

Urbanes Bohren - Entwicklung eines Lärmvermeidungskonzeptes zur erfolgreichen Realisierung von Bohrvorhaben im dichtbebauten urbanen Umfeld

Daniel Lackner¹, Toni Ledig¹, Bernhard Betzl¹, Dr.-Ing. Wolfgang Heitkämper² und Cord Walter²

¹ SWM Services GmbH, Emmy-Noether-Straße 2, 80992 München

² GTA - Gesellschaft für Technische Akustik mbH, Lortzingstr. 1, 30177 Hannover

lackner.daniel@swm.de

Keywords: Lärmvermeidungskonzept, Urbanes Bohren, Tiefe Geothermie, Schallschutz, Lärmschutz

ABSTRACT

Die Stadtwerke München (SWM) planen die Niederbringung von acht geothermalen Tiefbohrungen von einem Sammelbohrplatz im dichtbebauten urbanen Umfeld. Ziel ist die Erschließung von Wärme aus dem Malm-Tiefengrundwasser des Bayrischen Molassebeckens und der anschließenden Einspeisung in die Fernwärmenetze der SWM. Lärmvermeidung bei innerstädtischen Bohrvorhaben stellt ein zentrales Thema dar. Neben der Einhaltung von rechtlichen Rahmenbedingungen spielt ebenfalls die allgemeine Emissionsvermeidung, insbesondere zur Stärkung der öffentlichen Akzeptanz eines mehrjährigen Bohrvorhabens, eine wesentliche Rolle.

Gegenstand der Ausarbeitung ist die Erstellung eines Lärmvermeidungskonzeptes für die Planung und Realisierung von technischen und organisatorischen Schallschutzmaßnahmen am Bohrplatz und der Bohranlage, um einen ungestörten Betrieb während der Tages- und Nachtzeit zu gewährleisten. Das Lärmvermeidungskonzept beinhaltet eine vorangegangene Prozessanalyse und die anschließende planerische Vermeidung oder Substitution von potenziellen Lärmquellen. Der Lärmquellenvermeidung schließt sich die Minderung der Lärmemissionen durch verschiedene Maßnahmen an. Diese Maßnahmen können in technische, organisatorische und planungstechnische Maßnahmen unterteilt werden. Schulung und Sensibilisierung der vor Ort tätigen Personen ist der letzte, aber sehr bedeutende Schritt zur erfolgreichen Lärmvermeidung.

In Zusammenarbeit mit einem akkreditierten Gutachter für Akustik, Schall- und Erschütterungsschutz, sind technische Mindestmaßnahmen auf Basis eines schallschutztechnischen Gutachtens erarbeitet worden, um das innerstädtische Geothermievorhaben am Standort Michaelibad im 24 h Regelbetrieb

durchführen zu können. Diesbezüglich wird zwischen den notwendigen Maßnahmen, die den gesamten Bohrplatz betreffen (z.B. Schallschutzwand), sowie Maßnahmen, die an der Bohranlage berücksichtigt werden müssen und zusätzliche Maßnahmen, um alle Arbeiten (Sonderbetriebszustände) abseits des Bohrens und Trippens (Ein- und Ausfahrt des Bohrstrangs aus dem Bohrloch) zu ermöglichen, unterschieden.

1. EINLEITUNG

Die Stadtwerke München haben sich zum Ziel gesetzt, die Fernwärme bis spätestens 2040 CO₂-neutral zu erzeugen. Eine Schlüsselrolle wird dabei der tiefen Geothermie zuteil, indem die günstigen geologischen Gegebenheiten unterhalb der Stadt München in ca. 3.000 m Tiefe zur Wärmegewinnung erschlossen werden. In diesem Zusammenhang soll am westlichen Rand des zum Michaelibad gehörenden Freigeländes eine Geothermieanlage mit insgesamt acht Bohrungen realisiert werden. Westlich dieses Standortes befindet sich in ca. 110 m Abstand die Wohnbebauung an der Hofangerstraße (Immissionspunkt 1) und nördlich in ca. 200 m Abstand zum nördlichsten Bohrpunkt die Wohnbebauung an der Heinrich-Wieland-Straße (Immissionspunkt 2).

Im Zuge einer vorangegangenen Prozessanalyse, wurde ein detaillierter Überblick über geräuschintensive und auch weniger geräuschintensive Prozesse auf dem Bohrplatz während eines aktiven Bohrprojektes erarbeitet. Die aus der Prozessanalyse abgeleiteten Maßnahmen zur Minderung der Lärmemissionen, können in technische, organisatorische und planungstechnische Maßnahmen unterteilt werden. Die Einhausung von Lärmquellen fällt beispielsweise unter die Kategorie „technische Maßnahmen“. Organisatorische Maßnahmen decken vor allem jene Emissionsquellen ab, die nicht oder nur schwer durch technische Vorkehrungen beseitigt oder reduziert werden können. Hierbei handelt es sich z.B. um Gebote und Verbote, wie langsamer mit dem Hebewerk zu fahren. Planungstechnische Maßnahmen

umfassen beispielsweise die zeitliche Verschiebung von Arbeitsvorgängen in eine weniger lärmkritische Arbeitszeit, was sich unter Gesichtspunkten der Bohrlochsicherheit häufig als schwer umsetzbar herausstellt. Schulung und Sensibilisierung ist der letzte, aber sehr bedeutende Schritt zur erfolgreichen Lärmvermeidung. Dieser Schritt umfasst das Schaffen eines Bewusstseins für die Lärmentwicklung bei allen Projektbeteiligten, v.a. den auf der Bohrlokation tätigen Mitarbeiter*innen.

Gegenstand der vorliegenden Ausarbeitung ist die Darlegung von zu realisierenden allgemeingültigen, bohranlagenunabhängigen technischen Mindestmaßnahmen, die den gesamten Bohrplatz, sowie ausgewählte Komponenten der Bohranlage betreffen, um einen sicheren Betrieb der Bohranlage zu jeder Tages- und Nachtzeit, unter Berücksichtigung geltender Richtlinien und Gesetze, zu gewährleisten. Des Weiteren werden zusätzliche Maßnahmen, um alle Arbeiten (Sonderbetriebszustände) abseits des Bohrens und des Trippens zu ermöglichen, vorgestellt. Um bei aktiven Bohrprojekten unmittelbar auf den betrieblichen Ablauf steuernd einwirken zu können, ist es notwendig, ein geeignetes Geräusch-Überwachungssystem zu installieren. Dieses ist nicht inhaltlicher Bestandteil des Konferenzbeitrags. Jedoch wurde dieses in der Ausarbeitung des Lärmvermeidungskonzepts berücksichtigt.

2. RICHTLINIEN, BEGRIFFLICHKEITEN & ZU BETRACHTENDE BETRIEBSZUSÄTZE

Nachfolgend erfolgt ein zusammengefasster Überblick über die dem Lärmvermeidungskonzept zugrundeliegenden Richtlinien und Begrifflichkeiten.

