

64. Jahrestagung für Sicherheit im Bergbau

Windischgarsten
17. bis 19. Juni 2026

 Bundesministerium
Finanzen



Feinstaub- und Partikelmessungen in rauesten Umgebungen

Analyse von Feinstaubemissionen, Messtechnik & Grenzwerte

Georg Hinterberger

Christian Heiss

Move mountains

Agenda des Vortrags

- Grundlagen: Staubentstehung im Tagebau & Arten mineralischer Stäube
- Grenzwerte: Rechtliche Rahmenbedingungen in AT, EU & WHO
- Gefahren: Gesundheitliche Auswirkungen & Partikelgrößen ($PM_{10}/PM_{2,5}$)
- Messtechnik: Vorstellung Omnidots Swarm Air & Vergleichsmethoden
- Fallstudie: Messungen im Kalkwerk Golling (Firma Leube)
- Fazit: Ergebnisse, Korrelationen & Empfehlungen

64. Jahrestagung für Sicherheit im Bergbau

Windischgarsten
17. bis 19. Juni 2026

 Bundesministerium
Finanzen


Technical University
of Leoben

Grundlagen

Was ist Staub?

„Im physikalisch-chemischen Sinne ist Staub ein **Dispersionssystem** aus festen Teilchen (*Dispersum*) in einem Gas (*Dispersionsmittel*, meist Luft).“

Entstehung:

Staub entsteht im Bergbau durch mechanische Prozesse (*Zerkleinern, Bohren, Sprengen, Laden*) oder durch Aufwirbelung.

Teilchengröße:

Die Partikelgröße reicht von weniger als $0,1 \mu\text{m}$ bis zu etwa $100 \mu\text{m}$.

(Alles, was größer ist, sinkt extrem schnell zu Boden und wird meist nicht mehr als Schwebestaub klassifiziert.)

Quelle:
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=460937>



64. Jahrestagung für Sicherheit im Bergbau

Windischgarsten
17. bis 19. Juni 2026

 Bundesministerium
Finanzen



Grundlagen

Was ist Staub?

Stäube lassen sich nach verschiedenen Kriterien einteilen. Für die Praxis und den Arbeitsschutz sind vor allem die **Teilchengröße** und die **Wirkung auf den Körper** entscheidend.

Grobstaub: Partikel, die schnell sedimentieren (zu Boden sinken) und meist durch die Nase abgefangen werden.

Einatembarer Staub (E-Staub): Die gesamte Fraktion der Schwebestoffe, die durch Mund und Nase in die Atemwege gelangen kann.

Alveolengängiger Staub (A-Staub / Feinstaub): Die winzigen Partikel (meist $< 4 \mu\text{m}$), die so klein sind, dass sie bis in die Lungenbläschen (Alveolen) vordringen. Dieser Staub ist besonders gefährlich, da der Körper ihn kaum wieder ausscheiden kann.

Grundlagen

Was ist Staub?

Stäube lassen sich nach verschiedenen Kriterien einteilen. Für die Praxis und den Arbeitsschutz sind vor allem die **Teilchengröße** und die **Wirkung auf den Körper** entscheidend.

Inerte Stäube: Haben keine spezifische toxische Wirkung (z. B. reiner Kalkstein), können aber bei hoher Konzentration die Atemwege mechanisch belasten.

Fibrogene Stäube: Führen zu Vernarbungen des Lungengewebes (z. B. Quarzstaub).

Toxische/Allergen wirkende Stäube: Giftige Stäube (z. B. Blei, Arsen) oder Allergie auslösende Stoffe.

Explosionsfähige Stäube: Brennbare Stäube, die in Verbindung mit Luft eine explosionsfähige Atmosphäre bilden.

64. Jahrestagung für Sicherheit im Bergbau

Windischgarsten
17. bis 19. Juni 2026

 Bundesministerium
Finanzen



Grundlagen

Was ist Staub?

Im Bergbau (Untertage- und Tagebau) kommen prozessgebunden (*Lösen-Laden-Fördern-Brechen*) fast alle Staubarten vor. Die gefährlichsten und häufigsten sind:

Gesteinsstaub (Inerte Stäube)

Vorkommen: Entsteht generell beim Abbau mineralischer Rohstoffe (z. B. Kalkstein, Schiefer).

Gefahr: Geringe biologische Wirkung, aber in extremen Mengen mechanische Reizung der Atemwege und Sichtbehinderung.

Dieselfußpartikel (DPM)

Vorkommen: Zwar kein klassischer "Gesteinsstaub", aber im Untertagebergbau durch den Einsatz von dieselbetriebenen Fahrladern und LKW allgegenwärtig.

Gefahr: Rußpartikel fallen unter die Kategorie A-Staub und sind als **krebserregend** eingestuft.

Grundlagen

Was ist Staub?

Im Bergbau (Untertage- und Tagebau) kommen prozessgebunden (*Lösen-Laden-Fördern-Brechen*) fast alle Staubarten vor. Die gefährlichsten und häufigsten sind:

Quarzstaub (Kieselsäure / SiO_2)

Vorkommen: Entsteht beim Abbau von sandsteinhaltigem Nebengestein, Granit oder beim Bohren und Sprengen in quarzhaltigen Schichten.

Gefahr: Hochgradig fibrogen. Er ist der Auslöser für die gefürchtete Silikose (Quarzstaublunge). Da er meist als A-Staub vorliegt, ist er der unsichtbare Hauptfeind im Gesundheitsschutz der Bergleute.

Asbeststaub (Silikat-Fasern)

Vorkommen: Im modernen Bergbau und Tunnelbau tritt Asbest meist als Gefahrstoff im Nebengestein auf. Wenn talk-, serpentinit- oder amphibolhaltige Gesteinsschichten durchfahren, gebohrt oder gesprengt werden, können darin unsichtbare Asbestadern freigesetzt werden.

Gefahr: Asbeststaub besteht nicht aus runden Partikeln, sondern aus winzigen, nadelartigen Fasern.

64. Jahrestagung für Sicherheit im Bergbau

Windischgarsten
17. bis 19. Juni 2026

Grundlagen

Was ist Staub?

Im Bergbau (Untertage- und Tagebau) kommen prozessgebunden (*Lösen-Laden-Fördern-Brechen*) fast alle Staubarten vor. Die gefährlichsten und häufigsten sind:

Erzstäube (Spezifische Metallstäube)

Vorkommen: Im Erzbergbau (z. B. Abbau von Blei-, Zink-, Kupfer- oder auch Uranerzen).

