

Cercle
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

1. November 2004/ V 3.3

Cercle Air Empfehlung Nr. 27

Luftbelastungs-Index

Empfehlung für ein gesamtschweizerisches
Index-System zur vereinfachten Kommunikation
der zeitlich und örtlich variablen Luftbelastung

Inhaltsverzeichnis:	Seite
1. Zweck des Dokumentes:	3
2. Definitionen	3
2.1 Kurzzeit-Luftbelastungs-Index (KBI)	3
2.2 Langzeit-Luftbelastungs-Index (LBI)	5
3. Berechnungsformeln LBI	6
3.1 Berechnungsbeispiele LBI	7
Anhang 1: Begründung der Stufenabgrenzungen KBI	8
Anhang 2: Kommentare / Empfehlungstexte KBI	10
Anhang 3: Zuordnung von Gesundheitseffekten zum KBI	12
Anhang 4: Gesundheitseffekte im Zusammenhang mit dem LBI	15
Anhang 5: Berechnungsdefinitionen KBI	17
Anhang 6: Berechnungsdefinitionen LBI	18
Literatur:	19

Erarbeitet durch die Cerc'Air-Arbeitsgruppe Luftbelastungssindex,
bestehend aus:

M. Camenzind, LHA Liestal (Leitung)
 W. Baehler, AfU Stadt Lausanne
 L. Bayer-Oglesby, ISPM Basel
 Th. Brunner, OSTLUFT
 N. Rederlechner, UGZ Zürich
 R. Stampfli, AfU Solothurn
 P. Straehl, BUWAL Bern
 Th. Zünd, InNet AG

1. Zweck des Dokumentes

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

Durch die Einführung eines Luftbelastungs-Indexes werden die Grenzwerte der LRV nicht ersetzt.

2. Definitionen

2.1 Kurzzeit-Belastungs-Index (KBI)

Der KBI wird aus kontinuierlichen Messdaten für Ozon, Stickstoffdioxid und PM10³ berechnet. Ein gültiger Index kann nur berechnet werden, wenn alle drei Schadstoffe kontinuierlich gemessen werden und die Datenvollständigkeit den BUWAL Empfehlungen entspricht. Für jeden Schadstoff pro Messstation wird der Index anhand des Beurteilungsrasters berechnet. Als Gesamt-Index wird **der Höchste** der bestimmten Indices dargestellt.

KBI	Beschreibung	Farbe	Schwebestaub PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Stickstoffdioxid NO2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Ozon O3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
6	sehr hoch	violett	>100	> 160	> 240
5	hoch	rot	76 - 100	121 - 160	181 - 240
4	erheblich	orange	51 - 75	81 - 120	121 - 180
3	mässig	gelb	21 - 50	31 - 80	101 - 120
2	gering	grün	11 - 20	11 - 30	51 - 100
1	sehr gering	blau	0 - 10	0 - 10	0 - 50

Tabelle 1: Beurteilungsraster KBI

Wie es der Name schon aussagt, dient der KBI zur aktuellen Luftbelastungs-Information. Deshalb ist es wichtig, dass die Aktualität gewährleistet wird. Die Berechnung sollte deshalb stündlich, basierend auf den neuesten Messdaten vorgenommen werden.

Falls eine stündliche Aktualisierung aus technischen Gründen nicht machbar ist, kann der KBI auch aus dem höchsten Ozon Stundenmittelwert und den Tagesmittelwerten von Stickstoffdioxid und PM10 des Vortages gebildet werden. Wenn diese Variante benutzt wird muss bei der Kommunikation angegeben werden, dass sich die Angaben auf den Vortag beziehen.

Abweichungen des oben spezifizierten Messumfangs der Schadstoffparameter sind nur dann zulässig, wenn der Nachweis erbracht wird, dass der / die fehlende(n) Parameter nicht als dominierende(r) Schadstoff(e) auftreten kann / können.

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

² Anhand der höchsten gemessenen Konzentration eines Leitschadstoffes innerhalb des Betrachtungszeitraumes (Anhang 1)

³ Die PM10-Referenzmethode (HVS) ist für den KBI weniger gut geeignet.

Beispiele:

- Mit einer Ozonmessstation auf den Jurahöhen oder in den Alpen kann, falls die Messstation mit wenigen Ausnahmen über der Nebelgrenze liegt, ohne zusätzliche NO₂ Messung ein zulässiger KBI Wert ermittelt werden. Mit Stichprobenmessungen kann der Nachweis erbracht werden, dass Ozon zumindest in der Sommersaison jederzeit der dominierende Schadstoff ist.
- In einer schlecht durchlüfteten Strassenschlucht kann mit einer Messung von Stickstoffdioxid und PM10 ein zulässiger KBI ermittelbar sein, wenn der Ozongehalt keine dominierende Rolle spielt. Mit Stichprobenmessungen kann der Nachweis erbracht werden, dass Ozon dort beispielsweise im Winterhalbjahr nicht der dominierende Schadstoff sein kann.

In allen andern Fällen darf das Resultat einer Index-Berechnung, welche der obigen Definition nicht entspricht, nicht als KBI deklariert werden, sondern ist als Teilindex des Schadstoffes X zu bezeichnen (z.B. Ozonbelastungsindex).

Details zur Berechnung siehe **Anhang 5**.

