

# Luftschadstoffbedingte Gesundheitskosten OSTLUFT

Faktenblatt Gebiet Kanton Zürich

24. März 2024

# 1 Table of Contents

<b>2</b>	<b>Bevölkerungsexposition</b>	<b>3</b>
2.1	Feinstaub PM2.5	3
2.2	Stickstoffdioxid NO <sub>2</sub>	4
2.3	Ozon O <sub>3</sub>	6
<b>3</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>9</b>
3.1	Feinstaub PM2.5	9
3.2	Stickstoffdioxid NO <sub>2</sub>	10
3.3	Ozon O <sub>3</sub>	11
3.4	Zusammenfassung	12
<b>4</b>	<b>Nutzen der Verbesserung der Luftqualität</b>	<b>14</b>
<b>5</b>	<b>Aufteilung auf die Verursachergruppen</b>	<b>15</b>
5.1	Feinstaub PM2.5 (primär)	15
5.2	Feinstaub PM2.5 (primär und sekundär)	15
5.3	Stickstoffdioxid NO <sub>2</sub>	16

## 2 Bevölkerungsexposition

In diesem Kapitel werden die den Berechnungen zugrundeliegenden Bevölkerungsexpositionen für das Gebiet Kanton Zürich aufgezeigt.

### 2.1 Feinstaub PM2.5

Bevölkerungsexposition mit PM2.5

Belastung [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	2015	2022	Differenz
(4,6]	0	29	29
(6,8]	1'742	39'009	37'267
(8,10]	614'913	1'476'206	861'293
(10,12]	834'455	56'944	-777'511
(12,14]	7'249	24	-7'225

Die Tabelle zeigt die Bevölkerungsexposition für die Jahre 2015 und 2022 sowie die Veränderung in Anzahl Personen. Dabei bedeuten runde Klammern ein offenes Intervall (der Wert an der Klammer ist nicht eingeschlossen) und eckige Klammern ein geschlossenes Intervall (der Wert an der Klammer ist mit einbezogen).

Mittlere bevölkerungsgewichtete Belastung mit PM2.5

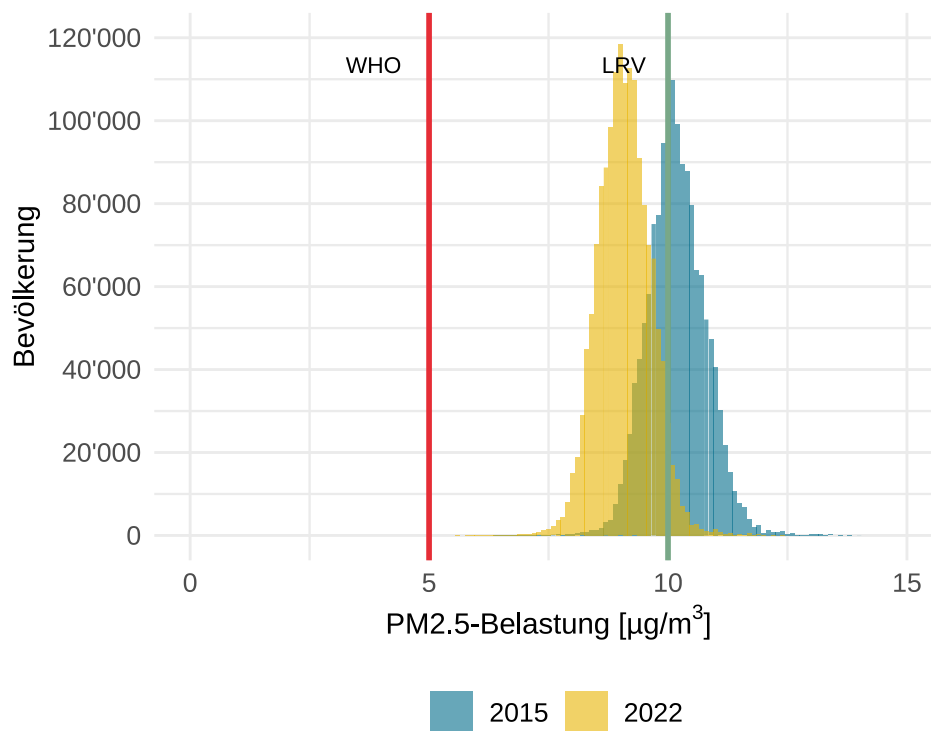
Jahr	Mittelwert	Median
2015	10.2	10.2
2022	9.1	9.1

Die Tabelle zeigt den bevölkerungsgewichteten Mittelwert bzw. Median der Belastung für die Jahre 2015 und 2022.

Bevölkerung mit Exposition unter/über dem LRV-Grenzwert und dem WHO-Richtwert

	unter LRV-Grenzwert		über LRV-Grenzwert		unter WHO-Richtwert		über WHO-Richtwert		Total
	abs.	%	abs.	%	abs.	%	abs.	%	
2015	616'655	42	841'704	58	0	0	1'458'359	100	1'458'359
2022	1'515'244	96	56'968	4	0	0	1'572'212	100	1'572'212

Die Tabelle zeigt die Anzahl Personen (absolut) und der Anteil an der gesamten Bevölkerung mit einer Exposition über und unter dem LRV-Grenzwert und dem WHO-Richtwert ermittelt auf Basis der Bevölkerungsexposition.



Die Abbildung zeigt die Bevölkerungsexposition mit PM2.5. Die rote Linie zeigt den Schwellenwert nach WHO 2021. Die grüne Linie zeigt den Grenzwert in der LRV.

