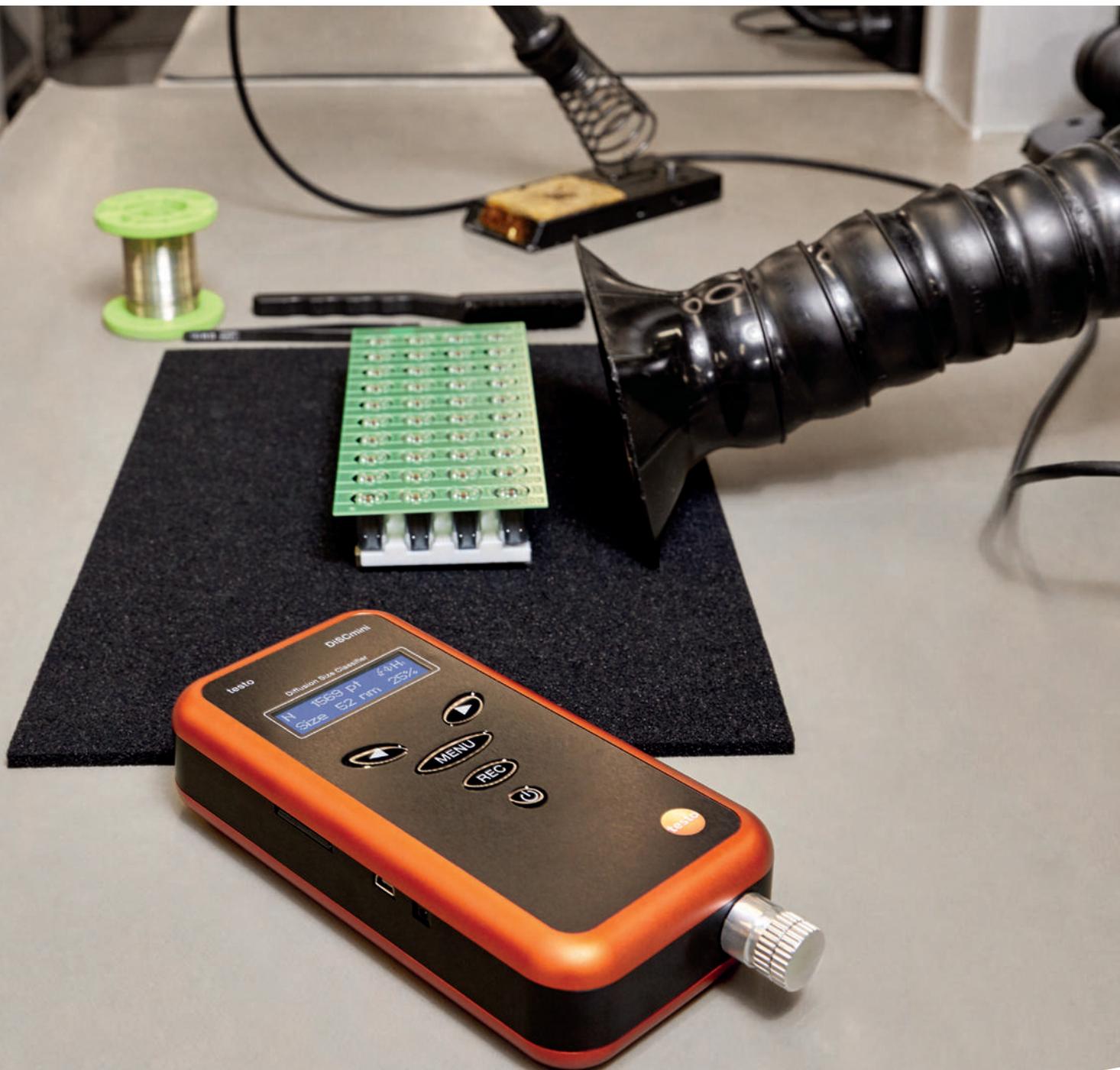


## Controllo dell'efficacia dell'aspirazione dei fumi di saldatura e misura della concentrazione di nanoparticelle durante la saldatura con **testo DiSCmini**



# Condizioni di lavoro sicure?

Il fatto che durante la saldatura manuale si formino aerosol tossici è un problema noto già da tempo nell'industria degli impianti elettrici/elettronici. Un problema che tuttavia non è stato risolto neanche dalle leghe per saldature elettroniche senza piombo utilizzate oggi. I fumi di saldatura continuano a contenere le particelle che si formano quando la lega entra in contatto con il fondente. Il potenziale dannoso di queste particelle per la salute degli operatori che operano nel settore è molto alto. Infatti, a causa delle loro piccolissime dimensioni (il loro diametro è compreso tra 10 e 150 nm), queste nanoparticelle non solo possono penetrare sin negli alveoli, ma – come dimostrano numerosi studi – raggiungere con la circolazione sanguigna tutte le parti del corpo [1].

