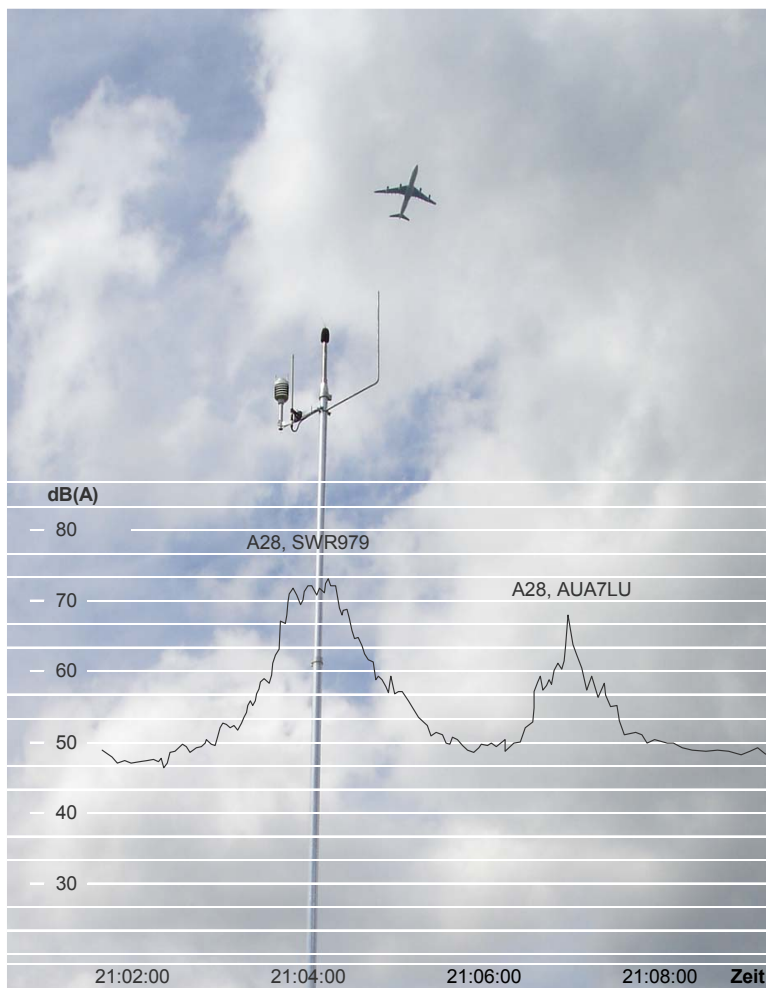


Fluglärm-Monitoring Aargau

Erläuterungen zum Monatsbericht



Auftraggeber: Departement Bau, Verkehr und Umwelt
Generalsekretariat
Entfelderstrasse 22
5001 Aarau

Telefon 062 835 32 05
Fax 062 835 32 09
E-Mail [bvum@ag.ch](mailto:bvu@ag.ch)

