

**Cercl
Air**

Schweizerische Gesellschaft der Lufthygiene-Fachleute
Société suisse des responsables de l'hygiène de l'air
Società svizzera dei responsabili della protezione dell'aria
Swiss society of air protection officers

10. Juni 2015

Empfehlung Nr. 27b

Langzeit Luftbelastungs-Index LBI

Gesamtschweizerisches Index-System zur
vereinfachten Kommunikation der Langzeit-Luftbelastung unter
Berücksichtigung der gesundheitlichen Auswirkungen

Inhaltsverzeichnis:

1. Zweck des Dokumentes.....	3
2. Langzeit-Belastungs-Index (LBI)	3
3. Berechnungsformeln LBI.....	4
3.1 Beispiele für Berechnung des LBI	5
4. Gesundheitseffekte im Zusammenhang mit dem Langzeit-Luftbelastungs-Index (LBI).....	6
5. Literatur	9
Anhang 1: Berechnungsdefinition für den LBI.....	10
Anhang 2: Farbtabelle nach RGB.....	11
Anhang 3: Graustufen bei schwarz-weiss Druckerzeugnisse	11

Cercl'Air_Empfehlung_27b_10.06.2015.docx

Überarbeitet durch die Cercl'Air-Arbeitsgruppe Air-Info:

Markus Camenzind (LHA Basel) Leitung
Richard Ballaman (BAFU)
Peter Federer (OSTLUFT)
Patrizia Frei (Krebsliga CH)
Peter Kägi (inNET Monitoring AG)
Pierre Kunz (GE)
Markus Schenk (AG)
Rolf Stampfli (SO)
Marco Steiger (TI)
Elena Strozzi, abwechselnd mit Fabian Putzing (Lungenliga CH)
Hans-Peter Tschirren (BE)

Beurteilung gesundheitliche Auswirkungen: Regula Rapp (Swiss TPH, Basel)

1. Zweck des Dokumentes

Das vorliegende Dokument liefert die fachliche Grundlage für eine **einheitliche Umsetzung** eines gesamtschweizerischen Langzeit-Luftbelastungs-Indexes LBI, welcher sich primär an den gültigen Immissionsgrenzwerten der Luftreinhalteverordnung (LRV)¹, sowie dem Wissen über die gesundheitliche Bedeutung² der einzelnen Belastungsindikatoren orientiert.

2. Langzeit-Belastungs-Index (LBI)

Der LBI wird wie der Kurzzeit-Belastungs-Index (KBI) aus den Ozon, Stickstoffdioxid und PM10 Daten berechnet. Im Gegensatz zum KBI ist hier nicht Aktualität das oberste Gebot, sondern die Charakterisierung der durchschnittlichen bzw. chronischen Belastungssituation. Der LBI wird deshalb aus Daten der letzten 12 Monate berechnet. Es wird empfohlen, dass der LBI mit validierten Daten berechnet wird.

Falls ein Schadstoff nicht vollständig gemessen wurde, können Klassenzuordnungen von Teil-Indices auch mittels robuster Schätzung ermittelt werden (siehe Anhang 1).

Die Berechnung des Langzeit-Belastungs-Indexes LBI erfolgt in zwei Schritten:

1. Bestimmung einzelner Teil-Indices für die Leitschadstoffe PM10, NO₂ und O₃

Die gemessenen Jahreswerte der einzelnen Schadstoffe werden in Relation zum entsprechenden Jahresgrenzwert (PM10, NO₂, 98Perzentilwert O₃) gesetzt. Entsprechend diesem Verhältnis wird jedem Leitschadstoff gemäss Tabelle 1 ein Einzel-Index zugeordnet:

Stufe	Beschreibung	Feinstaub PM10 (µg/m ³)	Stickstoffdioxid NO ₂ (µg/m ³)	Ozon 98Perz. O ₃ (µg/m ³)
		Relation zum Jahresgrenzwert		
6	sehr hoch	> 1.5		
5	hoch	> 1.25 - ≤ 1.5		
4	erheblich	> 1.0 - ≤ 1.25		
3	deutlich	> 0.75 - ≤ 1.0		
2	mässig	> 0.5 - ≤ 0.75		
1	gering	0 - ≤ 0.5		

