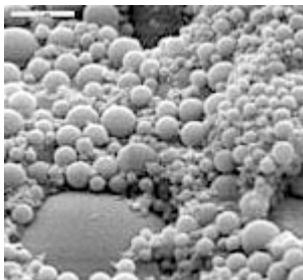


## Le nanoparticelle sul posto di lavoro

Versione stampabile di [www.suva.ch/nanoparticelle](http://www.suva.ch/nanoparticelle)



Giugno 2006

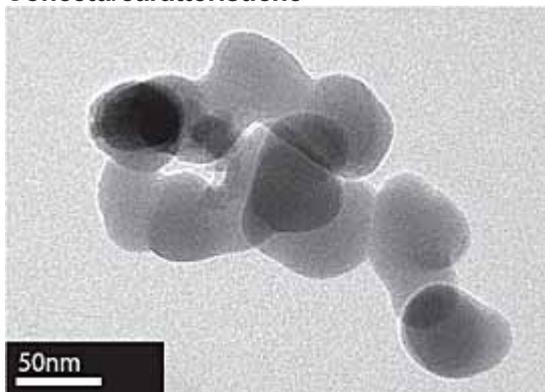
**Il rapido sviluppo della nanotecnologia ha messo in primo piano la questione delle nanoparticelle che, oltre gli indiscussi vantaggi finora riconosciuti, possono comportare anche dei rischi. La ricerca si sta occupando intensamente di questa problematica e si interroga su quali possano essere gli effetti delle nanoparticelle sull'uomo e sull'ambiente. Al momento non è possibile determinare in maniera certa i pericoli derivanti da questa nuova tecnologia. Ciò nonostante, i cosiddetti nanoprodotto stanno entrando a far parte sempre di più nella nostra vita e anche nell'ambiente di lavoro.**

Il presente documento raccoglie le informazioni finora acquisite sulle nanoparticelle e spiega come devono proteggersi coloro che per motivi professionali manipolano tali sostanze.

## Informazioni generali

La nanotecnologia è stata definita la tecnologia chiave del 21esimo secolo. Al giorno d'oggi molti prodotti utilizzati quotidianamente (ad es. cosmetici, vernici o tessuti) si basano sull'applicazione della nanotecnologia o contengono nanoparticelle. Quasi ogni giorno entrano sul mercato nuove applicazioni.

### Concetti/caratteristiche

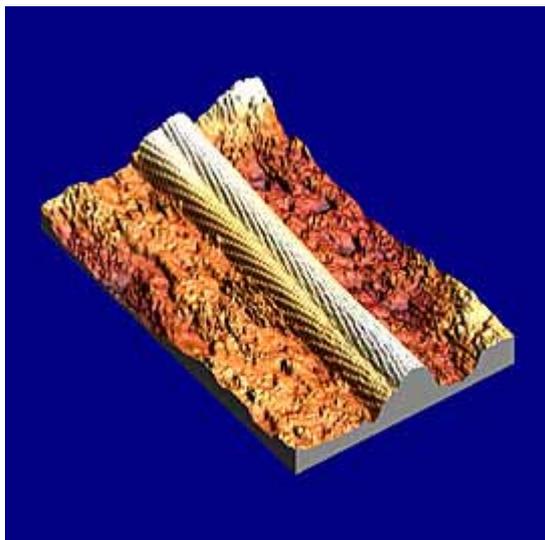


Agglomerato di nanoparticelle di biossido di silicio

Con il termine **nanotecnologia** s'intende la produzione, ricerca e applicazione di strutture e materiali (nella maggior parte dei casi particelle) le cui dimensioni sono inferiori a 100 nanometri. Un nanometro (nm) corrisponde alla milionesima parte di un metro e si avvicina come dimensione a quella degli atomi.

