

WACKER

CREATING TOMORROW'S SOLUTIONS

WACKER | POLYSILICON | GLOBAL

**POLYSILICIUM VON WACKER –
DAMIT AUS SONNE STROM WIRD**

„ICH WÜRD E MEIN GELD AUF DIE
SONNE UND SOLARENERGIE SETZEN.
WAS FÜR EINE ENERGIEQUELLE!
ICH HOFFE, WIR MÜSSEN NICHT
ERST ABWARTEN BIS ERDÖL
UND KOHLE ERSCHÖPFT SIND,
BEVOR WIR DAS ANGEHEN.“

Thomas Edison, 1931





Inhalt

Pionierarbeit	4
Produktionsstandorte	6
Vom Sand zum Polysilicium	8
Vom Polysilicium zum Solarmodul	10
Eine glänzende Zukunft für die Photovoltaik	12
WACKER auf einen Blick	15

An der Solarenergie führt kein Weg vorbei

Unter allen Energieerzeugungsformen ist die Photovoltaik diejenige mit der dynamischsten Kostensenkungskurve. Die Kosten für Photovoltaik sind in letzter Zeit schneller gesunken als die jeder anderen Art der Energieerzeugung. Das liegt daran, dass Solarzellen heute stetig steigende Wirkungsgrade bei weiter sinkenden Herstellungskosten aufweisen. WACKER hat diese Entwicklung entscheidend mitgeprägt: als führender Polysiliciumhersteller mit einer Produktpalette, die Qualitätsmaßstäbe setzt und auf die Anforderungen der modernen Solarindustrie zugeschnitten ist.

PIONIERARBEIT

Hochreines Polysilicium von WACKER hat wesentlich zur digitalen Revolution und zum Durchbruch der Solarenergie beigetragen.

1954

WACKER beginnt mit der systematischen Erforschung und Entwicklung von hochreinem Polysilicium. Nur ein Jahr später liegt der Reinheitsgrad von WACKER Polysilicium bereits bei nur einem Fremdatom pro 10 Millionen Siliciumatomen.



1959

WACKER nimmt die großtechnische Herstellung von Polysilicium für Halbleiter auf (325 kg/Jahr) und baut in den Folgejahren den Standort Burghausen (Deutschland) kontinuierlich aus.



1980er und 1990er

WACKER entwickelt einen neuen, kosteneffizienten Herstellungsprozess für multikristalline Solarwafer. Die Technologie wird auf den Markt gebracht und WACKER setzt den Fokus auf den Ausbau seiner Produktionskapazitäten für hochreines Polysilicium.

1976/77

Jedes zweite Siliciumatom in der Halbleiterindustrie kommt von WACKER.



2000

WACKER nimmt in Burghausen die Produktion von Solar-silicium auf.



1954

Die ersten Siliciumbasierten Transistoren kommen auf den Markt. Hochreines Polysilicium gewährleistet ihre Funktionsfähigkeit.



1960er

Transistorradios lösen Röhrenempfänger ab. Einer der Hauptgründe ist die wachsende Verfügbarkeit von hochreinem Polysilicium.



1980er

Siliciumbasierte Rechner finden breite Verwendung in Industrie und Privathaushalten.



1990er

Die ersten Mobiltelefone kommen auf den Markt. Ende der 1990er Jahre werden sie dank Design- und Leistungsverbesserungen schnell Standard.



2000

Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) wird verabschiedet und führt zu einem raschen Wachstum der Photovoltaik und der Polysiliciumnachfrage. Die deutsche „Energiewende“ wird zum Vorbild für andere Länder.

2011

Seit 2005 hat WACKER mehr als 2 Mrd. € in den Ausbau seiner deutschen Standorte in Nünchritz und Burghausen investiert; die Polysiliciumproduktion für die Photovoltaik steigt.