Jahresgrenzwert	20	30	100
------------------------	-----------	-----------	------------

Gewichtungsfaktor	4.5	4.5	1
--------------------------	------------	------------	----------

Tabelle 1: Beurteilungsraster LBI

¹ IGW's der LRV gemäss Anhang 7 (vgl. Anhang 1: Begründung der Stufenabgrenzung)

² Anhand einer mittleren gemessenen Konzentration eines Leitschadstoffes innerhalb des Betrachtungszeitraumes (siehe Kapitel 4)

2. Bildung eines gewichteten Mittelwertes

Die einzelnen Teil-Indices gemäss Tabelle 1 werden je nach Schadstoff mit dem entsprechenden → Gewichtungsfaktor multipliziert und deren Summe durch die Summe der Gewichtungsfaktoren dividiert. Aus diesem gewichteten Mittelwert resultiert gemäss den Rundungsregeln in Tabelle 2 der Langzeit-Belastungs-Index LBI.

LBI	Belastung	gewichtetes Mittel
6	sehr hoch	> 5.5
5	hoch	> 4.5 - ≤ 5.5
4	erheblich	> 3.5 - ≤ 4.5
3	deutlich	> 2.5 - ≤ 3.5
2	mässig	> 1.5 - ≤ 2.5
1	gering	0 - ≤ 1.5

Tabelle 2: Gewichtete Mittelwerte pro Belastungskategorie

3. Berechnungsformeln LBI

Berechnung Teil-Indices der Einzelschadstoffe

$$\text{Teil-Index PM}_{10}: \quad \frac{JM(PM10)}{20} = \mathbf{x} \rightarrow \text{Klassierung nach Tabelle 1} \quad [1]$$

$$\text{Teil-Index NO}_2: \quad \frac{JM(NO2)}{30} = \mathbf{y} \rightarrow \text{Klassierung nach Tabelle 1} \quad [2]$$

$$\text{Teil-Index O}_3: \quad \frac{98\text{Perz.}(O3)}{100} = \mathbf{z} \rightarrow \text{Klassierung nach Tabelle 1} \quad [3]$$

Für die Berechnung sind die Jahresmittelwerte und der 98Perzentilwert mit einer Kommastelle zu verwenden (gemäss Messempfehlung Immissionsmessung von Luftfremdstoffen BUWAL 2004).

Bildung des gewichteten Mittelwertes

$$\text{LBI} = \frac{\sum((4.5 * x) + (4.5 * y) + (1 * z))}{10} \quad [4]$$

Legende: JM = Jahresmittelwert
 98Perz.(O₃) = Höchster O₃ 98Perzentilwert des Vorjahres (Monatswert)

3.1 Beispiele für Berechnung des LBI

Schadstoff [Einheit]	PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	NO ₂ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	O ₃ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Messwerte	25	25	165.4
Teil-Indices: (Klassierung → Tab. 1)	$25 / 20 = 1.25$ → Index 4	$25 / 30 = 0.83$ → Index 3	$165.4 / 100 = 1.65$ → Index 6
Gewichtetes Mittel (Klassierung → Tab. 1 & 2)	$(4.5 \cdot 4) + (4.5 \cdot 3) + (1 \cdot 6) = 37.5 / 10 = 3.8$ → Index 4		
LBI (verbalisiert)	Index-Stufe 4: erhebliche Luftbelastung		

Schadstoff [Einheit]	PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	NO ₂ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	O ₃ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Messwerte	13	8	171.4
Teil-Indices: (Klassierung → Tab. 1)	$13 / 20 = 0.65$ → Index 2	$8 / 30 = 0.26$ → Index 1	$171.4 / 100 = 1.71$ → Index 6
Gewichtetes Mittel (Klassierung → Tab. 1 & 2)	$(4.5 \cdot 2) + (4.5 \cdot 1) + (1 \cdot 6) = 21 / 10 = 2.1$ → Index 2		
LBI (verbalisiert)	Index-Stufe 2: mässige Luftbelastung		

4. Gesundheitseffekte im Zusammenhang mit dem Langzeit-Luftbelastungs-Index (LBI)

Seit Mitte der achtziger Jahre ist die Luftreinhaltegesetzgebung in Kraft. Seither hat sich die Luftqualität in der Schweiz dank zahlreicher konsequent vollzogener Luftreinhaltemassnahmen verbessert. Für den Menschen ist das Risiko gesunken, an Folgen der Luftverschmutzung zu erkranken oder zu sterben.

