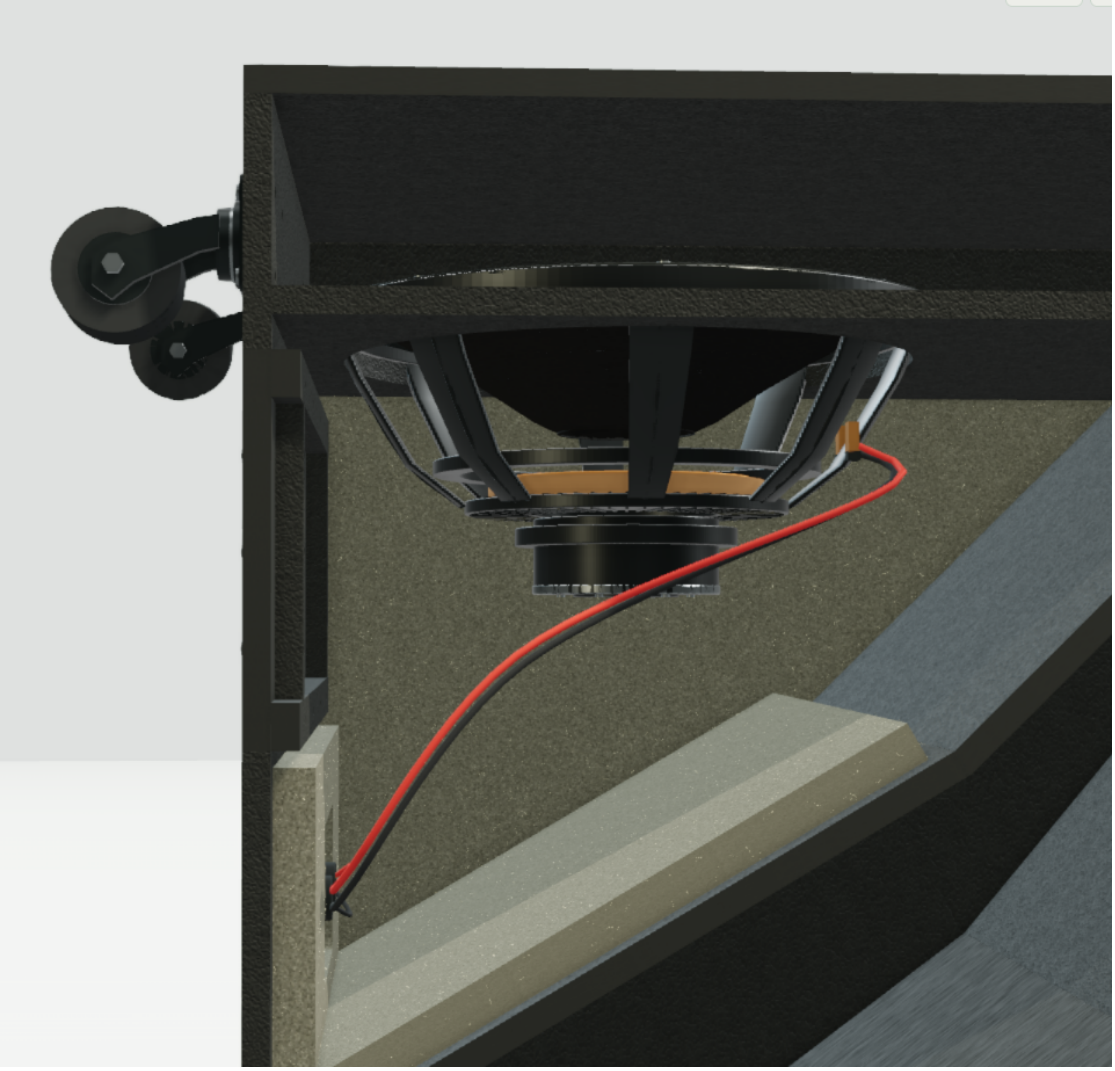
HESS BH / RCF LF18N405

ONDERZOEKSRAPPORT · KOELING, DEMPING EN INBOUW

Technische toetsing en verantwoord ontwerp



14 oktober 2026 · Nederlandse onderzoekseditie

Gebaseerd op de drie aangeleverde CAD-afbeeldingen, de aangeleverde tekst van de eerdere analyse, het openbare HESS BH-bouwplan en technische primaire bronnen. Inclusief zes berekende grafieken en vier eigen principeschema's.

Hoofdadvies: behoud een luchtdichte achterkamer en vrije fabrieksventilatie. Meet eerst de uitgangssituatie. Een warmtebrug naar een buitenkoeler is pas zinvol als de volledige warmteweg én de mechanische bevestiging aantoonbaar geschikt zijn.

Status: bureaustudie met reproduceerbare scenario's; geen gemeten thermische prestatie of vrijgegeven productietekening. Het oorspronkelijke PDF-bestand was niet toegankelijk; de later aangeleverde tekst is wel inhoudelijk getoetst.

1. Besluiten en leeswijzer

De eerdere analyse bevat bruikbare aandachtspunten, maar de voorgestelde ingrepen en temperatuurclaims zijn onvoldoende onderbouwd. De LF18N405 heeft een eigen ventilatiesysteem. Die voorziening behouden heeft voorrang op een extra koelplaat of ventilator. Zonder een gecontroleerde vergelijking is niet vastgesteld dat deze HESS BH extra koeling nodig heeft.

Besluit	Technische reden
Geen open koelgaten in de achterkamer	Een opening verandert de akoestische belasting en kan lekgeluid, turbulentie en extra conusuitslag veroorzaken. Een rooster of schuim maakt een opening niet luchtdicht.
Niet boren of direct lijmen in/op de magneet of motor	Risico op vervuiling van de luchtspleet, mechanische schade, ongecontroleerde belasting en onherstelbare montage.
Geen pad of koelplaat over een vent	Een beter contactvlak kan tegelijk de oorspronkelijke koeling verstoren. Alle openingen en luchtwegen moeten vrij blijven.
Eerst een meetbare referentie maken	Temperatuur van de buitenkant van de motor is niet de spreekspoeltemperatuur. Vergelijk geluid, weerstand, opgenomen vermogen en temperaturen.
Demping gericht en omkeerbaar toevoegen	Wandbekleding kan resonanties beïnvloeden, maar is tevens thermisch isolerend en verandert de akoestische belasting. Geen gegarandeerde baswinst.

Waar staat wat?

Hoofdstukken 2-4 behandelen de bewijskwaliteit, fouten en drivergegevens. Hoofdstukken 5-7 analyseren alle CAD-beelden. Hoofdstukken 8-14 bevatten akoestische en thermische modellen. Hoofdstukken 15-17 beschrijven inbouw en demping. Hoofdstukken 18-21 bevatten meetprotocol en prioriteiten; 22-23 geven rekenregels en bronnen.

Broncodes [S1]-[S12] verwijzen naar de laatste twee pagina’s. Een waarde met het label **scenario** is een gekozen invoer voor een gevoeligheidsanalyse, geen eigenschap die voor deze driver is gemeten.

2. Beschikbare informatie en onzekerheid

Invoer	Beschikbaar en bruikbaar voor
Eerdere analyse, aangeleverde tekst	Volledig gelezen. Claims over warmte, ventilatie, demping, montage en kosten worden hieronder getoetst. Dit is de inhoudelijke basis voor de correcties.
Subwoofer Koeling en Demping Onderzoek.pdf	Het oorspronkelijke bestand uit /mnt/data was hier niet toegankelijk. De tekst kan niet op paginavolgorde, volledigheid of oorspronkelijke figuren worden gecontroleerd.
firefox_A3794WZv8H.png	CAD-overzicht van driver, wandbekleding en kabelroute. Visuele interpretatie; geen bewijs van materiaalsoort.
firefox_cB2mHMjDgU.png	Tweede CAD-aanzicht, met achterwand/luik en aansluitzone. Geen betrouwbare maatvoering uit perspectief afleiden.
firefox_geradK3tyI.png	CAD-detail met M5-M9 en Z-waarden. Waarden kunnen worden overgenomen als weergegeven labels; betekenis van as en meetvlakken is niet vastgelegd.
RCF en Sound Agency	Primaire productgegevens en openbaar bouwplan. Geen onafhankelijke thermische metingen van deze specifieke kast.

Wat nog ontbreekt voor een uitvoerbaar ontwerp

Een native CAD-model of maatvaste doorsnede; het werkelijke netto achterkamervolume; de exacte motor- en ventilatiegeometrie; vrije afstanden loodrecht op contactvlakken; materiaal en laagdikte van de bekleding; gemeten temperatuur, weerstand en vermogen; versterker, DSP-instellingen en gebruikssignaal.

De drie beelden tonen oppervlakken die op absorberend materiaal lijken. Ze bewijzen geen productnaam, dichtheid, brandgedrag of dikte. Er wordt daarom geen automatische materiaalkeuze aan hun kleur of textuur gekoppeld.

Alle eigen tekeningen zijn principeschema’s. De aangeleverde CAD-beelden zijn ongewijzigd opgenomen. Geen enkele afbeelding in dit rapport is een vrijgave om een gat, klem of warmtebrug op de werkelijke motor te monteren.

3. Correcties op de eerdere analyse

Eerdere claim / voorstel	Beoordeling en correctie
“Binnen seconden magneet en spoel kritiek” op basis van 232 g koper	De spoelmassa is niet onderbouwd. Een adiabatische opwarming van een veronderstelde spoel is geen model voor de magneet. Warmteafvoer en meerdere warmtecapaciteiten ontbreken.
Neodymium moet onder circa 100 °C blijven	Geen productspecifieke grens aangetoond. Magneetkwaliteit, werkpunt, lijm en constructie bepalen de grens. Gebruik geen generiek 100 °C-getal als RCF-limiet.
Gaten / rooster / fan in de achterkamer	Afwijzen als eenvoudige koelmodificatie. Dit verandert de gesloten akoestische achterkamer. Een echte gepoorte variant zou een nieuw ontwerp en nieuwe validatie vereisen.
Koelplaat vastlijmen of schroeven in de magneetplaat	Afwijzen. Geen boorwerk aan de driver; geen permanente lijm als standaardoplossing. Eerst geschikte vaste contactdelen en een zelfstandige ondersteuning vaststellen.
5 V-fan aan 12 V-adapter	Onjuist zonder passende spanningsregeling. Voeding, polariteit en nominale spanning moeten overeenkomen; fanregeling mag geen onbedoelde overspanning geven.
Fan houdt de motor op 50-70 °C; gaten geven 20-30% winst	Niet onderbouwd door metingen, ventilatorkarakteristiek of een gesloten warmtebalans. Deze voorspellingen worden ingetrokken.
Alle wanden 50-100 mm bekleden, zonder basverlies	Niet bewezen. Demping beïnvloedt akoestiek, vrij volume, stroming en warmteafgifte. Test kleine, vastgezette zones afzonderlijk.
Neodymium betekent geringe magnetische interferentie	Geen geldige algemene conclusie. Materiaalnaam alleen bepaalt het strooiveld niet. Houd los metaal en verspaningsresten weg.