2.2. Langzeit-Belastungs-Index (LBI)

Der LBI wird wie der 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 am Standort. Der LBI wird deshalb aus Daten der letzten 12 Monate berechnet. Es wird empfohlen, dass der LBI mit bereinigten Daten berechnet wird. Dies bedeutet in der Regel, dass eine leichte Verzögerung der Kommunikation stattfindet, welche aber unkritisch ist, da LBI-Veränderungen in der Regel nicht kurzfristiger Natur sind.

Falls ein Schadstoff nicht vollständig gemessen wurde, können Klassenzuordnungen von Teil-Indices manchmal auch mittels robuster Schätzung ermittelt werden. Details zur Berechnung siehe **Anhang 6**.

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

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

Die Jahresmittelwerte der einzelnen Schadstoffe werden in Relation zum entsprechenden → **Bezugswert** (Jahresgrenzwert: PM10, NO₂; 98-Perzentilwert: Ozon) gesetzt. Entsprechend diesem Verhältnis wird jedem Leitschadstoff gemäss Tabelle 2 ein Einzelindex zugeordnet, welcher analog zum KBI die Belastungsstufen 1 bis 6 umfasst:

Stufe	Beschreibung	Farbe	Schwebe-staub PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Stickstoff-dioxid NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Ozon 98-Perz. O ₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
			Relation zum Grenzwert		
6	sehr hoch	violett	Messwert > 1.5 des Bezugswertes		
5	hoch	rot	Messwert <= 1.5 des Bezugswertes		
4	erheblich	orange	Messwert <= 1.2 des Bezugswertes		
3	mässig	gelb	Messwert <= Bezugswert		
2	gering	grün	Messwert <= 0.8 des Bezugswertes		
1	sehr gering	blau	Messwert <= 0.5 des Bezugswertes		
Bezugswert (Jahresgrenzwert)			20	30	100
Gewichtungsfaktor			6	3	1

Tabelle 2: Beurteilungsraster LBI

2. Bildung eines gewichteten Mittelwertes

Die einzelnen Teil-Indices gemäss Pt. 1 werden je nach Schadstoff mit dem entsprechenden → **Gewichtungsfaktor** multipliziert und deren Summe durch die Summe Gewichtungsfaktoren dividiert. Aus diesem gewichteten Mittelwert resultiert gemäss den Rundungsregeln in Tabelle 3 der Langzeit-Belastungs-Index LBI.

LBI	Belastung	gewichtetes Mittel	
6	sehr hoch	wenn >	5.5
5	hoch	wenn <=	5.5
4	erheblich	wenn <=	4.5
3	mässig	wenn <=	3.5
2	gering	wenn <=	2.5
1	sehr gering	wenn <=	1.5

Tabelle 3: Rundungsregeln

3. Berechnungsformeln LBI

1. Schritt: Teil-Indices der Einzelschadstoffe

$$\text{Einzelindex PM}_{10}: \quad \frac{JM(PM10)}{20} = X \rightarrow \text{Klassierung nach Tabelle 1} \quad [1]$$

$$\text{Einzelindex NO}_2: \quad \frac{JM(NO2)}{30} = Y \rightarrow \text{Klassierung nach Tabelle 1} \quad [2]$$

$$\text{Einzelindex O}_3: \quad \frac{O3 - 98 - \text{Perz.}}{100} = Z \rightarrow \text{Klassierung nach Tabelle 1} \quad [3]$$

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

2. Schritt: gewichtete Mittelung

$$\text{LBI} = \frac{\sum ((6 * \text{EinzelindexPM10}) + (3 * \text{EinzelindexNO2}) + (\text{EinzelindexO3}))}{10} \quad [4]$$

