
Strahlen mit festem CO₂ – Perspektiven aus Sicht der Forschung



Fraunhofer Institut
Produktionsanlagen und
Konstruktionstechnik



Strahlen mit festem CO₂ – Perspektiven aus Sicht der Forschung

Gliederung

- Stand der Technik
- Forschungsrelevante Themen
 - Strahlanlagen
 - Automatisierung
 - Strahlmittel
 - Anwendungsfelder
- Formen der Zusammenarbeit mit der Fraunhofer Gesellschaft

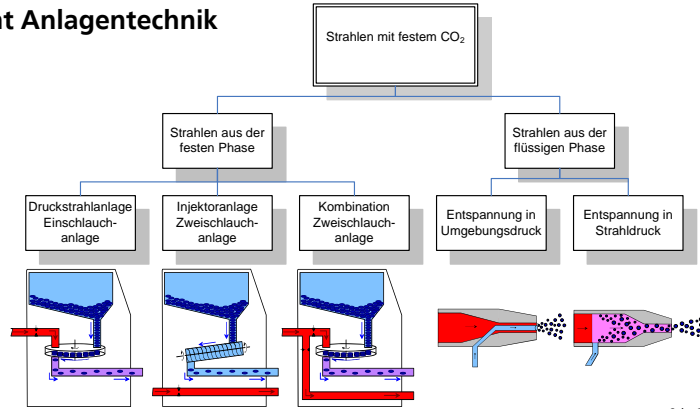
Seite 2



Fraunhofer Institut
Produktionsanlagen und
Konstruktionstechnik

Strahlen mit festem CO₂ – Perspektiven aus Sicht der Forschung

Stand der Technik Übersicht Anlagentechnik



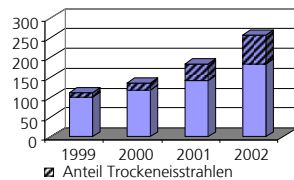
Seite 3



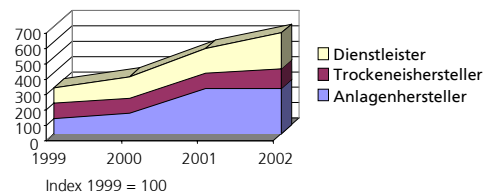
Strahlen mit festem CO₂ – Perspektiven aus Sicht der Forschung

