

Begrippenlijst

Geluidstechniek

LIJST VAN BEGRIPPEN IN DE GELUIDSTECHNIEK

Deze lijst beoogd geen compleet beeld te verschaffen van alle begrippen en methodieken. De beschrijvingen zijn in simpel gehouden, en uitsluitend bedoeld om de begrippen en methoden op eenvoudige wijze te verhelderen. Voor een meer technisch wetenschappelijke benadering wordt verwezen naar de handboeken, handleidingen en handreikingen, alsmede de normen en richtlijnen.

Begrip	Verklaring
A-gewogen niveau	geluidniveau waarvan het spectrum met een <u>A-weging</u> beoordeeld is.
A-weging	Een spectrale weging die gebaseerd is op de gevoeligheid van het menselijk gehoor voor verschillende frequenties. Lage en hele hoge frequenties worden daarin onderdrukt.
Absorptie	verlies van akoestische energie door omzetting in warmte.
Absorptie coefficient	het gedeelte van de opvallende geluidenergie dat geabsorbeerd wordt. 0% betekent volledige reflectie, 100% volledige absorptie.
Absorptie-demper	type geluiddemper dat gebaseerd is op absorptie van geluidenergie, <i>reflectiedemper</i>
Afstraal-faktor	verhouding tussen de 'trillingsamplitude' van een constructie (bijv. een plaat) en het afgestraalde geluidvermogen. In geval van een ideale afstraler is de graad 1.
ALARA	<i>As low as reasonably achievable</i> ; de stilste techniek die technisch te realiseren valt binnen economische randvoorwaarden.
Baffles	panelen van geluidabsorberend materiaal. Worden opgehangen in een ruimte om de nagalmtijd te verkorten en het geluidrukniveau te verlagen
Bedrijfsduur-correctieterm	Correctie van het direct gemeten of berekende equivalente geluidniveau voor het feit dat de bron slechts een deel van de tijd in bedrijf is.
Circulaire Industrielawaai	Circulaire van de rijksoverheid uit 1979, waarin het beleid en de normstellingssystematiek ten aanzien van de bestrijding van industrielawaai gegeven wordt.
Constructie-geluid	trillingen van een mechanisch systeem met een frequentie in het hoorbare gebied (20 Hz - 20 kHz).
Dag-/avond/-nachtperiode	dag: 7.00-19.00 uur; avond: 19.00-23.00 uur, nacht: 23.00-7.00 uur.
Decibel	Logaritmische maat voor de verschillende geluidniveaus ten opzichte van een referentiemaat. Afhankelijk of het een amplitude of energieniveau betreft wordt de logaritmische verhouding met 20 of 10 vermenigvuldigd.
Demping	verlies van trillingenergie van een constructie door interne wrijving. <i>verliesfaktor</i>
Densiteit	dichtheid van een absorberend materiaal, uitgedrukt in kg/m ³
Diffuus geluidveld	geluidveld in een ruimte dat een gevolg is van veelvuldige reflecties tegen wand, vloer en plafond <i>direct veld</i>
Direkte veld	geluid dat direct van de bron afkomstig is zonder beïnvloed te worden door reflecties <i>diffuus veld</i>
Eigentruilling emissieniveau	frequentie(s) waarmee een constructie bij voorkeur trilt <i>modes, modaal analyse</i> geluidniveau gemeten nabij een geluidsbron ten behoeve van de bepaling van het <i>geluidvermogen</i>
Equivalent geluidniveau	het gemiddelde geluidniveau over een bepaalde periode

