

2. rahvusvaheline keskkonnamüra konverents, Tallinn, 2010-05-24

tatsionaarsete mürabarjäärade abil keskkonnamüra vähendamise mõju tervisele

aksamaa praktiliste näidete analüüs ja teadusuuringute tulemused erinevate mürataseme vähendamise meetodite kohta Saksa mürakaitseeskirjade ja nende tervisemõjude valguses – Sinu Valik

Jan Middelberg
Tehnikadoktor, füüsikamagister, ehitusfüüsika ja matemaatika professor
Tsiviilehituse ja Geoinformatsiooni Teaduskond
Jade Rakendusteaduste Ülikool
Ofener Str. 16/19, D-26121 Oldenburg

1. Sissejuhatus
2. Füüsiline taust
3. Tervistkahjustav mõju
4. Õigusaktid
5. Vähendamise võimalused
6. Tehniline teostus
7. Mõju arvutamine
8. Järeldused

Heli on objektiivne mõõdetav suurus

Müra on teadvust ja alateadvust häiriv heli

Selle mõjud:

Physical Kõrva kuulmisaparaadi otsene kahjustamine (impulss)

Mürakurtus

Südame-veresoonkonna haiguste oht

Une häirimine

Psychological Närvilisus ja töövõime langus

Heaolu häirimine

Keskendumis- ja õppimisvõime langus

Social Kõneselguse häirimine

Suhtlemise häirimine

Elutingimuste muutumine

Sotsiaalse struktuuri muutumine

Sotsiaalse käitumise kahjustamine

Economic Kulutused rahustitele ja kurtuse ravile

Elukvaliteedi ja (kinnis)vara väärtuse langus

Müraärritusest tingitud vigadest põhjustatud kulud

1.1 Sissejuhatus

Küsimused:

- Kui palju inimesi saab säästa?
- Kui paljude inimeste elukvaliteeti saab märkimisväärselt parandada?
- Milliseid majanduslikke kulusid saab müra eest kaitsmisega vältida?
- Milline on olukorra paranemine iga üksiku inimese jaoks?

Käesoleva esitlusega pole võimalik anda täpset vastust neile küsimustele, eriti kuna tegemist on statistiliste andmetega, vaid püütakse pakkuda ligikaudseid arvutusi.

Kolm võimalust müra eest kaitsmiseks:

Müraallikal vahepeal vahetult enne kuulumiskohta

1.2 Sissejuhatus



Ülikoolilinnak Wilhelmshaven'is: masinaehitus ja ärijuhtimine

Ülikoolilinnak Elsfleth'is: Mereuuringud

Ülikoolilinnak Oldenburg'is

Teaduskonnad: Arhitektuur,
Tsiviilehitus ja Geoinformatsioon

Physics laboratory,

Uurimisvaldkonnad:

energiasäästlikud konstruktsioonid

kuumusekaitse ja passiivmaja tehnoloogia

kliimakaitse, jätkusuutlik ehitamine ja sertifitseerimine

õhus ja õhu kvaliteet

päikesetehnoloogia ja veepuhastus

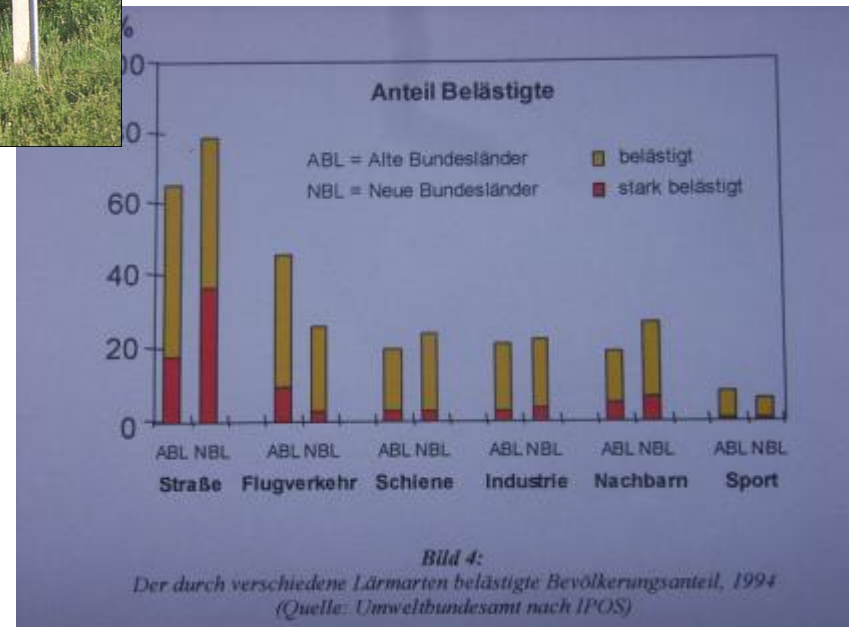
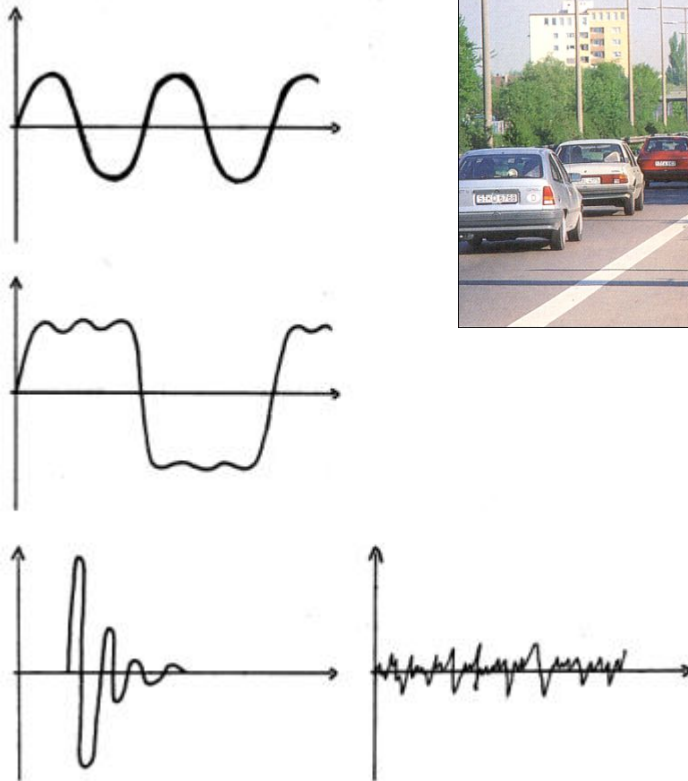
helitehnoloogia, akustika parandamine