Secondo la definizione delle regole tecniche per le sostanze pericolose 528 [2], la brasatura forte e quella dolce fanno parte a tutti gli effetti dei processi di saldatura e vengono quindi trattate nel quadro della medicina e dell'igiene del lavoro. Per motivi di prevenzione, in presenza di simili processi di lavoro il datore di lavoro è tenuto a ridurre al minimo i pericoli per i suoi lavoratori. Nella maggior parte

dei casi, in pratica ciò avviene tramite misure di ventilazione, come ad es. l'aspirazione dei fumi di saldatura nel luogo dove si formano.

Finora era difficile controllare con precisione l'efficacia delle misure di protezione. Fino ad oggi, infatti, la misura delle nanoparticelle e soprattutto la determinazione riproducibile della loro concentrazione erano operazioni possibili solo con costose e complesse apparecchiature. Anche le analisi gravimetriche si sono rivelate inadeguate per misurare la concentrazione particellare sul posto di lavoro, a causa della massa esigua delle nanoparticelle. Di conseguenza, il controllo delle misure di protezione si limitava per lo più alla verifica del funzionamento dell'impianto di ventilazione con l'aiuto di misuratori di portata o anemometri a elica. Un metodo che tuttavia lasciava molte domande senza risposta: Qual è l'impatto delle particelle sul lavoratore? Quante particelle emettono i fumi di saldatura? Quante particelle sono già presenti nell'ambiente di lavoro? Il posto di lavoro è configurato in modo opportuno o è possibile ottenere notevoli miglioramenti con una diversa disposizione degli strumenti di lavoro?

## Misure complete con testo DiSCmini!

Il misuratore di nanoparticelle testo DiSCmini rileva in modo facile e veloce tutti i principali parametri che consentono di valutare l'efficacia delle misure di tutela del lavoro:

- il numero in Pt/cm<sup>3</sup> di nanoparticelle con un diametro compreso tra 10 e 700 nm per valutare l'inquinamento
- il valore modale granulometrico, cioè le dimensioni delle particelle con la maggiore concentrazione numerica (per nanoparticelle con un diametro compreso tra 10 e 300 nm) per valutare la distribuzione granulometrica
- la superficie attiva delle particelle sotto forma di valore LDSA (Lung Deposited Surface Area) in µm<sup>2</sup>/cm<sup>3</sup> per valutare gli effetti sull'organismo umano.

Qui di seguito viene dimostrata l'idoneità dello strumento testo DiSCmini per la valutazione delle misure di tutela dei lavoratori sulla base di diverse misure effettuate su un posto di lavoro dove si svolgono operazioni di brasatura. A tal fine vengono prima misurati la quantità di particelle e il valore modale granulometrico nell'ambiente di lavoro base, cioè senza aspirazione e senza processi di saldatura. In una seconda fase vengono poi rilevati di nuovo questi due valori insieme al valore LDSA durante i processi di saldatura, una volta con e una volta senza aspirazione.

# Strumentazione

Per questo test viene utilizzata una stazione saldante Weller WSD81 con regolazione elettronica della temperatura e stagno senza piombo con colofonio (composizione: SN95 5AG3,8 Cu0,7) lavorato a una temperatura di 360 °C. Per l'aspirazione dei fumi di saldatura viene impiegato un aspiratore Easy ARM 1 della società ERSA.

Il misuratore di nanoparticelle testo DiSCmini misura l'aria nel posto di lavoro con l'aiuto di un conimetro a urto situato sulla destra accanto al pezzo in lavorazione. Dal punto di vista dell'altezza e della distanza dal punto di saldatura, la posizione del conimetro a urto corrisponde alla posizione del viso durante il processo di saldatura. In questo modo vengono misurate solo le particelle che con alta probabilità vengono inalate durante il lavoro.

