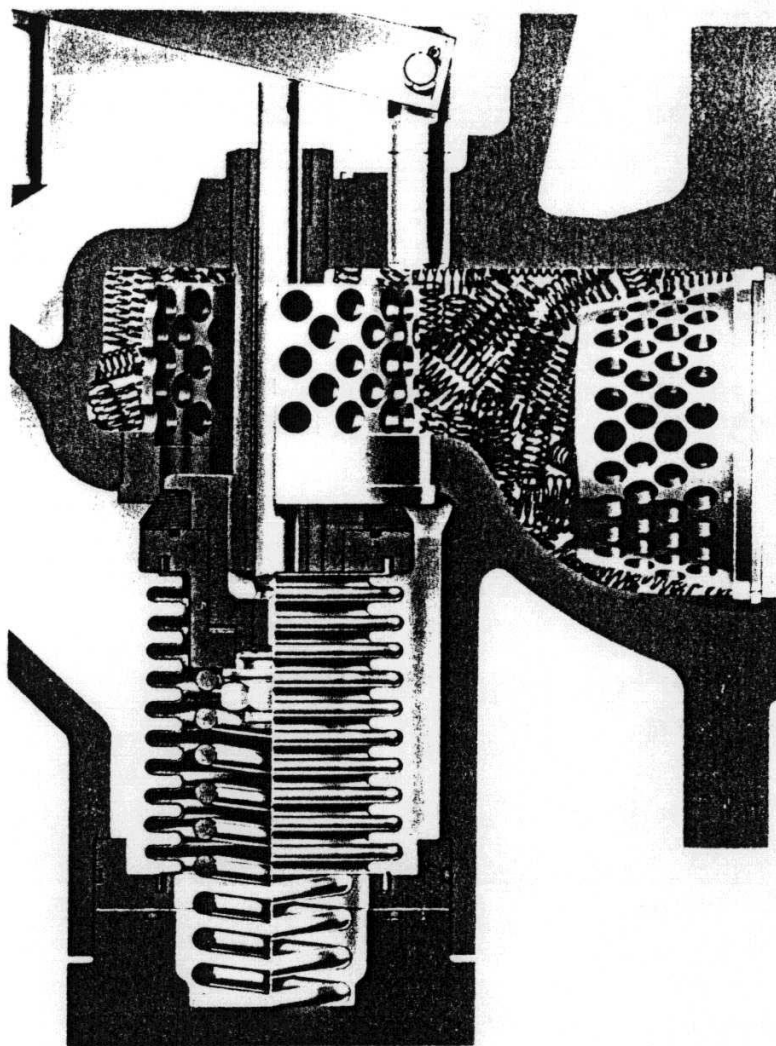


**Energieversorgung aus einer Hand**



**Hangtompító  
LN 10,20,30**



**Silencer**

**The Experts in Energy Supply**

### Zajcsökkentés a gáznyomásszabályozó készülékeknél

A szabályozó készülékek várható zajkibocsátása a gázipari-, mérő- és szabályozó berendezések tervezésénél fontos tervezési paraméter, aminek a jelentősége az utóbbi években a környezetvédelmi törvények miatt jelentősen megnőtt. A várható zajkibocsátás kiszámítása ezért nagyon nagy jelentőséggel bír.