2016

WACKER investiert 2,5 Mrd. US\$ in einen neuen Produktionsstandort für Solarsilicium in Charleston (USA) und erhöht dadurch seine Polysiliciumkapazität auf 80.000 Tonnen pro Jahr.



Seit 2007

Silicium basierte Smartphones und Tablets erleichtern das Leben von vielen Menschen rund um den Globus.



2012

Die weltweite Photovoltaikkapazität steigt auf über 100 GW.

2015

Die globale Photovoltaikkapazität überschreitet die 200-GW-Marke und das Wachstum hält an.



Die Zukunft

Hocheffiziente Solar-systeme in Kombination mit modernster Speichertechnologie werden die weltweite Energieversorgung und Mobilität revolutionieren.

WACKER POLYSILICON: FÜHREND IN QUALITÄT UND GRÖSSE

WACKER ist ein global aufgestellter Hersteller von Polysilicium und Weltmarktführer hinsichtlich Menge, Reinheit und Servicequalität.



WACKER produziert mit über 3.500 Beschäftigten an drei Standorten Polysilicium. Die Werke in Burghausen, Nünchritz und Charleston haben eine Gesamtkapazität von 80.000 Tonnen pro Jahr.

WACKER ist der Pionier der Polysiliciumherstellung und heute Weltmarktführer. Polysilicium ist der zentrale Grundstoff für Anwendungen in der Photovoltaik und der Halbleiterindustrie.

Höchste Reinheit

WACKERs Polysilicium ist bekannt für höchste Reinheit – ein Ergebnis unserer langjährigen Erfahrung in der Entwicklung und Optimierung von Produktionsprozessen. Unser Fokus liegt auf Qualität, Kosten, Sicherheit, Gesundheit und Umweltschutz. Aktuell sind wir nach ISO 9001, ISO 14001, OHRIS und OHSAS zertifiziert. Qualitätssteigerung und Reduzierung des Ressourceneinsatzes gehen Hand in Hand. Die hohe Reinheit setzt Maßstäbe und ermöglicht die Herstellung hocheffizienter Solarmodule.



WACKER beschäftigt rund 17.000 hochqualifizierte Mitarbeiter. Abgebildet sind hier die Standorte Burghausen (oben) und Nünchritz (Mitte). Die 2016 in Betrieb genommene Produktionsstätte in Charleston verfügt über eine Kapazität von jährlich mehr als 20.000 Tonnen und wird ca. 650 Mitarbeiter beschäftigen.



- Firmensitz, Produktionsstandort, Verkaufsbüro und technische Kundenbetreuung
- Produktionsstandort, Verkaufsbüro und technische Kundenbetreuung
- Verkaufsbüro und technische Kundenbetreuung
- Produktionsstandort