La funzione del conimetro a urto è quella di separare le particelle con dimensioni superiori a 700 nm, perché queste non vengono più rilevate dallo strumento testo DiSCmini. Il conimetro a urto e lo strumento di misura sono collegati tra di loro con un tubo flessibile speciale il cui materiale impedisce il deposito delle particelle aspirate lungo le pareti interne.



Fig. 1: testo DiSCmini.



Fig. 2: Configurazione dell'ambiente di lavoro da misurare con stazione saldante e aspiratore.

# Misura dell'ambiente di lavoro base

La misura dell'inquinamento particellare con lo strumento testo DiSCmini viene dapprima svolta a una distanza di circa 1 metro tutt'intorno al posto di lavoro, per registrare

l'inquinamento di base presente nell'ambiente. Durante questa prima misura, la stazione saldante e l'aspiratore non sono ancora in funzione.

## Misura del numero di particelle nella zona di produzione nell'ambiente di lavoro.

Con una quantità media di particelle di 2.427 Pt/cm<sup>3</sup> lungo un intervallo di tempo di 7 minuti, è evidente che l'aria nella zona di produzione contiene solo minime concentrazioni di nanoparticelle. Un risultato riconducibile al trattamento efficace dell'aria che garantisce una bassa concentrazione particellare nella zona di produzione.

## Misura del valore modale granulometrico nell'ambiente di lavoro.

Il valore modale della granulometria delle particelle viene indicato da una curva che descrive la distribuzione granulometrica delle particelle. Durante la misura dell'ambiente intorno al posto di lavoro è stata rilevata una granulometria media delle particelle di 42 nm. Dall'esigua granulometria delle particelle è possibile concludere che le particelle rilevate sono state originate solo in minima parte dal processo di produzione e che molto probabilmente sono giunte nella zona di produzione insieme all'aria esterna.

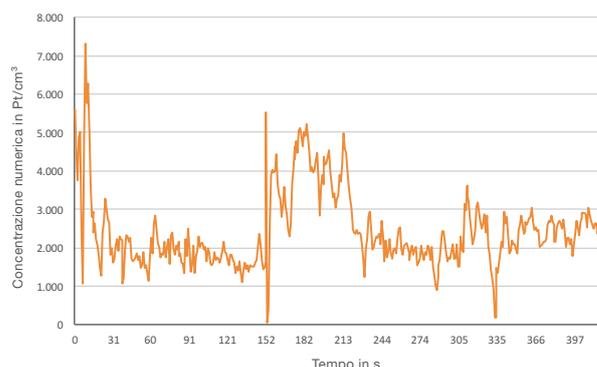


Diagramma 1: Misura dell'ambiente di lavoro base: numero di particelle.

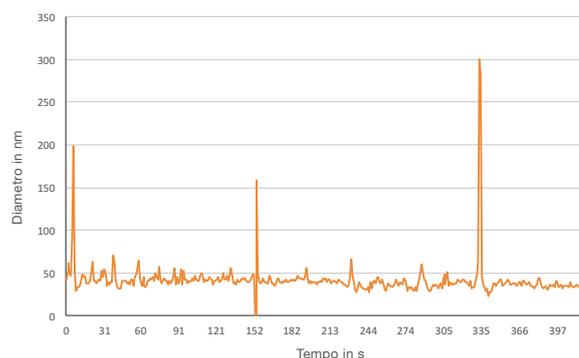


Diagramma 2: Misura dell'ambiente di lavoro base: granulometria delle particelle.

# Misura durante la saldatura con aspiratore in funzione

Durante la saldatura, il lavoratore effettua a intervalli regolari dei punti di saldatura su un circuito stampato. Per la misura durante il processo di saldatura, la stazione saldante e l'aspiratore sono state accese e il conimetro a urto sistemato

all'altezza del viso. A causa delle emissioni di particolato nettamente più alte contenute nei fumi di saldatura, una contaminazione della misura causata dalle nanoparticelle espirate è trascurabile.

