

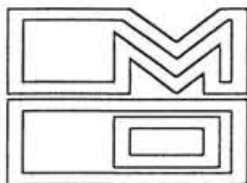
**Lärmtechnische Untersuchung
für den Bebauungsplan Nr. 11
der Stadt Bargteheide
- Neubau eines Blockheizkraftwerkes -**

Projekt - Nr.: 5010

Datum: 1. Februar 1995

Auftraggeber:

Stadt Bargteheide



MASUCH+OLBRISCH Beratende Ingenieure VBI

Ingenieurgesellschaft für das Bauwesen mbH

Gewerbering 2 - 22113 Oststeinbek

☎ 040 / 713 004 - 0

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Anlaß und Aufgabenstellung	3
2. Örtliche Situation	4
3. Immissionsschutzrechtliche Grundlagen	4
3.1. Luftschall	4
3.2. Erschütterungen	5
4. Emissionen	7
4.1. Allgemeines	7
4.2. Luftschallabstrahlung	7
4.3. Erschütterungseinwirkungen	10
5. Lärminderungsmaßnahmen	10
6. Immissionen	12
6.1. Beurteilungspegel	12
6.2. Einordnung der Ergebnisse	13
6.2.1. Luftschall	13
6.2.2. Erschütterungen	14
7. Zusammenfassung	14
Quellenverzeichnis	16
Verzeichnis der Anlagen	18

1 Anlaß und Aufgabenstellung

Die Stadt Bargteheide beabsichtigt, für die im Geltungsbereich des Bebauungsplanes Nr. 11 vorgesehene Wohnbebauung die planungsrechtlichen Voraussetzungen für eine dezentrale Wärme- und Elektroenergieversorgung zu schaffen. Zu diesem Zweck soll im westlichen Teil des Planungsgebietes eine Baufläche für ein Blockheizkraftwerk ausgewiesen werden.

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung ist zu klären,

- welche Lärmbelastungen für die angrenzenden schützenswerten Nutzungen (insbesondere die vorhandene Kindertagesstätte und die künftigen Wohnhäuser) aus dem Betrieb des Blockheizkraftwerkes entstehen
- und welche Lärminderungsmaßnahmen an den BHKW-Aggregaten notwendig sind, um in der Umgebung des BHKW gesunde Wohn- und Lebensverhältnisse zu garantieren.

Neben den Betrachtungen zu Luftschallimmissionen werden Aussagen zu beim Betrieb der BHKW-Module entstehenden Erschütterungen erarbeitet. Ergänzend zur immissionsschutzrechtlichen Beurteilung erfolgt eine qualitative Einordnung der Ergebnisse in die Gesamtsituation im Untersuchungsgebiet.

In Anbetracht

- der engen Nachbarschaft zwischen dem BHKW und angrenzenden besonders schutzbedürftigen Einwirkungsorten (Kindergarten),
- seitens des Elternvereins der Kindertagesstätte vorgebrachter erheblicher Bedenken gegen die Realisierung des Bauvorhabens und
- der relativ weit fortgeschrittenen Ausführungsplanung

beurteilen wir die Lärm- und Erschütterungsimmissionen in der Umgebung des BHKW nach den Verordnungen und Richtlinien, die im Baugenehmigungsverfahren anzuwenden wären. Diese gehen bezüglich des Detaillierungsgrades der Untersuchung und des Schutzanspruches für angrenzende Nutzungen über das im Rahmen der Bauleitplanung übliche Maß hinaus. Mit der beschriebenen Vorgehensweise wird sichergestellt, daß das Blockheizkraftwerk nach der Schaffung der planungsrechtlichen Voraussetzungen durch den entsprechenden Satzungsbeschluß auch unter immissionsschutzrechtlichen Gesichtspunkten genehmigungsfähig ist.

2 Örtliche Situation

Anlage 1 stellt das Untersuchungsgebiet dar. Das Blockheizkraftwerk soll auf einer Freifläche zwischen dem vorhandenen Kindergarten im Südwesten und künftig geplanter Einzelhausbebauung im Nordosten errichtet werden. Das BHKW-Gebäude weist zur Kindertagesstätte keine Lüftungsöffnungen, Türen oder Fenster auf. Der Zugang zu den drei Räumen (Module, Kessel, Steuerung) erfolgt von Nordosten. An dieser Seite liegen auch die Zuluftöffnungen für Brenner und Module. Die Mündung des Abluftkamins befindet sich 10 m über Gelände. Zu Details der baulichen Ausführung sei auf [15] verwiesen.

Vor Lärm und Erschütterungen vom Blockheizkraftwerk sind zu schützen:

- der ca. 20 m südlich der Anlage gelegene Kindergarten (einschließlich des Außenbereiches), im vorliegenden Fall als besonders schutzbedürftiger Einwirkungsort analog zu Kurgebieten betrachtet¹⁾;
- die im Bebauungsplan ausgewiesenen WA-Flächen nördlich und westlich des BHKW (allgemeine Wohngebiete) sowie das reine Wohngebiet (WR) nördlich der Straße B;

3 Immissionsschutzrechtliche Grundlagen

3.1 Luftschall

Das Blockheizkraftwerk stellt eine nicht genehmigungsbedürftige Anlage im Sinne des § 22 Bundes-Immissionsschutzgesetz [1] dar²⁾. Die Beurteilung der vom BHKW ausgehenden

¹⁾ In den einschlägigen Richtlinien und Verwaltungsvorschriften (TA Lärm / VDI 2058, Blatt 1 für Luftschall und DIN 4150, Teil 2 für Erschütterungen) werden Kindergärten nicht explizit erwähnt. Wir gehen in Anbetracht der Tatsache, daß das BHKW an den vorhandenen Kindergarten „heranrückt“, davon aus, daß der Einrichtung ein besonderer Schutzanspruch zuzubilligen ist.

²⁾ Die „Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen - 4. BImSchV“ definiert im Anhang, Ziffer 1.1, Spalte 1 „Kraftwerke, Heizkraftwerke und Heizwerke mit Feuerungsanlagen für den Einsatz von festen, flüssigen oder gasförmigen Brennstoffen, soweit die Feuerungswärmeleistung ... b) bei gasförmigen Brennstoffen 50 Megawatt übersteigt“ sowie unter Ziffer 1.2, Spalte 2 „Feuerungsanlagen einschließlich zugehöriger Dampfkessel für den Einsatz von ... c) gasförmigen Brennstoffen aa) Gasen der öffentlichen Gasversorgung, ... mit einer Feuerungswärmeleistung von 10 Megawatt bis weniger als 50 Megawatt“ bzw. unter Ziffer 1.4 Spalte 2 „Verbrennungsmotoranlagen für den Einsatz von a) Altöl oder Deponiegas oder b) anderen brennbaren Stoffen als unter Buchstabe a mit einer Feuerungswärmeleistung von 1 Megawatt oder mehr ...“ als genehmigungsbedürftige Anlagen im Sinne des § 4 BImSchG. Das hier geplante BHKW erreicht diese Größenordnung mit maximal 280 / 2.680 kW thermischer Leistung (2 Module / 2 Brenner für Kessel) nicht (bei Ziffer 1.4, Spalte 2 nur Leistung der Module anzusetzen).

Geräuschemissionen erfolgt nach der TA Lärm [2]. Diese über den eigentlichen Geltungsbereich der TA Lärm (genehmigungsbedürftige Anlagen nach § 4 BImSchG) hinausgehende Anwendung ist als „allgemeine sachverständige Aussage“ zulässig.