## 2.2 Stickstoffdioxid NO<sub>2</sub>

### Bevölkerungsexposition mit NO<sub>2</sub>

Belastung [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	2015	2022	Differenz
(2,4]	0	3	3
(4,6]	0	467	467
(6,8]	27	6'136	6'109
(8,10]	486	83'868	83'382
(10,12]	2'885	264'616	261'731
(12,14]	11'941	458'684	446'743
(14,16]	71'255	347'473	276'218
(16,18]	123'053	230'754	107'701
(18,20]	293'484	109'933	-183'551
(20,22]	289'730	41'140	-248'590
(22,24]	239'204	17'490	-221'714
(24,26]	179'022	5'262	-173'760
(26,28]	116'490	2'785	-113'705

Belastung [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	2015	2022	Differenz
(28,30]	63'117	1'665	-61'452
(30,32]	31'501	869	-30'632
(32,34]	14'420	666	-13'754
(34,36]	9'426	317	-9'109
(36,38]	4'469	4	-4'465
(38,40]	1'914	0	-1'914
(40,42]	1'883	43	-1'840
(42,44]	1'257	0	-1'257
(44,46]	581	37	-544
(46,48]	1'083	0	-1'083
(48,50]	490	0	-490
(50,52]	457	0	-457
(52,54]	33	0	-33
(54,56]	111	0	-111
(60,62]	5	0	-5
(66,68]	35	0	-35

Die Tabelle zeigt die Bevölkerungsexposition für die Jahre 2015 und 2022 sowie die Veränderung in Anzahl Personen. Dabei bedeuten runde Klammern ein offenes Intervall (der Wert an der Klammer ist nicht eingeschlossen) und eckige Klammern ein geschlossenes Intervall (der Wert an der Klammer ist mit einbezogen).

#### Mittlere bevölkerungsgewichtete Belastung mit $\text{NO}_2$

Jahr	Mittelwert	Median
2015	22.2	21.6
2022	14.5	14.0

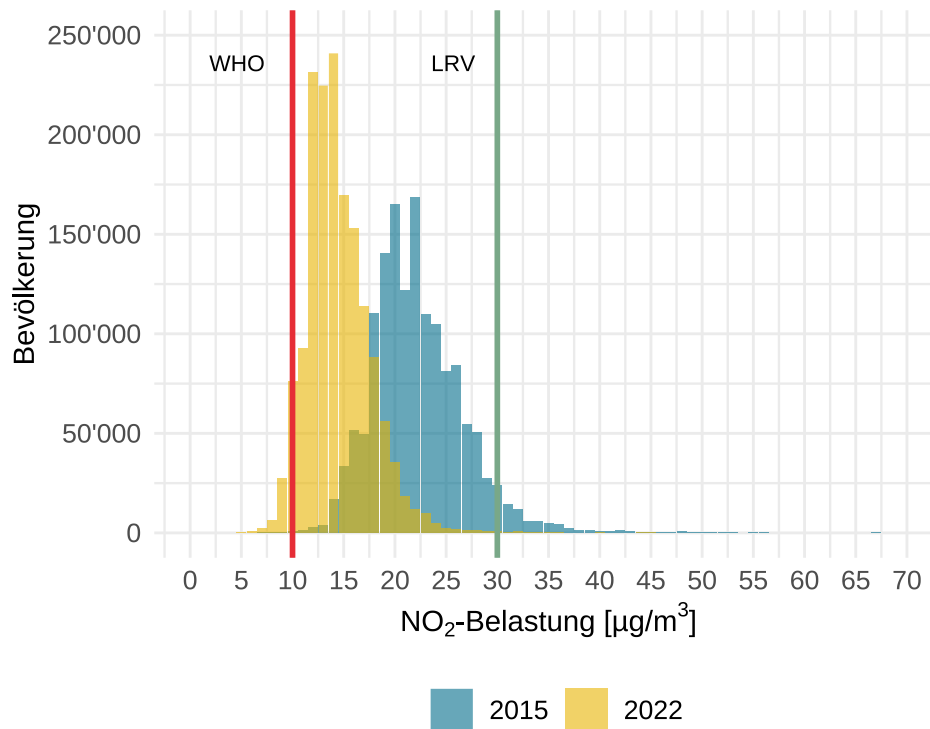
Die Tabelle zeigt den bevölkerungsgewichteten Mittelwert bzw. Median der Belastung für die Jahre 2015 und 2022.

#### Bevölkerung mit Exposition unter/über dem LRV-Grenzwert und dem WHO-Richtwert

	unter LRV-Grenzwert		über LRV-Grenzwert		unter WHO-Richtwert		über WHO-Richtwert		Total
	abs.	%	abs.	%	abs.	%	abs.	%	
2015	1'390'694	95	67'665	5	513	0	1'457'846	100	1'458'359
2022	1'570'276	100	1'936	0	90'474	6	1'481'738	94	1'572'212

unter LRV-Grenzwert		über LRV-Grenzwert		unter WHO-Richtwert		über WHO-Richtwert		Total
abs.	%	abs.	%	abs.	%	abs.	%	

Die Tabelle zeigt die Anzahl Personen (absolut) und der Anteil an der gesamten Bevölkerung mit einer Exposition über und unter dem LRV-Grenzwert und dem WHO-Richtwert ermittelt auf Basis der Bevölkerungsexposition.



Die Abbildung zeigt die Bevölkerungsexposition mit  $\text{NO}_2$ . Die rote Linie zeigt den Schwellenwert nach WHO 2021. Die grüne Linie zeigt den Grenzwert in der LRV.

### 2.3 Ozon O<sub>3</sub>

#### Bevölkerungsexposition mit O<sub>3</sub>

Belastung [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	2015	2022	Differenz
(66,68]	35	0	-35
(68,70]	0	37	37
(70,72]	5	0	-5
(72,74]	333	40	-293
(74,76]	823	3	-820
(76,78]	1'046	143	-903
(78,80]	2'815	2'182	-633

Belastung [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	2015	2022	Differenz
(80,82]	19'781	7'209	-12'572
(82,84]	194'771	17'748	-177'023
(84,86]	299'340	53'023	-246'317
(86,88]	317'045	177'169	-139'876
(88,90]	320'666	590'813	270'147
(90,92]	178'967	635'187	456'220
(92,94]	81'549	75'474	-6'075
(94,96]	30'068	11'438	-18'630
(96,98]	7'623	1'654	-5'969
(98,100]	2'473	151	-2'322
(100,102]	997	0	-997
(102,104]	22	0	-22

Die Tabelle zeigt die Bevölkerungsexposition für die Jahre 2015 und 2022 sowie die Veränderung in Anzahl Personen. Dabei bedeuten runde Klammern ein offenes Intervall (der Wert an der Klammer ist nicht eingeschlossen) und eckige Klammern ein geschlossenes Intervall (der Wert an der Klammer ist mit einbezogen).