### Zajszámítás

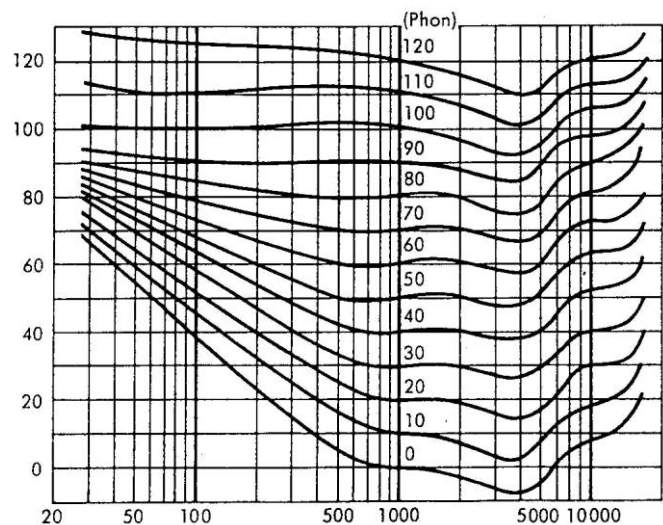
Annak érdekében, hogy a gázipari-, mérő és szabályozó berendezésekben lévő gáznyomásszabályozó készülékeknél a várható zajszintet előre kiszámoljuk, eddig különböző számítási módszereket használtunk. A szabályozószelep gyártók egy munkacsoportja, egyeztetve a NAMUR képviselőivel és alapvető átfogó kísérletek alapján, egy egységes számítási módszert javasolt. Ez a számítási módszer, amihez az egységességi okokból csatlakoztunk, a „VDMA 24422“-ben lett közzétéve. Ez a módszer egyszerű és gyors zajszintszámítást tesz lehetővé néhány diagramm alapján.

### Elmélet és hangmérés

Hang alatt azokat nyomásváltásokat értjük, amelyek hallási ingert gyakorolnak a fülre. A hallási tartomány alsó határa általános megegyezés szerint  $P_0=2 \cdot 10^{-4}$  μbar-ban lett meghatározva. A tényleges váltónyomást ezzel a küszöbértékkel hasonlítjuk össze, annak érdekében, hogy megkapjunk egy mértéket a hangjelenség értékeléséhez. Egy hangjelenség értékeléséhez ez a hangváltó nyomás és a frekvencia fontos. Az „L” zajszintet decibelben mérjük és a következőképp definiáljuk:

$$L = 20 \times \log \frac{P}{P_0} [dB]$$

A mért hangnyomások és az emberi fül érzékelése között különbségek vannak. A fizikálisan azonos hangzású zajok hangerőérzékelése a frekvenciával nő. A diagram (1-es kép) ugyanolyan hangerősségű görbéket mutat tiszta hangokhoz.



Azonos hangerősségek görbéi a frekvencia függvényében (1. kép)

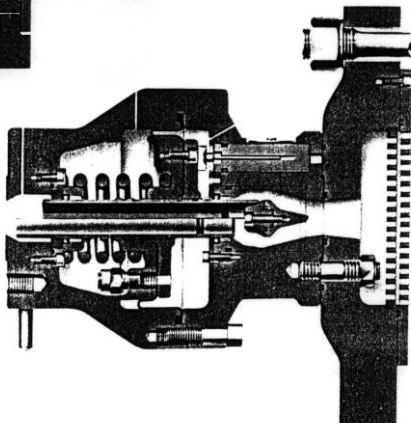
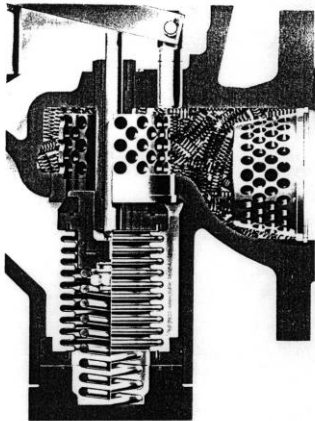
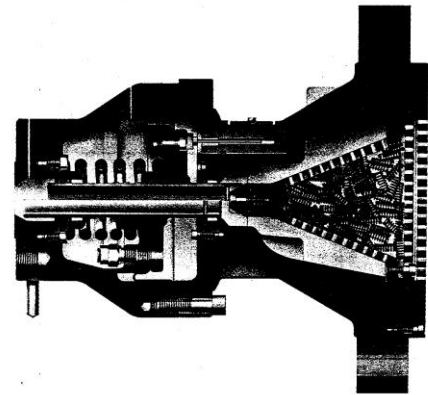
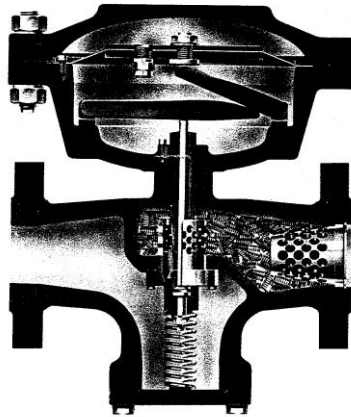
A zavaró érzet a zajokkal szemben nemcsak a hangerőérzékeléstől függ, hanem még a megfigyelő szubjektív beállítottságától és a zajképtől is. A magas frekvenciájú zajok fárasztanak és nagyon erősen zavarhatnak, mivel jobban magukra vonják a figyelmet, mint a tompa alacsony frekvenciájú zajok. Kötelező érvényű rendszer a zajspektrumok értékeléséhez nincs.