Begrip	Verklaring
Etmaal-waarde	het hoogste van de volgende drie niveaus: het $L_{Aeq,dag}$; het $L_{Aeq,avond} + 5$ dB; het $L_{Aeq,nacht} + 10$ dB; het L_{Aeq} wordt hierbij bepaald conform de handleiding II-HR-13-01
excitatie	externe krachtaanstoting van een constructie
Frequentie	aantal trillingen per seconde : eenheid Herz (Hz)
Geluid-vermogen-niveau	De door een bron uitgestraalde geluidenergie in decibel ten opzichte van een referentie van 10-12 W.
Geluidbelasting	etmaalwaarde ten gevolge van een bepaalde bron
Geluiddrukniveau	Niveau in decibel van de geluiddruk. 0 dB is een effectieve geluiddruk van 20 micropascal, zijnde de gemiddelde gehoordrempel bij 1000 Hz.
Geluidgevoelige bestemming	Objecten waar hinder ten gevolge van geluid kan optreden. In de meeste gevallen woningen, maar ook scholen, ziekenhuizen, sanatoria en dergelijke.
Geluidintensiteit	maat voor de energiestroom uitgedrukt in W/m ²
Geluidsnelheid	zie <i>voortplantingssnelheid</i>
Gezoneerd industrieterrein	rond een gezoneerd industrieterrein is in het bestemmingsplan een zone vastgelegd waarbuiten de geluidbelasting tengevolge van het industrieterrein niet meer dan 50 dB(A) mag bedragen.
Golflengte	golflengte (λ)= geluidsnelheid \div gedeeld door frequentie (f)
Helmholz resonator	dempingssysteem dat in een zeer smalle frequentieband effectief is
Immissie-niveau	geluidniveau bij de ontvanger (immissie punt)
Infrageluid	geluid met een zeer lage frequentie (< 20 Hz)
Interferentie	sommering van trillingen met gelijke frequentie maar verschillende fase, leidt tot lokaal sterke variërende geluidniveaus <i>zweving</i>
Isolatie	verschil in decibel van trillings- of geluidniveau over een constructie; definitie: $10 \cdot \lg(\text{inkomende energie}/\text{doorgaande energie})$
Isolatie-waarde (R)	geluidisolatie van een wand, waarbij voor de nagalmtijd van de ontvangstruimte en het oppervlak gecorrigeerd is
KB	waarnemingsterkte van trillingen conform DIN 4150, deel 2 (SBR?, normstelling), $KB=0,1$ is 0,1 mm/s bij $f > 1$ Hz. <i>detectiedrempel</i>
Contact geluidoverdracht	overdracht van trillingen van de ene naar de andere constructie die leidt tot luchtgeluid
L_{95}	Geluidniveau dat 95% van de tijd overschreden wordt.
referentieniveau van het omgevingsgeluid	De hoogste waarde van: Wegverkeer geluidsbelasting – 10 dB L_{95}
$L_{A,max}$	Hoogste geluidniveau gemeten in de stand "fast" van de geluidmeter.
Mechanische impedantie	verhouding tussen de aanstotingskracht en de daarmee opgewekte beweging <i>mobilititeit</i>
Meteocorrectie-term	Correctie van de (onder gunstige meteo omstandigheden) bepaalde geluidniveaus voor het ook optreden van niet gunstige omstandigheden.
Meteoraam	Conditie van windrichting en -sterkte en bewolgingsgraad waaronder geluidimmissiemetingen mogen plaatsvinden.
Mobiliteit	reciproke van de impedantie
Modaal analyse	zichtbaar maken van de eigen trilvormen van een constructie bij externe aanstoting <i>mode, eigen trilling</i>
Nagalmtijd	tijd waarin, na afschakelen van de bron, het geluidniveau in een ruimte 60 dB daalt

Begrip	Verklaring
Nagalmveld	zie <i>diffuus veld</i>
Oktaafband	frequentie-interval waarbij de bovenfrequentie twee maal de onderfrequentie is. Elke oktaafband wordt benoemd door de middenfrequentie; 31,5 63 125 250 500 1k 2k 4k en 8kHz zijn veelgebruikte oktaafbanden.
Omgevingsgeluid	het geluidniveau ter plekke van een bedrijf als gevolg van andere geluidbronnen dan het bedrijf
Ontdreunen	techniek om door het aanbrengen van een viskeuze pasta trillingen in plaatmaterialen te verminderen
Overdrachts-karakteristiek	frequentieafhankelijkheid van de overdracht.
PWL	<i>PoWer Level</i> ; Geluidvermogen niveau.
Referentie-niveau (Ciculaire Industrielawaai)	Hoogste waarde van ofwel het L_{95} van het omgevingsgeluid ofwel het L_{Aeq} van wegverkeer min 10 dB.
Referentie-niveau (decibel waarden)	Waarde bij 0 dB van de betreffende grootheid: voor geluiddrukniveau : $2 \cdot 10^{-5}$ Pa voor geluidvermogeniveau : 10^{-12} W voor trillings snelheidsniveau: 10^{-9} m/s voor trillingsversnellingsniveau: 10^{-6} m/s ²
Representatieve bedrijfssituatie	Activiteitenpatroon dat vergund is. In het algemeen is dit een gemiddelde maximale situatie. In incidentele gevallen mag deze overschreden worden.
Resonantie	de aanstotingsfrequentie komt overeen met de eigenfrequentie van de constructie
Richtingsindex	de correctie op het geluidvermogen van een bron om de bronsterkte in de richting van het immissiepunt te verkrijgen
Snelheidsniveau	trillingsniveau in decibel ten opzicht van een referentie snelheid v_0 . v_0 kan zijn 10^{-9} m/s of $5 \cdot 10^{-8}$ m/s.
SPL	<i>Sound Pressure Level</i> ;geluiddrukniveau
Tertsband	Elke oktaafband kan worden onderverdeeld in drie tertsbanden
Tonaal/impuls-toeslag	5 dB straftoeslag op het geluidmissieniveau om extra hinderlijkheid van een duidelijk hoorbare toon of een sterk variërende intensiteit in de beoordeling mee te nemen.
Trillingsisolator	elastisch materiaal of constructie die de overdracht van trillingen beperkt.
Trillings-opnemer	apparaat dat mechanische beweging omzet in een elektrisch signaal. <i>versnellingsopnemer</i>
Tussenschakel verzwakking	het verschil in geluidniveau bepaald voor en na het treffen van de maatregel.
Ultra geluid	geluid met een frequentie boven het hoorbare gebied (>20 kHz)
Veer-constante	verhouding tussen de kracht en de uitwijking van een veer
Verliesfactor	mate waarin trillingsenergie wordt omgezet in warmte. Varieert van 0.001 voor staal tot 0.2 voor goed ontdreunde plaat. <i>damping</i>
Verplaatsingsniveau	maat van de uitwijking van een constructieonderdeel [in mm]
Versnellingsniveau	maat in decibel voor de versnelling van een trillend constructieonderdeel. Referentie waarde $a_0=10^{-6}$ m/s ²
Versnellings-opnemer	apparaat dat een elektrisch signaal geeft dat evenredig is met de versnelling m/s ² <i>trillingsopnemer</i>
Voortplantingssnelheid	snelheid waarmee een verstoring van de evenwichtstoestand zich door een medium voortbeweegt. In lucht circa 340 m/s, water, circa 1500 m/s, staal circa 5000 m/s.