Stand der Technik Marktentwicklung

- Marktstudie des Fraunhofer IPK
- Veröffentlicht in JOT 03/2004



Index 1999 = 100
Entwicklung der verkauften Trockeneismengen



Index 1999 = 100
Entwicklung der Umsatzzahlen im Trockeneisgeschäft

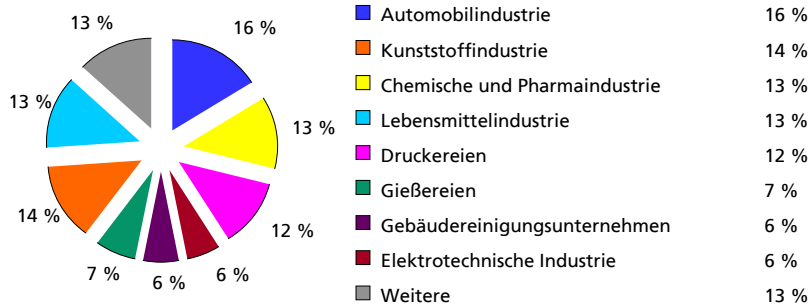
Seite 4



Strahlen mit festem CO₂ – Perspektiven aus Sicht der Forschung

Stand der Technik Einsatzgebiete

Anwendung von Trockeneisstrahlen nach Branchen

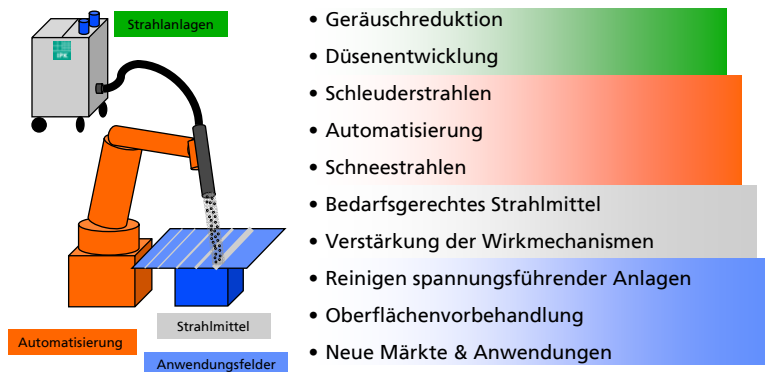


Seite 5



Strahlen mit festem CO₂ – Perspektiven aus Sicht der Forschung

Forschungsrelevante Themen Übersicht

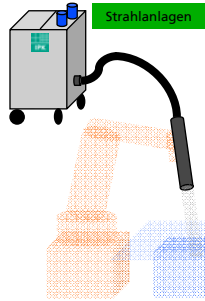


Seite 6



Strahlen mit festem CO₂ – Perspektiven aus Sicht der Forschung

Forschungsrelevante Themen Strahlanlagen



Strahlanlagen

- Geräuschreduktion
- Düsenentwicklung
- Schleuderstrahlen
- Automatisierung
- Schneestralen
- Bedarfsgerechtes Strahlmittel
- Verstärkung der Wirkmechanismen
- Reinigen spannungsführender Anlagen
- Oberflächenvorbehandlung
- Neue Märkte & Anwendungen

Seite 7

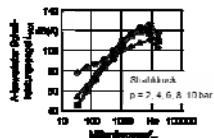


Strahlen mit festem CO₂ – Perspektiven aus Sicht der Forschung

Forschungsrelevante Themen Geräuschreduktion 1



Schallentwicklung beim Trockeneisstrahlen



Frequenzgang beim Trockeneisstrahlen

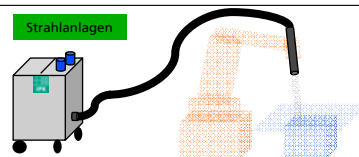
Stand der Technik

- Hohe Geräuschbelastung
- Schallschutzmaßnahmen nötig

Ziele

- Reduzieren der Schallentwicklung
- Ermöglichen der Arbeit ohne Gehörschutz
- Erweiterung der Einsatzmöglichkeiten
- Kostenersparnis durch weniger Schutzmaßnahmen

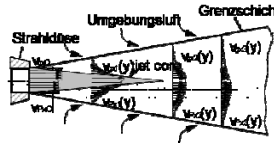
Seite 8



Strahlanlagen

Strahlen mit festem CO₂ – Perspektiven aus Sicht der Forschung

Forschungsrelevante Themen Geräuschreduktion 2



Geschwindigkeitsprofil im Freistrahler

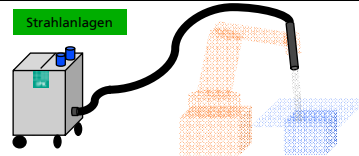
Schwierigkeiten

- Verfahren fordert hohe Strömungsgeschwindigkeiten

Ansätze

- Mantelstromdüse (Analog zu Flugzeugtriebwerk)
- Schalldämpfer
- Senken der Strömungsgeschwindigkeit

Seite 9



Strahlen mit festem CO₂ – Perspektiven aus Sicht der Forschung

Forschungsrelevante Themen Düsenentwicklung 1



Gefräster Prototyp eines Strahlteilers

Stand der Technik

- Empirische Düsenentwicklung
 - Vielzahl an Prototypen
 - Trial & Error

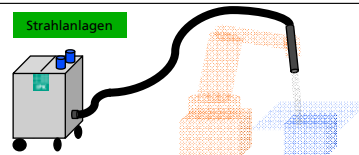
Ziele

- Optimierung bestimmter Parameter
- Spezielle Düsen (z. B. Winkeldüsen)