Gefahr: Diese Stäube können **toxisch** (z. B. Bleistaub) oder sogar **radioaktiv** (beim Uranbergbau durch das Einatmen von Radon-Folgeprodukten, die sich an Staubpartikel anlagern) sein.

Kohlenstaub

Vorkommen: Typisch für den Steinkohlen- und Braunkohlenbergbau beim Schneiden, Hobeln und Transportieren der Kohle.

Gefahr:

- Gesundheit: Verursacht bei langjähriger Belastung die "Bergarbeiter-Anthrakose" (**Kohlenstaublunge**).
- Sicherheit: Kohlenstaub ist **hochgradig explosionsfähig**. (Eine lokale Methangasexplosion kann aufgewirbelten Kohlenstaub entzünden und so zu einer verheerenden Kohlenstaubexplosion führen.)

Grundlagen *Partikelgrößen im Vergleich*

THE RELATIVE SIZE OF PARTICLES

From the COVID-19 pandemic to the U.S. West Coast wildfires, some of the biggest threats now are also the most microscopic.

A particle needs to be 10 microns (μm) or less before it can be inhaled into your respiratory tract. But just how small are these specks?

Here's a look at the relative sizes of some familiar particles »



<https://www.visualcapitalist.com/wp-content/uploads/2020/10/relativesizeofparticles.html>

Grenzwerte_ *WHO Richtlinie*

Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) hat ihre globalen Richtlinien für Luftqualität (*Global Air Quality Guidelines*) drastisch verschärft.

Da es in der medizinischen Forschung keinen Beleg für eine völlig unbedenkliche Feinstaubkonzentration gibt, wurden die empfohlenen Maximalwerte für die beiden wichtigsten Feinstaubkategorien erheblich gesenkt:

Schadstoff	Werttyp	WHO-Richtwert (Neu)	Alter WHO-Wert (bis 2021)
PM _{2,5}	Jahresmittel	5 µg/m ³	10 µg/m ³
PM _{2,5}	24-Stunden-Mittel	15 µg/m ³	25 µg/m ³
PM ₁₀	Jahresmittel	15 µg/m ³	20 µg/m ³
PM ₁₀	24-Stunden-Mittel	45 µg/m ³	50 µg/m ³



Die Richtlinien der WHO sind wissenschaftliche Empfehlungen und rechtlich nicht bindend. Sie dienen jedoch weltweit als Orientierung für die Gesetzgebung.

64. Jahrestagung für Sicherheit im Bergbau

Windischgarsten
17. bis 19. Juni 2026

 Bundesministerium
Finanzen



Grenzwerte_Österreich

Das Thema Feinstaub ist regulatorisch zweigeteilt:

Immissionsschutz

Der Immissionsschutz im Bereich Feinstaub befasst sich mit der Qualität der Luft, die uns alle umgibt (Außenluft), und wie empfindliche Ökosysteme sowie die Bevölkerung vor schädlichen Umwelteinwirkungen geschützt werden können.

Arbeitnehmerschutz

Während es beim Immissionsschutz darum geht, die Allgemeinheit und die Umwelt im Umkreis einer Anlage zu schützen, fokussiert sich der Arbeitnehmerschutz (Arbeitsschutz) auf das Individuum (den Mitarbeiter) direkt am Entstehungsort.

Die Regulierungen orientiert sich an zwei Definitionen:

- PM_{10} : Partikel $< 10 \mu m$ (entspricht grob dem E-Staub)
- $PM_{2,5}$: Partikel $< 2,5 \mu m$ (entspricht dem A-Staub/Feinstaub).

Grenzwerte *Immissionsschutzgesetz-Luft (IG-L)*

Das IG-L dient dem dauerhaften Schutz der Gesundheit des Menschen sowie der Tier- und Pflanzenwelt vor schädlichen Luftschadstoffen. Für partikelförmige Luftverunreinigungen (PM_{10}) definiert das Gesetz **strikte Immissionsgrenzwerte**:

Tagesmittelwert (TMW):

Der Grenzwert für den TMW beträgt $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Dieser Wert darf pro Kalenderjahr an maximal 25 Tagen überschritten werden (gemäß § 3 Abs. 1 i.V.m. Anlage 1a IG-L).

Jahresmittelwert (JMW):

Der Grenzwert für das Kalenderjahr beläuft sich auf $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

64. Jahrestagung für Sicherheit im Bergbau

Windischgarsten
17. bis 19. Juni 2026

 Bundesministerium
Finanzen



Grenzwerte_*Immissionsschutzgesetz-Luft (IG-L)*

Für die noch kleineren, lungengängigen Partikel ($PM_{2,5}$) legt das IG-L einen reinen **Jahresmittelwert** von $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Ein spezifischer **Tagesmittelwert** ist für $PM_{2,5}$ im IG-L **nicht verankert**.

Zudem ist für den **Grobstaubbereich** der Staubniederschlag (Sedimentationsstaub) relevant, dessen Grenzwert bei $210 \text{ mg}/\text{m}^2$ als **Jahresmittelwert** definiert ist.

64. Jahrestagung für Sicherheit im Bergbau

Windischgarsten
17. bis 19. Juni 2026

Grenzwerte_EU-Luftqualitätsrichtlinie

Das Europäische Parlament im Rahmen des *European Green Deal* eine Überarbeitung der EU-Luftqualitätsrichtlinie beschlossen, welche bis zum Jahr 2030 schrittweise in nationales Recht überführt werden muss.

Schadstoff-fraktion	Bezugszeitraum	IG-L (AT)	EU-Richtlinie (aktuell)	EU-Zielwert (ab 2030)	WHO-Richtwert (2021)
PM ₁₀	Tagesmittelwert (TMW)	50 µg/m ³ (max. 25 Überschreitungen)	50 µg/m ³ (max. 35 Überschreitungen)	45 µg/m ³ (max. 18 Überschreitungen)	45 µg/m ³ (max. 3-4 Überschreitungen)
PM ₁₀	Jahresmittelwert (JMW)	40 µg/m ³	40 µg/m ³	20 µg/m ³	15 µg/m ³
PM _{2,5}	Tagesmittelwert (TMW)	-	-	25 µg/m ³	15 µg/m ³
PM _{2,5}	Jahresmittelwert (JMW)	25 µg/m ³	25 µg/m ³	10 µg/m ³	5 µg/m ³

Grenzwerte_*ArbeitnehmerInnenschutzgesetz (ASchG)*

Die **Grenzwerte am Arbeitsplatz** liegen aufgrund der zeitlich begrenzten Exposition (in der Regel 8 Stunden pro Arbeitstag) meist höher als die Immissionsgrenzwerte für die Allgemeinbevölkerung, beziehen sich dafür aber dezidiert auf die Einatmung am Arbeitsplatz.

