

AAC – Audio & Acoustics Consulting Aachen

Prof. Dr.-Ing. Anselm Goertz
In der Linen 21
52134 Herzogenrath

TAC – Technische Akustik

Prof. Dr.-Ing. Alfred Schmitz
Fuggerstraße 3
41352 Korschenbroich

Arbeitsgebiete:

- Audiomesssysteme
- Beschallungsanlagen
- Lautsprecher
- Controller
- Planung, Design
- Tests
- Gutachten
- Schulung

Büro Korschenbroich

Fuggerstraße 3
41352 Korschenbroich
Fon: 02161 - 40296-32
Fax: 02161 - 40296-34

Büro Braunschweig

Ölschlägern 6
38100 Braunschweig
Fon: 0531 - 44626
Fax: 0531 - 18580

AAC-TAC 1451-11-IV

Neubau / Sanierung der Beschallungsanlage

S-Bahnstationen Stuttgart

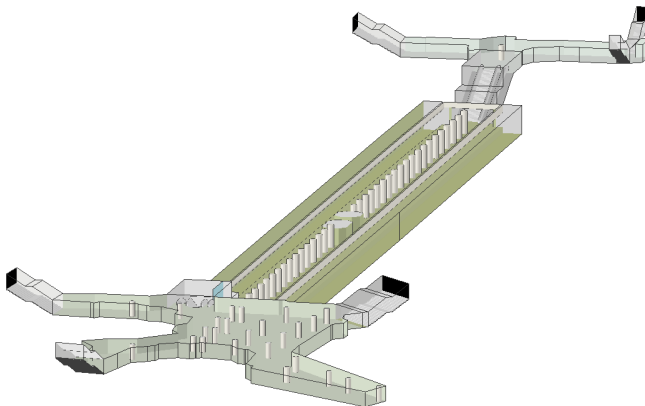
Teil 4: Berücksichtigung der Störpegel aus dem Betrieb der Ent- rauchungsanlagen

Ihr Ansprechpartner

Prof. Dr. Alfred Schmitz
Durchwahl: 02161 - 40296-32
schmitz@tac-akustik.de
www.tac-akustik.de

Objekt:

**S-Bahnstationen Stadtmitte, Feuersee,
Schwabstraße**



Unsere Leistungen

- Raumakustik
- Bauakustik
- Elektroakustik
- Immissionsschutz
- Schwingungstechnik
- Beratung
- Messung
- Schulung
- Sachverständigen-
gutachten

Prof. Dr. Alfred Schmitz

Von der Industrie- und Handels-
kammer Mittlerer Niederrhein
Krefeld – Mönchengladbach –
Neuss
öffentlich bestellter und vereidig-
ter Sachverständiger für Bau-,
Raum- und Elektroakustik

Zertifizierte Güteprüfstelle
nach DIN 4109
VMPA-SPG-211-04-NRW

Messstelle nach §§ 26, 28 BIm-
SchG zur Ermittlung von Emissio-
nen und Immissionen von Geräu-
schen

Gegenstand:

**Gutachten zur Sprachverständlichkeit der Be-
schallungsanlagen in den S-Bahnstationen
Stadtmitte, Feuersee, Schwabstraße**

Auftraggeber:

**DB Station&Service
Beschaffung Infrastruktur
Region Südwest (TEI-SW-A)
Presselstraße 17, 70191 Stuttgart**

Erstellt am:

12.06.2012

Bearbeiter:

**Prof. Dr.-Ing. Anselm Goertz
Prof. Dr.-Ing. Alfred Schmitz**

Bankverbindung

Stadtparkasse Aachen
Kontonummer 47678123
BLZ 390 500 00

Inhaltsverzeichnis

1 Aufgabenstellung	3
2 Normen, Richtlinien und verwendete Unterlagen	3
3 Anforderungen	3
4 Berechnungen	4
5 Ergebnisse und Maßnahmen	4
Anhang A Berechnung Schalldruckpegel Station Schwabstraße	6
Anhang B Berechnung Schalldruckpegel Station Stadtmitte.....	7

1 Aufgabenstellung

Im Zuge der brandschutztechnischen Sanierungsmaßnahmen der S-Bahnstationen Stadtmitte, Feuersee und Schwabstraße in Stuttgart sollen Entrauchungsanlagen installiert werden. Dabei sollen im Betriebsfall die durch die Anlagen über die Entrauchungsöffnungen erzeugten Schalldruckpegel auf den Bahnsteigen den bereits vorhandenen Störschallpegel von $L_{Aeq} \approx 80 \text{ dB(A)}$ nicht wesentlich erhöhen, um weiterhin eine ausreichende Sprachverständlichkeit der Beschallungsanlage zu gewährleisten.