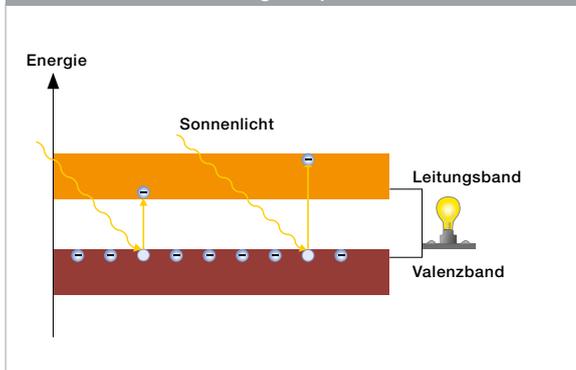


SONNE ERNTEN MIT SAND: DIE FASZINATION DES POLYSILICIUMS

Silicium: ein außergewöhnlicher Stoff

Silicium ist das zweithäufigste Element der Erde. In der Natur kommt es in erster Linie als Siliciumdioxid (Quarz) vor, dem Ausgangsmaterial für die Siliciumherstellung. Silicium hat eine außergewöhnliche Eigenschaft: Es ist ein Halbleiter. Dadurch ist es zur Nutzung des photovoltaischen Effekts besonders geeignet. Wenn Sonnenlicht auf die Oberfläche des Halbleiters Silicium trifft, absorbieren Elektronen die Lichtenergie und gehen von einem unbeweglichen, gebundenen Zustand (Valenzband) in einen höheren Energiezustand (Leitungsband) über, in dem sie frei beweglich sind. Durch den gezielten Einbau geringster Mengen von Bor und Phosphor-Atomen in das hochreine Silicium entsteht ein interner pn-Übergang. Sobald ein externer elektrischer Verbraucher angeschlossen wird, fließt elektrischer Strom. Der einzige „Kraftstoff“, der dazu benötigt wird, ist Sonnenlicht. Die elektrischen Eigenschaften von Silicium lassen sich auch im großtechnischen Herstellungsprozess exakt einstellen. Silicium ist dadurch zum grundlegenden Material für Speicher-Chips, Prozessoren und die Photovoltaik geworden.

Schematische Darstellung des photovoltaischen Effekts



Polysilicium-herstellung

1

Der Ausgangsstoff für Polysilicium ist Quarz (SiO_2).



2

Die Sauerstoffatome werden durch Erhitzen des Siliciumdioxids (SiO_2) mit Kohlenstoff aus dem SiO_2 entfernt. So entsteht metallurgisches Silicium (Si_{mg}), das ein bis zwei Prozent Verunreinigungen enthält.



3

In einem Wirtelschichtreaktor wird das metallurgische Silicium (Si_{mg}) mit Hilfe von Chlorwasserstoff (HCl) in flüssiges Trichlorsilan (HSiCl_3) umgewandelt.



4

Durch Destillation wird hochreines Trichlorsilan erzeugt.



5

Das extrem reine Trichlorsilanstillat wird auf ca. 1.000°C erhitzt und über dünne, erhitzte Siliciumstäbe geleitet.



6

Trichlorsilan zerfällt dabei und reines Silicium wird auf der Staboberfläche abgeschieden.



7

Abschließend wird das hochreine Silicium zerkleinert. Der entstehende Bruch bildet das Ausgangsmaterial für Solarzellen und Halbleiterwafer.



Über die Lebensdauer einer Solarzelle gerechnet, spart ein Kilogramm unseres hochreinen Polysiliciums mehr als 7.000 Kilogramm an CO₂-Emissionen.*

Die Herstellung von hochreinem Polysilicium ist ein überaus komplexer Prozess. Zwei Schritte sind dabei von grundlegender Bedeutung:

Destillation

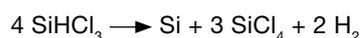
Metallurgisches Silicium besitzt bereits eine Reinheit von 98 – 99 Prozent. Aber dies reicht nicht annähernd für die Herstellung einer hocheffizienten Solarzelle aus. Deshalb nutzt WACKER ein ausgefeiltes Destillationsverfahren. Destillation ist in der Chemie das bevorzugte Verfahren zur Reinigung von flüssigen Stoffen, weil es sehr effizient ist und bei vergleichsweise geringem Energieverbrauch einen hohen Durchsatz erlaubt. Für die Destillation muss das Rohsilicium in Trichlorsilan (SiHCl₃) umgewandelt werden, das durch Reaktion mit Chlorwasserstoff (HCl) erzeugt wird:



Diese Flüssigkeit wird dann zur Entfernung von Verunreinigungen destilliert.

Abscheidung auf Stäben

Aus dem hochreinen Trichlorsilan werden dann Stäbe aus reinstem polykristallinem Silicium (Polysilicium) erzeugt. Dies geschieht in einer Gasphasenabscheidung bei ca. 1.000 °C:



Abschließend werden die Stäbe, unter Vermeidung jeglicher Verunreinigung der Oberfläche, zerkleinert und verpackt.

Hochreines Polysilicium von WACKER ermöglicht die Herstellung von noch effizienteren Solarzellen – die Hauptvoraussetzung für kürzere Energierücklaufzeiten, eine Reduzierung der CO₂-Emissionen und kontinuierliche Kostensenkungen.