2.1 Richtlinien und Immissionsrichtwerte

Die zulässigen Immissionswerte sowie die Auswahl der zu berücksichtigenden Immissionsorte sind in der „TA Lärm“ (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm) Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz vom 26.08.1998 Gem. Min. BI. Nr. 26 definiert. Mit den zulässigen Immissionswerten ist der Beurteilungspegel L_r der jeweiligen Beurteilungszeit (Tageszeit oder Nachtzeit) zu vergleichen.

Nach „Nr. 6.1 TA Lärm“ ist zum Schutz der Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Geräusche sicherzustellen, dass der Beurteilungspegel L_r an Immissionsorten außerhalb von Gebäuden einen der folgenden Immissionsrichtwerte nicht überschreitet:

in allgemeinen Wohngebieten und Kleinsiedlungsgebieten (WA, WS):

- tags 55 dB(A)
- nachts 40 dB(A)

in reinen Wohngebieten (WR):

- tags 50 dB(A)
- nachts 35 dB(A)

Die Immissionsrichtwerte beziehen sich auf folgende Zeiten:

- tags 06:00 bis 22:00 Uhr
- nachts 22:00 bis 06:00 Uhr

Maßgebend für die Beurteilung der Nacht ist die volle Nachtstunde mit dem höchsten Beurteilungspegel, zu dem der Betrieb der Anlage relevant beiträgt ("lauteste" Nachtstunde).

2.2 Begrifflichkeiten

Zum besseren Verständnis der definierten technischen Schallschutzmaßnahmen werden die folgenden Geräuschkennwerte kurz erläutert:

Schalldruckpegel $L_{AF}(t)$ (ugs. Geräuschpegel)

Die Wahrnehmung unterschiedlicher Lautstärken durch das menschliche Gehör lässt sich durch den Schalldruckpegel beschreiben. Bei Zu- oder Abnahme des Schalldruckpegels erhöht oder verringert sich die Lautstärke des durch den Menschen wahrgenommenen Schallereignisses.

Da das menschliche Gehör Töne unterschiedlicher Frequenz bei gleichem Schalldruckpegel als verschieden laut empfindet, ist die Wahrnehmung von Lautstärke und Schalldruckpegel auch frequenzabhängig. Bei der Messung von Schalldruckpegeln werden die Geräusche daher häufig frequenzabhängig gefiltert, um Schallereignisse hinsichtlich der menschlichen Wahrnehmung zu bewerten. Unter Akustikern findet dabei die sogenannte A-Bewertung des Schallpegels ihre Anwendung. Infolgedessen wird der Schalldruckpegel in dB(A) gemessen.

Zur Bewertung des Messergebnisses hinsichtlich einer Aussage über die Stärke einer Schallquelle, muss die Entfernung zwischen Geräuschursprung und Messpunkt angegeben werden.

Mittelungspegel L_{Aeq}

Zur besseren Bewertung von zeitlich schwankender einzelnen Schalldruckpegeln wird dessen zeitlicher Mittelwert (Mittelungspegel) L_{Aeq} gebildet. (Der Index „eq“ steht für „energieäquivalent“, die Mittelung erfolgt also nicht arithmetisch über den Zahlenwert des Schallpegels, sondern über die mit dem Zahlenwert verbundene Schallenergie am Messpunkt).

Beurteilungspegel L_r

Der Beurteilungspegel ist die maßgebliche Größe zur objektiven Bewertung der Lärmbelästigung. Dieser Wert wird verwendet zur Überprüfung der Einhaltung des Immissionsrichtwertes. Der Beurteilungspegel wird aus dem Mittelungspegel L_{Aeq} des zu beurteilenden Geräusches und gegebenenfalls aus Zuschlägen für Störwirkungen während jeder Beurteilungszeit gebildet.

Immissionsrichtwert

Immissionsrichtwerte geben die Schutzbedürftigkeit eines Immissionsortes wieder und beziehen sich auf den Beurteilungspegel. Es handelt sich dabei nicht

zwangsläufig um einen Grenzwert der Zumutbarkeit. Eine Vielzahl von unterschiedlichen Faktoren, die das Störfinden des Menschen beeinflussen, geht in das Ergebnis des Beurteilungsverfahrens ein.

Schalleistungspegel L_w

Der Schalleistungspegel L_w kennzeichnet das Vermögen einer Schallquelle bestimmte Schalldruckpegel in der Umgebung der Quelle zu erzeugen. Ein Schalleistungspegel kann nicht direkt gemessen werden, sondern wird in der Regel über die Messung von Schalldruckpegeln auf einer Hüllfläche um die Schallquelle ermittelt. Der Schalldruckpegel einer Schallquelle hängt wesentlich von der Größe des Schalleistungspegels sowie der Richtwirkung und der Entfernung vom Ort der Schallquelle ab. Weitere Effekte, wie der Raumwinkel, in den eine Schallquelle abstrahlt, die frequenzabhängige Luft- und Bodendämpfung beeinflussen die Höhe des Schalldruckpegels.

Der Schalleistungspegel ist ein Kennwert zur Charakterisierung von Geräuschemissionen eines Aggregates (Schallquelle).

Emissionswirksamer Schalleistungspegel $L_{w,em}$

Schallquellen, die gekapselt sind, und deren dazugehörige Schalleistungspegel können durch eine emissionswirksame Schalleistung (Schalleistung des Aggregats abzüglich der Reduktion der Kapsel) charakterisiert werden. Schallquellen, die durch eine Schallschutzwand abgeschirmt werden, werden besser durch einen charakteristischen Messpunkt beschrieben. Hierbei sind Entfernung und Höhe zur Schallquelle mit anzugeben.

Einfügungsdämm-Maß R_E –

„Schalleistungspegelminderung“

Das Einfügungsdämm-Maß R_E ist die Differenz des Schalleistungspegels eines Aggregats ohne und mit technischen Schallschutzmaßnahmen.

Schalldämm-Maß R

Das Schalldämm-Maß R ist ein logarithmisches Maß und charakterisiert das Vermögen eines Bauteils oder Übergangs zwischen zwei schallführenden Medien, den Schall zu dämmen. Je höher das Schalldämm-Maß R , desto besser ist das Schalldämmvermögen.

Flächenbezogene Masse

Die Schalldämmung einschaliger homogener Bauteile hängt im Wesentlichen von der flächenbezogenen Masse ab: Je höher sie ist, desto höher ist auch das bewertete Schalldämm-Maß R .

Schallabsorptionsgrad α

Der Schallabsorptionsgrad α gibt an, wie groß der absorbierte Anteil des gesamten auf eine Fläche einfallenden Schalls ist. Bei $\alpha = 1$ wird der komplette einfallende Schall absorbiert, bei $\alpha = 0$ vollständig reflektiert.

