

AKOESTISCH COMFORT BIJ OPEN KANTOORCONCEPTEN

EEN NIEUWE MEETNORM (DIS/ISO 3382-3) EN EEN VOORBEELDPROJECT: PILOTPROJECT AFDELING D&C, RIJKSGEBOUWENDIENST

Op de 4e Kennisdag Bouwfysica 2011, dit voorjaar, is het Handboek Bouwfysische Kwaliteit Kantoren [1] gelanceerd. In het handboek zijn voorstellen gedaan voor het formuleren van bouwfysische eisen voor kantoren. Een belangrijk middel voor het beoordelen en toetsen van de eisen is het uitvoeren van metingen in de praktijk. Door de afdeling Duurzaamheid en Comfort van de Rijksgebouwendienst is dit jaar een pilotproject uitgevoerd, waarbij het meten van het akoestische comfort één van de prioriteiten was. Daarbij is de nieuwe, in ontwikkeling zijnde, meetnorm DIS/ISO 3382-3 [2] gebruikt voor het meten van het akoestische comfort in de open kantoorruimten.



ir. S.A. (Sara) Persoon,
M+P - raadgevende
ingenieurs, Aalsmeer



ir. E.A. (Emmely) de
Kruijff, Rijksgebouwen-
dienst, Den Haag

INLEIDING

In de hedendaagse kantoorcultuur is een tendens ingezet naar een meer open en interactieve kantooromgeving. Het Nieuwe Werken vormt daarbij een belangrijke drijfveer. De publicatie “Bouwfysische kwaliteit Rijkshuisvesting, Wettelijke eisen en Rgd-richtlijnen” van de Rijksgebouwendienst uit 1999 [3] is jarenlang een goed naslagwerk geweest voor de adviespraktijk. Door de veranderende kantoorconcepten zijn aangepaste eisen, richtlijnen en meetmethoden nodig. In het samenstellen van een Handboek Bouwfysica [1] is door de Rijksgebouwendienst in samenwerking met de NVBV het initiatief genomen tot de modernisering en (her)formulering van de bestaande uitgangspunten en eisen. Dit artikel gaat in op de ontwerpnorm voor het meten van het akoestische comfort: DIS/ISO 3382-3 [2]. Daarnaast wordt er aandacht besteed aan de resultaten van de pilot die bij de Rijksgebouwendienst is uitgevoerd om het akoestisch comfort op de werkvloer te meten. Tijdens de kennisdag is over dit onderwerp een presentatie gehouden met de titel “Akoestiek in moderne kantoorconcepten” (zie ook www.nvbv.org). Dit artikel geldt als een inhoudelijk vervolg op de lezing.

MODERNE KANTOORCONCEPTEN

In de huidige programma's van eisen wordt vaak uitgegaan van kantoren in afgesloten kamers, zonder dat er akoestische voorwaarden zijn opgenomen voor het veelvuldig toegepaste open kantoorconcept. Het concept van een open werkplekomgeving heeft een verdere impuls gekregen door *Het Nieuwe Werken (HNW)* of het *Organisatie Gericht Huisvesten (OGH)*. Hierbij zijn vaak flexibele werkplekken aanwezig, waarbij het aan de medewerker is om een geschikte werkplek uit te zoeken die past bij de werkzaamheden van dat moment. Dit is, door de mix aan activiteiten, wezenlijk anders dan het (oude) concept met grote repeterende kantoorruimten. Door HNW en OGH is de noodzaak toegenomen eisen te formuleren voor een open werkomgeving met verschillende taakgerichte werk-

plekken. In figuur 1 is een voorbeeld gegeven van een modern kantoorconcept.

MEETNORM

Voor de moderne kantoorconcepten zijn in de ontwerpmeetnorm ISO 3382-3 [2] methoden aangereikt voor de adviespraktijk om de akoestiek te beoordelen. Dezelfde methodiek kan ook worden gehanteerd om in de ontwerpfase de akoestische variabelen met behulp van een akoestisch model te bepalen.