Begrip	Verklaring
Vrije veld	geluidveld dat niet beïnvloedt wordt door reflecties

1. ALGEMEEN GELUID

1.1 Geluidniveau

Het *geluidniveau* geeft de sterkte van een geluidssignaal aan. De geluidsterkte wordt gemeten en uitgedrukt in decibels (afgekort dB). De decibel is een logaritmische eenheid en de rekenregels voor deze eenheid wijken dan ook sterk af van de gebruikelijke. Bijvoorbeeld twee even sterke geluidbronnen geven in hun omgeving tezamen een 3 dB hoger geluidniveau dan ieder van de bronnen op zich, dus $40 \text{ dB} + 40 \text{ dB} = 43 \text{ dB}$ (géén 80 dB).

Het geluiddrukkniveau ($L_p = \underline{L}$ evel of pressure) in formulevorm is:

$$L_p = 20 \cdot \log(p_{\text{eff}}/p_0) \quad [\text{dB}]$$

met $p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$, (p_0 = de effectieve geluiddruk die een mens net kan waarnemen)

De verhouding p_{eff}/p_0 geeft dus aan hoeveel maal het optredende geluid sterker is dan de effectieve geluiddruk die een mens net kan horen. Vervolgens wordt van deze verhouding de logaritme genomen. Dit doet men om praktische redenen.

In de situatie waarbij de effectieve geluiddruk gelijk is aan deze waarde (dat wil zeggen $p_{\text{eff}} = p_0$) is het bijbehorende geluiddrukkniveau 0 dB. 0 dB is het geluid dat een mens net niet kan horen. Bij de pijngrens bedraagt het geluiddrukkniveau 140 dB (directe blijvende gehoorbeschadiging).

1.2 Fluctuerende geluidniveaus ($L_{A\text{max}}$, $L_{A\text{eq}}$)

Veel geluiden, zoals van wegverkeer, railverkeer, muziek, etc. variëren in de tijd.

Het niveau van variërende geluiden wordt bepaald met het over een bepaalde periode energetisch gemiddelde niveau, aangeduid met $L_{A\text{eq}}$:

$$L_{A\text{eq}} = 1/T \cdot \int_0^T 10 \exp L(t)/10 dt$$

Voorts kan van een fluctuerend geluid het maximumniveau van belang zijn ($L_{A\text{max}}$). Dit wordt gedefinieerd als hoogste waarde, gemeten in de stand "FAST".

De A staat voor een A-gewogen geluidsniveau (zie dB(A))

1.3 Frequentie - toonhoogte

Behalve de geluidsterkte vast te leggen in een geluidniveau in dB kan men ook nagaan uit welke toonhoogten ofwel frequenties het geluid is samengesteld. De frequentie wordt uitgedrukt in Hz (Herz); dit is het aantal trillingen, dat per seconde optreedt. Een mens kan geluid met frequenties tussen 20 en 18.000 Hz horen

Geluid bevat vele frequenties. Voor een nadere analyse van het geluid wordt het geluiddrukkniveau in dB per groep van frequenties (oktaafband) gemeten. De oktaafbanden worden aangeduid met de middenfrequentie van de oktaafband. In de onderstaande tabel:

Tabel: middenfrequenties van terts- en oktaafbanden.

frequenties[Hz]								
Oktaaf	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
1/3 oktaaf	50	100	200	400	800	1.6 k	3.2 k	6.3k
terts	63	125	250	500	1k	2 k	4 k	8 k
	80	160	315	630	1.25 k	2.5 k	5 k	10 k

1.4 dB(A)

Bij de bepaling en beoordeling van een totaal niveau wordt in het algemeen het geluidsignaal gewogen met een frequentieafhankelijke weegfactor die gebaseerd is op de gevoeligheid van een gemiddeld menselijk gehoororgaan op A-drempelniveau; de A-weging. In onderstaande tabel is voor elke oktaafband de weging (in dB) gegeven die bij signaal wordt

Tabel II: weegfactoren voor A-weging van een oktaafbandspectrum.

frequenties [Hz]								
oktaafband	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
weging [dB]	-26	-16	-9	-3	0	+1	+1	+1

Een geluidsspectrum waar de geluidniveaus per frequentieband gecorrigeerd zijn voor de gevoeligheid van het menselijk oor, noemt men ook wel een A-gewogen spectrum.

1.5 Lucht- en contactgeluid

Luchtgeluid is geluid dat afkomstig is van een geluidbron die de lucht in trilling brengt. Voorbeelden van luchtgeluidbronnen zijn radio, stem en machines.