#### Mittlere bevölkerungsgewichtete Belastung mit $\text{O}_3$

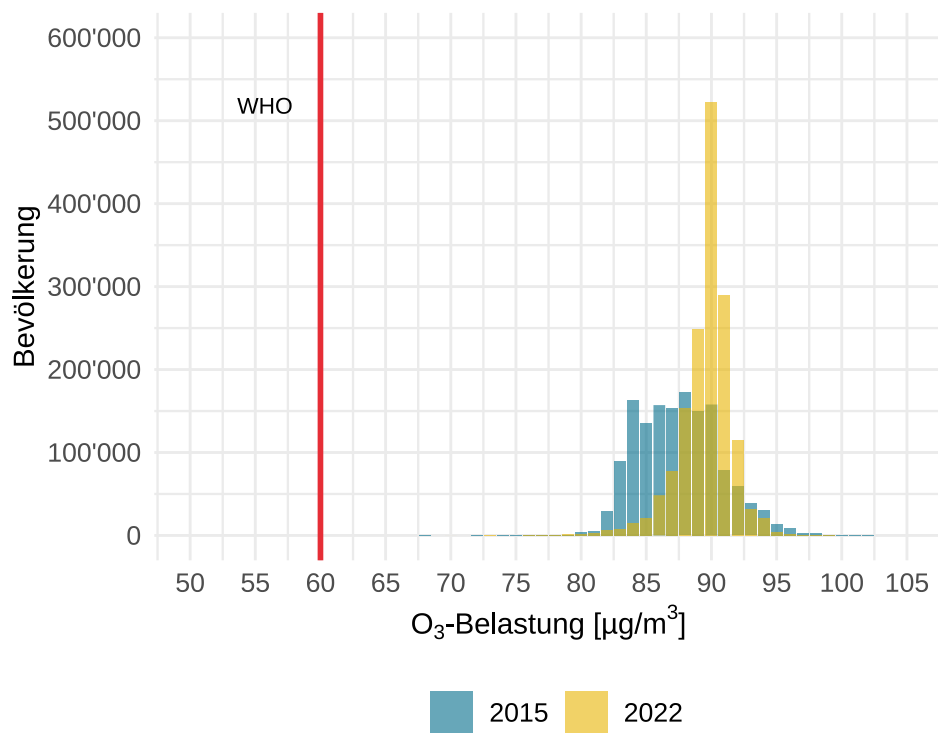
Jahr	Mittelwert	Median
2015	87.5	87.4
2022	89.6	89.9

Die Tabelle zeigt den bevölkerungsgewichteten Mittelwert bzw. Median der Belastung für die Jahre 2015 und 2022.

#### Bevölkerung mit Exposition unter/über dem WHO-Richtwert

	unter WHO		über WHO		Total
	abs.	%	abs.	%	
2015	0	0	1'458'359	100	1'458'359
2022	0	0	1'572'271	100	1'572'271

Die Tabelle zeigt die Anzahl Personen (absolut) und der Anteil an der gesamten Bevölkerung mit einer Exposition über und unter dem WHO-Richtwert ermittelt auf Basis der Bevölkerungsexposition.



Die Abbildung zeigt die Bevölkerungsexposition mit O<sub>3</sub>. Die rote Linie zeigt den Schwellenwert nach WHO 2021.



### 3 Ergebnisse

Die folgenden Unterkapitel zeigen die mit den oben beschriebenen Berechnungsgrundlagen ermittelten attributablen Fälle und Kosten für PM2.5, NO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub> für die Jahre 2015 und 2022.

#### 3.1 Feinstaub PM2.5

##### Geschätzte Anzahl Krankheits- und Todesfälle aufgrund der PM2.5-Belastung

	2015	2022
Mortalität Erwachsene (Todesfälle)	1'374	1'168
Säuglingssterblichkeit (Todesfälle)	2	1
Spitaleintritte wegen Atemwegserkrankungen	147	125
Spitaleintritt wegen Herz-Kreislauf-Erkrankungen	126	107
Chronische Bronchitis bei Erwachsenen ((18 J.)	374	318
Akute Bronchitis bei Kindern (5-17 Jahre)	2'081	1'770
Tag mit Asthmasymptomen bei Erwachsenen (18 Jahre)	5'258	4'472
Tag mit Asthmasymptomen bei Kindern (5-17 Jahre)	92'949	79'053
Tag mit eingeschränkter Aktivität (18 Jahre)	538'427	457'933

*Die Tabelle zeigt die geschätzte Anzahl Krankheits- und Todesfälle aufgrund der Belastung für die Jahre 2015 und 2022.*

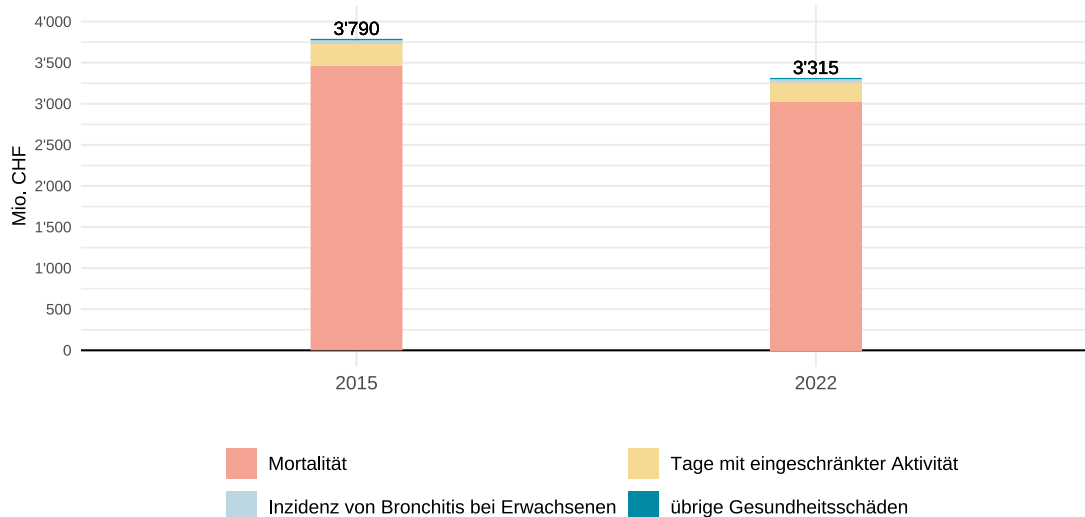
##### Luftschadstoffbedingte Gesundheitsschadenskosten PM2.5 (Mio. CHF)