Naast enkele bekende grootheden, zoals de *STI*, wordt in deze meetnorm de grootheid $DL_{2,5}$ geïntroduceerd, dit is de geluidsverzwakkingsindex bij afstandsverdubbeling. De norm geeft verder een indeling van deze parameters in akoestische klassen (in tabel A.1 van Annex A). Op basis van kwaliteitsniveaus zijn klassen ontworpen, waarbij klasse A de beste akoestische condities vertegenwoordigt en klasse D de minst goede. De norm geeft echter geen relatie tussen activiteiten en te hanteren kwaliteitsniveaus.

PILOTPROJECT D&C

Door de afdeling Duurzaamheid & Comfort van de Rijksgebouwendienst is dit jaar een pilotproject voor Het Nieuwe Werken ingericht op de eigen afdeling. Hierbij worden een aantal aspecten nader onderzocht, waarbij verbetering van de akoestiek één van de prioriteiten had. De pilot is uitgevoerd in samenwerking met het Programma Het Nieuwe Werken van de Rijksgebouwendienst. Ter bevordering van een goed akoestisch klimaat zijn extra plafondplaten aangebracht en is de plattegrond zo gewijzigd dat samenhangende activiteiten geclusterd zijn. Bij de ruimte-indeling is een concentratie kamer opgenomen, een centrale overlegplek en een vergaderkamer (in aparte ruimten). Dit maakt het mogelijk om specifieke werkzaamheden uit te voeren in speciaal daarvoor bestemde zones. Daarnaast hebben de collega's onderling afspraken gemaakt over geluidsproducerend gedrag.



Voorbeeld segment kantoorplattegrond als modern kantoorconcept

PARAMETERS EN EISEN

Bij de metingen in het pilotproject zijn diverse parameters bepaald, waaronder:

- de gemiddelde *nagalmtijd* in de ruimte (T_s in s);
- de *geluidsverzwakking* in de ruimte bij afstandsverdubbeling ($DL_{2,s}$ in dB);
- het *ontvanggeluidsniveau* ten gevolge van spraak ($L_{p,AS}$ in dB(A));
- het *achtergrondgeluidsniveau* ten gevolge van installaties ($L_{p,AA}$ in dB(A));
- de *speech privacy* met en zonder achtergrondgeluidsniveau (uitgedrukt als *STI* in -).

Nagalmtijd

Bij de ruimte-inrichting zijn de nagalmtijd en de materiaalverdeling met eventuele afscherming van belang. Voor de nagalmtijd in een open kantooromgeving tijdens de gebruikssituatie (ingericht) is een streefwaarde gesteld van 0,5 seconden. Dit als gemiddelde waarde over de octaafbanden 250 Hz tot en met 2000 Hz.

Geluidsverzwakking

Voor een modern kantoorconcept is een open en flexibele kantoorindeling gewenst. Daartoe is in de norm de (extra) grootheid $DL_{2,s}$, opgenomen. Deze grootheid drukt de geluidsverzwakking per afstandsverdubbeling uit in dB(A). Deze is afhankelijk van de ruimte-inrichting en het achtergrondgeluidsniveau.

Tussen werkplekclusters met verschillende activiteiten is een grote geluidsverzwakking gewenst, waarvoor in het Bouwfysica Handboek een $DL_{2,s}$ van 11 dB(A) wordt geadviseerd. Deze waarde is gebaseerd op ervaring en is tevens gelijk aan de grenswaarde voor klasse A zoals genoemd in tabel A.1 van ISO 3382-3 [2]. Voor een verzwakking van 11 dB(A) is een grote mate van afscherming nodig tussen de clusters. Bij gelijke activiteiten tussen clusters wordt een verzwakking van 5 dB(A) voldoende geacht, welke overeenkomt met de laagste klasse van de norm (klasse D). Een dergelijke waarde kan behaald worden met een standaard geluidsabsorberend systeemplafond.

