

Einleitung

Die Bestimmung von Grenzwerten für die Exposition des Menschen gegenüber gefährlichen Chemikalien wird durch die unterschiedlichen Formen, die die Stoffe annehmen können, wie Dämpfe, Aerosole oder Stäube und durch die verschiedenen möglichen Expositionswege, einschließlich Einatmen, Hautabsorption und Augenkontakt, erschwert. Bei hohen Konzentrationen im Volumenprozentbereich geht es vor allem um Sauerstoffmangel oder um die Gefahr einer Explosion, die zum sofortigen Tod führen kann. Bei etwas niedrigeren (aber immer noch hohen) Konzentrationen definieren die IDLH-Werte (Immediately Dangerous to Life and Health) das sind Konzentrationen, bei denen ein Arbeitnehmer innerhalb weniger Minuten handlungsunfähig werden oder schwere Schäden erleiden kann. Bei niedrigen, für den Arbeitsplatz typischen Konzentrationen, in der Regel im ppm-Bereich, geht es um langfristige gesundheitliche Auswirkungen, die erst nach Tagen oder Jahren auftreten können. Dieser Anwendungshinweis konzentriert sich auf die TWA-, STEL- und Höchstgrenzwerte für die Exposition am Arbeitsplatz, die für eine 40-Stunden-Woche festgelegt wurden. Die empfohlenen Grenzwerte für die Innenraumluftqualität (ILQ) sind sogar noch niedriger als die Arbeitsplatzgrenzwerte, da die Exposition zu Hause länger und kontinuierlicher ist.

Grenzwerte

Der Grenzwert ist die Konzentration, die während eines Arbeitstages ohne persönliche Schutzausrüstung (PSA) nicht überschritten werden darf. Beachten Sie, dass Mitarbeiter in einer Umgebungsluft oberhalb der Höchstkonzentration arbeiten können, wenn sie entsprechende persönliche Schutzausrüstung (PSA) tragen. Wenn die Substanz jedoch als hautgefährdend eingestuft ist, reicht ein einfaches Atemschutzgerät nicht aus.

STEL: Kurzzeitige Expositionsgrenze

Der STEL-Wert ist die durchschnittliche Konzentration in einem 15-minütigen Zeitraum. Die aktuelle Konzentration kann die TWA- und STEL-Grenzwerte überschreiten (jedoch nicht den Höchstgrenzwert), bis der berechnete 15-Minuten-Durchschnitt den STEL-Grenzwert erreicht. An diesem Punkt muss die Exposition gestoppt werden, indem entweder der Bereich verlassen, die PSA angelegt oder Betriebsmaßnahmen durchgeführt werden, die die chemische Konzentration verringern. An einem Arbeitstag dürfen höchstens vier solcher STEL-Expositionen auftreten, sofern zwischen ihnen mindestens eine Stunde liegt.

TWA: Zeitlich gewichteter Mittelwert

TWA-Werte geben die Konzentrationsgrenzwerte an, die ein minimales Gesundheitsrisiko bei einer durchschnittlichen 40-Stunden-Arbeitswoche über einen Zeitraum von 40 Arbeitsjahren verursachen. Obwohl der TWA-Wert als Einzelwert in Konzentrationseinheiten angegeben wird, hat er tatsächlich zwei Bedeutungen:

1. Eine Ist-Konzentration (Einheiten von ppm), die im Laufe des Tages nicht überschritten werden soll.
2. Eine Belastungsdosis (ppm/Tag), die an einem Arbeitstag keinesfalls überschritten werden darf.

Für einen 8-stündigen Arbeitstag wird der TWA-Grenzwert wie folgt berechnet:*

$$\text{TWA-Grenzwert} = \text{Durchschnittskonzentration} \times \frac{\text{Expositionsdauer in Stunden}}{8 \text{ Stunden/Tag}}$$

Im Gegensatz zu einer Durchschnittskonzentration, die im Laufe eines Tages steigen oder sinken kann, wird der TWA-Wert nie niedriger, bis er am Ende des Arbeitstages wieder auf Null gesetzt wird. Wenn die Arbeit und die Exposition über 8 Stunden hinaus andauern, steigt die TWA-Konzentration weiter an. Wenn ein Arbeitnehmer beispielsweise einer konstanten Konzentration von 10 ppm ausgesetzt ist, würde der berechnete TWA-Grenzwert nach 4 Stunden 5 ppm, nach 8 Stunden 10 ppm und nach 12 Stunden 15 ppm betragen.

*NIOSH definiert einen Arbeitstag als 10 Stunden, so dass der Nenner in der Gleichung 10 statt 8 lautet.

