



TECHNISCHES KOMPENDIUM

# KOMPENDIUM INDUSTRIEREINIGUNG

Maschinenreinigung, Spezialverfahren & Compliance

---

Technische Dokumentation für Produktionsanlagen –  
Spezialverfahren wie Trockeneisstrahlen (non-abrasiv), Einhaltung des  
Wasserhaushaltsgesetzes (WHG), Maschinenreinigung während der  
Instandhaltung und Sicherheitsvorschriften (PSA, Gefährdungsbeurteilung) für  
Industriebetriebe in Oldenburg und Umgebung

---

## Jonas Gebäudereinigung

---

[www.jonas-gebäudereinigung.de](http://www.jonas-gebäudereinigung.de)

# Trockeneisstrahlen & Spezialverfahren

Non-abrasive Reinigung von Produktionsanlagen



## Trockeneisstrahlen: Kryogenes Reinigungsverfahren

**Trockeneisstrahlen** (Trockeneisreinigung, CO<sub>2</sub>-Strahlverfahren) ist ein non-abrasives, umweltfreundliches Reinigungsverfahren für hochsensible Produktionsanlagen. Das Verfahren basiert auf dem **thermischen Schockeffekt**: CO<sub>2</sub>-Pellets (-78,5°C) werden mit Druckluft (3-16 bar) auf kontaminierte Oberflächen geschossen, kühlen Verschmutzungen schlagartig ab und sprengen sie durch **Sublimation** (direkter Übergang vom festen in gasförmigen Zustand) ab. Das Verfahren ist **rückstandsfrei** (kein Sekundärabfall), **elektrisch leitfähig** (reinigung elektrischer Anlagen im Betrieb möglich, wenn Schutzmaßnahmen beachtet werden) und **nicht korrosiv**. Einsatzbereiche: Maschinenreinigung, Formreinigung (Kunststoff, Gummi), Entfernung von Öl, Fett, Ruß, Klebstoffresten, Lackenschichtung.

### Verfahrensparameter Trockeneisstrahlen

- CO<sub>2</sub>-Pelletgröße:** 1,7 mm oder 3 mm Durchmesser (pelletabhängige Aggressivität)
- Strahldruckbereich:** 3-16 bar (anlagenabhängig, sensible Oberflächen: 3-6 bar)
- Ausstoßgeschwindigkeit:** bis zu 300 m/s (Schallgeschwindigkeit)
- CO<sub>2</sub>-Verbrauch:** 50-150 kg/h je nach Düsengröße und Kontaminationsgrad
- Flächenleistung:** 2-10 m<sup>2</sup>/h je nach Verschmutzungsart



## Reinigungsmechanismen: Thermischer Schock, Kinetik, Sublimation



### Thermischer Schock

Temperaturschocksprengung durch Abkühlung auf -78,5°C. Kontamination versprödet, löst sich von Substrat durch unterschiedliche Wärmeausdehnungskoeffizienten ( $\Delta T \approx 100-150$  K).



### Kinetische Energie

Hohe Aufprallgeschwindigkeit (bis 300 m/s) erzeugt mechanische Schlagwirkung. Verschmutzungen werden von Oberfläche gelöst, nicht abrasiert (non-abrasiv).



### Sublimationseffekt

CO<sub>2</sub> sublimiert direkt zu Gas (keine Flüssigphase), expandiert um Faktor 800. Volumenzunahme sprengt Verschmutzung ab, keine Rückstände.



### Lösemitteleffekt

CO<sub>2</sub> wirkt als Lösemittel auf organische Kontaminationen (Öle, Fette). Verbessert Reinigungseffizienz bei lipophilen Verschmutzungen.



## Vergleich: Trockeneisstrahlen vs. konventionelle Verfahren

Kriterium	Trockeneisstrahlen	Sandstrahlen	Hochdruckreinigung
Abrasivität	Non-abrasiv (keine Substratabtragung)	Hoch abrasiv (Materialabtrag)	Gering (druckabhängig)

# WHG-Compliance & Maschinensicherheit

## Rechtssicherheit bei Industriereinigung

### Wasserhaushaltsgesetz (WHG): Anforderungen an Industriereinigung

Das **Wasserhaushaltsgesetz (WHG)** in Verbindung mit der **Anlagenverordnung (AwSV)** regelt den Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (WGK 1-3) in Produktionsanlagen. Bei Reinigungsarbeiten sind **Verschleppung** (Austrag von Kontaminationen im Boden/Grundwasser) und **Abwasserkontamination** zu verhindern. Relevante Normen: **§62 WHG** (Anlagenverordnung), **AwSV §17-19** (Betriebsanweisung, Fachbetrieb), **DIN 1999-100** (Sicherungseinrichtungen), **VAwS** (Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen – landesrechtlich).