immissioonikaitse, müra, vibratsioon ja õhusaaste

Jan Middelberg, middelberg@fh-oldenburg.de, www.jade-hs.de
alates 1997 professor Jade Ülikoolis, Oldenburg'is (resp. FH Oldenburg; FH-OOW)
alates 1995 insener-konsultant (Inseneride Koja liige, Niedersachsen)
1994-1997 dotsent Bremeni Ülikoolis (sissejuhataja kursus keskkonnatehnoloogiasse)
1990-1994 mikrogravitatsioonilabori "Fallturm Bremen" teadusdirektor
1987-1990 ehitusprojektide juhtimine ja "Fallturm Bremen'i" rajamine
1995 doktorikraad masinaehituses
1987 magistrikraad rakendusfüüsikas
1980 automehaaniku tunnistus
1978 keskkooli lõputunnistus



2.1 Föusiline taust



Tervistkahjustavat keskkonnamüra tekitab peamiselt (tänavaja- ja raudtee-) liiklus, aga ka tööstus. Vastandiks on müra siseruumides, mida käesolevas töös ei arvestata.

2.2 Füüsiline taust

P_{ac} = akustiline võimsus

$$P_{ac} = E_{ac} \cdot t$$

E_{ac} = akustiline energia

I = intensiivsus

$$I = P_{ac} / A = p^2 / (\rho \cdot c)$$

ρ = tihedus, c = helikiirus

$$I_{eq}(\Delta t) = \Sigma (E_i \cdot \Delta t_i) / A =$$

ekvivalentintensiivsus

Helitase:

$$L = 10 \lg(I/I_0) = 20 \lg(p/p_0)$$

Ekvivalenthelitase:

$$L_{eq} = 10 \lg(I_{eq}/I_0)$$

$$I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2 = \text{referentsintensiivsus}$$

ρ = tihedus, c = helikiirus

$$L_w = 10 \lg(P/P_0)$$

$$P_0 = 10^{-12} \text{ W} = \text{referentsvõimsus}$$

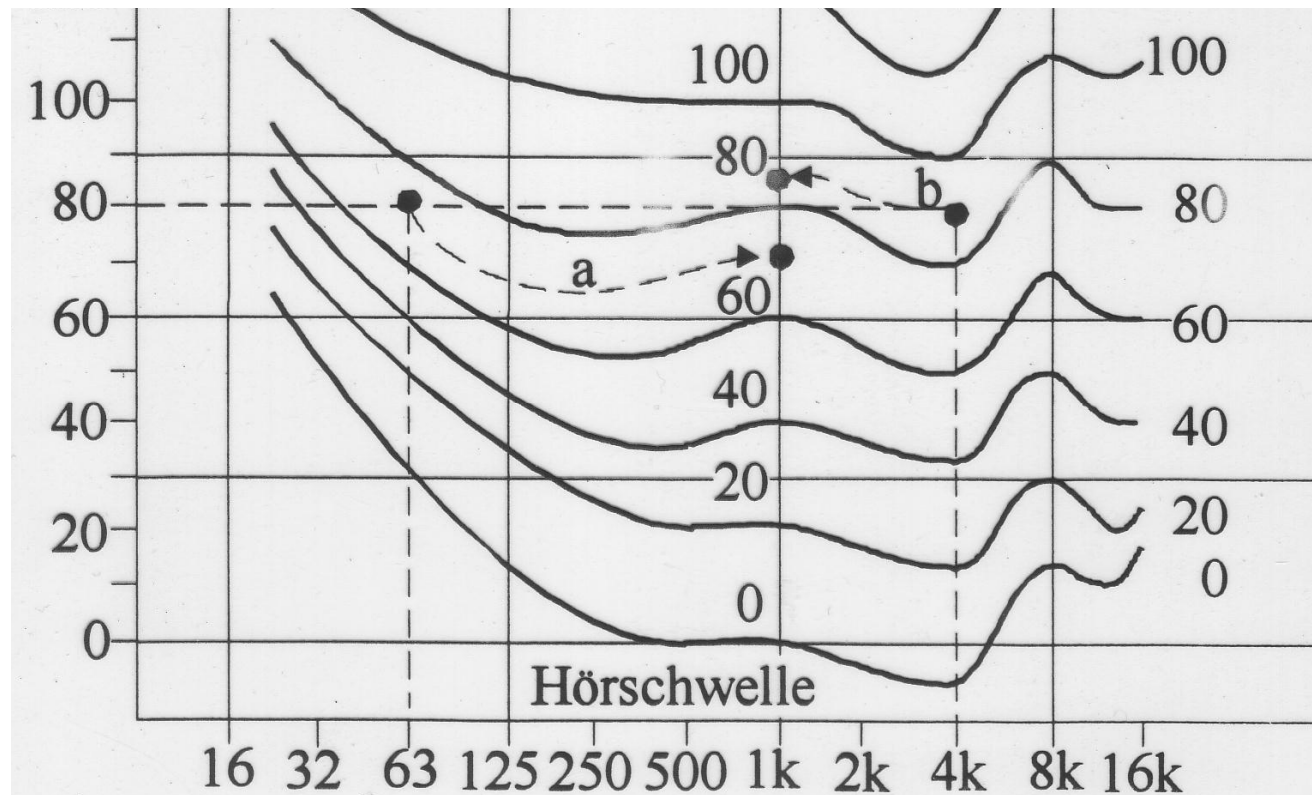
Müra negatiivset mõju saab kergesti määrata keskmise mürataseme mõõtmise kaudu (usaldusväärsuse tase L_r)