Speech privacy

Een goede speech privacy betekent dat er slechts in geringe mate hinder wordt ondervonden van gesprekken van collega's. Dit hangt samen met het stemvolume van de spreker, de verzwakking van het stemgeluid door de inrichtingselementen en het aanwezige achtergrondgeluidsniveau. In een rumoerige omgeving zal het stemgeluid van een collega als minder hinderlijk worden ervaren dan in een stille omgeving.

Bij het onderscheiden van de mate van speech privacy is gebruik gemaakt van de akoestische grootheid *STI* [-]. De *STI*-waarde kan variëren tussen 0 en 1, waarbij $STI = 0$ een uitstekende privacy geeft en $STI = 1$ een uitstekende spraakverstaanbaarheid betekent. In tabel 1 zijn klassen van speech privacy weergegeven zoals bepaald op basis van de spraakverstaanbaarheid (omgekeerde grootheid van speech privacy). De klassen van spraakverstaanbaarheid zijn conform de norm NEN-EN-ISO 9921 en de richtlijn NPR 3438. De vertaling naar de mate van speech privacy is een interpretatie.

Tabel 1: Vertaling klassen van spraakverstaanbaarheid naar klassen van speech privacy in *STI*-waarden (conform [4] en [5])

STI [-]	speech privacy
> 0,75	geen
0,60 - 0,75	laag
0,45 - 0,60	matig
0,30 - 0,45	hoog
< 0,30	zeer hoog

RELATIES PARAMETERS

Voor een goede speech privacy is het nodig dat het ontvangstniveau van spraak zo laag mogelijk is. In kantoorruimten is meestal een achtergrondgeluidsniveau met een ruisachtige karakter, bijvoorbeeld ten gevolge van installatiegeluid of buitengeluid aanwezig. Een ruisachtig signaal levert een positieve bijdrage aan het akoestisch comfort want het maskeert namelijk hinderlijke geluidsignalen, zoals bijvoorbeeld telefoongesprekken van collega's. Overigens is dit geluid aan een maximumniveau gebonden.



2

Sfeerimpressie pilotproject, afdeling D&C, werkplekken met harde tussenschotten (boven), middengebied met kasten (midden) en plek voor informeel overleg met akoestisch scherm/afschieding (onder)

De *STI* correleert met de parameter $DL_{2,5}$ in een situatie zonder achtergrondgeluid vanwege installaties, een maskeringssysteem of geluid van de werkvloer. De $DL_{2,5}$ geeft uitsluitend informatie over de geluidsverzwakking in de ruimte ten gevolge van de inrichting. Deze parameter is onafhankelijk van het achtergrondgeluid. De *STI* geeft daarentegen wel de mogelijkheid het achtergrondgeluid mee te beoordelen op basis van de aanwezige signaal-ruis verhouding. Dit is een belangrijk voordeel ten opzichte van de $DL_{2,5}$. De *STI*-waarde geeft dus een betere indruk van de werkelijk waargenomen spraakverstaanbaarheid. Bij een grotere afstand neemt het spraakgeluidsniveau af. Het achtergrondgeluidsniveau daarentegen blijft vrijwel constant in de hele ruimte. De relatie tussen $DL_{2,5}$, het

achtergrondgeluidsniveau en speech privacy kan dan ook worden uitgedrukt in afstand tot de bron, zoals onderstaand is omschreven.

Distraction distance

Bij een spraakontvanggeluidsniveau van circa 5 dB(A) boven het achtergrondgeluidsniveau ontstaat een matige (normale) spraakverstaanbaarheid. Uitgedrukt in *STI*-waarde betekent dit een *STI*-waarde $\leq 0,50$. Bij een *STI*-waarde lager dan 0,50 kan men in matige privacy redelijk zonder afleiding doorwerken volgens de meetnorm. De afstand tussen bron en ontvanger, waarvoor deze waarde geldt, wordt volgens de norm de zogenaamde afleidingsafstand genoemd, in het Engels de *distraction distance* r_D [m].

