

# AP6 C- Expositionsabschätzung von Nanomaterialien aus verbrauchernahen Produkten

Anja Köth<sup>1</sup>, Heinz Kaminski<sup>2</sup>, Thomas Kuhlbusch<sup>2</sup>, Andreas Luch<sup>1</sup>, Mario E. Götz<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Bundesinstitut für Risikobewertung, Sicherheit von verbrauchernahen Produkten, Max-Dohrn-Straße 8-10, 10589 Berlin

<sup>2</sup> Institut für Energie- und Umwelttechnik e. V. – IUTA, Bliersheimer Straße 60, 47229 Duisburg



Durch den täglichen Kontakt mit verbrauchernahen Produkten können Verbraucher direkt und indirekt gegenüber Chemikalien exponiert werden. Aktuell existieren hunderte Produkte auf dem europäischen Markt, welche synthetisch hergestellte Nanopartikel enthalten, wie z. B. Sonnencremes, Lebensmittelverpackungen, Textilien. Das Verstehen der Exposition von Menschen gegenüber solchen Produkten und den daraus resultierenden Gesundheitseffekten ist jedoch limitiert. Bei nachgewiesener Exposition des Menschen gegenüber Nanopartikeln wird gemeinhin die Vermutung formuliert, diese könnten ein anderes physikalisch-chemisches Verhalten als ihr 'bulk' Material bei gleicher chemischer Zusammensetzung aufweisen und infolge dessen würden daraus auch biologisch andere oder ähnliche Effekte mit höherer Wirkstärke resultieren. Demnach ist von hoher Bedeutung für die Risikoeinschätzung, die Exposition des Menschen gegenüber Nanopartikeln möglichst präzise experimentell und modellierend zu ermitteln. Als kritisch wird der inhalative Expositionspfad angesehen, da Nanopartikel aufgrund ihrer geringen Größe bis in den pulmonalen Bereich des Atemtraktes diffundieren können und dort Entzündungsreaktionen hervor rufen können. Unser Ziel ist die Untersuchung der Anwendbarkeit vorhandener, bekannter Kalkulationsmethoden auf Spray aerosole, welche Nanopartikel enthalten oder enthalten könnten, um eine Vorstellung darüber zu erhalten, wie hoch eine modellierte Exposition des Menschen in Abhängigkeit von externer Aerosolkonzentration und Partikelanzahlkonzentration werden kann. Ein Vergleich dieser modellierten Expositionshöhen mit den Ergebnissen der Gefährdungseinschätzung spezifisch verwendeter Nanomaterialien sollte die Risikoeinschätzung von Sprayanwendungen erleichtern. Derzeit werden die mathematischen Algorithmen dieser elektronischen Werkzeuge weltweit verfeinert.