■ Gesetzliche Grenzwerte (MAK-Werte) für allgemeine Stäube:

Für allgemeine, nicht-toxische Stäube (sogenannte **Inertstäube**, von denen keine spezifische Giftwirkung ausgeht, z. B. Kalkstein, Gips, Marmor) gelten nach **Grenzwerteverordnung (GKV)** folgende Tagesmittelwerte:

- E-Staub: 10 mg/m³ (TMW)
- A-Staub: 5 mg/m³(TMW)

■ Gesetzliche Grenzwerte (MAK-Werte) für Quarzstaub:

- Quarzhaltiger Alveolenstaub (A-Staub): 50µg/m³

Grenzwerte_*ArbeitnehmerInnenschutzgesetz (ASchG)*

Da im Arbeitsalltag Staubbelastungen oft stoßweise auftreten (z. B. beim Abkippen eines Lkw oder beim Reinigen von Filtern), regelt die GKV auch sogenannte Kurzzeitwerte (KZW):

- Gesetzliche Kurzzeitwerte (KZW) für allgemeine E-Stäube:

Für den allgemeinen E-Staub gilt ein Überschreitungsfaktor von 2.

Das bedeutet:

Für einen Zeitraum von maximal 60 Minuten pro Schicht darf die Konzentration kurzzeitig bis zu **20 mg/m³** betragen, sofern der Durchschnitt über die gesamte 8-Stunden-Schicht den Wert von **10 mg/m³** nicht überschreitet.

Gefahren

Die pathophysiologische Wirkung von Feinstaub hängt primär von der Partikelgröße ab.

Größere Teilchen (PM_{10}) werden im Nasen-Rachen-Raum abgefangen, können jedoch chronische Bronchitis auslösen.

Ultrafeiner Feinstaub ($PM_{2,5}$) ist alveolengängig; er dringt tief bis in die Lungenbläschen vor. Dort attackieren die Partikel das Gewebe und aktivieren Makrophagen, was **lokale Entzündungen** und **langfristig Vernarbungen** (wie Silikose bei Quarzstaub) bewirkt.

Besonders gefährlich:

Kleinste Partikel überwinden die **Luft-Blut-Schranke**. Sie gelangen direkt in den Blutkreislauf, schädigen Gefäßwände, erhöhen die Blutviskosität und triggern systemische Entzündungen. Die gravierenden Folgen sind ein signifikant erhöhtes Risiko für **Herzinfarkte**, **Schlaganfälle**, **Arteriosklerose** sowie **Lungenkrebs**.

Messtechnik_Normen

ÖNORM EN 481 (bzw. DIN EN 481):

Arbeitsplatzatmosphäre - Definition der Fraktionen zur Messung von Schwebstoffen

Dies ist die europäische Basisnorm, die exakt festlegt, was als „inatembare“, „thorakale“ und „alveolengängige“ Fraktion gilt.

DIN EN ISO 23210:

Emissionen aus stationären Quellen - Bestimmung der Massenkonzentration von PM_{10} und $PM_{2,5}$ im Abgas

Wichtig für die messtechnische Charakterisierung von Staubquellen.

VDI-Richtlinie 2463 (Blätter 1–12)

Messen von Partikeln; Messen von Schwebstaub in der Außenluft

Die Richtlinien des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI) gelten als Standardwerke für die Charakterisierung und Messtechnik von Stäuben im deutschsprachigen Raum.

Messtechnik_Messung von Feinstaub

Die Messung von Feinstaub erfolgt über verschiedene physikalische und chemische Verfahren. Je nach Einsatzzweck – ob für behördliche Referenzmessungen, die kontinuierliche Luftgüteüberwachung in Städten oder den mobilen Arbeitsschutz – unterscheidet man primär zwischen:

- direkten (gravimetrischen) Verfahren und
- indirekten (automatischen/optischen) Verfahren.
 - *Optische Verfahren (Nephelometrie und OPC)*
 - *Beta-Absorptions-Verfahren (BAM)*

Messtechnik_*Optische Verfahren*

Diese Methode kommt in modernen IoT-Messgeräten (Omnidots Swarm Air) und mobilen Handmessgeräten zum Einsatz.

Funktionsweise: Die angesaugte Probenluft wird durch eine Messkammer geleitet und mit einem Laserstrahl bestrahlt. Die in der Luft schwebenden Staubpartikel streuen das Licht. Ein Photodetektor misst die Intensität dieses Streulichts (entweder in einem bestimmten Winkel beim Nephelometer oder partikelweise beim Optical Particle Counter (OPC)). Über Algorithmen wird aus der Lichtstreuung auf die Partikelanzahl und die Masse umgerechnet.

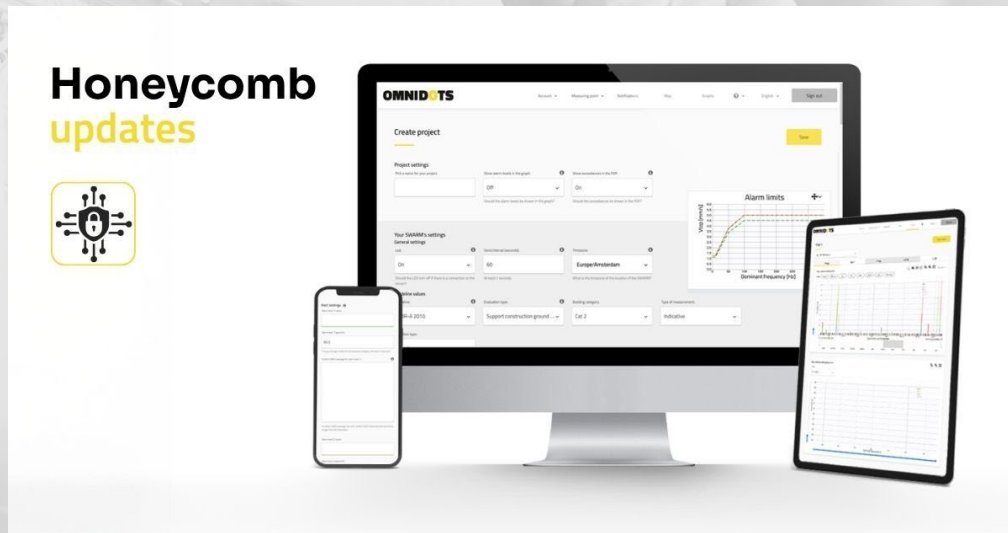
Vorteil:

Liefert hochauflösende Echtzeitdaten (Sekunden- oder Minutentakt), ist kostengünstig, kompakt und wartungsarm.