De eerdere totaalprijs van €127 is evenmin een actuele offerte. Bovendien klopt de arbeidsredenering niet: vier uur à €35 is €140, niet €75. In dit rapport worden geen ongeverifieerde actuele winkelprijzen hergebruikt.

4. Drivergegevens en numerieke fouten

Gegeven LF18N405	RCF-waarde [S1]
Nominale impedantie / gelijkstroomweerstand	8 ohm / 4,90 ohm
Belastbaarheid / program power	1500 W / 3000 W; geen universeel continu koelvermogen
Spreekspoel / materiaal / wikkellengte	102 mm / koper / 36 mm
Fs / Qts / Sd / Xmax	30 Hz / 0,32 / 0,120 m² / 14 mm
Mms / motortype	261 g totale bewegende massa / neodymium
Ventilatie	Hypervented; fabrikant beschrijft dual-forced air venting
Buitendiameter / opgegeven hoogte / gewicht	465 mm / 208 mm / 8,8 kg

De 261 g is de bewegende massa, niet de kopermassa van de spoel. De 208 mm is de totale opgegeven driverhoogte, niet de magneethoogte. Oudere tekeningen en tabellen kunnen andere referentievlakken of revisies gebruiken. Pasvorm moet aan de echte driver worden gecontroleerd. De RCF-productpagina bevat ook onderling afwijkende kopteksten over gevoeligheid en frequentiegebied; gebruik één gedateerde tabel en een passende tekening.

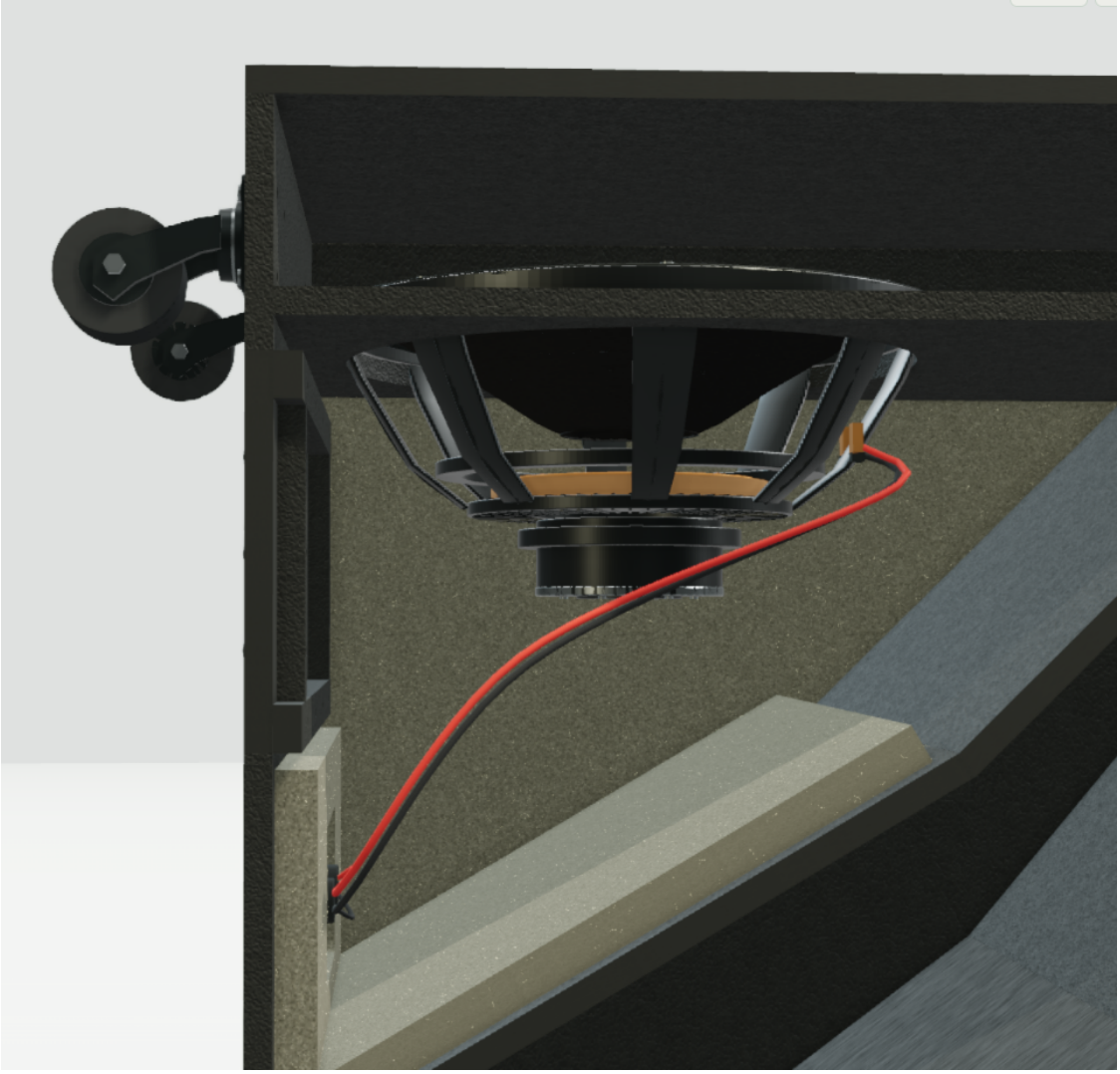
Rekenfouten die de conclusie veranderen

Stroom: als 1000 W uitsluitend in 4,9 ohm wordt gedissipeerd, is $I = \sqrt{(1000/4,9)} = 14,29$ A, niet ongeveer 10 A. Bij een werkelijke luidspreker zijn impedantie en fase frequentieafhankelijk; gebruik gelijktijdig gemeten spanning en stroom.

Uitwijking: ±14 mm betekent 28 mm piek-piek lineaire uitslag. Dat is niet hetzelfde als Xlim. De door RCF genoemde schadegrens van 58 mm mag niet als toegestane bedrijfsuitslag worden gebruikt. Sd × Xmax = 0,120 × 0,014 = 0,00168 m³ = 1,68 liter enkelzijdig verplaatsingsvolume.

Energiebalans: convectie is een weg waarlangs warmte wordt afgevoerd, geen aftrekpost waarmee elektrisch vermogen vooraf willekeurig tot 70% wordt teruggebracht. Een aanname van 700 W spoelwarmte is alleen een scenario.

5. CAD-beoordeling: overzicht A



Bron: firefox_A3794WZv8H.png, door gebruiker aangeleverd. De driver hangt onder het montagepaneel; daaronder zijn motor, schuine begrenzing en bekleding zichtbaar. De rode kabel loopt schuin langs de motor en vervolgens naar de aansluitzone.

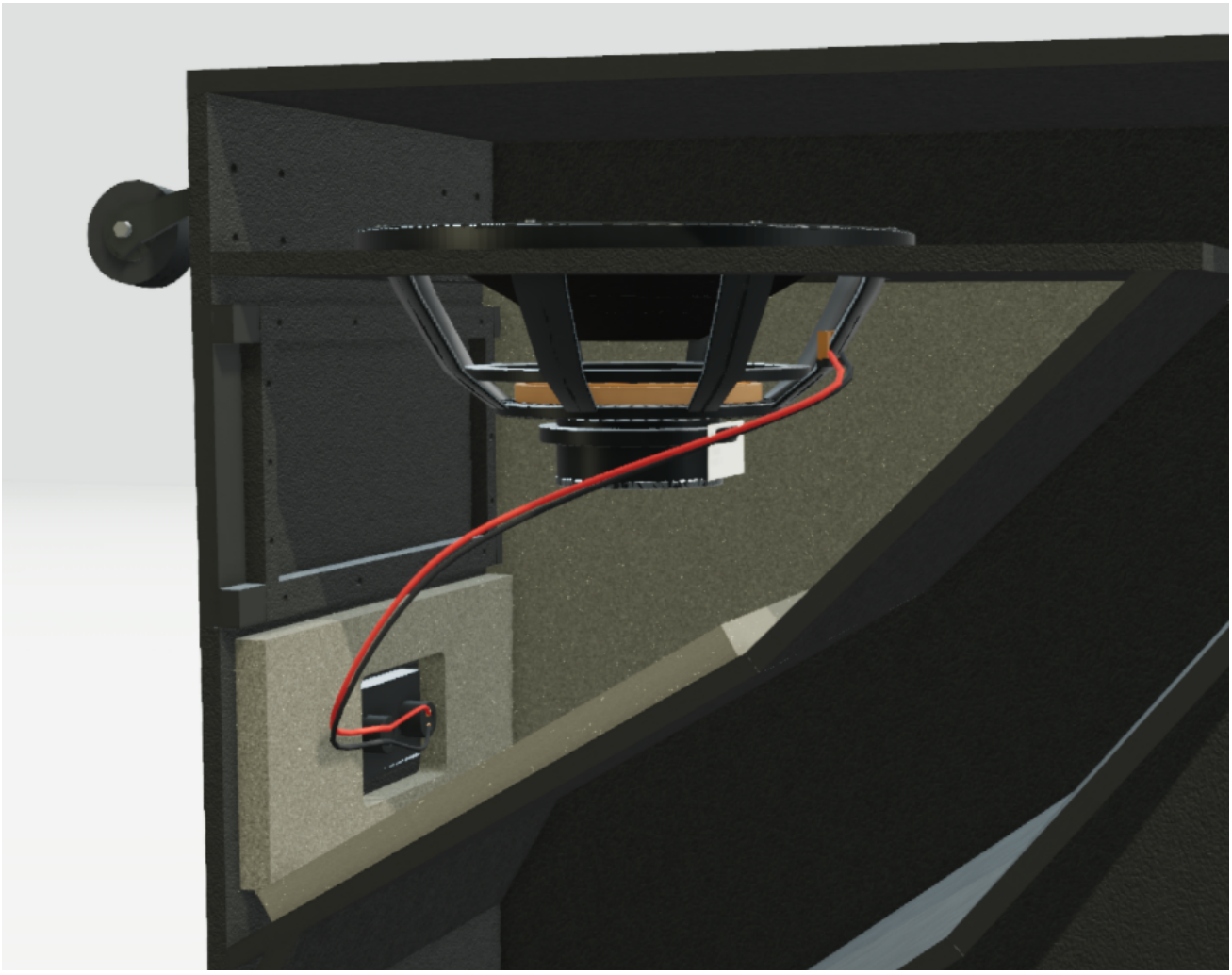
Gevolgen voor de inbouw

Houd een vastgelegde vrije zone rond alle motorventilatie en rond conus, spider en aansluitlippen. Een kabel die in een stilstaand CAD-beeld vrij lijkt, kan bij transport, montage of trillingen alsnog contact maken. Gebruik een geborgde route aan vaste kastdelen en voldoende service-lengte zonder losse lus bij de motor.