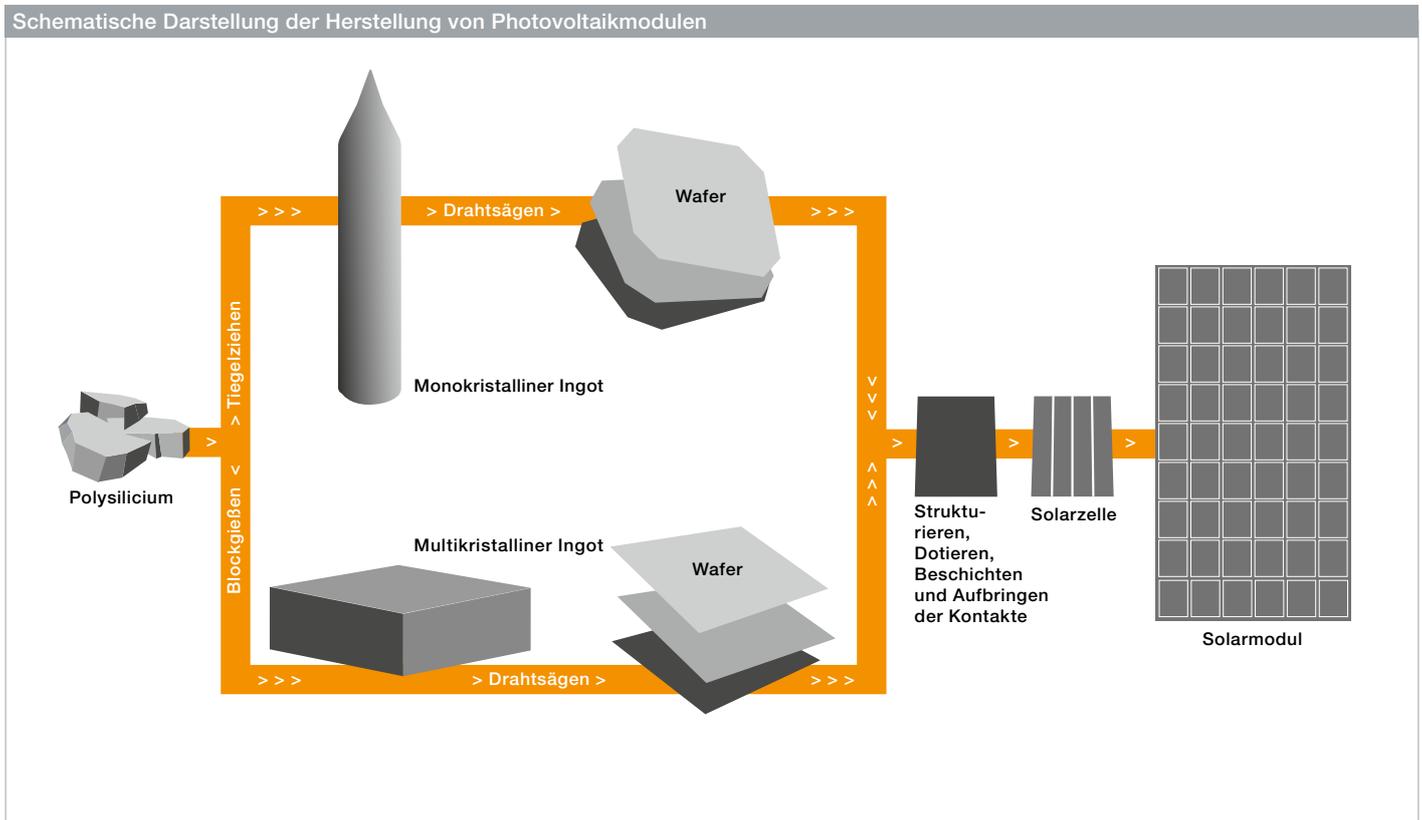
* SolarPower Europe/EPIA und WACKER Analyse