Projektleitung: Sinus Engineering AG
Konstanzerstrasse 19
8274 Tägerwilen

Telefon 071 – 666 49 49
Fax 071 – 666 40 01

Internet www.sinusag.ch
Email info@sinusag.ch

SQS-Zertifikat ISO 9001

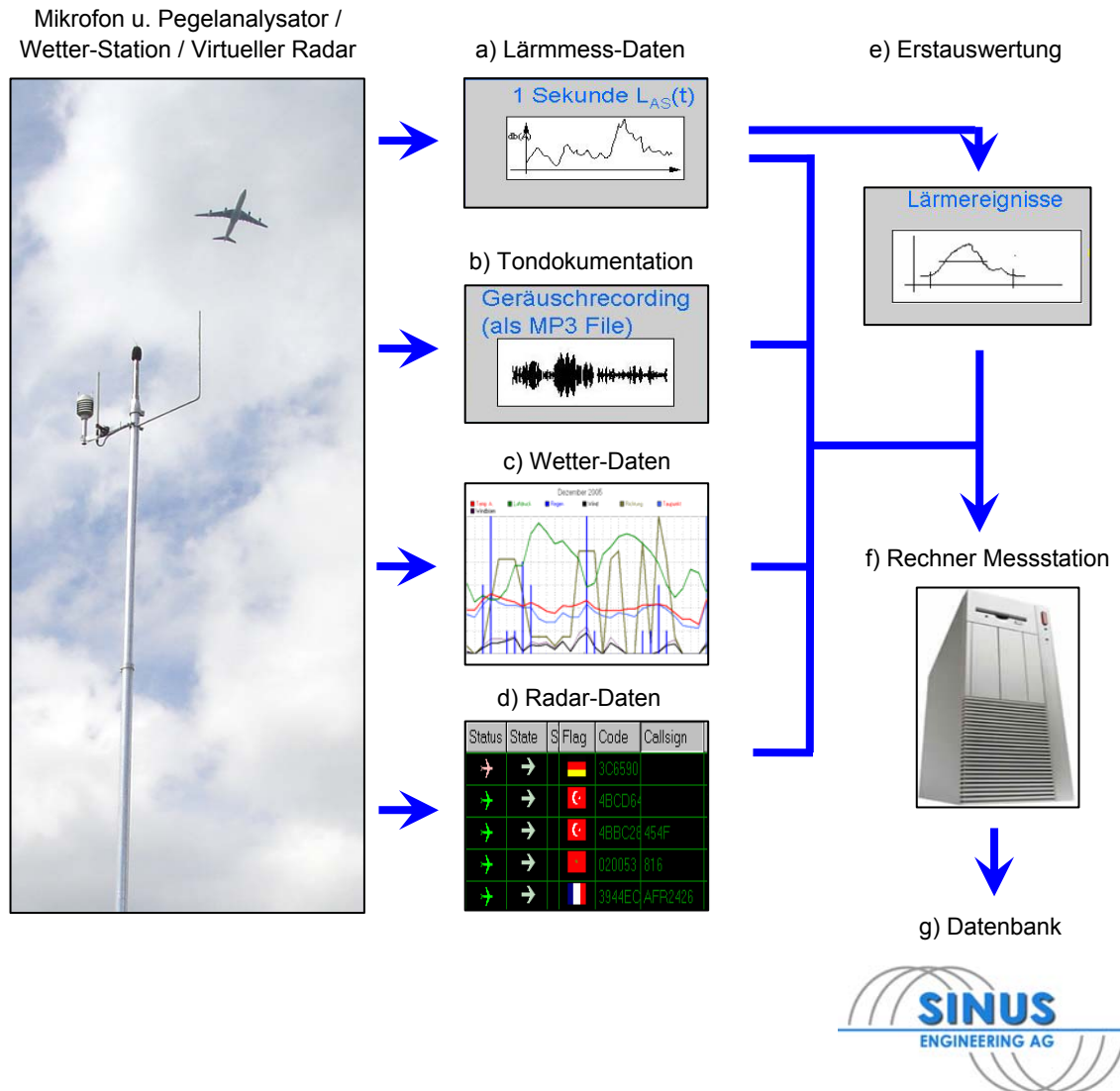
Auftrag-Nr.: 08.610

Inhaltsverzeichnis

1	Methodik der Fluglärmmessung	1
1.1	Datenerfassung / Erstauswertung / Datenablage	1
1.2	Fluglärmzuordnung und Plausibilitätskontrolle	3
2	Mittelungspegel Leq	4
2.1	Schalldruckpegel L _{AS}	4
2.2	Äquivalenter Dauerschallpegel Leq	5
3	Belastungsgrenzwerte für den Lärm von zivilen Flugplätzen	6
3.1	Belastungsgrenzwerte gemäss Anhang 5 Lärmschutz-Verordnung	6
3.2	Ermittlung Beurteilungspegel L _r (Anhang 5 LSV)	6
3.3	Massgeblicher Flugbetrieb (Anhang 5 LSV)	7
4	Meteo-Daten	7
5	Glossar	8

1 Methodik der Fluglärmmessung

1.1 Datenerfassung / Erstauswertung / Datenablage



a) Lärmmess-Daten

Mit dem Schallpegelanalysator SA 118 wird kontinuierlich jede Sekunde ein Messwert aufgezeichnet. Messgrösse für die Stärke des Flugzeuggeräusches ist der mit der Frequenzbewertung A und der Zeitbewertung S (Slow) gemessene Schalldruckpegel L_{AS} in Abhängigkeit von der Zeit.

b) Tondokumentation

Werden bestimmte Erkennungskriterien erfüllt (vgl. „Erstauswertung“ e), wird automatisch zu dem erkannten Lärmereignis ein Tondokument (vgl. i) erzeugt und archiviert. Durch Abhören dieser Audiodateien kann eine 100%ige Unterscheidung zwischen Fluglärm und Fremdlärm getroffen werden.

c) Wetter-Daten

Die Wetter-Station (WXT 150, Vaisala) erfasst Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Niederschlagsmengen, Luftdruck, Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit. Mit diesen Daten können Fluglärmereignisse, die durch extreme Windverhältnisse gestört wurden, erkannt werden (vgl. „Windbeeinflussung j).