2.3 Betriebszustände

Die Geräuschentwicklung von Tiefbohranlagen kann im Verlauf eines Tages sehr unterschiedliche Intensität aufweisen, da verschiedene Betriebszustände oder Betriebsphasen vorherrschen.

Ein laufendes Bohrprojekt kann in vier Hauptbetriebszustände mit dazugehörigen Prozessen unterteilt werden. Diese sind in Tabelle 1 aufgelistet.

Tabelle 1: Betriebszustände und dazugehörige Prozesse

Nr.	Betriebszustand
1	Auf-, Um- und Abbau Bohranlage
	Aufbau Bohranlage
	Umbau Bohranlage (Skidden)
2	Abbau Bohranlage
	Trippen
	Einsingeln Gestänge
	Aufnahme und Einbau Bottom Hole Assembly
	Ausbau und Ablegen Bottom Hole Assembly
	Gestänge Einbau (trocken)
	Gestänge Einbau (drehend spülend)
	Check Trip
	Gestänge Ausbau (trocken)
	Gestänge Ausbau (drehend spülend)
	Abtasten Bohrlochsohle und paralleler Spülsaustausch
	Einbau Säurestrang
	Ausbau Säurestrang
	Einbau Airlift Strang
Ausbau Airlift Strang	
3	Bohren
	Rotary Bohren
	Richtbohren
	Nachräumen und Nachsetzen
4	Aufbohren Rohrschuh
	Sonderbetriebszustände
	An- und Abtransporte
	Einbau Casing / Liner
	Ablegen Absetzrohr, Demontage Riser und Montage Bodenflansch
	Zementation
	Warten auf Zement
	Säuerung
	Geophysikalische Bohrlochmessungen
	Aufbau BOP inkl. Funktionstest
	Drucktest BOP
	Aufbau IPS Arbeiten
Kurzzeitpumpversuch	
Aufspiegelung	

2.3.1 Betriebszustand Auf-, Um- und Abbau

Dieser Betriebszustand zeichnet sich durch ein großes Potential für Emissionen an impulshaltigen Geräuschen durch Schlag- und Stoßbewegungen aus. Anhang A beinhaltet eine tabellarische Übersicht über diverse geräuschintensive Arbeitsschritte während des Auf-, Um und Abbaus.

2.3.2 Betriebszustand Trippen

In diesem Betriebszustand kommt es auf die gewählte Art und Weise des Ein- oder Ausbaus (trocken, spülend oder spülend-drehend) und den zu betrachtenden Abschnitt des Einbaus (z.B. Aufnahme BHA, Einbau im Futterrohr, etc.) an. Hierbei kommt es insbesondere vermehrt zu Impulsgeräuschen durch: die Bewegung des Gestänges, das Entschrauben (Brechen) der Gestängeverbindungen, der Aufnahme des Gestänges durch den Elevator, der Antriebs- und Arbeitsgeräusche des automatischen Rohrtransportsystems sowie durch Aneinanderschlagen von Stangen im Bereich des Bohrmastes und des Rohrtransportsystems (Gestängelager, Laufsteg und Rutsche). Einer deutlich geringeren Aktivität des Drehkopfantriebs (Top Drive System) steht ein stärkerer Einsatz des Hebwerks gegenüber. Für die Aufnahme und das Ablegen der Bottom Hole Assembly (BHA) muss berücksichtigt werden, dass für diverse Arbeitsschritte ggf. ein Kran benötigt wird. Anhang B beinhaltet eine tabellarische Übersicht über geräuschintensive Arbeitsschritte während des Betriebszustands "Trippen".

2.3.3 Betriebszustand Bohren

Ein Zyklus des Betriebszustandes „Bohren“ besteht aus dem Bohrvorgang und dem Nachsetzen des ein- bis dreizügigen Gestänges. Der elektrisch oder hydraulisch angetriebene Kraftdrehkopf erzeugt die Drehbewegung des Bohrgestänges. Die Spülflüssigkeit wird durch elektrisch angetriebene Spülpumpen zirkuliert und die Aufbereitung der Spülflüssigkeit erfolgt im Feststoffkontrollsystem u.a. durch Schüttelsiebe. Die Reinigungsstufen mittels Degasser, Desander und Desilter sind schalltechnisch nicht relevant. Als weiterer Aufbereitungsschritt mit relevanter Geräusentwicklung ist der Einsatz von Zentrifugen zu nennen. Die anfallenden Feststoffe werden mittels Lkw abtransportiert. Anhang C beinhaltet eine tabellarische Übersicht über geräuschintensive Arbeitsschritte während dem Betriebszustand "Bohren".

2.3.4 Sonderbetriebszustände

Neben den Betriebszuständen „Trippen“ und „Bohren“ gibt es eine Vielzahl weiterer Arbeiten am Bohrplatz für die zusätzliches Equipment und entsprechende Geräuschquellen zu berücksichtigen sind. Alle diese Arbeiten sind gesammelt unter dem Begriff Sonderbetriebszustände dargestellt. Während diesen Betriebszuständen ist auf dem Gelände zusätzlich mit weiteren Geräusentwicklungen durch Maschinen wie Pumpen, Kompressoren, Kräne, Lkw-Motoren, Rührwerken, etc. sowie Arbeitsgeräuschen wie Hämmern, Schneiden, etc. zu rechnen. Viele dieser Arbeiten können auch parallel zu laufenden Bohrarbeiten oder zum Trippen stattfinden.

3. TECHNISCHE MAßNAHMEN ZUR LÄRM-VERMEIDUNG IN DEN VERSCHIEDENEN BETRIEBSZUSTÄNDEN

Es wird zwischen den nötigen Maßnahmen, die den gesamten Bohrplatz betreffen (z.B. Schallschutzwand), sowie Maßnahmen, die an der Bohranlage berücksichtigt werden müssen und zusätzliche Maßnahmen, um alle Arbeiten (Sonderbetriebszustände) abseits des Bohrens und Trippens zu ermöglichen, unterschieden.

3.1 Schallschutzgutachten

Im Zuge eines Schallschutzgutachtens wurden Maßnahmenkonzepte für unterschiedliche Tiefbohranlagen zur Einhaltung der Anforderungen des Geräuschimmissionssschutzes untersucht. Dabei wurde der Beurteilungspegel für acht verschiedene Varianten, zusammengesetzt aus unterschiedlichen schallschutztechnischen Minderungsmaßnahmen, für die Betriebszustände Bohren, Roundtrip und ausgewählte Sonderbetriebszustände simuliert. Die einzige Variante, bei welcher alle simulierten Beurteilungspegel (L_r) an den beiden projektspezifischen Immissionsorten unter den Immissionsrichtwerten für die Nacht und den Tag liegen ist Variante 8. Diese bildet die Grundlage für die bohranlagenunabhängigen Mindestmaßnahmen.