A hangerőt mutató phon-skála nem egyezik meg az emberi hallás érzékelőtartományával. A 4 – 110 phon-ig terjedő műszakilag fontos tartományban egy kb. 6 phon-os szintnövekedés a hangerőérzéklés körülbelül duplájának felel meg. Ha például hangtompító intézkedésekkel elérünk egy hangszintcsökkentést 106 phonról 100 phonra, akkor az embernek az a benyomása, hogy a zaj már csak fele annyira hangos. Ez az összehasonlítás feltételezi, hogy a zajképet nem egyedi csúcsok határozzák meg. Ha például hangtompító intézkedésekkel a hangnyomást a felére csökkentjük, akkor kb. 6 dB zajszintcsökkenés adódik.

### Zajforrások és okai

A gáz kritikusan felüli nyomásesés esetén a szabályozóegységben lévő fojtási helyen hangsebességgel áramlik át a szelepnílán. Ezt a kiáramlást „szabad sugárnak” tekinthetjük. E között a szabad sugár - ami elérheti a hangsebességet (földgáznál mintegy 400 m/s-ig) - és a környezet között jelentős sebességkülönbség van. A turbulens keveredés „Prandtl-i elmélete” szerint ekkor különböző nagyságú „turbulencialabdák/örvények” keletkeznek, amelyek a környező gáz sebességétől eltérő sebességgel mozognak.

Ezek, miközben nekiütözknek pl. a szabályozóegység falának, belső alkatrészeknek stb. egyre kisebb labdákra esnek szét, míg végül molekuláris sűrűdással szétrombolódnak. Ez a folyamat akkor kezdődik, miután a szabad sugár belép a szelepnílán mögött fekvő szabályozóegység terébe. A szabad sugár szétesése nagy turbulenciák képződése mellett történik. Az e közben fellépő zaj az úgynevezett sugárzaj.



Ennek a sugárzajnak a frekvenciaspektruma széles tartományt foglal el („szürke zúgás”). A maximum az 1-8 kHz közötti frekvenciasávban található.

A zajszintnek, kiindulva egy gázipari-, mérő- és szabályozó berendezésben lévő gáznyomás-szabályozó készülékből, alapvetően két zajjaja van.

### Aerodinamikus zajhányad

zajok, amelyek oka a szabályzó egységben lévő nyomáscsökkentő folyamatban van (nyomáscsökkentési zajok, sugárzaj).

Ezt a színhányadot úgynevezett aerodinamikai zajhányadnak is nevezik.

### Mechanikus zajok

Zörejek, amelyek mechanikus zajként az erőzáró összekötéseken keresztül az utánkapcsolt csővezeték- és berendezésrészekbe jutnak és ott hangsugárzóan hatnak. A hangzörejeknek ez a része szoros kapcsolatban áll azokkal az áramlási zörejekkel, amelyek a gázáramlás által a vezetékekben keletkeznek.

## Hangtompítás / zajvédelem

A zajvédelemnél alapvetően meg kell különböztetni a hangtompító (aktív) intézkedéseket mint pl. áramláselosztók, áramlásegyenirányítók, hangtompítók stb. és a hangszigetelő (passzív) intézkedéseket mint pl. a csővezeték körülburkolása, hangernyők.

