

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Conference Paper, Published Version

Götz, Julia

Aspekte der Baugrunderdynamik beim Ersatzneubau der Staustufe Steinhavel

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/109582>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Götz, Julia (2022): Aspekte der Baugrunderdynamik beim Ersatzneubau der Staustufe Steinhavel. In: Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.): Projekte der Geotechnik an Bundeswasserstraßen. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau. S. 49-53.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



Aspekte der Baugrunddynamik beim Ersatzneubau der Staustufe Steinhavel

Dr.-Ing. Julia Götz, Bundesanstalt für Wasserbau

Einleitung

Die Staustufe Steinhavel befindet sich an der Oberen Havel-Wasserstraße bei km 64,300 in der Nähe des Ortes Steinförde. Das Wasserstraßen-Neubauamt Berlin ersetzt seit November 2019 sämtliche wasserbaulichen Anlagen an der Staustufe Steinhavel, dazu gehören die Schleuse mit Betriebsgebäude, das Wehr, eine Bootsschleppe, ein Durchlassbauwerk, ein Fischaufstieg sowie der untere und obere Vorhafen. Anhand dieses Projektes werden Beratungsleistungen der Bundesanstalt für Wasserbau zum Thema Baugrunddynamik von der Erschütterungsprognose im Vorfeld der Baumaßnahme bis hin zu baubegleitenden Messungen gezeigt.

Baugrund

Die Staustufe Steinhavel befindet sich in einer pleistozänen Endmoränenlandschaft (BAW 2010). Der Baugrund weist unterschiedliche Lockergesteinsablagerungen auf. Innerhalb von nichtbindigen Böden sind bindige Bodenschichten in unterschiedlichen Tiefen und Mächtigkeiten eingelagert, die jedoch keine horizontstabilen Schichtverläufe aufweisen. Diese Bodenarten enthalten zudem Steine und Blöcke. Im Baugrundgutachten (BAW 2010) wurde deshalb als Rammhilfe Vorbohren mit Bodenaustausch empfohlen.

Erschütterungen

Im Umfeld einer Baumaßnahme treten z. B. bei der Durchführung von Vibrations- oder Schlagrammung Erschütterungen auf. Die von der Erschütterungsquelle in den Untergrund eingeleitete Schwingungsenergie breitet sich im Boden in Form von verschiedenen Wellenarten aus. Schutzgüter sind die im Umfeld der Baumaßnahmen gelegenen Gebäude, die durch die Bodenerschütterungen beeinflusst werden könnten.

Die DIN 4150-3 enthält Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit an Bauwerksmesspunkten, bei deren Einhaltung Schäden im Sinne der Verminderung des Gebrauchswertes von Bauwerken erfahrungsgemäß nicht zu erwarten sind.

Für die Bewertung der durch Erschütterungen aus Baumaßnahmen verursachten Einwirkungen auf Bauwerke und Bauteile wird die Messgröße Schwinggeschwindigkeit v_i (Richtungskomponenten $i = x, y, z$) und deren maßgebende Frequenz f herangezogen, da zwischen der Schwinggeschwindigkeit und den Bauwerks- bzw. Bauteilbeanspruchungen näherungsweise ein linearer Zusammenhang besteht.

Erschütterungsprognose im Vorfeld der Baumaßnahme

Im Vorfeld der Baumaßnahme an der Staustufe Steinhavel wurde die Bundesanstalt für Wasserbau mit der Beurteilung der Auswirkungen erschütterungsintensiver Bauverfahren auf angrenzende Schutzgüter beauftragt (BAW 2015).

Unmittelbar angrenzend an das Baufeld befinden sich die einsturzgefährdeten und unter Denkmalschutz stehenden Hochbauten der ehemaligen Steinhavelmühle und ein Wohngebäude.

Die Prognose der Schwingungen basierte auf statistischen Auswertungen von Schwingungsmessungen bei vergleichbaren Bauvorhaben. Als Rammelemente wurden Spundwände und Dalben mit Längen im Bereich $ca. 8\text{ m} \leq L \leq 13\text{ m}$ angesetzt. Die Prognose der Erschütterungen durch Vibrations- und Schlagrammung erfolgte unter Berücksichtigung des Vorbohrrens mit Bodenaustausch.