	2015	2022
Mortalität	3'461	3'021
Verlorene Lebenszeit	3'293	2'874
Verlorene Erwerbszeit	162	141
Wiederbesetzungskosten (Durchschnitt m/f)	6	6
Spitaleintritt wegen Atemwegserkrankungen	2	2
Spitaleintritt wegen Herz-Kreislauf-Erkrankungen	3	3
Chronische Bronchitis bei Erwachsenen ((18 J.)	46	42
Akute Bronchitis bei Kindern (5-17 Jahre)	1	1
Tag mit Asthmasymptomen bei Erwachsenen (18 Jahre)	1	1
Tag mit Asthmasymptomen bei Kindern (5-17 Jahre)	9	8
Tag mit eingeschränkter Aktivität (18 Jahre)	267	237

2015

2022

Die Tabelle zeigt die luftschadstoffbedingten Gesundheitskosten aufgrund der Belastung für die Jahre 2015 und 2022.



Die Abbildung zeigt die luftschadstoffbedingten Gesundheitskosten aufgrund der Belastung mit PM2.5 für die Jahre 2015 und 2022.

### 3.2 Stickstoffdioxid NO<sub>2</sub>

#### Geschätzte Anzahl Krankheits- und Todesfälle aufgrund der NO<sub>2</sub>-Belastung

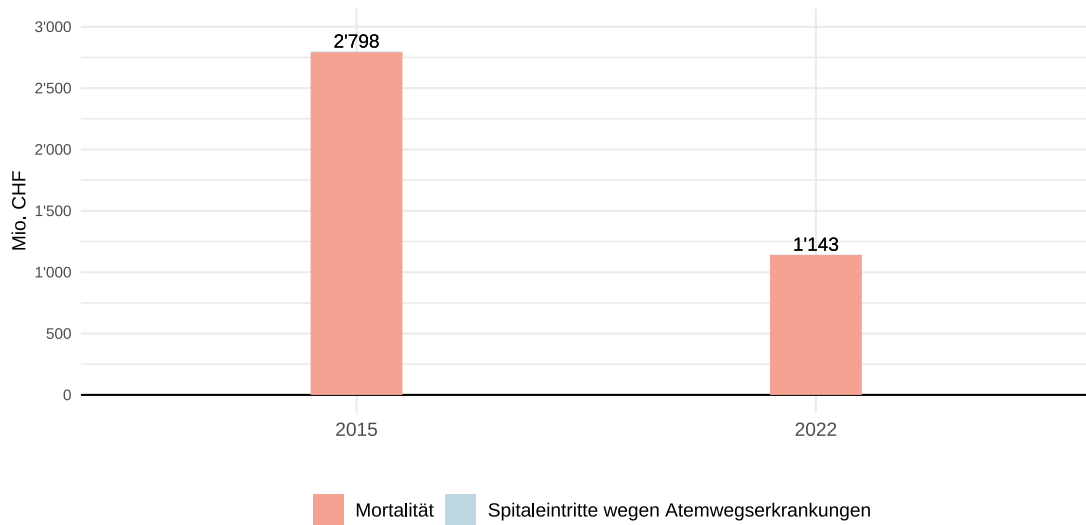
	2015	2022
Mortalität Erwachsene (≥30 Jahre)	1'110	442
Spitaleintritte wegen Atemwegserkrankungen (alle Alter)	325	129

Die Tabelle zeigt die geschätzte Anzahl Krankheits- und Todesfälle aufgrund der Belastung für die Jahre 2015 und 2022.

#### Luftschadstoffbedingte Gesundheitsschadenskosten NO<sub>2</sub> (Mio. CHF)

	2015	2022
Mortalität	2'793	1'140
Verlorene Lebenszeit	2'658	1'085
Verlorene Erwerbszeit	131	53
Wiederbesetzungskosten (Durchschnitt m/f)	5	2
Spitaleintritt wegen Atemwegserkrankungen	5	2

Die Tabelle zeigt die luftschadstoffbedingten Gesundheitskosten aufgrund der Belastung für die Jahre 2015 und 2022.



Die Abbildung zeigt die luftschadstoffbedingten Gesundheitskosten aufgrund der Belastung mit NO<sub>2</sub> für die Jahre 2015 und 2022.

### 3.3 Ozon O<sub>3</sub>

#### Geschätzte Anzahl Krankheits- und Todesfälle aufgrund der O<sub>3</sub>-Belastung

	2015	2022
Mortalität Erwachsene (≥30 Jahre)	252	304
Spitaleintritte wegen Atemwegserkrankungen (alle Alter)	115	139
Spitaleintritte wegen Herz/Kreislaufkrankungen (≥18 Jahre)	411	496
Tag mit eingeschränkter Aktivität (alle)	589'649	711'710