Privacy distance

Wanneer het spraakontvanggeluidsniveau duidelijk lager is dan het achtergrondgeluidsniveau neemt de spraakverstaanbaarheid zodanig af, dat er sprake is van privacy. Bij een spraakontvanggeluidsniveau van 10 dB(A) lager dan het achtergrondgeluidsniveau kan een *STI*-waarde $\leq 0,20$ worden behaald. Een *STI*-waarde lager dan 0,20 komt volgens de ontwerp meetnorm overeen met de zogenaamde privacyafstand, ofwel de *privacy distance* r_p [m], voor een open kantoorvertrek. De privacy in deze situatie is vergelijkbaar met de privacy zoals die ervaren wordt in een gesloten kantoorruimte.

MEETMETHODE

Er is gebruik gemaakt van het computermeetsysteem Dirac. Bij deze metingen wordt een bekend signaal met behulp van een bolbron de ruimte ingestuurd en vervolgens door een microfoon geregistreerd. Door middel van een statistische signaalverwerking wordt uit de meetresultaten een impulsresponsie bepaald. Hieruit kunnen verschillende akoestische parameters worden afgeleid voor ruimteakoestiek en de spraakverstaanbaarheid. In figuur 3 is de meetplattegrond weergegeven.

RESULTATEN

Nagalmtijd

De gemiddelde nagalmtijd over de octaafbanden 250 Hz tot en met 2 kHz bedroeg 0,37 seconden. Afgerond betekent dit een gemiddelde nagalmtijd van circa 0,4 seconden. Deze waarde voldoet aan de gestelde eis voor de nagalmtijd van 0,5 seconden voor een ingerichte kantoorruimte.

Kantoortuin

In figuur 4 en 5 zijn de resultaten weergegeven, zoals gemeten voor de diagonale lijn door de kantoorruimte. Hierin is zowel het geluidsniveau van spraak ($Lp.A.S$) als stoorgeluid ($Lp.A.A$) uitgezet tegen de afstand tot de spreker. Voor de spreker is hierbij uitgegaan van een normaal stemvolume met een geluidsdrumniveau van 57,4 dB(A) op een afstand van 1 meter van de spreker conform [2]. In figuur 4 is de geluidsverzwakking voor afstandsverdobeling weergegeven. Deze is gemeten voor een diagonale lijn dwars door de ruimte (zie figuur 3 voor de gekozen meetposities). De gemeten geluidsverzwakking per afstandsverdubbeling is 7,3 dB exclusief schermen en 9,7 dB inclusief scherm 3. De invloed van scherm 3 is

goed te zien in beduidend lagere waarden dan verwacht zonder scherm (twee laatste meetpunten). Dit geldt als een normale prestatie bij een kantoorinrichting met enige afscherming. Als afscherming in deze kantoorinrichting dienen enkele kasten, planten en monitoren.

Figuur 5 laat zien dat op een afstand vanaf circa 12 tot 15 meter tot de bron een matige privacy behaald wordt (STI -waarde $\leq 0,50$). Dit komt overeen met een akoestisch comfort met voldoende privacy, waarbij redelijk (zonder afleiding en met concentratie) kan worden gewerkt. In deze figuur is eveneens het effect van scherm 3 goed te zien met beduidend lagere STI -waarden dan verwacht zonder scherm voor de twee laatste meetpunten.

Individuele werkplekken

Daarnaast zijn voor individuele werkplekken de parameters gemeten en bepaald. Er is gevarieerd in de bronposities, met als bronpositie bron P1, P2 en P3. Bronposities P1 en P2 zijn gewone werkplekken. Bronpositie P3 ligt bij een vergadertafel. Per bronpositie is op drie werkplekken het ontvangniveau gemeten. In figuur 3 zijn de bronposities en ontvangposities weergegeven. De bijbehorende meetresultaten zijn in tabel 2 weergegeven. De gemeten spraakniveaus liggen relatief hoog ten opzichte van de gemeten achtergrondgeluidsniveaus.