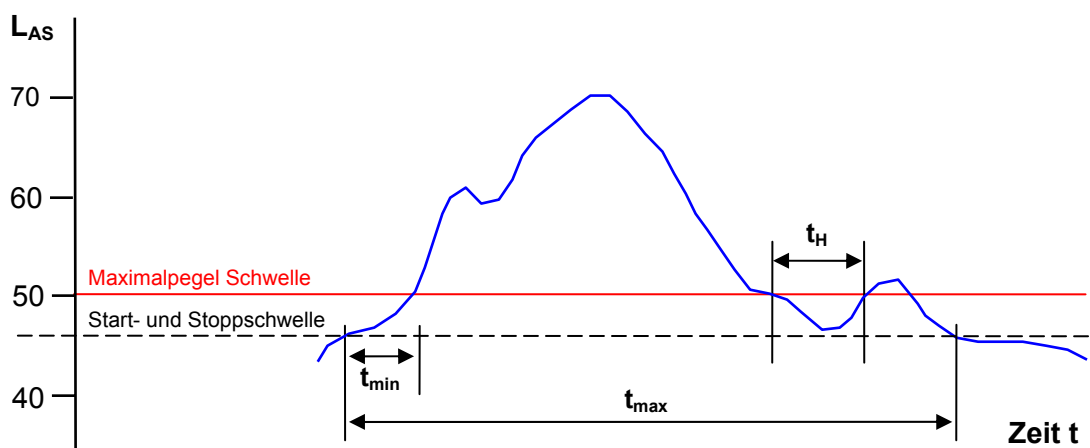
d) Radar-Daten (Transponder-Daten)

Das virtuelle Radar (SBS 1) empfängt die sekundlich gesendeten Transponder-Signale der Verkehrsflugzeuge. Das Gerät registriert sämtliche Daten die ein Flugzeug-Transponder sendet. Dabei handelt es sich unter anderem um X/Y/Z-Koordinaten, Flugnummer, Fluggesellschaft.

e) Erstauswertung

Neben den Flugzeuggeräuschen treten an der Messstelle auch eine Vielzahl von Fremdgeräuschen auf (landwirtschaftliche Fahrzeuge, Motorfahrzeuge, Rasenmäher, spielende Kinder usw.). Um die Fluglärmgeräusche von anderen Geräuschen trennen zu können, kommen für die Erstauswertung Erkennungskriterien der DIN 45643 zur Anwendung. Der Schallpegel eines Fluglärmereignisses muss eine bestimmte Maximalpegelschwelle - die Einstellung ist abhängig von der vorhandenen Fremdgeräuschsituation - für eine Mindestdauer überschreiten. Tritt dies ein, so gilt das Geräusch als mögliches Fluglärmereignis, die akustischen Kenndaten werden abgelegt und es wird zusätzlich ein Tondokument erzeugt. Die Erkennungskriterien der Messstation Bellikon (MP03) sind:

- Start- und Stoppschwelle tags = 47 dB / nachts 45 dB
- Maximalpegel Schwelle tags = 50 dB / nachts 48 dB
- Minimalzeit t_{\min} über der Startschwelle 11 Sek.
- Maximalzeit t_{\max} über der Startschwelle 150 Sek.
- Horchzeit t_H 5 Sek.