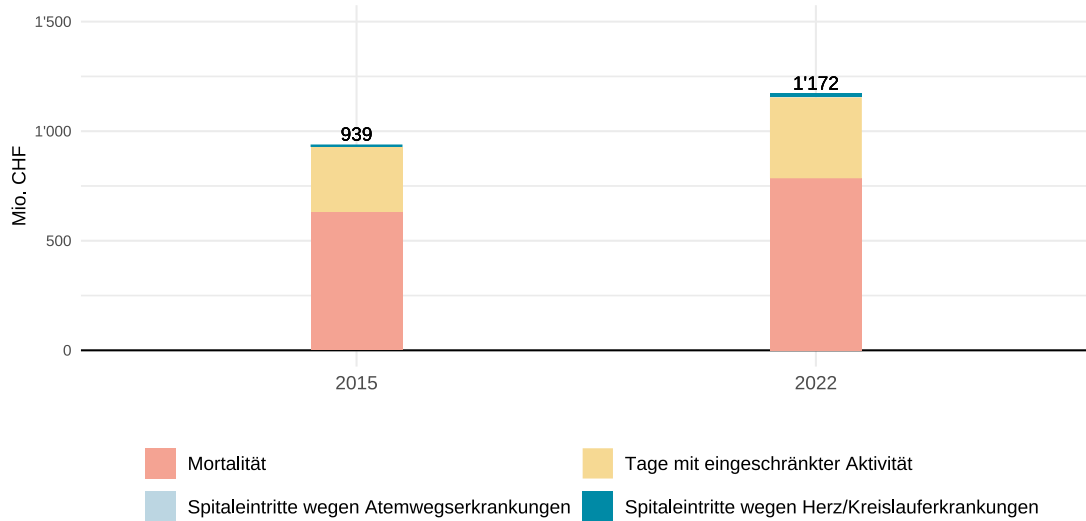
Die Tabelle zeigt die geschätzte Anzahl Krankheits- und Todesfälle aufgrund der Belastung für die Jahre 2015 und 2022.

#### Luftschadstoffbedingte Gesundheitsschadenskosten O<sub>3</sub> (Mio. CHF)

	2015	2022
Mortalität	634	785
Verlorene Lebenszeit	603	747
Verlorene Erwerbszeit	30	37
Wiederbesetzungskosten (Durchschnitt m/f)	1	1
Spitaleintritt wegen Atemwegserkrankungen	2	3
Spitaleintritt wegen Herz-Kreislaufkrankungen	11	15
Tag mit eingeschränkter Aktivität (18 Jahre)	292	369

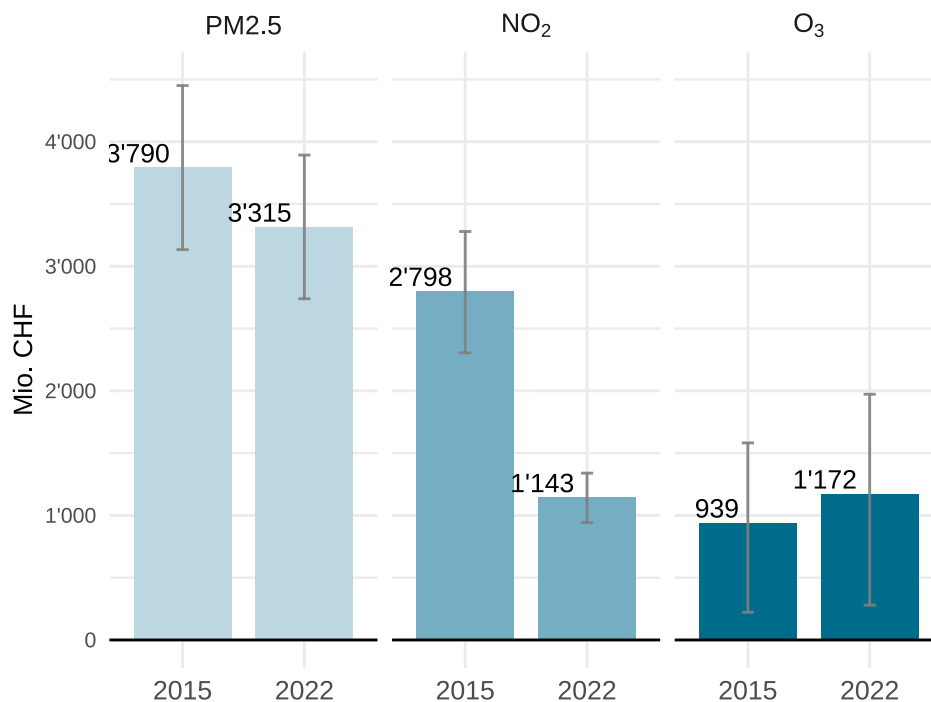
	2015	2022
--	------	------

Die Tabelle zeigt die luftschadstoffbedingten Gesundheitskosten aufgrund der Belastung für die Jahre 2015 und 2022.



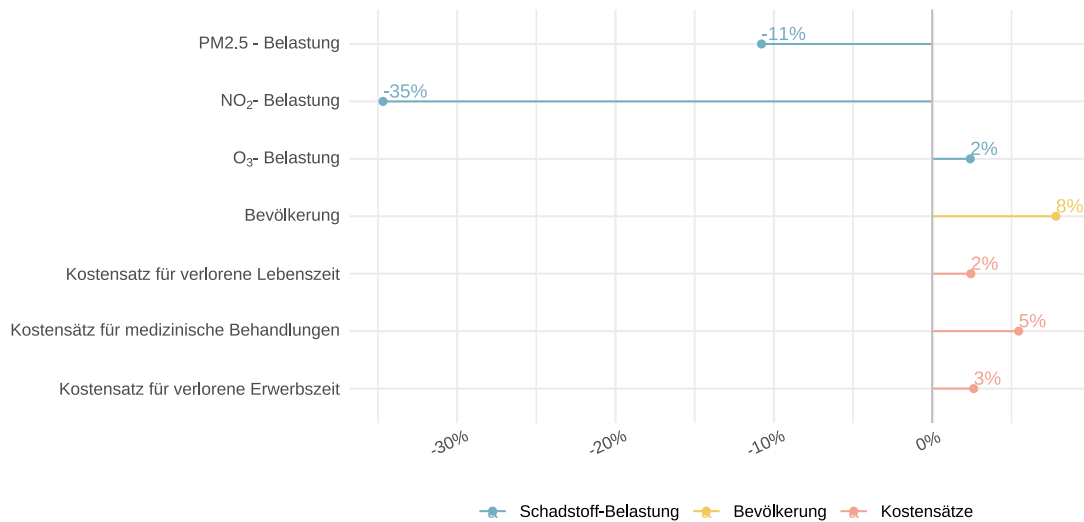
Die Abbildung zeigt die luftschadstoffbedingten Gesundheitskosten aufgrund der Belastung mit O<sub>3</sub> für die Jahre 2015 und 2022.