## Überblick der verwendeten Expositionsmodelle

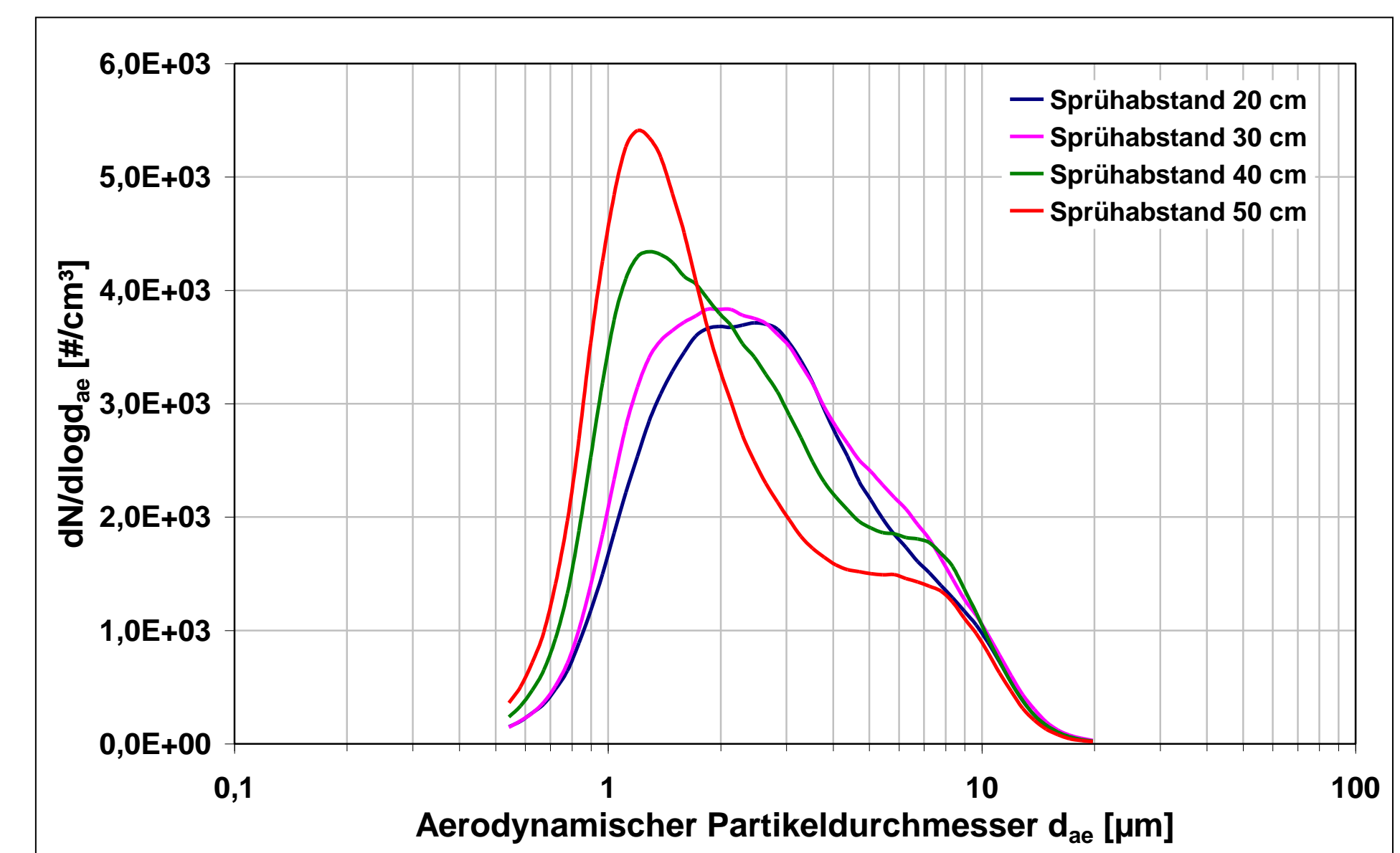
Verbrauchermodelle		Spraymodell	Nanopartikelmodelle	
<b>Ecetoc Tra</b>	<b>ConsExpo</b>	<b>SprayExpo</b>	<b>Stoffenmanager Nano (STM Nano)</b>	<b>Multiple-Path Particle Dosimetry MPPD</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Expositionsabschätzung der 1. Stufe</li> <li>Dermal, oral, inhalativ</li> <li>Produkt- und Erzeugniskategorien</li> <li>Standardparameter unveränderlich</li> <li>Bioverfügbarkeit des Stoffes für alle Expositionspfade 100%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Expositionsabschätzung höherer Stufe</li> <li>Dermal, oral, inhalativ</li> <li>verschiedene produktspezifische Eingangsdaten (Default Datenbank)</li> <li>Modellierungsansatz: well-mixed room</li> <li>sofortige Verdampfung des LM</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>inhalative und dermale Expositionsabschätzung während einer Sprayanwendung in verschiedenen Bereichen des Atemtraktes</li> <li>Modellierungsansatz: turbulente Diffusion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>inhalative Expositionsabschätzung 1. Stufe</li> <li>Bandenmodell</li> <li>Gefährdungspotential basiert auf Partikelgröße, Biopersistenz, Vorhandensein von Fasern</li> <li>für einige NP Gefahreinstufungen integriert</li> <li>keine Berücksichtigung von Agglomeration/ Aggregation, Coatings</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kalkulierung der Ablagerung und Clearance in und aus verschiedenen Regionen des Atemtraktes</li> <li>Spezifikation des Partikeldurchmessers (Anzahl, Masse und aerodynamisch)</li> <li>Partikelablagerungsmechanismen (Impaktion, Sedimentation, Diffusion) integriert</li> <li>keine Integration der Form, Kristallinität, Coatings</li> </ul>
	Expositionsdauer [min] Spraydauer [s] Inhalation cut-off Durchmesser [µm] Inhalationsrate [l/min] Raumvolumen [m³], -höhe [m] Ventilationsrate [1/h]	Sprühwinkel [°] Sprühdüsenfläche [mm²] Sprühdüsendurchmesser [mm] Raumgröße (l, b, h) [m] Ventilationsrate [1/h] Turbulente Diffusion [m²/s]	Frequenzdauer [1/a] Spraydauer [min] Raumvolumen [m³] Ventilationsrate [1/h]	Frequenzdauer [1/a] Expositionsdauer [min] Atemfrequenz [ /min] Atemvolumen [ml] FRC [ml] URT Volumen [ml] Luftröhrenschleimgeschw. [mm/min] Verschiedene Clearanceraten [1/d]
<b>Produktspezifische Parameter</b> Molekulargewicht [g/mol] Produktgehalt pro Anwendung [g] Gewichtsfraction der Komponente	<b>Produktspezifische Parameter</b> Gewichtsfraction der Komponente [%] Massengenerationsrate [g/s] Partikelverteilung [µm] Dichte [g/cm³] Nebelvolumen [m³]	<b>Produktspezifische Parameter</b> Tröpfchengrößenbereich [µm] Fraktion der Tröpfchen [%] Fraktion der nicht verdampfbaren Komponente [%] Dampfdruck des Lösemittels [hPa]	<b>Produktspezifische Parameter</b> Konzentration der Nanopartikel [%] Durchmesser [nm]	<b>Produktspezifische Parameter</b> Partikelkonzentration [%] Dichte [g/cm³] Durchmesser [nm] Aerosolkonzentration [mg/m³]