De beklede schuine wand kan luchtcirculatie begrenzen. Verwijder of voeg geen complete bekleding toe op basis van dit beeld alleen. Vergelijk eerst de bestaande toestand met een kleine, omkeerbare wijziging. Een koelblok onder de motor mag geen nieuw contactpunt tegen die schuine wand vormen.

De schaal en het perspectief geven geen betrouwbare loodrechte afstand tussen motor, kabel en wand. De afbeelding ondersteunt ruimtelijke oriëntatie; ze rechtvaardigt geen definitieve plaatmaat van 150 × 150 mm.

6. CAD-beoordeling: overzicht B



Bron: firefox_cB2mHMjDgU.png. Dit aanzicht toont de relatie tussen driver, schuine wand en de aansluitzone bij het achterpaneel. Er is geen aantoonbare, doorlopende koelverbinding naar buiten te zien.

Luik, afdichting en onderhoud

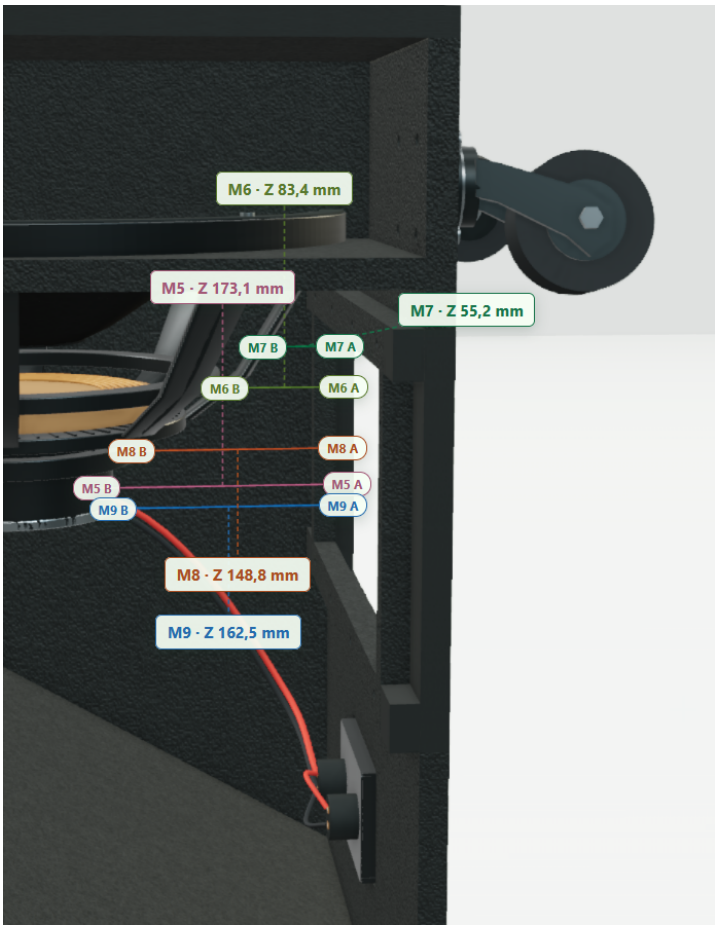
Een geschikt concept gebruikt een vervangbaar luik met gesloten pakking. De warmte kan door een vast metalen deel naar een uitwendige koelvin lopen; de lucht in de achterkamer blijft opgesloten. Ook de kabeldoorvoer moet luchtdicht en mechanisch ontlast zijn. Een open gaasje is daarvoor geen vervanging.

Een losse plaat aan de motor die alleen naar binnenlucht afstraalt of convecteert, brengt warmte eerst in dezelfde kamer. Een betere lokale motorafkoeling is mogelijk, maar de totale afvoer blijft afhankelijk van kastwanden en buitenlucht. Een lagere motortemperatuur alleen bewijst bovendien geen even grote afname van de spoeltemperatuur.

Service-eis

Maak verwijdering van driver en luik mogelijk zonder kracht via een warmtebrug op de motor te zetten. Een warmtebrug mag niet tegelijk fungeren als onbedoelde stijve steun tussen een trillende driver en de kast. Massa, transportbelasting, thermische uitzetting en toleranties moeten door de constructie worden opgevangen.

7. CAD-maatlabels M5 tot en met M9



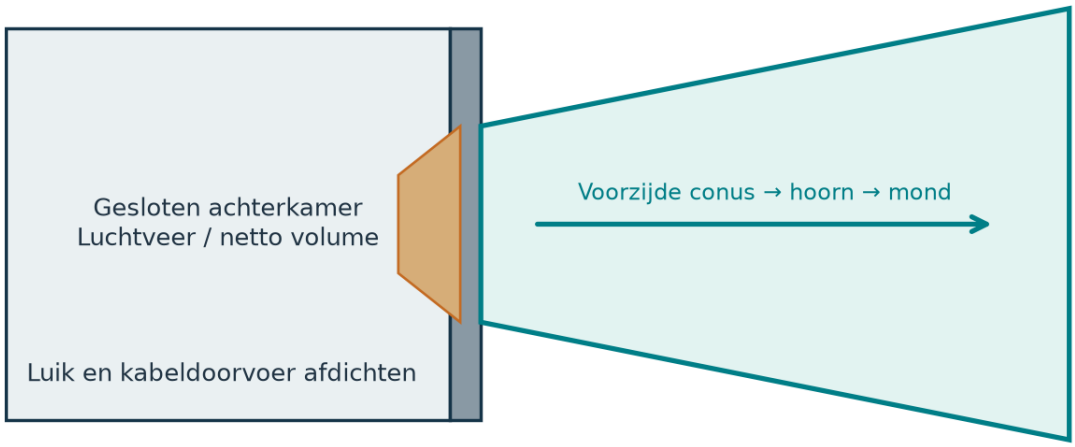
Label	Weergegeven Z-waarde	Wat hiermee wel / niet vaststaat
M5	173,1 mm	Coördinaat of afstand volgens de getoonde CAD-meting; referentie ontbreekt.
M6	83,4 mm	Niet automatisch een vrije spleet loodrecht op een wand.
M7	55,2 mm	Niet automatisch de minimale koel- of ventilatieruimte.
M8	148,8 mm	Niet zonder meetvlakken gebruiken als bruglengte.
M9	162,5 mm	Niet zonder meetvlakken gebruiken als kabelvrije ruimte.

Bron: firefox_geradK3tyl.png. De eerdere samenvatting “50-160 mm vrije afstand achter de magneet” is onjuist als weergave van deze labels: M5 is 173,1 mm en de betekenis van Z is niet vastgesteld. M5-M9 zijn meetlabels, geen aangetoonde metrische schroefmaten.

Meet vóór fabricage: kleinste afstand tot motorvent, achterzijde motor en schuine wand; loodrechte spleet bij elk contactvlak; bereik voor montagegereedschap; driver-uitneemroute; kabelradius; luikdikte en pakkingcompressie. Noteer bij iedere maat beginvlak, eindvlak en tolerantie.

8. Akoestische randvoorwaarden

Akoestisch principe: achterkamer gesloten, hoornpad vrij



Rechtgetrokken principe; de echte hoorn is gevouwen.

De eerdere omschrijving “back-loaded horn-achtig” is geen voldoende nauwkeurige ontwerpbasis. Het openbare HESS BH-plan toont een driver met een afgesloten ruimte aan de motorzijde en een gevouwen hoorn aan de andere zijde. Behandel de achterkamer als onderdeel van de akoestische belasting. [S2]

Waarom open koelgaten vervallen

De opgesloten lucht vormt een veer. Een lekkage voegt akoestische weerstand en inertie toe; een grotere opening kan een poortachtige werking krijgen. Daarmee kunnen resonanties, laagweergave en uitslag veranderen. Het effect hangt af van opening, lengte, volume en frequentie. Er bestaat geen universeel “veilig aantal koelgaten”.

De ventilatie in de driver is iets anders dan ventilatie door de kastwand. De motor kan lucht uitwisselen met de bestaande kamer zonder dat die kamer naar buiten geopend hoeft te worden. Een fabrieksvent vereist vrije ruimte, geen automatisch gat naar de buitenwereld.