Contactgeluid is geluidenergie dat door onderling mechanisch contact van machine- (of andere) onderdelen zich voortplant.

Voorbeelden van contactgeluid zijn de trillingen van tandwielkasten die via het frame doorgeleid worden naar andere delen van de opbouw en daar vervolgens als luchtgeluid afstralen.

1.6 Geluidsnelheid - golflengte

Geluid wordt in de lucht overgedragen. De snelheid waarmee geluid zich in lucht voortplant is afhankelijk van de temperatuur. Bij 20° C bedraagt de geluidsnelheid circa 340 meter/seconde. De geluidsnelheid, frequentie en golflengte hebben de volgende relatie:

$$v = f \cdot \lambda$$

v = geluidsnelheid (= 340 meter/seconde)

f = frequentie [Hz]

λ = golflengte [m]

2. WET- EN REGELGEVING INDUSTRIEGELUID

2.1 Geluid in de omgeving van een industriële inrichting

Het hieronder volgende overzicht is bedoeld om een globaal inzicht te geven in de wettelijke eisen die aan een bedrijf met betrekking tot het geluid in de omgeving gesteld worden. Dit overzicht is niet bedoeld als juridisch naslagwerk en daarom zijn allerlei details en uitzonderingsbepalingen niet opgenomen.

Specifieke terminologie is in de tekst onderstreept. Deze termen kunnen in de alfabetische lijst aan het eind van hoofdstuk 3 worden opgezocht.

De hoeveelheid geluid die een bedrijf in de omgeving mag maken, wordt geregeld in de vergunning. Dit is momenteel een integrale milieuvergunning. Hoe deze vergunning wordt afgegeven, is geregeld in de Wet milieubeheer. Afhankelijk van de grootte van het bedrijf kunnen de voorschriften voor geluid er anders uitzien:

1. **klein bedrijf:** de voorschriften zijn standaard en zijn vaak per bedrijfspgroep geregeld in Algemene Maatregelen Van Bestuur (AMVB's);
2. **middelgrootbedrijf:** de voorschriften zijn toegesneden op de aard van het bedrijf en de omgeving. De normstelling kan worden ontleend aan de "Handreiking Industrielawaai en vergunningverlening" van het ministerie van VROM
3. **groot bedrijf:** de voorschriften worden deels ontleend aan de genoemde handreiking, deels geldt echter de normstelling uit de Wet geluidhinder (als onderdeel van de Wm).

Tot welk type een bedrijf hoort (klein, middel of groot) is geregeld in het Inrichting- en vergunningbesluit (IVB) dat bij de Wet milieubeheer hoort.

Klein bedrijf:

Kleine bedrijven krijgen doorgaans standaardvoorschriften in de volgende vorm:

- op een afstand van 50 meter buiten de gevel mag geen hoger niveau dan 50/45/40 dB(A) in de dag-/avond-/ nachtperiode optreden;
- binnen aanpandige woningen mag geen hoger niveau dan 35/30/25 dB(A) in de dag-/avond-/nachtperiode optreden.

Maar ook afwijkende voorschriften zijn mogelijk (zie bijvoorbeeld definitie dag-/nachtperiode in AMvB tankstations).

Middelgroot bedrijf:

De voorschriften voor middelgrote bedrijven kan worden ontleend aan de genoemde handreiking. Deze geeft echter geen eenduidige waarden, maar kent een stelsel van richtwaarden. De vergunningverlener maakt een afweging van de belangen bij het vaststellen van de eisen, gebaseerd op het redelijkerwijsprincipe uit ALARA (As Low As Reasonable Achievable) uit de Wm, en het gewenst omgevingsmilieu..

Groot bedrijf:

Ook voor een groot bedrijf worden de voorschriften ontleend aan de Handreiking.. Echter door de vergunningverlener wordt onderkend, dat een dergelijk bedrijf het geluid niet altijd binnen de poorten kan houden. Dit houdt in, dat de maximale etmaalwaarde bij de geluidgevoelige bestemmingen tot ten hoogste $L_{Aeq} = 55$ dB(A) mag bedragen. Ook hier vindt een belangenafweging plaats. Een dergelijke voorkeurspositie is ook weggelegd voor middelgrote bedrijven op gezoneerde industrieterreinen.

De Wet Milieubeheer maakt het mogelijk dat behalve eisen in de omgeving van het bedrijf volgens de Handreiking ook extra eisen gesteld worden aan de installatie zelf. De installatie moet qua technische uitvoering en geluidproductieniveau voldoen aan de "stand der techniek" conform het ALARA principe.

Een middelgroot en groot bedrijf moeten bij hun vergunning aanvraag een akoestisch rapport leveren dat inzicht geeft in de representatieve bedrijfssituatie, de daarmee gepaard gaande geluidproductieniveaus en de daarbij optredende geluidniveaus bij de geluidgevoelige bestemmingen. Van kleine bedrijven kan om een rapport door het bevoegd gezag worden verzocht.