### 1) Zajcsökkentés a gáznyomás-szabályozó készülékekben

A szelepnylásból kilépő szabad sugár a fölé helyezett áramláselosztón (PBG-Patent 1.274.536) keresztül sok kicsi egynyalábos sugárra lesz felosztva. Ezek az egynyalábos sugarak a béléstesttel megtöltött szelepkimeneti részbe lépnek és ott folytatódik a felosztásuk. További felosztást eredményez a kimeneti részbe szerelt kimeneti áramlás elosztó (3. +4. kép).

### 2) Zajcsökkentés az egyenes átfolyású GDR 02 gáznyomás-szabályozó készülékben

A szelephüvelyből kilépő szabad sugár ugyancsak a kúpos áramláselosztón keresztül sok egynyalábos sugárra lesz felosztva, amelyeket az utánkapcsolt béléstestekben további felosztásra kerülnek. Az utánkapcsolt lyukacsos lemezek a gázsugár további felosztását eredményezik. Mind ennél, mind az imént bemutatott gáznyomás-szabályozó készüléknél a nyomáscsökkentés már nem egyfokozatúan történik a szeleplék szelep-keresztmetszetében, hanem az áramláselosztó és a lyukacsos lemez ill. a kimeneti áramláselosztó segítségével. Fizikálisan nézve egy háromfokozatú nyomáscsökkentésről van szó.

## Számítás

Az előbbi okokból kifolyólag szükséges a szabályozókészülék és az integrált hangtompító pontos méretezése az üzemi paramétereknek megfelelően.

$$\frac{P_{e_{min}}}{P_{e_{max}}} \\ \frac{Q_{min}}{Q_{max}} \text{ und } P_a$$

Ezen paraméterek alapján történik az áramláselosztó és a beépített egységek kalkulációja.

A zajszint megállapításának a képlete a következő:

$$L_A = L_{A1G} + L_{A2G} + L_{A4} + \Delta L_G + \Delta R_m \quad [\text{dB}]$$

## Fogalmak és mértékegységek

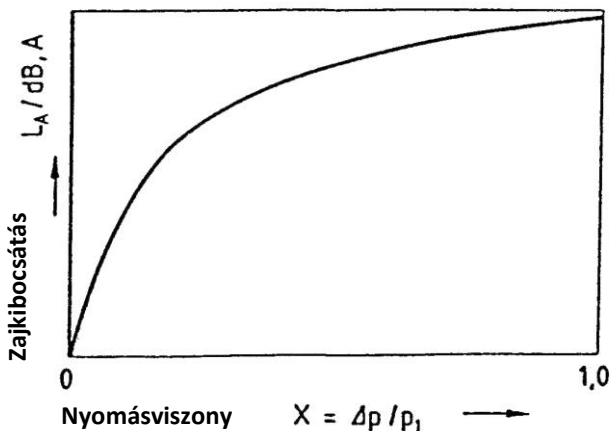
a zajszint kiszámításánál használt jelek és mértékegységek az alábbi táblázatban találhatóak.

Jel	Jelentés	Mértékegység
$k_v$	Átáramlási paraméter (VDI/VDE 2173)	$\text{m}^3/\text{h}$
$k_{vs}$	$k_v$ – érték 100 %-os nyitásnál (Maximális átáramlás)	$\text{m}^3/\text{h}$
$L_A$	Hangnyomásszint 1 m távolságban	dB(A)
$L_{Am}$	Zajmaximum $X_F = X_{Fm}$ -nél	dB(A)
$\Delta L_G$	Szelepszpecifikus korrekciós tag gázoknál és gőzöknél = $f(X)$	dB(A)
$lg$	Dekadikus logaritmus	-
$L_{A1G}$	Zajszinthányad gázoknál és gőzöknél ( $p_1.k_v$ ) (grafikus ábrázolás lásd 3. kép)	dB(A)
$L_{A2G}$	Zajszinthányad gázoknál és gőzöknél ( $X$ ) (grafikus ábrázolás lásd 4. kép)	dB(A)
$p_e$	Abszolút nyomás a szabályozó egység bemeneténél	bar abs.
$p_a$	Abszolút nyomás a szabályozó egység kimeneténél	bar abs.
$\Delta p$	Nyomáskülönbség $p_1 - p_2$ a szabályozó egységnél	bar abs.
$R_m$	A csővezeték közepes tompítási mértéke	dB(A)
$\Delta R_m$	Korrekció, ha a falvastagság $\neq$ PN 40	dB(A)
$\rho$	Közegsűrűség = $\rho = 0,8$ gázoknál normál sűrűség $p_n$	$\text{kg}/\text{m}^3$
$s$	Csőfalvastagság (lásd 2. táblázat)	mm
$s_{40}$	Csőfalvastagság PN 40-nél	mm
$T$	A közeg hőmérséklete a bemenetnél	K
$w$	Áramlásebesség	m/s
$w_s$	Hangsebesség	m/s
$X$	Nyomásviszony gázoknál és gőzöknél = $\Delta p/p_1$	-
$y$	A szerelvény terhelése = $k_v/k_{vs}$	-