3.1 Tervistkahjustav mõju

<u>Intensiivsus</u> <u>I/(W/m²)</u>	<u>Rõhk</u> <u>p/Pa</u>		<u>Tase</u> <u>L/dB</u>	<u>Piirväärtused</u>	<u>Oht</u>	<u>Põhjus</u> <u>nt.:</u>
10^3	200		150	teadvusekadu	kurtus	plahvatus
						reaktiivhävituslennuk, lask
10^0	20		120	valu, tundlikkus	osaline kurtus	
	2					õnnetus, sepatöö
10^{-3}	0,2		90	kõrvakaitse	kuulmispuue	masinad, töökojad
						loeng, kauplus, linn
10^{-6}	0,02		60	keskendumine, puhkus	südame-veresoonkonna haigus	
	0,002					kontor, linnakeskkond
10^{-9}	0,0002		30	öine puhkus	unetus	maakeskkond
						rahulik hingamine

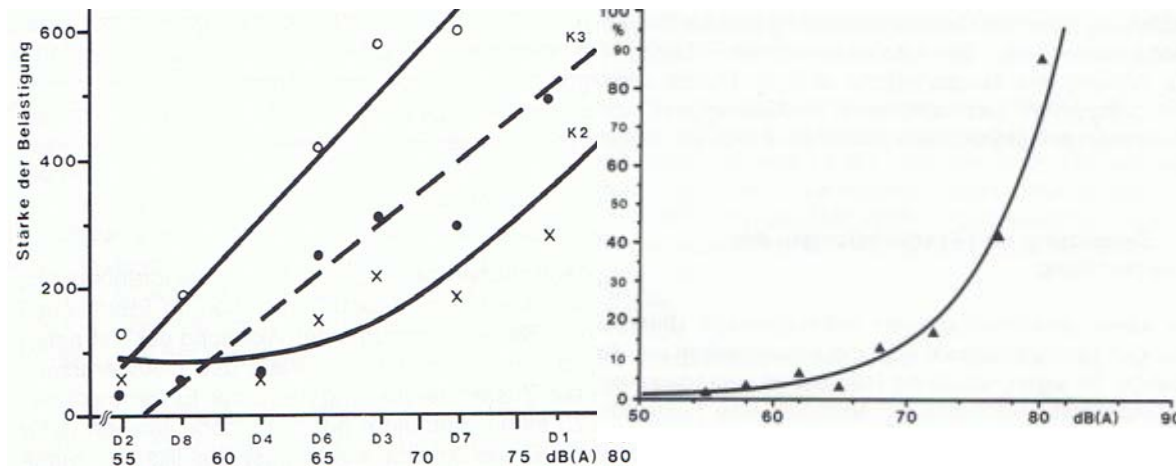
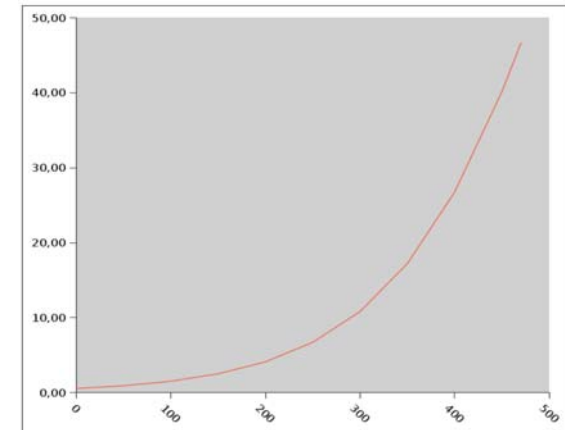
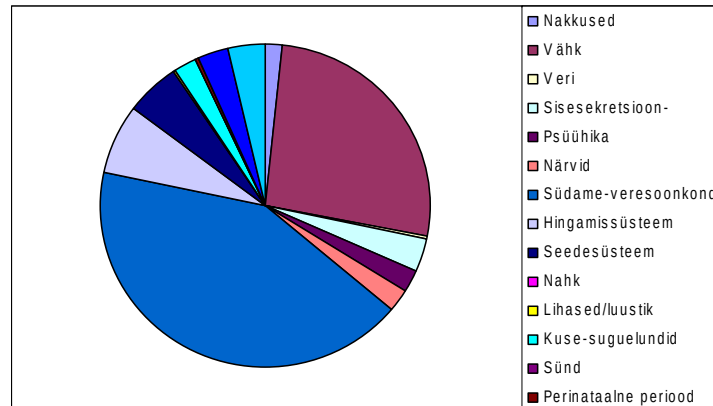
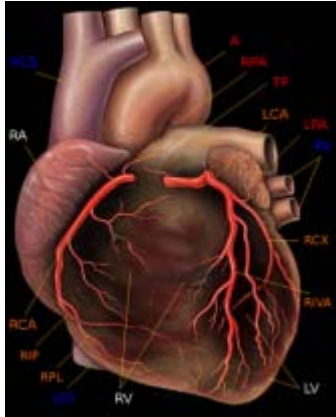
Tervisekahjustus esineb konkreetsete mürapiiride (helitasemeskaala) ületamise tõttu teatud mehhanismide kaudu

3.2 Tervistkahjustav mõju



Öise puhkuse ja elukvaliteedi langus esineb tasemel 30 dB magamistubades, mistõttu piirtase L_r elamupiirkondades on 40 dB