Es sind die durch die Entrauchungsanlagen erzeugten Schalldruckpegel auf den Bahnsteigen rechnerisch abzuschätzen und ggf. Maßnahmen vorzuschlagen, um einen ausreichenden Abstand zwischen Signalpegel und Störpegel zu gewährleisten.

2 Normen, Richtlinien und verwendete Unterlagen

- VDI 2081, Blatt 1
Geräuscherzeugung und Lärminderung in Raumluftechnischen Anlagen, Juli 2001

3 Anforderungen

Gemäß den im Rahmen der Gesamtuntersuchung durchgeführten Messungen liegt der mittlere Störschallpegel durch den Bahnbetrieb in allen Stationen bereits bei $L_{Aeq} \approx 80 \text{ dB(A)}$. Dieser mittlere Schalldruckpegel darf durch den Betrieb der Entrauchungsanlagen nicht relevant erhöht werden. Das ist dann der Fall, wenn der zusätzliche Störpegel durch den Betrieb der Entrauchungsanlagen um mindestens 10 dB(A) unterhalb des vorhandenen Störpegels liegt. Der zusätzliche Störpegel darf somit einen Wert von

$$L_{Aeq} = 70 \text{ dB(A)}$$

nicht überschreiten.

4 Berechnungen

Als Grundlage der Berechnungen wurde der saugseitig in die Rohrleitung eingestrahlte Schallleistungspegel der Ventilatoren verwendet. Es sind pro Station zwei Ventilatoren (an jedem Ende einer) mit jeweils zwei Absaugkanälen mit rechteckigem Querschnitt geplant. Jeder Absaugkanal hat seitlich 10 Absaugöffnungen mit einer Fläche von jeweils $0,4 \text{ m}^2$ (freie Öffnungsfläche $0,3 \text{ m}^2$), so dass insgesamt 40 Öffnungen pro Station entstehen.

Die Geräusche der Ausblasöffnungen sowie die von den Ventilatorgehäusen abgestrahlten Geräusche können aufgrund der baulichen Gegebenheiten vernachlässigt werden, so dass hier nur die Geräusche der Ansaugöffnungen betrachtet werden.

Die Berechnungen erfolgen gemäß der VDI Richtlinie 2081-1 - Geräuscherzeugung und Lärmminde- rung in Raumluftechnischen Anlagen.

Die Berechnung des mittleren Schalldruckpegels auf den Bahnsteigen erfolgte gemäß der Formel aus der VDI 2081-1

$$L_p = L_w + 14 + 10 \cdot \log (T/V)$$

mit L_w = Schallleistungspegel der insgesamt 40 Öffnungen in Summe

T = Nachhallzeit in Sekunden aus eigenen Messungen

V = Raumvolumen

Für die Nachhallzeiten wurden im Sinne einer konservativen Betrachtung die gemessenen Nachhallzeiten ohne die geplanten raumakustische Maßnahmen berücksichtigt.

Die Berechnungen für die Stationen Feuersee und Schwabstraße mit baugleichen Axialventilatoren sind im Anhang A exemplarisch für die Station Schwabstraße wiedergegeben.

Für die Station Stadtmitte mit einem Radialventilator sind die Berechnungen in Anhang B aufgeführt.

5 Ergebnisse und Maßnahmen

Gemäß den Berechnungen ergeben sich für beide Stationen **Feuersee und Schwabstraße** gerundete mittlere Schalldruckpegel auf den Bahnsteigen von ca. **79 dB(A)**, in der Station **Stadtmitte 86 dB(A)**. Der „zulässige“ Schalldruckpegel wird demnach um 9 dB(A) bzw. 16 dB(A) überschritten. Zudem handelt es sich hierbei um einen räumlich gemittelten Schalldruckpegel, so dass in einzelnen Bereichen insbesondere in der Nähe der Ansaugöffnungen die Schalldruckpegel auch deutlich höher sein können.