Verbindungen, für die keine STEL- oder Höchstgrenzwerte verfügbar sind

Für einige Chemikalien gibt es festgelegte TWA-Werte, aber keine STEL- oder Höchstgrenzwerte. In diesen Fällen kann für den STEL-Wert das Dreifache des TWA-Werts und für den Höchstgrenzwert das Fünffache des TWA-Werts als Schätzwert verwendet werden.

Die Verwendung des TWA-STEL-Höchstgrenzwerts in der Praxis

1. Das Ziel besteht in erster Linie darin, die chemische Konzentration möglichst lange unter der TWA-Konzentrationsgrenze zu halten.
2. Eine beliebige Anzahl konstanter Überschreitungen des TWA-Grenzwerts bis zum Höchstgrenzwert ist zulässig, solange der berechnete 15-Min-Mittelwert (STEL-Messwert) den TWA-Grenzwert nicht überschreitet.
3. Die STEL-Messwerte dürfen den TWA-Wert überschreiten, solange sie den STEL-Konzentrationsgrenzwert nicht überschreiten, und sie dürfen höchstens 15 Minuten lang auf diesem Wert bleiben und müssen dann wieder unter den TWA-Wert sinken.
4. Sobald der STEL-Messwert den TWA-Grenzwert überschritten hat, liegt eine STEL-Überschreitung vor. Während eines Arbeitstages können bis zu vier STEL-Überschreitungen auftreten, sofern zwischen dem Ende einer Überschreitung und dem Beginn der nächsten eine Stunde verstrichen ist.
5. Wenn zu irgendeinem Zeitpunkt der aktuelle Messwert die Obergrenze überschreitet oder der STEL-Messwert den STEL-Grenzwert überschreitet, muss die Exposition unterbrochen werden, bis die Konzentration unter den TWA-Wert gesunken ist.
6. Sobald die TWA-Expositionsdosis den TWA-Grenzwert überschritten hat, muss die Exposition für den Rest des Arbeitstages unterbunden werden.

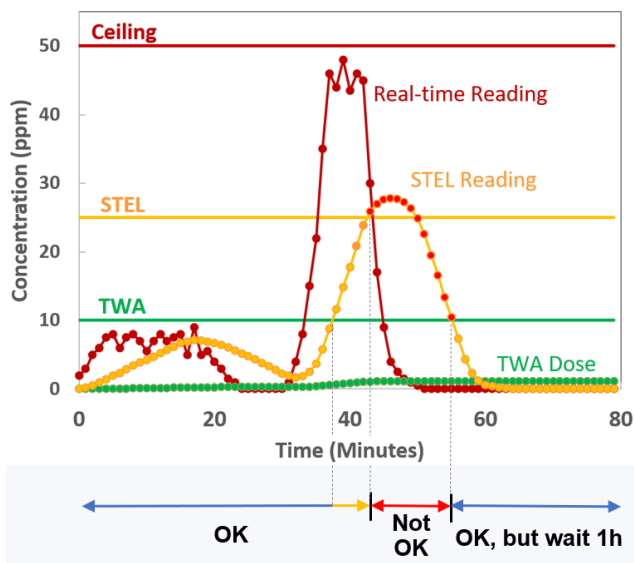


Abbildung 1

Die Abbildung 2 zeigt ein weiteres Beispiel, das über 8 Stunden andauert und vier STEL-Überschreitungen über dem TWA-Grenzwert aufweist. Die Arbeit kann während der letzten drei Überschreitungen fortgesetzt werden, da die STEL-Messwerte unter dem STEL-Grenzwert bleiben und mindestens eine Stunde Abstand zwischen ihnen liegt. Beachten Sie, dass die kurzen Spitzen über dem TWA-Wert nach etwa 25 Minuten nicht als STEL-Überschreitungen zählen, da der Mittelwert für 15 Minuten unter dem STEL-Grenzwert liegt. Schließlich erreicht die TWA-Dosis bei etwa 460 Minuten (7,7 Stunden) den TWA-Grenzwert, und jegliche Exposition muss bis zum nächsten Tag ausgesetzt werden.

Beispiel

Abbildung 1 veranschaulicht die Anwendung der Expositionsgrenzwerte anhand einer hypothetischen Verbindung mit einem TWA-Wert von 10 ppm, einem STEL-Wert von 25 ppm und einem Höchstgrenzwert von 50 ppm. Die roten Punkte sind simulierte Konzentrationsmessungen in Echtzeit, die den Grenzwert niemals überschreiten dürfen. Die STEL-Messwerte liegen aufgrund des 15-minütigen Mittelwertes unterhalb der Echtzeit-Messwerte. Das Balkendiagramm unter dem Hauptdiagramm verdeutlicht, dass die Exposition bis zu etwa 38 Minuten tolerierbar ist, wenn die STEL-Messwerte den TWA-Wert überschreiten und der 15-minütige Countdown beginnt, bis die Messwerte wieder unter den TWA-Wert fallen. In diesem Beispiel überschreiten die STEL-Werte jedoch den STEL-Grenzwert, und die Arbeitskräfte müssen entweder den Expositionsbereich verlassen oder die PSA anlegen. Die Arbeit kann nach etwa 55 Minuten wieder aufgenommen (oder die PSA abgelegt) werden, wenn die STEL-Werte wieder unter den TWA-Grenzwert sinken. Die Exposition zwischen 38 und 42 Minuten gilt als STEL-Exposition, die erst nach mindestens einer Stunde bei Konzentrationen unterhalb des STEL-Grenzwertes wieder aufgenommen werden darf. Während dieses Zeitraums ist die TWA-Expositionsdosis (grüne Punkte) im Vergleich zu den Echtzeit-Konzentrationen niedrig, da die Expositionszeit nur einen Bruchteil eines 8-Stunden-Tages ausmacht.