Die Erschütterungsprognose für Vibrationsrammung ergab, dass die Anhaltswerte der Schwinggeschwindigkeit der DIN 4150-3 für die besonders erschütterungsempfindlichen (einsturzgefährdeten) und besonders erhaltenswerten (unter Denkmalschutz stehenden) Schutzgüter bis zu einem Abstand $R \leq 12\text{ m}$ überschritten werden könnten. Aufgrund möglicher Gründungsverschiebungen durch erschütterungsbedingte Bodenumlagerungen wurde jedoch empfohlen, im Abstandsbereich bis $R \leq 20\text{ m}$ zu den Schutzgütern die Rammelemente nicht mit Vibrationsbären einzubringen.

Das alternative Bauverfahren Schlagrammung kann in diesem Abstandsbereich ebenfalls nicht eingesetzt werden, da die Erschütterungsprognose auch hierfür eine Überschreitung der Anhaltswerte der DIN 4150-3 ergab.

Es wurde deshalb empfohlen, im Abstandsbereich $R \leq 20\text{ m}$ zu den Schutzgütern die Rammelemente erschütterungsarm, z. B. durch Einpressen einzubringen.

Aufgrund der Nähe der Baumaßnahme zu angrenzenden Schutzgütern wurde empfohlen, während der Baumaßnahme Erschütterungsmessungen durchzuführen.

Erschütterungsmessungen während der Baumaßnahme (Beweissicherung)

Seit dem 05.02.2020 werden durch die Bundesanstalt für Wasserbau Erschütterungsmessungen an Schutzgütern im Umfeld der Baumaßnahme durchgeführt.

Für die Überwachung der Schwinggeschwindigkeit wird ein Messsystem vom Typ *Vibras 7003* der Firma *WALESCH Electronic GmbH* mit automatischer Triggerung und Datenspeicherung eingesetzt. Die verwendeten Schwingungssensoren sind triaxiale Messstellen vom Typ *MST 3004* zur Erfassung des zeitlichen Verlaufes der drei Komponenten der Schwinggeschwindigkeit $v_i(t)$. Das verwendete Messsystem entspricht den Anforderungen der DIN 4150 und DIN 45669. Der eingestellte Frequenzbereich umfasst die Frequenzen von 1 Hz bis 315 Hz. Die Sensoren sind im

Frequenzbereich von 1 Hz bis 315 Hz kalibriert. Die Aufzeichnung der Messung erfolgt automatisch nach Erreichen eines vorgegebenen Triggerlevels.

Die Sensoren sind im Fundamentbereich der Schutzgüter (Mühlengebäude, Wohngebäude) installiert. Im Zuge der Baumaßnahme wurde die Messauslage immer wieder dem Baufortschritt angepasst und erweitert. Neben den Sensoren die direkt an den Schutzgütern installiert sind, werden auch Bodenmesspunkte vor den Gebäuden verwendet. Erschütterungen durch Bautätigkeiten werden sowohl an den Bodenmesspunkten als auch an den Sensoren im Fundamentbereich der Gebäude registriert. Wird eine Erschütterung nur von einem Sensor im Gebäude registriert, handelt es sich um ein Ereignis in der direkten Umgebung zu dieser Messstelle (Bauarbeiten im Gebäude, Stöße, Schritte...). So kann zwischen Erschütterungen aus Bautätigkeiten und alltäglichen Erschütterungen im Gebäude unterschieden werden.

Abbildung 1 zeigt als Übersicht die Betragsmaximalwerte der Richtungskomponenten der Schwinggeschwindigkeit v_i für einen Messpunkt an einem der Mühlengebäude im Messzeitraum Februar 2020 bis Juni 2022.