## Misura della concentrazione particellare durante la saldatura con aspiratore in funzione

Dopo aver iniziato il processo di saldatura, la media della concentrazione particellare è aumentata solo lievemente. Con un valore misurato di  $2.782 \text{ Pt/cm}^3$  è stato possibile dimostrare che l'impianto di aspirazione funziona in modo efficace e che solo una minima parte di particelle è stata inalata dal lavoratore. I picchi presenti al centro dell'intervallo di tempo misurato sono da ricondursi alle turbolenze presenti nel posto di lavoro.

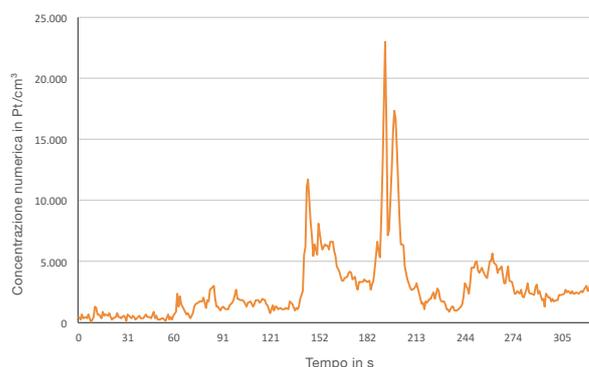


Diagramma 3: Processo di saldatura con aspiratore in funzione: numero di particelle.

## Misura del valore modale granulometrico durante la saldatura con aspiratore in funzione

La misura della granulometria delle particelle ha dimostrato questa diagnosi. La granulometria media di  $44 \text{ nm}$  corrisponde all'incirca alle misure ambientali svolte inizialmente con stazione saldante e aspiratore non in funzione.

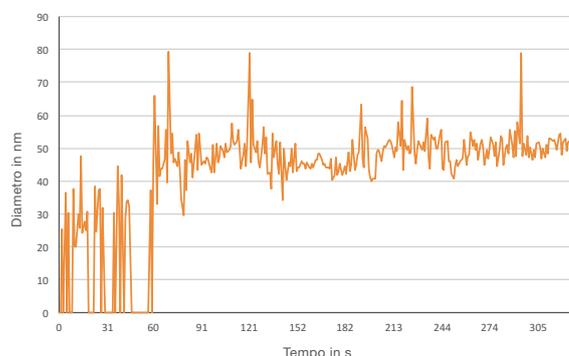


Diagramma 4: Processo di saldatura con aspiratore in funzione: granulometria delle particelle.

## Misura del valore LDSA durante la saldatura con aspiratore in funzione

L'indicazione dell'area attiva superficiale di particelle che si depositano nei polmoni (LDSA) permette di trarre conclusioni sull'impatto biologico. Questo viene provocato dalle superfici attive delle particelle stesse oppure dagli agenti inquinanti che aderiscono alle nanoparticelle e raggiungono insieme ad esse la circolazione sanguigna. Durante la saldatura è stato misurato un valore medio di  $7 \mu\text{m}^2/\text{cm}^3$ .

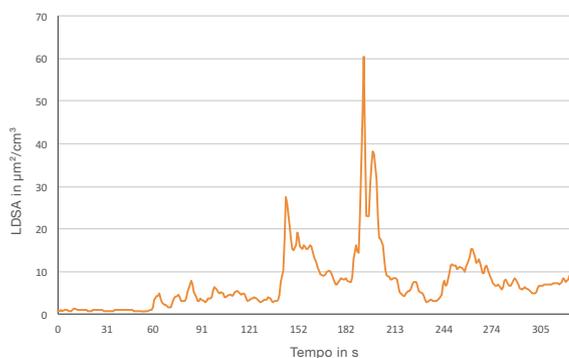


Diagramma 5: Processo di saldatura con aspiratore in funzione: valore LDSA.

# Misura durante la saldatura senza aspiratore

Per avere un'idea del numero e delle dimensioni delle particelle che si formano durante la saldatura, abbiamo svolto una seconda misura senza aspiratore. I risultati dimostrano che già lavorando brevemente senza aspiratore la concen-

trazione di nanoparticelle sul posto di lavoro aumenta considerevolmente.

## Misura della concentrazione particellare durante la saldatura senza aspiratore

Con una media di 143.165 Pt/cm<sup>3</sup>, la concentrazione numerica è 51 volte più alta rispetto a quella misurata con aspiratore in funzione. L'impianto di aspirazione contribuisce così in modo determinante a migliorare le condizioni di lavoro.