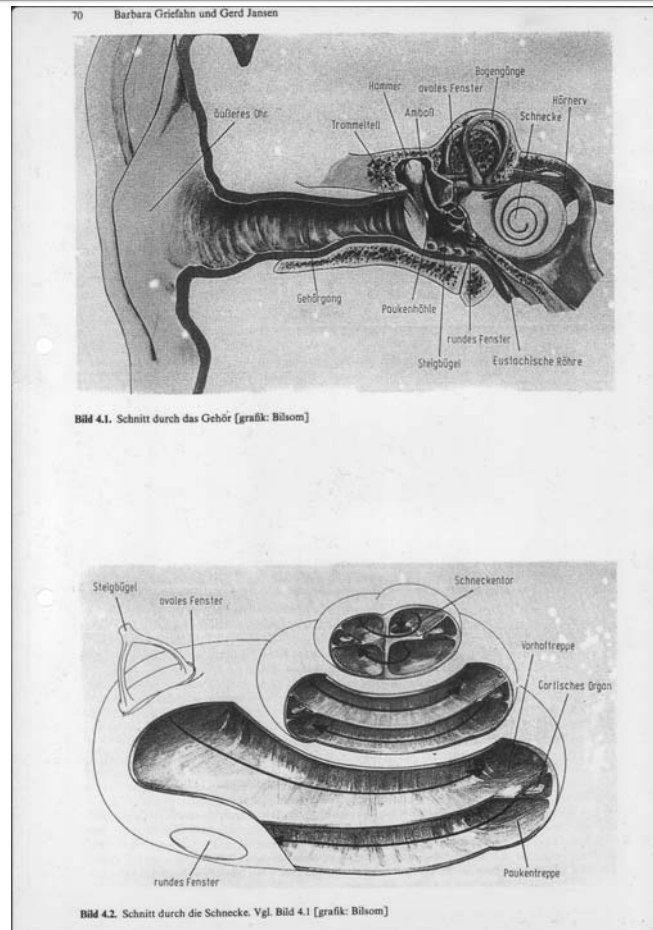
3.3 Tervistkahjustav mõju



Surma või ellujäämisega lõppenud müokardi infarkti eeldatav tõenäosus ühe aasta jooksul, mis vastab valitud üksiktulemuste väärtustele. Ordinaat: üksiktulemus, abstsiss: Surma või ellujäämisega lõppenud müokardi infarkti tõenäosus 1 aasta jooksul (%)

Pidevalt üle 60 dB küündivate müratasemete tagajärjeks on stress ja sellest tulenevad kõrge vererõhk (hüpertensioon) ja südame-veresoonkonna kahjustused

3.4 Tervistkahjustav mõju



90 dBst valjem keskkonnamüra on harv, kuid põhjustab otseseid kuulmiskahjustusi

4.1 Õigusaktid

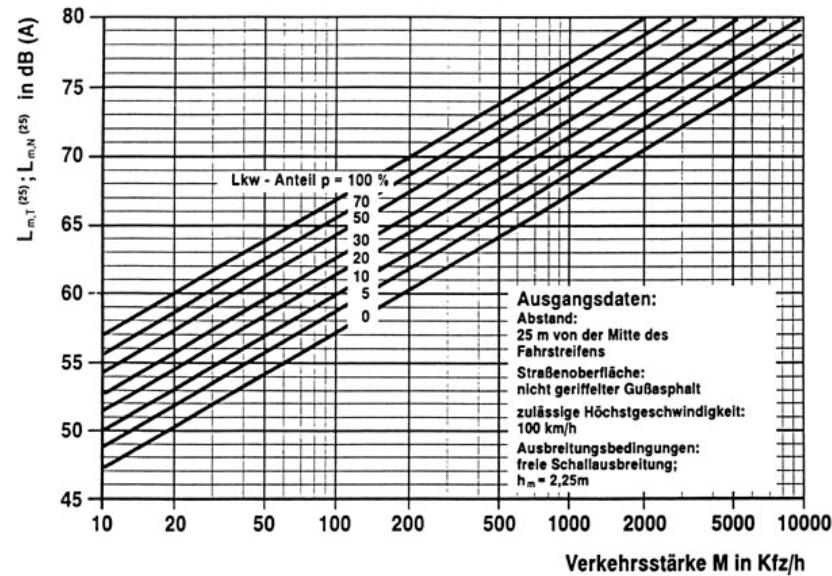
Saksamaa soovituslikud immissiooniväärtused on esitatud TA-Lärm'is ja liikluse immissioonipiirmäärad 16. BimSchV's; mõlemad on kehtestatud Saksamaa immissioonikaitseseaduses (BImSchG)

Lähikonna kaitsmiseks liiklusest, ehitusest ja vastavatest muutustest tingitud tervistkahjustavate keskkonnamõjude eest ei tohi soovitatav tase ületada järgmisi immissiooni piirväärtusi:

	Päeval	Öösel
1. Haiglates, koolides, puhke- ja vanadekodudes	57 detsibelli (A)	47 detsibelli (A)
2. Puhtalt ja tavalistes elamupiirkondades ja külades	59 detsibelli (A)	49 detsibelli (A)
3. Keskustes, maa- ja segapiirkondades	64 detsibelli (A)	54 detsibelli (A)
4. Tööpiirkondades	69 detsibelli (A)	59 detsibelli (A)

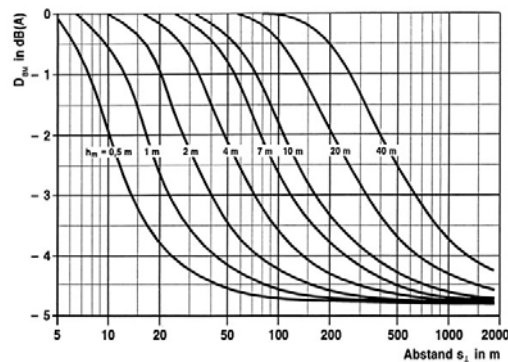
$$L_{r,N} = L_{m,N^{(1)}} + D_v + D_{StO} + D_{Stg} + D_{S\perp} + D_{BM} + D_E + K$$