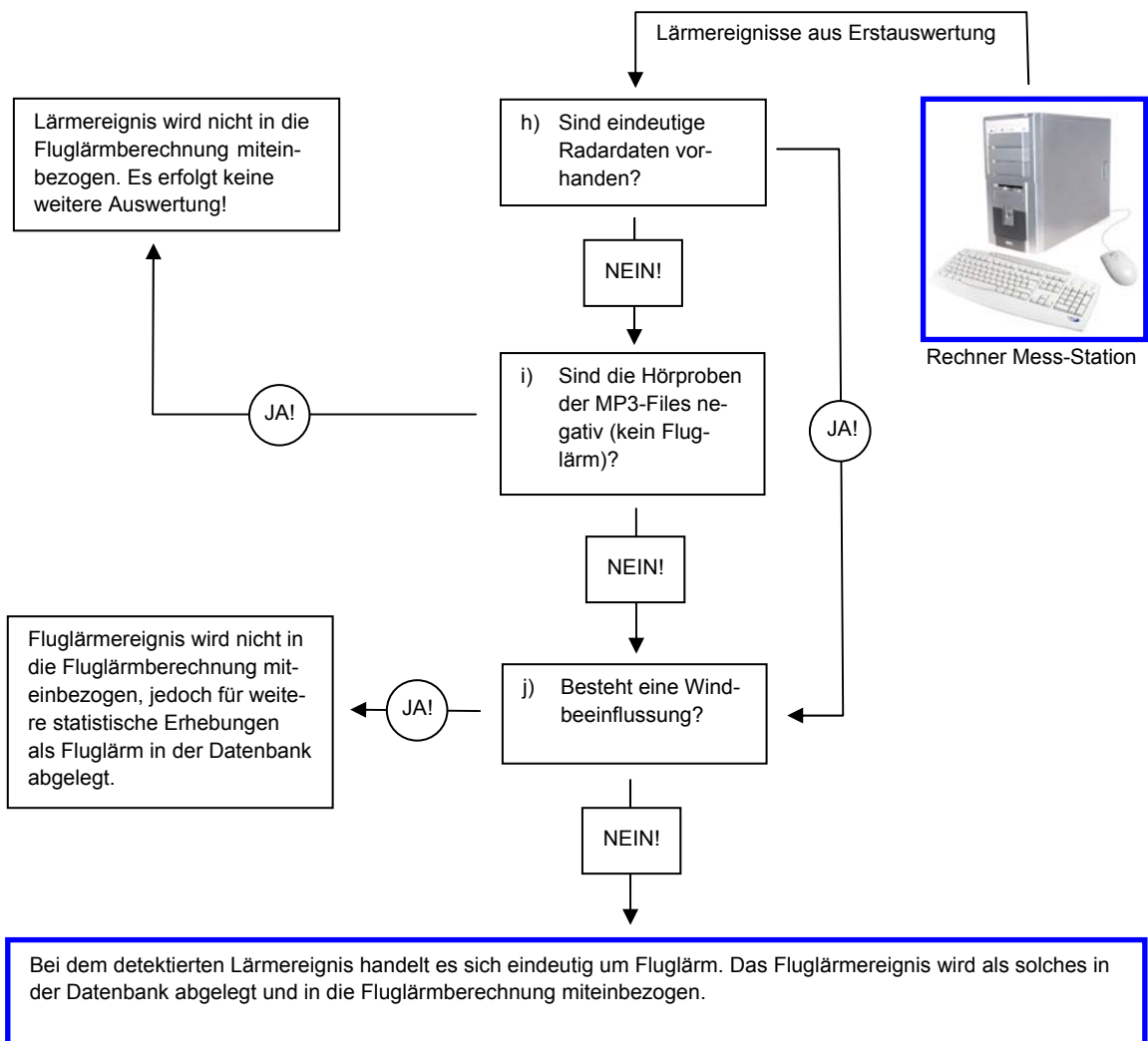
f) Rechner Messstation

Der Messstationsrechner speichert jede Sekunde die Pegel vom Schallpegel-Analysator. Zusätzlich werden die digitalisierten Originalgeräusche von erkannten Lärmereignissen, sowie sämtliche Daten der Wetterstation und des Radargeräts auf die Festplatte übertragen.

g) Datenbank

Die Daten der Messstation werden über eine ADSL-Leitung zur Sinus Engineering AG in Tägerwilien gesendet und in einer Oracle-Datenbank gespeichert und weiterverarbeitet.

1.2 Fluglärmzuordnung und Plausibilitätskontrolle



h) Automatische Zuordnung der Radar-Daten (Transponder-Daten)

Bei der automatischen Korrelation der Radar-Daten wird für jedes Fluglärmereignis analysiert, ob ein Flugzeug die Messstelle überflogen hat und die erfassten Daten mit dem Lärmereignis verknüpft.

i) Manuelle Zuordnung durch Anhören der Tondokumente (MP3)

Zu jedem erkannten, möglichen Fluglärmereignis wird ein Tondokument (MP3) erzeugt und archiviert. Beim Fehlen von Transponder-Daten erfolgt die Zuordnung Fluglärm ja oder nein in jedem Fall durch Anhören der Tondokumente. Falls es sich dabei nicht um ein Fluglärmereignis handelt oder dieses durch Störgeräusche belastet wird, kann das Lärmereignis aus der Liste der Fluglärmereignisse gestrichen werden.

j) Windbeeinflussung

Sämtliche Wetterinformationen werden mit den Lärmereignissen verknüpft und in der Datenbank abgelegt. Es wird geprüft, ob im Messzeitraum extreme Witterungsbedingungen (Windgeschwindigkeiten) herrschten. Sollte das der Fall sein, werden die unter diesen Bedingungen erhobenen Fluglärmereignisse automatisch gekennzeichnet und das Fluglärmereignis sowie der gesamte Messzeitraum aus der Statistik entfernt.

Ausfallzeit

Treten während der Messzeit in den einzelnen Beurteilungszeiträumen Störungen auf wie Zeiten mit zu heftigem Wind, technischen Störungen, Kalibrierzeit oder Ausfallzeiten durch zu viel Nachbarschaftslärm, dann wird der Beurteilungszeitraum um die Ausfallzeit gekürzt. Wenn der Beurteilungszeitraum über 50% Ausfallzeit aufweist, wird er als Ausfall gewertet.

2 Mittelungspegel L_{eq}

2.1 Schalldruckpegel L_{AS}

Die Messgrösse für die Stärke des Flugzeuggeräusches ist der mit der Frequenzbewertung A und der Zeitbewertung S (Slow) gemessene Schalldruckpegel $L_{AS}(t)$ in Abhängigkeit der Zeit t. Sein Maximalwert wird mit L_{ASmax} bezeichnet.