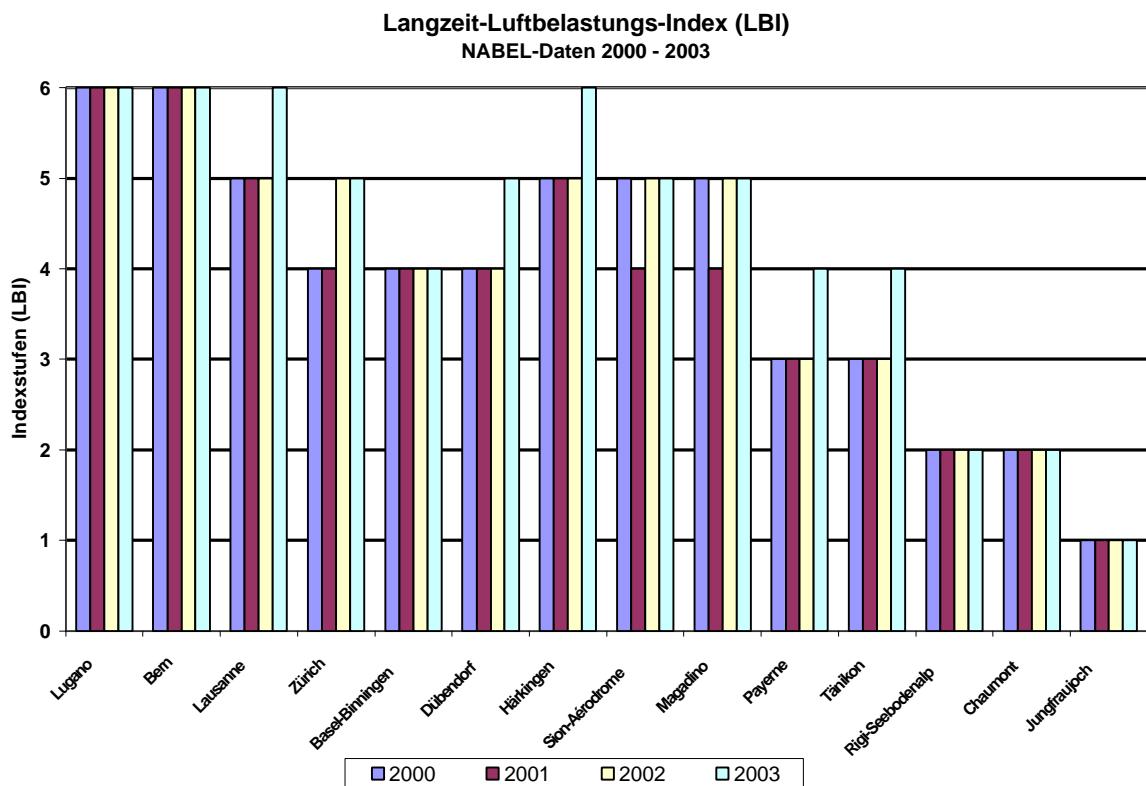
3.1 Berechnungsbeispiele LBI

→ NABEL-Station Basel 2002

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. 2)	25 / 20 = 1.25 → Index 5	25 / 30 = 0.83 → Index 3	165.4 / 100 = 1.65 → Index 6
Gewichtetes Mittel (Klassierung → Tab. 2 & 3)	$(6*5) + (3*3) + (1*6) = 45 / 10 = 4.5$ → Index 4		
LBI (verbalisiert)	Index-Stufe 4: erhebliche Luftbelastung		

→ NABEL-Station Rigi-Seebodenalp 2002

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. 2)	13 / 20 = 0.65 → Index 2	8 / 30 = 0.26 → Index 1	171.4 / 100 = 1.71 → Index 6
Gewichtetes Mittel (Klassierung → Tab. 2 & 3)	$(6*2) + (3*1) + (1*6) = 21 / 10 = 2.1$ → Index 2		
LBI (verbalisiert)	Index-Stufe 2: geringe Luftbelastung		



Grafik 1: LBI der NABEL Daten 2000 - 2003

Anhang 1:

Stufenabgrenzungen des Kurzzeit-Luftbelastungs-Indexes (KBI)

Die Stufenabgrenzungen wurden so festgelegt, dass Gesundheitsstatements und Empfehlungen begründet werden können. Die Abstufung wurde in Zusammenarbeit mit dem BUWAL und dem Institut für Sozial- und Präventivmedizin der Universität Basel (ISPM) erarbeitet.

A) Auslösender Faktor ist der Tagesmittelwert für PM10 und/oder NO₂:

KBI-Stufe 1 (sehr gering): Diese soll sehr strengen Kriterien genügen, damit das Statement „es sind keine Gesundheitsbeeinträchtigungen zu erwarten“ vertreten werden kann. Dies entspricht bei NO₂ typischen Werten in ländlichen Gebieten über 1'000 m ü.M.

Obere Grenze in µg/m³ für Stufe 1:

- PM10: ≤ 10
- NO₂: ≤ 10

➤ **KBI-Stufe 2 (gering):** Die obere Grenze der Stufe 2 entspricht den Jahresgrenzwerten gemäss der Schweizerischen Luftreinhalteverordnung (LRV). Das heisst, wenn Stufe 2 an 365 Tagen im Jahr eingehalten wird, ergibt sich ein Jahresmittelwert, der sicher unterhalb des Jahresgrenzwertes liegt. Da ein Schwellenwert wissenschaftlich nicht begründet werden kann, und um den beobachteten linearen Beziehungen zwischen Schadstoffkonzentrationen (insbesondere PM10) und Gesundheitseffekten Rechnung zu tragen, wird ein leicht abgeschwächtes Statement „Es sind kaum Gesundheitsbeeinträchtigungen zu erwarten“ vorgeschlagen.

Obere Grenzen in µg/m³ für Stufe 2:

- PM10: ≤ 20
- NO₂: ≤ 30

➤ **KBI-Stufe 3 (mässig):** Wert liegt zwischen Jahresgrenzwert und Kurzzeitgrenzwert LRV. Das heisst, wenn Stufe 3 häufig erreicht wird, kann der Jahresgrenzwert überschritten sein. Zudem bewegen wir uns in einem Konzentrationsbereich, in welchem in epidemiologischen Studien (insbesondere in Zusammenhang mit PM10) bereits Effekte beobachtet werden. Es wird vorgeschlagen, bei den Kommentaren bereits hier quantitative Gesundheitsstatements abzugeben. Dies im Sinne der kontinuierlichen Zunahme der Effekte über den ganzen Konzentrationsbereich.