4.2 Öigusaktid

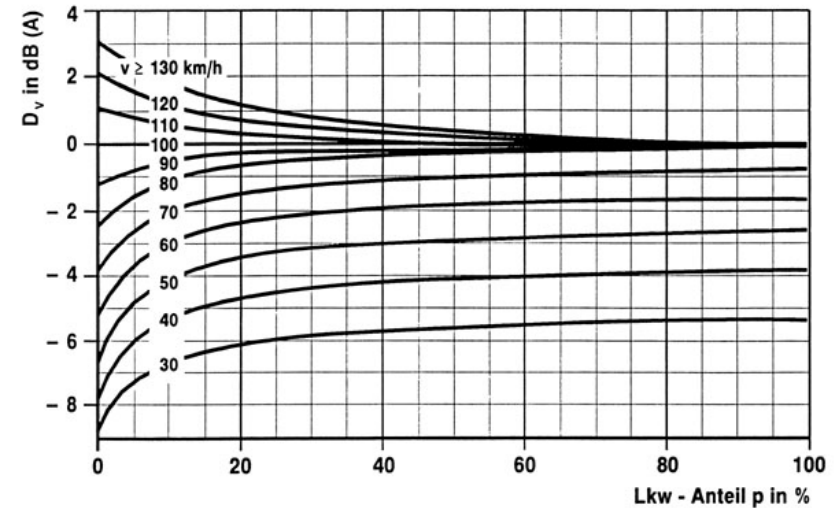


$$L_{m,T}^{(25)} \text{ bzw. } L_{m,N}^{(25)} = 37,3 + 10 \cdot \lg [M (1 + 0,082 \cdot p)] \text{ dB(A)}$$

$$L_{r,N} = L_{m,N}^{(25)} + D_v + D_{StrO} + D_{Stg} + D_{S\perp} + D_{BM} + D_B + K$$



$$D_{str} = -4,8 \cdot \exp \left[- \left(\frac{h_m}{s_1} \cdot \left(8,5 + \frac{100}{s_1} \right) \right)^{1,2} \right] \text{ dB(A)}$$

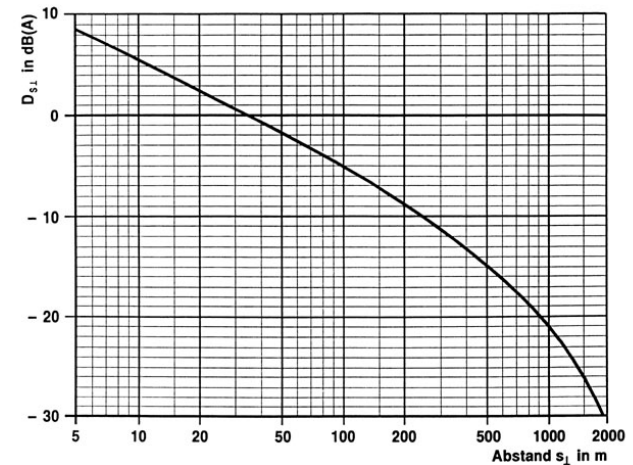


$$D_v = L_{Pkw} - 37,3 + 10 \cdot \lg \left[\frac{100 + (10^{0,1 \cdot D} - 1) \cdot p}{100 + 8,23 \cdot p} \right] \text{ dB(A)}$$

$$L_{Pkw} = 27,7 + 10 \cdot \lg [1 + (0,02 \cdot v_{Pkw})^3]$$

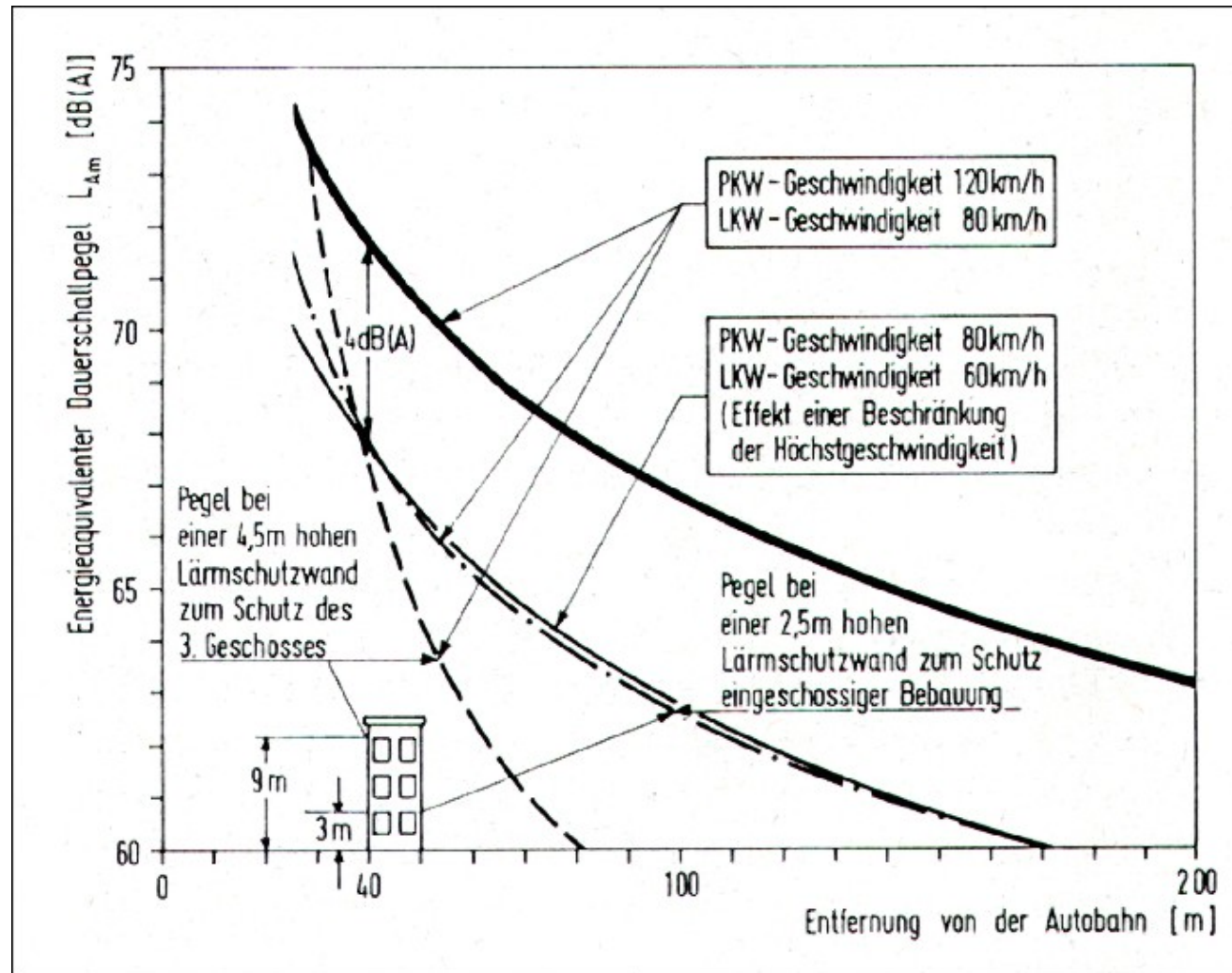
$$L_{Lkw} = 23,1 + 12,5 \cdot \lg (v_{Lkw})$$