Für die vor Luftschallimmissionen zu schützenden Nutzungen in der Umgebung des Blockheizkraftwerkes legt Ziffer 2.321 der TA Lärm die in Tabelle 1 zusammengefaßten Immissionsrichtwerte fest. Die Nachtzeit beträgt 8 Stunden; sie beginnt um 22 Uhr und endet um 6 Uhr.

Tabelle 1: Immissionsrichtwerte nach TA Lärm, Ziffer 2.321

Nutzungsart	Immissionsrichtwert	
	tags	nachts
	dB(A)	
Gebiete, in denen vorwiegend Wohnungen untergebracht sind	55	40
Gebiete, in denen ausschließlich Wohnungen untergebracht sind	50	35
Kurgebiete, Krankenhäuser und Pflegeanstalten	45	35

Die aus dem Jahre 1968 stammende TA Lärm entspricht jedoch nicht mehr dem aktuellen Stand der Technik auf dem Gebiet des Schallschutzes. Wir wenden deshalb die weitergehenden Forderungen der VDI-Richtlinie 2058, Blatt 1 [3] ebenfalls an. Im vorliegenden Fall bedeutet dies:

- Bei Geräuscheinwirkungen in der Zeit von 6 bis 7 und 19 bis 22 Uhr ist die erhöhte Störwirkung durch einen Zuschlag von 6 dB(A) zu den jeweiligen Mittelungspegeln zu berücksichtigen.
- Bezugszeitraum nachts ist die lauteste Stunde zwischen 22 und 6 Uhr.

Die Ermittlung des künftig vom BHKW auf die zu schützende Bebauung einwirkenden Lärms erfolgt über eine Immissionsprognose. Die berechneten Beurteilungspegel werden mit den Immissionsrichtwerten nach [2] verglichen.

3.2 Erschütterungen

Die Beurteilung der vom Blockheizkraftwerk auf die Umgebung einwirkenden Erschütterungen erfolgt nach der DIN 4150, Teil 2 [7]. Tabelle 2 zeigt die dort definierten Anhaltswerte für Erschütterungsmissionen.

Tabelle 2: Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen (nach DIN 4150, Teil 2, Tabelle 1)

Zeile	Einwirkungsort	tags			nachts		
		A_u	A_o	A_r	A_u	A_o	A_r
1	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind (vergleiche reines Wohngebiet § 3 BauNVO, allgemeine Wohngebiete § 4 BauNVO, Kleinsiedlungsgebiete § 2 BauNVO)	0,15	3	0,07	0,1	0,2	0,05
2	Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte, z.B. in Krankenhäusern, in Kurkliniken, soweit sie in dafür ausgewiesenen Sondergebieten liegen	0,1	3	0,05	0,1	0,15	0,05

In Klammern sind jeweils die Gebiete der Baunutzungsverordnung - BauNVO angegeben, die in der Regel den Kennzeichnungen unter Zeile 1 bis 2 entsprechen. Eine schematische Gleichsetzung ist jedoch nicht möglich, da die Kennzeichnung unter Zeile 1 bis 2 ausschließlich nach dem Gesichtspunkt der Schutzbedürftigkeit gegen Erschütterungseinwirkung vorgenommen ist, die Gebietseinteilung in der BauNVO aber auch anderen planerischen Erfordernissen Rechnung trägt.

Die Anhaltswerte aus Tabelle 2 sind gemäß dem in [7], Bild 2 dargestellten Verfahren mit Meßwerten für die maximale Bewertete Schwingstärke $KB_{F_{max}}$ bzw. mit der aus den Taktmaximalwerten KB_{FTi} unter Berücksichtigung der Einwirkzeit der Schwingungen und gegebenenfalls erforderlicher Ruhezeitenzuschläge berechneten Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr} (vgl. [7], Abschnitt 5.4) zu vergleichen. Dabei gilt:

1. Ist die maximale Bewertete Schwingstärke $KB_{F_{max}}$ **kleiner** als der für den jeweiligen Einwirkungsort gültige Anhaltswert A_u , dann sind die Anforderungen der Norm **erfüllt**. Die Bestimmung der Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr} kann entfallen (vgl. auch [7], Anmerkung zu Abschnitt 5.2).
2. Ist die maximale Bewertete Schwingstärke $KB_{F_{max}}$ **größer** als der für den jeweiligen Einwirkungsort gültige Anhaltswert A_o , dann sind die Anforderungen der Norm **nicht erfüllt**.

3. In allen anderen Fällen ($KB_{F_{max}}$ zwischen A_u und A_o) ist die Beurteilungs-Schwingstärke $KB_{F_{Tr}}$ mit dem Anhaltswert A_r zu vergleichen. Die Anforderungen der Norm sind dann erfüllt, wenn gilt: $KB_{F_{Tr}} < A_r$ oder die Schwingungen „seltene Einwirkungen“ im Sinne des Abschnittes 5.5.1 der DIN 4150, Teil 2 darstellen.

Liegen keine Meßdaten für die Bewertete Schwingstärke vor, können die erforderlichen Daten ersatzweise nach [7], Abschnitt 6 aus den Terzspektren der Schwinggeschwindigkeit v im Frequenzbereich von 5,6 bis 80 Hz berechnet werden.

4 Emissionen

4.1 Allgemeines

Für die Beschreibung des von den einzelnen im BHKW eingesetzten Geräten abgestrahlten Luftschalls und der von den Modulen ausgehenden tieffrequenten Schwingungen (Erschütterungen) konnte auf Herstellerangaben aus [11], [12], [13] und [14] zurückgegriffen werden. Die dort beschriebenen Anlagen sind bezüglich ihrer schalltechnischen Betriebsparameter als repräsentativ für Blockheizkraftwerke der hier beschriebenen Leistungsklasse mit

- 2 Modulen, 110 - 140 kW thermische und 60 - 70 kW elektrische Leistung,
- 2 Brennern, 260 - 1.340 kW thermische Leistung,
- 2 Kesseln, 930 - 1160 kW thermische Leistung,
- 2 Pumpen, 48 m³ / h Fördermenge, 2 bar Druckerhöhung, erforderliche elektrische Leistung ca. 7,5 kW

anzusehen. Für den Fall, daß Geräte anderer Hersteller zum Einsatz kommen, sind die entsprechenden Firmen bei der Auftragsvergabe verbindlich zu beauftragen, von den diesem Gutachten zugrunde liegenden Emissionskennwerten nur insoweit abzuweichen, wie das ohne Einfluß auf die Immissionen in der Umgebung des BHKW ist³⁾.

4.2 Luftschallabstrahlung

Anlage 2.1 gibt einen Überblick der von den einzelnen BHKW-Aggregaten emittierten Schalleistungen. Auf Grundlage dieser Ausgangsdaten werden

³⁾ Anmerkung: Die Planungen des künftigen BHKW-Betreibers (HEINGAS Hamburger Gaswerke GmbH) befinden sich zum heutigen Zeitpunkt (Erstellung des Gutachtens) in der Phase der Ausschreibung. Konkrete Entscheidungen zur Auftragsvergabe wurden noch nicht getroffen.

- die Innenpegel in den BHKW-Räumen (Modul-, Kessel- und Schaltraum) sowie die Schallabstrahlung von den Außenbauteilen des Gebäudes nach dem in der VDI 2571 [4] beschriebenen Verfahren frequenzabhängig für die Oktavbänder von 125 Hz bis 4 kHz berechnet (siehe Anlage 3 zu Details),
- die Schallabstrahlung vom Abluftkamin und den Zuluftöffnungen für Modul- und Kesselraum ebenfalls frequenzabhängig bestimmt (vgl. Anlagen 2.1 und 2.2) und
- in einem iterativen Prozeß die erforderlichen Lärminderungsmaßnahmen dimensioniert (siehe Anlage 2.2).