(1. táblázat)

### Számítási alapok

A lesugárzott hangteljesítmény kapcsolatban áll a mechanikus energiával, amely a fojtásnál valósul meg. A megvalósítási fok függ a szabályozókészülék típusától és az  $X$  nyomásviszonytól.



Zajkibocsátás a gáz halmazállapotú közegeknél (2. kép)

### Számítási alapok

Mélyreható mérések azt mutatták, hogy a várható zajkibocsátást a befolyásoló paraméterekből ki lehet számítani. Az alábbi számítás a következő mérési renden alapul:

PN 40 nyomásfokozatú egyenes csővezetékek és egy mikrofon 1 m távolságban a vezeték külső átmérőjétől és 1 m távolságra a szabályzó szelep kimenetétől felszerelve.

### Érvényességi határok

A számítási módszer csak azt a zajt veszi figyelembe, amit az áramlási folyamat dinamikája hoz létre a zárt csővezetékrendszerben. Közvetített testhang, a mozgó belső alkatrészek csörgése, visszaverődések vagy rezonanciák eközben nincsenek figyelembe véve.

A számítás alapját képezi továbbá, hogy az áramlási sebesség a szabályzó készülék kimenetnél ill. a csővezetékben ne lépje túl a

$$W \leq 0,3 w_s \text{ [m/s]}$$

A  $k_{vs} \geq 6000$  áramláskoefficiensű szabályzó készülékeket ez a számítási módszer nem foglalja magába.

### Pontosság

Az elérhető pontosságnak a várható hangnyomásszint kiszámításánál vannak határai. A különböző beépítési feltételek, különböző fajtájú helyiségek, elkerülhetetlen mérési hibák miatt és a mérőhelyi mérések üzemi körülményekre való extrapolációja által egy 10 dB(A)-ig terjedő toleranciasáv alakulhat ki. Ennek a számítási módszernek az alapjául szolgáló konstansok azonban úgy lettek kiválasztva, hogy a kiszámított zajszintértékek túlnyomórészt a felső zajszint-határon legyenek.

Abból indulhatunk ki, hogy kellő pontossággal a zajkibocsátást  $\pm 5$  dB(A) tűréssel ki lehet számítani.

A kiszámítási módszerek használhatóak standard szabályzó készülékekre és kedvező áramlású (zajszegény) szabályzó készülékekre is.

### A csővezetékek befolyása $\Delta R_m$

Ennek a számítási módszernek az alapjául a csővezeték közepes szigetelése szolgál, PN 40-es nyomásfokozaton alapulva. Más névleges nyomással rendelkező csővezetékeknél az  $L_A$  össz zajszintet a  $\Delta R_m$  hozzáadásával lehet korrigálni.

$$\Delta R_m \approx 10 \times \lg \times \frac{S_{40}}{S} \text{ [dB(A)]}$$

**Korrektíós értékek**

$\Delta R_m$  dB(A)-ben acélból készült, a kereskedelemben szokványos csővezetékekhez, különböző falvastagságoknál.