## Misura del valore modale granulometrico durante la saldatura senza aspiratore

Dal momento che durante la saldatura si formano addirittura fumi visibili, si presuppone che aumenti nettamente anche il diametro misurato delle nanoparticelle. Come è rilevabile nel diagramma, con un valore di 89 nm il diametro medio ha raggiunto quasi il doppio di quello misurato con aspiratore in funzione. Il diagramma dimostra inoltre che durante la misura il diametro delle particelle era soggetto a forti oscillazioni. Questo è dovuto al fatto che le particelle di grandi dimensioni si formano sempre quando lo stagno si scioglie, mentre diminuiscono quando il lavoratore passa al successivo punto di saldatura. Grazie all'alta risoluzione temporale dello strumento testo DiSCmini, le emissioni di particelle possono direttamente essere abbinare alle singole operazioni del processo di saldatura.

## Misura del valore LDSA durante la saldatura senza aspiratore

Anche la misura del valore LDSA risponde alle aspettative. Senza aspiratore aumenta di oltre 66 volte, raggiungendo una superficie delle particelle di oltre 467  $\mu\text{m}^2/\text{cm}^3$ .

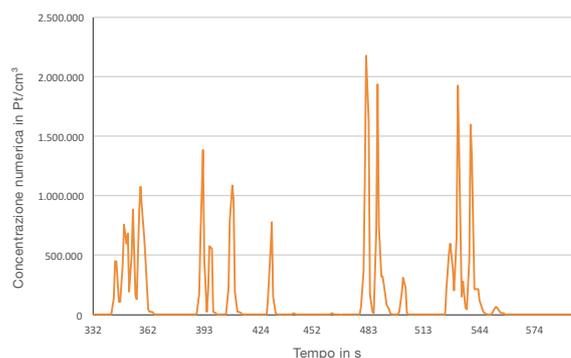


Diagramma 6: Processo di saldatura senza aspiratore: numero di particelle.

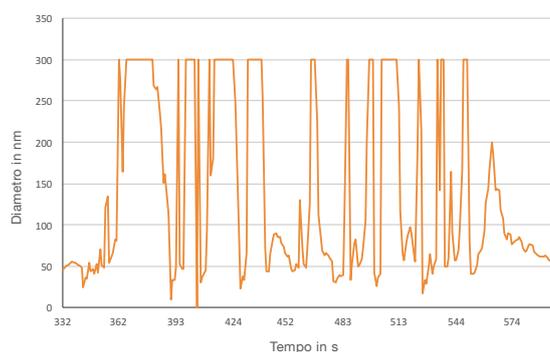


Diagramma 7: Processo di saldatura senza aspiratore: granulometria delle particelle.

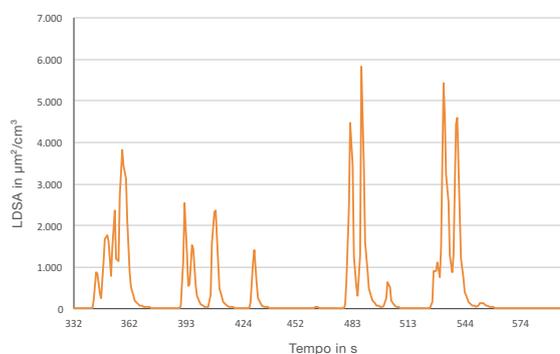


Diagramma 8: Processo di saldatura senza aspiratore: valore LDSA.

# La tutela del lavoro ha raggiunto una nuova dimensione.

Con il misuratore di nanoparticelle testo DiSCmini è possibile dimostrare in modo molto netto l'efficacia dell'aspirazione durante il processo di saldatura. Lo strumento di misura è così indicato a svolgere tutte le misure che fino ad oggi erano affidate ai misuratori di portata o agli anemometri a elica.