Le **nanoparticelle** possono presentare caratteristiche chimico-fisiche ben diverse rispetto alle particelle di dimensioni più grandi ma di uguale composizione. La nanotecnologia è in grado di crearle ad hoc in laboratorio e viste le loro caratteristiche queste minuscole particelle rappresentano una classe di materiali a parte. Le nanoparticelle tendono ad unirsi per formare agglomerati e aggregati. Questo porta ad una riduzione del numero di particelle e alla formazione di particelle più grossolane, anche se la struttura di base di ogni singola nanoparticella rimane la stessa.

## Diffusione



Microscopio a effetto tunnel: immagine di due nanotubi al carbonio su una superficie. Il diametro del tubicino più grande è di 1,3 nanometri.

Fonte: EMPA, nanotech@surfaces Laboratory

La produzione di **nanoparticelle su misura** non è affatto una novità. Da decenni si producono grandi quantità di nanoparticelle sotto forma di nerofumo industriale e determinati tipi di acido silicico destinati alla fabbricazione di pneumatici.

Con lo sviluppo della nanotecnologia molte sostanze convenzionali vengono utilizzate sotto forma di nanoparticelle, ad esempio nei filtri solari, nei tessuti o nelle vernici. Una delle più applicazioni più recenti è rappresentata dai nanotubi di carbonio (strutture tubolari in carbonio), che per struttura e composizione non hanno eguali nel mondo naturale.

I nanotubi di carbonio vengono attualmente impiegati anche nella produzione di batterie ioni-litio o di particolari materiali compositi altamente resistenti (racchette da tennis, componenti per bici, ecc.).

Oltre ad essere prodotte in laboratorio le **nanoparticelle** sono presenti anche come **sottoprodotti**, ad es. nei processi di combustione. Spesso ad esse ci si riferisce con il termine di particolato ultrafine, presente soprattutto nelle aree industrializzate. L'„aria pulita“ nelle zone urbane contiene fino a decine di migliaia di nanoparticelle per cm<sup>3</sup>. Anche certi fenomeni naturali come l'eruzione di un vulcano o l'incendio di un bosco possono produrre nanoparticelle.

La polvere in sospensione (PM10, denominato anche particolato fine), la cui concentrazione è un buon criterio per valutare la qualità dell'aria, contiene in maniera preponderante particelle inferiori a 10 micrometri che, se paragonate alle nanoparticelle, sono ben più grandi.

## Potenziali rischi per la salute

Tenuto conto delle loro piccolissime dimensioni rispetto alla massa, le nanoparticelle possiedono una superficie molto estesa e un'estrema mobilità. Questo le rende altamente reattive nei confronti dell'ambiente in cui si trovano. I potenziali rischi sono legati ai loro effetti sul corpo umano.

Le **nanoparticelle prodotte su misura** possono provocare infiammazioni a carico delle vie respiratorie, come hanno dimostrato alcuni esperimenti sugli animali. Non è ancora possibile determinarne con certezza la **pericolosità**. Eseguire una valutazione dei pericoli sulla base della concentrazione in massa non è fattibile, in quanto gli effetti osservati non dipendono in modo univoco dalla massa. Non è neppure possibile stabilire in modo netto una correlazione tra il numero delle particelle e il loro effetto. Sembra che anche la superficie delle particelle, la loro struttura superficiale e la loro composizione giochino un ruolo. Negli esperimenti condotti sugli animali si è visto che diverse tipologie di nanoparticelle possono presentare pericoli diversi.