Handreiking Industrielawaai en vergunningverlening

Dit document is uitgeven door het ministerie VROM in 1998 en bevat handreikingen voor de normstelling en handhaving bij vergunningverlening. De handreiking kent een stelsel van grens- en streefwaarden waarvan het niveau afhankelijk is van de omgeving. Het betreft slechts richtwaarden, Het bevoegd gezag kan een eigen systematiek ontwikkelen met daarbij behorende grenswaarden.

Tabel 3: streef-en grenswaarden voor geluid ten gevolge van industriële inrichtingen.

gebiedstypering	Grenswaarde L_{Aeq} in dB(A)		
	dag	avond	nacht
Stille landelijke gebieden	40	35	30
Gebieden voor extensieve recreatie			
Landelijk gebied met veel agrarische activiteiten	45	45	35
Stille woonwijk, weinig verkeer	45	40	35
Rustige woonwijk in stad	50	45	40
Gemengde woonwijk, combinatie van wonen en lichte bedrijvigheid	55	45	40
Woonwijk nabij drukke verkeersweg	55	50	45
Woonwijk nabij gezoneerd industrieterrein	55	50	45
Woonwijk in stadscentrum	55	55	45
In zone rond industriegebied	Afhankelijk van zonebesluit/hogere waardeprocedure		
Op industrieterrein	≤5	≤60	≤5

Bij het stellen van de geluidnormen kan het bestaande geluidniveau (referentieniveau) in de omgeving worden meegewogen. Dit niveau wordt bepaald uit het L_{05} en het equivalente geluid van wegverkeer.

Bij de beoordeling van het geluid wordt rekening gehouden met extra hinderlijkheid van het geluid dat sterk wisselende niveaus heeft, of dat duidelijk hoorbare zuivere tonen bevat. Deze geluiden worden 5 dB strenger beoordeeld (tonaal- of impulstoelag), toegekend over de periode dat dit effect optreedt (tijdsduurgecorrigeerde waarde).

Bovendien worden er eisen gesteld aan de geluidspieken, het $L_{A,max}$. Deze pieken mogen maximaal 10 dB boven het toegestane equivalente geluidniveau liggen. Na bestuurlijke afweging zijn in de dag-/avond-/nachtperiode hogere pieken tot respectievelijk 70/65/60 dB toegestaan. Onder voorwaarden kunnen in de dagperiode geluidmaxima tot 75 dB worden toegestaan.

2.2 Geluid op de werkplaats

Gehoorschadiging kan onder andere ontstaan bij regelmatige blootstelling aan overmatig hoge geluidniveaus. Gehoorschadiging is een arbeidsziekte met een sluipend karakter; geleidelijk gaat men gesprekken moeilijker verstaan, tot op den duur een praktisch volledige (ongeneeslijke) doofheid optreedt.

Als het geluidniveau hoger is dan 80 dB(A) is de kans op gehoorschade aanwezig. Ter bescherming van de werknemer tegen de schadelijke gevolgen van geluid is in augustus 1987 de nieuwe wet voor geluid op de arbeidsplaats van kracht geworden. Kort samengevat zijn de belangrijkste bepalingen:

- er wordt gestreefd naar een niveau van 80 dB(A);
- bij niveau's boven 85 dB(A) worden maatregelen getroffen, tenzij dit redelijkerwijs niet geëist kan worden;
- bij niveaus hoger dan 85 dB(A) stelt de werkgever doelmatige persoonlijke gehoorbeschermingsmiddelen ter beschikking en is de werknemer verplicht de hem ter beschikking gestelde gehoorbeschermingsmiddelen ook daadwerkelijk te gebruiken.

Het te beoordelen niveau is de dagwaarde, zijnde het equivalente niveau waaraan een werknemer gedurende een werkdag blootgesteld wordt.

Bij het treffen van geluidreducerende maatregelen wordt door de wetgever de voorkeur gegeven aan maatregelen aan de bron. Wanneer dat niet mogelijk is, komen maatregelen aan de overdracht aan de orde en pas op de laatste plaats persoonlijke gehoorbeschermingsmiddelen.

Per 1 januari 1993 de Europese Kaderrichtlijn (89/391/EEG) in de ARBO-wet ingevoerd. Deze aanpassing houdt onder meer in dat geen vrijstellingen meer mogelijk zijn voor het uitvoeren van maatregelen..

3. METEN EN REKENEN INDUSTRIELAWAAI

3.1 Geluid in de omgeving van een industriële inrichting

De geluidniveaus in de omgeving van het bedrijf kunnen bepaald worden met metingen of met berekeningen. De manier waarop metingen worden uitgevoerd en waarop berekeningen plaatsvinden is door de overheid voorgeschreven in het *Besluit meten en rekenen industrielawaai*. De technische uitwerking is gegeven in de *Handleiding Meten en Rekenen Industrielawaai 1999*. Deze Handleiding is uitgegeven door het ministerie VROM.

In deze handleiding is op gedetailleerd niveau voorgeschreven hoe metingen moeten worden verricht en hoe berekeningen moeten worden uitgevoerd. Uitgangspunt hierbij is dat de geluidniveaus bepaald worden onder die meteo-omstandigheden die gunstig zijn voor de geluidoverdracht (meteo-raam).