Tabelle 3: Luftschallemissionen vom BHKW

Schallabstrahlung vom Blockheizkraftwerk		
Modulraum		
• maßgebliche Quellen		
2 BHKW-Module	$L_w = 107 \text{ dB(A)}^{1)}$	ungekapselt
MAN E 2866 EM	$L_w = 86 \text{ dB(A)}$	mit Kapsel, nach Herstellerangabe erreichbare A-Pegelminderung ca. 22 dB(A) (1-Meter-Pegel von 87 dB(A) auf 65 dB(A) - je Modul - verringert)
• Innenpegel im Raum	$L_i = 81 \text{ dB(A)}$	
• nach außen abgestrahlte Schalleistung	$L_{w,Raum} = 62 \text{ dB(A)}$ $L_{w,Zuluft} = 62 \text{ dB(A)}$	Dach, Wände, Lichtband Zuluftöffnung ²⁾
Kesselraum		
• maßgebliche Quellen		
2 BHKW-Brenner	$L_w = 103 \text{ dB(A)}$	ungekapselt
ELCO-KLÖCKNER EK 601	$L_w = 83 \text{ dB(A)}$	mit Kapsel, nach Herstellerangabe erreichbare A-Pegelminderung ca. 20 dB(A)
2 Inline - Pumpen GRUNDFOS LP 100-160/152	$L_w = 81 \text{ dB(A)}$	bei - hier angesetzter - 4-poliger Ausführung keine Kapselung notwendig
Wand zum Modulraum	$L_w = 61 \text{ dB(A)}$	Innentür üblicherweise geschlossen
• Innenpegel im Raum	$L_i = 80 \text{ dB(A)}$	

Schallabstrahlung vom Blockheizkraftwerk		
• nach außen abgestrahlte Schalleistung	$L_{w,Raum} = 63 \text{ dB(A)}$ $L_{w,Zuluft} = 62 \text{ dB(A)}$	Dach, Wände, Lichtband Zuluftöffnung ²⁾
Schaltraum		
• maßgebliche Quellen		
Wand zum Modulraum	$L_w = 61 \text{ dB(A)}$	Innentür üblicherweise geschlossen
• Innenpegel im Raum	$L_i = 58 \text{ dB(A)}$	
• nach außen abgestrahlte Schalleistung	$L_{w,Raum} = 34 \text{ dB(A)}$	Dach, Wände, Lichtband
Abluftkamin		
• maßgebliche Quellen		
Abgasgeräusch Module	$L_w = 86 \text{ dB(A)}$	Kaminmündung, unter Berücksichtigung der Kanaldämpfung, Mündungsreflektion und 90° - Umlenkung nach VDI 2081 [8], mit im Modul integrierten Primärschalldämpfer
	$L_w = 62 \text{ dB(A)}$	mit Sekundärschalldämpfer weitere Pegelminderung um 24 dB(A) erreichbar
Abluftgeräusch Kessel	$L_w = 94 \text{ dB(A)}$	Herstellerangabe für die Mündung der Abluftrohre, ungedämpft
	$L_w = 64 \text{ dB(A)}$	30 dB(A) Minderung durch zusätzlichen Schalldämpfer
• abgestrahlte Gesamtschalleistung	$L_w = 66 \text{ dB(A)}$	
¹⁾ Alle Pegelangaben wurden für die Übersichtsdarstellung auf ganze dB(A) gerundet.		
²⁾ noch keine konkrete Planung vorliegend, Ansatz: 0,5 m ² mit einem bewerteten Schalldämmmaß $R'_{w,r}$ von 10 dB, siehe Abschnitt „Lärminderungsmaßnahmen“		

Tabelle 3 faßt die für die weitere Rechnung verwendeten Emissionsdaten unter Berücksichtigung aller erforderlichen Lärminderungsmaßnahmen als A-bewertete Summenpegel zusammen.

4.3 Erschütterungseinwirkungen

Für die von den BHKW-Modulen in das Fundament des Blockheizkraftwerkes eingestrahnten Erschütterungen liegen Meßwerte der Fa. MAN vor (Schnellepegel in Terzbändern von 5 bis 80 Hz, 10 cm vom Rahmenfuß entfernt, keine speziell schwingungsisierte Aufstellung, Module MAN E 2866 EM). Aus den genannten Daten berechnet sich die maximale Bewertete Schwingstärke wie in Anlage 5 gezeigt zu

$$KB_{F_{max}} = 0,08 \text{ (2 Module).}$$

Dieser Wert liegt - bereits im BHKW, direkt neben den Modulen - unterhalb des A_u - Anhaltswertes der DIN 4150, Teil 2 für besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte nachts (vgl. Tabelle 2). Weitere Betrachtungen zum Problemkreis „Erschütterungen“ erübrigen sich damit.

5 Lärminderungsmaßnahmen

Im folgenden werden die im Abschnitt „Emissionen - Luftschallabstrahlung“ bereits erwähnten Maßnahmen an den BHKW-Aggregaten und am Gebäude des Blockheizkraftwerkes noch einmal zusammengefaßt und erforderlichenfalls ergänzt.

a) Innenpegel in den BHKW-Räumen

Der Innenpegel im Modulraum soll **81 dB(A) nicht überschreiten**. Dazu muß die von den zwei BHKW-Modulen abgestrahlte Schalleistung durch Kapselung auf

$L_w = 83 \text{ dB(A) je Modul}$

begrenzt werden.

Im **Kesselraum** ist durch

Kapselung der beiden Brenner (Schalleistung $L_w = 80 \text{ dB(A) je Gerät}$) und

Verwendung - vergleichsweise langsam laufender - Pumpen in 4-poliger Ausführung ($L_w = 78 \text{ dB(A) je Aggregat}$, ebenfalls 2 Stück im Einsatz)

ein **Innenpegel von höchstens 80 dB(A)** einzuhalten.

b) Bauliche Ausführung des BHKW-Gebäudes

Die **Wände** des Blockheizkraftwerkes müssen ein bewertetes Schalldämmmaß von

- mindestens $R'_{w,r} = 53 \text{ dB(A)}$ (z.B. 24 cm KS-Mauerwerk, Rohdichte 1,8)

aufweisen. Für die Dachkonstruktion ist ein Wert von

- $R'_{w,r} \geq 40 \text{ dB(A)}$ (z.B. Gasbetonplatten YTONG GB 4,4 Mg III)

erforderlich. Die Außentüren sind nur zum Betreten und Verlassen des Gebäudes durch Wartungspersonal kurzzeitig zu öffnen und ansonsten geschlossen zu halten. Sie sollten ein bewertetes Schalldämmmaß von

- $R'_{w,r} \geq 29 \text{ dB(A)}$ (z.B. feuerhemmende Stahltür mit abgedichteter Funktionsfuge)

erreichen. An die Schalldämmung der Innentüren werden keine über das normale Maß hinausgehenden Anforderungen ($R'_{w,r} \geq 19 \text{ dB(A)}$) gestellt. Gleiches gilt für das Lichtband an der Nordostseite. Hier ist einfache Festverglasung, 3 mm Scheibendicke, $R'_{w,r} \geq 29 \text{ dB(A)}$ ausreichend.

c) Zuluftöffnungen

Die von den beiden an der Nordostseite vorgesehenen Zuluftöffnungen abgestrahlte Schalleistung ist auf jeweils

- $L_w = 62 \text{ dB(A)}$

zu begrenzen. Dazu müssen bei $0,5 \text{ m}^2$ abstrahlender Fläche Schalldämpfer mit einer Einfügdämpfung von mindestens 10 dB(A) vorgesehen werden.

d) Abluftkamin

Um die notwendige Beschränkung der vom Kamin abgestrahlten Schalleistung auf

- $L_w = 66 \text{ dB(A)}$

zu erreichen, sind durch geeignete Schalldämpfer

- das Abgasgeräusch der Module um 24 dB(A) und
 die Abluftgeräusche von den Brennern / Kesseln um 30 dB(A)

zu mindern.