Allerdings ist aus Sicht der Volksgesundheit die Luftverschmutzung weiterhin ein bedeutendes Problem, das in der Schweiz jährlich mehrere tausend frühzeitige Todesfälle und ein Vielfaches an Krankheitsfällen fordert sowie externe, vom Verursacher nicht getragene Gesundheitskosten. Auch die Vegetation leidet unter der Luftverschmutzung. Im Gegensatz zum KBI berücksichtigt der LBI die Effekte einer chronisch erhöhten Schadstoffexposition auf die Gesundheit der Bevölkerung.

In der früheren Betrachtung wurden die indexbestimmenden Schadstoffe PM₁₀, NO₂ und Ozon nach unterschiedlich starken chronischen Auswirkungen auf die Gesundheit gewichtet (6:3:1). Bis anhin waren die gesundheitlichen Folgen vor allem für PM₁₀ und nicht für NO₂ beschrieben. Langzeitfolgen für die Gesundheit durch Ozon sind bislang nicht nachgewiesen.

Im Rahmen des Projektes HRAPIE (2014) haben sich die Voraussetzungen geändert, da neue Effektschätzer für die Langzeitwirkung NO₂ und PM₁₀ vorgeschlagen wurden, die zur Quantifizierung der Folgeschäden verwendet werden können.

Laut Hoek, G. (2013) ist die Grössenordnung des Effektes der beiden Schadstoffe PM₁₀ und NO₂ in Bezug auf die vorzeitige Sterblichkeit quasi dieselbe (0,55% ige Zunahme der vorzeitigen Sterblichkeit pro 1µg NO₂/m³ ab einer durchschnittlichen Belastung mit minimal 20 µg NO₂/m³ im Vergleich zu einer 0,45%-igen Zunahme der vorzeitigen Sterblichkeit pro 1µg/m³ PM₁₀ ohne minimale Belastungsgrenze). Aus toxikologischer und gesundheitlicher Sicht spricht nichts für die Beibehaltung der bisherigen Gewichtung der Schadstoffe im Index. Langzeitfolgen durch Ozon für die Gesundheit konnten bislang nicht nachgewiesen werden. Gegen das Weglassen von Ozon im LBI sprechen aber die nachgewiesenen Schäden beim Wald und in der Landwirtschaft.

Aufgrund dieser neuen Erkenntnisse und Überlegungen werden die indexbestimmenden Schadstoffe PM₁₀, NO₂ und O₃ im LBI neu gewichtet (4,5:4,5:1). Insgesamt verändert sich der Index dadurch nur leicht. Die neue Gewichtung der Schadstoffe führt zu leicht verbesserten Werten bei Stationstypen im Hintergrund in den Zonen ländlich und vorstädtisch und zu etwas schlechteren Werten bei den Standorten ländlich/Verkehr, vorstädtisch/Verkehr, städtisch/Verkehr, und städtisch/Hintergrund.

Ein anderer Gesichtspunkt ergibt sich, wenn man die Verteilung der Belastung mit den unterschiedlichen indexbestimmenden Schadstoffen in der Bevölkerung betrachtet. So ist der Anteil von mit Feinstaub übermässig belasteten Personen vermutlich in allen Kantonen höher als der Anteil von Personen, die mit NO₂ übermässig belastet sind. Deshalb benötigt es für die Beurteilung der Bevölkerungsexposition eine Gewichtung nach Bevölkerung. Dies wird in der Cercl'Air Empfehlung 27c beschrieben und durchgeführt.