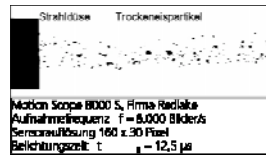
RP - Prototyp eines Strahlteilers

Seite 10

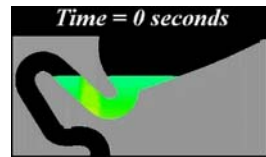


Strahlen mit festem CO₂ – Perspektiven aus Sicht der Forschung

Forschungsrelevante Themen Düsenentwicklung 2



Hochgeschwindigkeitsvideografie
eines Freistrahls



Beispiel einer CFD-Simulation
Quelle: www.cfdconsultants.de

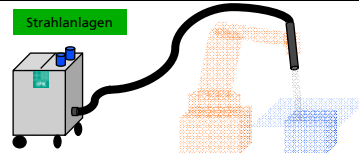
Schwierigkeiten

- Komplexe Strömungsverhältnisse durch Phasenwechsel des CO₂

Ansätze

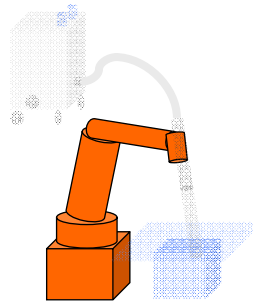
- Simulation der Strömung mit Computational Fluid Dynamics (CFD)
- Musterherstellung durch Rapid Prototyping
- Beurteilung der Strahlbildung mit Hochgeschwindigkeitsvideografie

Seite 11



Strahlen mit festem CO₂ – Perspektiven aus Sicht der Forschung

Forschungsrelevante Themen Übersicht



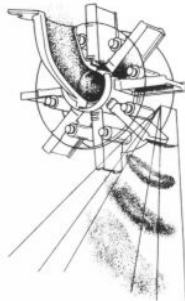
- Geräuschreduktion
- Düsenentwicklung
- Schleuderstrahlen
- Automatisierung
- Schneestrahlen
- Bedarfsgerechtes Strahlmittel
- Verstärkung der Wirkmechanismen
- Reinigen spannungsführender Anlagen
- Oberflächenvorbehandlung
- Neue Märkte & Anwendungen

Seite 12



Strahlen mit festem CO₂ – Perspektiven aus Sicht der Forschung

Forschungsrelevante Themen Schleuderstrahlen 1



Schleuderstrahlen mit festem Strahlmittel

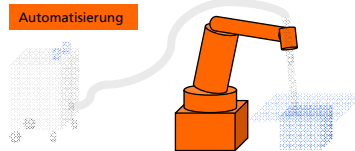
Stand der Technik

- Meistverwendete Anlagen in der Strahlverfahrenstechnik
- Druckluftstrahlen nur in Sonderfällen

Ziele

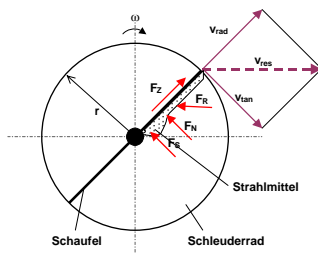
- Entwicklung geeigneter Anlagentechnik für Trockeneis
- Drastische Steigerung der Energieeffizienz gegenüber Druckluft

Seite 13



Strahlen mit festem CO₂ – Perspektiven aus Sicht der Forschung

Forschungsrelevante Themen Schleuderstrahlen 2



Kräfte und Geschwindigkeiten beim Schleuderstrahlen

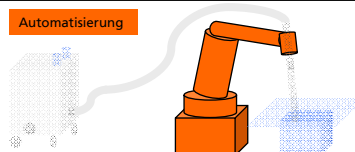
Schwierigkeiten

- Sublimation der Pellets vor Abwurf
 - Stoß bei der Zuführung
 - Anpressdruck auf der Schaufel
 - Reibung an der Schaufel
- Abwurfgeschwindigkeit zu gering