EINFACH EFFIZIENTER: UNSER POLYSILICIUM FÜR SOLARZELLEN

WACKERs Polysilicium ist der Grundstoff für die Photovoltaik

Polysilicium ist das Ausgangsmaterial für mono- und multikristalline Siliciumsolarzellen. In beiden Fällen wird das polykristalline Silicium in einem Tiegel geschmolzen. Monokristalline Ingots (Stäbe) werden nach dem Czochralski-Verfahren als Einkristalle aus der Schmelze gezogen. Multikristalline Ingots (Blöcke) wachsen durch gerichtete Erstarrung in einem quadratischen Quarztiegel. Nach dem Kristallisieren und Abkühlen werden beide Arten von Ingots mit Drahtsägen zu Wafern zersägt und diese dann wiederum zu Solarzellen verarbeitet. Typische Prozessschritte hierfür sind Strukturieren,

Dotieren, Ätzen, Beschichten, Aufbringen der elektrischen Kontakte und Brennen. Zum Schluss werden jeweils mehrere Zellen zu einem Solarmodul verbunden, das dann beispielsweise auf einem Dach montiert werden kann. Der Wirkungsgrad der Solarzellen hängt ganz entscheidend von der Qualität der verwendeten Materialien und Bauteile ab. Für das Ausgangsmaterial Polysilicium bedeutet dies, dass der Wirkungsgrad der Solarzelle umso höher ist, je reiner das Polysilicium ist.





NAH AM KUNDEN: UNSER ANGEBOT



Breitestes Portfolio und höchste Reinheit

WACKER setzt nicht nur den Maßstab in puncto Polysiliciumreinheit, sondern bietet auch das breiteste Portfolio in der Branche. So können wir der Solar- und Halbleiterindustrie eine komplette Palette von jeweils maßgeschneiderten Polysiliciumprodukten anbieten.

Kosteneinsparungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette

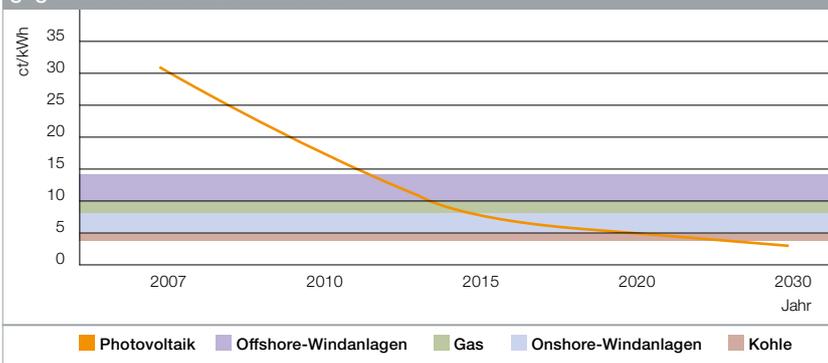
Unser Polysilicium bieten wir in einer Vielzahl von Bruchgrößen an. Durch das Kombinieren verschiedener Größen können unsere Kunden die Tiegelbefüllung optimieren, den Output maximieren und dadurch die Kosten so niedrig wie möglich halten. So trägt WACKER dazu bei, dass die Kosten für Photovoltaik kontinuierlich sinken und Solarenergie als saubere Energiequelle immer attraktiver wird.