De bepaling van de geluidniveaus kunnen plaatsvinden met immissiemetingen of met berekeningen. Dit leidt tot het zogenaamd gestandaardiseerd immissieniveau L_i . Dit is een fysische grootte, die in de praktijk daadwerkelijk gemeten kan worden.

He beoordelingsniveau $L_{Ar,LT}$ wordt berekend door het gestandaardiseerde immissieniveau L_i te corrigeren voor het feit dat slechts een deel van het jaar de meteo-omstandigheden gunstig zijn voor de overdracht van geluid van het bedrijf naar het beoordelingspunt en voor het feit dat de bron maar een deel van de tijd in werking is. Deze termen worden respectievelijk met meteocorrectieterm (C_m) en met bedrijfsduurcorrectieterm (C_b) aangeduid.

$$L_{Ar,LT} = L_i - C_m - C_b;$$

$$B_i = L_{A,eq} + \text{toeslag voor avond-/nachtperiode}$$

De waarden van C_m en C_b worden met de in de handleiding gegeven formules berekend. C_m is 0 dB voor korte afstanden en nadert naar 5 dB voor hele grote afstanden en lage bron en ontvangerhoogtes. C_b is 0 dB voor een continue bron en kan heel groot worden voor een bron die slechts heel kort in bedrijf is.

Metingen

Er mag alleen gemeten worden wanneer de meteorologische omstandigheden gunstig zijn voor de overdracht van geluid van de bron naar het meetpunt. Dit komt neer op lichte meewind van bron naar ontvanger.

Deze omstandigheden zijn precies gedefinieerd in het Meteoraam. Afhankelijk van de afstand tot de bron en variaties in de bron moeten de metingen één of meerdere keren herhaald worden op verschillende dagen. Metingen vinden in principe op 5 m hoogte plaats, tenzij anders is voorgeschreven.

Berekeningen

Het gestandaardiseerde immissieniveau wordt berekend met de volgende systematiek :

- het geluidproductievermogen van de Bron wordt bepaald (L_{wr});
- berekend worden de volgende verzwakkingstermen:
 1. geometrische afname met de afstand (D_{geo});
 2. geluidverzwakking door luchtabsorptie (D_{lucht});
 3. toename tengevolge van reflecties (D_{refl});
 4. demping tengevolge van interferentie van de jtegen de bodem gereflecteerde en de directe golf (D_{bodem});
 5. afscherming door een wal, scherm of ander object (D_{scherm}).
- L_i wordt als volgt berekend (alleen de meest essentiële dempingstermen zijn hier gegeven, voor een volledige beschrijving wordt verwezen naar de handleiding) :

•

$$L_i = L_{wr} - D_{geo} - D_{lucht} - D_{refl} - D_{bodem} - D_{scherm}$$

3.2 Geluid op de arbeidsplaats

Het geluid op de arbeidsplaats wordt gemeten volgens NEN 3418 en NEN 3419.

NEN 3418 is een oriënterende methode, bedoeld om vast te stellen of binnen een bedrijf afdelingen voorkomen met geluidniveau's hoger dan 80 dB(A). De oriënterende meting wordt per ruimte/afdeling gedaan bij een activiteit waarbij men op het gehoor de hoogste geluidexpositie vermoedt. Voor die ruimtes/afdelingen waar niveaus boven 80 dB(A) zijn vastgesteld wordt volgens NEN 3419 een uitgebreide meting verricht.

Bij meting volgens NEN 3419 wordt de equivalente geluidbelasting vastgesteld over een representatieve werkdag. Dit houdt in dat meten met een dosimeter, niet meer toegestaan is. De dosimeter is te onzuiver en geeft geen inzicht in de bijdragen van de verschillende bronnen.

Kern van de vigerende meetmethode is dat gemeten wordt op de arbeidsplaats onder representatieve omstandigheden. Alle normaal werkende bronnen (ook de radio!) dienen tijdens het meten aan te staan.

4. BRON- EN OVERDRACHTSMAATREGELLEN

4.1 Bronmaatregelen

Algemeen

Bronmaatregelen zijn erop gericht de geluidproductie van een machine of installatie terug te brengen. Daarvoor staan veel technieken te beschikking. In het algemeen worden deze technieken al bij het ontwerp toegepast. In een aantal gevallen zijn deze maatregelen ook naderhand toepasbaar. Enkele voorbeelden van bronmaatregelen die met achteraf-montage verwezenlijkt kunnen worden zijn:

- vervanging van zaagbladen door geluidarme exemplaren met extra demping;
- vervanging enkeltraps luchtreduceerventielen door geluidgeoptimaliseerde meertraps ventielen;
- vervanging dichte, sterk afstralend afdekplaten door geperforeerde;
- ontkoppeling van trillende machineonderdelen en afstralende vlakken;
- verminderen van de constructiegeluidoverdracht door het aanbrengen van extra impedantiesprongen
- het verwijderen van sterke restricties ter bestrijding van cavitatiegeluid;

Echter de mate waarin bronbestrijding kan plaats vinden wordt naast de geluidtechnische mogelijkheden sterk bepaald door bedrijfseconomische en operationele randvoorwaarden.