Nachteil:

Indirektes Messverfahren. Die Geräte müssen regelmäßig gegen gravimetrische Systeme kalibriert werden, da die Lichtstreuung stark von der Farbe, Form und Dichte des Staubs abhängt. Zudem kann hohe Luftfeuchtigkeit (Nebel) das Ergebnis verfälschen, weshalb gute Geräte die Luft vorheizen.

Messtechnik_Omnidots Swarm Air



64. Jahrestagung für Sicherheit im Bergbau

Windischgarsten
17. bis 19. Juni 2026

 Bundesministerium
Finanzen



Messtechnik *Beta-Absorptions-Verfahren (BAM)*

Ein vollautomatisches Verfahren, das häufig in offiziellen Messstationen des Landes (z. B. SAGIS-Stationen) für die kontinuierliche Berichterstattung genutzt wird.

Funktionsweise: Staubpartikel werden kontinuierlich auf einem filternden Glasfaserband abgeschieden. Vor und nach der Staubbeladung wird dieser Filterabschnitt mit Beta-Strahlung (elektronische Teilchenstrahlung aus einer schwachen radioaktiven Quelle) bestrahlt. Der Staub auf dem Filter absorbiert einen Teil der Strahlung. Die Abschwächung des Signals ist direkt proportional zur Masse des gesammelten Staubs.

Vorteil:

Liefert kontinuierliche und sehr präzise Daten (meist Stundenmittelwerte) ohne manuellen Filterwechsel im Labor.

Nachteil:

Hohe Anschaffungs- und Betriebskosten, ortsgebunden (große Messcontainer).



64. Jahrestagung für Sicherheit im Bergbau

Windischgarsten
17. bis 19. Juni 2026

Fallstudie *_Kalkwerk Golling (Ofenauerberg)*

 Bundesministerium
Finanzen


Technical University
of Leoben



64. Jahrestagung für Sicherheit im Bergbau

Windischgarsten
17. bis 19. Juni 2026

Fallstudie_Kalkwerk Golling (Ofenauerberg)

Produktion: 500.000 t/Jahr

1 Sprengung pro Woche

2 sLKW (60 & 70t)

Brecher-Sturzschant



Definierte Quellen – Diffuse Quellen

Messzeitraum der Immissionsmessungen

09.05.2025 bis 01.07.2025

Position der Messstellen

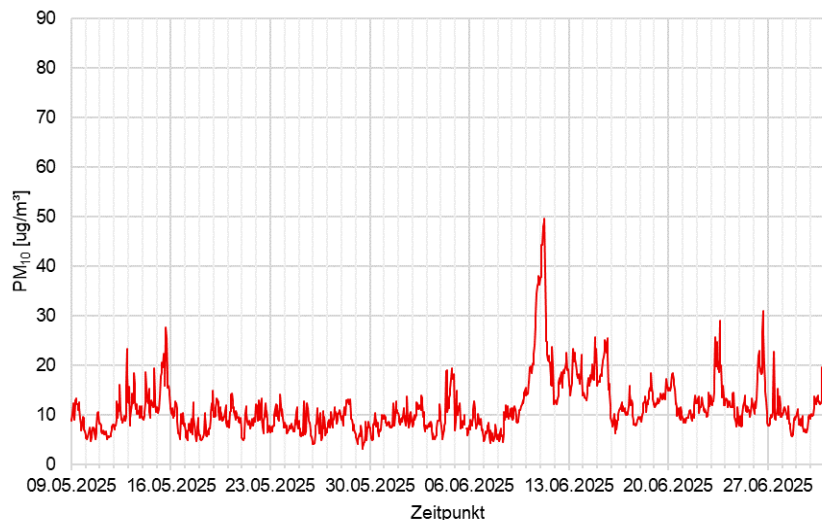
Nr.	Messstelle	Rechtswert	Hochwert	DTM	Distanz zu Nr.1
1	Leube SWARM Rangierfläche	-11 844,24	270 354,09	+860,9müA	-
2	Leube Wetterstation Brechergebäude	-11 863,84	270 354,28	+855,7müA	20m
3	SAGIS Station Hallein A10	-16 850,14	283 658,19	+451,2müA	14 210m
4	Geosphere 9406 Umspannwerk Golling	-11 340,96	272 506,73	+490,4müA	2 210m

64. Jahrestagung für Sicherheit im Bergbau

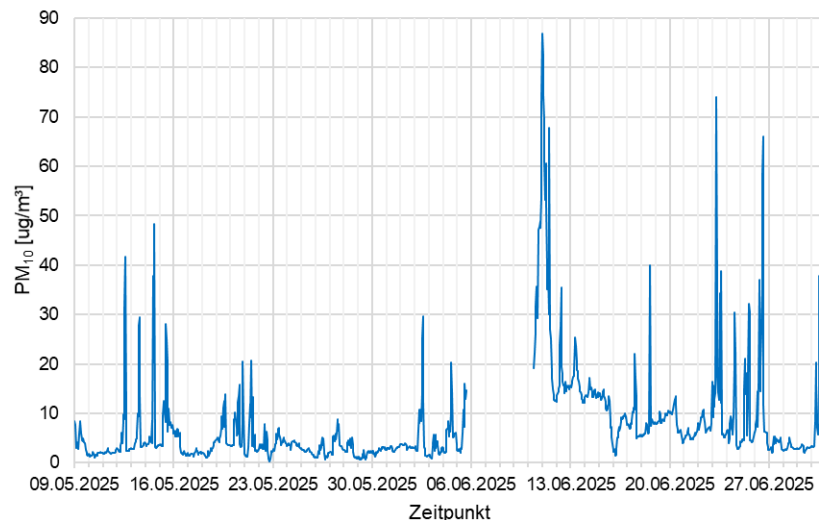
Windischgarsten
17. bis 19. Juni 2026

Fallstudie_Kalkwerk Golling (Ofenauerberg)