Oorspronkelijke instellingen als startdocument

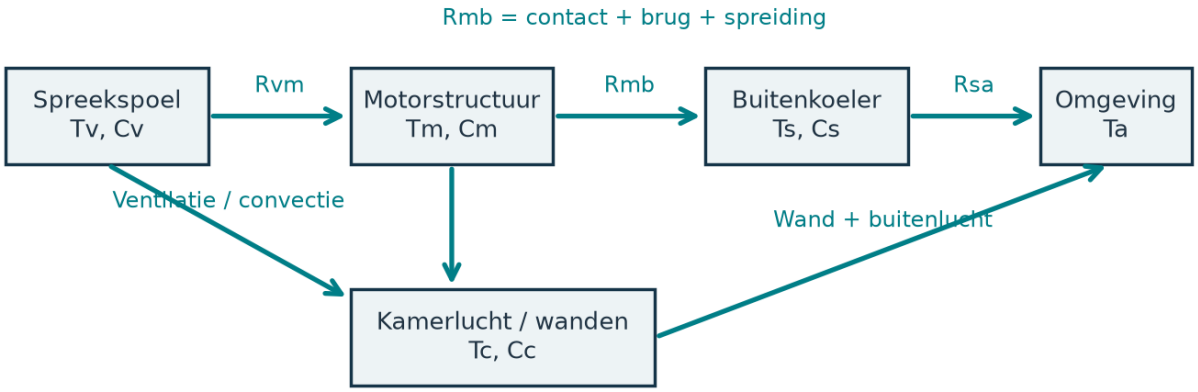
Het HESS BH-plan noemt een hoogdoorlaatfilter van 31 Hz, Butterworth 24 dB/octaaf, en 97,97 V RMS als limiterwaarde bij de aanduiding 1200 W. De berekening $97{,}97^2/8 \approx 1200$ W gebruikt nominale impedantie. Het is geen meting van werkelijk vermogen of een garantie bij elk programma, elke limiter of elke driverrevisie. [S2]

Controleer versterkergain, limiterdetectie, tijdconstanten, uitgangsspanning en clipping. Neem geen nieuwe maximaal-SPL-curve of exact laagbereik aan zonder een gevalideerd akoestisch model en meting van deze kast.

9. Warmtestroom: van spoel naar omgeving

Warmtenetwerk: meerdere temperaturen en parallelle routes

Elektrisch verlies verwarmt vooral de spoel; verliezen in metaal kunnen een extra bron vormen.



Geen numerieke R- of C-waarden van deze driver gemeten. Netwerk = fysisch schema, geen gevalideerd model.

Een motor bestaat thermisch niet uit één homogene massa. Spoel, poolstukken, magneetconstructie, chassis, lucht en kastwanden warmen met verschillende snelheden op. Een thermisch netwerk beschrijft die routes met warmteweerstanden R in K/W en warmtecapaciteiten C in J/K. KLIPPEL behandelt juist deze meerledige en bewegingsafhankelijke warmteoverdracht. [S3]

Wat een buitenkoeler kan beïnvloeden

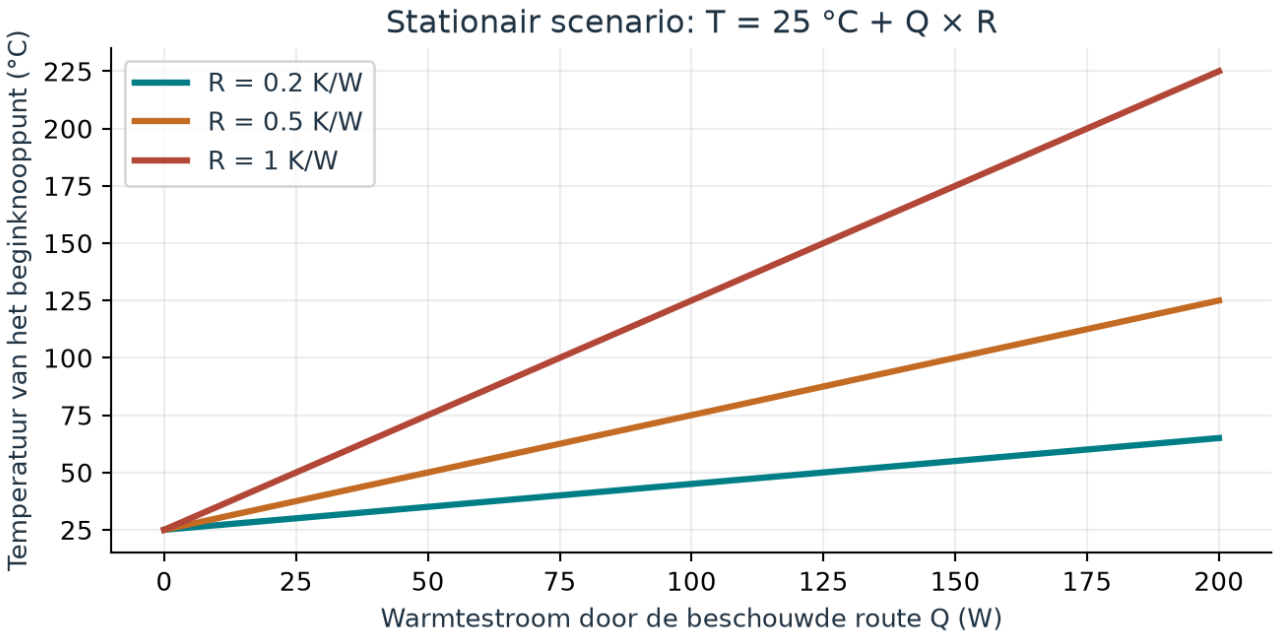
Een extra route vanaf de motor verlaagt mogelijk de effectieve motor-naar-omgevingweerstand. De spoel-naar-motorweerstand blijft echter bestaan. Een grote daling van de buitenste motortemperatuur kan daarom samengaan met een veel kleinere daling van de spoeltemperatuur. Ook kan een blokkade van een vent een andere, gunstige route verslechteren.

Een interne ventilator kan de warmteoverdracht binnen de kamer vergroten, maar voert op zichzelf geen warmte door de gesloten kastwand. Bovendien wordt zijn elektrische verbruik uiteindelijk extra warmte. Een ventilator buiten op een uitwendige koeler kan de buitenste weerstand verkleinen zonder een akoestisch lek te maken.

Meten om het model te begrenzen

Log ten minste omgeving, kamer, motoroppervlak en koeler. Bepaal daarnaast de gemiddelde spoeltemperatuur via de weerstandsverandering. Pas een netwerk alleen aan meetdata aan als het aantal vrij te fitten parameters beperkt blijft; één temperatuurcurve bepaalt niet uniek alle interne weerstanden en capaciteiten.

10. Warmteweerstandscenario’s



Scenario: omgeving 25 °C; alle Q in de grafiek gaat door één gekozen route. De weerstanden 0,2, 0,5 en 1,0 K/W zijn hypothetisch. De lijnen voorspellen geen werkelijke spoel- of magneettemperatuur.

Q door route	R = 0,2 K/W	R = 0,5 K/W	R = 1,0 K/W
25 W	30 °C	37,5 °C	50 °C
50 W	35 °C	50 °C	75 °C
100 W	45 °C	75 °C	125 °C
200 W	65 °C	125 °C	225 °C

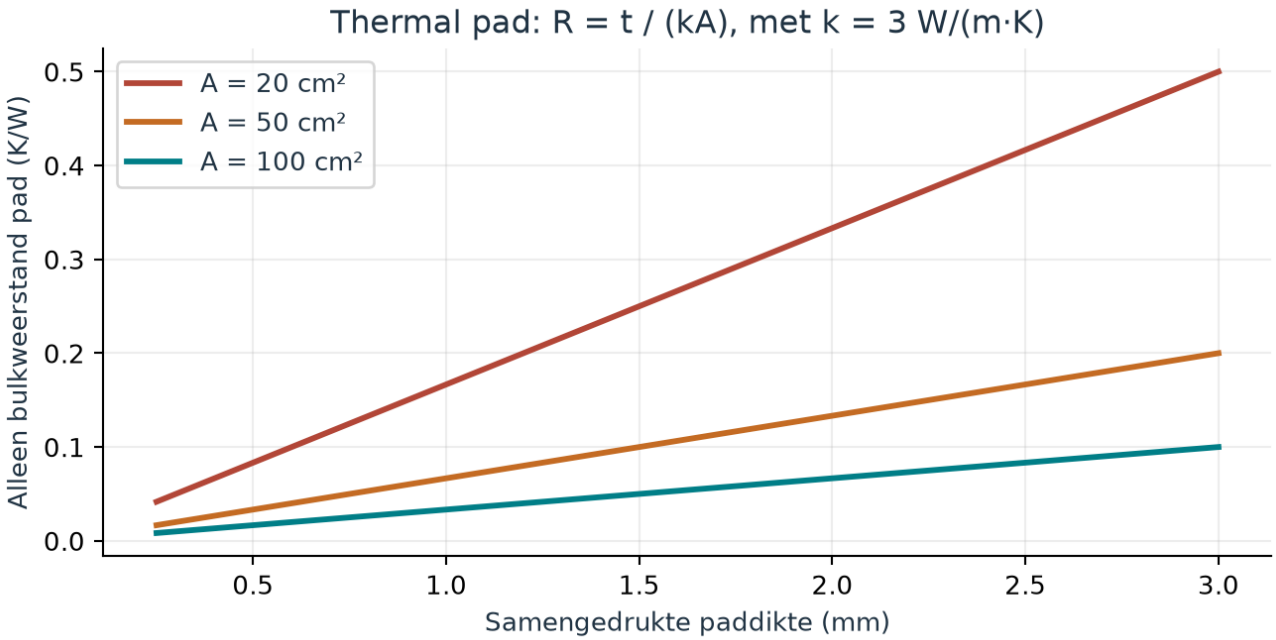
Dimensioneren vanuit een toegestaan verschil

Als een gekozen motor-naar-buitenroute 100 W moet afvoeren en daarvoor 40 K temperatuurverschil beschikbaar is, moet de som van contact, geleiding, spreiding en buitenafgifte maximaal 0,40 K/W zijn. Dit is een ontwerpdoel, geen vastgestelde toegestane temperatuur voor de RCF-driver.

Bijvoorbeeld: 0,05 K/W pad + 0,10 K/W contacten/spreiding + 0,15 K/W brug + 0,50 K/W buitenkoeler geeft 0,80 K/W. Bij 100 W ontstaat 80 K verschil. Alleen een beter pad lost een te grote buitenweerstand dus niet op.