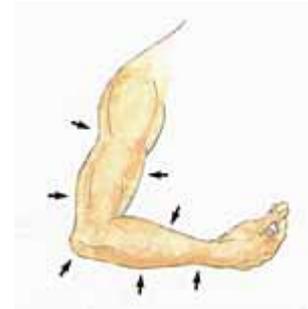
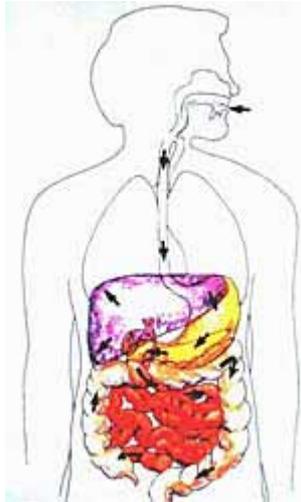
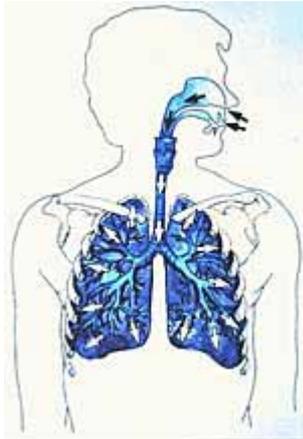
In compenso, si conoscono meglio i potenziali **rischi** legati alle particelle prodotte dalla **combustione** (ad es. motori diesel). Un'esposizione intensa alle nanoparticelle, anche se di breve durata, aumenta il rischio di malattia e di morte nelle persone anziane o già sofferenti di una qualche patologia. Si sono osservati effetti nocivi a carico dell'apparato respiratorio e cardiocircolatori.

Oltre agli effetti sul corpo umano, le nanoparticelle di determinati materiali (ad es. sostanze infiammabili o catalitiche) comportano un potenziale rischio di reazioni chimiche inaspettate, incendi oppure esplosioni.

## Vie di assorbimento

Le nanoparticelle possono penetrare nel corpo umano:

- per inalazione
- per ingestione
- per via dermica



Solitamente il particolato fine penetra nel corpo umano soprattutto attraverso le vie respiratorie. I test condotti sugli animali hanno riscontrato la presenza di nanoparticelle nel sangue veicolate attraverso gli alveoli polmonari. Si è osservato inoltre che le nanoparticelle possono diffondersi lungo il nervo olfattivo fino a raggiungere il sistema nervoso centrale. Si sa per certo che le nanoparticelle di biossido di titanio possono penetrare nel corpo umano attraverso la pelle.

## Le nanoparticelle sul posto di lavoro

Stando alle conoscenze attuali l'esposizione alle nanoparticelle sul posto di lavoro è dovuta in primo luogo a

- manipolazione di nanoparticelle prodotte a scopi mirati
- modalità di lavorazione che portano alla produzione di **nano-sottoprodotti**

Nano-sottoprodotti sono chiaramente più diffusi che non le nanoparticelle prodotte a scopi mirati. Producono nanoparticelle la saldatura e il taglio termico, l'uso di motori diesel, la brasatura, la smerigliatura o la fusione di metalli. Anche il fumare produce una quantità rilevante di nanoparticelle.

## Misurazione/valutazione

Le misurazioni finora condotte nel campo dell'igiene del lavoro sono basate sulla concentrazione **in massa** (ad eccezione delle misurazioni di fibre). In pratica, tutti i valori limite di concentrazioni sul posto di lavoro si fondano su questo approccio. Per le nanoparticelle tuttavia, le misurazioni basate sulla massa non sono del tutto esaustive. Anche in caso di elevate concentrazioni di particolato (ad es. 0,2 milioni di particelle per  $\text{cm}^3$  in una zona per fumatori) la massa totale delle particelle è alquanto bassa. Pertanto, non è possibile valutare correttamente la tossicità delle nanoparticelle basandosi solo sulla massa come parametro di misura.

Dal punto di vista medico-tossicologico non è neppure possibile stabilire in maniera certa un **valore limite** (cfr. anche Grenzwerte am Arbeitsplatz [PDF, 445 KB], cap. 1.1.10.2). Ne consegue che non esistono metodologie di misurazione standardizzate. I risultati delle singole misurazioni possono essere confrontati fra loro solo in pochi casi; semmai, questi dati possono risultare utili per valutare l'efficacia delle misure adottate.

I **fattori** che si **presume** possano **influire** sulla salute umana, vale a dire la superficie delle particelle, la struttura superficiale e la composizione, sono quantificabili solo con procedure estremamente sofisticate. Manca inoltre una regolamentazione univoca per la caratterizzazione delle nanoparticelle.