Variante 8 berücksichtigt folgende technische Minderungsmaßnahmen:

- Lärmschutzwand (LSW) (10 m) mit Tor geschlossen
- Schirm Powerpack D Seite (LSW 12 m)
- Einhausung / Vollkapsel Spülpumpen
- Umhausung Mast
- Reduz. Höhe Bohrplattform (sofern möglich)
- Emissionsreduzierte Substitute der Standard-Schüttelsiebe
- Lärmindernde Maßnahmen Pipe-Rack / Rohrlager
- Lokale Quellenabschirmung und -dämmung

Die technisch notwendigen Mindestmaßnahmen basierend auf den Simulationsergebnissen aus Variante 8 sind in den Kapiteln 3.2, 3.3 und 3.4 zusammengefasst.

3.2 Mindestanforderungen Bohrplatz - Lärmschutzwand

Zur Gewährleistung einer generellen Abschirmung der bodennahen Geräuschquellen am Bohrplatz ist eine mindestens 10 m hohe, den Bohrplatz umlaufende Lärmschutzwand vorzusehen. Bodennahe kontinuierliche Schallquellen in einer maximalen Höhe von bis zu 3 m in größerer Zahl (≤ 10) können ohne weitere schallschutztechnische Maßnahmen betrieben werden, wenn sie einen emissionswirksamen Schalleistungspegel von $L_{W,em} \leq 80$ dB(A) aufweisen. Impulsartige Vorgänge auf dem Bohrgelände innerhalb der umlaufenden Schallschutzwand dürfen einen maximalen Schalleistungspegel $L_{W,max} = 115$ dB(A) bei einer Schallquellenhöhe von

maximal 3 m nicht überschreiten. Der maximal zulässige Schalleistungspegel von ≤ 75 dB(A), ist die obere zulässige Grenze für Antriebe bzw. Aggregate in einer Höhe > 3 m, für die keine weiteren technischen Schallschutzmaßnahmen nötig sind.

Simulationen mit Lärmschutzwänden mit einer Höhe von bis zu 20 m wurden ebenfalls durchgeführt. Generell kann festgehalten werden, dass eine höhere Schallschutzwand besseren Schallschutz bietet, wobei eine signifikante Verbesserung des Schallschutzes bis zu einer Höhe von ca. 14 m zu verzeichnen ist. Dies gilt einschränkend für den Top Drive, da dieser aufgrund der Quellenhöhe von einer Lärmschutzwand i.d.R. nicht abgeschirmt wird. Die technischen Mindestanforderungen an, die den Bohrplatz umlaufende Lärmschutzwand sind in Tabelle 2 beschrieben.

Tabelle 2: Lärmschutzwand Mindestanforderungen

Equipment / Parameter	Vorgaben
Ausführung	umlaufend, anlagenseitig schallabsorbierend
Höhe	≥ 10 m
Schalldämm-Maß der Wandelemente	≥ 25 dB
Schallabsorptionsgrad der anlagenseitigen Bekleidung	$\alpha \geq 0,6$
Elektrisches Zufahrtstor Anm.: Im Falle eines Stromausfalles, muss das Zufahrtstor manuell geöffnet werden können.	mind. 1 Stk. mind. 5 m Höhe (LKW-Zufahrt) ca. 5 - 7,5 m Breite; kurzfristiges Öffnen gestattet, sofern Messwert des Dauermesspunktes auf Betriebsgelände ≥ 10 dB(A) unterhalb des max. zu erwartenden Geräuschpegels liegt

3.3 Schallschutztechnische Mindestanforderungen Bohranlagen

Die geforderten schallschutztechnischen Mindestanforderungen an die Bohranlage zur Gewährleistung eines potenziell möglichen 24 h-Tages- und Nachtbetriebs der Bohrarbeiten sind in Tabelle 3 zusammengefasst. Der generelle Umfang der Maßnahmen und ihre grundsätzliche Durchführbarkeit, wurden zusammen mit einem akkreditierten schallschutztechnischen Gutachter und diversen Bohranlagenherstellern erarbeitet.

Tabelle 3: Schallschutztechnische Mindestanforderungen Bohranlagen

Komponente	Vorgaben
Mast inkl. Arbeitsbühne	Umhausung
Hebewerk	Einhausung

Schüttelsiebe	Abschirmmaßnahmen → Weitgehende Abschirmung die nach oben offen ist
Spülpumpen	Einhausung aller oder Kapseln der einzelnen Spülpumpen
Transformatoren, Hydraulik Power Unit, Zentrifugen etc.	Lärmarme Ausführung der Container durch z.B. Lüftung mit Kulissenschalldämpfern (zu dimensionieren)
Hilfspumpen (Mischpumpen, Hopper, Ladepumpen, etc.)	Kapseln je nach Emission
Hebesystem, Pipe Rack, Catwalk, Rutsche, Elevatoren, Iron Roughneck, etc.	Geräuscharme Ausführung des Hebesystems, Beschichten der Kontaktpunkte mit „weichen“ Materialien

3.3.1 Mast inkl. Arbeitsbühne

Eine Umhausung muss entsprechend ihrer standardmäßigen Auslegung verskidbar sein und darf keinen Einfluss auf die ausgelegte Hakennenn-, Hakenregel- und Hakenausnahmelast sowie die Regulierungen bei Windaufkommen haben.

Die schallschutztechnischen Mindestanforderungen an die Umhausung, um eine ausreichende Lärmdämmung der Arbeiten im Mast und auf der Arbeitsbühne zu gewährleisten sind in Tabelle 4 zusammengefasst.

Tabelle 4: Schallschutztechnische Mindestanforderungen Umhausung Mast inkl. Arbeitsbühne

Equipment / Parameter	Vorgaben
Ausführung	Vollumhausung (geschlossen auf allen vier Seiten) des Mastes inkl. der Arbeitsbühne unter Einhaltung aller HSE Aspekte
Höhe	mindestens bis zum oberen Ende des Bewegungsbereichs des Top Drives
Schalldämm-Maß der Wandelemente	≥ 25 dB
Schallabsorptionsgrad der innenseitigen Bekleidung	$\alpha \geq 0,6$

Für den Fall, dass aufgrund lärmtechnischer Vorteile beschlossen wird, die Masthöhe zu reduzieren (z.B. 2 Züge anstelle von 3 Zügen), soll die Umhausung so flexibel ausgelegt sein, dass diese ebenfalls, falls nötig; gekürzt werden kann bzw. den Betrieb mit reduzierter Masthöhe nicht beeinträchtigt. Der Verbau transparenter Schallschutzelemente zur Zuführung von Tageslicht kann berücksichtigt werden (Fläche $\leq 5\%$ @ $\alpha = 0$). Bei nach unten offenen Arbeitsbühnen

(Gitterboden), soll der Boden ganzflächig unter der Einhaltung aller HSE-Vorgaben mit rutschfesten, schalldämmenden Matten ausgelegt werden. Vibrationsintensive Aggregate, wie zum Beispiel eine Hydraulic Power Unit (HPU) sind von der Umhausung zu entkoppeln. Für Kabel und Seile, die durch die Umhausung dem Inneren zugeführt werden, sind Schallschleusen zu berücksichtigen. Zur Zufuhr von Equipment sowie Bohrgestänge sind Tore/Luken einzuplanen, die geöffnet und geschlossen werden, ohne dass es bei laufenden Arbeiten zu Zeitverzögerungen kommt. Für Bohranlagen mit einem automatischen Pipe-handling System oder fest verbauten Kränen (z.B. Palfinger) auf der Arbeitsbühne müssen ebenfalls schallschutztechnische Anpassungen berücksichtigt werden (z.B. erweiterte Umhausung, mit einem nach unten hin begrenzten offenen Korridor, welcher im bodennahen Bereich Aussparungen zur Zu- und Abfuhr von Gestänge bzw. Equipment vorsieht). Zur Erfüllung aller HSE-Vorgaben ist evtl. ein aktives Belüftungssystem zu berücksichtigen und vorab zu klären, dass es nicht zu einem ungewünschten Kamineffekt im Inneren der Umhausung kommt.