Ansätze

- Entwicklung stoßfreier Zudosierung
- Verringerung der Reibung
- Anpassung der Schaufelgeometrie

Seite 14

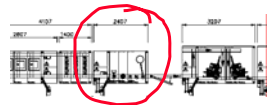


Strahlen mit festem CO₂ – Perspektiven aus Sicht der Forschung

Forschungsrelevante Themen Automatisierung 1



Lagerbehälter für Trockenspellets



Reinigungsstation in einer Fertigungslinie

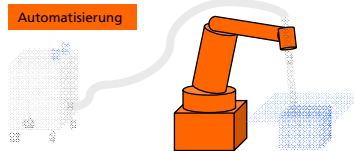
Stand der Technik

- Schwierigkeiten durch Pelletversorgung
 - Hoher logistischer Aufwand
 - Einschränkung der Prozesssicherheit

Ziele

- Sinnvolle, bedarfsgerechte Strahlmittelversorgung
- Vollautomatische Prozesse
- Mehrschichtbetrieb, rund um die Uhr

Seite 15



Strahlen mit festem CO₂ – Perspektiven aus Sicht der Forschung

Forschungsrelevante Themen Automatisierung 2

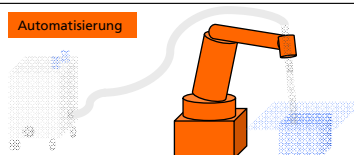
Schwierigkeiten

- Kontinuierliches Bereitstellen des Strahlmittels
- Gewährleistung der Prozesssicherheit

Ansätze

- Logistische Lösung
- In-Line Pelletierer
- Strahlen aus der flüssigen Phase

Seite 16



Strahlen mit festem CO₂ – Perspektiven aus Sicht der Forschung

Forschungsrelevante Themen Schneestrahlen 1



CO₂-Schneestrahlen

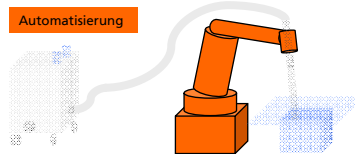
Stand der Technik

- Gute Automatisierbarkeit
- Geringe Abrasivität

Ziele

- Beeinflussung der Partikeleigenschaften
- Erhöhen der Abrasivität

Seite 17



Strahlen mit festem CO₂ – Perspektiven aus Sicht der Forschung

Forschungsrelevante Themen Schneestrahlen 2



Schneekristall (H₂O)

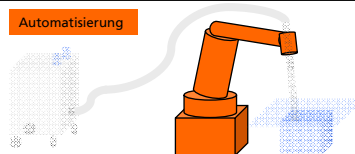
Schwierigkeiten

- Geringes Grundlagenverständnis

Ansätze

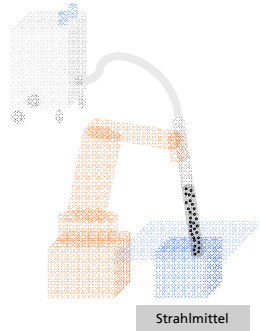
- Analyse der Kristallbildung
- Anpassung der Düsengeometrie

Seite 18



Strahlen mit festem CO₂ – Perspektiven aus Sicht der Forschung

Forschungsrelevante Themen Übersicht



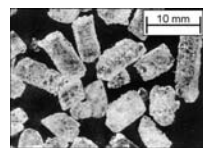
- Geräuschreduktion
- Düsenentwicklung
- Schleuderstrahlen
- Automatisierung
- Schneestrahlen
- Bedarfsgerechtes Strahlmittel
- Verstärkung der Wirkmechanismen
- Reinigen spannungsführender Anlagen
- Oberflächenvorbehandlung
- Neue Märkte & Anwendungen