Het gemeten installatiegeluidsniveau is circa 30 dB(A). Dit geldt voor de meetposities binnen een afstand van 10 tot 15 meter van de bron. Hieruit volgt een redelijk slechte speech privacy voor de zend- en ontvangercombinaties ($STI > 0,50$).

Schermen

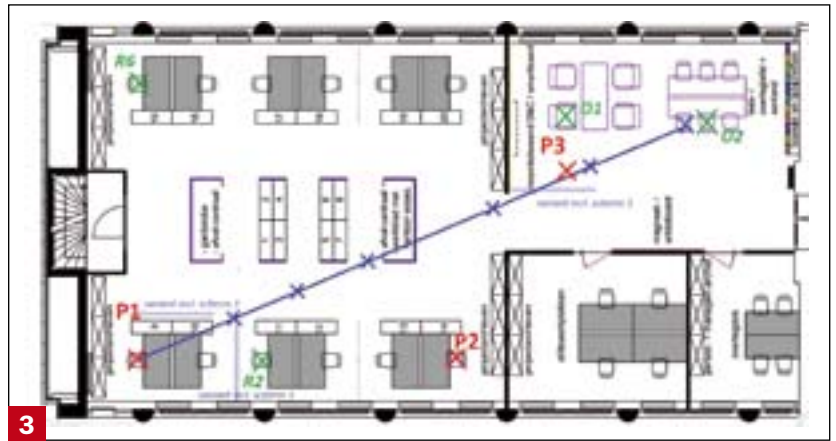
De plaatsing van scherm 1, 2 of 3, tussen bron- en ontvangerpositie verbetert de privacy enigszins. De schermen veroorzaken een verlaging van de STI -waarden. Het meest positieve effect wordt behaald voor de bron- en ontvangercombinaties met een lange afstand tussen bron en ontvanger. Voorbeelden hiervan zijn de combinaties P1/O1 en P3/R2. Door een lange afstand (weg tussen bron en ontvanger) en een korte nagalmtijd in de ruimte treedt een grote demping op van het stemvolume. Door de directe afscherming van de bron verlaagt het stemgeluid bij de ontvanger tot vrijwel het achtergrondgeluidsniveau. Voor bronpositie P3 en ontvangpositie R2 resulteert dit in een verlaging van de STI -waarde van 0,44 naar 0,36. Hierdoor gaat de speech privacy één klasse omhoog: van matig (geel) naar hoog (groen).

AANBEVELINGEN

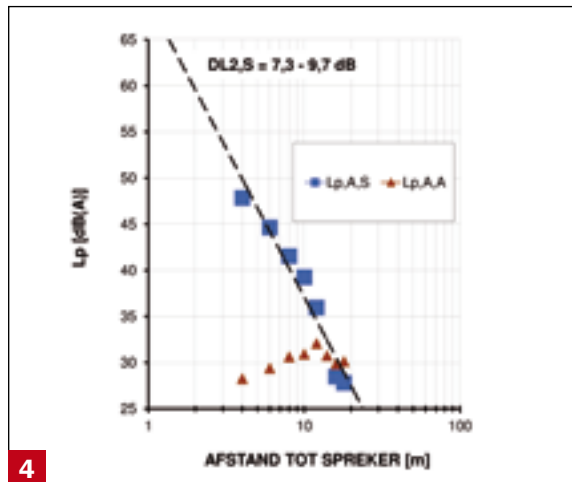
Inrichting

In een open kantoorruimte (meer dan 4 werknemers) is voldoende speech privacy gewenst. De speech privacy kan voor dit doel worden verbeterd door:

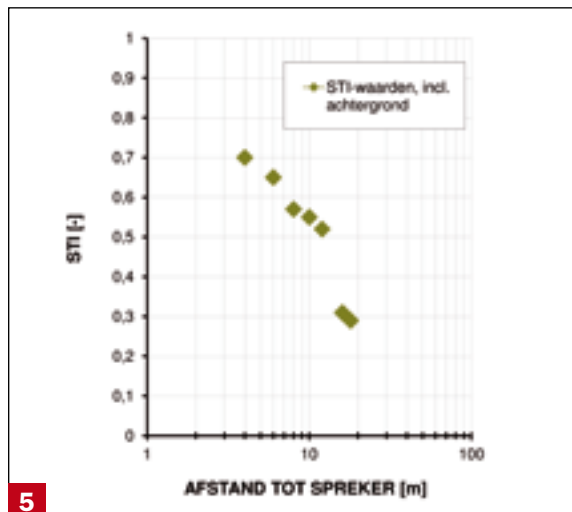
- De bron af te schermen, met akoestische schermen tussen (groepen van) werkplekken, met gelijke activiteit. Deze dienen voldoende hoog (hoger dan de bronpositie) en bij voorkeur geluidsabsorberend te worden uitgevoerd.
- Daarnaast kunnen geluidsverstrooiende elementen en absorberende elementen worden aangebracht om hinderlijke reflecties te beperken.



3 Meetplattegrond pilotproject. Voor de diagonale lijn zijn met bronpositie P1 meetresultaten bepaald als eigenschappen voor de kantoorruimte (inclusief scherm 3). Voor de bronposities P1, P2 en P3 zijn meetresultaten bepaald als individuele werkplek, met als ontvangposities R2, R6 en O1/2 (varianten inclusief een schermopstelling, scherm 1, 2 of 3). Ligging meetposities als bij benadering weergegeven. Schermen zijn alleen toegepast bij de variant situaties



4 Gemeten afname geluidsniveaus spraak ($L_{p,A,S}$ in dB(A)) bij toename afstand (inclusief scherm 3)



5 Gemeten afname STI -waarden [-] bij toename afstand (inclusief scherm 3), bepaald conform [2]

- Het achtergrondgeluidsniveau bij de ontvanger, bijvoorbeeld door installaties, te verhogen. Dit zorgt voor een grotere maskering van het spraakgeluid van collega's. Hierbij mag het achtergrondgeluidsniveau op zichzelf geen hinder veroorzaken. Een niveau van circa 45 dB(A) is maximaal toelaatbaar.

Tabel 2: Meetresultaten STI-waarden individuele ontvangposities

BRONPOSITIE P1			BRONPOSITIE P2			BRONPOSITIE P3	
R2	standaard	incl. scherm 2	R2	standaard	R2	standaard	incl. scherm 3
STI met achtergrond-geluidsniveau	0,71	0,69	STI met achtergrond-geluidsniveau	0,67	STI met achtergrond-geluidsniveau	0,44	0,36
R6	standaard	incl. scherm 1	R6	standaard	R6	standaard	
STI met achtergrond-geluidsniveau	0,57	0,55	STI met achtergrond-geluidsniveau	0,53	STI met achtergrond-geluidsniveau	0,29	-
O1	standaard	incl. scherm 3	O1	standaard	O2	standaard	
STI met achtergrond-geluidsniveau	0,34	0,23	STI met achtergrond-geluidsniveau	0,40	STI met achtergrond-geluidsniveau	0,78	-

Rekenmodel

Voor een nieuwe kantoor situatie kan gebruik gemaakt worden van een computer rekenmodel om een goed akoestisch comfort te ontwerpen. Het rekenprogramma geeft de mogelijkheid diverse varianten uit te rekenen. Hierbij kan bijvoorbeeld het stemvolume, het materiaalgebruik en het achtergrondgeluid worden gevarieerd.

CONCLUSIES

Uit de metingen in het pilotproject wordt geconcludeerd dat de presentatie van de parameters, zoals omschreven is in de ontwerp norm ISO 3382-3 [1] goed bruikbaar is. Voorgesteld wordt dan ook om de ontwerp norm toe te passen voor het beoordelen van het akoestische comfort in een open kantoor.