$$D = L_{Lkw} - L_{Pkw}$$



$$D_{s1} = 15,8 - 10 \cdot \lg (s_1) - 0,0142 \cdot (s_1)^{0,9} \text{ dB(A)}$$

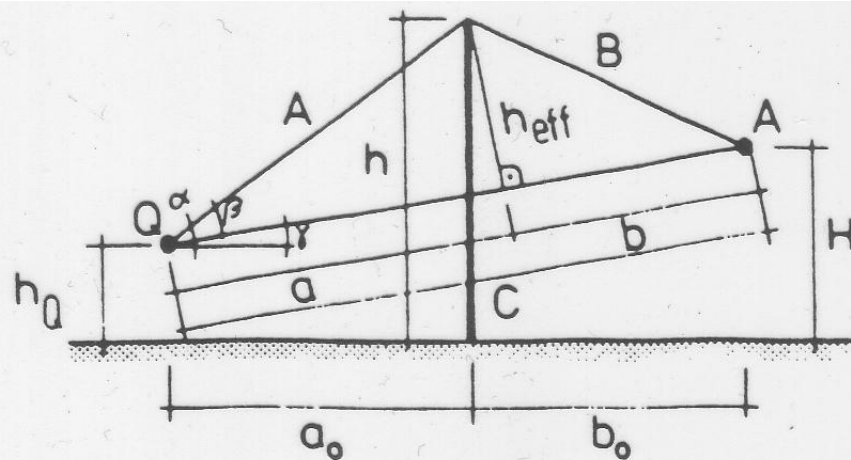
5.1 Vähendamise võimalused



Müra vähendamine kauguse abil on väga efektiivne tööstusmüra puhul (punktsaasteallikas) – 6 dB kauguse kahekordistamisel, kuid liikluse müra puhul (joonallikas) väheneb kauguse kahekordistamisel müra vaid 3 dB võrra

Mürataseme muutumine tänu kiirusepiirangutele resp. müratõketele (kiirtee, kaugus 40 m, M= 2400 autot/t, 15% veokid (autor: Krell)