#### WHG-Compliance: Pflichtmaßnahmen bei Reinigung

**§62 WHG / AwSV:** Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (z.B. Maschinenöle WGK 2, Hydraulikflüssigkeiten WGK 1-2) müssen **leckagesicher** sein. Bei Reinigung: **Auffangwannen** (Volumen  $\geq 100\%$  größtes Gebinde oder 10% Gesamtmenge) unter Reinigungsbereich positionieren. Kontaminiertes Wasser als **Sonderabfall** entsorgen (AVV 07 05 14 / 16 07 08). **Fachbetriebspflicht (§62 Abs. 1):** Reinigung von WHG-Anlagen nur durch **zertifizierten Fachbetrieb** nach §62 WHG (Nachweis erforderlich). **Dokumentation:** Reinigungsprotokolle mit Datum, Umfang, verantwortlicher Person (Aufbewahrungspflicht 5 Jahre).

### Maschinenreinigung während der Instandhaltung (DIN 31051)

**Instandhaltung** umfasst Wartung, Inspektion, Instandsetzung und Verbesserung (DIN 31051). Reinigung ist integraler Bestandteil der **Wartung** (Maßnahmen zur Verzögerung des Abbaus des vorhandenen Abnutzungsvorrats). Bei geplanten Maschinenstillständen (Revision, Jahreswartung): **produktionsintegrierte Reinigung** minimiert Ausfallzeiten. Kritische Bereiche: **Lager** (Entfernung von Altfett/Abrieb), **Getriebe** (Ölwechsel + Innenreinigung), **Hydraulikkomponenten** (Partikelentfernung), **Kühlkreisläufe** (Biofilm-Entfernung). Verfahren: Trockeneisstrahlen (non-abrasiv), Hochdruckreinigung (bis 500 bar), Ultraschallreinigung (kleinteile), manuelle Nassreinigung (lösemittelbasiert, nur mit Schutzmaßnahmen).



#### Energiefreischaltung (LOTO)

**Lock-Out/Tag-Out (LOTO)** gemäß DIN EN 1037: Maschine spannungsfrei schalten, gegen Wiedereinschalten sichern (Vorhangeschloss), Restenergie ableiten (Hydraulikdruck, Pneumatik). Freischaltprotokoll erstellen.



#### Gefährdungsbeurteilung (ArbSchG)

Vor Reinigungsarbeiten: **Gefährdungsbeurteilung** nach §5 ArbSchG erstellen. Gefahren: Quetschstellen, Absturzgefahr, Gefahrstoffe, elektrische Spannung. Schutzmaßnahmen dokumentieren (STOP-Prinzip).



#### Ex-Schutz in ATEX-Bereichen

Bei Reinigung in **explosionsgefährdeten Bereichen** (ATEX-Zone 1/2): Nur Ex-geschützte Geräte (II 2G, ATEX-Zertifikat), funkenfreies Werkzeug, elektrostatisch ableitende Kleidung (EPA-Schutzzanzug).



#### Abwasserentsorgung (AbwV)

**Abwasserverordnung (AbwV):** Kontaminiertes Reinigungswasser darf nicht in Kanalisation eingeleitet werden (Grenzwerte Anhang 22, 40, 51 prüfen). Abscheider (Öl-, Fettab scheider) oder Entsorgung als Sonderabfall.



### Betriebsanweisung & Arbeitsfreigabe

# Arbeitssicherheit & PSA-Anforderungen

Persönliche Schutzausrüstung in der Industriereinigung

## PSA-Kategorien nach PSA-Verordnung (EU) 2016/425

**Persönliche Schutzausrüstung (PSA)** ist bei Industriereinigung nach §3 PSA-Benutzungsverordnung (PSA-BV) zwingend erforderlich. PSA-Kategorien: **Kategorie I** (einfache PSA, z.B. Handschuhe gegen geringe Risiken), **Kategorie II** (mittlere Risiken, z.B. Gehörschutz, Sicherheitsschuhe S3), **Kategorie III** (irreversible Gesundheitsschäden/Todesgefahr, z.B. Atemschutz, Absturzsicherung). Reinigungsarbeiten erfordern typischerweise **Kategorie II/III-PSA**. Auswahl nach Gefährdungsbeurteilung (§5 ArbSchG). Arbeitgeber muss PSA kostenlos bereitstellen, Unterweisung durchführen (§12 ArbSchG), Funktionsprüfung sicherstellen.