Een koelerwaarde uit een catalogus geldt bij de genoemde oriëntatie, luchtstroom en warmteverdeling. Een benauwde inbouw of afdekking kan slechter uitvallen. Reken voor selectie met leverancierscurves en controleer daarna de complete gemonteerde constructie. [S8]

11. Thermal pads en contactvlakken



Het voorbeeld gebruikt k = 3 W/(m·K), een orde die wordt opgegeven voor BERGQUIST GAP PAD TGP 3000. Dit is geen aanbeveling om dit product zonder passing en drukcontrole op de driver te plaatsen. [S5]

Dikte, druk en oppervlak

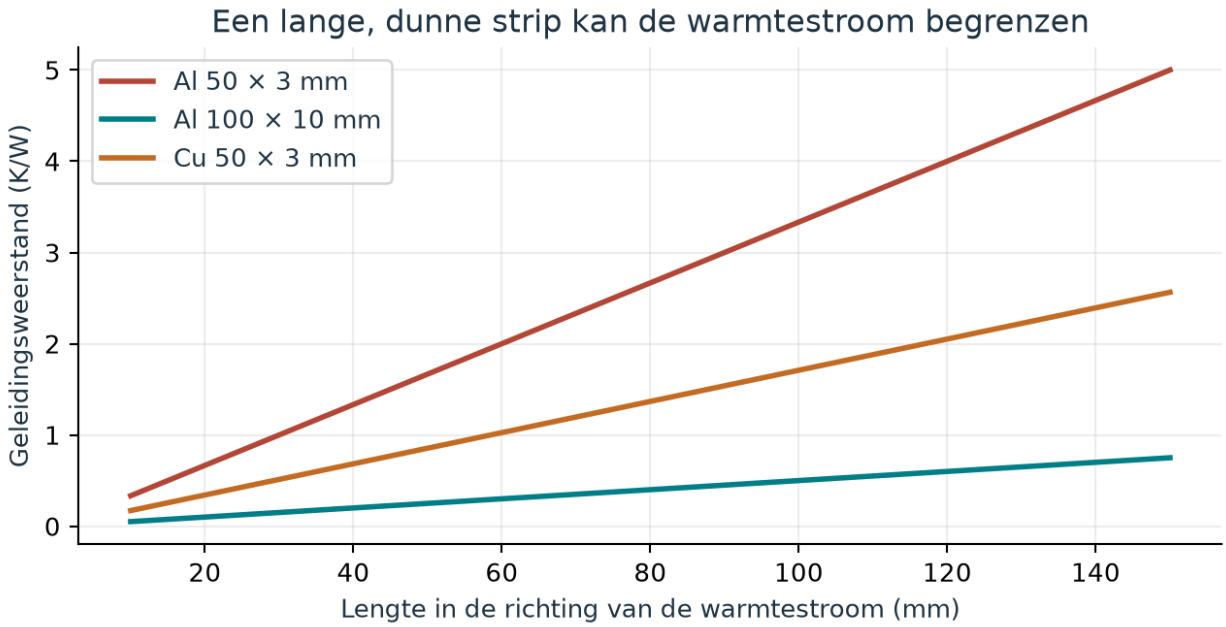
Voor 1 mm samengedrukte dikte en 50 cm² werkelijk contactoppervlak is R = 0,001/(3 × 0,005) = 0,0667 K/W. Bij 50 W geeft uitsluitend de padbulk 3,33 K verschil. Met 3 mm wordt dat 10 K. De echte verbinding bevat daarnaast oppervlakte-, contact- en spreidingsweerstand.

Een zachtere of dikkere pad kan toleranties overbruggen, maar vergroot meestal de bulkweerstand. Een hoge catalogus-k is niet voldoende: druk, vlakheid, ruwe coating, effectieve contactzone en langdurige kruip tellen mee. Gebruik de samengedrukte dikte en het werkelijk dragende oppervlak; een ring heeft minder contactoppervlak dan een volle schijf.

Ventvrij ontwerp: snijd geen willekeurige volle pad op de motorachterkant. Leg eerst alle centrale én perifere ventilatieopeningen vast. Een pad mag niet door samendrukking of kruip in een opening terechtkomen. Er is geen universele vrije afstand die uit de CAD-afbeeldingen kan worden afgeleid.

Gebruik een pad niet als lijm of structurele verbinding. Een warmtebrug moet zelfstandig geborgd zijn. Geen druk op bros magneetmateriaal, dunne kappen, conusdelen of ventilatiebescherming. Ook thermische pasta is geen mechanische bevestiging.

12. Materialen voor de warmteweg

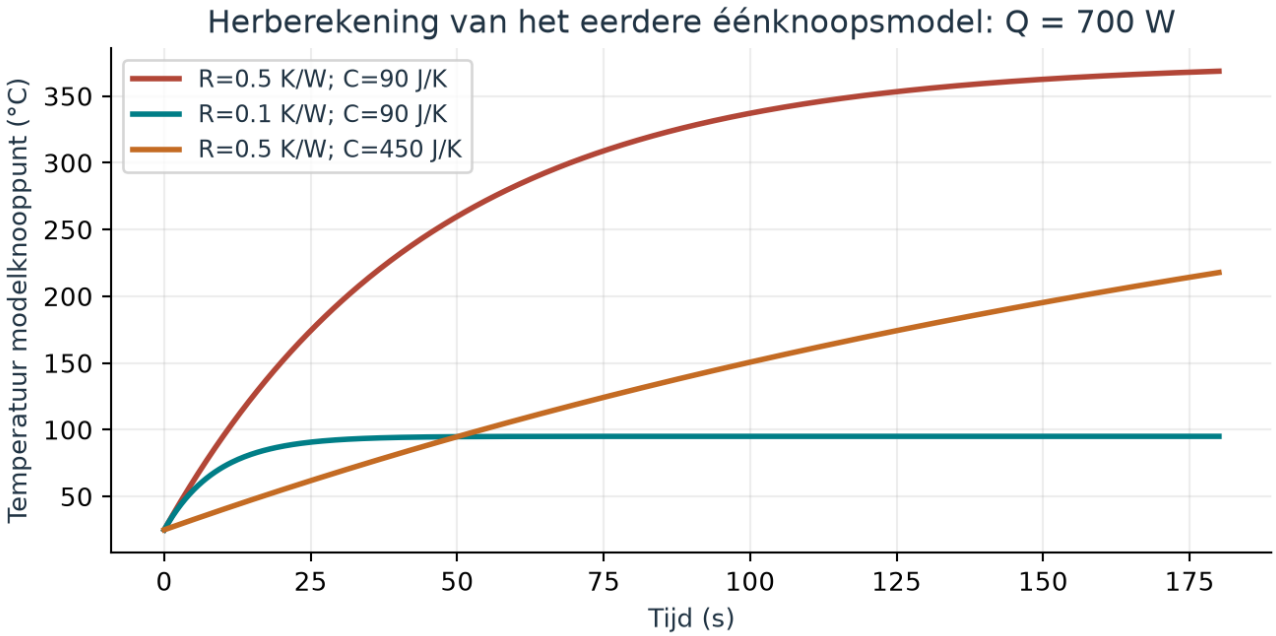


Rekenaannames: aluminium k = 200 en koper k = 390 W/(m·K), constante waarden als materiaalrepresentatie bij kamertemperatuur. Geen productspecifieke garantie. De grafiek negeert contact en spreidingsweerstand.

Materiaal / vorm	Sterke kant	Beperking / keuze
Aluminium plaat of profiel	Relatief licht, goed bewerkbaar; geschikt voor grotere buitenkoeler.	Kies legering en temper met gedocumenteerde k. Dunne lange strips zijn vaak ongunstig.
Koper als korte brug	Bij gelijke geometrie lagere geleidingsweerstand dan aluminium.	Zwaarder; contact en buitenkoeler kunnen de winst domineren. Borg mechanisch en voorkom corrosieproblemen.
Thermische elastomeerpad	Vult een kleine gecontroleerde spleet.	Geen vervanging voor een lange metalen brug; druk, kruip en werkelijke oppervlakte bepalen resultaat.
Pyrolytisch grafiet	Sterke warmteverdeling in het vlak van de folie. [S7]	Anisotroop en elektrisch geleidend. Geen stijve steun en geen dikke spleetvuller; voorkom losse deeltjes.
Hout, schuim, vilt	Constructie of akoestische behandeling.	Geen ontworpen goede warmtebrug; poreuze bekleding is meestal ook thermische isolatie.

Voor een 100 mm lange aluminium strip van 50 × 3 mm is R ≈ 3,33 K/W. Zelfs bij slechts 20 W geeft dat circa 67 K verschil. Een plaat beoordelen op uitsluitend haar dikte terwijl de warmte in de lengterichting loopt, kan de weerstand sterk onderschatten.

13. Tijdgedrag: de eerdere simulatie herrekend



Expliciete aannames uit de eerdere analyse: Q = 700 W constant; T0 = Ta = 25 °C; C = 90 J/K. Eén thermisch knooppunt, constante R. Dit is een wiskundige controle, geen fysieke identificatie van de LF18N405.

Scenario	T na 30 s	Stationaire T	Tijdconstante R × C
R = 0,5 K/W; C = 90 J/K	195,3 °C	375 °C	45 s
R = 0,1 K/W; C = 90 J/K	92,5 °C	95 °C	9 s
R = 0,5 K/W; C = 450 J/K	68,7 °C	375 °C	225 s

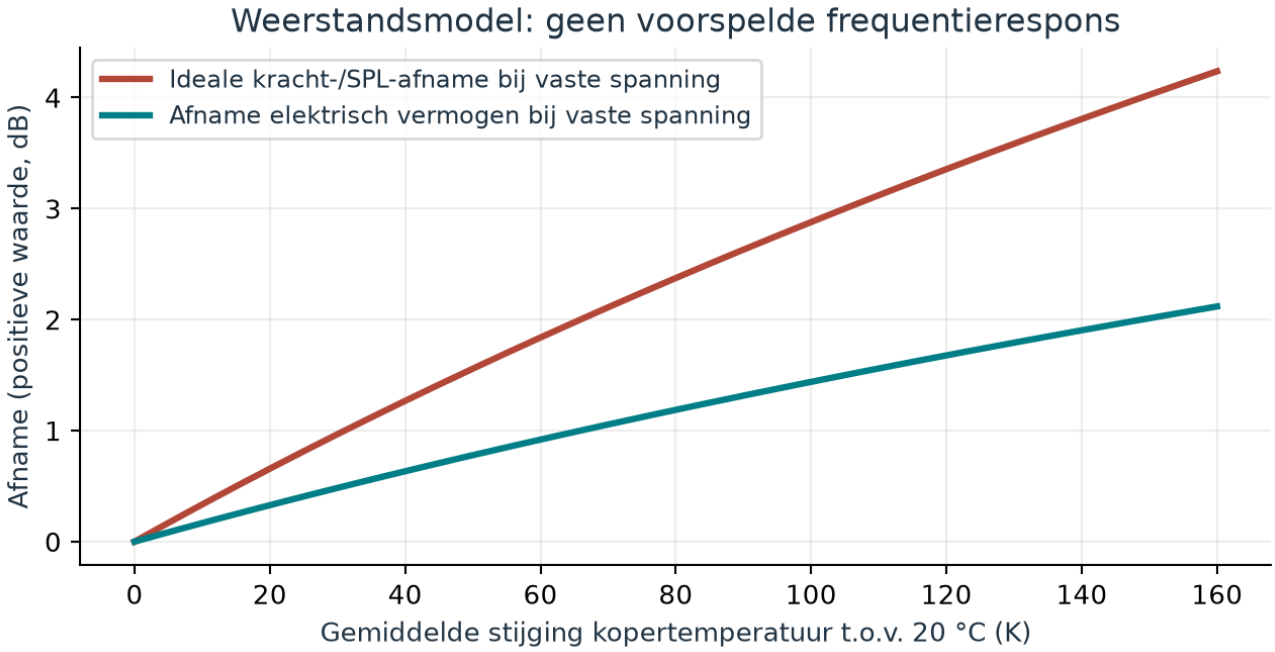
De eerdere claim “ongeveer 120 °C na 30 s” volgt niet uit de opgegeven R, C en Q. Evenmin volgt een plateau rond 60-70 °C uit 700 W en 0,1 K/W: de berekende stijging is 70 K, dus 95 °C bij 25 °C omgeving.