## **Oltre a dimostrare l'efficacia dell'impianto di aspirazione, con lo strumento testo DiSCmini è possibile rispondere a molte domande legate all'inquinamento particellare sul posto di lavoro.**

- Lo strumento testo DiSCmini fornisce informazioni dirette sull'inquinamento da nanoparticelle al quale sono esposti i lavoratori. Attraverso un tubo flessibile e un conimetro a urto è possibile misurare con precisione l'aria proprio nella zona in cui il lavoratore la respira. Così non solo è possibile identificare facilmente un'esposizione eccessiva, ma anche dimostrare ai lavoratori la pericolosità dei fumi di saldatura e illustrare loro l'importanza di un'aspirazione correttamente configurata.
- Lo strumento testo DiSCmini fornisce in aggiunta informazioni sull'inquinamento di base presente nell'ambiente. Tuttavia, un aspiratore che funziona correttamente nei

pressi della stazione saldante può contribuire efficacemente alla tutela del lavoratore solo se nessun'altra fonte di particelle di trova nelle vicinanze del posto di lavoro. Simili fonti possono essere localizzate velocemente con lo strumento testo DiSCmini.

- Lo strumento testo DiSCmini offre un prezioso aiuto anche in fase di configurazione dei posti di lavoro. Grazie all'alta risoluzione temporale di 1 s, durante la misura vengono rilevate con affidabilità anche le più piccole variazioni a livello di concentrazione particellare, granulometria delle particelle e superficie attiva (LDSA). Così può essere trovata e verificata facilmente la configurazione più efficace, ad es. modificando la posizione dell'aspiratore sul pezzo in lavorazione oppure aggiungendo una campana per aumentare la zona aspirata.
- Lo strumento testo DiSCmini non misura solo il numero di particelle, ma aiuta anche durante la valutazione dell'impatto biologico grazie al calcolo del valore LDSA (Lung Deposited Surface Area). Un valore molto importante, se si pensa che sulla superficie delle particelle relativamente innocue possono aderire sostanze tossiche che riescono così a raggiungere regioni del corpo che altrimenti non potrebbero mai raggiungere.

Lo strumento testo DiSCmini è stato appositamente concepito per l'uso mobile. La misura avviene senza bisogno di materiali d'esercizio, indipendente dalle vibrazioni e dalla posizione dello strumento. Lo strumento è molto maneggevole e, grazie al suo uso facile e intuitivo permette di accedere rapidamente al rilevamento preciso di nanoparticelle.

## Bibliografia

- [1] "Beurteilung eines möglichen Krebsrisikos von Nanomaterialien und von aus Produkten freigesetzten Nanopartikeln" (Valutazione di un possibile rischio cancerogeno dei nanomateriali e delle nanoparticelle liberate da vari prodotti), presa di posizione del Ministero federale dell'ambiente del 15.04.2010
- [2] Technische Regeln für Gefahrstoffe – Schweißtechnische Anlagen TRGS 528 (Regole tecniche per le sostanze pericolose – Impianti di saldatura TRGS 528), edizione: 02.2009

## Autore

Volker Schemann è International Market Manager presso la Testo SE &Co. KGaA e responsabile in seno alla business unit General Instrumentation del settore Nanoparticelle.

# Chi è Testo

La società Testo, con sede a Lenzkirch nell'Alta Foresta Nera, è il leader mondiale nel settore delle soluzioni di misura portatili e stazionarie. Sono 2.700 le persone che presso 33 filiali sparse in tutto il mondo ricercano, sviluppano, producono e commercializzano per l'azienda high-tech. Gli strumenti di misura altamente precisi e le soluzioni innovative per la gestione dei dati di misura firmati Testo, hanno già conquistato numerosi clienti in tutto il mondo. I prodotti targati Testo aiutano a risparmiare tempo e risorse, a tutelare l'ambiente e la salute delle persone e ad aumentare la qualità di merci e servizi.

Una crescita annuale media di oltre il 10 per cento dalla sua fondazione nel 1957 e un fatturato attuale che supera un quarto di miliardo di Euro dimostrano chiaramente che l'Alta Foresta Nera e i sistemi high-tech sono un binomio perfetto. Il successo di Testo è dovuto anche agli investimenti superiori alla media nel futuro dell'azienda: circa un decimo del fatturato annuo viene infatti investito da Testo nel settore Ricerca & Sviluppo.

**Maggiori informazioni sono disponibili all'indirizzo [testo.it](http://testo.it)**

**DRAWINGCAD**  
Soluzioni per la tua Professione

Via San Leonardo, 120  
(traversa Migliaro)  
84131 Salerno (SA) Italia  
tel./fax 089 33 51 98  
e-mail: [info@misureambientali.it](mailto:info@misureambientali.it)  
sito internet: [www.misureambientali.it](http://www.misureambientali.it)