Erstklassiger Support

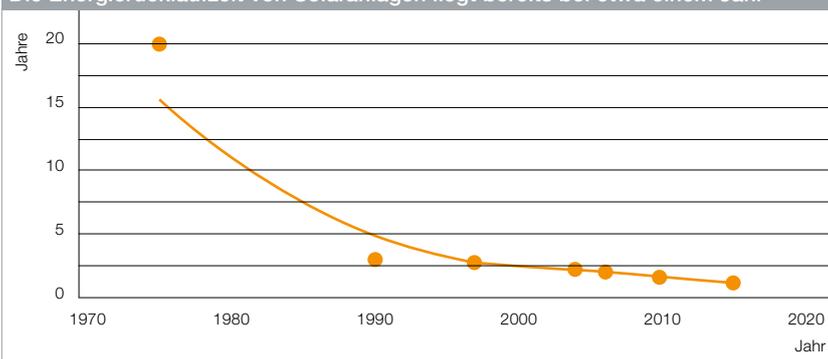
Wir bieten zudem ein weltweites Vertriebsnetz und kontinuierliche technische Unterstützung. Gleichbleibend hohe Qualität gewährleistet unseren Kunden eine stets stabile und störungsfreie Produktion.

GESCHÄFT MIT WACHSTUMS- PERSPEKTIVE: WARUM DIE PHOTOVOLTAIK EINE GLÄNZENDE ZUKUNFT HAT

Die LCOE von Solarstrom sind in Deutschland schon heute wettbewerbsfähig gegenüber fossilen Brennstoffen



Die Energierücklaufzeit von Solaranlagen liegt bereits bei etwa einem Jahr



Zunehmende Wettbewerbsfähigkeit

Solarstrom ist eine kosteneffiziente Energieform. In vielen Regionen werden bereits Solarsystempreise von unter 1,0 €/Wp erzielt. In den nächsten Jahren sind Preise von unter 0,5 €/Wp erreichbar. Damit sinken die spezifischen Stromgestehungskosten (Engl.: levelized cost of electricity, LCOE). In Deutschland könnten sie 2020 bereits bei 5 ct/kWh liegen. Da die Energieausbeute von der Sonneneinstrahlung abhängt, liegen die LCOE in sonnigeren Regionen, wie beispielsweise Kalifornien, noch deutlich niedriger. Dort sind Solarsysteme schon heute auf dem besten Weg, die günstigste Stromquelle zu werden.

Die Energierücklaufzeit für Solaranlagen sinkt in Europa kontinuierlich und liegt aktuell zwischen 0,5 und 1,4 Jahren, je nach Lage und Systemtyp. Außerdem erzeugen Solarmodule in ihren 30+ Betriebsjahren keinerlei CO₂-Emissionen. Selbst wenn man alle Stufen des Produktlebenszyklus zusammennimmt (Produktion, Installation, Recycling etc.) ist die CO₂-Bilanz von Solaranlagen um ein Vielfaches günstiger als die fossiler Brennstoffe (16 bis 32 g/kWh bei Solarenergie gegenüber 670 bis 1.000 g/kWh bei Kohle). Damit kann Solarstrom in den nächsten Jahrzehnten zur weltweit führenden Stromquelle werden.

Vielversprechendste Energiequelle

Wettbewerbsfähig ist Solarstrom also schon heute. Um aber zur wichtigsten Elektrizitätsquelle zu werden, muss auch die Frage der Versorgungsstabilität rund um die Uhr gelöst werden. Das macht die Energiespeicherung zum Schlüssel für den noch breiteren Einsatz erneuerbarer Energien. Kontinuierliche Forschung und großtechnische Produktion lassen die Speichersystemkosten bereits heute sinken. Dies wird der Photovoltaik einen Platz als dezentrale Energiequelle für Millionen von Haushalten sichern.



Eine glänzende Zukunft

Photovoltaik wird auch die Mobilität verändern. Denn leistungsfähige Solarmodule und Batterien können Elektromobilität für jedermann bezahlbar machen und dazu beitragen, dass der Kohlenstoffausstoß im Mobilitätssektor erheblich reduziert wird.

Betrachtet man die ökologische Gesamtbilanz mit den kontinuierlich sinkenden Kosten, spricht viel dafür, dass Photovoltaik die wichtigste nachhaltige Energiequelle der Zukunft wird.