PM₁₀ STM über den Messzeitraum



Messtelle Hallein



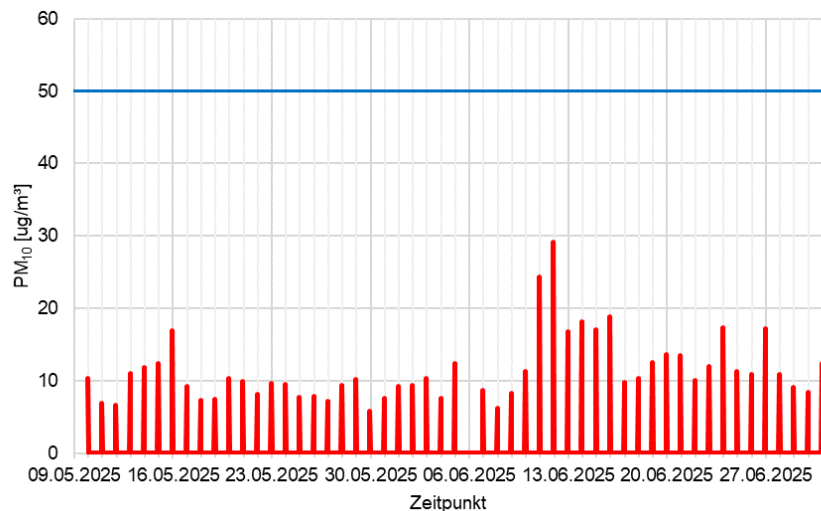
Messtelle *Ofenauerberg*

64. Jahrestagung für Sicherheit im Bergbau

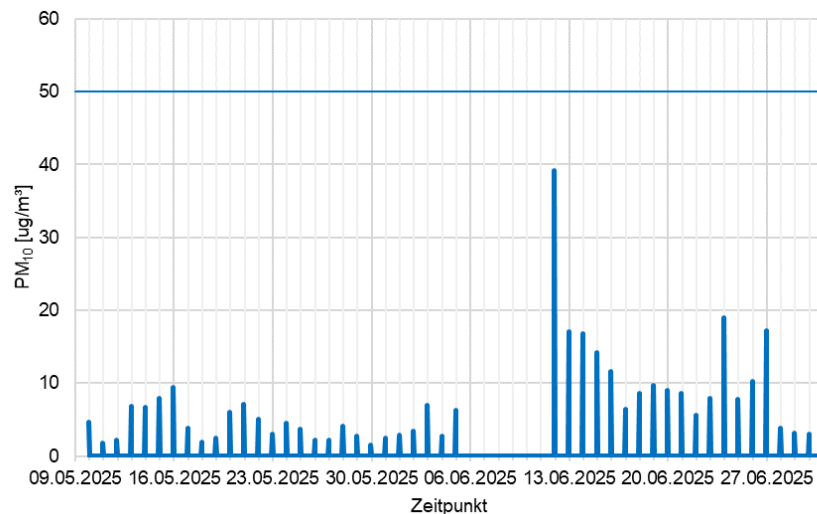
Windischgarsten
17. bis 19. Juni 2026

Fallstudie_Kalkwerk Golling (Ofenauerberg)

PM₁₀ TMW über den Messzeitraum



Messtelle Hallein



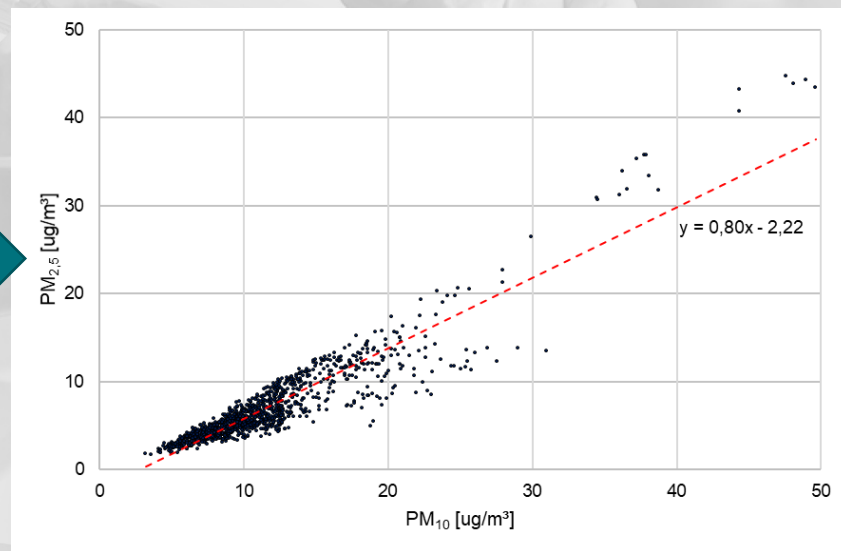
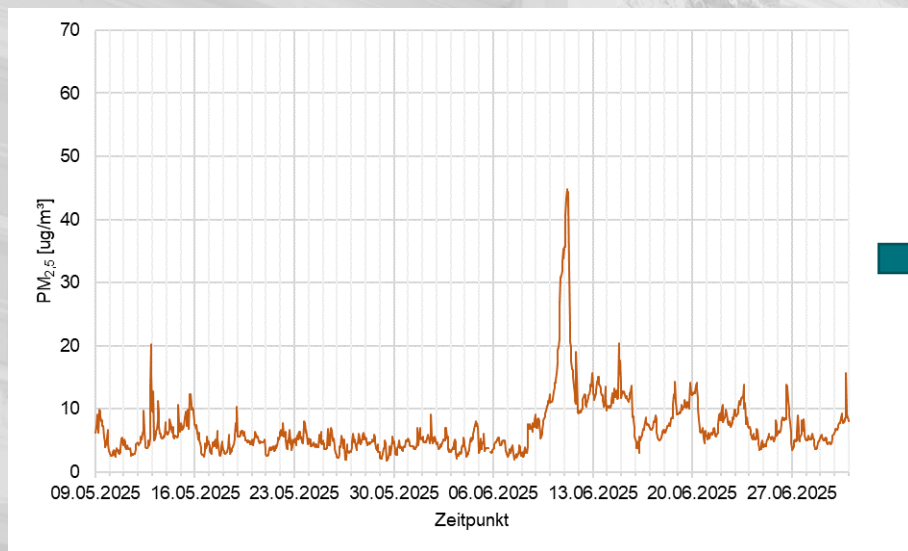
Messtelle *Ofenauerberg*

64. Jahrestagung für Sicherheit im Bergbau

Windischgarsten
17. bis 19. Juni 2026

Fallstudie_Kalkwerk Golling (Ofenauerberg)