3.3.2 Hebewerk, Spülpumpen, Transformatoren, Hydraulic Power Unit, Zentrifugen, Hilfspumpen (Mischpumpen, Ladepumpen, etc.) etc.

Für die genannten Aggregate sind die schallschutztechnischen Mindestanforderungen an Kapselungen und Einhausungen in Tabelle 5 zusammengefasst.

Tabelle 5: Schallschutztechnische Mindestanforderungen Kapselungen / Einhausungen

Equipment / Parameter	Vorgaben
Ausführung	Einhausung aller oder Kapselung einzelner Aggregate
Schalldämm-Maß der Wandelemente	≥ 35 dB
Schallabsorptionsgrad der innenseitigen Bekleidung	$\alpha \geq 0,8$

Für Aggregate, die an der Außenseite einer Kapselung oder Einhausung installiert sind und über Öffnungen im Mantel der Kapsel oder Einhausung für eine aktive Frischluftzufuhr bzw. Kühlung des Innenraumes sorgen, sind ebenfalls Schallschutzmaßnahmen in Form von z.B. Kulissenschalldämpfern vorzusehen. Öffnungen, die z.B. zum Durchführen von Kabeln, Rohrleitungen, etc. gebraucht werden, sind so zu gestalten, dass durch Schallschleusen die Kapselwirkung nicht geschwächt wird. Gestaltungsmaßnahmen für Öffnungen sind in Tabelle 6 zusammengefasst. Bei Einhausungen sind Türen und evtl. Notausgänge entsprechend den HSE Vorschriften vorzusehen.

Tabelle 6: Schallschutztechnische Maßnahmen an Öffnungen, aktiven Belüftungs- und Kühlsystemen

Equipment / Parameter	Vorgaben
Benötigte Öffnung für z.B. Kabel- oder Seildurchführungen	Berücksichtigung von Schallschleusen
Benötigte aktive Belüftung oder Kühlung des Kapselinnenraumes	Berücksichtigung von Kulissenschalldämpfern mit Schalldämm-Maß ≥ 35 dB

Auf spezielle Anforderungen für relevante ausgewählte Aggregate wird nachfolgend eingegangen.

3.3.2.1 Hebewerk

Sofern eine Kapselung des Hebewerks bereits vorhanden ist, so ist diese hinsichtlich ihrer schallschutztechnischen Eignung zu prüfen. Falls das Hebewerk Teil des Mastes ist und innerhalb der vorausgesetzten Vollumhausung des Mastes liegt, kann von einer weiteren zusätzlichen Vollkapselung des Hebewerks abgesehen werden. Handelt es sich um ein hydraulisch betriebenes Hebewerk müssen für die damit zusammenhängenden Elemente, wie z.B. der HPU, gesonderte schallreduzierende Optimierungsmaßnahmen getroffen werden.

3.3.2.2 Spülpumpen

Im Fall einer Einhausung aller Spülpumpen in Form eines Pumpenhauses gilt, dass dieses so zu dimensionieren ist, dass Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten zu jederzeit der Bohrarbeiten durchführbar sind. Beim Verskidden der Bohranlage, verbleibt das Pumpenhaus in Abhängigkeit des Designs des Pumpenhauses, voraussichtlich am selben Ort. Diesbezüglich sind Zu- und Ableitungen zu verlängern und etwaige erhöhte Druckverluste im obertägigen Leitungssystem zu berücksichtigen. Der geforderte, nach außen wirksamer Schallleistungspegel für die Spülpumpen im Inneren des Pumpenhauses beträgt ≤ 80 dB(A).

3.3.2.3 Transformatoren, Hydraulic Power Unit, Zentrifugen, etc.

Die meisten Aggregate in Container-Bauweise sind schon entsprechend ausgelegt und es muss nur noch z.B. bei Zu- und Abluft nachgebessert werden, um den Mindestanforderungen zu entsprechen. Es gilt, einen nach außen wirksamen Schalleleistungspegel von ≤ 80 dB(A) zu berücksichtigen.

3.3.2.4 Hilfspumpen (Mischpumpen, Hopper, Ladepumpen, etc.)

Für die auf der Anlage vorhandenen Hilfspumpen gilt, dass für diese eine lärmarme Ausführung vorgesehen werden soll und eventuell, abhängig von der Emission der jeweiligen Pumpe, eine Teilkapselung erforderlich sein kann. Für Hilfspumpen gilt ein nach außen wirksamer Schalleleistungspegel von ≤ 75 dB(A). Ein

Überblick über die üblicherweise auf einer Bohranlage vorhandenen Hilfspumpen ist in Tabelle 7 gegeben.

Tabelle 7: Überblick, üblicherweise auf einer Bohranlage vorhandener Hilfspumpen

Pumpe	Anzahl
Transferpumpen bei den Schüttelsieben	ca. 2 Stk.
Transferpumpe bei jedem Tank	Bohranlagenabhängig
Hopper Pumpe	ca. 1 Stk.
Ladepumpen für die Spülpumpen (evtl. bei der Einhausung der Spülpumpen inkludiert)	ca. 3 Stk.
Entgaser Pumpe	1 Stk.

3.3.3 Schüttelsiebe

Zur effektiven Reduzierung von Geräuschemissionen ist die Installation einer zusätzlichen Schallschutzwand um konventionelle Schüttelsiebe notwendig. Außerdem bedarf es der Entkoppelung dieser Schüttelsiebe von der Sandfalle (siehe Tabelle 8). Die schallschutz-technischen Mindestanforderungen und Maßnahmen für Durchführungen / Öffnungen in der Schallschutzwand um die Schüttelsiebe sind Kapitel 3.3.2 zu entnehmen.