Obere Grenzen in µg/m³ für Stufe 3:

- PM10: ≤ 50
- NO₂: ≤ 80

Stufen 4-6: Die Grenzen zwischen Stufe 4 und 5 sowie zwischen Stufe 5 und 6 sind linear interpoliert zwischen der Obergrenze der Stufe 3 sowie der Untergrenze der Maximalstufe 6:

- **KBI-Stufe 4 (erheblich):** > Kurzzeitgrenzwert LRV
- **KBI-Stufe 5 (hoch):** >>Kurzzeitgrenzwert LRV
- **KBI-Stufe 6 (sehr hoch):** >>>Kurzzeitgrenzwert LRV

B) Auslösender Faktor ist der Stundenmittelwert für Ozon:

- **KBI-Stufe 1:** 0 - 50 µg/m³, die obere Grenze entspricht in etwa den natürlichen Hintergrundkonzentrationen (nach BUWAL, Troposphärisches Ozon, Schriftenreihe Umwelt N°277; 1996, S.24), analog zum PM10.
- **KBI-Stufe 2:** 51 - 100 µg/m³ (Belastung unterhalb des Grenzwertes)
- **KBI-Stufe 3:** 101 - 120 µg/m³ (nahe beim Grenzwert)
- **KBI-Stufe 4:** über 120 µg/m³ sind Wirkungen bei empfindlichen Gruppen zu erwarten.
- **KBI-Stufe 5:** Belastungen ab 50% über dem LRV-Grenzwert entsprechen einer Überschreitung der Informationsschwelle wie sie von der BPUK am 9. September 2004 festgelegt wurde sowie der Praxis der EU.
Bei dieser Stufe sind Wirkungen bei der Gesamtbevölkerung zu erwarten.
- **KBI-Stufe 6:** > 240 µg/m³; mehr als 100%ige Überschreitung des LRV-Grenzwertes, entspricht dem Alarmwert der EU.

Bemerkungen zu den Kommentaren / Empfehlungstexten im Anhang 2:

Die Beschreibung der Gesundheitseffekte auf Bevölkerungsebene stützt sich auf Effektschätzer aus der Literatur. Für die Schadstoffe PM10 und Ozon wurden die kürzlich von der WHO veröffentlichten Schätzer für Kurzzeiteffekte herangezogen (WHO 2004). Dies ermöglicht es, im Internet einen direkten Link (<http://www.euro.who.int/ecehbonn>) zu diesen Grundlagen anzugeben.

Zur Quantifizierung der Effekte wurden als Referenzwerte eine PM10-Konzentration (24h) von 10 µg/m³ und eine Ozon-Konzentration (8h) von 70 µg/m³ (UNECD 2004) angenommen. Da es sehr aufwändig wäre, für die jeweils aktuellen Werte die prozentuale Zunahme der Effekte „online“ zu berechnen, wird für jede Stufe ein Rang der zu erwartenden Effekte angegeben. Um keine falsche Genauigkeit vorzutäuschen, wurden alle Werte auf ganze Zahlen gerundet.

Es wird davon ausgegangen, dass der KBI nach dem Top-Down-Prinzip nachvollziehbar mit einer zunehmender Informationsfülle zu kommunizieren ist:

- a) KBI-Gesamtindex als Indikator für die örtliche aktuelle Belastung
- b) Zugrundeliegende Teilindices der 3 Leitschadstoffe
- c) Messwerte auf denen diese basieren samt "Benchmarks" (LRV-Grenzwerte) und Stationsscharakterisierung.

Es ist sinnvoll, auf der jeweiligen Website zusätzliche Informationen zu geben, mit welchen Massnahmen die Luftschadstoffbelastung reduziert werden kann (Energie sparen, weniger Heizen, Erdgasfahren etc...) sowie sich wiederholende Textbausteine (z.B. die Verhaltensempfehlungen) als Fensterlösung zu implementieren.

Anhang 2:

Raster für Kommentare / Empfehlungstexte Kurzzeit-Luftbelastungs-Index (KBI)

Stufe	Beschreibung	Leitschadstoff	Kurz - Kommentar: (Tagespresse, SMS, WAP)	Kommentar: (Internet)
1	sehr gering	Keiner	Die momentane Luftbelastung ist vernachlässigbar.	Die momentane Luftbelastung ist sehr gering (mehr Info's...).
2	gering	Keiner	Die momentane Luftbelastung ist gering.	Die momentane Luftbelastung ist gering (mehr Info's...).
3	mäßig	PM10 21–50 und/oder NO ₂ 31–80	Die momentane Luftbelastung ist mäßig. Indexbestimmender Schadstoff: Stickstoffdioxid und/oder Feinstaub (situativ-konkret)	Die momentane Luftbelastung ist mäßig. Die Luftqualität wird vor allem durch Stickstoffdioxid und/oder Feinstaub etwas beeinträchtigt. Gesundheitliche Beschwerden können nicht ganz ausgeschlossen werden. Betroffen sind Personen mit bereits bestehenden Lungen- und Herz-Kreislauferkrankungen (mehr Info's...).
		O ₃ (101–120)	Die momentane Luftbelastung ist mäßig. Indexbestimmender Schadstoff: Ozon	Die momentane Luftbelastung ist mäßig. Die Luftqualität wird vor allem durch Ozon etwas beeinträchtigt (mehr Info's...).
4	erheblich	PM10 51–75 und/oder NO ₂ 81–120	Die momentane Luftbelastung ist erheblich. Indexbestimmender Schadstoff: Stickstoffdioxid und/oder Feinstaub (situativ-konkret)	Die momentane Luftbelastung ist erheblich. Die Luftqualität wird durch Stickstoffdioxid und/oder Feinstaub beeinträchtigt. Es können gesundheitliche Beschwerden auftreten. Betroffen sind vor allem Personen mit bereits bestehenden Lungen- und Herz-Kreislauferkrankungen (mehr Info's...). <i>Verhaltensempfehlung:</i> Tragen Sie selber zur Verbesserung der Luftqualität bei indem Sie Ihr Auto zu Hause lassen. Benutzen Sie stattdessen öffentliche Verkehrsmittel und legen Sie kürzere Strecken zu Fuß oder mit dem Velo zurück.
		O ₃ 121–180	Die momentane Luftbelastung ist erheblich. Indexbestimmender Schadstoff: Ozon	Die momentane Luftbelastung ist erheblich. Die Luftqualität wird vor allem durch Ozon beeinträchtigt Bei empfindlichen Personen besteht eine erhöhte Wahrscheinlichkeit für Schleimhautreizungen (mehr Info's...). <i>Verhaltensempfehlung</i> wie oben. <i>Schutzmöglichkeit:</i> Den höchsten Belastungen kann man ausweichen,