Die hier angegebenen Dämmmaße beschreiben die jeweils erforderliche Verringerung des A-bewerteten Summenpegels. Zur Frequenzzusammensetzung der einzelnen Geräuschkomponenten und zum typischen spektralen Verlauf der Pegelminderung durch die Schalldämpfer /

Kapselungen sei auf Anlage 2.2 verwiesen. Maßgeblich für die Lärmsituation in der Umgebung ist die abgestrahlte Gesamtschalleistung. Sollten diesbezüglich durch andere als die vorgeschlagenen Möglichkeiten gleichwertige Resultate erzielbar sein, kann - entsprechende Nachweise vorausgesetzt - von den hier beschriebenen Maßnahmen im Detail abgewichen werden.

6 Immissionen

6.1 Beurteilungspegel

Die Ausbreitungsberechnung erfolgte auf Grundlage des in den VDI-Richtlinien 2714 [5] und 2720 [6] beschriebenen Verfahrens mit Hilfe eines kommerziellen EDV-Programmes [18]. Anlage 1 zeigt das Rechenmodell. Tabelle 4 faßt die in Anlage 4 ausführlich dargestellten Ergebnisse zusammen. Lage und Höhen der Teilquellen wurden entsprechend der Darstellungen in [15] modelliert (Gebäudegrundfläche 8,25 m x 14,50 m, Kaminmündung 10 m über Gelände, Zuluftöffnungen an der Nordostseite in Bodenhöhe).

Tabelle 4: Beurteilungspegel aus Luftschallemissionen vom Blockheizkraftwerk

Immissionsort ¹⁾	Höhe über Grund	bauliche Nutzung	Immissionsrichtwerte nach TA Lärm [2]		Beurteilungspegel (auf ganze dB(A) aufgerundet)		Differenz zum Richtwert	
			tags	nachts	tags	nachts	tags	nachts
	m		dB(A)					
IO 1	4	WA	55	40	42	39	-13	-1
IO 2	4	WR	50	35	29	27	-21	-8
IO 3	4	WA	55	40	37	34	-18	-6
IO 4	4	WA	55	40	25	23	-30	-17
IO 5	2	K ²⁾	45	35	34	32	-11	-3
IO 6	2	K	45	35	29	27	-16	-8
IO 7 ³⁾	2	K	45	35	37	35	-8	0

¹⁾ siehe Lageplan

²⁾ Kindergarten, wie Kurgebiet betrachtet

³⁾ Grundstücksgrenze (BHKW-Seite), Außenbereich

Die Beurteilungspegel tags unterschreiten die Immissionsrichtwerte für die jeweiligen Nutzungen an vorhandenen oder geplanten⁴⁾ Gebäuden um wenigstens 10 dB(A). An der Grenze der Grundstücke des Blockheizkraftwerkes und der Kindertagesstätte liegt der Beurteilungspegel mit 37 dB(A) um 8 dB(A) unter dem Richtwert für Kurgebiete tags.

Der kritische Aufpunkt in der Nacht ist IO 1 (allgemeines Wohngebiet direkt nordöstlich des BHKW). Dort wird der WA-Immissionsrichtwert nachts um 1 dB(A) unterschritten. Der Kindergarten ist in diesem Zeitraum nicht genutzt.

Anmerkung: Der Unterschied zwischen Tag- und Nacht-Beurteilungspegel ergibt sich - für die kontinuierlich betriebenen Anlagen - aus dem Ruhezeitenzuschlag der VDI 2058, Blatt 1 [3].

6.2 Einordnung der Ergebnisse

6.2.1 Luftschall

Der Wirkpegel des vom BHKW ausgehenden Luftschalls (identisch mit dem Beurteilungspegel nachts) erreicht an der Kindertagesstätte mit maximal 35 dB(A) eine Größenordnung, bei der das gleichmäßige Anlagengeräusch praktisch nicht wahrnehmbar ist. Tabelle 5 gibt einen Überblick typischer Geräuschsituationen und der zugehörigen Schalldruckpegel.

Tabelle 5: Geräuschpegel bei typischen Alltagssituationen

Situation	Schalldruck- pegel ¹⁾
	dB(A)
sehr ruhiges Zimmer	20 .. 30
üblicher Hintergrundschall im Hause	30 .. 40
Grundgeräusch im Freien (Vogelgezwitscher, leichter Wind) ²⁾	40 .. 50
normale Unterhaltung	40 .. 60
PKW in 7,5 m Entfernung (Leerlauf, Ottomotor)	um 50
PKW - Fahrt im Stadtverkehr (Straßenrand)	70 .. 90
¹⁾ Quelle: Umweltbundesamt, Lärmbekämpfung '88	
²⁾ eigene Messungen im Rahmen verschiedener vorangegangener Untersuchungen	

⁴⁾ Baugrenze als Aufpunkt gewählt

Allgemein ist davon auszugehen, daß um 10 dB(A) unter dem Umgebungsschallpegel liegende Anlagengeräusche vollständig von diesem verdeckt werden und nicht mehr hörbar sind. Bei - wie im vorliegenden Fall - gleichmäßigen Geräuschemissionen mit einer vom Höreindruck wenig auffälligen Charakteristik (leichtes Rauschen vom Abluftkamin als bestimmende Quelle, dem Windgeräusch vergleichbar) vermindert sich diese Differenz weiter, so daß selbst bei gleich lauten Quellen (hier: Pegel jeweils in der Größenordnung von 35 dB(A)) kaum noch eine Zuordnung möglich ist.

6.2.2 Erschütterungen

Die von den Modulen hervorgerufenen Erschütterungen liegen bereits im BHKW unterhalb der Wahrnehmungsschwelle (nach DIN 4150, Teil 2 bei $KB_{F_{max}} = 0,1$ - BHKW-Module nach Abschnitt „Emissionen - Erschütterungseinwirkungen“ $KB_{F_{max}} = 0,08$). Damit sind vom Blockheizkraftwerk ausgehende tieffrequente Schwingungen weder innerhalb noch außerhalb der Anlage spürbar.

7 Zusammenfassung

Das im Geltungsbereich des Bebauungsplanes Nr. 11 der Stadt Bargteheide geplante Blockheizkraftwerk ist mit den angrenzenden vor Lärm und Erschütterungen von der Anlage zu schützenden Nutzungen (insbesondere der ca. 20 m südwestlich des künftigen BHKW vorhandenen Kindertagesstätte und der ca. 10 m nordöstlich vorgesehenen Wohnbebauung) aus der Sicht des Schallschutzes uneingeschränkt verträglich, wenn

- die im Abschnitt „Lärminderungsmaßnahmen“ dargestellten technischen und baulichen Voraussetzungen eingehalten sind.

Anmerkung: Die Realisierbarkeit der dort zusammengestellten Anforderungen wurde anhand für Blockheizkraftwerke der betrachtete Leistungsklasse typischer Aggregate gezeigt. Zu Konsequenzen beim Einsatz anderer als der hier beschriebenen Fabrikate sei auf den Abschnitt „Emissionen - Allgemeines“ verwiesen.