### Kopfschutz (EN 397)

**Industrieschutzhelm** bei Arbeiten unter hängenden Lasten, Kränen, in Anlagen mit Anstoßgefahr. Anforderung: Stoßdämpfung  $\geq 5000\text{ N}$ , seitlicher Schutz. Bei elektrischen Anlagen: **elektrisch isolierend (Klasse 0, bis 1000 V AC)**.



### Augenschutz (EN 166)

**Vollsichtbrille** bei Hochdruckreinigung (Spritzwasser), Strahlarbeiten (Partikelflug), chemischer Reinigung (Ätzgefahr). Anforderung: Panoramasichtscheibe, Anti-Beschlag-Beschichtung, Chemikalienbeständigkeit (Kennzeichnung: 3-4-3).



### Gehörschutz (EN 352)

**Kapselgehörschutz** (SNR  $\geq 30\text{ dB}$ ) bei lärmintensiven Verfahren (Trockeneisstrahlen 90-110 dB(A), Hochdruckreinigung 85-100 dB(A)). Ab 85 dB(A): Gehörschutzwicht (LärmVibrationsArbSchV). Wöchentliche Funktionsprüfung (Dichtpolster).



### Handschutz (EN 374, EN 388)

**Chemikalienschutzhandschuhe** (EN 374, Typ A:  $\geq 6$  Chemikalien, Durchbruchzeit  $>30\text{ min}$ ) bei lösemittelbasierter Reinigung. **Schnittschutzhandschuhe** (EN 388, Stufe C/D) bei mechanischen Arbeiten. Material: Nitril (ölbeständig), Neopren (universell), Butyl (säuren).



## Atemschutz: Auswahl nach Schadstoffexposition

**Atemschutz** erforderlich bei Exposition gegenüber: Stäuben (Feinstaub PM10, PM2,5), Dämpfen (organische Lösemittel), Gasen ( $\text{CO}_2$  bei Trockeneisstrahlen, Ozon bei Ozonreinigung), Aerosolen (Hochdrucknebel). Atemschutzarten: **Partikelfiltrierende Halbmasken (FFP-Masken)** – FFP2 (Filterwirkung 94%, max. 10x AGW) für Stäube, FFP3 (99%, max. 30x AGW) für toxische Stäube. **Halbmasken mit Wechselfiltern** (EN 140) – Filter A (organische Gase/Dämpfe), B (anorganische Gase), E (saure Gase), P3 (Partikel). **Gebläseunterstützte Atemschutzgeräte (PAPR)** – bei Langzeiteinsatz ( $>2\text{h}$ ), höherer Komfort, geringerer Atemwiderstand. **Umluftunabhängiger Atemschutz** (Druckluftschlauchgeräte, Isoliergeräte) – bei Arbeiten in Tanks, Silos, Räumen mit  $\text{O}_2$ -Mangel ( $<17\text{ Vol.}-\%$ ).

## Gefährdungsbeurteilung: Systematische Schutzmaßnahmen

### STOP-Prinzip (Rangfolge der Schutzmaßnahmen):

**S – Substitution:** Ersetzen gefährlicher Stoffe (z.B. lösemittelfreie Reiniger statt aromatische Kohlenwasserstoffe).

**T – Technische Maßnahmen:** Absaugung an Entstehungsstelle (Punktabsaugung bei Strahlanlagen), Einhausung, Automation.

**O – Organisatorische Maßnahmen:** Zeitbegrenzung (Expositionszeit reduzieren), Zugangsbeschränkung, Betriebsanweisung.

**P – Persönliche Schutzausrüstung:** Erst wenn S-T-O nicht ausreichend. PSA ist letzte Barriere, nicht Primärschutz.

**Dokumentation:** Gefährdungsbeurteilung schriftlich dokumentieren (§6 ArbSchG), bei Änderungen aktualisieren, Unterweisung protokollieren.



## Industriereinigung: Leistungsspektrum Jonas Gebäudereinigung