter Gesamtschalleistungspegel

Um in einem ersten Schritt die Abhängigkeit der Schallentstehung an ausgewählten wasserwirtschaftlichen Anlagen von der Fließgeschwindigkeit bzw., da diese über den Gewässerquerschnitt stark variieren kann, vom Abfluss zu untersuchen, fanden bei zwei der Anlagen zusätzliche Messungen statt. Allerdings

wurde aus Zeitgründen auf eine Messung auf der kompletten Hüllfläche verzichtet. Stattdessen wurden Messungen auf nur einer Seite des Gewässers an jeweils zehn Positionen durchgeführt. Die resultierenden Schalldruckpegel wurden anschließend gemittelt, wodurch sich für diese Fläche ein mittlerer A-bewerteter Schalldruckpegel ergibt, der aber als proportional zum Schalleistungspegel angesehen werden kann.

Abbildung 4 zeigt entsprechend den mittleren Schalldruckpegel für das Wehr in Babow bei Abflüssen von $0,89 \text{ m}^3/\text{s}$ und $0,41 \text{ m}^3/\text{s}$. Für den Abfluss von $0,89 \text{ m}^3/\text{s}$ ergibt sich bei einer Frequenz von 1250 Hz ein Maximum des Schalldruckpegels von $48,4 \text{ dB(A)}$, für den geringeren Abfluss beträgt es $39,8 \text{ dB(A)}$. Das bedeutet, dass eine Abnahme des Abflusses auf etwa die Hälfte eine Reduktion des maximalen Schalldruckpegels von fast 9 dB bewirkt. Für das Einlaufbauwerk wurde bei einem Abfluss von $0,73 \text{ m}^3/\text{s}$ ein maximaler mittlerer Schalldruckpegel von $47,2 \text{ dB(A)}$ gemessen, bei $0,57 \text{ m}^3/\text{s}$ sind es nur noch $44,8 \text{ dB(A)}$. Hier führt demnach eine Reduktion des Abflusses um etwa 20% zu einer Reduktion des gemessenen Schalldruckpegels von fast $2,5 \text{ dB}$ (siehe Abbildung 5). Beide Beispiele machen deutlich, dass eine erste, sehr einfache Maßnahme zur Lärminderung wasserwirtschaftlicher Anlagen darin bestehen könnte, den Abfluss während der Nacht, wenn im Allgemeinen geringere Immissionsgrenzwerte (TA Lärm) gelten, zu reduzieren, um ihn dann tagsüber zu erhöhen.