Verbalisierungsvorschläge für den LBI:

Die Kommunikation der gesundheitlichen Auswirkungen der Langzeitbelastung soll nach dem Top-Down-Prinzip erfolgen:

- a) LBI-Gesamtindex als Indikator für die örtliche Durchschnitts-Belastung
- b) gesundheitliche Auswirkungen für die Teilindizes PM10 und NO₂

LBI-Stufe 1: "Die Luftbelastung ist gering"

Es sind keine Beeinträchtigungen der menschlichen Gesundheit zu erwarten.

LBI-Stufe 2: "Die Luftbelastung ist mässig"

Es sind kaum Beeinträchtigungen der menschlichen Gesundheit zu erwarten.

LBI-Stufe 3: "Die Luftbelastung ist deutlich"

Gesundheitliche Beschwerden können auftreten. Betroffen sind vor allem Kinder, ältere Menschen und Personen mit bereits bestehenden Lungen- und Herz-Kreislaufkrankungen.

LBI-Stufe 4: "Die Luftbelastung ist erheblich"

Gesundheitliche Beschwerden können vermehrt auftreten. Betroffen sind vor allem Kinder, ältere Menschen und Personen mit bereits bestehenden Lungen- und Herz-Kreislaufkrankungen.

LBI-Stufe 5: "Die Luftbelastung ist hoch"

Gesundheitliche Beschwerden können verbreitet auftreten. Betroffen sind vor allem Kinder, ältere Menschen und Personen mit bereits bestehenden Lungen- und Herz-Kreislaufkrankungen.

LBI-Stufe 6: "Die Luftbelastung ist sehr hoch"

Gesundheitliche Beschwerden können weit verbreitet auftreten. Betroffen sind vor allem Kinder, ältere Menschen und Personen mit bereits bestehenden Lungen- und Herz-Kreislaufkrankungen.

Auf Detaillierungsstufe b) können **für den Teilindex PM10** (im Vergleich zur Stufe 1) folgende Gesundheitsauswirkungen quantifiziert werden:

Auswirkungen bei Stufe 2 im Vergleich zu Index-Stufe 1

- ca. 4% höhere *Mortalität* (ohne Unfälle)
- ca. 10% mehr Fälle von *chron. Bronchitis* bei Erwachsenen
- ca. 6% mehr *akute Bronchitis* bei Kindern

Auswirkungen bei Stufe 3 im Vergleich zu Index-Stufe 1

- ca. 6% höhere *Mortalität* (ohne Unfälle)
- ca. 16% mehr Fälle von *chron. Bronchitis* bei Erwachsenen
- ca. 10% mehr *akute Bronchitis* bei Kindern

Auswirkungen bei Stufe 4 im Vergleich zu Index-Stufe 1

- ca. 8% höhere *Mortalität* (ohne Unfälle)
- ca. 20% mehr Fälle von *chron. Bronchitis* bei Erwachsenen
- ca. 14% mehr *akute Bronchitis* bei Kindern

Auswirkungen bei Stufe 5 im Vergleich zu Index-Stufe 1

- ca. 10% höhere *Mortalität* (ohne Unfälle)
- ca. 26% mehr Fälle von *chron. Bronchitis* bei Erwachsenen
- ca. 18% mehr *akute Bronchitis* bei Kindern

Auswirkungen bei Stufe 6 im Vergleich zu Index-Stufe 1

- mehr als 11% höhere *Mortalität* (ohne Unfälle)
- mehr als 30% mehr Fälle von *chron. Bronchitis* bei Erwachsenen
- mehr als 20% mehr *akute Bronchitis* bei Kindern

Auf Detailstufe b) können **für den Teilindex NO_2** (im Vergleich zur Stufe 1) folgende Gesundheitswirkungen quantifiziert werden:

Auswirkungen bei Stufe 2 im Vergleich zu Index-Stufe 1

- ca. 7% höhere *Mortalität* (ohne Unfälle)

Auswirkungen bei Stufe 3 im Vergleich zu Index-Stufe 1

- ca. 11% höhere *Mortalität* (ohne Unfälle)

Auswirkungen bei Stufe 4 im Vergleich zu Index-Stufe 1

- ca. 14% höhere *Mortalität* (ohne Unfälle)