Bei Verwirklichung des in diesem Gutachten dargestellten Lärmschutzkonzeptes ergibt sich am kritischen Aufpunkt tags (Kindergarten, Außenbereich, Grundstücksgrenze zum Blockheizkraftwerk) ein Beurteilungspegel, der mit 37 dB(A) um 8 dB(A) unter dem Immissionsrichtwert der TA Lärm in Verbindung mit der VDI-Richtlinie 2058, Blatt 1 liegt. In der Nacht wird der Richtwert für allgemeine Wohngebiete von 40 dB(A) an der nordöstlich an das BHKW angrenzenden WA-Baufläche knapp (um 1 dB(A)) unterschritten.

Die in der DIN 4150, Teil 2 beschriebenen Anforderungen bezüglich auftretender Erschütterungsimmissionen werden bereits im Modulraum erfüllt (Anhaltswert A_v für Kurgebiete nachts von $KB_{F_{max}} = 0,1$ mit $KB_{F_{max}} = 0,08$ deutlich unterschritten). Von den Modulen ausgehende Erschütterungen sind weder innerhalb noch außerhalb des BHKW-Gebäudes spürbar.

Oststeinbek, den 1. Februar 1995

MASUCH + OLBRISCH
INGENIEURGESELLSCHAFT
FÜR DAS BAUWESEN MBH · VBI
GEWERBERING 2, 22113 OSTSTEINBEK
B. HAMBURG, TELEFON (040) 713004-0

Müller

Sachs

Quellenverzeichnis

Basis der vorliegenden Untersuchung sind folgende Daten, Informationen und Normschriften:

- [1] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG), 15. März 1974 in der Fassung der Bekanntmachung vom 14. Mai 1990;
- [2] Allgemeine Verwaltungsvorschrift über genehmigungsbedürftige Anlagen nach § 16 der Gewerbeordnung - GewO, Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm), 16. Juli 1968;
- [3] VDI-Richtlinie 2058, Blatt 1, Beurteilung von Arbeitslärm in der Nachbarschaft, September 1985;
- [4] VDI-Richtlinie 2571, Schallabstrahlung von Industriebauten, August 1976;
- [5] VDI-Richtlinie 2714, Schallausbreitung im Freien, Januar 1988;
- [6] VDI-Richtlinie 2720, Schallschutz durch Abschirmung im Freien, Entwurf, Februar 1991;
- [7] DIN 4150, Teil 2, Erschütterungen im Bauwesen, Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, Dezember 1992;
- [8] VDI-Richtlinie 2081, Geräuscherzeugung und Lärminderung in Raumluftechnischen Anlagen, März 1983;
- [9] Buss, Harald, Schallschutzkonstruktionen am Bau, Bauliche Maßnahmen, WEKA Baufachverlage GmbH, Augsburg, 1993;
- [10] Fasold / Sonntag, Bauphysikalische Entwurfslehre, Band 4, Bauakustik, 3. überarbeitete Auflage, Berlin 1978;
- [11] MAN Technologie AG, Augsburg, Technischer Bericht über Schallmessungen an BHKW-Modulen am Abnahmeprüfstand in Halle C19 - MT - Augsburg, 3. November 1989;
- [12] ELCO - Klöckner, Heiztechnik, Norderstedt, Schalltechnische Kenndaten für BHKW-Brenner, Schreiben vom 23. Januar 1995;

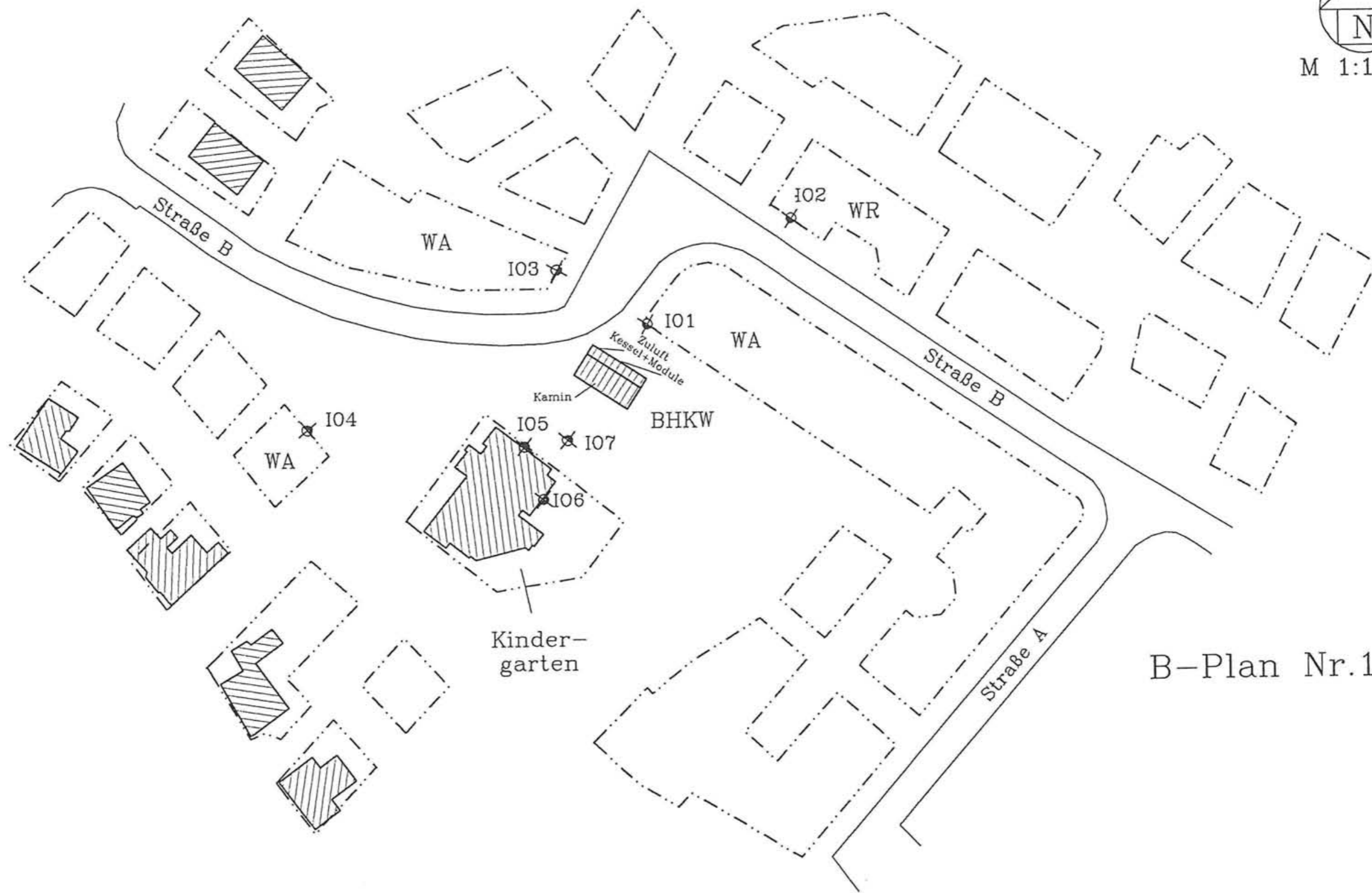
- [13] Fröling GmbH & Co., Overath, Daten und Meßergebnisse zu Lärmemissionen von BHKW-Kesseln, Schreiben vom 16. Januar 1995;
- [14] Grundfos Projektteilung, Kenndaten der Inline-Pumpen LP 100-160 und LP 100-200, per Fax vom 6. Dezember 1993 zur Verfügung gestellt;
- [15] Dr.-Ing. Rolf Windels, Dr.-Ing. Günter Timm, Dr.-Ing. Karl Morgen, Beratende Ingenieure VBI, Hamburg, Statische Berechnung zum Neubau eines Blockheizkraftwerkes in Bargteheide, 21. November 1994, einschließlich Planzeichnungen wie folgt:
 - a) Lageplan, M 1:250 vom 31. Oktober 1994,
 - b) Grundriß und Schnitte, Positionsplan vom 23. November 1994,
 - c) Dachdraufsicht und Dachdetails, Positionsplan vom 23. November 1994;
- [16] HEINGAS Hamburger Gaswerke GmbH, HZW Bargteheide, BHKW-Modul, Anforderungsbeschreibung, Planungsstand Januar 1995;
- [17] Stadt Bargteheide, Satzung über den Bebauungsplan Nr. 11, Planzeichnung M 1:1.000, Entwurf, Planungsstand Januar 1995;
- [18] Stapelfeldt Ingenieurgesellschaft mbH, Dortmund, Programmsystem zur Schallimmissionsanalyse (LIMA), Dezember 1994;

