



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






Trockeneisstrahlen & Spezialverfahren

Non-abrasive Reinigung von Produktionsanlagen

Trockeneisstrahlen: Kryogenes Reinigungsverfahren

Trockeneisstrahlen (Trockeneisreinigung, CO₂-Strahlverfahren) ist ein non-abrasives, umweltfreundliches Reinigungsverfahren für hochsensible Produktionsanlagen. Das Verfahren basiert auf dem **thermischen Schockeffekt**: CO₂-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, Lackentschichtung.

Verfahrensparameter Trockeneisstrahlen

-  **CO₂-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)
-  **CO₂-Verbrauch:** 50-150 kg/h je nach Düsengröße und Kontaminationsgrad
-  **Flächenleistung:** 2-10 m²/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 abradert (non-abrasiv).



Sublimationseffekt

CO₂ sublimiert direkt zu Gas (keine Flüssigphase), expandiert um Faktor 800. Volumenzunahme sprengt Verschmutzung ab, keine Rückstände.



Lösemittelleffekt

CO₂ 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 in 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 (Vorhängeschloss), 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-Schutzanzug).



Abwasserentsorgung (AbwV)

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



Betriebsanweisung & Arbeitsfreigabe

Betriebsanweisung gemäß §14 GefStoffV ist für Reinigungsarbeiten mit Gefahrstoffen (Lösungsmittel, Säuren, Laugen) verpflichtend. Inhalt:

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 ≥ 5000 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 ≥ 30 dB) bei lärmintensiven Verfahren (Trockeneisstrahlen 90-110 dB(A), Hochdruckreinigung 85-100 dB(A)). Ab 85 dB(A): Gehörschutzpflicht (LärmVibrationsArbSchV). Wöchentliche Funktionsprüfung (Dichtpolster).



Handschutz (EN 374, EN 388)

Chemikalienschutzhandschuhe (EN 374, Typ A: ≥ 6 Chemikalien, Durchbruchzeit > 30 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 (CO₂ 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). **Gebälseunterstützte Atemschutzgeräte (PAPR)** – bei Langzeiteinsatz (> 2 h), höherer Komfort, geringerer Atemwiderstand. **Umluftunabhängiger Atemschutz** (Druckluftschlauchgeräte, Isoliergeräte) – bei Arbeiten in Tanks, Silos, Räumen mit O₂-Mangel (< 17 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“