Es wird daher empfohlen, Schalldämpfer in die Kanäle einzusetzen. Die Schalldämpfer haben grundsätzlich die Aufgabe, den vom Ventilator ausgehenden Schall zu reduzieren, ohne die Fortleitung des Luftstroms wesentlich zu behindern. Als Schalldämpfer in Kanälen kommen in erster Linie Reflexions- und Absorptionsschalldämpfer in Betracht. Ausgehend von den vorliegenden Spektren der Ventilatoren mit den Hauptanteilen bei ca. 500 – 2.000 Hz stellt der Einsatz von Absorptionsschall-

dämpfen in Form von Kulissenschalldämpfern mit der maximalen Einfügungsdämpfung in diesem Frequenzbereich eine aus akustischer und wirtschaftlicher Sicht optimale Lösung dar.

Für die Berechnungen bei den Stationen **Feuersee und Schwabstraße** wurden Kulissenschalldämpfer für jeden Ventilator mit folgenden Abmessungen berücksichtigt:

Länge	=	500 mm
Breite	=	1.600 mm
Höhe	=	900 mm
Kulissendicke	=	100 mm
Spaltbreite	=	100 mm

Die Einfügungsdämpfung der Schalldämpfer ist als Mindestanforderung in der Berechnungstabelle im Anhang A unten in Oktavbandbreit angegeben. Es ergeben sich damit für beide Stationen gerundete mittlere Schalldruckpegel auf den Bahnsteigen von ca. **66 dB(A)**.

Für die Station Stadtmittel wurden für jeden Ventilator Kulissenschalldämpfer mit den nachstehenden Abmessungen berücksichtigt:

Länge	=	1.000 mm
Breite	=	1.600 mm
Höhe	=	900 mm
Kulissendicke	=	100 mm
Spaltbreite	=	100 mm

Die Einfügungsdämpfung der Schalldämpfer ist als Mindestanforderung in der Berechnungstabelle im Anhang B unten in Oktavbandbreit angegeben. Es ergibt sich damit für die Station ein gerundeter mittlerer Schalldruckpegel auf den Bahnsteigen von ca. **68 dB(A)**.

Die Anforderung von 70 dB(A) für den mittleren Schalldruckpegel wird somit unter Berücksichtigung der aufgeführten Kulissenschalldämpfer an allen Bahnsteigen eingehalten.

Entsprechende Schalldämpfer können z. B. von der Fa. TROX GmbH, Heinrich-Trox-Platz, D-47504 Neukirchen-Vluyn bezogen werden. Weitere Bezugsquellen sind von der Gütegemeinschaft Kulissenschalldämpfer e. V. (www.guete-schall.de) beziehbar.