Seite 19

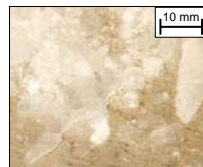


Strahlen mit festem CO₂ – Perspektiven aus Sicht der Forschung

Forschungsrelevante Themen Bedarfsgerechtes Strahlmittel 1



Trockeneispellets



Beispiel: „Kohlendioxidis“

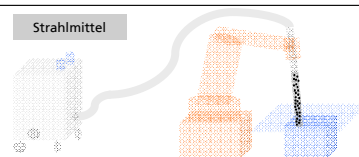
Stand der Technik

- Verwendung des selben Strahlmittels für alle Einsatzzwecke
- Pellet als „Multitool“

Ziele

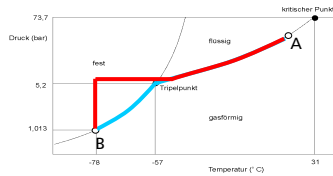
- Optimierung des Strahlmittels für den Strahlprozess
- Erhöhung der Flächenleistung
- Reduzierung der Strahlmittelkosten

Seite 20



Strahlen mit festem CO₂ – Perspektiven aus Sicht der Forschung

Forschungsrelevante Themen Bedarfsgerechtes Strahlmittel 2



A: Zustand in der CO₂-Steigrohflasche

B: Zustand von Trockeneis

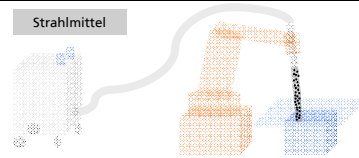
• Trockeneispellets

• Kohlendioxydeis

Ansätze

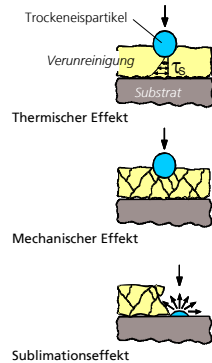
- „Ausfrieren“ der Pellets
 - Eisklumpen statt gepresstem Schnee
 - Vorversuche zum Strahlschneiden positiv
- Variation der Geometrie
- Entgasungsschlitze in der Matrice

Seite 21



Strahlen mit festem CO₂ – Perspektiven aus Sicht der Forschung

Forschungsrelevante Themen Verstärken der Wirkmechanismen 1



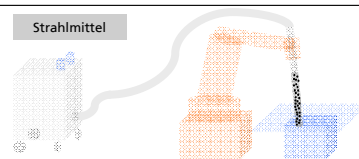
Stand der Technik

- Erwähnung von drei, teilweise vier Wirkmechanismen
- Anteil an der Wirkung nicht bekannt

Ziele

- Erhöhung der Flächenleistung
- Erweiterung der Einsatzgrenzen
- Reduzierung der Strahlmittelkosten

Seite 22



Strahlen mit festem CO₂ – Perspektiven aus Sicht der Forschung

Forschungsrelevante Themen

Verstärken der Wirkmechanismen 2



Entfernen thermisch gespritzter Schichten mit Trockeneisstrahlen

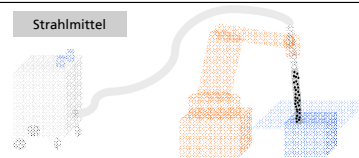
Schwierigkeiten

- Separate Messung der Wirkmechanismen

Ansätze

- Modelluntersuchung einzelner Wirkmechanismen
- Gezielte Stärkung einzelner Wirkmechanismen
- z. B. erwärmte Druckluft