2.2 Äquivalenter Dauerschallpegel L_{eq}

Beim äquivalenten Dauerschallpegel (L_{eq}) wird der über eine bestimmte Zeit an einem bestimmten Ort gemessene Lärm auf ein vergleichbares Dauergeräusch umgerechnet. Der L_{eq} wird in dB(A) ausgedrückt und ist ein weltweit anerkanntes Mass. Der L_{eq} berechnet sich aus der logarithmischen Summe der Schallereignispegel L_{AX} (oder auch SEL genannt).

$$L_{eq} = 10 \cdot \lg\left(\frac{t_{ref}}{T} \cdot \sum 10^{0.1 L_{AXi}/dB}\right) \text{ dB}$$

Hierin bedeutet:

$$t_{ref} = 1 \text{ s}$$

T: zugrunde gelegtes Zeitintervall (3600 s)

L_{AX} : (Einzelereignispegel) nach ISO 3891 entspricht den über das Fluglärmereignis zeitlich gemittelten und auf die Dauer von 1s energetisch umgerechneten Schallpegel. Er wird errechnet, indem zu L_{ASmax} ein der Dauer entsprechender Zuschlag ΔL_{AX} addiert wird:

$$L_{AX} = L_{ASmax} + \Delta L_{AX}$$

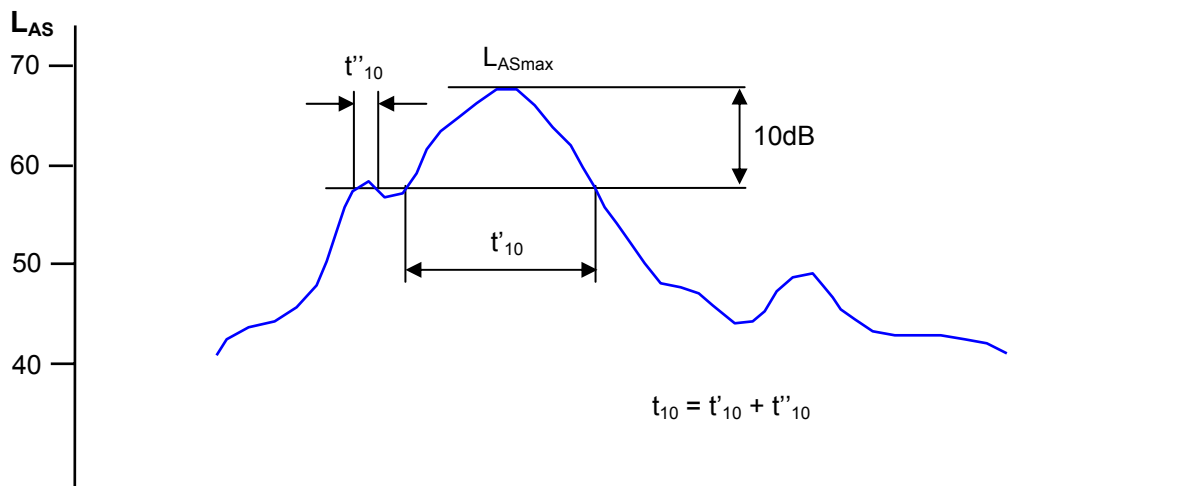
Hierin bedeutet:

$$\Delta L_{AX} = 10 \cdot \lg(t/t_{ref})$$

$$t_{ref} = 1 \text{ s}$$

$$t = 0.5 \cdot t_{10}$$

t_{10} = Messgrösse für die Dauer eines Flugzeuggeräusches ist die Zeitspanne t_{10} , während der Schalldruckpegel $L_{AS}(t)$ um nicht mehr als 10dB unter dem Schalldruckpegelmaximum L_{ASmax} des Fluglärmereignisses liegt.



3 Belastungsgrenzwerte für den Lärm von zivilen Flugplätzen

3.1 Belastungsgrenzwerte gemäss Anhang 5 Lärmschutz-Verordnung

Für den Lärm des gesamten Verkehrs auf zivilen Flugplätzen, auf denen Grossflugzeuge verkehren, gelten die nachfolgenden Belastungsgrenzwerte:

Belastungsgrenzwerte in L_{r_t} für den Tag von (06-22 Uhr)

Empfindlichkeitsstufe (Art. 43 LSV)	Planungswert L_{r_t} in dB(A)	Immissionsgrenzwert L_{r_t} in dB(A)	Alarmwert L_{r_t} in dB(A)
I.....	53	55	60
II.....	57	60	65
III.....	60	65	70
IV.....	65	70	75

Belastungsgrenzwerte in L_{r_n} für die erste (22-23 Uhr), die zweite (23-24 Uhr) und die letzte Nachtstunde (05-06 Uhr)