				wenn man körperlich anstrengende Tätigkeiten im Freien nach Möglichkeit in die Morgen- oder späten Abendstunden oder aber in den Wald verlagert.
5	hoch	PM10 76–100 und/oder NO ₂ 121–160	Die momentane Luftbelastung ist hoch. Indexbestimmender Schadstoff: Stickstoffdioxid und/oder Feinstaub (situativ-konkret)	Die momentane Luftbelastung ist hoch. Die Luftqualität wird durch Stickstoffdioxid und/oder Feinstaub beeinträchtigt. Es können vermehrt gesundheitliche Beschwerden auftreten. Personen mit bereits bestehenden Lungen- und Herz-Kreislauferkrankungen sind besonders stark betroffen (mehr Info's...). <i>Verhaltensempfehlung</i> wie oben.
		O ₃ 181–240	Die momentane Luftbelastung ist hoch. Indexbestimmender Schadstoff: Ozon	Die momentane Luftbelastung ist hoch. Die Luftqualität wird durch Ozon stark beeinträchtigt Es besteht eine erhöhte Wahrscheinlichkeit für Schleimhautreizungen (mehr Info's...) <i>Verhaltensempfehlung</i> wie oben plus Verzicht auf Zweitaktmotoren. <i>Schutzmöglichkeit</i> wie oben.
6	sehr hoch	PM10 > 100 und/oder NO ₂ > 160	Die momentane Luftbelastung ist sehr hoch. Indexbestimmender Schadstoff: Stickstoffdioxid und/oder Feinstaub (situativ-konkret)	Die momentane Luftbelastung ist sehr hoch. Die Luftqualität wird durch Stickstoffdioxid und/oder Feinstaub beeinträchtigt. Es können vermehrt gesundheitliche Beschwerden auftreten. Personen mit bereits bestehenden Lungen- und Herz-Kreislauferkrankungen sind besonders stark betroffen (mehr Info's...). <i>Verhaltensempfehlung</i> wie oben.
		O ₃ > 240	Die momentane Luftbelastung ist sehr hoch. Indexbestimmender Schadstoff: Ozon	Die momentane Luftbelastung ist sehr hoch. Die Luftqualität wird durch Ozon sehr stark beeinträchtigt. Es besteht eine stark erhöhte Wahrscheinlichkeit für Schleimhautreizungen (mehr Info's...) <i>Verhaltensempfehlung</i> wie oben plus Massnahmen gemäss BPUK. <i>Schutzmöglichkeit</i> wie oben.

Bemerkung: Der Hinweis ([mehr Info's...](#)) in der Spalte Kommentar (Internet) bedeutet, dass man an die entsprechende Stelle im Teil "Gesundheitseffekte beim Kurzzeit-Luftbelastungs-Index (KBI)" weitergeleitet wird.

Sinnvollerweise wird die Information stufenweise verdichtet (z.B. KBI=5; auslösend=Ozon; Stundenmittel 30% über IGW...)

Anhang 3:

Zuordnung von Gesundheitseffekten zum Kurzzeit-Luftbelastungs-Index (KBI)

Saubere, natürliche Luft ist lebensnotwendig für Menschen, Tiere und Pflanzen. Seit Mitte der achtziger Jahre ist die Luftreinhaltegesetzgebung in Kraft. Seither hat sich die Luftqualität in der Schweiz dank zahlreicher konsequent vollzogener Luftreinhaltemassnahmen wesentlich verbessert und das Risiko für eine Einzelperson, an den Folgen der Luftverschmutzung zu erkranken oder zu sterben, ist deutlich gesunken.

Für die Bevölkerung stellen die gesundheitlichen Auswirkungen von kurzfristig erhöhten Schadstoffbelastungen der Luft allerdings weiterhin ein relevantes Problem dar. Besonders betroffen sind empfindlich reagierende Personen, wie Kinder, ältere und kranke Menschen.