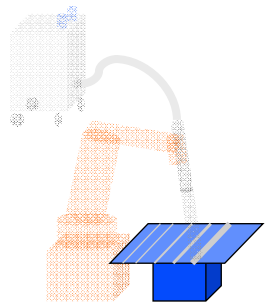
Seite 23



Strahlen mit festem CO₂ – Perspektiven aus Sicht der Forschung

Forschungsrelevante Themen

Übersicht



Anwendungsfelder

- Geräuschreduktion
- Düsenentwicklung
- Schleuderstrahlen
- Automatisierung
- Schneestrahlen
- Bedarfsgerechtes Strahlmittel
- Verstärkung der Wirkmechanismen
- Reinigen spannungsführender Anlagen
- Oberflächenvorbehandlung
- Neue Märkte & Anwendungen

Seite 24



Strahlen mit festem CO₂ – Perspektiven aus Sicht der Forschung

Forschungsrelevante Themen

Reinigen Spannungsführender Anlagen 1



Arbeiten an einer Hochspannungsleitung



Umspannwerk

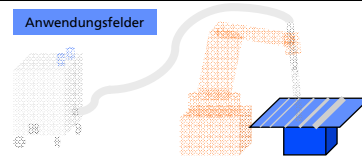
Stand der Technik

- Freischaltung notwendig
- Vielfach Handarbeit
- Bisherige Technologie unzureichend:
 - Arbeitsschutz
 - Elektrostatische Aufladungen
 - Beschädigungsgefahr empfindlicher Materialien

Ziele

- Entwicklung geeigneter Technologie

Seite 25



Strahlen mit festem CO₂ – Perspektiven aus Sicht der Forschung

Forschungsrelevante Themen

Reinigen Spannungsführender Anlagen 2



Laufendes Verbundprojekt „ReinSpann“



Trockeneisstrahlen von Kabeln
Beschädigung durch Kaltversprödung

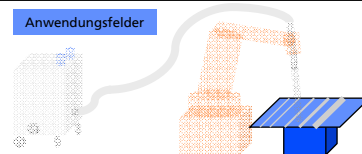
Schwierigkeiten

- Vielfalt zu reinigender Materialien
- Reinigung unter Spannungen > 30.000 V
- Überschlagsgefahr

Ansätze

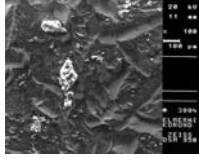
- Isolation zwischen Spannung und Mensch
- Vermeidung statischer Aufladung
- Verringern der Abrasivität

Seite 26

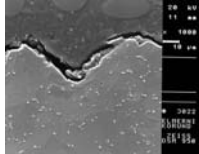


Strahlen mit festem CO₂ – Perspektiven aus Sicht der Forschung

Forschungsrelevante Themen Oberflächenvorbehandlung 1



Oberflächentopografie
Strahlmittel: Korund, kantig



Querschliff der Randzone
Strahlmittel: Korund, kantig

Stand der Technik

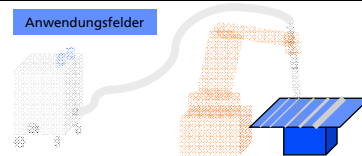
1. Korundstrahlen
2. wässrige oder chemische Reinigung

- Einlagerung von Strahlmittel in die Oberfläche

Ziele

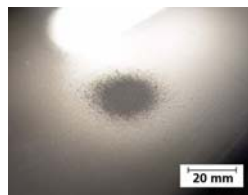
- Erhöhen der spezifischen und mechanischen Adhäsion in einem Arbeitsgang
 - Erreichen bestimmter Rauheiten
 - Aktivierung der Oberfläche
- Reproduzierbare Ergebnisse

Seite 27



Strahlen mit festem CO₂ – Perspektiven aus Sicht der Forschung

Forschungsrelevante Themen Oberflächenvorbehandlung 2

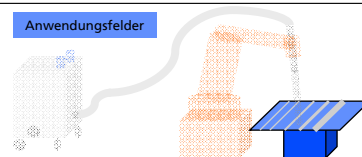


Aufrauen einer Aluminiumoberfläche
mit Trockeneisstrahlen

Ansätze

- Untersuchung der Aufrau-Mechanismen
 - Abtragen
 - Umformen
- Erhöhen der Abrasivität
 - ggf. Beimengung von Abrasivstoffen
- Ermittlung von Flächenleistungen, Vergleich mit anderen Verfahren