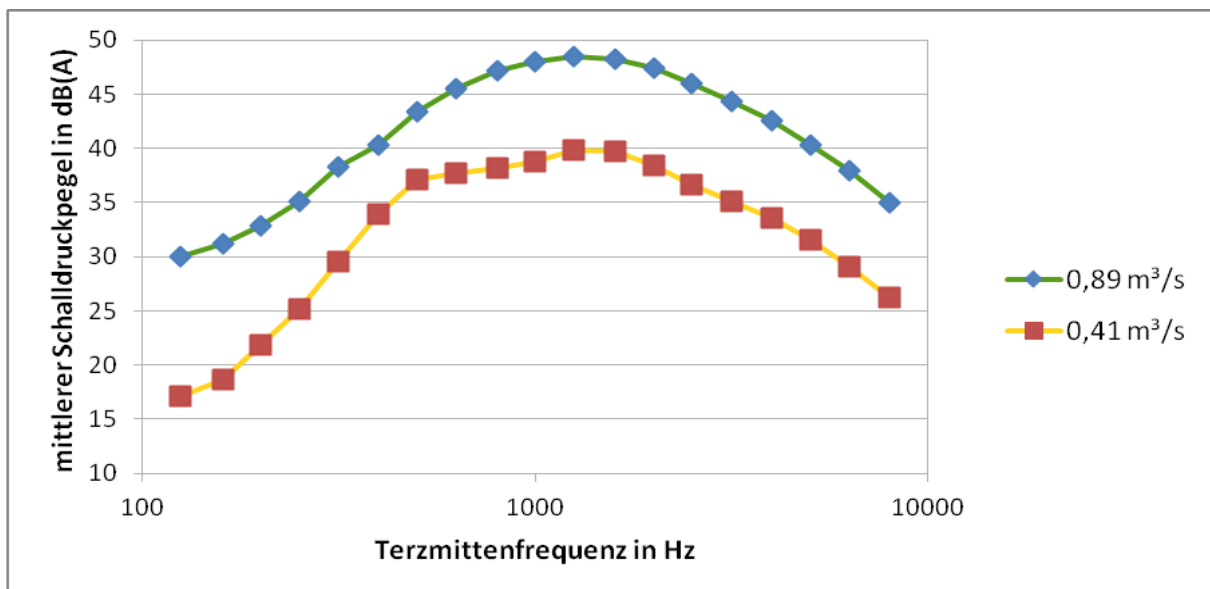


Abbildung 4: Schalldruckspektrum Wehr Babow

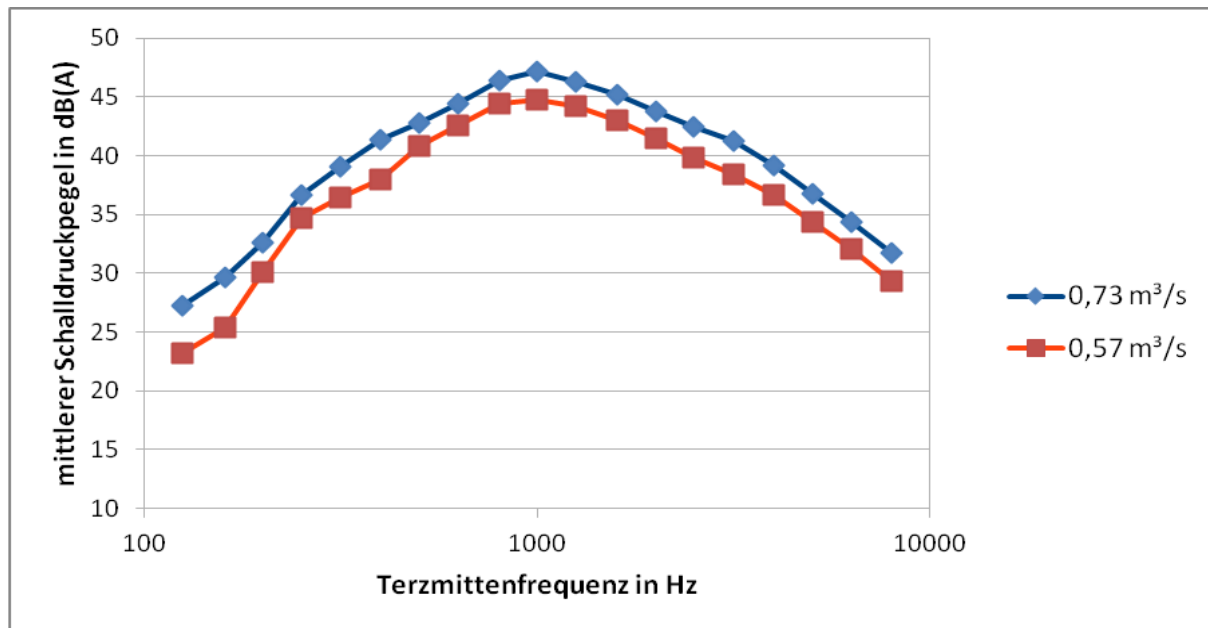


Abbildung 5: Schalldruckspektrum Einlaufbauwerk

5 Zusammenfassung

Die Bestimmung der Schalleistungspegel für wasserwirtschaftliche Anlagen ist generell möglich, auch wenn in der vorliegenden Studie vor allem bei tiefen Frequenzen teilweise sehr niedrige Schalldruckpegelwerte unter 45 dB(A) gemessen wurden. Anhand der vorliegenden Daten ist es nicht möglich, ein Modell zur Schallvorhersage wasserwirtschaftlicher Anlagen zu erstellen. Zu diesem Zweck wäre eine Vielzahl weiterer Messwerte bei verschiedenen Anlagen und mit variierenden Abflüssen nötig. Zusätzlich wäre eine Erfassung von Parametern wie der maximalen Fließgeschwindigkeit sehr sinnvoll. Trotzdem zeigen die vorhandenen Untersuchungsergebnisse bereits, dass ein auf einer umfangreicheren Studie basierendes Schallvorhersagemodell für die zukünftige Planung wasserwirtschaftlicher Anlagen sehr hilfreich sein könnte.

6 Literatur

- DIN EN ISO 3746 (2010): Akustik - Bestimmung der Schalleistungs- und Schallenergiepegel von Geräuschquellen aus Schalldruckmessungen; Hüllflächenverfahren der Genauigkeitsklasse 3 über einer reflektierenden Ebene. Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS), Deutsches Institut für Normung e. V., Beuth Verlag 2011
- DIN ISO 8297 (2000): Akustik - Bestimmung der Schalleistungspegel von Mehr-Quellen-Industrieanlagen für die Abschätzung von Schalldruckpegeln in der

- Umgebung. Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS), Deutsches Institut für Normung e. V., Beuth Verlag 2000.
- LAWA (1991): Pegelvorschrift Anlage D: Richtlinie für das Messen und ermitteln von Abflüssen und Durchflüssen, Parey 1998
- Stapel, J. (2014): Schallemissionen an hydrotechnischen Anlagen am Beispiel von Sohlgleiten und Fischaufstiegsanlagen. Bachelorarbeit an der BTU Cottbus-Senftenberg (unveröffentl.), November 2014
- TA-Lärm(1998): Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm. Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundesimmissionsschutzgesetz, August 1998

Autoren:

Dipl.-Ing. Adrian Schulz

Institut für Wasserwirtschaft Siedlungswasserbau und Ökologie GmbH
Siemens-Halske-Ring 8
03046 Cottbus

Tel.: +49 355 69 4315
Fax: +49 355 69 3025
E-Mail: adrian.schulz@iwsoe.de

Dr.-Ing. Thomas Geyer

Brandenburgische Technische Universität
Cottbus-Senftenberg
Lehrstuhl Technische Akustik
Siemens-Halske-Ring 14
03046 Cottbus

Tel.: +49 355 69 5012
Fax: +49 355 69 4891
E-Mail: thomas.geyer@b-tu.de

Dr.-Ing. Konrad Thürmer

Brandenburgische Technische Universität
Cottbus-Senftenberg
Lehrstuhl Wassertechnik
Siemens-Halske-Ring 8
03046 Cottbus

Tel.: +49 355 69 4303
Fax: +49 355 69 3025
E-Mail: konrad.thuermer@b-tu.de

Prof. Dr.-Ing. Ennes Sarradj

Technische Universität Berlin
Institut für Strömungsmechanik und Technische Akustik
Einsteinufer 25
10587 Berlin

Tel.: +49 30 314 25928
Fax: +49 30 314 25135
E-Mail: ennes.sarradj@tu-berlin.de

B. Sc. Jennifer Stapel

Brandenburgische Technische Universität
Cottbus-Senftenberg
Fachgebiet Bauliches Recycling
Siemens-Halske-Ring 8
03046 Cottbus

Email: jennifer.stapel@b-tu.de