5.2 Vähendamise võimalused



$$z = (A + B) - C$$

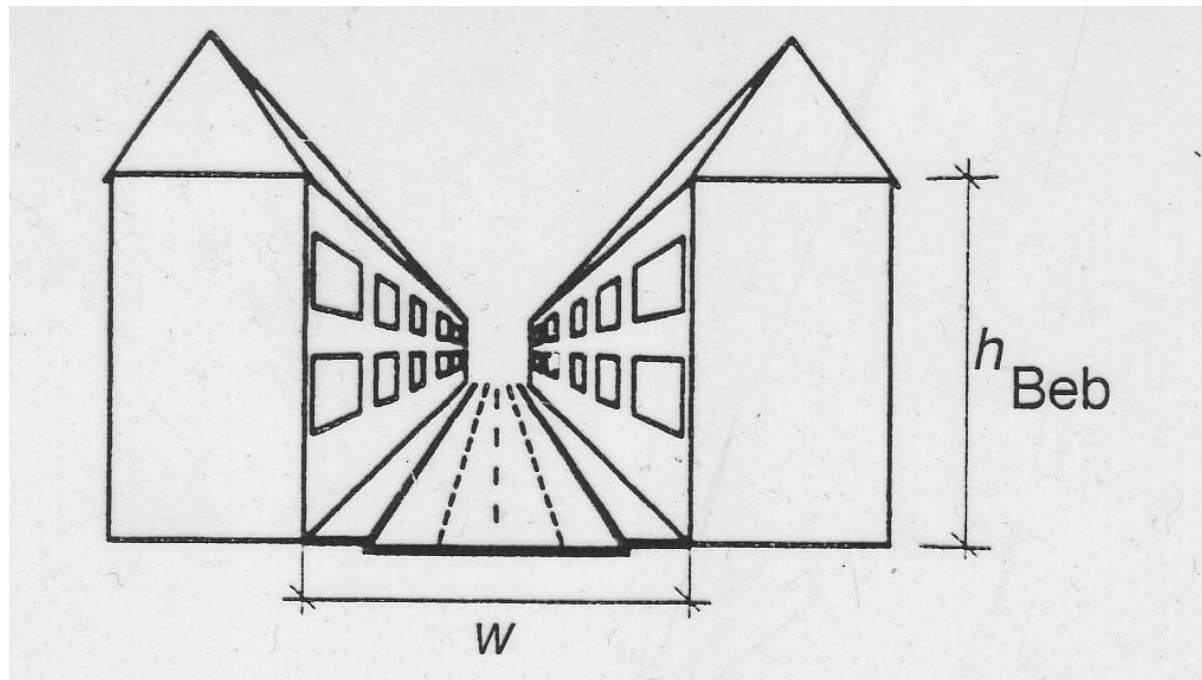
Näherungsweise gilt: ²³⁰⁾

$$z = \frac{h_{\text{eff}}^2}{2} \cdot \left(\frac{1}{a} + \frac{1}{b} \right)$$

Für $h_{\text{eff}} < 0$ gilt: $z = 0$

Täiendavad müratõkked tuleb rajada kas müraallika või kaitstava koha lähedusse

5.3 Vähendamise võimalused

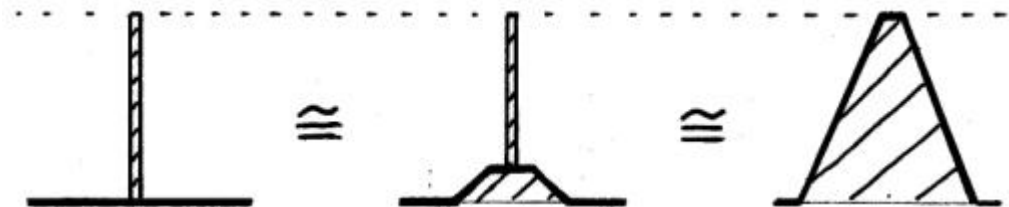


Spetsiaalsete klaasidega müratõrjeaknad parandavad tavaliste topeltklaasidega akendega võrreldes olukorda sobivate tingimuste korral umbes 10 dB võrra

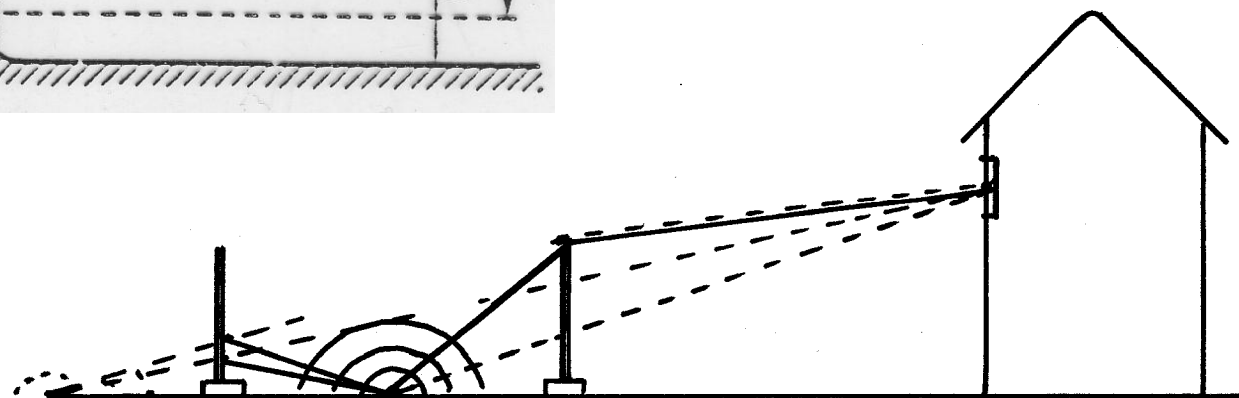
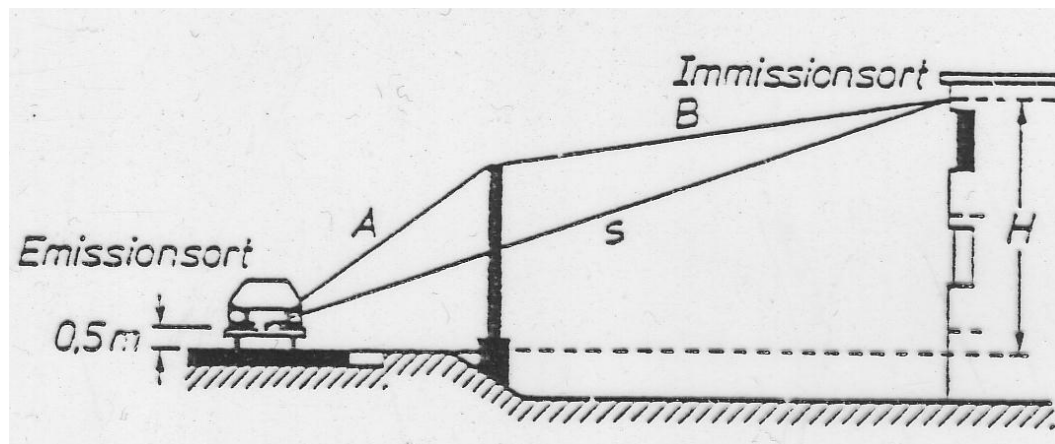
6.1 Tehniline teostus



Ehitatud tõkked, nagu seinad ja
vallid, sobivad müra
vähendamiseks kuni 15 dB võrra