Auswirkungen bei Stufe 5 im Vergleich zu Index-Stufe 1

- ca. 18% höhere *Mortalität* (ohne Unfälle)

Auswirkungen bei Stufe 6 im Vergleich zu Index-Stufe 1

- mehr als 21% höhere *Mortalität* (ohne Unfälle)

5. Literatur

- [ARE 2013] Bundesamt für Raumentwicklung (2013). Externe Gesundheitskosten durch verkehrsbedingte Luftverschmutzung in der Schweiz. <http://www.are.admin.ch/dokumentation/publikationen/00015/00557/index.html?lang=de>
- [HEIMTSA 2011] HEIMTSA 2011: D 3.1.2/3/4 – Final report on risk functions used in the case studies (<http://www.heimtsa.eu/>)
- [HOEK 2012] Hoek G, Pattenden S, Willers S et al. PM10 and children's respiratory symptoms and lung function in the PATY study. *Eur Respir J* 2012; 40(3): 538-547.
- [HRAPIE 2013] WHO Regional Office for Europe. Health risk of air pollution in Europe, Recommendations for concentration–response functions for cost–benefit analysis of particulate matter, ozone and nitrogen dioxide. WHO, Kopenhagen 2013.
- [HOEK 2013] Hoek G, Krishnan RM, Beelen R. Long-term air pollution exposure and cardio-respiratory mortality: a review. *Environ Health* 2013; 12:43.
- [Faustini 2014] Faustini A, Rapp R, Forastiere F. Nitrogen dioxide and mortality: review and meta-analysis of long-term studies. *Eur Respir J* 2014; 44(3): 744-753.

Anhang 1: Berechnungsdefinition für den LBI

A) Basisempfehlung: jährliche Nachführung¹ (Kalenderjahr)

O ₃	höchster 98 <i>Percentilwert</i> des Vorjahres
NO ₂	Jahresmittelwert des Vorjahres
PM10	Jahresmittelwert des Vorjahres (Als Alternative können für den LBI auch High volume sampler Messdaten benutzt werden)

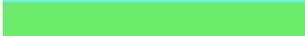
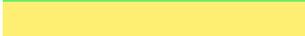
B) Variante: monatliche Aktualisierung¹ (als gleitender12-Monats-Wert)

O ₃	gleitendes 98 <i>Percentilmaximum</i> der letzten 12 Monate
NO ₂	gleitender Jahresmittelwert berechnet aus Halbstundenmittelwerten der letzten 12 Monate
PM10	gleitender Jahresmittelwert berechnet aus den Halbstundenmittelwerten der letzten 12 Monate (Als Alternative können für den LBI auch High volume sampler Messdaten benutzt werden)

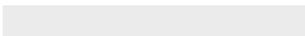
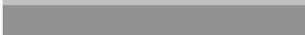
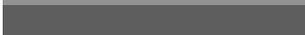
Liegen an einem Standort nicht für sämtliche Parameter Messwerte vor, welche den oben genannten Qualitätskriterien genügen, so können für die Bestimmung des NO₂-Jahresmittelwertes auch Passivsammler-Daten verwendet werden. Für PM10 kann eine robuste Schätzung des PM10-Teil-Indexes aufgrund von Stichprobenmessungen (z.B. Probenahme jedes 4. Tages), oder allenfalls auch durch Analogieschlüsse zu vergleichbaren Standorten mit PM10-Messung erfolgen.

¹ Datenvollständigkeitsregel gemäss Messempfehlung Immissionsmessung von Luftfremdstoffen BUWAL 2004

Anhang 2: Farbtabelle nach RGB

Index Stufe	Farbe	RGB Farbdefinition
1		86 249 251
2		81 245 81
3		246 244 81
4		251 183 86
5		251 101 86
6		250 87 252

Anhang 3: Graustufen bei schwarz-weiss Druckerzeugnisse

Index Stufe	s/w-Abstufung	Graustufe	Schrift
1		weiss	schwarz / normal
2		grau-10%	schwarz / normal
3		grau-30%	schwarz / normal
4		grau-50%	schwarz / normal
5		grau-70%	weiss / normal
6		schwarz	weiss /fett