Prof. Dr.-Ing. Anselm Goertz



Prof. Dr.-Ing. Alfred Schmitz

Anhang A: Berechnung Schalldruckpegel Station Schwabstraße

	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Lin	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	A
L_{W} Ventilator Herstellerangaben	107,0	109,0	104,0	103,0	107,0	107,0	103,0	101,0	114,9	80,8	92,9	95,4	99,8	107,0	108,2	104,0	99,9	112,2
Strömungsrauschen Rohrleitung Formel (16) VDI 2081-1, $v = 15$ m/s, $S = 0,64$ m ²	59,6	58,9	57,5	55,2	51,7	46,8	40,8	34,0	64,5	33,4	42,8	48,9	52,0	51,7	48,0	41,8	32,9	56,9
Minderung Rohrleitung ca. 50 m (mittel) Tabelle 5 VDI 2081-1	22,5	15,0	7,5	5,0	2,5	2,5	2,5	2,5		-3,7	-1,1	-1,1	1,8	2,5	3,7	3,5	1,4	
Umlenkung 1 Tabelle 7 VDI 2081-1, mit Umlenklech, $f_0 = 101$ Hz	1,0	6,0	6,0	1,0	1,0	1,0	1,0	2,0		-25,2	-10,1	-2,6	-2,2	1,0	2,2	2,0	0,9	
Umlenkung 2 Tabelle 7 VDI 2081-1, $f_0 = 92$ Hz	1,0	6,0	6,0	1,0	1,0	1,0	1,0	2,0		-25,2	-10,1	-2,6	-2,2	1,0	2,2	2,0	0,9	
Umlenkung 3 Tabelle 7 VDI 2081-1, $f_0 = 92$ Hz	1,0	6,0	6,0	1,0	1,0	1,0	1,0	2,0		-25,2	-10,1	-2,6	-2,2	1,0	2,2	2,0	0,9	
Umlenkung 4 Tabelle 7 VDI 2081-1, $f_0 = 212$ Hz	0,0	1,0	6,0	6,0	1,0	1,0	1,0	1,0		-26,2	-15,1	-2,6	2,8	1,0	2,2	2,0	-0,1	
Querschnittsprung 1, $r = 0,3$, $f_0 = 123$ Hz Bild 26 VDI 2081-1	1,4	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		-24,8	-14,7	-8,6	-3,2	0,0	1,2	1,0	-1,1	
Querschnittsprung 2, $r = 1,8$ Bild 26 VDI 2081-1	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4		-25,8	-15,7	-8,2	-2,8	0,4	1,6	1,4	-0,7	
Aufspaltung 2 Kanäle Formel (35) VDI 2081-1	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0		-23,2	-13,1	-5,6	-0,2	3,0	4,2	4,0	1,9	
Ausslass Strömungsrauschen, Formel (19) VDI 2081-1, $\xi = 2,3$; $v = 15$ m/s, $S = 0,4$ m ²	76,8	78,8	78,8	78,8	77,8	73,8	63,8	53,8	85,6	50,6	62,7	70,2	75,6	77,8	75,0	64,8	52,7	81,6
Mündungsreflexion Bild 28 VDI 2081-1, $S = 0,4$ m ² , $\rho = 2\pi$	6,1	2,6	0,9	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3		-20,1	-13,5	-7,7	-2,8	0,3	1,5	1,3	-0,8	