PM_{2,5} STM über den Messzeitraum



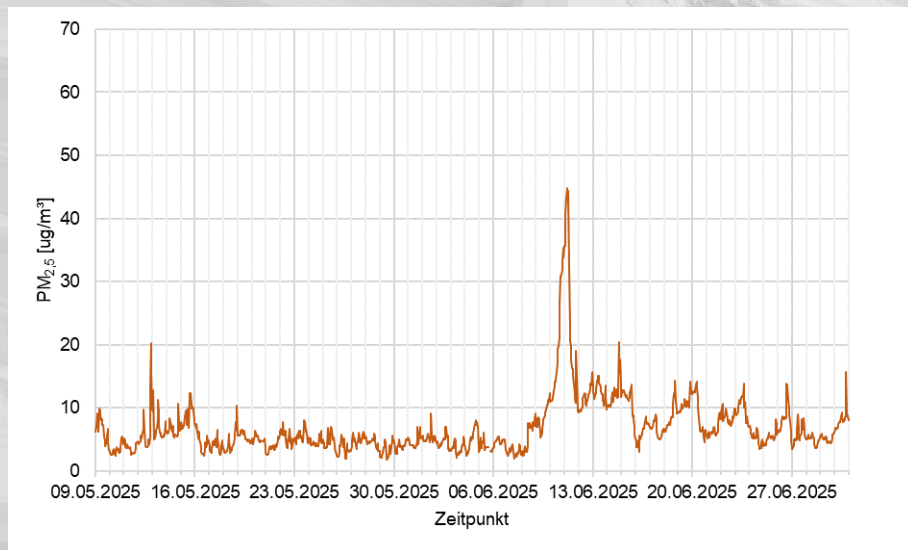
Messtelle Hallein

64. Jahrestagung für Sicherheit im Bergbau

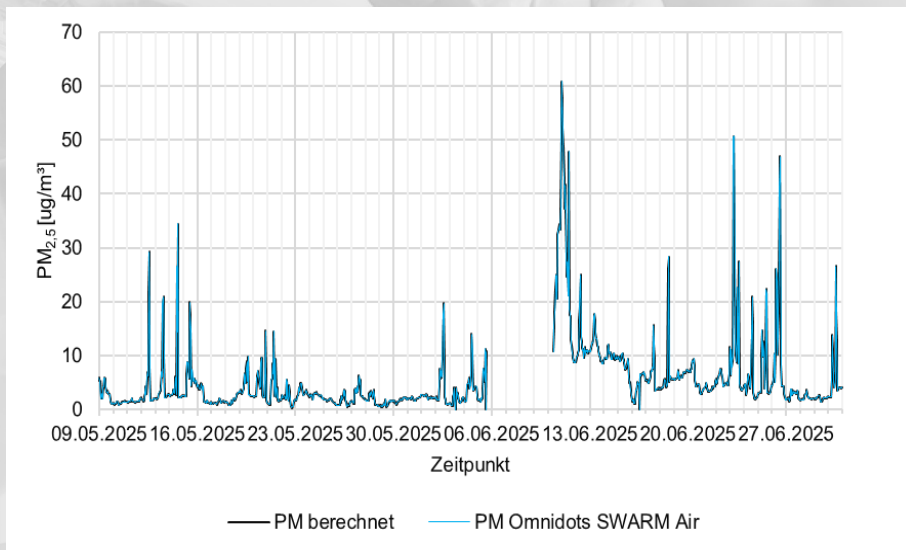
Windischgarsten
17. bis 19. Juni 2026

Fallstudie_Kalkwerk Golling (Ofenauerberg)

PM_{2,5} STM über den Messzeitraum



Messtelle Hallein



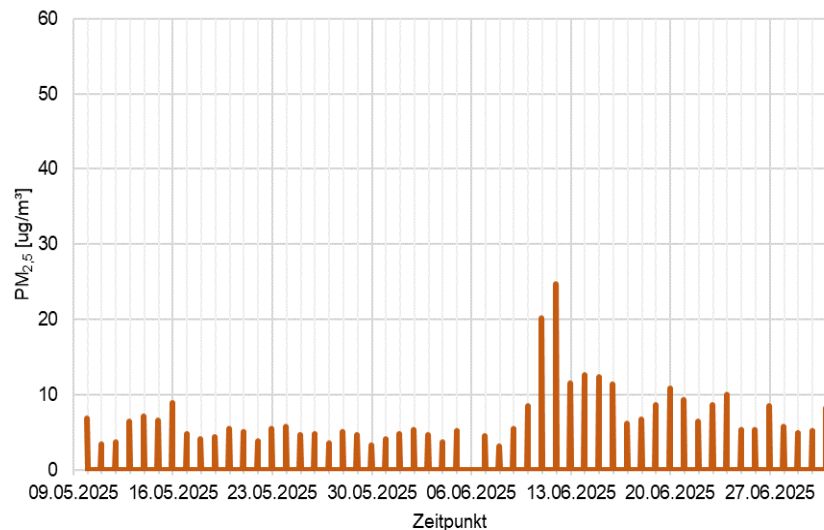
Messtelle *Ofenauerberg*

64. Jahrestagung für Sicherheit im Bergbau

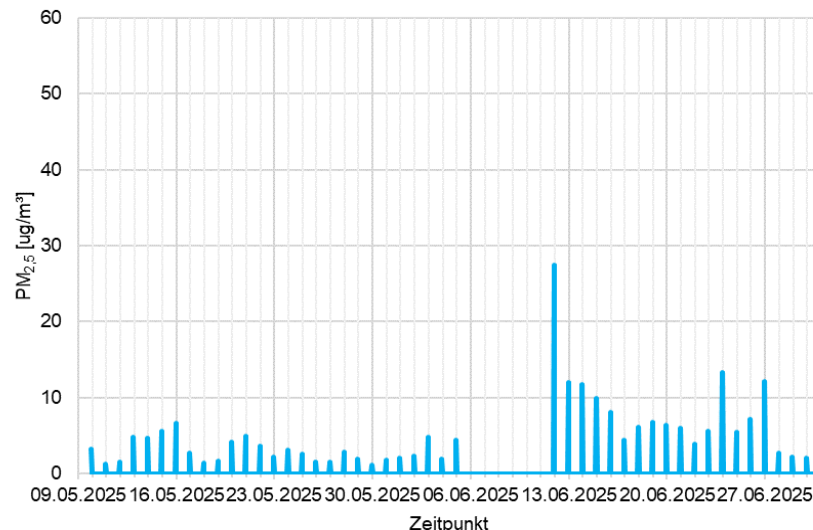
Windischgarsten
17. bis 19. Juni 2026

Fallstudie_Kalkwerk Golling (Ofenauerberg)