Empfindlichkeitsstufe (Art. 43 LSV)	Planungswert L_{r_n} in dB(A)	Immissionsgrenzwert L_{r_n} in dB(A)	Alarmwert L_{r_n} in dB(A)
I.....	43	45	55
II.....	47/50*	50/55*	60/65*
III.....	50	55	65
IV.....	55	60	70

* Die höheren Werte gelten für die erste Nachtstunde (22-23 Uhr)

3.2 Ermittlung Beurteilungspegel L_r (Anhang 5 LSV)

Der Beurteilungspegel L_r für den Lärm des Gesamtverkehrs auf zivilen Flugplätzen, auf denen Grossflugzeuge verkehren, wird für den massgeblichen Flugbetrieb getrennt für den Tag (06–22 Uhr), die erste Nachtstunde (22–23 Uhr), die zweite Nachtstunde (23–24 Uhr) und die letzte Nachtstunde (05–06 Uhr) berechnet.

Der Beurteilungspegel für den Tag L_{r_t} für den Lärm des Gesamtverkehrs auf zivilen Flugplätzen, auf denen Grossflugzeuge verkehren, wird aus den Beurteilungspegeln für Kleinluftfahrzeuge L_{r_k} und Grossflugzeuge L_{r_g} wie folgt berechnet:

$$L_{r_t} = 10 * \log (10^{0.1 * L_{r_k}} + 10^{0.1 * L_{r_g}})$$

Der Beurteilungspegel für den Tag L_{r_g} für den Lärm des Verkehrs von Grossflugzeugen ist die Summe des A-bewerteten Mittelungspegels Leq_g , der durch den Betrieb von Flugzeugen in der Zeit von 06–22 Uhr im Jahresmittel verursacht wird:

$$L_{r_g} = Leq_g$$

Der Beurteilungspegel L_{r_n} für den Lärm des Verkehrs von Grossflugzeugen für die erste, zweite und letzte Nachtstunde ist der A-bewertete Mittelungspegel Leq_n , der durch den Betrieb von Flugzeugen in der Zeit von 22–23 Uhr, 23–24 Uhr und 05–06 Uhr im Jahresmittel verursacht wird:

$$L_{r_n} = Leq_n$$

3.3 Massgeblicher Flugbetrieb (Anhang 5 LSV)

Flüge nach der zweiten Nachtstunde (23-24 Uhr) und vor der letzten Nachtstunde (05-06 Uhr) werden der zweiten Nachtstunde (23-24 Uhr) zugerechnet.

4 Meteo-Daten

Windmessung

Windgeschwindigkeit und -richtung werden mithilfe von Ultraschall erfasst. Die horizontale Anordnung von drei Ultraschall-Messwandlern in gleichen Abständen sorgt für genaue Windmessungen aus allen Richtungen ohne tote Winkel und Anzeigefehler. Der Messbereich für die Windgeschwindigkeit beträgt 0 bis 60 m/s und für die Windrichtung 0 bis 360°. Die Messgenauigkeit bei der Windgeschwindigkeit liegt bei $\pm 5\%$ und bei der Windrichtung bei $\pm 3^\circ$.

Niederschlagsmessung

Die Niederschlagsmessung erfolgt über einen Sensor, der den Aufschlag einzelner Regentropfen erfasst. Die dabei generierten Signale sind proportional zum Volumen der Tropfen. Dadurch können die Signale der einzelnen Tropfen direkt in die Gesamtregenmenge umgerechnet werden. Registriert werden die Gesamtmenge sowie Intensität und Dauer des Niederschlags. Die Messmethode gewährleistet akkurate Regenmessungen ohne die üblichen Verluste durch Überlauf, Benetzung und Verdunstung. Die Niederschlagsmessung wird in mm angegeben.

Temperatur und Feuchte

Die Temperatur wird mit einem keramischen Sensor gemessen. Der Messbereich beträgt -52 bis +60 °C. Die Feuchtemessungen basieren auf einer HUMICAP-Technologie. Der Feuchtemessbereich beträgt 0 bis 100 %rF.