## Charakterisierung der Expositionssituation (Messungen)

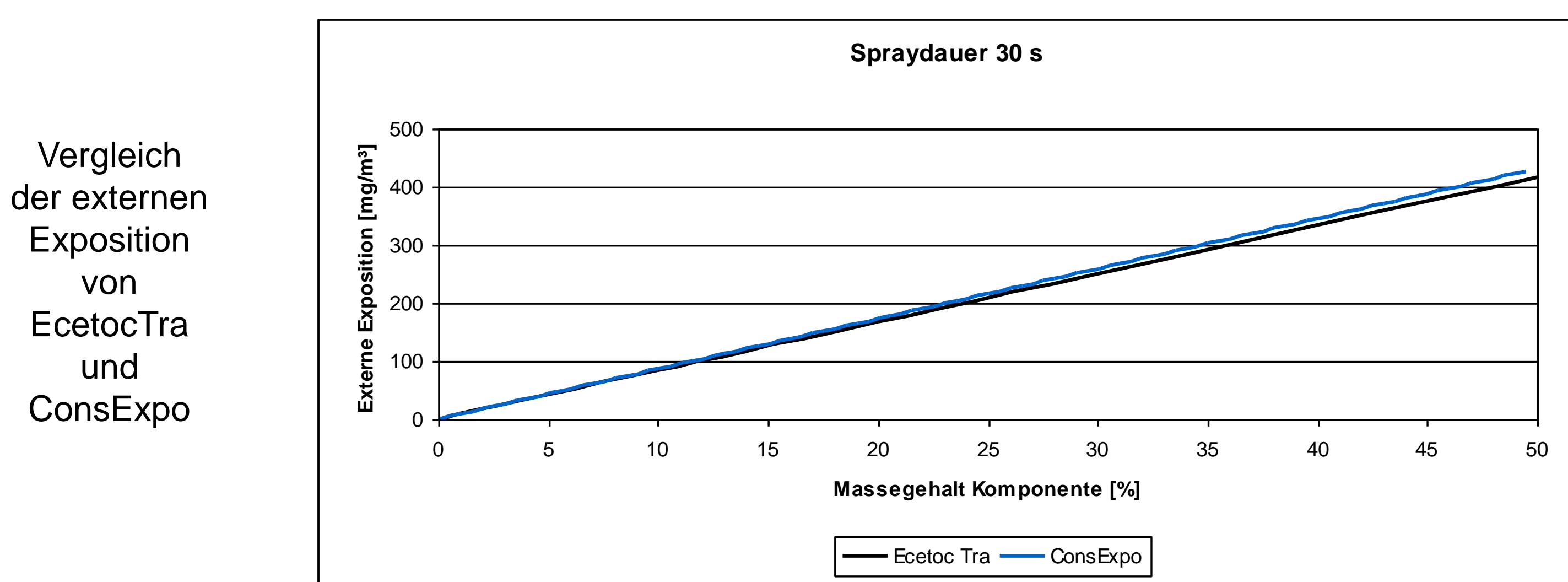
### Inhalative Exposition von Silber Nanopartikeln während eines Sprayprozesses