### 3.4 Zusammenfassung



Die Abbildung zeigt eine Zusammenfassung der luftschadstoffbedingten Gesundheitskosten. Für die Interpretation gilt es zu berücksichtigen, dass die Ergebnisse für die

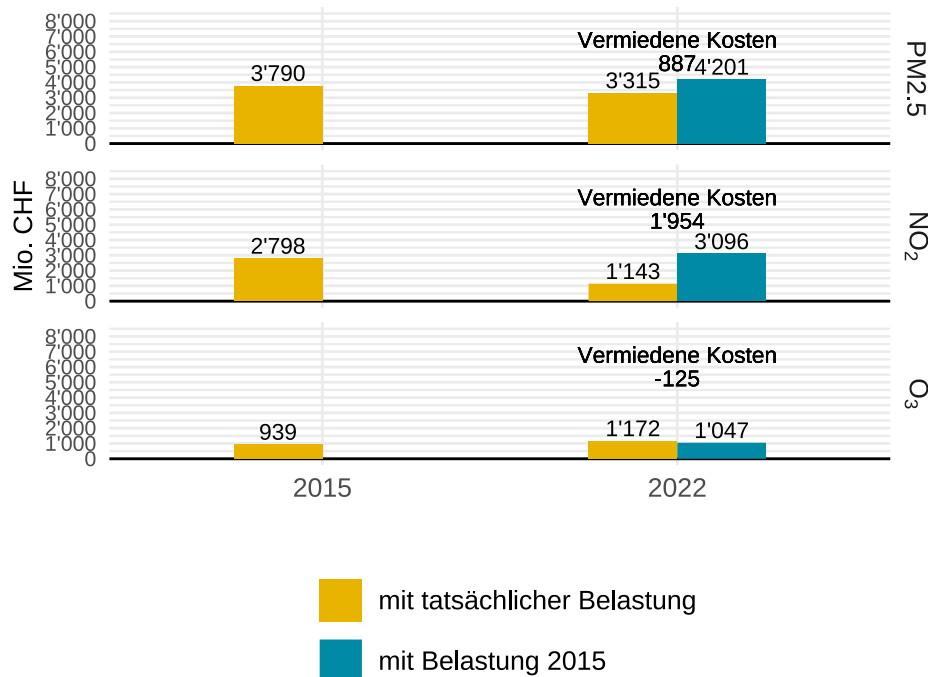
verschiedenen Schadstoffe nicht addierbar sind. Da die Dosis-Wirkungs-Relationen nicht für den Einfluss anderer Schadstoffe bereinigt sind, dürfen die für die verschiedenen Schadstoffe ermittelten Kosten nicht addiert werden. Bei der Addition von durch Feinstaub und  $\text{NO}_2$ -bedingten Gesundheitskosten wäre nach aktuellem Kenntnissstand beispielsweise von Doppelzählungen von rund einem Drittel auszugehen.



Die Abbildung zeigt die Determinanten der Gesundheitskosten.

## 4 Nutzen der Verbesserung der Luftqualität

Die untenstehende Abbildung zeigt kombiniert die Kostenschätzungen für 2015 und 2022 (gelb), sowie die Kosten 2022 bei gleichbleibend hohen Belastungen (blau). Aus der Differenz ergeben sich jeweils die dank der Verbesserung der Luftqualität vermiedenen Gesundheitskosten, womit sich der Teil des Nutzens der Verbesserung der Luftqualität beziffern lässt.



Die Abbildung zeigt die vermiedenen Kosten durch die veränderte Belastung.

Nutzen (Mio. CHF)

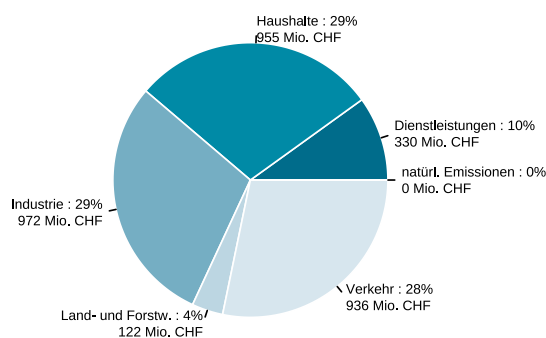
Nutzen (Mio. CHF)	
PM <sub>2.5</sub>	886.9
NO <sub>2</sub>	1'953.6
O <sub>3</sub>	-125.1

Die Tabelle zeigt den Nutzen aufgrund der veränderten Belastung.

## 5 Aufteilung auf die Verursachergruppen

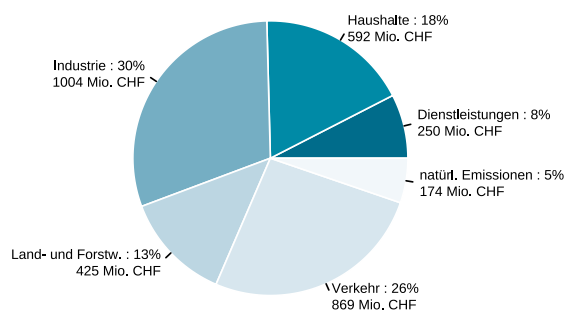
Die ermittelten luftschadstoffbedingten Gesundheitskosten PM<sub>2.5</sub> und NO<sub>2</sub> werden auf Basis der Emissionskataster ihren Verursachergruppen zugeordnet. Dazu werden die Anteile der Verursachergruppen an den Gesamtemissionen des betrachteten Schadstoffes im Jahr 2022 verwendet.

### 5.1 Feinstaub PM<sub>2.5</sub> (primär)



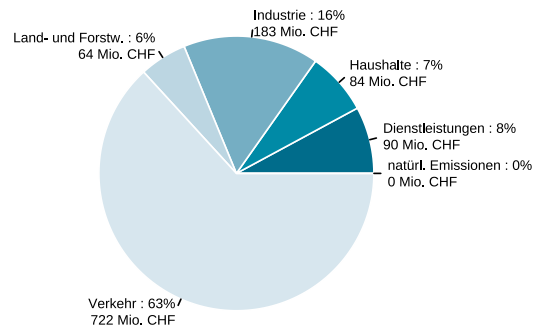
Die Abbildung zeigt die Aufteilung der PM<sub>2.5</sub>-bedingten Gesundheitskosten auf die Verursachergruppen im Jahr 2022.