Konventionelle Schüttelsiebe sind eine bedeutende Quelle tieffrequenter Schallabstrahlung. Da diese häufig auf bzw. mit der Sandfalle kraftschlüssig verbunden sind, ist eine unmittelbare Körperschallübertragung der tieffrequenten Schwingungen der Schüttelsiebe auf die großflächigen Strukturen der Sandfalle möglich. Trotz des Einsatzes einer abschirmenden Schallschutzwand um die Standard Shale Shaker Systeme, ist mit tieffrequenten Geräuscheinwirkungen an den Immissionsorten zu rechnen. Zur weiteren Reduzierung der Geräuschemissionen sollen emissionsreduzierte Substitute (siehe Tabelle 9) der konventionellen Schüttelsiebe eingesetzt werden.

Tabelle 8: Schallschutztechnische Mindestanforderungen Schallschutzwand Schüttelsiebe

Equipment / Parameter	Vorgaben
Ausführung	Allseitige Schallschutzwand, nach oben offen ⁽¹⁾
Höhe	+5 m ab Oberkante Schüttelsiebe
Länge	Umfang Schüttelsiebe+ Bewegungsfreiheit bei Wartung und Instandhaltung
Entkoppelung	Tragenden Struktur der Schüttelsiebe von darunterliegenden Sandfalle ⁽²⁾
Max. Abstand zum Shale Shaker Gestell	1 m

Schalldämm-Maß der Wandelemente	≥ 25 dB
Absorptionsgrad der anlagenseitigen Bekleidung	$\geq 0,6$
⁽¹⁾ Paneelbauweise, verbleibt beim Skidden der Bohranlage voraussichtlich am Ort ⁽²⁾ Verpflichtend beim Einsatz konventioneller Shaker Systeme und optional beim Einsatz emissionsreduzierter Modelle ohne tieffrequente Schwingungsbereiche	

Tabelle 9: Schallschutztechnische Mindestanforderungen Substitute konventionelle Schüttelsiebe

Equipment / Parameter	Vorgaben
Optional: Ausführung	Emissionsreduziertes Substitut
Funktionsweise	Vakuum-unterstützt
Abmaße	Unter Einhaltung der Kompatibilität mit Bohranlage
Tiefste zulässige Schwingfrequenz	≥ 90 Hz

3.3.4 Hebesystem, Pipe Rack, Catwalk, Rutsche, Elevatoren, Iron Roughneck, Umlagerung Gestänge, etc.

Die Mindestmaßnahmen für potenzielle Metall auf Metall Kontaktpunkte (z.B. das Pipe Handling System) sind in Tabelle 10 zusammengefasst.

Tabelle 10: Schallschutztechnische Mindestanforderungen Pipe-Handling-System

Equipment / Parameter	Einheiten
Potenzielle Metall auf Metall Kontaktpunkte	Beschichtung der Kontaktpunkte mit weichem, elastischem, rutschfestem ⁽¹⁾ und temperaturbeständigem ⁽²⁾ Material
⁽¹⁾ Gilt für begehbare Flächen ⁽²⁾ Ausgelegt für einen Temperaturbereich entsprechend der vorgesehenen Arbeiten und zu erwartenden Außentemperaturen	

Zusätzlich sind für freistehende Schallkörper rückseitige Beschichtungen (sog. Antidröhnbeläge) und ggf. auch Körperschallabsorbierende Zwischenschichten zu berücksichtigen, um Stoßgeräusche zu dämpfen. Hierzu zählt beispielsweise eine zweilagige Bauart der Rutsche oder des Laufstegs. Sofern das Gestänge beim Ein- bzw. Ausbau in den Boxen abgelegt werden muss, sind Lösungen mit elastischen Zwischenschichten beim Ablegen des Gestänges in den Boxen vorzusehen. Gabelstapler sind mit einem entsprechend beschichteten Rohrgreifer (Pipe Grappler) auszurüsten. Die Verwendung von elektrisch betriebenen Gabelstaplern ist eine Mindestanforderung.

3.4 Mindestmaßnahmen Sonderbetriebszustände

Da aus bohrlochsicherheitstechnischen Gründen z.B. eine Zementation oder Stimulation nicht grundsätzlich in die Tageszeit verschoben werden kann oder sich laufende, operative Arbeiten bis in die Nacht hinein verzögern, müssen entsprechende technische Mindestmaßnahmen getroffen werden, um ggf. zu jeder Tages- und Nachtzeit relevante Arbeiten durchführen zu können. Nachfolgend werden Maßnahmen für ausgewählte Sonderbetriebszustände vorgestellt.

3.4.1 Zementation-, Säuerung-, Logging-Arbeiten

In diesem Zusammenhang sind Mobile Trucks (z.B. Twin Pumpentruck) und Vormischtanks hervorzuheben. Wenn die bodennahen Aggregate nicht in lärmarmen Ausführung ($L_{W,em} < 80 \text{ dB(A)}$) zu stellen sind, dann liegt die Obergrenze des erlaubten Schalleistungspegels eines bodennahen Aggregates unter Berücksichtigung der nachfolgend angeführten Schallschutzmaßnahmen bei $L_{W,em} \leq 105 \text{ dB(A)}$.

Vorzusehen sind wie, in Tabelle 11 beschrieben, mindestens zwei U-förmige zu einer Seite offene (mobile) Garagen inkl. Überdachung. An der Innenseite sollen Schallschutzmatten rundum bis zum Boden einfach befestigt werden können (z.B. Gürtelschnallen). Eine deckenseitige Befestigung von Schallschutzmatten ist nicht zwingend erforderlich, jedoch von Vorteil. Leichte absorbierende Materialien, wie z.B. Mineralfaserplatten sind hierfür ausreichend. Für Beleuchtung und Möglichkeiten zum Ableiten von Abgasen ist zu sorgen.

Tabelle 11: Mindestmaßnahmen bodennahe Aggregate ($80 \text{ dB(A)} \leq L_{W,em} \leq 105 \text{ dB(A)}$)

Equipment / Parameter	Vorgaben
Garage #1 (LKW-Garage)	Innenmaße mind. 15 x 4 x 5 m (L x B x H)
Garage #2 (Vormischtank Garage)	Innenmaße mind. 5 x 4 x 4 m (L x B x H)
Mobile Schallschutzmatten	- Wetterbeständig und wasserabweisend - $R \geq 14 \text{ dB}$ - $\alpha \geq 0,6$

3.4.2 Allgemeine Arbeiten:

Unter allgemeinen Arbeiten sind Arbeiten wie Auf- und Umbau BOP, Drucktests, Rohrreinigungsarbeiten, Werkstattarbeiten, etc. zu verstehen. Für solche Arbeiten, bei denen lärm erzeugendes Equipment benutzt wird, wie z.B. Hochdruckpumpen zum Verschrauben des BOPs oder Wellhead, und für Arbeiten, bei denen es keine lärmarme Ausführung gibt, sollen allgemeine technische Schallschutzlösungen vorgehalten werden.