5 Glossar

Alarmwert (AW)	Belastungsgrenzwert für die Beurteilung der Dringlichkeit einer Sanierung. Gemäss Umweltschutzrecht sind bei gewährten Erleichterungen und überschrittenem Alarmwert bei den bestehenden Gebäuden Schallschutzfenster einzubauen.
Belastungsgrenzwert Lr	In der Lärmschutz-Verordnung definierte Grenzwerte für die Beurteilung von Lärmimmissionen (Immissionsgrenzwert, Alarmwert und Planungswert). Diese sind differenziert für lärmempfindliche Wohnräume und lärmempfindliche Betriebsräume festgelegt. Die „Belastungsgrenzwerte für den Lärm von zivilen Flugplätzen“ sind, basierend auf lärmempfindlichen Wohnräumen, im Anhang 5 Lärmschutz-Verordnung (LSV) zu finden.
Beurteilungspegel Lr	Jahresdurchschnittliche, mittels Berechnung (oder Messung) ermittelte Lärmbelastung im Beurteilungszeitraum tags (6-22 Uhr), oder in der ersten (22-23 Uhr), zweiten (23-24Uhr) oder letzten Nachtstunde (05-06 Uhr) in dBA.
Beurteilungszeiträume	Der Beurteilungspegel Lr für den Lärm des Gesamtverkehrs auf zivilen Flugplätzen, auf denen Grossflugzeuge verkehren, wird für den massgeblichen Flugbetrieb getrennt für den Tag (06–22 Uhr), die erste Nachtstunde (22–23 Uhr), die zweite Nachtstunde (23–24 Uhr) und die letzte Nachtstunde (05–06 Uhr) berechnet. Flüge nach der zweiten Nachtstunde (23-24 Uhr) und vor der letzten Nachtstunde (05-06 Uhr) werden der zweiten Nachtstunde (23-24 Uhr) zugerechnet.
Dezibel - dB(A)	<p>Der zehnte Teil eines Bel. Ein Bel ist definiert als der dekadische Logarithmus des Verhältnisses zweier gleichartiger Grössen. Wird üblicherweise zur Messung des Schallpegels benutzt, wobei die aktuelle Schalleistung ins Verhältnis zu einer vereinbarten Bezugsschalleistung gesetzt wird.</p> <p>Abkürzung: dB.</p> <p>Rechenvorschrift: $LP = 10 * \log(P / P_0)$ in dB mit P = Schalleistung P₀ = Bezugsschalleistung (»Hörschwelle, 10-12 Watt)</p> <p>Ein Dezibel entspricht ungefähr der kleinsten wahrnehmbaren Änderung der Lautstärke, die ein Mensch empfinden kann.</p>

Schallpegel werden international als A-Pegel angegeben - dB(A). Diesem A-Pegel liegt eine Frequenzbewertung zugrunde, die an die Empfindlichkeit des menschlichen Gehörs angelehnt ist und somit auch den unterschiedlichen Klang von Geräuschen berücksichtigt. Die Messskala für dB(A) ist logarithmisch. Eine Erhöhung um 10 dB(A) entspricht etwa einer Verdoppelung der Lärmwahrnehmung.

Empfindlichkeitsstufe (ES)	Aufgrund massgebender Nutzungszone im Nutzungsplanverfahren festgelegte Lärmempfindlichkeit des lärm betroffenen Gebietes (vgl. Art. 43 LSV sowie Bau- und Zonenreglement und Zonenplan).
Frequenz-Bewertung	Die Empfindlichkeit des menschlichen Ohrs hängt von der Frequenz ab. Durch die A-Bewertungskurve wird die Frequenzabhängigkeit des Gehörs näherungsweise berücksichtigt. Tiefe und sehr hohe Töne werden bei gleichem Schalldruckpegel als weniger laut empfunden als Töne mittlerer Frequenz.
Grossflugzeug (LSV)	Als Grossflugzeug gelten Luftfahrzeuge mit einem höchstzulässigen Abfluggewicht von mehr als 8618kg (Anhang 5 LSV).
Immissionsgrenzwert (IGW)	Belastungsgrenzwert, der die Schädlichkeits- und Lästigkeitsgrenze für Lärmimmissionen definiert. Bei überschrittenem Immissionsgrenzwert (IGW) liegt eine Sanierungspflicht der ortsfesten oder der geänderten ortsfesten Anlage vor. Die Bewilligung neuer Gebäude im lärm belasteten Gebiet setzt im Bau bewilligungsverfahren ebenfalls die Einhaltung des IGW voraus.
Kleinluftfahrzeuge (LSV)	Als Kleinluftfahrzeuge gelten Luftfahrzeuge mit einem höchstzulässigen Abfluggewicht von 8618kg oder weniger (Anhang 5 LSV).
Lärm	Ein überwiegend psychologischer Begriff: Unerwünschtes (meist lautes) Geräusch. Kann zu einer Reihe von Störungen führen, bei Andauern auch zu Hörermüdung oder Hörverlust.
Lärmimmission	Einwirkender Lärm, z.B. auf ein Wohngebiet, eine Wohnung oder einen Arbeitsplatz. Hier hilft dann nur noch die passive Schalldämmung: Schallschutzfenster oder Gehörschutz.
Lärmempfinden / -messung	Mit objektiven Messverfahren allein ist nur der Schallpegel, nicht aber der Lärm zu erfassen.