Névleges csőméret DN	Csőfal vastagság mm-ben																	
	2,6	2,9	3,2	3,6	4,0	4,5	5,6	6,3	7,1	8,0	10	11	12,5	14,2	16	20	25	30
25	0	-0,5	-1,0	-1,5	-2,0	-2,5	-3,5	-4,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40	0	-0,5	-1,0	-1,5	-2,0	-2,5	-3,5	-4,0	-4,5	-5,0	-	-	-	-	-	-	-	-
50	-	0	-0,5	-1,0	-1,5	-2,0	-3,0	-3,5	-4,0	-4,5	-5,5	-	-	-	-	-	-	-
80	-	-	0	-0,5	-1,0	-1,5	-2,5	-3,0	-3,5	-4,5	-5,0	-5,5	-6,0	-6,5	-	-	-	-
100	-	-	-	0	-0,5	-1,0	-2,0	-2,5	-3,0	-3,5	-4,5	-5,0	-5,5	-6,0	-6,5	-	-	-
150	-	-	-	-	-	0	-1,0	-1,5	-2,0	-2,5	-3,5	-4,0	-4,5	-5,0	-5,5	-6,5	-7,5	-
200	-	-	-	-	-	-	0,5	0	-0,5	1,0	-2,0	-2,5	-3,0	-3,5	-4,0	-5,0	-6,0	-7,0
250	-	-	-	-	-	-	1,0	0,5	0	-0,5	-1,5	-2,0	-2,5	-3,0	-3,5	-4,5	-5,5	-6,5
300	-	-	-	-	-	-	-	1,0	0,5	0	-1,0	-1,5	-2,0	-2,5	-3,0	-4,0	-5,0	-6,0
400	-	-	-	-	-	-	-	-	2,0	1,5	0,5	0	-0,5	-1,0	-2,0	-3,0	-3,5	-4,5
500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,5	1,5	1,0	0,5	0	-0,5	-1,5	-2,5	-3,5

(2. táblázat)

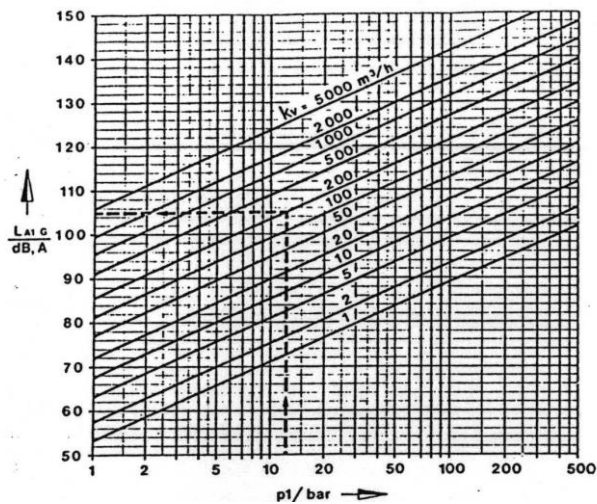
**Szabályozó készülék – specifikus adatok  $\Delta L_G$**

A korrektíós tag  $\Delta L_G$  kifejezi a szabályozó készülék akusztikai viselkedését az X nyomásviszony y funkciójaként,  $y = kv / krs = 0,75$  terhelésnél.

Az  $\Delta L_G$  –értékeket az éppen szóba jövő szabályozó készülékekhez és paraméterekhez számítjuk.

**Zajszinthányad  $L_{A1G}$**

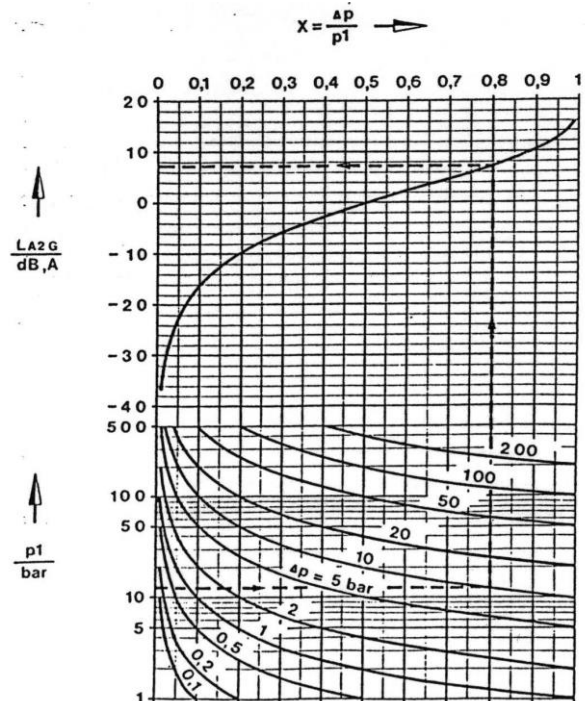
a  $P_1$  bemenőnyomás funkciójaként  $k_v$ -értékkel paraméterként.