3.4.2.1 Mobile Schallschutzwand

Als grundsätzliche Mindestmaßnahme muss für unvorhergesehene lärmende Arbeiten eine kleine Mobile Schallschutzwand vorgehalten werden. Diese

soll eine Mindesthöhe von 2,5 m haben (z.B. Bauzaun) und mit mobilen Schallschutzmatten (Mindestanforderungen Schallschutzmatten siehe Kapitel 3.4.1) behangen werden können.

3.4.2.2 Mobile Schallschutzkapsel

Für kleine laute Aggregate muss eine mobile Schallschutzkapsel bereitstehen. Diese soll so beschaffen sein, dass kurzfristige Installationen und Deinstallationen jederzeit durch das Bohranlagenpersonal ohne Zuhilfenahme von Spezialgerät möglich sind. Hierfür eignet sich z.B. eine bodenseitig offene Schallschutzkapsel, die über das entsprechende Aggregat übergestülpt werden kann oder ein kleiner Container, der entsprechend schallschutztechnisch behandelt wurde. Zur Gewährleistung der Mobilität sind z.B. Anschlagpunkte für einen Kran bzw. Gabelstapler mit Lasthaken und Taschen für die Gabeln eines Gabelstaplers zu berücksichtigen. Die schallschutztechnischen Mindestanforderungen und Maßnahmen für so eine Kapsel, sind Kapitel 3.3.2 zu entnehmen.

4. ORGANISATORISCHE MAßNAHMEN UND HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

Ziel der organisatorischen Maßnahmen und Handlungsempfehlungen ist es, das Personal auf der Bohrlokation zu lärmarmen Arbeitsweise zu motivieren. Grundsätzlich hat jeder Akteur der Bohr-, Service- und Drittfirmen der Einhaltung sowie Umsetzung des Lärmvermeidungskonzeptes einen hohen Stellenwert einzuräumen. Vor Beginn der Bohrarbeiten ist die Realisierbarkeit der definierten organisatorischen Maßnahmen und Handlungsempfehlungen durch ein seitens aller beteiligten Gewerke oder eines Generalunternehmers erarbeiteten Konzepts zu bestätigen.

4.1 Schulung und Sensibilisierung von Personal auf der Bohrlokation

Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Schulung und Sensibilisierung von Personal auf der Bohrlokation. In diesem Zusammenhang sollen bereits während der Ausführungsplanung mit den Auftragnehmern Workshops zum Thema Lärmvermeidung abgehalten werden. Das Bohrpersoneel ist im Vorfeld und während der Bohrarbeiten täglich im geeigneten Rahmen zu sensibilisieren und etwaige Vorkommnisse sind zu analysieren. Außerdem ist sämtliches Personal, das auf der Bohrung eintrifft, im Vorfeld über das Lärmvermeidungskonzept in Kenntnis zu setzen und nochmals vor Ort zu sensibilisieren, zu schulen und einzuweisen. Weiterhin ist eine einfache, verständliche und zur Überwindung etwaiger Sprachbarrieren geeignete Symbolkarte zu verwenden. Bildschirme sind an Sammelorten zu installieren, um einen schnellen und leicht verständlichen Überblick über den aktuellen Geräuschpegel an den Emissions- und ggf. Immissionspunkten zu erhalten. Essenziell für die Einhaltung der Grenzwerte und Überprüfung der Wirksamkeit der Lärmvermeidungsmaßnahmen ist

die Berücksichtigung eines Geräusch-Überwachungssystems.

4.2 Regelungen für den Betrieb der Anlage

Wird der zulässige Geräuschpegel überschritten, sind die Arbeiten zu stoppen und die Ursachen der Überschreitung zu identifizieren. Sofern es aus HSE- und Bohrlochsicherheitsgründen zulässig ist, sind die identifizierten Ursachen zu beheben.

Bezüglich der zu erwartenden Lieferverkehre und Kfz-Verkehrsbewegungen sind ebenfalls Optimierungen vorzunehmen. Einerseits zählt dazu den Lieferverkehr möglichst werktags zwischen 07 bis 20 Uhr einzutakten andererseits sind Verkehrsbewegung möglichst gering zu halten, indem eine Befahrung der Bohranlage über Zufahrtswege nur nach Freigabe erfolgt und externe Parkplätze zum zwischenzeitlichen Aufenthalt zur Verfügung gestellt werden.

Ein weiterer kritischer Punkt ist das Handling von Gestänge, da es durch den Metall-Metall-Kontakt von Gestänge und metallischen Oberflächen zu impulshaltigen Geräuschen kommen kann. Diesbezüglich wurden dezidierte Handlungsempfehlungen abgeleitet. Beispielsweise kann das Öffnen und Schließen des Rohrgreifens zur Aufnahme und zur Ablage der Gestänge mit reduzierter Geschwindigkeit erfolgen. Das Werfen und Ziehen von Abfangeilen auf der Arbeitsbühne kann durch den Einsatz eines „Slip Lifters“ zur Minimierung von impulshaltigen Geräuschen beitragen. Geräuschemissionen durch das Hebewerk können minimiert werden, indem die Fahrgeschwindigkeit des Top Drives entlang der Führungsschiene reduziert wird.

5. FAZIT

Die vorliegende Ausarbeitung beinhaltet weitgehend bohranlagenunabhängige technische und organisatorische Mindestmaßnahmen, um ein Bohrprojekt im dicht bebauten innerstädtischen Bereich unter Gesichtspunkten des Lärmschutzes, insbesondere der TA-Lärm, erfolgreich realisieren zu können.

In diesem Zusammenhang wurden detaillierte technische Mindestanforderungen für den Bohrplatz (Lärmschutzwand) und die Bohranlage (z.B. Um- / Einhausungen für Mast inkl. Arbeitsbühne, Hebewerk, Spülpumpen, Transformatoren, etc.) definiert, indem für Schallschutzelemente neben geometrischen Mindestanforderungen auch Parameter, wie z.B. das Schalldämm-Maß und der Schallabsorptionsgrad vorgegeben oder emissionsreduzierte Substitute für die lärmkritischen Elemente aufgezeigt wurden. Für Aggregate in Container-Bauweise wie Transformatoren, Hydraulic Power Unit (HPU), Zentrifugen, etc. sind technische Schallschutzmaßnahmen in Form einer Kapselung vorzusehen. Des Weiteren wurden für Sonderbetriebszustände, wie z.B. den Zementations-, Säuerungs-, Logging-Arbeiten gezielte technische Mindestmaßnahmen herausgearbeitet. Hierzu zählt

beispielsweise eine innenseitig mit Schallschutzmatten ausgekleidete U-förmige mobile Garage.

Bezüglich der organisatorischen Maßnahmen und Handlungsempfehlungen wurden Mindestanforderungen an die Schulung und Sensibilisierung von Bohranlagenpersonal und Regelungen für den Betrieb der Anlage, wie z.B. Optimierung von Lieferverkehr und das Handling von Gestänge formuliert.

Voraussetzung für das erfolgreiche Wirksamwerden dieser Maßnahmen ist, dass diese gleichzeitig und vollumfänglich zur Anwendung kommen.