Untersuchungen in der Schweiz (SAPALDIA), in Europa und den USA, im Rahmen der UNECE Konvention von Genf über weiträumige, grenzüberschreitende Luftverunreinigung (Join Task Force on Health Aspects of LRTAP, UNECE 2004) sowie zusammenfassende Beurteilungen der Weltgesundheitsorganisation WHO (WHO 1992, WHO 2000, WHO 2003, WHO 2004) zeigen, dass mit kurzfristig steigenden Konzentrationen von Schadstoffen in der Luft, je nach Schadstoff und Einwirkungsdauer, zunehmende Effekte auftreten können.

KBI-Stufe 1: "Die Luftbelastung ist sehr gering"

Es sind keine gesundheitlichen Beeinträchtigungen zu erwarten.

KBI-Stufe 2: "Die Luftbelastung ist gering"

Es sind kaum gesundheitliche Beeinträchtigungen zu erwarten.

KBI-Stufe 3: "Die Luftbelastung ist mässig"

- **Bei den Leitschadstoffen Stickstoffdioxid u/o PM10:**

Gesundheitliche Beschwerden können nicht ausgeschlossen werden. Betroffen sind vor allem Personen mit bereits bestehenden Lungen- und Herz-Kreislauferkrankungen.

Falls der Index durch PM10 bestimmt wird, können zur Index Stufe 3 im Vergleich zu Index-Stufe 1 folgende **Wirkungen** angegeben werden [WHO 2000, WHO 2004]:

- bis zu 3% mehr *Todesfälle* (ohne Unfälle)
- bis zu 3% mehr *Spitaleintritte* wegen Atemwegserkrankungen
- 4 - 13% mehr *Krankheitssymptome* der unteren Atemwege
- Asthmatischen sind 3-12% häufiger auf Asthmamedikamente angewiesen

- **Beim Leitschadstoff Ozon:**

Es sind kaum gesundheitliche Beeinträchtigungen zu erwarten.

Falls der Index durch Ozon bestimmt wird, können zur Index Stufe 3 im Vergleich zu Index-Stufe 1 folgende **Wirkungen** angegeben werden [WHO 2004]:

- bis zu 1% mehr *Todesfälle* (ohne Unfälle)
- bis zu 1% mehr *Spitaleintritte* wegen Atemwegserkrankungen

KBI-Stufe 4: "Die Luftbelastung ist erheblich"

- **Bei den Leitschadstoffen Stickstoffdioxid u/o PM10:**

Es können gesundheitliche Beschwerden auftreten. Betroffen sind vor allem Personen mit bereits bestehenden Lungen- und Herz-Kreislauferkrankungen.

Falls der Index durch PM10 bestimmt wird, können zur Index Stufe 4 im Vergleich zu Index-Stufe 1 folgende **Wirkungen** angegeben werden [WHO 2000, WHO 2004]:

- 3 - 5% mehr *Todesfälle* (ohne Unfälle)
- 3 - 5% mehr *Spitaleintritte* wegen Atemwegserkrankungen
- 13 - 21% mehr *Krankheitssymptome* der unteren Atemwege
- Asthmatiker sind 13 - 20% häufiger auf Asthmamedikamente angewiesen

- **Beim Leitschadstoff Ozon:**

Bei starker körperlicher Anstrengung im Freien ist bei 5 – 10% der Bevölkerung eine Beeinträchtigung der Lungenfunktion zu erwarten. Bei empfindlichen Personen besteht eine erhöhte Wahrscheinlichkeit für Schleimhautreizungen [WHO 1992].

Verlegen Sie starke körperliche Anstrengungen und Ausdauersport im Freien auf den Morgen oder späten Abend, wenn tiefere Ozonwerte zu erwarten sind, oder in den Wald.

Falls der Index durch Ozon bestimmt wird, können zur Index Stufe 4 im Vergleich zu Index-Stufe 1 folgende **Wirkungen** angegeben werden [WHO 2004]:

- 1 - 3% mehr *Todesfälle* (ohne Unfälle)
- 1 - 3% mehr *Spitaleintritte* wegen Atemwegserkrankungen

KBI-Stufe 5: "Die Luftbelastung ist hoch"

- **Bei den Leitschadstoffen Stickstoffdioxid u/o PM10:**

Es können vermehrt gesundheitliche Beschwerden auftreten. Personen mit bereits bestehenden Lungen- und Herz-Kreislauferkrankungen sind besonders stark von der schlechten Luftqualität betroffen.

Falls der Index durch PM10 bestimmt wird, können zur Index Stufe 5 im Vergleich zu Index-Stufe 1 folgende **Wirkungen** angegeben werden [WHO 2000, WHO 2004]:

- 5 - 7% mehr *Todesfälle* (ohne Unfälle)
- 5 - 7% mehr *Spitaleintritte* wegen Atemwegserkrankungen
- 21 - 29% mehr *Krankheitssymptome* der unteren Atemwege
- Asthmatiker sind 20 - 27% häufiger auf Asthmamedikamente angewiesen

- **Beim Leitschadstoff Ozon:**

Bei starker körperlicher Anstrengung im Freien ist bei 15 – 30% der Bevölkerung eine Beeinträchtigung der Lungenfunktion zu erwarten. Es besteht eine erhöhte Wahrscheinlichkeit für Schleimhautreizungen [WHO 1992].

Verlegen Sie starke körperliche Anstrengungen und Ausdauersport im Freien auf den Morgen oder späten Abend, wenn tiefere Ozonwerte zu erwarten sind, oder in den Wald.