Input Daten	Input Daten (experimentell)
Gewichtsfraction der Komponente (Silber)	0.1-50 %
Dichte (Silber)	10.49 g/cm³
Körpergewicht	60 kg
Inhalationsrate	32.9 m³/kg
Spraydauer	30 s
Expositionsdauer	300 s
Raumvolumen	10 m³
Raumhöhe	2.5 m
Ventilationsrate	2/hr
Massengenerationsrate	0.666 g/s
Nebelvolumen	0.005089 m³
Tröpfchendurchmesser (aerodynamisch, Modalwert)	1.2-2.5 µm
Aerosolmassenkonzentration	230-310 mg/m³
Sprühabstand	30 cm
Sprühfläche	7,19 mm²
Sprühdurchmesser	96 mm
Sprühwinkel	18,1°

Partikelgrößenbestimmung des Sprays bei verschiedenen Sprühabständen (gemessen mit einem Aerodynamic Particle Sizer (APS 3321, TSI Inc.))



### Expositionsmodellierung EcetocTra – ConsExpo V 4.1



Vergleich der verschiedenen Produktkategorien in Ecetoc Tra:

Produkt/ Unterkategorie	Massegehalt Komponente [%]	Spraydauer [s]	Inhalative externe Exposition [mg/m³]
PC3 (Air care products)/ Aircare, instant action (aerosol sprays)	10	30	347
PC9a (Coatings, paints, thinners, removers)/ Aerosol spray can	10	30	83.4
PC24 (Lubricants, greases and lease products)/ Sprays	10	30	29.4

### Expositionsmodellierung STM Nano – MPPD V2.1

#### STM Nano: V 1

Konzentration Nanokomponente [%]	hc	time weighted ec	time weighted risk score	task weighted ec	task weighted risk score
50	D	2	II	4	I
20	D	2	II	3	I
10	D	2	II	3	I
1	D	2	II	3	I
0,1	D	1	II	2	II

Hazard class (hc): A gering; B mittel; C hoch; D sehr hoch; E extrem  
 Exposure class (ec): 1 gering; 2 mittel; 3 hoch; 4 sehr hoch  
 Risk priority: III low; II mittel; I hoch

#### MPPD:V 2.1

	Inhalative interne Expositions-dosis [mg/m³]					
	Aerosolkonzentration 230 mg/m³			Aerosolkonzentration 310 mg/m³		
	10 nm	50 nm	100 nm	10 nm	50 nm	100 nm
<b>Kopf</b>	48,53	16,56	20,24	65,41	22,32	27,28
<b>Tracheal-bronchial</b>	62,1	23,46	16,56	83,7	31,62	22,23
<b>Lunge</b>	59,57	49,91	36,57	80,29	67,27	49,29
<b>Total</b>	170,2	89,93	73,14	229,4	121,21	98,58

## Zusammenfassung

- Die Abweichungen zwischen der ermittelten externen Exposition mit EcetocTra und ConsExpo V 4.1 sind bei kurzer Spraydauer minimal.
- Die Wahl der richtigen Produktkategorie ist wichtig zur Anwendung der Expositionsmodellierung mit Ecetoc Tra und ConsExpo V 4.1.
- Eine grobe Gefahreinschätzung ist durch ein Bandenmodell (z.B. Stoffenmanager Nano, STM Nano) möglich, jedoch hat die Konzentration der Nanokomponente im Aerosolnebel nach versprühen offenbar darauf wenig Einfluss.
- Mit sinkender Partikelgröße nimmt die totale Konzentration in der Lunge zu (Multiple Path Particle Dosimetry model; MPPD V2.1).
- Genauere Berechnungen der alveolären Partikelanzahlkonzentration werden ggf. mit einer moderneren Version von MPPD (V 2.2) möglich.