Zajszinthányad  $L_{A1G}$  gázoknál és gőzöknél a  $p_1$  bemenő nyomás funkciójaként  $k_v$ -értékkel paraméterként (3. kép)

**Zajszinthányad  $L_{A2G}$**

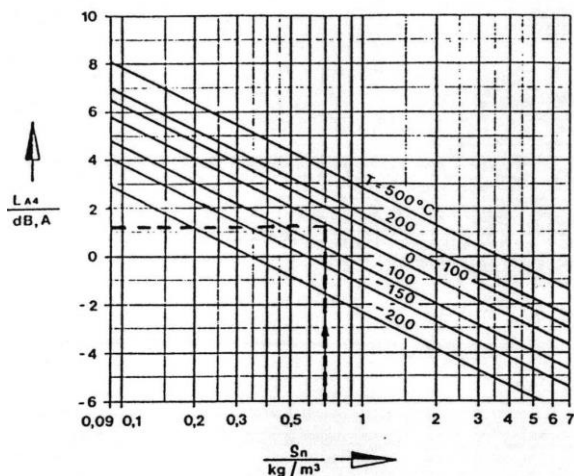
az X nyomásviszony funkciójaként standard szelepekhez.



Zajszinthányad  $L_{A2G}$  gázoknál és gőzöknél az X nyomásviszony funkciójaként standard szelepekhez (4. kép)

### Zajszinthyányad $L_{A4}$

a  $\rho_n$  normál sűrűség függvényeként a hőmérséklettel paraméterként.



$L_{A4}$  zajszinthyányad gázoknál és gőzöknél a  $\rho_n$  normál sűrűség függvényeként, hőmérséklettel paraméterként (5. kép)

A távolság befolyása a zajszint értékelésénél

$$LA' = LA - 10 \cdot \lg 2 \pi \cdot r^2 \text{ [dB(A)]}$$

r.	1	5	10	25	50	100	200	500	1000
$10 \cdot \lg 2 \pi \cdot r^2$	8	22	28	36	42	48	54	62	68

r = távolság a hangforrástól [m]-ben

### Számítási példa

Átáramlási közeg:	földgáz
Üzemi hőmérséklet:	0 °C
szükséges kv-érték:	200 m <sup>3</sup> /h
Bemenő nyomás (abszolút) Pe	12,5 bar
Kimenő nyomás (abszolút) Pa	2,5 bar
Nyomáskülönbség	10 bar
Normál sűrűség	0,78 kg/m <sup>3</sup>
Csővezetékek	PN 40-nek megfelelően

Az  $L_A$  zajszintet standard szabályozó készülékhez keressük.