### 5.2 Feinstaub PM<sub>2.5</sub> (primär und sekundär)



Die Abbildung zeigt die Aufteilung der PM<sub>2.5</sub>-bedingten Gesundheitskosten auf die Verursachergruppen im Jahr 2022.

### 5.3 Stickstoffdioxid NO<sub>2</sub>



Die Abbildung zeigt die Aufteilung der NO<sub>2</sub>-bedingten Gesundheitskosten auf die Verursachergruppen im Jahr 2022.



## 6 Vergleich mit bisherigen Studien

### 6.1 Vergleich mit Studie «Die Kosten der Luftverschmutzung 2005 bis 2015» (econcept, 2018)

Bereits 2018 wurden die luftschadstoffbedingten Gesundheitskosten im Kanton Zürich und in den Städten Zürich und Winterthur für die Jahre 2005, 2010 und 2015 erhoben (econcept, 2018). Die damals ermittelten Werten lassen sich jedoch nicht mit den in dieser Studie ermittelten Kosten zusammenfügen oder direkt vergleichen, da in der neuen Studie aktuellere Berechnungsgrundlagen verwendet werden:

- *Anpassung untersuchte Schadstoffe*: In der vorliegenden Studie wird nicht PM<sub>10</sub>, sondern PM<sub>2.5</sub> betrachtet. Basierend auf den aktuellen Empfehlungen der WHO (2021) wird bei PM<sub>2.5</sub> als Schwellenwert ein Wert von 5 µg/m<sup>3</sup> eingeführt. Ergänzend werden neben NO<sub>2</sub> auch die Gesundheitskosten von O<sub>3</sub> abgeschätzt.
- *Neues Immissionsmodell*: Die Bevölkerungsexpositionen wurden 2018 auf Basis des damaligen Immissionsmodells von OSTLUFT ermittelt. In der vorliegenden Studie werden die vom BAFU publizierten und schweizweit genutzten Immissionskarten als Grundlagen verwendet (Meteotest, 2023). Analog zu den Inzidenz-Prävalenzraten werden auch für die bevölkerungsgewichtete mittlere Exposition in der Schweiz die Mittelwerte über die Jahre 2015–2019 verwendet.
- *Neue Erkenntnisse zu Effektschätzern*: In der Studie 2018 wurden die Gesundheitskosten aufgrund gewisser Unsicherheiten in den Varianten «At least» und «Best-Guess» dargestellt. Es wurden alle Effektschätzer den damals gültigen Empfehlungen der WHO entnommen (WHO, 2013). Die neue Studie orientiert sich an den neue WHO-Luftqualitätsleitlinie (Strak et al., 2021; WHO, 2021) und geht daher nur noch von einem Best-Guess Ansatz aus.
- *Aktualisierte Inzidenz/Prävalenzraten*: Für die Mortalität und die Spitaleintritte werden aktualisierte Raten als Mittelwerte über die Jahre 2015-2019 verwendeten.
- *Aktualisierte Kostensätze*: Die jährlich vom ARE aktualisierten Kostensätze werden auch in der neuen Studie verwendet. Für das Betrachtungsjahr 2022 fliessen die Kostensätze aus dem Jahr 2020 teuerungsangepasst in die Berechnung ein.
- *Anpassung Vorgehen Zuordnung zu Verursachergruppen*: Die Zuordnung der Kosten auf die Verursachergruppen erfolgte in der Studie 2018 auf Basis des damaligen Emissionskatasters von OSTLUFT. Die vorliegende Studie verwendet den neuen Emissionskataster. Die Zuordnung der PM<sub>2.5</sub>-bedingten Gesundheitskosten erfolgt neu auch unter Berücksichtigung von sekundären Feinstaub- Partikeln.

## 6.2 Vergleich mit Studie «Externe Kosten des Verkehrs im Kanton Zürich» (Ecoplan, 2021)

Im Jahr 2021 wurde im Auftrag des Amts für Mobilität eine Grobschätzung der externen Kosten des Verkehrs im Kanton Zürich für das Jahr 2016 vorgenommen (Ecoplan, 2021).

Die Ergebnisse basieren einerseits auf der Verkehrsleistung im Kanton Zürich und andererseits auf Schweizer Durchschnittswerten zu den externen Kosten pro Fahrzeug- und Zugkilometer aus den nationalen Studien des Bundesamtes für Raumentwicklung (ARE, 2019a). Die externen Effekte des Verkehrs wurden, wie in der ARE-Studie, für 14 Kostenbereiche berechnet, unter anderem auch die Gesundheitskosten der Luftverschmutzung. Im Sinne einer Grobkostenschätzung wurde bewusst darauf verzichtet, die Schweizer Durchschnittskosten an lokalen Gegebenheiten anzupassen. Ebenfalls wurde für das einfache Umrechnungsverfahren darauf verzichtet, die teilweise verfügbaren spezifischen Immissionsdaten des Kantons Zürich zu nutzen. Daher lassen sich ermittelten Werten nicht mit den in dieser Studie ermittelten Kosten zusammenfügen oder direkt vergleichen.

- *Untersuchte Schadstoffe und Verursacher:* In der vorliegenden Studie werden nicht nur verkehrsbedingte PM10, sondern PM2.5, NO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub> aller Schadstoffquellen betrachtet.
- *Immissionsmodell:* In der vorliegenden Studie werden die vom BAFU publizierten und schweizweit genutzten Immissionskarten als Grundlagen verwendet (Meteotest, 2023). Die Studie des Amts für Mobilität berücksichtigt keine kantonsspezifischen und effektiv aufgetretenen Immissionsdaten, sondern fokussiert auf die Effekte der verkehrsbedingten Luftverschmutzung, hergeleitet von der ARE-Studie.