L_{W} Öffnung 1	74,7	76,1	76,2	83,1	93,9	93,9	89,8	84,8	98,1	48,5	60,0	67,6	79,9	93,9	95,1	90,8	83,7	98,6
L_{W} Öffnung 2	71,7	73,1	73,2	80,1	90,9	90,9	86,8	81,8	95,1	45,5	57,0	64,6	76,9	90,9	92,1	87,8	80,7	95,6
L_{W} Öffnung 3	68,7	70,1	70,2	77,1	87,9	87,9	83,8	78,8	92,1	42,5	54,0	61,6	73,9	87,9	89,1	84,8	77,7	92,6
L_{W} Öffnung 4	65,7	67,1	67,2	74,1	84,9	84,9	80,8	75,8	89,1	39,5	51,0	58,6	70,9	84,9	86,1	81,8	74,7	89,6
L_{W} Öffnung 5	62,7	64,1	64,2	71,1	81,9	81,9	77,8	72,8	86,1	36,5	48,0	55,6	67,9	81,9	83,1	78,8	71,7	86,6
L_{W} Öffnung 6	59,7	61,1	61,2	68,1	78,9	78,9	74,8	69,8	83,1	33,5	45,0	52,6	64,9	78,9	80,1	75,8	68,7	83,6
L_{W} Öffnung 7	56,7	58,1	58,2	65,1	75,9	75,9	71,8	66,8	80,1	30,5	42,0	49,6	61,9	75,9	77,1	72,8	65,7	80,6
L_{W} Öffnung 8	53,7	55,1	55,2	62,1	72,9	72,9	68,8	63,8	77,1	27,5	39,0	46,6	58,9	72,9	74,1	69,8	62,7	77,6
L_{W} Öffnung 9	50,7	52,1	52,2	59,1	69,9	69,9	65,8	60,8	74,1	24,5	36,0	43,6	55,9	69,9	71,1	66,8	59,7	74,6
L_{W} Öffnung 10	47,7	49,1	49,2	56,1	66,9	66,9	62,8	57,8	71,1	21,5	33,0	40,6	52,9	66,9	68,1	63,8	56,7	71,6
L_{W} Öffnungen gesamt (beide Seiten)	83,8	85,1	85,2	92,1	102,9	102,9	98,8	93,8	107,1	57,6	69,0	76,6	88,9	102,9	104,1	99,8	92,7	107,6
T in sek aus Messungen	2,0	1,6	2,0	1,9	1,7	1,5	1,1	0,6		-24,2	-14,5	-6,6	-1,3	1,7	2,7	2,1	-0,5	
mittlerer Schalldruckpegel L_p Bahnsteig ohne Schalldämpfer	56,8	57,2	58,1	64,9	75,3	74,7	69,1	61,5	78,9	30,6	41,1	49,5	61,7	75,3	75,9	70,1	60,4	79,3
Einfügungsdämpfung Schalldämpfer L = 500 mm, B = 1.600 mm, H = 900 mm, Kulissendicke 100 mm, Spaltbreite 100 mm	3,0	4,0	5,0	8,0	13,0	15,0	11,0	8,0		-23,2	-12,1	-3,6	4,8	13,0	16,2	12,0	6,9	
L_{W} zus. Strömungsrauschen durch Schalldämpfer	75,0	72,0	67,0	63,0	58,0	54,0	50,0	47,0	77,4	48,8	55,9	58,4	59,8	58,0	55,2	51,0	45,9	65,1
mittlerer Schalldruckpegel L_p Bahnsteig mit Schalldämpfer	53,8	53,2	53,1	56,9	62,3	59,7	58,1	53,5	66,7	27,6	37,1	44,5	53,7	62,3	60,9	59,1	52,4	66,2