PM_{2,5} TMW über den Messzeitraum



Messtelle Hallein



Messtelle *Ofenauerberg*

64. Jahrestagung für Sicherheit im Bergbau

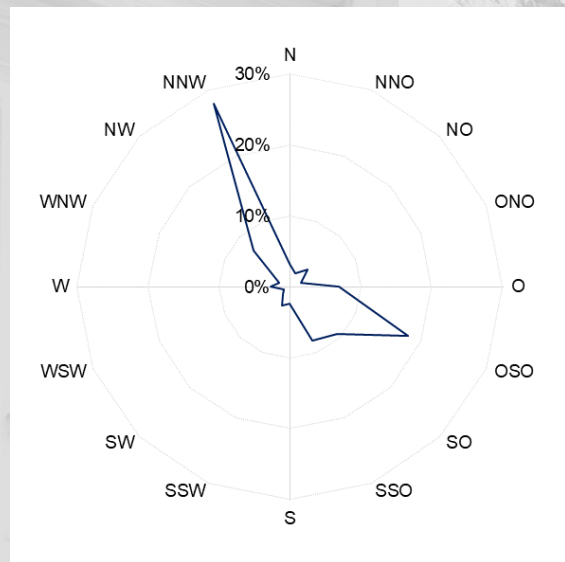
Windischgarsten
17. bis 19. Juni 2026

 Bundesministerium
Finanzen

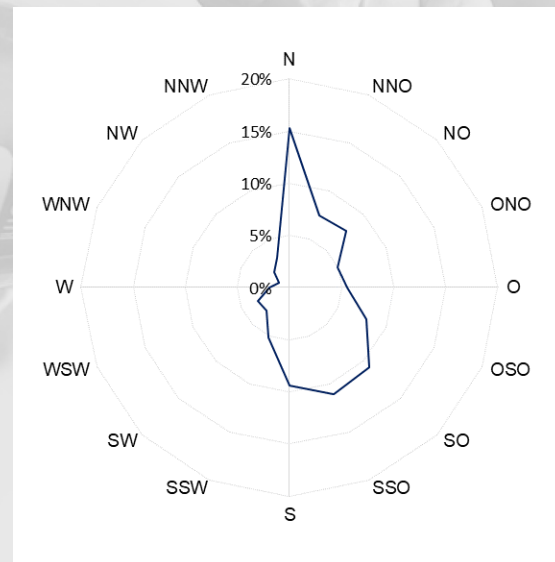


Fallstudie_Kalkwerk Golling (Ofenauerberg)

Windrichtungshäufigkeit



Hallein A10



Ofenauerberg

64. Jahrestagung für Sicherheit im Bergbau

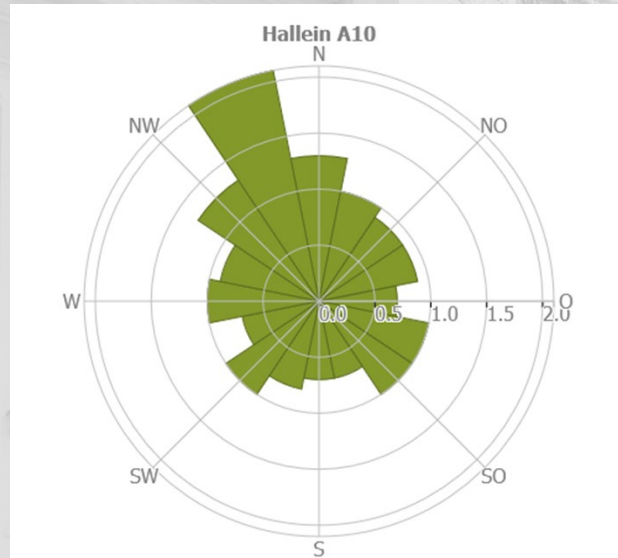
Windischgarsten
17. bis 19. Juni 2026

 Bundesministerium
Finanzen

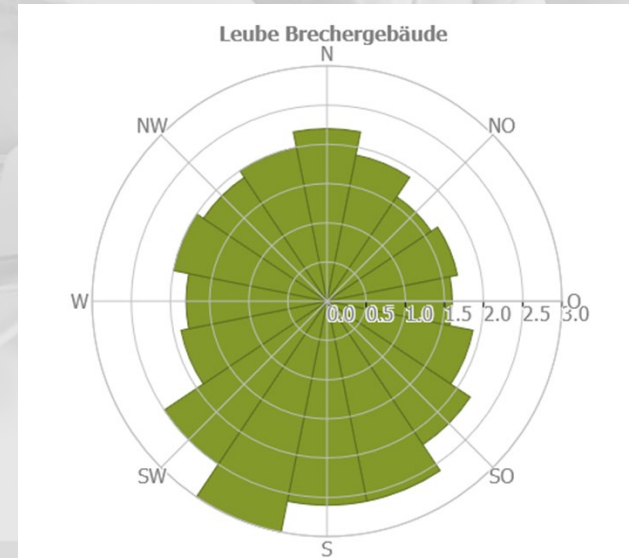


Fallstudie_Kalkwerk Golling (Ofenauerberg)

Windgeschwindigkeit Quelle: <https://geographyfieldwork.com/RoseDiagramCreator.html>



Hallein A10



Ofenauerberg

64. Jahrestagung für Sicherheit im Bergbau

Windischgarsten
17. bis 19. Juni 2026

Fazit *Allgemein*

 Bundesministerium
Finanzen


Technical University
of Leoben



Luftqualitätsdaten

Luftqualitätsleitfaden

News

Initiativen

Support

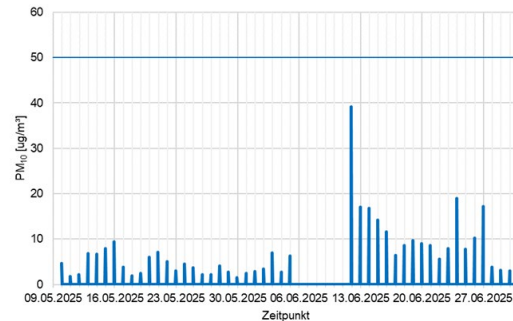
Shop

Luftqualität

Klima

Waldbrände

Europa Luftqualität Alarm: Kanadischer Lauffeuerrauch



📅 12. Juni 2025 | 2 Minuten Lesedauer | von IQAir Staff Writers

Fazit_Messgerät Omnidots Swarm Air

Stärken des Omnidots Swarm Air

- Automatisierte Messergebnisse
- Hohe zeitliche Auflösung
- **Fernzugriff auf Messergebnisse**
- Darstellung der Messung als Diagramm auf der Web-Plattform
- Zugriff zu Messergebnissen über Web-Plattform für mehrere Nutzer möglich
- **Feinstaub wird bereits bei minimaler Konzentration gemessen**
- Messung mehrerer Korngrößen zeitgleich
- Temperaturmessung möglich
- Wartungsarm, robust und wetterfest
- Einfache Installation an der Messstelle