Seite 28



Strahlen mit festem CO₂ – Perspektiven aus Sicht der Forschung

Forschungsrelevante Themen

Neue Märkte & Anwendungen 1

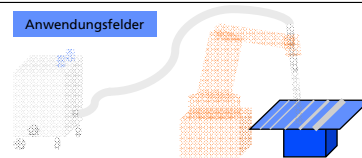
Ziele

- Steigerung des Bekanntheitsgrads
- Erschließung neuer Märkte
- Ausweitung der Anwendungsfelder

Neue Anwendungsgebiete

- Glasreinigung
- Medizintechnik (z. B. Dentallabor)
- . . .

Seite 29



Strahlen mit festem CO₂ – Perspektiven aus Sicht der Forschung

Forschungsrelevante Themen

Neue Märkte & Anwendungen 2

Neue Märkte

- z. B. Heimwerker, Verleih durch Baumärkte
 - Reduzierung der Anlagengröße
- Verstärkter Einsatz in der Produktion



Kompressor für Industriellen Einsatz

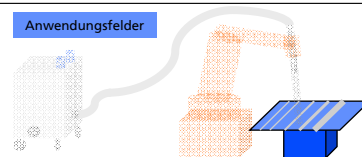
Schulung Trockeneisstrahlen

- Steigerung der Bekanntheit
- Information für Anwender
- Qualitätsnachweis



Kleinkompressor für Heimwerker

Seite 30



Strahlen mit festem CO₂ – Perspektiven aus Sicht der Forschung

Formen der Zusammenarbeit Übersicht



Produktionstechnisches Zentrum Berlin

Projektfinanzierung

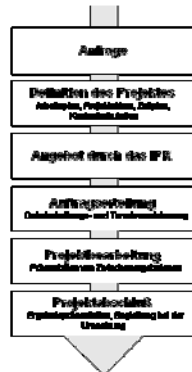
- Bi- oder Multilaterale Industrieprojekte
 - Direkte Kooperation
- Öffentlich geförderte Projekte
 - EU
 - DFG
 - Innonet
 - Pro Inno
 - ...

Seite 31



Strahlen mit festem CO₂ – Perspektiven aus Sicht der Forschung

Formen der Zusammenarbeit Bi- oder Multilaterales Industrieprojekt



Ablauf eines Industrieprojekts

Vorteile

- Geheimhaltung
- Keine Veröffentlichungspflicht
- Schnelle Auftragsabwicklung
- Sofort durchführbar
- Keine aufwendigen Antrags- und Koordinationsregulierungen

Nachteil

- Keine Förderung – höherer finanzieller Aufwand

Seite 32



Strahlen mit festem CO₂ – Perspektiven aus Sicht der Forschung

Formen der Zusammenarbeit Öffentlich geförderte Projekte



Vorteile

- Finanzielle Entlastung der Unternehmen
- Größere Forschungstiefe und -breite



Nachteile

- Forschungsförderung vielfältig und unübersichtlich
- Komplizierte Antragsstellung
- Längerer Zeithorizont bis Projektabschluss (Time to Market)



Öffentliche Fördermittelgeber
(Auswahl)

Seite 33



Strahlen mit festem CO₂ – Perspektiven aus Sicht der Forschung

Ihr Ansprechpartner



Mark Krieg

Fraunhofer-Institut
für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik

Mark Krieg
Pascalstraße 8 - 9
10587 Berlin

Tel.: +49 (0) 30 / 39006 – 159

Fax: +49 (0) 30 / 391 10 37

E-Mail: mark.krieg@ipk.fraunhofer.de

Seite 34