## Responsabilità e legislazione

La commercializzazione di sostanze e preparati, e quindi anche di nanoparticelle prodotte su misura, è sottoposta ad una specifica legislazione (Legge federale sulla protezione contro le sostanze e i preparati pericolosi LPChim) ([www.admin.ch](http://www.admin.ch)). In base a tale legge le sostanze devono essere valutate in base alle loro proprietà e gli acquirenti di sostanze pericolose devono essere informati sulle misure di prevenzione e protezione, ad es. fornendo loro la scheda di dati di sicurezza. Non esiste al giorno d'oggi un obbligo di

dichiarazione per le nanoparticelle.

Per prevenire gli infortuni professionali e le malattie professionali, il datore di lavoro deve prendere tutte le misure necessarie per esperienza, tecnicamente applicabili e adatte alle circostanze (art. 82, Legge federale sull'assicurazione contro gli infortuni LAINF) ([www.admin.ch](http://www.admin.ch)). Il datore di lavoro deve fare appello ai medici del lavoro e agli specialisti della sicurezza sul lavoro se la protezione della salute dei lavoratori e la loro sicurezza lo rendono necessario (art. 11a, Ordinanza sulla prevenzione degli infortuni e delle malattie professionali OPI) ([www.admin.ch](http://www.admin.ch)).

## Raccomandazioni provvisorie a tutela dei lavoratori

Le seguenti raccomandazioni si basano sulle conoscenze attuali e verranno adeguate in base alle nuove informazioni disponibili in questo campo.

### Principi fondamentali

#### Minimizzare le esposizioni

Le nanoparticelle rappresentano un potenziale pericolo per la salute. La gravità dei rischi per l'organismo umano non è ancora quantificabile in maniera certa. Pertanto, si raccomanda di minimizzare le esposizioni, se non altro a titolo preventivo.

#### Definire le misure di prevenzione secondo una scala di priorità

Le misure di prevenzione sono regolamentate nell'"Ordinanza del Dipartimento federale dell'interno sulle misure tecniche per la prevenzione delle malattie professionali cagionate da sostanze chimiche" ([www.admin.ch](http://www.admin.ch)) e si strutturano in quattro livelli:

1. **Sostituzione:** le sostanze pericolose per la salute devono essere sostituite da altre meno nocive.
2. **Protezione collettiva:** misure tecniche per captare, limitare ed espellere gas, vapori e polveri pericolosi.
3. **Protezione individuale:** utilizzo dei dispositivi di protezione individuale come provvedimenti integrativi alle misure tecniche.
4. **Misure di igiene:** uso di adeguati impianti igienico-sanitari, separazione degli indumenti di lavoro da quelli civili.

Questo approccio vale anche per le nanoparticelle. Esistono metodi di lavorazione che consentono di limitare con efficacia l'esposizione a sostanze particolari (cfr. lista di controllo Suva "Polveri nocive", link in Waswo). Per quanto concerne le nanoparticelle, l'efficacia di questi metodi è dimostrata solo in parte. Tuttavia, essi rappresentano una buona base per sviluppare le misure di prevenzione (cfr. anche il capitolo „Misure di protezione concrete“).

### Consultare la scheda di sicurezza

Chiedete al fornitore la scheda di sicurezza. Essa contiene indicazioni importanti sui pericoli derivanti dal prodotto e sulle misure di protezione da adottare sul posto di lavoro. In base all'esperienza le schede di sicurezza relative alle nanoparticelle prodotte a scopi mirati sono in parte ancora lacunose. Pertanto, fare esclusivamente affidamento a questo supporto può portare ad una strategia di prevenzione lacunosa.