Meer massa vertraagt; een lagere weerstand verlaagt het plateau

De oranje curve heeft vijfmaal zoveel warmtecapaciteit. Zij warmt aanvankelijk langzamer op, maar eindigt op dezelfde temperatuur als de rode curve. Dat verklaart waarom een extra metaalblok in een korte test gunstig kan lijken zonder de langdurige afvoer te verbeteren.

De hoge eindtemperaturen zijn geen bewezen veilige of bereikbare bedrijfstoestanden. Materiaaleigenschappen, elektrisch verlies, ventilatie en mogelijke schade veranderen eerder. Ook de adiabatische helling Q/C is hoogstens een korte-tijdlimiet voor een aangenomen warmtecapaciteit.

14. Spoeltemperatuur en compressie



Voor koper rond de referentietemperatuur kan R(T) ≈ R20[1 + α20(T - 20)] worden gebruikt, met α20 = 0,00393 K□¹ als benadering. [S4] Bij ΔT = 100 K neemt de weerstand met 39,3% toe. De gemiddelde draadtemperatuur is hiermee te schatten; lokale hete plekken blijven onzichtbaar.

Twee verschillende dB-getallen

Bij een ideaal weerstandsgedomineerd systeem en constante spanning neemt elektrisch vermogen af met de factor 1/(1 + αΔT). De positieve afname is 10 log10(1 + αΔT): ongeveer 1,44 dB bij 100 K. KLIPPEL gebruikt een weerstandsgerelateerde vermogenscompressiemaat. [S3]

Als bovendien kracht evenredig is met stroom en de akoestische overdracht onveranderd blijft, is de ideale drukafname 20 log10(1 + αΔT): ongeveer 2,88 dB bij 100 K. Dit tweede getal is geen exacte HESS BH-voorspelling: motionele impedantie, BL, compliantie en hoornbelasting veranderen het resultaat.

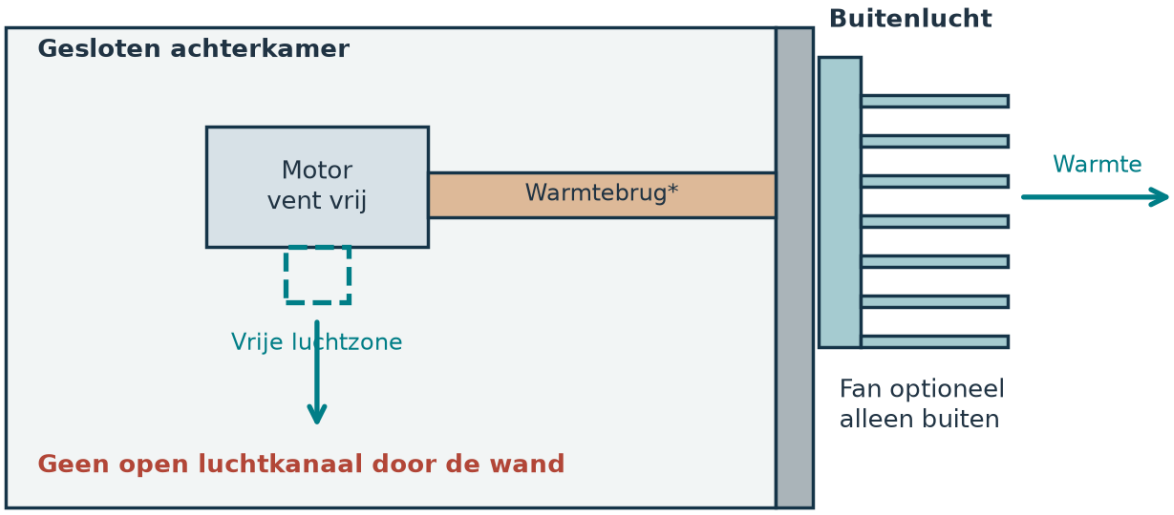
Praktische interpretatie

Een lager gemeten SPL kan ook door limitering, versterkerclipping of verandering in het testsignaal komen. Houd voor een thermische A/B-test dezelfde spanning, hetzelfde spectrum en dezelfde meetopstelling aan, maar log ook werkelijk vermogen. Een koeler werkende spoel kan bij dezelfde spanning juist meer stroom en vermogen opnemen.

Gebruik de nominale 4,9 ohm niet als vervanging voor de werkelijke koude referentiemeting. Kabels, aansluitingen en meetvertraging geven anders een systematische fout. De meetmethode staat in hoofdstuk 18.

15. Voorkeursconcept voor extra koeling

Luchtdichte warmteoverdracht via een vervangbaar luik



*Alleen na toetsing contactvlak, bevestiging, belasting en inbouwruimte. Geen montagevrijgave.

Als metingen een thermisch knelpunt aantonen, is een luchtdichte warmteoverdracht naar buiten een verdedigbaar ontwikkelconcept. Een metalen, afgedicht luik of doorvoer kan interne warmte overdragen aan een buitenkoeler. Een buitenventilator kan worden toegevoegd zonder de achterkamer te openen.

Twee ontwikkelpaden

A. Luik als lucht-naar-buitenwarmtewisselaar: een interne metalen oppervlakte neemt warmte uit kamerlucht op; buitenvinnen geven die af. Geen contact met de driver vereist. De interne luchtfilm kan echter de dominante weerstand blijven. Een interne circulatiefan is alleen te rechtvaardigen als de meetbare winst de warmte, ruis en onderhoudslast opweegt.

B. Gecontroleerde motor-naar-buitenbrug: mogelijk een lagere weerstand, maar mechanisch ingewikkelder. Vereist een geschikt vast motorcontactvlak, vrije ventilatie, begrensde contactdruk en zelfstandige ondersteuning. Zonder die gegevens is deze variant niet montageklaar.

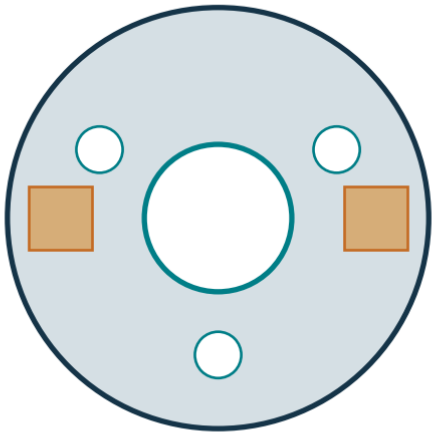
Constructieve randvoorwaarden

Plaats pakking rond de luikrand en dicht bout- en kabeldoorvoeren af. Laat het nieuwe metalen deel constructief voldoende stijf zijn om paneelresonantie en lekkage te vermijden. Maak buitenvinnen bereikbaar voor reiniging en bescherm ze tegen transportimpact. Leg bij actieve koeling vast wat er gebeurt wanneer de fan stopt.

De geschikte buitenkoeler wordt geselecteerd op de volledige benodigde warmteweerstand, niet op een willekeurig formaat, fanvermogen of een beloofde temperatuur van 70 °C.

16. Contactdetail en montagegrenzen

Contactconcept: alle bestaande ventilatieopeningen blijven vrij



Schematisch eindaanzicht motor

Wit: voorbeeld van ventopeningen
Werkelijke posities eerst vastleggen.

Oker: mogelijke contactsegmenten
Uitsluitend op geschikte vaste delen.
Pad is geen dragende bevestiging.

Geen gesloten schijf over de vent.
Geen boor- of lijmwerk aan de motor.

Geometrie en aantal openingen zijn illustratief; geen RCF-onderdelentekening.

Controle	Voorwaarde vóór een prototype
Vaste contactzone	Identificeer materiaal, coating en geschiktheid. Geen contactkracht op bros magneetmateriaal of onbekende kap.
Vrije ventilatie	Leg elke vent vast; controleer ook zijdelingse openingen en de vrije aan-/afvoerroute.
Belasting	Brug en koeler zelfstandig ondersteunen. Geen ongecontroleerde zijwaartse belasting op de motor.
Montage	Omkeerbaar, toegankelijk en geborgd tegen lostrillen. Geen boren, tappen of direct verlijmen aan de driver.
Thermische passing	Meet vlakheid, spleet en padcompressie. Neem toleranties, kruip en uitzetting mee.
Transport en service	Geen botsing met wand of kabel; luik en driver veilig uitneembaar.