Falls der Index durch Ozon bestimmt wird, können zur Index Stufe 5 im Vergleich zu Index-Stufe 1 folgende **Wirkungen** angegeben werden [WHO 2004]:

- 3 - 5% mehr *Todesfälle* (ohne Unfälle)
- 3 - 5% mehr *Spitaleintritte* wegen Atemwegserkrankungen

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

- **Bei den Leitschadstoffen Stickstoffdioxid u/o PM10:**

Verbreitetere gesundheitliche Beschwerden sind zu erwarten. Personen mit bereits bestehenden Lungen- und Herz-Kreislauferkrankungen sind besonders stark von der schlechten Luftqualität betroffen.

Falls der Index durch PM10 bestimmt wird, können zur Index Stufe 6 im Vergleich zu Index-Stufe 1 folgende **Wirkungen** angegeben werden [WHO 2000, WHO 2004]:

- mehr als 7% zusätzliche *Todesfälle* (ohne Unfälle)
- mehr als 7% zusätzliche *Spitaleintritte* wegen Atemwegserkrankungen
- ca. 29% mehr *Krankheitssymptome* der unteren Atemwege
- Astmatiker sind ca. 28% häufiger auf Asthmamedikamente angewiesen

- **Beim Leitschadstoff Ozon:**

Bei starker körperlicher Anstrengung im Freien ist bei 25 – 35% der Bevölkerung eine Beeinträchtigung der Lungenfunktion zu erwarten. Es besteht eine stark erhöhte Wahrscheinlichkeit für Schleimhautreizungen [WHO 1992].

Verlegen Sie starke körperliche Anstrengungen und Ausdauersport im Freien auf den Morgen oder späten Abend, wenn tiefere Ozonwerte zu erwarten sind, oder in den Wald.

Falls der Index durch Ozon bestimmt wird, können zur Index Stufe 6 im Vergleich zu Index-Stufe 1 folgende **Wirkungen** angegeben werden [WHO 2004]:

- mehr als 5% zusätzliche *Todesfälle* (ohne Unfälle)
- mehr als 5% zusätzliche *Spitaleintritte* wegen Atemwegserkrankungen

Anhang 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 Todesfälle und ein Vielfaches an Krankheitsfällen fordert sowie externe, vom Verursacher nicht getragene Gesundheitskosten von rund 6 Milliarden Franken jährlich verursacht. 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.

Untersuchungen in der Schweiz (SAPALDIA und SCARPOL), in der EU (im Rahmen der Strategie Clean Air for Europe CAFE) sowie zusammenfassende Beurteilungen der Weltgesundheitsorganisation WHO (WHO 2000, WHO 2003) zeigen, dass mit steigenden Konzentrationen von Schadstoffen in der Luft am Wohnort der betroffenen Personen zunehmend chronische Effekte auftreten.

Der LBI ist ein Mischindex. Die indexbestimmenden Schadstoffe PM10, NO₂ und Ozon werden auf Grund ihrer unterschiedlich starken chronischen Wirkungen gewichtet (6:3:1). Werden die kumulativen Wirkungen während eines Jahres von Ozon auf die Gesundheit (Mortalität, Spitäleintritte, chronische Bronchitis) mit den Wirkungen von PM10/NO₂ verglichen, so können etwa 10% der gesamten Wirkungen dem Ozon zugeordnet werden. Werden die Wirkungen von PM10 und NO₂ miteinander verglichen, so zeigt sich in epidemiologischen Studien, dass die Gesundheitsauswirkungen von NO₂ in Ort und Zeit deutlich weniger konsistent sind als diejenigen von PM10. Auch in toxikologischen Studien zeigen feine Partikel in den relevanten Konzentrationen deutlich stärkere Effekte. Die Wirkung von PM10 wurde deshalb zweimal höher als diejenige von NO₂ gewichtet.

Für den LBI bestehen folgende Verbalisierungsvorstellungen:

LBI-Stufe 1: "Die Luftbelastung ist sehr gering"

Es sind keine Beeinträchtigungen der menschlichen Gesundheit zu erwarten.

LBI-Stufe 2: "Die Luftbelastung ist gering"

Es sind kaum Beeinträchtigungen der menschlichen Gesundheit zu erwarten.

LBI-Stufe 3: "Die Luftbelastung ist mässig"

Gesundheitliche Beschwerden können nicht ausgeschlossen werden. Betroffen sind vor allem Kinder, ältere Menschen und Personen mit bereits bestehenden Lungen- und Herz-Kreislauferkrankungen.

LBI-Stufe 4: "Die Luftbelastung ist erheblich"

Es treten gesundheitliche Beschwerden auf. Betroffen sind vor allem Kinder, ältere Menschen und Personen mit bereits bestehenden Lungen- und Herz-Kreislauferkrankungen.

LBI-Stufe 5: "Die Luftbelastung ist hoch"

Es treten gesundheitliche Beschwerden auf. Betroffen sind vor allem Kinder, ältere Menschen und Personen mit bereits bestehenden Lungen- und Herz-Kreislauferkrankungen.

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

Es treten gesundheitliche Beschwerden auf. Betroffen sind vor allem Kinder, ältere Menschen und Personen mit bereits bestehenden Lungen- und Herz-Kreislauferkrankungen.