6.2 Tehniline teostus

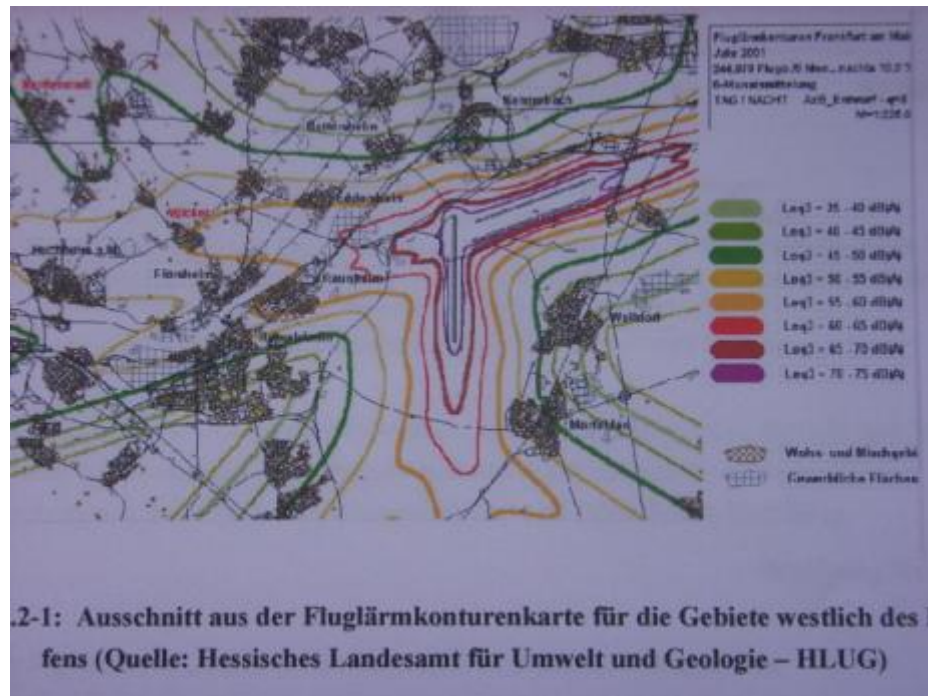


Paljudel puhkudel on vaja ehitada müratõketeks seinu, mille vähemalt üks külg on kõrge neelduvusega ($\alpha > 90\%$), vältimaks mürataseme tõusu vastasküljel

7.1 Mõju arvutamine

TA-Lärm ja 16.BimSchV, teatud juhtudel ka RLS 90 resp. Schall 03 kohustavad koostama müraprognoose erinevate standardite (DIN 4109, DIN 18005, VDI 2058 jne.) järgi

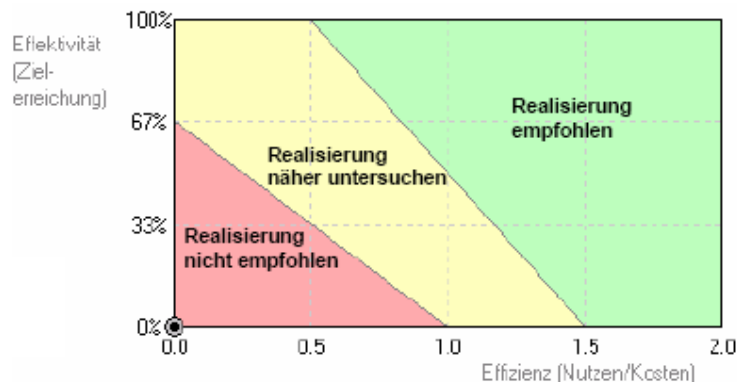
7.2 Mõju arvutamine



Mürakaardid võimaldavad selgitada välja täiendava müratõrje vajaduse ja vastavad majanduslikud kulud

7.3 Mõju arvutamine

Abb. 1 > Effizienz-Effektivitäts-Diagramm nach SRU Nr. 301.



$$WTI = 4 * \text{Effektivität}/\% * \text{Effizienz}$$

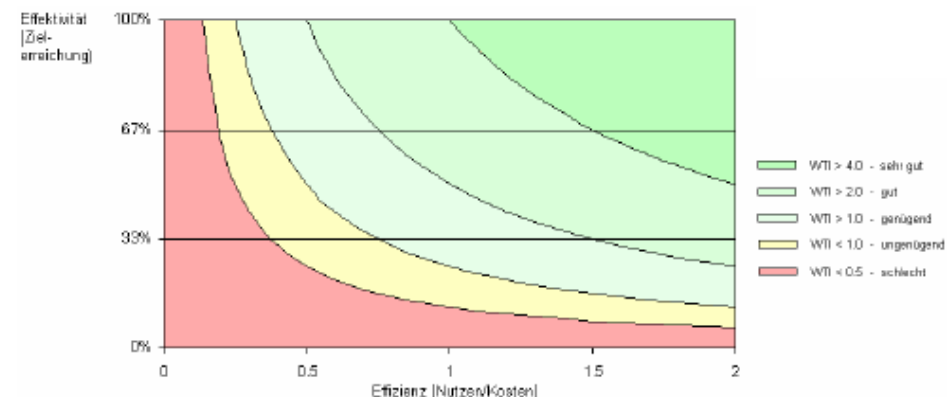
Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern 2006

Wirtschaftliche Tragbarkeit und Verhältnismäßigkeit von Lärmschutzmaßnahmen

Müratõrjeseinad	1200,--	/m ²
Pinna uuendamine (mõju -3 dB)	30,--	/m ²
Pinna uuendamine (mõju -5 dB)	35,--	/m ²
Vee ärajuhtimissüsteemi kohandamine*	120,--	/m ²
Täiendav talvine hooldus*	10,--	/m ² ·a
Järelevalve (ajavahemik 12,5 a???) *	1440,--	/m ² ·a
Järelevalve (ajavahemik 25 a???) *	1160,--	/m ² ·a
Täielik kate	5000,--	/m ²

* = min. mõju -5 dB

Abb. 2 > Vorschlag neues Effizienz-Effektivitäts-Diagramm.



8.1 Järeldused

Eesmärgiks tuleks seada keskkonnatingimuste optimaalne parandamine piiratud ressursside tingimustes; mitte mürataseme maksimaalne vähendamine üksikutes kohtades, vaid asjakohaste piirmäärade täitmine kõikides kohtades

Sellistel tingimustel rajatud müratõkked võivad aidata kaasa miljardite eurode säästmisele, ennetades mürast põhjustatud haigusi, säästa tuhandete inimeste elu ja parandada kümnete tuhandete elukvaliteeti

- Tervistkahjustava keskkonnamüra tõhusaks vähendamiseks on vaja hoolikat planeerimist, kasutades teadmisi heli füüsilisest päritolust, levimise tingimustest ja füsioloogilistest tagajärgedest.
- Sel eesmärgil rakendatakse müra piirmäärade ja soovitatavate immissiooniväärtuste kindlaksmääramiseks heli mõõtmise põhimõtteid, leviku ja sumbumise füüsikaseadusi, aga ka orgaanilisi mehhanisme.
- Sellistest lähtetasemetest saab tuletada müratõkete vajaduse ja mõõtmed.

Täna tähelepanu eest!