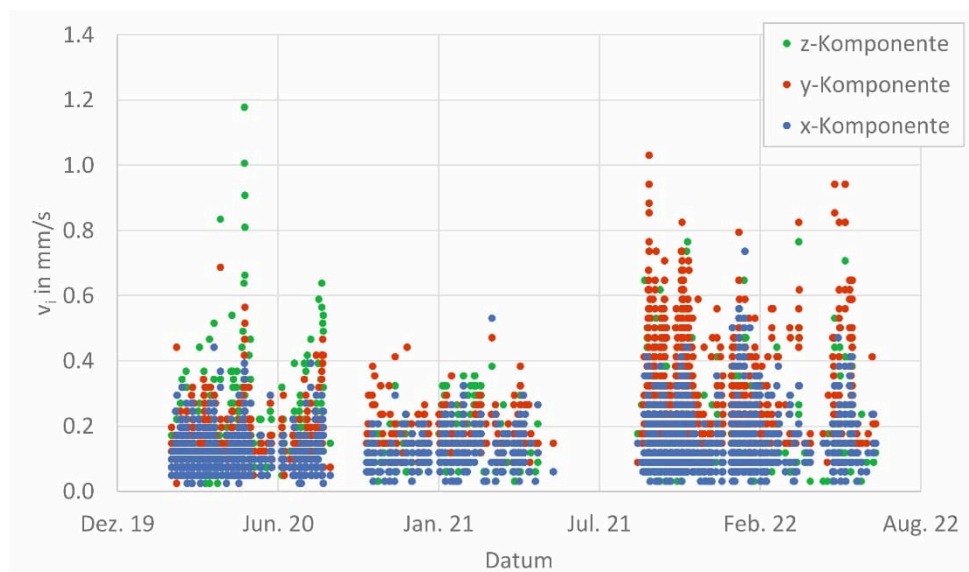


Abbildung 1: *Betragsmaximalwerte der Richtungskomponenten der Schwinggeschwindigkeit v_i für einen Messpunkt an einem der Mühlengebäude im Messzeitraum Februar 2020 bis Juni 2022.*

Der größte Betragsmaximalwert $v_z = 1,18$ mm/s ($f = 10$ Hz) wurde am 07.05.2020 bei Schlagrammarbeiten am neuen Durchlassbauwerk registriert. Die registrierten Werte der Schwinggeschwindigkeit unterschreiten die Anhaltswerte der DIN 4150-3. Schäden an diesem Mühlengebäude durch Schwingungseinwirkungen aus der Baumaßnahme können sicher ausgeschlossen werden.

Zusätzliche Schwingungsuntersuchung

In einem minimalen horizontalen Abstand von ca. $R = 14$ m zur geplanten Baugrube für die Fischaufstiegsanlage befinden sich die Hochbauten der ehemaligen Steinhavelmühle. Im Prognosegutachten wurde empfohlen, im Abstandsbereich $R \leq 20$ m zu den Schutzgütern die Rammelemente erschütterungsarm, z. B. durch Einpressen einzubringen.

Durch eine zusätzliche Schwingungsuntersuchung während der Rammarbeiten im Uferbereich der Vorhäfen, sollte die Prognose überprüft und die Abstandsbereiche präzisiert werden.

Die Schwingungsmessungen wurden am 15.12.2020 und 16.12.2020 durchgeführt. Die Messung der Schwinggeschwindigkeit erfolgte an Messpunkten auf der Geländeoberkante. Die Aufzeichnung des zeitlichen Verlaufs der Schwinggeschwindigkeit $v_i(t)$ erfolgte mit dem Messsystem „Kebe-System“:

- Schwingungsmessverstärker *SMK-4812* mit $f = 315$ Hz Tiefpass der Fa. *Dr. Kebe Scientific Instruments GmbH*
- dreiaxiale Geophone (Fa. *Dr. Kebe Scientific Instruments GmbH*)
- Messcomputer der Fa. *DSM* und 18-Bit AD Wandlerkarte (Fa. *National Instruments*) mit 500 Hz Abtastrate

Die verwendeten Messsysteme entsprechen den Anforderungen der DIN 4150 und der DIN 45669. Die Sensoren sind im Frequenzbereich von 1 Hz bis 315 Hz kalibriert.