Anhang B: Berechnung Schalldruckpegel Station Stadtmittel

	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Lin	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	A
L _W Ventilator Herstellerangaben	123,6	124,5	123,5	119,6	114,4	109,7	103,9	99,5	129,4	97,4	108,4	114,9	116,4	114,4	110,9	104,9	98,4	121,0
Strömungsrauschen Rohrleitung Formel (16) VDI 2081-1, v = 15 m/s, S = 0,64 m ²	59,6	58,9	57,5	55,2	51,7	46,8	40,8	34,0	64,5	33,4	42,8	48,9	52,0	51,7	48,0	41,8	32,9	56,9
Minderung Rohrleitung ca. 50 m (mittel) Tabelle 5 VDI 2081-1	22,5	15,0	7,5	5,0	2,5	2,5	2,5	2,5		-3,7	-1,1	-1,1	1,8	2,5	3,7	3,5	1,4	
Umlenkung 1 Tabelle 7 VDI 2081-1, mit Umlenklech, f _G = 68 Hz	6,0	6,0	1,0	1,0	1,0	1,0	2,0	2,0		-20,2	-10,1	-7,6	-2,2	1,0	2,2	3,0	0,9	
Umlenkung 2 Tabelle 7 VDI 2081-1, f _G = 106 Hz	1,0	6,0	6,0	1,0	1,0	1,0	1,0	2,0		-25,2	-10,1	-2,6	-2,2	1,0	2,2	2,0	0,9	
Umlenkung 3 Tabelle 7 VDI 2081-1, f _G = 106 Hz	1,0	6,0	6,0	1,0	1,0	1,0	1,0	2,0		-25,2	-10,1	-2,6	-2,2	1,0	2,2	2,0	0,9	
Umlenkung 4 Tabelle 7 VDI 2081-1, f _G = 212 Hz	0,0	1,0	6,0	6,0	1,0	1,0	1,0	1,0		-26,2	-15,1	-2,6	2,8	1,0	2,2	2,0	-0,1	
Querschnittsprung 1, r = 0,6, f _G = 111 Hz Bild 26 VDI 2081-1	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		-25,9	-16,1	-8,6	-3,2	0,0	1,2	1,0	-1,1	
Aufsplittung 2 Kanäle Formel (35) VDI 2081-1	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0		-23,2	-13,1	-5,6	-0,2	3,0	4,2	4,0	1,9	
Auslass Strömungsrauschen, Formel (19) VDI 2081-1, ξ = 2,3; v = 15 m/s, S = 0,4 m ²	76,8	78,8	78,8	78,8	77,8	73,8	63,8	53,8	85,6	50,6	62,7	70,2	75,6	77,8	75,0	64,8	52,7	81,6
Mündungsreflexion Bild 28 VDI 2081-1, S = 0,4 m ² , Ω = 2 π	6,1	2,6	0,9	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3		-20,1	-13,5	-7,7	-2,8	0,3	1,5	1,3	-0,8	
L _W Öffnung 1	81,5	82,9	90,3	99,2	101,6	96,9	90,1	83,7	104,9	55,3	66,8	81,7	96,0	101,6	98,1	91,1	82,6	104,3
L _W Öffnung 2	78,5	79,9	87,3	96,2	98,6	93,9	87,1	80,7	101,9	52,3	63,8	78,7	93,0	98,6	95,1	88,1	79,6	101,3
L _W Öffnung 3	75,5	76,9	84,3	93,2	95,6	90,9	84,1	77,7	98,9	49,3	60,8	75,7	90,0	95,6	92,1	85,1	76,6	98,3
L _W Öffnung 4	72,5	73,9	81,3	90,2	92,6	87,9	81,1	74,7	95,9	46,3	57,8	72,7	87,0	92,6	89,1	82,1	73,6	95,3
L _W Öffnung 5	69,5	70,9	78,3	87,2	89,6	84,9	78,1	71,7	92,9	43,3	54,8	69,7	84,0	89,6	86,1	79,1	70,6	92,3
L _W Öffnung 6	66,5	67,9	75,3	84,2	86,6	81,9	75,1	68,7	89,9	40,3	51,8	66,7	81,0	86,6	83,1	76,1	67,6	89,3
L _W Öffnung 7	63,5	64,9	72,3	81,2	83,6	78,9	72,1	65,7	86,9	37,3	48,8	63,7	78,0	83,6	80,1	73,1	64,6	86,3
L _W Öffnung 8	60,5	61,9	69,3	78,2	80,6	75,9	69,1	62,7	83,9	34,3	45,8	60,7	75,0	80,6	77,1	70,1	61,6	83,3
L _W Öffnung 9	57,5	58,9	66,3	75,2	77,6	72,9	66,1	59,7	80,9	31,3	42,8	57,7	72,0	77,6	74,1	67,1	58,6	80,3
L _W Öffnung 10	54,5	55,9	63,3	72,2	74,6	69,9	63,1	56,7	77,9	28,3	39,8	54,7	69,0	74,6	71,1	64,1	55,6	77,3
L _W Öffnungen gesamt (beide Seiten)	90,5	91,9	99,3	108,3	110,7	106,0	99,1	92,7	113,9	64,3	75,8	90,7	105,1	110,7	107,2	100,1	91,6	113,3
T in sek aus Messungen	2,0	1,6	1,7	1,8	1,6	1,4	1,0	0,6		-24,2	-14,5	-6,9	-1,4	1,6	2,6	2,0	-0,5	
mittlerer Schalldruckpegel L_p Bahnsteig ohne Schalldämpfer	64,2	64,5	72,2	81,4	83,5	78,2	69,8	61,2	86,6	38,0	48,5	63,6	78,2	83,5	79,4	70,8	60,1	85,9
Einfügungsdämpfung Schalldämpfer L = 1000 mm, B = 1.600 mm, H = 900 mm, Kulissendicke 100 mm, Spaltbreite 100 mm	3,0	8,0	9,0	13,0	21,0	21,0	15,0	11,0		-23,2	-8,1	0,4	9,8	21,0	22,2	16,0	9,9	
L _W zus. Strömungsrauschen durch Schalldämpfer	75,0	72,0	67,0	63,0	58,0	54,0	50,0	47,0	77,4	48,8	55,9	58,4	59,8	58,0	55,2	51,0	45,9	65,1
mittlerer Schalldruckpegel L_p Bahnsteig mit Schalldämpfer	61,2	56,5	63,2	68,4	62,5	57,2	54,8	50,2	71,3	35,0	40,5	54,6	65,2	62,5	58,4	55,8	49,1	68,1