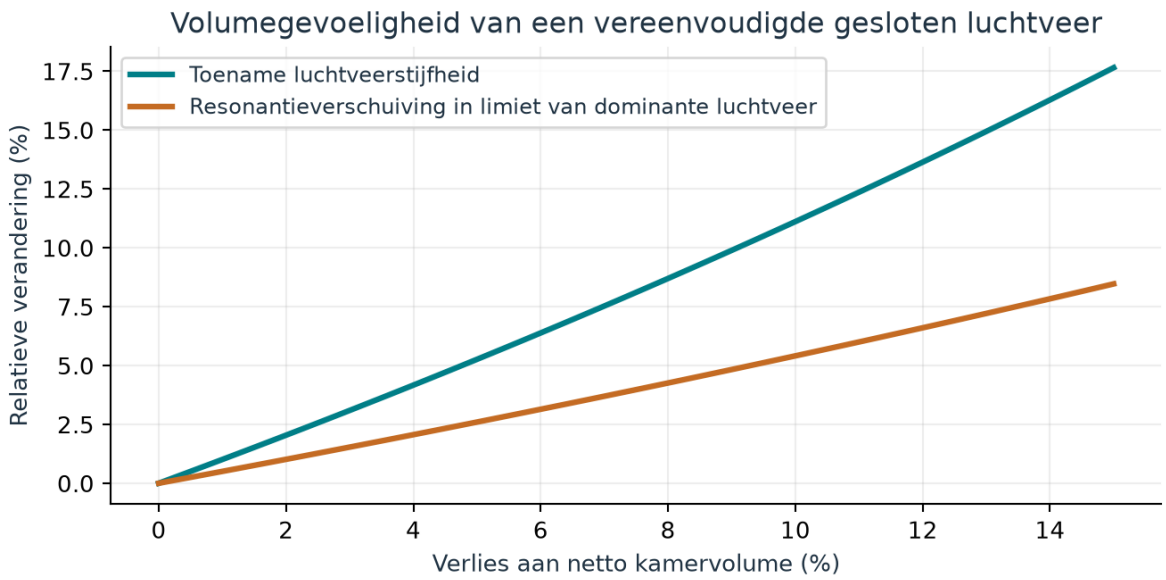
Een bestaande driverbout is niet automatisch een toegestane aansluiting voor een extra constructie. Extra ringdikte of klemkracht kan montage en afdichting veranderen. Gebruik bestaande bevestigingen alleen als functie, schroefingrijping, belasting en door de fabrikant toegestane montage voldoende zijn vastgesteld.

Maak eerst een passingsmodel op kastdelen. Verwijder de driver vóór metaalbewerking elders aan de kast en verwijder alle spanen voordat de driver terugkomt. Voer daarna een visuele controle en een laag-niveau luister-/impedantietest uit.

17. Akoestische demping: materiaal en volume

Materiaal	Toepassing	Kritische punten
Polyester absorbermat	Omkeerbare wandproef met vastgelegde dikte, massa en oppervlak.	Productspecifieke luchtstromingsweerstand en brandclassificatie nodig; niet los bij de motor.
Melamineschuim, bijv. Basotect	Lichte poreuze wandabsorptie. Fabrikant noemt tevens thermische isolatie. [S6]	Geen warmtegeleider. Mechanische kwetsbaarheid, bevestiging en productklasse controleren.
Minerale wol	Kan als poreuze absorber werken als het systeem daarvoor is ontworpen.	Geen losse vezels in driverluchtstroming. Alleen goed omsloten, vastgezet en met geschikte afwerking. Niet standaard eerste keuze rond motorventilatie.
Vilt / zware mat	Plaatselijke behandeling; eigenschappen sterk productafhankelijk.	Dichtheid alleen voorspelt absorptie niet. Gewicht, loslaten en thermische isolatie controleren.
Visco-elastische paneeldemping	Mogelijke aanpak van bewezen paneeltrilling.	Andere functie dan luchtgeluidsabsorptie. Geen universele oplossing voor lekkage of interne resonantie.

Er zijn geen universele frequentiegrenzen zoals “polyester werkt vanaf 400 Hz”. Dikte, luchtstromingsweerstand, positie en achterliggende luchtlaag bepalen de absorptie. Een hogere dichtheid is niet automatisch beter. Brandgedrag moet op het exacte product en de relevante montage zijn gespecificeerd; “B1” is geen algemene eigenschap van elk melamineschuim.



De grafiek geldt voor verdringing door **massieve** delen: Kair □ 1/V. Bij 5% volumeverlies stijgt de luchtveerstijfheid circa 5,3%; in de luchtveerlimiet stijgt de resonantiefrequentie circa 2,6%. Poreuze vulling is akoestisch complexer en mag niet eenvoudig als volledig massief volume worden afgetrokken. Een volledige hoornrespons volgt niet uit deze grafiek.

18. Meetprotocol: elektrisch en akoestisch

Referentie vastleggen

Gebruik één driver en één kast voor een A/B/A-vergelijking, bij gelijke opstelling en vergelijkbare omgeving. Leg serienummer, luikafdichting, bekleding, kabelroute, DSP, versterkergain, signaal, filters en meetafstand vast. Laat de driver voor elke koude meting terugkomen op thermisch evenwicht met de omgeving.

Koude en warme spoelweerstand

Meet bij voorkeur vierdraads aan de driveraansluitingen. Bij tweedraads meten moeten kabel- en contactweerstand apart worden bepaald; constante kabelweerstand verdwijnt niet vanzelf uit een weerstandsratio. Gebruik een kleine meetstroom, zodat de meting de spoel niet merkbaar opwarmt.

Bij een koude referentie R0 op T0 geldt $\alpha 0 = \alpha 20/[1 + \alpha 20(T0 - 20)]$. Bereken daarna $T \approx T0 + (Rwarm/R0 - 1)/\alpha 0$. Voorbeeld: T0 = 25 °C, R0 = 4,90 ohm, Rwarm = 6,00 ohm geeft circa 83,2 °C. R0 is hier een gekozen gemeten referentie, niet automatisch de datasheetwaarde.

Een gewone ohmmeter mag nooit tegelijk met een actieve versterker op de driver aangesloten zijn. Gebruik een geschikte, onderbrekende meetomschakeling of een daarvoor ontworpen online-meetsysteem. Noteer de tijd tussen uitschakelen en de eerste meting: snelle afkoeling geeft een te lage schatting van de temperatuur tijdens belasting.

Werkelijk vermogen en geluidsmeting

Bepaal gemiddeld elektrisch vermogen als het tijdgemiddelde van $v(t) \times i(t)$, met geschikte, gesynchroniseerde en gekalibreerde sensoren. $Vrms^2/8$ is slechts een nominale benadering; $Vrms \times Irms$ negeert fase en signaalrelatie. Gebruik geschikte differentiële meting bij brugversterkers; verbind geen geaarde scoopklem willekeurig met een luidsprekeruitgang.

Meet een laag-niveau impedantiesweep en frequentierespons vóór en na montage, met exact dezelfde geometrie. Leg vervolgens compressie op enkele relevante frequentiebanden vast. Controleer lekgeluid, ratelen, schuren en fanruis. Een ongewijzigde lage-niveaumeting sluit thermische of mechanische problemen op hoog niveau niet uit.

19. Meetprotocol: temperatuur en duurtest

Sensor / kanaal	Plaats en aandachtspunt
Ta omgeving	Buiten de kast, uit directe koeluitblaas, zon en warme versterkerlucht.
Tc kamerlucht	Vrij van direct metaalcontact en buiten bewegende delen; dunne, luchtdichte kabeldoorvoer.
Tm motoroppervlak	Reproduceerbare vaste positie; kleine sensor en bevestiging die geen vent bedekt.
Ts buitenkoeler	Op basisvlak en eventueel vinpunt; documenteer plaats en omgeving.
Re / Tv	Gemiddelde spoeltemperatuur uit gecorrigeerde weerstand; geen lokale hotspotmeting.
V, I, werkelijk P, SPL	Tegelijk registreren; markeer limitering, clipping en signaalonderbrekingen.

Stapsgewijze procedure

1. Controleer eerst mechanica, afdichting en laag-niveauwerking. **2.** Kies reproduceerbare bandbegrensde ruis of een vast muziekfragment; noteer band, crestfactor en gemiddelde spanning. **3.** Begin ruim onder een eerder gevalideerd niveau en verhoog in kleine vastgelegde stappen; 3 dB is al ongeveer een verdubbeling van vermogen bij gelijke weerstand.

4. Log temperaturen minstens iedere seconde en elektrische gemiddelden op vaste intervallen. Observeer de trend gedurende meerdere thermische tijdschalen. “Tien minuten getest” is niet automatisch thermisch evenwicht. Als praktische protocoldefinitie kan een stijging kleiner dan 1 K per 10 minuten gedurende twee opeenvolgende vensters worden gebruikt, mits omgevingsdrift klein is. Dit is geen fabrikantnorm.

5. Laat afkoelen, monteer één wijziging en herhaal. **6.** Keer terug naar A om drift en meetherhaalbaarheid te controleren. Houd de uitgangsspanning gelijk en rapporteer de bijbehorende vermogensverschillen; trek geen conclusies uit alleen een gelijk ingestelde versterkerknop.

Afbreken: bij schuren, geur, losse delen, kabelcontact, onverwacht versnellende temperatuurstijging, clipping of overschrijding van een vooraf gedocumenteerde componentgrens. Omdat RCF-grenswaarden voor deze interne onderdelen ontbreken, geeft dit rapport geen nieuwe maximale testtemperatuur of hoger toegestaan vermogen vrij.

20. Inbouwprioriteit en onderdelenkeuze

Prio	Actie	Beslismoment
1	Driveridentiteit, ventvrijheid, kabelroute, luik en afdichting controleren.	Herstel aantoonbare montageproblemen vóór belastingtests.
2	DSP en versterkeruitgang controleren; koude referentiemeting vastleggen.	Geen vermogen ophogen op basis van alleen het wattlabel.
3	Bestaande kast thermisch en akoestisch meten.	Bepaal of er werkelijk een relevant knelpunt is.
4	Demping plaatselijk en omkeerbaar vergelijken.	Behouden alleen bij herhaalbare akoestische winst zonder thermisch nadeel.
5	Passief luchtdicht buitenkoelconcept ontwerpen en passen.	Eerst geometrie, hele warmteweg en mechanica aantonen.
6	Buitenfan toevoegen als passieve afgifte onvoldoende is.	Test ruis, voeding, uitval en vervuiling; geen open achterkamer.
7	Contactbrug naar motor ontwikkelen.	Alleen met geschikte contactzone en gecontroleerde belasting. Geen standaard eerste ingreep.

Functionele stuklijst, zonder fictieve winkelprijzen

Een proefopstelling vraagt: gekalibreerde temperatuurkanalen; geschikte weerstand- en vermogensmeting; gesloten luikpakking; luchtdichte wartel; kabelklemmen; geborgde bevestigingen; eventueel een stijf metalen luik, buitenkoeler en specifieke thermal pad. Voor actieve koeling komen een passend gevoede fan, regeling, bedrading en uitvaldetectie erbij.