Leistungsstarke Lithium-Ionen-Batterien mit Siliciumanoden haben das größte Potenzial um Speicherkosten zu senken. Die WACKER eigene Forschungseinrichtung „Consortium für Elektrochemische Industrie“ forscht intensiv an diesem Thema. Die Abbildung links zeigt eine Lebensdauerprüfung an einer Lithium-Ionen-Batterie bei WACKER.

KOMPETENZ UND SERVICE- NETZWERK AUF FÜNF KONTINENTEN



WACKER ist eines der weltweit führenden und forschungsintensivsten Chemieunternehmen mit einem Gesamtumsatz von 4,6 Mrd. €. Die Produktpalette reicht von Siliconen über Bindemittel und polymere Additive für vielfältige industrielle Bereiche bis hin zu biotechnologisch hergestellten Pharmawirkstoffen und Reinstsilicium für Halbleiter- und Solaranwendungen. Als nachhaltig orientierter Technologieführer fördern wir Produkte und Ideen mit hohem Wertschöpfungspotenzial für mehr Lebensqualität für jetzige und künftige Generationen, basierend auf Energieeffizienz, Klima- und Umweltschutz. Global vernetzt über 4 Geschäftsbereiche

bieten wir unseren Kunden an 23 Produktionsstandorten, 18 technischen Kompetenzzentren, 13 WACKER ACADEMY Schulungszentren und 48 Vertriebsbüros in Europa, Nord- und Südamerika sowie Asien einschließlich einer Präsenz in China, hochspezialisierte Produkte und umfassende Services.

Als zuverlässiger Innovationspartner entwickeln wir mit rund 13.450 Mitarbeitern für und gemeinsam mit unseren Kunden wegweisende Lösungen und helfen ihnen, noch erfolgreicher zu sein. Muttersprachliche Spezialisten in unseren Technical Centern unterstützen unsere Kunden weltweit bei der Entwicklung von Produkten,

die auf die lokalen Anforderungen abgestimmt sind, und begleiten sie auf Wunsch in allen Phasen komplexer Herstellungsprozesse. WACKER-E-Solutions sind Online-Services, die wir in unserem Kundenportal und auch als integrierte Prozesslösung anbieten. Für unsere Kunden und Partner bedeutet dies umfassende Informationen und zuverlässige Services für eine schnelle, sichere und hoch effiziente Projekt- und Auftragsabwicklung. Weltweit und unabhängig von Zeit und Ort unter: **www.wacker.com**



WACKER

Wacker Chemie AG
Hanns-Seidel-Platz 4
81737 München
Tel. +49 89 6279-1741
info@wacker.com

www.wacker.com
www.wacker.com/polysilicon

www.wacker.com/socialmedia



Wacker Chemie AG
Johannes-Hess-Straße 24
84489 Burghausen
Tel. +49 8677 83-6101

Die in diesem Medium mitgeteilten Daten entsprechen dem derzeitigen Stand. Der Abnehmer ist von sorgfältigen Eingangsprüfungen im Einzelfall hierdurch nicht entbunden. Änderungen der Produktkennzahlen im Rahmen des technischen Fortschritts oder durch betrieblich bedingte Weiterentwicklungen behalten wir uns vor. Die in diesem Medium gegebenen Hinweise und Informationen erfordern wegen durch uns nicht beeinflussbarer Faktoren während der Verarbeitung, insbesondere bei der Verwendung von Rohstoffen Dritter, eigene Prüfungen und Versuche. Unsere Hinweise und Informationen entbinden nicht von der Verpflichtung, eine eventuelle Verletzung von Schutzrechten Dritter selbst zu überprüfen und gegebenenfalls zu beseitigen. Verwendungsvorschläge begründen keine Zusicherung der Eignung für einen bestimmten Einsatzzweck. Die Inhalte dieses Mediums sprechen Frauen und Männer gleichermaßen an. Zur besseren Lesbarkeit wird nur die männliche Sprachform (z. B. Kunde, Mitarbeiter) verwendet.