Um dem Lautstärkeempfinden näherungsweise gerecht zu werden, wurde für akustische Messungen ein logarithmischer Massstab gewählt. Die Masseinheit ist das Dezibel, abgekürzt dB. Der Hörschwelle ist der Wert Null dB zugeordnet, der zehnfach stärkeren Schallintensität der Wert 10 dB, der hundertfachen 20 dB usw. Denn: Eine Verzehnfachung der Schallintensität empfindet das Gehör als Verdoppelung der Lautstärke. Die Schmerzgrenze liegt bei etwa 130 dB.

Da das Gehör zudem unterschiedlich empfindlich gegen hohe und tiefe Töne ist, wird bei der Lärmmessung zusätzlich ein genormter A-Filter eingeschaltet. Die Masseinheit wird dementsprechend dB(A) genannt.

Lärmschutz-Verordnung	Eidgenössische Lärmschutz-Verordnung (LSV) vom 15. Dezember 1986 (Stand am 5. Oktober 2004), SR 814.41.
Lärmteppich	Der Lärmteppich oder Footprint ist die Fläche am Boden, auf der bei Start oder Landung eines Flugzeugs ein bestimmter Lärmpegel erreicht bzw. überschritten wird.
Lautstärke	Das physikalische Attribut der Stärke eines Schalls. Wird meist als Schallpegel in Dezibel angegeben, mitunter auch als Schallintensität.
Lr_t / Lr_n	Massgebender Beurteilungspegel Lr im Tageszeitraum (6 bis 22 Uhr) bzw. für die erste (22 bis 23 Uhr), zweite (23 bis 24 Uhr) oder letzte Nachtstunde (5 bis 6 Uhr) in dBA.
Maximalpegel	Maximaler Wert eines Schallereignisses, auch Spitzenpegel genannt. Der Maximalpegel und die Länge eines Fluglärmerignisses gehen in die Berechnung des Schallereignispegels (SEL) ein.
Planungswert (PW)	Belastungsgrenzwert für die Beurteilung neuer ortsfester Anlagen. Zudem ist der Planungswert auch massgebend für die Einzonung neuer Bauzonen im lärmbelasteten Gebiet.
Schall(druck)pegel	Die Grösse des Schalldrucks einer Quelle X im Verhältnis zum Bezugsschalldruck p ₀ . $L = 20 \log (p_x/p_0)$. Wird in Dezibel (dB) angegeben, oft mit Frequenzbewertung [z.B. dB(A)].

Schallereignispegel	(SEL, LAX, LAE) Mit dem LAeq eng verwandter Parameter, mit dem einzelne Ereignisse erfasst werden (z.B. Fluglärm-Überflüge, Vorbeifahrten). Dabei wird die Schallenergie auf eine Zeitdauer von 1 sec normiert. Nach DIN 45643 [5] wird der L _{AX} aus dem Maximalpegel und der so genannten t ₁₀ -Zeit folgendermassen berechnet: $L_{AX} = L_{ASmax} + 10 \log (t_{10}/t_{ref}) - 3 \text{ dB} \quad (t_{ref} = 1 \text{ Sekunde})$ Unter der Ereignisdauer t ₁₀ (t ₁₀ -Zeit) eines Flugereignisses wird die Zeit verstanden, in der der sekundliche Schallpegel grösser als -10 dB des Maximalwertes ist (t ₁₀ -Zeit).
Schallgeschwindigkeit	Ausbreitungsgeschwindigkeit des Schalls, sie ist vom Medium und dessen Temperatur abhängig. Bei Normaltemperatur beträgt sie in der Luft etwa 340 m/s.
Spektrum	Angabe der Verteilung der in einem Geräusch vorliegenden Frequenzen.
Spitzenpegel	Maximal erreichter Schallpegel in einem diskontinuierlichen Geräusch, auch Maximalpegel genannt.
Umweltschutzgesetz (USG)	Bundesgesetz über den Umweltschutz, Umweltschutzgesetz (USG), vom 7.Oktober 1983, Stand am 27. November 2001 (SR 814.01).
Zeitbewertung	Um schwankende Schallpegel auf den früher üblichen Zeigerinstrumenten verfolgen zu können, wurden verschiedene Zeitkonstanten eingeführt: Fast, Slow, Impulse. In den Normen wird in der Regel vorgeschrieben, welche Zeitbewertung anzuwenden ist. Kurze Schallimpulse werden oftmals als wesentlich störender empfunden, als längere Schallereignisse. Deshalb wird bei Geräuschmessungen die Dauer der einzelnen Schallimpulse durch eine Zeitbewertung berücksichtigt. Bei der Fluglärm-messung wird die Zeitbewertung SLOW verwendet.
Zivile Flugplätze	Als zivile Flugplätze gelten die Landesflughäfen Basel, Genf und Zürich, die übrigen konzessionierten Flugplätze und Flugfelder.