Davon ausgehend, dass die Grundlage für die Studie des Amts für Mobilität die Methodik nach ARE (2019b) bildet, ergeben sich folgende grundlegende Unterschiede:

- *Effektschätzer:* Für die Studie 2021 wurden alle Effektschätzer den damals gültigen Empfehlungen der WHO entnommen (WHO, 2013). Die vorliegende Studie stützt sich wo vorhanden auf inzwischen neu erschienene Studien zu den Effektschätzern (Strak et al., 2021; WHO, 2021), welche von stärkeren Gesundheitswirkungen ausgehen.
- *Inzidenz/Prävalenzraten:* Für die Mortalität und die Spitaleintritte werden aktualisierte Raten als Mittelwerte über die Jahre 2015-2019 verwendeten. Für die restlichen Gesundheitswirkungen konnten keine aktuellen Quellen identifiziert werden.
- *Aktualisierte Kostensätze:* Die Kostensätze werden nach wie vor vom ARE übernommen. Diese werden jährlich aktualisiert, in dieser Studie werden für das Jahr 2022 die Kostensätze aus dem Jahr 2020 teuerungsangepasst übernommen.

ARE (2019a): *Externe Kosten und Nutzen des Verkehrs in der Schweiz. Strassen-, Schienen-, Luft- und Schiffsverkehr 2016.* . Verfügbar unter: <https://www.are.admin.ch/are/de/home/verkehr-und-infrastruktur/grundlagen-und-daten/kosten-und-nutzen-des-verkehrs.html> .

ARE (2019b): *Externe Effekte des Verkehrs 2015 Aktualisierung der Berechnungen von Umwelt-, Unfall- und Gesundheitseffekten des Strassen-, Schienen-, Luft- und Schiffsverkehrs 2010 bis 2015.* .

econcept (2018): *Die Kosten der Luftverschmutzung 2005 bis 2015.* . Verfügbar unter: [https://www.zh.ch/content/dam/zhweb/bilder-dokumente/themen/umwelt-tiere/luftstrahlung/luftqualitaet---auswirkungen/kosten\\_luftverschmutzung\\_econcept.pdf](https://www.zh.ch/content/dam/zhweb/bilder-dokumente/themen/umwelt-tiere/luftstrahlung/luftqualitaet---auswirkungen/kosten_luftverschmutzung_econcept.pdf).

econcept (2022): *Luftschadstoffbedingte Gesundheitskosten in der Stadt Zürich.* . Verfügbar unter: [https://www.stadt-zuerich.ch/content/dam/stzh/gud/Deutsch/UGZ/umwelt-energie/Luftqualitaet/Bericht\\_2022\\_Luftschadstoffbedingte%20Gesundheitskosten%20in%20der%20Stadt.pdf](https://www.stadt-zuerich.ch/content/dam/stzh/gud/Deutsch/UGZ/umwelt-energie/Luftqualitaet/Bericht_2022_Luftschadstoffbedingte%20Gesundheitskosten%20in%20der%20Stadt.pdf).

Ecoplan (2021): *Externe Kosten des Verkehrs im Kanton Zürich Grobschätzung der Kosten, Internalisierungsmassnahmen und mögliche Verwendungszwecke.* Bern und Altdorf: Im Auftrag des Amt für Mobilität des Kantons Zürich.

Meteotest (2023): *Karten von Jahreswerten der Luftbelastung in der Schweiz: Datengrundlagen, Berechnungsverfahren und Resultate bis zum Jahr 2022.* Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU). Verfügbar unter: [https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/luft/fachinfo-daten/karten\\_der\\_luftbelastunginder-schweiz-dokumentation.pdf.download.pdf/karten\\_der\\_luftbelastunginderschweiz-dokumentation.pdf](https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/luft/fachinfo-daten/karten_der_luftbelastunginder-schweiz-dokumentation.pdf.download.pdf/karten_der_luftbelastunginderschweiz-dokumentation.pdf) .

Strak, M.; Weinmayr, G.; Rodopoulou, S.; Chen, J.; Hoogh, K. de; Andersen, Z. J.; Atkinson, R.; Bauwelinck, M.; Bekkevold, T.; Bellander, T.; Boutron-Ruault, M.-C.; Brandt, J.; Cesaroni, G.; Concin, H.; Fecht, D.; Forastiere, F.; Gulliver, J.; Hertel, O.; Hoffmann, B.; Hvidtfeldt, U. A.; Janssen, N. A. H.; Jöckel, K.-H.; Jørgensen, J. T.; Ketzler, M.; Klompaker, J. O.; Lager, A.; Leander, K.; Liu, S.; Ljungman, P.; Magnusson, P. K. E.; Mehta, A. J.; Nagel, G.; Oftedal, B.; Pershagen, G.; Peters, A.; Raaschou-Nielsen, O.; Renzi, M.; Rizzuto, D.; Schouw, Y. T. van der; Schramm, S.; Severi, G.; Sigsgaard, T.; Sørensen, M.; Stafoggia, M.; Tjønneland, A.; Verschuren, W. M. M.; Vienneau, D.; Wolf, K.; Katsouyanni, K.; Brunekreef, B.; Hoek, G. und Samoli, E. (2021): «Long term exposure to low level air pollution and mortality in eight European cohorts within the ELAPSE project: pooled analysis», *BMJ*, 374, S. n1904. doi: 10.1136/bmj.n1904.

WHO (2013): *Health risks of air pollution in Europe – HRAPIE project Recommendations for concentration–response functions for cost–benefit analysis of particulate matter, ozone and nitrogen dioxide.* World Health Organisation. Verfügbar unter: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/153692/Health%20risks%20of%20air%20pollution%20in%20Europe%20e2%80%93%20HRAPIE%20project%2c%20Recommendations%20for%20concentration%e2%80%93response%20functions%20for%20cost%e2%80%93benefit%20analysis%20of%20particulate%20matter%2c%20ozone%20and%20nitrogen%20dioxide.pdf?sequence=1&isAllowed=y> .

WHO (2021): *WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub>), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide*. World Health Organisation. Verfügbar unter:  
<https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/345329/9789240034228-eng.pdf?sequence=1> .