Geluiddempers

Een aparte groep van bronmaatregelen zijn de geluiddempers. Omdat deze regelmatig achteraf gemonteerd worden is er meer aandacht aan gegeven.

Geluiddempers reduceren de geluidvoortplanting in luchtkanalen, leidingen en openingen zonder de luchtstroming te blokkeren. Geluiddempers kunnen verdeeld worden in drie groepen die ieder een eigen toepassingsbereik en eigenschappen hebben. In veel gevallen worden combinaties toegepast.

De **absorptiedemper** bestaat uit een rechthoekig of cilindrisch kanaal waarvan de wanden met een absorberend materiaal zijn bedekt. De dikte van het materiaal bepaalt het werkzame frequentiegebied, de lengte de totale reductie. Absorptiedempers zijn effectief in het midden en hoogfrequente gebied. Behalve in de vorm van een kanaalstuk worden deze dempers ook uitgevoerd in de vorm van een brede opening met daarin een aantal absorberende parallel geplaatste vlakken (**Koelissendempers**) Het werkzame principe is gelijk.

De **reflectiedemper** bestaat uit een of meer zorgvuldig op het te dempen frequentiespectrum afgestemde elementen zoals expansiekamers, $\frac{1}{4}$ golflengte en Helmholtz resonatoren en dergelijke. Reflectiedempers hebben een smalbandige werking maar zijn zeer effectief in een laagfrequent gebied. Dit type wordt veelvuldig toegepast in leidingsystemen van verbrandingsmotoren, compressoren e.d., vaak in combinatie met absorptiedempers.

Een speciaal type is de **afblaasdemper** waarin behalve de bovengenoemde principes ook de luchtstroom diffuus gemaakt waarmee het geluid dat ontstaat vanwege de sterke luchtstroom te verminderen.

4.2 Overdrachtsmaatregelen

Omkasting

Als gevolg van de eerder genoemde randvoorwaarden op operationeel en bedrijfseconomisch gebied wordt in de meerderheid van de gevallen gekozen voor het isoleren van de lawaaige machine met een **geluidisolerende omkasting**. Dit is een behuizing om een lawaaibron, meestal uitgevoerd als moduulsysteem, van (verzinkt) stalen of aluminium panelen aan de bronzijde voorzien van een geluidabsorberende vulling bestaande uit steenwol, glaswol of opencellig polyurethaanschuim en afgedekt met een geperforeerde plaat (vrije doorlaat min. 30%) als mechanische bescherming.

Ontwerpeisen naast de benodigde geluidreductie wordt de uitvoering sterk bepaald door operationele eisen zoals:

- ventilatie i.v.m. warmteafgifte (geluid gedempt);
- openingen t.b.v. materiaal toe- en/of afvoer;
- zichtbaarheid van de machine (ramen);
- toegankelijkheid cq demonteerbaarheid i.v.m. bediening en onderhoud;
- trillingisolatie i.v.m. voorkoming van trillingoverdracht van de lawaaibron op de omkasting.

De maximaal te bereiken geluidreductie wordt bepaald door de opbouw en de plaatdikte van de wand, de aanwezigheid van absorptie aan de binnenzijde, de aanwezigheid van openingen en de mogelijkheden van geluidoverdracht via leidingen of het fundament (flankerende overdracht). Richtwaarden zijn gegeven in tabel IV. Deze geluidreductie is voorts frequentieafhankelijk. Hoge frequenties zijn eenvoudiger te dempen als lagere.

Tabel IV: richtwaarden voor de geluidreductie die met omkasting te realiseren is.

type	gewicht plaat	geluidreductie
Abri/wand	5 - 15 kg/m ²	5 - 15 dB(A)
Omkasting, niet absorb	15 - 25 kg/m ²	15 - 25 dB(A)
Omkasting, absorberend	15 - 25 kg/m ²	15 - 30 dB(A)
Omkasting, absorberend	50 kg/m ²	40 dB(A)

Afscherming

De overdracht van geluid naar de omgeving kan beperkt worden door in het geluidpad een scherm te plaatsen. De effectiviteit hiervan is beperkt bij lage frequenties en redelijk bij hoge frequenties. Door het scherm absorberend uit te voeren worden meervoudige reflecties en daardoor verhoging van het geluidniveau voorkomen.

Wanneer afschermwanden in gesloten ruimten worden toegepast, moeten de plafonds en wanden absorberend zijn omdat anders geluid hiertegen kan reflecteren en zo de ontvanger kan bereiken.

Een **Abri** is een speciaal type scherm dat niet de gehele geluidbron omsluit. Langs- en zijwanden ontbreken. De geluidreductie is beter dan van een scherm maar haalt natuurlijk niet het niveau van een omkasting.

5. RUIMTE-AKOESTIEK

Bij de bouw van bedrijfsruimten wordt meestal gebruik gemaakt van akoestisch harde materialen. Geluid van machines en activiteiten reflecteert veelvuldig tegen deze wanden voordat het uitsterft. De nagalmtijd van een ruimte is de tijd die een geluid nodig heeft om na het afschakelen van de bron 60 dB in sterkte af te nemen. Een grote nagalmtijd leidt tot de volgende ongewenste effecten:

1. bij een gelijke bronsterkte neemt het geluidenergieniveau in de ruimte toe;
2. het geluidveld wordt diffuus waardoor richtinginformatie verloren gaat.