TOT SLOT

Overige bevindingen

Behalve het meten van de akoestische parameters is er een belevingsonderzoek uitgevoerd door TNO. Hieruit bleek dat het akoestisch comfort beter werd gewaardeerd na het aanbrengen van voorzieningen. De overlast door pratende en telefonerende collega's blijft echter een bron van hinder in een open kantoorruimte.

Als algemene conclusie voor akoestiek wordt uit de pilot bij de Rijksgebouwendienst geconcludeerd dat "de uiteindelijke akoestische kwaliteit in niet afgesloten werkruimten altijd een samenspel zal zijn tussen gedrag (bijvoorbeeld wel of niet telefoneren, informeel overleggen), indeling (mix van gebruiksfuncties voorkomen) en de akoestische eigenschappen van de ruimten."

Toekomstige ontwikkelingen

Na deze eerste vingeroefening met de meetmethode en de te hanteren akoestische parameters zijn (op korte termijn) nog enkele activiteiten gepland met als doel:

- te komen tot eenduidige akoestische prestatieniveaus bij de in de norm vastgestelde akoestische parameters, die de akoestische kwaliteit van een open kantoorruimte weergeven;
- te komen tot een set van eisen die niet alleen toepasbaar zijn in het ontwerp, maar ook goed toetsbaar zijn in de praktijk.

In september is in Hoofddorp een Douane kantoor opgeleverd met een vernieuwde werkomgeving, waarbij verschillende activiteiten met elkaar in open verbinding

staan. Hierbij is specifiek rekening gehouden met visuele en auditieve privacy. In dit project wordt de werking van breedbandresonatoren in een open kantoorconcept onderzocht. De vraag is in welke mate deze resonatoren effectief kunnen bijdragen aan het verbeteren van het akoestische comfort. Ook deze situatie zal doorgemeten worden conform ISO 3382-3 [2] met de bijbehorende parameters. Hierbij zal door het Center for People and Buildings de beleving van het akoestisch comfort worden onderzocht. Dit onderzoek gaat verder dan het onderzoek zoals verricht door TNO voor het pilotproject uit dit artikel. De enquête voor het Douane kantoor kijkt meer gedifferentieerd naar de diverse activiteiten en de beleving van het comfort in de ruimte. Hierdoor wordt het mogelijk een verdere koppeling te maken tussen de beleving van het akoestische comfort en de objectieve meting van het akoestische comfort. In dit onderzoek zal ook het gebruik van de werkomgeving onderzocht worden met als doel een vervolgstap te zetten in het formuleren van toe te passen grenswaarden. De opgedane kennis zal ook weer ingebracht worden voor de doorontwikkeling van het recent uitgebrachte Handboek Bouwfysische Kwaliteit Kantoorgebouwen van de NVBV. ■

Reacties op dit artikel in relatie tot het handboek zijn welkom op het e-mailadres handboek@nvbv.org. Algemene reacties zijn welkom op de persoonlijke e-mailadressen van de auteurs SaraPersoon@mp.nl en Emmely.deKruiff@rgd.minbzk.nl.

BRONNEN

- [1] *Handboek Bouwfysische Kwaliteit Kantoren*, versie 1.0, Nederlands Vlaamse Bouwfysica Vereniging, juni 2011
- [2] ISO/DIS 3382-3 *Acoustics - Measurement of roomacoustics - open plan spaces*, International Standard Organisation, ontwerp norm 2009
- [3] *Wettelijke Eisen en Rgd-richtlijnen voor Bouwfysica (WERRB)*, Ministerie van Volkshuisvesting Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Rijksgebouwendienst, september 1999
- [4] NEN-EN-ISO 9921 *Ergonomics: Assessment of speech communication*, Nederlands Normalisatie Instituut, november 2003
- [5] NPR 3438 *Ergonomie - Geluidhinder op de werkplaats - Bepaling van de mate van verstoring van communicatie en concentratie*, Nederlands Normalisatie Instituut, juni 2007