QUELLEN

ERDWERK GmbH: Zwischenbericht Machbarkeitsstudie Technischer Schallschutz - Workshops mit Bohranlagenherstellern. Projekt: Urbanes Bohren im Auftrag der Stadtwerke München GmbH. *Zwischenbericht (unveröffentlicht)*. München, (2021)

ERDWERK GmbH: Zwischenbericht Marktrecherche Technischer Schallschutz - Technische Gespräche mit Schallschutzfirmen. Projekt: Urbanes Bohren im Auftrag der Stadtwerke München GmbH. *Zwischenbericht (unveröffentlicht)*. München, (2021)

GTA Gesellschaft für Technische Akustik mbH: Schalltechnische Untersuchung zum Betrieb von unterschiedlichen Tiefbohranlagen zur Gewinnung geothermischer Energie am Standort Michaelibad, München. Im Auftrag der Stadtwerke München GmbH. *Abschlussbericht (unveröffentlicht)*. Hannover, (2021)

Dr.-Ing. Wolfgang Heitkämper und Cord Walter: Geräuschkonflikte durch Geothermie-Tiefbohrungen im städtischen Umfeld – Lösungsansätze. *Konferenzbeitrag DAGA 2021*, Wien, Österreich, (2021)

LBEG - Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie: Richtlinie für die Genehmigung von ortsveränderlichen Bohrerüsten gemäß § 12 Abs. 2 BVOT. RV 4.16, vom 05.05.2015. *Richtlinie*. Hannover, (2015)

SWM Services GmbH: Grobkostenschätzung Technischer Schallschutz – Michaelibad. *Abschlussbericht (unveröffentlicht)*, München, (2021)

SWM Services GmbH: Lärmvermeidungskonzept Technischer Schallschutz – Michaelibad. *Abschlussbericht (unveröffentlicht)*, München, (2022)

TA Lärm: Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA Lärm), vom 26. August 1998 (GMBI Nr. 26/1998 S. 503). *Verwaltungsvorschrift*. (2015)

Anhang A: Übersicht geräuschintensiver Arbeitsschritte während „Auf-, Um und Abbau“

Diverse geräuschintensive Arbeitsschritte	Geräuschart (Schlagen, Rollen, Schleifen, Motoren, Bremsen, etc.)	Impulshaltiges Geräusch	
		Ja	Nein
Aufstellen des Unterbaus	Schlagen, Schleifen, Motoren, etc.	X	
Aufstellen von Rig-Floor und Mast oder Derrick	s.o.	X	
Anbringen von Handläufen, Geländern, Treppen, Laufstegen und Leitern	s.o.	X	
Installieren des Stromsystems	s.o.	X	
Aufbau des Spülungssystems	s.o.	X	
Installieren der Hilfsausrüstung	s.o.	X	
Inspektion der Bohranlage	s.o.		X

Anhang B: Übersicht geräuschintensiver Arbeitsschritte während des Betriebszustands "Trippen"

Diverse geräuschintensive Arbeitsschritte	Geräuschart (Schlagen, Rollen, Schleifen, Motoren, Bremsen, etc.)	Impulshaltiges Geräusch	
		Ja	Nein
Ablegen von Gestängen am Gestängelager (Pipe Rack)	Schlagen, Rollen	X	
Bewegen / Positionieren von Gestängen am Gestängelager (Pipe Rack)	Schlagen, Rollen	X	
Übergeben von Gestänge am Gestängelager (Pipe Rack) an den Laufsteg	Schlagen, Rollen	X	
Verschrauben von Gestänge mit Hilfe einer Vorverschraubeinheit am Laufsteg	Schlagen, Rollen, Schleifen, Motor	(X)	(X)
Ziehen von Gestänge über den Laufsteg und die Rampe	Schleifen, Schlagen	X	
Ziehen, Aufnehmen und Ablegen von Gestänge mit Hilfe des Sekundärseilzuges bzw. des automatischen Pipe Handling Systems	Motor		X
Öffnen und Schließen des Elevators bei der Aufnahme bzw. Abgabe von Gestänge	Schlagen	X	
Werfen und Ziehen von Abfangkeilen auf der Arbeitsbühne	Schlagen	X	
Geräuschemissionen des Hebewerkes (Trommel, Bremse und Motor) zum Bewegen des Top Drives	Motor, Schleifen		X
Schleifen / Rollen durch Bewegung des Top Drives entlang der Führungsschiene	Schleifen, Rollen		X
Abschlagen von Schutzkappe auf der Arbeitsbühne von unterschiedlichem Gestänge	Schlagen	X	
Übergabe von Gestänge an und durch die Gestängeverschraubvorrichtung (Iron Roughneck)	Schlagen	X	
Ver- und Entschrauben von Gestänge mit Hilfe der Gestängeverschraubvorrichtung (Iron Roughneck)	Schleifen, Motor, Quietschen, Knacken	(X)	(X)
Anlegen von Zangen zum Ver- und Entschrauben von BHA Komponenten und gegebenenfalls Gestänge	Schlagen	X	
An- und Abschlagen von Verbindungen (BHA Komponenten)	Schlagen	X	
Einhängen von Gestänge in die Fingerbühne (falls vorhanden)	Schlagen	X	
Aktiver Drehkopfantrieb (Top Drive), Spülpumpen und Schüttelsiebe im Zuge eines drehend, spülenden Ein- und Ausbaus	Motoren, Vibrationen		X

Anhang C: Übersicht geräuschintensiver Arbeitsschritte während des Betriebszustands "Bohren"

Diverse geräuschintensive Arbeitsschritte	Geräuschart (Schlagen, Rollen, Schleifen, Motoren, Bremsen, etc.)	Impulshaltiges Geräusch	
		Ja	Nein
Rotarybohren: aktiver Drehkopfantrieb (Top Drive) beim Bohren, Spülpumpen und Schüttelsiebe	Motoren, Vibrationen		X
Richtbohren: passiver Drehkopfantrieb (Top Drive)	Motor		X
Geräuschemissionen des Hebewerkes (Trommel, Bremse und Motor) zum Bewegen des Drehkopfantriebs	Motor, Schleifen		X
Schleifen / Rollen durch Bewegung des Top Drives entlang der Führungsschiene	Schleifen, Rollen		X
Spülsaufbereitung im Feststoffkontrollsystem (Spülpumpen und Schüttelsiebe) bei ausschließlicher Spülungszirkulation ohne Bohrfortschritt	Motoren, Vibrationen		X
Zirkulieren mittels Spülpumpen ohne Bohrfortschritt und ohne Bewegen des Drehkopfantriebs	Motoren, Vibrationen		X
Spülsaufbereitung im Feststoffkontrollsystem (Spülpumpen und Schüttelsiebe) bei Spülungszirkulation und Bewegen des Drehkopfantriebs	Motoren, Vibrationen, Schleifen		X