Dit eerste effect leidt op grotere afstand van de bron, waar het directe geluid sterk is afgenomen en de geluidenergie voornamelijk afkomstig is van de vele reflecties tegen wanden, plafond en vloer, tot sterke toenemende van het geluidniveau;

Het tweede effect leidt tot een onaangenaam akoestisch klimaat waar personeel elkaar slecht kan verstaan en waardoor onbehagen, concentratieverlies en vermoeiing veroorzaakt worden.

Door het aanbrengen van absorberend materiaal aan plafond en wand kan de nagalmtijd verlaagd worden en het akoestisch klimaat subjectief en objectief verbeterd worden. In figuur 2 is de optimale nagalmtijd gegeven afhankelijk van de grootte van de ruimte en het gebruiksdoel.

6. TRILLINGEN

6.1 Algemeen

In elke machine worden trillingen opgewekt. Via het frame en de fundering worden deze trillingen naar de bouwconstructie afgevoerd. De trillingen in de bouwconstructie kunnen elders in de vorm van geluid weer worden afgestraald, of kunnen in de vorm van voelbare trillingen hinder of schade aan gebouwen veroorzaken.

6.2 Hinder en gezondheidsklachten

Trillingen in het frequentiegebied boven 100 Hz zijn niet voelbaar doch kunnen, als grote vlakken in trilling worden gezet tot laagfrequent geluid leiden. Trillingen onder 100 Hz vormen geluidtechnisch geen probleem maar kunnen hinderlijk zijn. Bij groter sterktes kunnen zij tot gezondheidsklachten leiden. Een voorbeeld daarvan zijn witte vingers.

De sterkte van een trilling kan men uitdrukken in de versnelling, de snelheid of de verplaatsing van een trillend oppervlak. Deze grootheden zijn meestal eenvoudig in elkaar om te rekenen; bijvoorbeeld bij een sinusvormige trilling met een frequentie van 5 Hz komt een versnelling van 1 m/s^2 overeen met een snelheid van $(2\pi \cdot 5)^{-1}$ is circa 0.032 m/s en een verplaatsing van $(2\pi \cdot 5)^{-2}$ is circa 0.001 m.

6.3 Maatregelen

Met behulp van een trillingsisolerende opstelling kan men de trillingen van een machine verzwakken of meetapparatuur trillingsvrij opstellen. Veelvuldig wordt daarbij van verende lementen gebruik gemaakt. Deze aanpak is echter effectief boven een bepaalde frequentie. Daaronder treedt versterking van de trilling op als gevolg van opslingering of resonantie. Het is daarom van belang dergelijke constructies zorgvuldig te dimensioneren.

De volgende materialen verende elementen worden toegepast, ieder met een eigen toepassingsgebied:

- vilt, alleen voor trillingen van enkele honderden Hz;
- kurk- en rubbermatjes, voor trillingen boven circa 50 Hz;
- rubber- en stalen trillingsisolatoren, voor trillingen boven circa 10 Hz;
- servo-luchtkussensystemen, voor extreme trillingsisolatie van machines en meetapparatuur.

Bij zware langzaam lopende machines wordt altijd een aparte fundering overwogen.

7. VEEL GEBRUIKTE NORMEN

Hieronder zijn voor een aantal toepassingsgebieden de meest gebruikte normen gegeven. Het totale aantal normen, standaardmeetmethoden en richtlijnen op het gebied van industriegeluid is zeer talrijk.

TRILLINGEN	
ISO-2056	trillingen van machines
ISO-2057	trillingen bij mensen
SBR xxx	beoordelingsrichtlijn van trillingsniveaus voor hinder en gebouwschade
GELUID OP DE ARBEIDSPLAATS	
NEN-3418	meten geluid op de arbeidsplaats, indicatieve methode
NEN 3419	meten en berekenen geluid op de arbeidsplaats
ISO-11200/11204	bepaling geluidniveaus op de arbeidsplaats
VDI 2081	meetmethodes en maatregelen voor ruimte ventilatiesystemen
VDI-2567	geluidbeheersing met geluiddempers
VDI-2711	geluidbeheersing met omkastingen
VDI-3755	geluidabsorptie met absorberende plafonds
ELECTRONISCHE MEET- EN ANALYSE APPARATUUR	
IEC-651	eisen die aan de nauwkeurigheid van geluidniveaumeters gesteld worden
MEETMETHODES VOOR DE BEPALING BRONVERMOGENS	
ISO-3740 t/m 3746	omhulend meetvlak methode
ISO-9614	methode met intensiteitsmeter
ISO/DIS 8297 1987	methode voor industriële inrichtingen met veel bronnen.
handleiding 1999	geconcentreerde bron methode
handleiding 1999	omhullend meetvlak methode
handleiding 1999	Rondmethode volgens Stüber (variant op ISO/DIS 8297)
DIN 45635 (1-66)	bepaling bronvermogens van een groot aantal type machines