Verzeichnis der Anlagen

- 1 Lageplan, M 1:1.000
- 2 Schalleistungspegel der einzelnen Aggregate
 - 2.1 Datenzusammenstellung
 - 2.2 Rechenwerte und erforderliche Lärminderungsmaßnahmen
- 3 Schallabstrahlung vom BHKW-Gebäude
- 4 Beurteilungspegel aus Lärm vom BHKW
- 5 Körperschall und Erschütterungen



M 1:1.000



B-Plan Nr.11

Anlage 1
Lageplan
M 1:1.000

Schalleistungspegel der einzelnen Aggregate - Datenzusammenstellung

	Σ A	Oktavmittenfrequenz					
		125 Hz	250 Hz	500 Hz	1.000 Hz	2.000 Hz	4.000 Hz
dB(A)							
Gerät: BHKW-Modul Hersteller: MAN Dezentrale Energiesysteme GmbH, Augsburg Typ: E 2866 EM Leistung (elektrisch): 69 kW Drehzahl: 1.500 1/min Daten aus: Herstellerangabe							
<i>Maschinengeräusch (ohne Schalldämmhaube)</i>							
Meßfläche: S = 55,6 m ² aus Meßprotokoll des Herstellers D s = 17,5 dB Meßflächenmaß nach DIN 45 635							
Schalldruckpegel	86,2	64,0	71,0	77,5	82,5	78,5	80,0
Raumkorrektur k 2 1)	0	0	0	0	0	0	0
Schalleistungspegel	103,7	81,4	88,4	94,9	100,0	95,9	97,4
<i>Abgasgeräusch (mit im Modul integriertem Primärschalldämpfer)</i>							
Meßfläche: r = 1,0 m Abstand zur Mündung Abgasrohr (DN 100) S = 12,6 m ² D s = 11,0 dB							
Schalldruckpegel 2)	79,0	73,3	69,8	68,5	74,7	70,4	60,5
Raumkorrektur k 2 1)	0	0	0	0	0	0	0
Schalleistungspegel	90,0	84,3	80,8	79,5	85,7	81,4	71,5
1) Raumkorrektur in der Größenordnung von 4 - 5 dB (je nach Frequenz) in den Meßwerten bereits enthalten 2) kein Spektrum verfügbar, aus Daten der 110 / 210 kW - Module abgeleitet (an Summenpegel für E 2866 EM angepaßt)							
Gerät: BHKW-Brenner Hersteller: ELCO Klöckner Heiztechnik, Norderstedt Typ: EK 60 I Leistung: 260-1.340 kW Daten aus: Herstellerangabe							
<i>Brennengeräusch (ohne Lärminderungsmaßnahmen)</i>							
Meßfläche: l = 3,2 m b = 2,93 m h = 1,76 m S = 31,0 m ² D s = 14,9 dB Meßflächenmaß nach DIN 45 635							
Schalldruckpegel	85,0	65,8	75,9	80,9	79,9	76,0	70,8
Raumkorrektur k 2 1)	0	0	0	0	0	0	0
Schalleistungspegel	99,9	80,7	90,8	95,8	94,8	90,9	85,7
1) keine Angaben verfügbar, zur sicheren Seite vernachlässigt							

Schalleistungspegel der einzelnen Aggregate - Datenzusammenstellung

	Σ A	Oktavmittenfrequenz					
		125 Hz	250 Hz	500 Hz	1.000 Hz	2.000 Hz	4.000 Hz
dB(A)							
Gerät: BHKW-Kessel Hersteller: Fröling GmbH & Co., Overath Typ: FSM NT 1100 / 121 Leistung: 930-1.160 kW Daten aus: aus Messungen im Hallenbad Goepfingen, vom Hersteller zur Verfügung gestellt							
<i>Abgasgeräuschgeräusch (im Schornstein), ungedämpft</i>							
schallabstrahlende Fläche: d = 0,4 m Rohr mit 40 cm Durchmesser S = 0,13 m ² D s = -9,0 dB Meßflächenmaß nach DIN 45 635							
Schalldruckpegel	100,4	81,9	89,4	91,8	93,0	95,2	94,0
Raumkorrektur k 2 1)	0	0	0	0	0	0	0
Schalleistungspegel	91,4	72,9	80,4	82,8	84,0	86,2	85,0
1) entfällt, da Messung außen							
Gerät: Inlinepumpe Hersteller: Grundfos Typ: LP 100-160/152 Leistung (elektrisch): 7,5 kW typischer Wert für hier erforderliche Förderleistung Fördermenge: 48 m ³ / h Förderdruck: 2 bar Drehzahl: 1.500 1 / min 4-polige Ausführung 3.000 1 / min 2-polige Ausführung Daten aus: Herstellerangabe							
<i>Maschinengeräusch (ohne Lärminderungsmaßnahmen)</i>							
Meßfläche: l = 2,55 m b = 3,32 m h = 1,84 m S = 30,1 m ² D s = 14,8 dB Meßflächenmaß nach DIN 45 635							
Schalldruckpegel 1)							
4-polig	63,0						
2-polig	73,0						
Raumkorrektur k 2 2)	0						
Schalleistungspegel							
4-polig	77,8				77,8		
2-polig	87,8				87,8		
1) kein Spektrum verfügbar, bestimmende Frequenz zur sicheren Seite bei f = 1 kHz angesetzt 2) in den Meßwerten bereits enthalten							

Schalleistungspegel der einzelnen Aggregate - Rechenwerte und erforderliche Lärminderungsmaßnahmen