### Analisi dei rischi

L'analisi dei rischi consente di individuare e valutare in maniera sistematica i vari rischi presenti sul lavoro e in questo senso può essere utile anche per determinare i rischi derivanti dalle nanoparticelle. Se necessario, occorre rivolgersi ad uno specialista in materia di sicurezza sul lavoro (cfr. la Direttiva CFSL 6508 "Direttiva concernente l'appello ai medici del lavoro e agli altri specialisti della sicurezza sul lavoro", (link in Waswo) e l'Ordinanza sulla qualifica degli specialisti della sicurezza sul lavoro ([www.admin.ch](http://www.admin.ch))).

## Misure di protezione concrete

Le seguenti raccomandazioni riguardano esclusivamente la manipolazione di **nanoparticelle prodotte a scopi mirati**. Quanto alle misure di prevenzione relative alle emissioni di motori diesel o alle tecniche di saldatura rimandiamo alla documentazione indicata al capitolo „Ulteriori informazioni“.

### Misure di protezione per chi manipola nanoparticelle prodotte a scopi mirati:

#### Sostituzione

Sostituire i preparati pulviscolari con dispersioni, paste, granulati, compound, ecc.

#### Misure tecniche

- Utilizzare apparecchiature a ciclo chiuso
- Evitare la formazione di polveri e aerosol
- Aspirare polveri e aerosol direttamente alla fonte
- Filtrare l'aria di scarico
- Eventuale separazione dei locali di lavoro e riconfigurazione dell'impianto di ventilazione (leggera depressione)
- Pulizia solo tramite aspiratore o straccio umido, non utilizzare apparecchi che sollevano polvere nell'aria

Inoltre, in caso di **nanoparticelle infiammabili**:

applicare le misure di protezione contro le esplosioni in caso di diffusione pulviscolare e di quantità di polveri pericolose.

Inoltre, in caso di **nanoparticelle reattive o con proprietà catalitiche**:

evitare il contatto con sostanze non compatibili.

#### Misure organizzative

- Ridurre al minimo la durata di esposizione
- Ridurre al minimo il numero delle persone esposte
- Limitare gli accessi
- Istruire il personale sui pericoli e sulle misure di protezione (regolamento aziendale)

#### Misure individuali

- Apparecchi di protezione delle vie respiratorie con filtri P3
- Guanti di protezione
- Occhiali di protezione chiusi
- Indumenti di protezione con cappuccio

## Misure di protezione per chi manipola acido silicico pirogeno e nerofumo depurato

Questi due tipi di sostanze sono utilizzati da decenni su scala tecnica: basti pensare che la quantità di acido silicico pirogeno prodotto supera il centinaio di migliaia di tonnellate annue, mentre per il nerofumo si producono ogni anno alcuni milioni di tonnellate. Pertanto, è opportuno considerare queste due sostanze separatamente. Per l'acido silicico pirogeno è stata stabilita una concentrazione massima ammissibile sul posto di lavoro (elenco dei valori MAK, PDF, 445 KB).

### Sostituzione

Sostituire i preparati pulviscolari con dispersioni, paste, granulati, compound, ecc.

### Misure tecniche

- Utilizzare apparecchiature a ciclo chiuso
- Evitare la formazione di polveri e aerosol
- Aspirare polveri e aerosol direttamente alla fonte
- Filtrare l'aria di scarico
- Eventuale separazione dei locali di lavoro e adeguamento dell'impianto di ventilazione (leggera depressione)
- Pulizia solo tramite aspiratore o straccio umido, non utilizzare apparecchi che sollevano polvere nell'aria

Inoltre, per il **nerofumo**:

applicare le misure di protezione contro le esplosioni in caso di diffusione pulviscolare e di quantità di polveri pericolose.

### Misure organizzative

- Verificare il rispetto del valore MAK (acido silicico pirogeno o polveri inerti)
- Istruire il personale sui pericoli e sulle misure di protezione (regolamento aziendale)

### Misure individuali

- Utilizzare gli apparecchi di protezione delle vie respiratorie con filtro P2 in caso di superamento dei valori MAK, anche se di breve durata
- Utilizzare i guanti di protezione onde evitare il contatto diretto con la pelle

## Attività della Suva nel campo delle nanoparticelle

Alla Suva vari specialisti di diverso indirizzo studiano approfonditamente i rischi legati alle nanoparticelle sul posto di lavoro. Lo scopo è collaborare a stretto contatto con il settore della ricerca e dell'industria al fine di sviluppare misure efficaci a tutela dei lavoratori esposti alle nanoparticelle.