Es wird davon ausgegangen, dass der LBI nach dem Top-Down-Prinzip nachvollziehbar mit einer zunehmender Informationsfülle zu kommunizieren ist.

- a) LBI-Gesamtindex als Indikator für die örtliche Durchschnitts-Belastung
- b) dafür zugrundeliegende Teilindices der 3 Leitschadstoffe samt Gewichtung
- c) Messwerte auf denen diese basieren samt "Benchmarks" (LRV-Grenzwerte) und Stationscharakterisierung

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

Auswirkungen bei Stufe 3 im Vergleich zu Index-Stufe 1

- bis zu 6% höhere Mortalität (ohne Unfälle)
- bis zu 35% mehr Fälle von akuter Bronchitis bei Kindern
- bis zu 3% mehr Asthmaanfälle bei Erwachsenen

Auswirkungen bei Stufe 4 im Vergleich zu Index-Stufe 1

- 6 - 9% höhere Mortalität (ohne Unfälle)
- 35 - 50% mehr Fälle von akuter Bronchitis bei Kindern
- 3 - 4% mehr Asthmaanfälle bei Erwachsenen

Auswirkungen bei Stufe 5 im Vergleich zu Index-Stufe 1

- 9 - 12% höhere Mortalität (ohne Unfälle)
- 50 - 70% mehr Fälle von akuter Bronchitis bei Kindern
- 4 - 6% mehr Asthmaanfälle bei Erwachsenen

Auswirkungen bei Stufe 6 im Vergleich zu Index-Stufe 1

- mehr als 12% höhere Mortalität (ohne Unfälle)
- mehr als 70% mehr Fälle von akuter Bronchitis bei Kindern
- mehr als 6% mehr Asthmaanfälle bei Erwachsenen

Anhang 5:

Berechnungsdefinition für den Kurzzeit-Luftbelastungs-Index KBI

A) Basisempfehlung: stündliche Berechnung¹

O ₃	1h-Mittelwert der letzten vollen Stunde
NO ₂	gleitender Tagesmittelwert der letzten 24h (Mittelwert der letzten 48 Halbstundenmittelwerte gemittelt ab der letzten vollen Stunde)
PM10 ²	gleitender Tagesmittelwert der letzten 24h (Mittelwert der letzten 48 Halbstundenmittelwerte gemittelt ab der letzten vollen Stunde)

B) Variante: KBI-Bestimmung¹ des jeweiligen Vortages

O ₃	höchster 1h-Mittelwert des Vortages
NO ₂	Tagesmittelwert des Vortages
PM10 ²	Tagesmittelwert des Vortages

Der KBI ist als aktuelle, automatisierte Schnellinformation gedacht (für rückwirkende, eher standortbezogene Auswertungen eignet sich der LBI). Um grobe Fehler möglichst ausschliessen zu können wird dennoch empfohlen, die Messdaten möglichst vorplausibilisiert in die Berechnung einfließen zu lassen.

Falls beispielsweise durch eine Störung, Kalibration oder ein Gerätedefekt die spezifizierten Anforderungen für die Berechnung der Einzelindices nicht erfüllt sind, so soll kein Index publiziert werden.

¹ Datenvollständigkeitsregel gemäss BUWAL Empfehlung 2004

² die kontinuierlichen Messdaten müssen den Kriterien bezüglich Vergleichbarkeit der Referenzmethode gemäss BUWAL Empfehlung entsprechen

Anhang 6:

Berechnungsdefinition für den Langzeit-Luftbelastungs-Index LBI

A) Basisempfehlung: jährliche Nachführung¹ (Kalenderjahr)

- O₃ höchster 98-Percentilwert des Vorjahres (Monatsmittelwert)
NO₂ 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 gleitender 12-Monats-Wert)

- O₃ gleitendes 98-Percentilmaximum der letzten 12 Monate
NO₂ 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 kann für den LBI auch eine Bestimmung des NO₂-Jahresmittelwertes mittels Passivsammler-Daten verwendet werden und / oder eine robuste Schätzung des PM10-Teil-Indexes erfolgen aufgrund von Stichprobenmessungen (z.B. Probenahme jedes 4. Tages), allenfalls auch durch Analogieschlüsse zu vergleichbaren Standorten mit PM10-Messung.

¹ Datenvollständigkeitsregel gemäss BUWAL Empfehlung 2004

Literatur

- [WHO 1992]: Acute Effects of Smog Episodes. WHO Regional Publications, European Series No. 43, WHO Regional Office for Europe, Copenhagen 1992.
- [WHO 2000]: WHO Air Guideline for Europe, Second Edition, WHO Regional Publications, European Series, No. 91, WHO Regional Office for Europe, Copenhagen 2000.
- [WHO 2003]: Health Aspects of Air Pollution with Particulate Matter, Ozone and Nitrogen Dioxide. Report of a WHO Working Group. Bonn Germany 13. - 15. January 2003. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen 2003.
- [WHO 2004]: Meta-analysis of time series studies of Particulate Matter (PM) and Ozone (O_3). Report of a WHO Task Group. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen 2004.
- [UNECD 2004]: Modelling and Assessment of the Health Impact of Particulate Matter and Ozone. Summary Report by Joint Task Force on Health Aspects of LRTAP of the WHO/European Centre for Environment and Health and the Executive Body for the Convention. UNECD Geneva 2004.