	Σ A	Schalleistungspegel, A-bewertet, bei Oktavmittenfrequenz					
		125 Hz	250 Hz	500 Hz	1.000 Hz	2.000 Hz	4.000 Hz
dB(A)							
<i>2 BHKW - Module MANE 2866 EM - Maschinengeräusch</i>							
ungedämpft	106,7	84,4	91,4	97,9	103,0	98,9	100,4
erforderliche Minderung		12,0	15,0	22,0	22,0	22,0	22,0
gedämpft	85,4	72,4	76,4	75,9	81,0	76,9	78,4
<i>2 BHKW - Module MANE 2866 EM - Abgasgeräusch an der Kaminmündung</i>							
ungedämpft (Modul)	93,0	87,3	83,8	82,5	88,7	84,4	74,5
Kanaldämpfung 1)		1,5	2,3	2,3	4,5	4,5	4,5
Mündungsdämpfung 2)		13,0	7,0	2,0	0,0	0,0	0,0
Dämpfung durch 90°-Umlenkung 3)		0,0	0,0	0,0	1,0	2,0	3,0
ungedämpft (Kaminmündung)		72,8	74,6	78,2	83,2	77,9	67,0
erforderliche Minderung		12,0	24,0	36,0	36,0	36,0	36,0
gedämpft (Kaminmündung)	61,5	60,8	50,6	42,2	47,2	41,9	31,0
1) nach VDI 2081, Tab. 5, 20 cm Rohrdurchmesser, Kanallänge ca. 15 m (10 m Schlot, 5 m im BHKW)							
2) nach VDI 2081, Bild 16, Kanalquerschnitt 0,031 m²							
3) nach VDI 2081, Tab. 7, nur Umlenkung zum Kamin berücksichtigt							
<i>2 BHKW - Brenner ELCO KLÖCKNER EK 60 I - Brennergeräusch</i>							
ungedämpft	102,9	83,7	93,8	98,8	97,9	93,9	88,7
erforderliche Minderung		12,0	15,0	22,0	22,0	22,0	22,0
gedämpft	83,0	71,7	78,8	76,8	75,9	71,9	66,7
<i>2 BHKW - Kessel Fröling FSM NT 1100 / 121 - Austrittsgeräusch Kaminmündung</i>							
ungedämpft	94,2	75,9	83,4	85,8	87,0	89,2	88,0
erforderliche Minderung		13,0	27,0	40,0	40,0	40,0	40,0
gedämpft	64,2	62,9	56,4	45,8	47,0	49,2	48,0
<i>2 Inline - Pumpen GRUNDFOS LP 100-160/152 (4-polig) - Maschinengeräusch</i>							
ungedämpft	80,8				80,8		
erforderliche Minderung							
gedämpft	80,8				80,3		

Schallabstrahlung vom BHKW-Gebäude

Schalldämmmaße der Außenbauteile

Außenbauteil	Anmerkung Nr.	Schalldämmmaß für die Oktavmittenfrequenzen						
		R' w	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
dB(A) / m ²								
Wände (außen und innen)	1)	53	41	43	49	55	61	64
Dach	2)	40	30	31	33	42	49	54
Außentüren	3)	29	19	35	33	28	36	34
Innentüren	4)	19	19	19	19	19	18	20
Lichtband	5)	29	17	19	24	31	34	35

- 1) KS-Hochlochziegel, 24 cm, Rohdichte 1,8, ohne Verblendung, aus:
Buss: Teil 4, Kapitel 4.3, Seite 3, Tabelle 4.3.3, Zeile 8, Oktavspektrum nach VDI 2571, Anhang B, Ziffer B 2.1.1
- 2) Gasbetonplatten (YTONG GB 4.4 Mg III), aus:
Herstellerangabe, Oktavspektrum nach VDI 2571, Anhang B, Ziffer B 2.2.2
- 3) feuerhemmende Stahltür, mit abgedichteter Funktionsfuge, aus:
Fasold / Sonntag: Tafelanhang, S. 307, Tafel A 20, Ziffer 9 (2)
- 4) feuerhemmende Stahltür, ohne Dichtung, aus:
Fasold / Sonntag: Tafelanhang, S. 307, Tafel A 20, Ziffer 9 (1)
- 5) Festverglasung, 3 mm Scheibendicke, aus:
VDI 2571, Anhang B, Ziffer B 3.1

Absorptionsgrade der verwendeten Bauteile

Bauteil	Anmerkung Nr.	Absorptionsgrade für die Oktavmittenfrequenzen						
		A	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
dB(A) / m ²								
Wände	1)	0,08	0,06	0,07	0,08	0,08	0,09	0,1
Dach	1)	0,08	0,06	0,07	0,08	0,08	0,09	0,1
Türen	2)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lichtband	3)	0,04	0,08	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02
Zuluftöffnungen	4)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

- 1) unbehandelte Wand- und Deckenflächen, nach VDI 3760 E, Seite 20, Tabelle 5, lfd.Nr. 1
- 2) Stahltür, vollständige Reflektion, Ansatz zur sicheren Seite
- 3) Einfachfenster, 3 mm Glasdicke, nach Fasold / Sonntag: Tafelanhang, S. 265, Tafel A 6
- 4) offen

Schallabstrahlung vom BHKW-Gebäude

Innenpegel in den BHKW-Räumen

Schallquelle	Größe 1)	Oktavmittenfrequenz						
		A	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
<i>Modulraum</i>								
Module 2)	L _w	85,4	72,4	76,4	75,9	81,0	76,9	78,4
gesamt	L _w	85,4	72,4	76,4	75,9	81,0	76,9	78,4
	A	11,3	9,0	10,0	11,2	11,2	12,5	13,8
	L _i	80,9	68,9	72,5	71,4	76,5	72,0	73,1
<i>Kesselraum</i>								
Brenner 3)	L _w	83,0	71,7	78,8	76,8	75,9	71,9	66,7
Pumpen 4)	L _w	80,8	0,0	0,0	0,0	80,8	0,0	0,0
Wand zum Modulraum	L _w	60,6	47,1	50,5	49,2	54,3	50,7	49,8
gesamt	L _w	85,0	71,7	78,8	76,8	82,0	71,9	66,8
	A	12,6	10,0	11,2	12,6	12,6	14,0	15,4
	L _i	80,0	67,7	74,3	71,9	77,0	66,5	61,0
<i>Schalraum</i>								
Wand zum Modulraum	L _w	60,6	47,1	50,5	49,2	54,3	50,7	49,8
gesamt	L _w	60,6	47,1	50,5	49,2	54,3	50,7	49,8
	A	7,3	5,6	6,4	7,3	7,3	8,2	9,1
	L _i	58,0	45,6	48,4	46,6	51,6	47,6	46,2

1) mit:

L_w ... eingestrahlte Schalleistung in dB(A)

A ... äquivalente Absorptionsfläche in m²

L_i ... Innenpegel nach VDI 2571, Gleichung 6a (Rechnung in Oktaven, nachträgliche Bildung des A-Summenpegels), in dB(A)

2) 2 BHKW - Module MAN E 2866 EM - Maschinengeräusch

3) 2 BHKW - Brenner ELCO KLÖCKNER EK 60 I - Brennergeräusch

4) 2 Inline - Pumpen GRUNDFOS LP 100-160/152 (4-polig) - Maschinengeräusch, kein Spektrum verfügbar, bestimmende Frequenz zur sicheren Seite abgeschätzt