Attualmente le nostre attività si concentrano sui seguenti punti:

- studio dei dati via via acquisiti sui possibili effetti sull'organismo umano
- sviluppo di tecniche di misurazione
- collaborazione a livello internazionale in gruppi di esperti sul tema della misurazione
- misurazioni dell'esposizione sul posto di lavoro
- sostegno ai progetti di ricerca dell'Institut Universitaire Romand de Santé au Travail (Nanoinventar) e dell'EMPA (campionamenti & tecniche di misurazione)
- consulenza alle aziende

## Ulteriori informazioni

### Responsabili alla Suva

- Misure di protezione sul posto di lavoro:  
Divisione sicurezza sul lavoro, Settore chimica, Christoph Bosshard, tel. 041 419 64 29, e-mail: [chemie@suva.ch](mailto:chemie@suva.ch)
- Metodi di misurazione delle nanoparticelle sul posto di lavoro:  
Divisione servizi prevenzione, Settore analitica, Dr. Patrick Steinle, tel. 041 419 53 68, e-mail: [analytik@suva.ch](mailto:analytik@suva.ch)
- Effetti delle nanoparticelle sulla salute:  
Divisione medicina del lavoro, Segretariato, tel. 041 419 52 78, e-mail: [arbeitsmedizin@suva.ch](mailto:arbeitsmedizin@suva.ch)

### Pubblicazioni scelte

- Le nanoparticelle come sottoprodotti:  
Sito Suva „Filtri antiparticolato nei cantieri sotterranei“ ([link in Waswo](#))  
Lista di controllo „Filtri antiparticolato per motori diesel impiegati nei lavori in sottoterraneo“ ([link in Waswo](#))  
Opuscolo „Saldatura e taglio. Protezione da fumi, polveri, gas e vapori“ ([link in Waswo](#))
- Esposizione a sostanze pulviscolari:  
Lista di controllo „Polveri nocive“ ([link in Waswo](#))
- Legislazione:  
Legge federale sulla protezione contro le sostanze e i preparati pericolosi ([www.admin.ch](http://www.admin.ch))  
Legge federale sull'assicurazione contro gli infortuni LAINF ([www.admin.ch](http://www.admin.ch))  
Ordinanza sulla prevenzione degli infortuni e delle malattie professionali OPI ([www.admin.ch](http://www.admin.ch))  
Ordinanza del DFI sulle misure tecniche per la prevenzione delle malattie professionali, cagionate da sostanze chimiche ([www.admin.ch](http://www.admin.ch)) [RS 832.321.11]  
Ordinanza sulla qualifica degli specialisti della sicurezza sul lavoro ([www.admin.ch](http://www.admin.ch))  
Direttiva concernente l'appello ai medici del lavoro e agli altri specialisti della sicurezza sul lavoro ([link in Waswo](#))  
Grenzwerte am Arbeitsplatz (PDF, 445 KB, disponibile anche in francese)  
Opuscolo „Prevenzione e protezione contro le esplosioni - Principi generali, prescrizioni minime, zone“ ([link in Waswo](#))

### Ulteriori link su questo argomento

- [www.hvbg.de/d/bia/akt/archiv/ar2004/aerosol.html](http://www.hvbg.de/d/bia/akt/archiv/ar2004/aerosol.html) (tedesco)
- [www.cdc.gov/niosh/topics/nanotech](http://www.cdc.gov/niosh/topics/nanotech) (inglese)
- [www.defra.gov.uk/environment/nanotech](http://www.defra.gov.uk/environment/nanotech) (inglese)