Für die Analyse der Ausbreitung der Rammerschütterungen im Boden (Freifelderschütterungen) werden je Messpunkt die Größtwerte des Vektors der Schwinggeschwindigkeit $v_{r,max}$ je gerammter Bohle herangezogen. Die Nutzung der Größe $v_{r,max}$ hat den Vorteil, dass sie einerseits unabhängig vom gewählten Koordinatensystem für die Aufstellung der Sensoren ist und andererseits wegen $v_i \leq v_{r,max}$ immer auf der sicheren Seite für die Prognose von v_i liegt.

In der Abbildung 2 sind für Schlagrammung die Größtwerte der gemessenen Freifeldschwingungen $v_{r,max}$ je Messpunkt und Bohle sowie die Regression mit der oberen Grenze des Vertrauensbereiches (statistische Sicherheit $P = 95$ %) in Abhängigkeit von der Entfernung dargestellt.

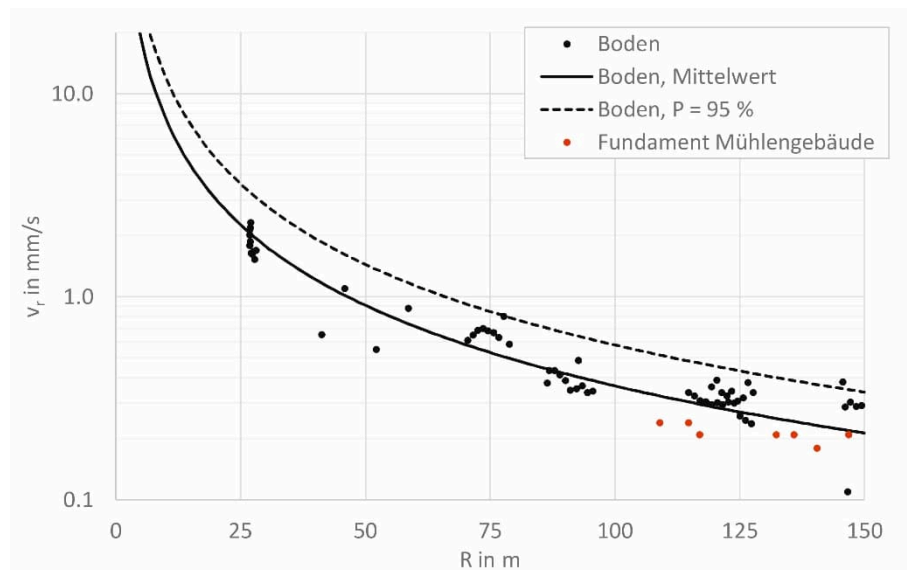


Abbildung 2: Größtwerte der Freifeldschwingungen $v_{r,max}$ in Abhängigkeit von der Entfernung R bei Schlagrammung sowie Regression mit oberer Grenze des Vertrauensbereichs (statistische Sicherheit $P = 95\%$).

Die gemessenen Erschütterungen bei Schlagrammung lagen etwas niedriger als die prognostizierten Erschütterungen. Der empfohlene Abstand bei Schlagrammung zu den Schutzgütern wurde von $R \leq 20$ m auf $R < 14$ m herabgesetzt. Die Empfehlung die Rammelemente der Baugrube des Fischaufstiegs erschütterungsarm einzubringen konnte entfallen.

Literatur

BAW (2015): Gutachten zu Auswirkungen von Erschütterungen beim Ersatzneubau der Staustufe Steinhavel, BAW-Nr.: A39520510048 (aufgestellt am 23.04.2015).

BAW (2010): Neubau Staustufe Steinhavel, Baugrundgutachten und Gründungsempfehlung, BAW-Nr. A39550110224 (aufgestellt am 26.02.2010).

DIN 4150-3:2016-12, Erschütterungen im Bauwesen, Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen, Beuth Verlag GmbH Berlin.