Schallabstrahlung vom BHKW-Gebäude

Schalleistungs-Beurteilungspegel

Außenbauteil	f _{typ}	S	Schalleistungs-Beurteilungspegel nach TA Lärm / VDI 2058, Blatt 1 für die Oktavmittenfrequenzen, flächenbezogen, kritischer Lastfall nachts 1)						
			A	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
	Hz	m ²	dB(A) / m ²						
Südostseite Schaltraum	250	32,2	2,7	-1,4	-0,6	-8,4	-9,4	-19,4	-23,8
Nordostseite Schaltraum	125	6,8	17,9	15,7	3,7	2,9	12,7	0,7	1,3
Lichtband Schaltraum	250	2,9	26,8	22,6	23,4	16,6	14,6	7,6	5,2
Südwestseite Schaltraum	250	6,8	2,0	-1,4	-0,6	-8,4	-9,4	-19,4	-23,8
Dach Schaltraum, Ostseite	250	4,7	14,9	9,6	11,4	7,6	3,6	-7,4	-13,8
Dach Schaltraum, Westseite	250	11,7	14,9	9,6	11,4	7,6	3,6	-7,4	-13,8
Südwestseite Modulraum	250	17,1	26,6	21,9	23,5	16,4	15,5	5,0	3,1
Nordostseite Modulraum	125	17,1	41,0	38,0	27,1	26,8	36,5	24,0	27,1
Lichtband Modulraum	250	7,2	50,8	45,9	47,5	41,4	39,5	32,0	32,1
Zuluft Module, ungedämpft 2) erforderliche Minderung	1.000		71,8	59,9	63,4	62,4	67,5	63,0	64,1
				4,0	8,0	11,0	11,0	11,0	11,0
Zuluft Module, gedämpft 2)	1.000		62,3	55,9	55,4	51,4	56,5	52,0	53,1
Dach Modulraum, Ostseite	250	11,7	39,0	32,9	35,5	32,4	28,5	17,0	13,1
Dach Modulraum, Westseite	250	29,3	39,0	32,9	35,5	32,4	28,5	17,0	13,1
Südwestseite Kesselraum	250	20,3	27,4	20,7	25,3	16,9	16,0	-0,5	-9,0
Nordostseite Kesselraum	1.000	20,3	39,8	36,1	28,6	26,5	36,3	17,8	14,2
Lichtband Kesselraum	250	8,5	51,5	44,7	49,3	41,9	40,0	26,5	20,0
Nordwestseite Kesselraum	250	32,2	27,4	20,7	25,3	16,9	16,0	-0,5	-9,0
Zuluft Kessel, ungedämpft 2) erforderliche Minderung	1.000		71,2	58,7	65,3	62,9	68,0	57,5	52,0
				4,0	8,0	11,0	11,0	11,0	11,0
Zuluft Kessel, gedämpft 2)	250		61,9	54,7	57,3	51,9	57,0	46,5	41,0
Dach Kesselraum, Ostseite	250	13,9	39,9	31,7	37,3	32,9	29,0	11,5	1,0
Dach Kesselraum, Westseite	250	34,9	39,9	31,7	37,3	32,9	29,0	11,5	1,0
Kamin Module 2)	125		61,5	60,8	50,6	42,2	47,2	41,9	31,0
Kamin Kessel 2)	125		64,2	62,9	56,4	45,8	47,0	49,2	48,0
Kamin gesamt 2)	125		66,1	65,0	57,4	47,4	50,1	50,0	48,1

1) Tags sind wegen der Ruhezeitenzuschläge 2,4 dB(A) zu den hier gezeigten Pegeln zu addieren (kontinuierlicher Anlagenbetrieb vorausgesetzt).

2) Modellquelle Punkt, Gesamtschalleistung in dB(A)

Beurteilungspegel aus Lärm vom BHKW

Teilquelle	Beurteilungspegel-(anteil) nachts						
	IO 1	IO 2	IO 3	IO 4	IO 5	IO 6	IO 7
	dB(A)						
Abluftkamin	31,7	22,4	28,6	21,1	30,6	24,8	33,5
Zuluftöffnung Kesselraum	31,0	15,4	26,1	3,3	8,3	1,7	10,4
Zuluftöffnung Modulraum	32,6	16,2	25,7	0,9	-0,5	-3,9	0,5
Dach Kesselraum, Westseite	17,4	7,9	14,5	6,7	14,6	9,9	18,2
Dach Kesselraum, Ostseite	17,7	6,3	13,6	1,0	5,4	7,7	8,8
Dach Modulraum, Westseite	16,1	7,0	11,5	4,9	12,5	12,3	16,6
Dach Modulraum, Ostseite	16,9	5,5	11,7	2,5	5,9	8,5	8,2
Dach Schaltraum, Westseite	0,4	0,0	-15,7	0,0	-13,8	-13,9	-9,0
Dach Schaltraum, Ostseite	-9,9	-22,9	-16,9	0,0	-19,2	-20,0	-15,0
Kesselraum Nordwestwand, westl. Teil	2,9	-4,2	6,3	1,0	5,7	4,0	7,5
Kesselraum Nordwestwand, östl. Teil	7,2	-6,4	2,7	-10,3	-0,9	-3,3	2,4
Kesselraum, Südwestwand	6,7	-5,0	4,3	-6,3	7,1	4,4	13,3
Kesselraum, Nordostwand	25,9	11,2	21,0	4,8	3,1	2,4	0,1
Kesselraum, Lichtband	31,2	18,3	26,9	5,7	11,6	7,4	14,2
Modulraum, Südwestwand	5,5	-6,1	1,3	-7,1	4,8	3,3	12,0
Modulraum, Nordostwand	27,2	12,3	19,7	6,0	8,0	9,5	11,6
Modulraum, Lichtband	27,5	15,8	20,8	10,0	17,6	16,6	21,0
Schaltraum, Südwestwand	-23,3	-34,9	-28,3	-36,0	-24,6	-25,4	-19,5
Schaltraum Südostwand, westl. Teil	-16,3	-28,2	-22,3	-30,3	-19,7	-20,4	-14,8
Schaltraum Südostwand, östl. Teil	-17,3	-32,4	-24,6	0,0	-27,5	-27,8	-22,5
Schaltraum, Nordostwand	-2,3	-16,3	-9,8	0,0	-13,6	-14,0	-8,5
Schaltraum, Lichtband	0,3	-12,3	-6,6	0,1	-6,0	-6,3	-1,7
gesamt nachts	38,8	26,1	33,9	22,3	31,2	26,2	34,1
gesamt tags	41,2	28,5	36,3	24,6	33,6	28,6	36,5

Die Position der einzelnen Aufpunkte (IO 1 bis IO 7) ist dem Lageplan zu entnehmen.

Körperschall und Erschütterungen

Abschätzung der von den BHKW-Modulen emissionsseitig hervorgerufenen Erschütterungen

Körperschallabstrahlung

Größe	Einheit	Terzmittenfrequenz											
		Hz											
		5	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
L_v	dB	60,6	59,6	52,5	50,0	48,4	46,4	49,9	41,4	39,4	44,1	35,9	39,2
v_{eff}	mm / s	0,054	0,048	0,021	0,016	0,013	0,010	0,016	0,006	0,005	0,008	0,003	0,005
KB	-	0,036	0,039	0,018	0,014	0,012	0,010	0,015	0,006	0,005	0,008	0,003	0,005
KB* $F_{max,i}$	-	0,032	0,035	0,017	0,013	0,011	0,009	0,014	0,005	0,004	0,007	0,003	0,004

Summe über alle Frequenzbänder:

KB* F_{max} = 0,06 für ein Modul
n = 2 Anzahl der Module

KB* F_{max} = 0,08 **gesamt**
 L_v = 64,1 dB zugehöriger Schnellepegel, KB-bewertet

Mit den Parametern:

v_0 = 5E-08 m / s Bezugsschnelle, mit $L_v = 10 \log (v^2 / v_0^2)$

f_0 = 5,6 Hz Grenzfrequenz des Hochpasses für Frequenzbewertung der Schwingstärke nach DIN 4150, Teil 2, Gl. 1

c_F = 0,9 Konstante nach Tabelle 2 der DIN 4150, Teil 2, Erfahrungswert für stationäre Schwingungen

Rechengrößen:

L_v ... Körperschallschnellepegel, Modul MAN E 2866 EM (69 kW), 0,1 m Abstand zum Rahmenfuß

v_{eff} ... Körperschallschnelle, absolut, Effektivwert

KB ... bewertete Schwingstärke, aus den Meßwerte für die Körperschallschnelle nach DIN 4150, Teil 2, Gl. 6 berechnet

KB* F_{max} ... gleitender Effektivwert für KB, nach DIN 4150, Teil 2, Gl. 7