Vraag prijzen op nadat afmetingen, warmteweerstand en mechanische eisen vaststaan. Scheid materiaal, bewerking, montage en meting. Het eerdere bedrag van circa €30 voor plaat plus fan dekt geen gevalideerde warmteoverdracht, instrumentatie of constructieve passing.

Voorkeursvolgorde

Begin met behoud en verbetering van de oorspronkelijke vrije luchtwegen en met de juiste bedrijfsinstellingen. Als de bestaande kast voldoet, is een ingrijpende koelaanpassing niet nodig. Investeer pas in een externe warmteweg als de referentiemeting daarvoor een concrete reden geeft.

21. Acceptatie en meetregistratie

Een wijziging slaagt pas als de verbetering groter is dan de meetonzekerheid en de referentieherhaling. Spreek vooraf af welk thermisch of akoestisch probleem wordt opgelost. Een mooie CAD-afbeelding, een koud aanvoelende plaat of één korte meting is geen acceptatiecriterium.

Onderdeel	Acceptatiecriterium
Afdichting	Geen nieuwe lekkage; laag-niveau impedantie en respons binnen de vastgestelde herhaalbaarheid of afwijking fysisch verklaard en geaccepteerd.
Thermische winst	Lagere gemiddelde spoeltemperatuur en/of lagere compressie, herhaald bij vastgelegde spanning en spectrum; vermogen en omgeving mee gerapporteerd.
Mechanica	Geen contact, schuurgeluid, loslopen of belasting van ongeschikte driverdelen; service mogelijk.
Ventilatie	Alle fabrieksopeningen en luchtwegen vrij, ook na padcompressie, transport en opwarming.
Actieve koeling	Fanruis beoordeeld; uitvaltest op beheerst laag niveau; bedrijfsbegrenzing blijft passend bij fanuitval.
Duurzaamheid	Controle na thermische cycli en transport: kruip, afdichting, corrosie, stof en bevestiging.

Registratieblad per run

Veld	In te vullen
Run / datum / configuratie A of B	_____
Driver / DSP / versterker / signaal	_____
Ta / R0 / T0 / meetvertraging	_____
Vrms / Irms / werkelijk P / crestfactor	_____
Tc / Tm / Ts / berekende Tv / duur	_____
SPL / compressie / geluiden / opmerkingen	_____

Bewaar ruwe tijdreeksen en instellingen. Bij een verschil van bijvoorbeeld 2 K terwijl de herhaalbaarheid ±3 K is, luidt de conclusie “geen aantoonbare verbetering”. Een geschikt doel kan een meetbare afname van compressie zijn; een willekeurige streeftemperatuur van 70 °C is geen onderbouwd ontwerpdoel.

22. Rekenbijlage en beperkingen

Grootheid	Relatie en toepassingsgebied
Geleiding	R = L/(kA). L ligt in de warmtestroomrichting; A staat er loodrecht op. Eenheden m, W/(m·K), m².
Stationair	ΔT = Q × R. Geldt voor de warmte die werkelijk door de beschouwde route gaat.
Serie / parallel	Rserie = som(Ri). Voor parallelle routes tussen dezelfde knooppunten: 1/Rtot = som(1/Ri).
Tijdgedrag	T(t) = Ta + QR[1 - exp(-t/(RC))], uitsluitend voor één knooppunt, constante Q/R/C en T(0)=Ta.
Convectie	Rconv ≈ 1/(hAeffectief). Vinrendement, oriëntatie en luchtstroming beïnvloeden Aeffectief en h.
Elektrische warmte	Pspoel ≈ Irms² Re bij bekende spoelstroom en relevante weerstand. Totale elektrische opname: gemiddelde van v(t)i(t).
Koperthermometrie	α0 = α20/[1+α20(T0-20)]; T = T0+(R/R0-1)/α0. Gemiddelde draadtemperatuur.
Gesloten luchtveer	Kair □ 1/V. De benadering f □ 1/√V vereist dominante luchtveerstijfheid en constante massa.

Plaatoppervlak uit het eerdere voorstel

Een plaat van 150 × 150 mm heeft 0,0225 m² per vlak. Twee volledig vrij liggende vlakken leveren maximaal 0,045 m² geometrisch vlakoppervlak, vóór aftrek van contactzones. Dit is niet de 0,1 m² per vlak die eerder in de warmtebalans werd gebruikt. Bij het scenario h = 10 W/(m²·K) geeft 0,045 m² slechts hA = 0,45 W/K, oftewel R ≈ 2,22 K/W. Straling en randoppervlak zijn hier niet meegerekend.

Zelfs als de plaat 50 W overdraagt, zou deze vereenvoudigde luchtfilm alleen al circa 111 K verschil vragen. Dat bewijst geen werkelijke temperatuur van de driver, maar toont waarom een klein plaatje zonder uitgewerkte eindafgifte niet als voldoende koelvoorziening kan worden aangemerkt.

Wat dit rapport niet kwantificeert

Geen echte HESS BH-frequentierespons, koelwinst, maximale continue belasting, fanluchtstroom door de motor, lokale spoelhotspot of maximale magneettemperatuur. Daarvoor ontbreken metingen en productspecifieke grensgegevens. De zes grafieken zijn volledig uit de hier vermelde vergelijkingen en scenario-invoer berekend.

23. Bronnen en herleidbaarheid (1/2)

Geraadpleegd op 14 oktober 2026. Primaire fabrikantbronnen ondersteunen productfeiten; eigen berekeningen ondersteunen alleen de genoemde scenario's. Productclaims zijn geen onafhankelijke metingen van deze kast. Links zijn aanklikbaar in de PDF.

[S1] · RCF - LF18N405 productgegevens

https://www.rcf.it/en/products/product-detail/lf18n405

Primaire bron voor elektrische en mechanische basisgegevens, koperwikkeling en fabrieksventilatie. De pagina verwijst naar de specificatie-PDF van 20-10-2025 en een aparte 2D-tekening. Geen spoelmassa of thermisch netwerk gepubliceerd in de geraadpleegde tabel. De oudere en huidige maatdefinities moeten bij passing worden gecontroleerd.

[S2] · Sound Agency - HESS BH-bouwplan

https://soundagency.fr/wp-content/uploads/2022/12/HessBH-Plan.pdf

Ontwerpdocument, auteur Alexi M, tekening gedateerd 01-04-2022; twee PDF-pagina's. Bron voor topologie, 18 mm multiplex en genoemde DSP-/spanningsgegevens. De publieke website vermeldt prestaties; dit rapport behandelt die niet als onafhankelijk gevalideerde meetresultaten.

[S3] · KLIPPEL - thermische parameters

https://klippel.de/know-how/measurements/power-handling-heat-dissipation/thermal-parameter-measurements.html

Onderbouwt het gebruik van thermische weerstanden, capaciteiten en bewegingsafhankelijke convectie. Gebruikt als methodische bron; geen parameters van de LF18N405 overgenomen.

[S3b] · KLIPPEL - Power Test handleiding

https://docs.klippel.de/db-lab/latest/endurance-test/pwt/pwt.html

Bron voor weerstandsbepaling en de weerstandsgerelateerde thermische vermogenscompressie. Het rapport onderscheidt deze vermogensmaat van een vereenvoudigde druk-/krachtverhouding.

[S4] · Georgia State University - HyperPhysics

https://www.hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Tables/rstiv.html

Tabel met koperweerstand en temperatuurcoëfficiënt; 0,00393 K□¹ voor gegloeid koper bij 20 °C als gebruikte benadering. Werkelijke wikkeling en meting kunnen afwijken.

Bronnen en herleidbaarheid (2/2)

[S5] · Henkel - BERGQUIST GAP PAD TGP 3000

https://next.henkel-adhesives.com/us/en/products/thermal-management-materials/central-pdp.html/bergquist-gap-pad-tgp-3000/112647IB.html

Primaire productpagina met k = 3,0 W/(m·K). Ondersteunt de materiaalorde in de padgrafiek. Geen bevestiging van geschiktheid voor montage op deze luidspreker.

[S6] · BASF - Basotect

https://plastics-rubber.basf.com/global/en/performance_polymers/products/basotect

Primaire materiaalinformatie: open-cellig melamineschuim voor onder meer geluidsabsorptie en thermische isolatie. Producttype en montage bepalen de verdere eigenschappen; geen generieke brandklasse of exacte absorptiecurve aangenomen.

[S7] · Panasonic - PGS graphite sheet

https://industrial.panasonic.com/cdbs/www-data/pdf/AYA0000/AYA0000C27.pdf

Fabrikantdocument met in-vlak warmtegeleiding voor dunne grafietfolie en elektrische geleidbaarheid. Ondersteunt het onderscheid tussen warmteverspreiding in het vlak en een dragende, driedimensionale warmtebrug.

[S8] · Wakefield Thermal - koelprofielen

https://wakefieldthermal.com/content/data_sheets/2021_data_sheets/Wakefield-Thermal-Extrusion-Profile-Guide.pdf

Fabrikantcurves voor natuurlijke en geforceerde convectie. Illustreert dat prestaties bij specifieke oriëntatie en luchtstroming horen; geen concreet profiel voor deze kast geselecteerd.

[S9]-[S12] · Door gebruiker aangeleverde informatie

[S9] firefox_A3794WZv8H.png; [S10] firefox_cB2mHMjDgU.png; [S11] firefox_geradK3tyI.png. De originele beelden staan in hoofdstukken 5-7; labels zijn visueel uitgelezen. [S12] aangeleverde tekst “Samenvatting Deze analyse betreft de HESS BH subwooferbehuizing met een RCF LF18N405 woofer”, ontvangen in deze chat op 14 oktober 2026. Dit is de rechtstreeks getoetste eerdere analyse.

Eindconclusie: de eerdere garanties over temperaturen en koelwinst vervallen. Behoud de gesloten achterkamer, de vrije fabrieksventilatie en een onbeschadigde driver. Verbeteringen moeten aantoonbaar worden met een herhaalbare elektrische, thermische en akoestische vergelijking. De beschreven buitenkoeler is een te valideren ontwerpconcept, geen bewezen noodzaak of kant-en-klare retrofit.