Schwächen des Omnidots Swarm Air

- **Kein selbstständiges Hochfahren** nach kurzzeitigem Stromausfall
- Datenauswertung und -bearbeitung erst nach Export möglich
- Unterbrechungen der Messung führen zu fehlenden Datenpunkten, die Ergebnistabelle setzt ohne sichtbare Lücke fort
- In **Regen gebundener Feinstaub** wird nicht detektiert

Fazit *Bewertung der Messergebnisse*

- Aus den Messergebnissen geht hervor, dass es eine **Korrelation** von PM_{10} mit $PM_{2,5}$ gibt
- Erhöhte Messwerte treten meist zur Mitte des Tages bzw. am frühen Nachmittag auf
- Über den betrachteten Zeitraum ist die Feinstaubkonzentration PM_{10} an der Messstelle Hallein A10 beinahe durchgehend höher als an der Messstelle Ofenauerberg
- Der TMW-Grenzwert nach IG-L wurde im Messzeitraum an der Messstelle Ofenauerberg nie überschritten ($39\mu g/m^3$)
- Mit diesen Messungen wird der Feinstaubgehalt in der Luft nachgewiesen, eine direkte Zuordnung zu den verschiedenen Emissionsquellen im Tagebau ist allerdings nur bedingt möglich.
- Messspitzen könnten auf die Anzahl bzw. Häufung der Materialverkipfung am Brecher hinweisen

Fazit *Bewertung der Messergebnisse*

- Aus den Messergebnissen geht hervor, dass es eine **Korrelation** von PM_{10} mit $\text{PM}_{2,5}$ gibt
- Erhöhte Messwerte treten meist zur Mitte des Tages bzw. am frühen Nachmittag auf
- Über den betrachteten Zeitraum ist die Feinstaubkonzentration PM_{10} an der Messstelle Hallein A10 beinahe durchgehend höher als an der Messstelle Ofenauerberg
- Der TMW-Grenzwert nach IG-L wurde im Messzeitraum an der Messstelle Ofenauerberg nie überschritten ($39\mu\text{g}/\text{m}^3$)
- Mit diesen Messungen wird der Feinstaubgehalt in der Luft nachgewiesen, eine direkte Zuordnung zu den verschiedenen Emissionsquellen im Tagebau ist allerdings nur bedingt möglich.
- Messspitzen könnten auf die Anzahl bzw. Häufung der Materialverkipfung am Brecher hinweisen

64. Jahrestagung für Sicherheit im Bergbau

Windischgarsten
17. bis 19. Juni 2026

 Bundesministerium
Finanzen



Feinstaub- und Partikelmessungen in rauesten Umgebungen

Glück Auf!

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Move mountains

Quellenverzeichnis

- BM für Digitalisierung und Wirtschaftsstandort. (2013). Diffuse Staubemissionen - Technische Grundlage. Wien: Bundesministerium für Digitalisierung und Wirtschaftsstandort.
- European Environment Agency. (07/2024). Air pollution in Europe: 2024 reporting status under the National Emission reduction Commitments Directive. ISBN: 978-92-9480-651-2. Von <https://www.eea.europa.eu/publications/national-emission-reduction-commitments-directive-2024/air-pollution-in-europe-2024> abgerufen
- Duarte, J., & et al. (2022). Occupational Exposure to Mineral Dust in Mining and Earthmoving Works: A Scoping Review. Schweiz: MDPI. doi:<https://doi.org/10.3390/safety8010009>
- ISO 10473:2000. (2000). Ambient air - Measurement of the mass of particulate matter on a filter medium - Beta ray absorption method. International Organization for Standardization. Von <https://www.iso.org/standard/32943.html> abgerufen
- Kranabetter, H. L. (2023). Luftreinhalteprogramm nach § 9a IG-L. Salzburg: Abt.5 - Natur- und Umweltschutz, Gewerbe.
- Land Salzburg. (2025). Luftgüte Jahresbericht 2024. Salzburg: Land Salzburg.
- SLIC. (2016). Leitlinien für nationale Arbeitsaufsichtsbeamte zur Minderung der Risiken im Zusammenhang mit der Exposition von Bauarbeitern gegenüber alveolengängigem kristallinem Siliziumdioxid auf Baustellen. Niederlande: Europäische Kommission Beschäftigung, Soziales und Integration. Von <https://stopcarcinogensatwork.eu/de/good-practice/lungengaengiges-kristallines-siliziumdioxid-auf-baustellen/> abgerufen
- Stočes, B., & Jung, H. (1962). Staub- und Silikosebekämpfung im Bergbau. Prag: Walter de Gruyter GmbH & Co KG.
- VDI 2066 Blatt 10. (2004). Messen von Partikeln; Staubmessung in strömenden Gasen; Messung der Emissionen von PM10 und PM2,5 an geführten Quellen nach dem Impaktionsverfahren. Berlin: Beuth Verlag.
- VDI 2267 Blatt 1. (2019). Stoffbestimmung an Partikeln in der Außenluft. Düsseldorf: Beuth Verlag GmbH.
- VDI 2463 Blatt 1. (2024). Gravimetrische Bestimmung der Massenkonzentration luftgetragener Partikel in der Außenluft. Düsseldorf: DIN Media GmbH.
- VDI 3790 Blatt 1. (2015). Umweltmeteorologie – Emissionen – Begriffe, Einteilung. Düsseldorf: Beuth Verlag.
- VDI 3867 Blatt 1. (2009). Messen von Partikeln in der Außenluft. Düsseldorf: Beuth Verlag GmbH.
- VDI 4280 Blatt 1. (2012). Planung von Immissionsmessungen. Düsseldorf: Beuth Verlag GmbH.
- VDI 4285 Blatt 3. (2013). Messtechnische Bestimmung der Emissionen diffuser Quellen. Düsseldorf: Beuth Verlag.
- Vincent, J. (2007). Aerosol Sampling - Science, Standards, Instrumentation and Applications. Michigan: John Wiley & Sons Ltd.
- Weltgesundheitsorganisation. (2021). Globale Luftgüteleitlinien der WHO: Feinstaubpartikel (PM2,5 und PM10), Ozon, Stickstoffdioxid, Schwefeldioxid und Kohlenmonoxid. Zusammenfassung. Kopenhagen: Weltgesundheitsorganisation Regionalbüro für Europa.