### Számítási folyamat:

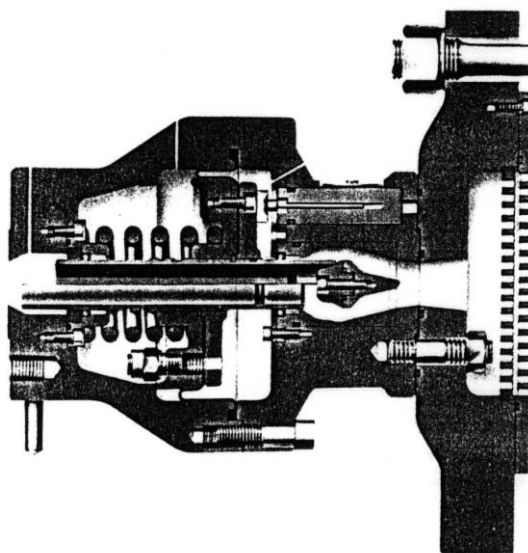
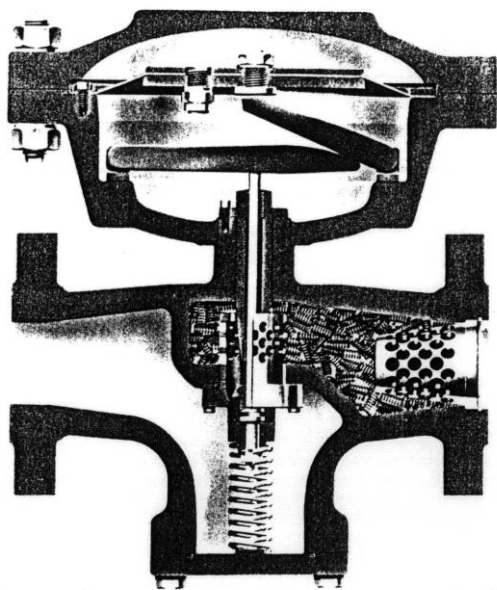
- pe = 12,5 bar bemenő nyomásnál és 200 m<sup>3</sup>/h Kv-értéknél a 3-as képből 105 dB(A) zajszinthyányadot olvasunk le. ( $L_{A1G}$ )
- 12,5 bar bemenő nyomásnál és 10 bar differenciálynomásnál X nyomásviszony a következőképp adódik  $X = \Delta p/p_1 = 10/12,5 = 0,8$   
Az X = 0,8 metszéspontja a diagram felső részében lévő görbével 7 dB(A) nagyságú  $L_{A2G}$  zajszinthyányadot ad.
- $L_{A4}$  korrekciós érték a sűrűséghez és hőmérséklethez az 5. képből adódik. Ha a  $\rho$  0,78 és T= 0 °C akkor 1 dB(A)  $L_{A4}$  érték adódik.  
Amennyiben a kimenő oldalon a gáz továbbítása DN 100-as, 11 mm-es falvastagságú csővezetékekkel történik, a PN 40-eshez elegendő 3,6 mm-es falvastagság helyett, akkor 1 dB(A)  $L_{A4}$  érték adódik.
- Amennyiben a kimenő oldalon a gáz továbbítása DN 100-as, 11 mm-es falvastagságú csővezetékekkel történik, a PN 40-eshez elegendő 3,6 mm-es falvastagság helyett, akkor a 2. táblázat szerint a következő adódik  
 $\Delta R_m = -5\text{dB (A)}$
- A zajszinthyányad hozzáadása a 6. bekezdésben lévő képletnek megfelelően!

$$LA = LA1G + LA2G + LA4 + \Delta LG + \Delta Rm$$

$$LA = 105 \text{ dB} + 7 \text{ dB} + 1 \text{ dB} + (-5) \text{ dB} + 0$$

- f) Itt egy készülékspecifikus értékkel  $\Delta L_G$  von  $-5$  dB(A) rendelkező szabályozó készüléket használtunk. Így egy összajszint adódik:  $LA = 108$  dB(A)  
Ilyen használatra beépített hangtompítóval rendelkező szabályozó készülék használata célszerű. Az összajszint szabályozó készülék típusától függően  $15-25$  [dB(A)] –el csökkenthető.

### Szabályozó készülékek kivitelei beépített hangtompító egységekkel



#### Biedermannsdorf

Siegfried Marcus Straße 9  
A-2362 Biedermannsdorf  
Tel.: (+43) 02236 / 73 130  
Fax.: (+43) 02236 / 73 130-300  
heat@heatgroup.at



#### Wien

Schönbrunner Straße 179  
A-1120 Wien  
www.heat.at

#### Kassel

Querallee 41  
D-34119 Kassel  
Tel.: (+49) 0561 / 288 56-0  
Fax.: (+49) 0561/ 288 56-20  
office@heat-gastechnik.de