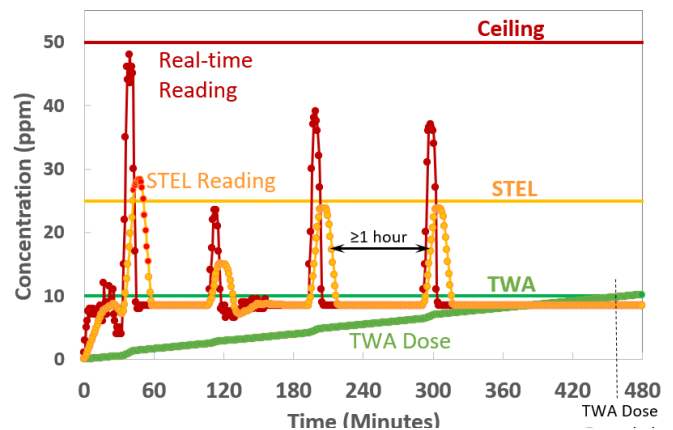


Abbildung 2

OCCUPATIONAL EXPOSURE VALUES

SUBSTANCE CAS#	ACGIH® TLVs®				OSHA PELs				NIOSH RELs				DFG MAKs				AIHA WEELs				CARCINOGENICITY CATEGORY
	TWA		STEL/CEIL(C)		TWA		STEL/CEIL(C)		TWA		STEL/CEIL(C)		TWA		PEAK/CEIL(C)		TWA		STEL/CEIL(C)		
	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³	
Acetic anhydride 108-24-7	1	4	C 3		5	20					C 5	C 20	0.1	0.42	I (2)					TLV-A4	
Acetone 67-64-1	250	594	500	1187	1000	2400			250	590			500	1200	I (2)					EPA-I TLV-A4	
Acetone cyanohydrin 75-86-5											C 1*	C 4*					2	5		Skin	
Acetonitrile 75-05-8	20	34			40	70			20	34			10	17	II (2)					EPA-CBD, D TLV-A4	
Acetophenone 98-86-2	10	49															10			EPA-D	

- TLV = Threshold Limit Value (ACGIH)
- PEL = Permissible Exposure Limit (OSHA)
- REL = Recommended Exposure Limit (NIOSH) (10-hour TWA)
- MAK = Maximal Akzeptable Konzentration (Germany)
- WEEL = Worker Environmental Exposure Level (AIHA)

Liste der Arbeitsplatzgrenzwerte

Eine umfassende Liste von Expositionsgrenzwerten verschiedener Institutionen findet sich im ACGIH (American Conference of Government Industrial Hygienists) Guide to Occupational Exposure Values (2019). Ein Auszug aus diesem Leitfaden ist in der Abbildung oben dargestellt. Verschiedene Institution geben oft unterschiedliche Grenzwerte an und haben mitunter leicht unterschiedliche Bedeutungen. Obwohl die Begriffe TWA, STEL und Ceiling (Höchstgrenzwert) gemeinsam verwendet werden, gibt jede Institution eine andere Bezeichnung für die Expositionsgrenzwerte an, wie in den Fußnoten der Tabelle angegeben. Die OSHA unterscheidet nicht zwischen Ceiling und STEL, sondern gibt die Ceiling-Werte als 15-Minuten-Mittelwerte und nicht als Echtzeitkonzentration an. Viele Unternehmen halten sich an die von der ACGIH empfohlenen TLV-Grenzwerte, da diese in der Regel am restriktivsten sind und ihre Liste am umfassendsten ist. Wie bereits erwähnt, verwendet NIOSH 10-Stunden-Tage für TWA-Berechnungen, während die meisten anderen Listen 8-Stunden-TWAs verwenden. Mehrere andere Listen, wie die britischen EH40 Workplace Exposure Limits (<https://www.hse.gov.uk/pubns/priced/eh40.pdf>) und die OSHA Z-Liste (<https://www.osha.gov/dsg/annotated-pels/tablez-1.html>) sind ebenfalls verfügbar.