

MEILENSTEINE DER PARTIKELFILTEREINFÜHRUNG

- 1775 Percival Pott beweist die Korrelation von Russ und Krebs bei Kaminfeuern – erster Epidemiologe. → *Er wird geadelt, sonst interessiert das niemand*
- 1910 Englische Arbeitsmediziner vermuten neben Staublunge und Silikose schwere Lungenschädigungen durch viel kleinere, unsichtbare Partikel, beginnen die Grösse zu klassieren und Partikel zu zählen. → *Konimeter*
- 1928 Lawther weist eine Korrelation zwischen Lungenkrebs und Anstieg des Verkehrs in London und Wales nach.
- 1936 Die erste Ausgabe der Arbeitsschutzzeitschrift „Staub“ vermutet schwere Erkrankungen via Lunge durch Partikel im Grössenbereich von $< 1 \mu\text{m}$ und fordert die Verbesserung der Messtechnik.
- 1936 Asbest als karzinogen erkannt, US-Versicherungen nehmen keine Arbeiter aus Asbest verarbeitenden Industrien mehr auf. Massnahmen werden erst ab 1990 in der Schweiz eingeführt: Das Kriterium ist die Anzahl der Faserbruchstücke, weil eine Wägung (Masse) nicht möglich ist. *Niemand nimmt diesen wichtigen, physikalisch absolut evidenten Paradigmenwechsel für partikuläre Schadstoffe richtig ernst.*
- 1951 Die Johannesburger Konferenz der Arbeitsmediziner bestätigt 1952 den frühen Verdacht der englischen Minenärzte, klassiert Partikel in thorakale, broncheale und alveolare Fraktion $< 1 \mu\text{m}$ und fordert Massnahmen – grossartige Proceedings, ein Jahr später publiziert. *Umweltmediziner sprechen nicht mit den Arbeitsmedizinern, damals nicht und heute nicht.*
- 1976 TSI entwickelt Anzahlmessgeräte im Nanopartikelbereich für die Wissenschaft und Siegmann/ETH misst an Motoren; stellt fest, dass neue Daimler-Benz-Motoren mehr Nanopartikel emittieren als ältere; das Problem solid/volatile ist noch nicht erkannt.

- 1980 6-Städte-Studie (D.Dockery ab 1973) zeigt erste ernste Hinweise auf **vorzeitige Todesfälle** durch Feinpartikel. Nur dieser Schadstoff korreliert gut mit Mortalität; die Wirkungen sind sehr stark, obwohl die Dosis mit 20-40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bescheiden ist. CARB kündigt ersten PM-Grenzwert für LDV an. *SAE führt eine regelmässige Partikelkonferenz ein (Detroit).*
- 1982 Ford-Patent zum keramischen Zellenfilter, Corning stellt das Produkt vor. Es erreicht schon damals mit > 99% Abscheidegrad praktisch die heutige Qualität
- 1983 Motorenhersteller beginnen intensiv mit DPF-Versuchen (nachdem beim Benziner der 3-Weg-Katalysator durch John J.Mooney ja schon eingeführt worden war). Viele neue Ideen und Lösungen, obwohl der Schwefelgehalt des Dieseltreibstoffe noch > 5000 ppm beträgt.
- 1983 BBC entwickelt in der Schweiz den DPF für den Comprex vor dem Aufladegerät und erkennt durch Messungen und Berechnungen die Bedeutung der Partikelgrösse. Selbst Fliehkraftfelder von 20'000 g erweisen sich als unwirksam für die Abscheidung. BBC entwickelt eigene Filter mit Alusuisse und der Fa.Buck - zahlreiche Patente.
- 1985 BBC testet mit Daimler 1985 die Filter in USA, Colorado, erfolgreich.
- 1986 Daimler und VW erlangen die Freigabe von CARB (und EPA), Daimler startet Markteinführung.
- 1988 Riesige Schadensserie bei Daimler; 2000 Motoren fallen aus. Der Grund ist eine langsame Schädigung der Cordierit-Matrix von Corning durch die Silbervanadat-Beschichtung von Degussa. Eine tiefschmelzende (eutektische) Phase wird gebildet, Keramik gelangt via EGR in den Motor → der Schock geht tief, die Industrie nimmt Abstand vom DPF „für alle Zeiten“.
- 1988 WHO erklärt PM bedingt krebserzeugend. Die MAK-Kommission nimmt das auf und die Schweizer SUVA etabliert einen Grenzwert für DME (Dieselmotoremissionen), ab 1995 präzisiert: BC < 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.
- 1988 Johnson Matthey patentiert das CRT-Filtersystem mit NO_2 als Regenerationsmittel; es kann aber nicht eingesetzt werden, weil es S < 20 ppm voraussetzt; Einsatz erst ab 1998 mit „Schwedendiesel“, emittiert leider viel NO_2 als Schlupf, was den Ruf des Partikelfilters schädigt.
- 1990 Einzelne kleine Nachrüst-Projekte vor allem von City-Bussen, Faserfilter von Donaldson und 3M, Mann & Hummel und über Nacht regenerierte Keramikfilter von Volvo. 200 Busse in Zürich und Genf. Versuche auch in New York. Ein Grossversuch des UBA mit ca. 1000 Fahrzeugen hat leider keinerlei Konsequenzen; Es kommen keine Vorschriften; S noch > 500 ppm
- 1992/93 Das BUWAL erstellt ein Offroad-Emissionsinventar und stellt fest, dass die Gesamtemission der Offroad-PM etwa gleich hoch ist wie die Onroad-PM; das Ergebnis wird stark angezweifelt, sogar angefeindet durch Immissionsexperten, Umweltmedizin und Industrie, bestätigt sich aber durch international Studien mit ähnlichen Ergebnissen. Es dauert bis 1998 bis die Kanzerogenität von PM in die LRV übernommen wird.
- 1993 NEAT-Planung beginnt. Die SUVA, verantwortlich für Sicherheit und Luftreinhaltung in den Tunnelbaustellen beauftragt TTM, zu ermitteln, ob mit dem geplanten Einsatz von Dieselmotoren der DME-Grenzwert eingehalten wird. Ergebnis: er wird um mehr als das 50-fache überschritten trotz maximaler Frischluftmenge von 4 $\text{m}^3/\text{kW} \cdot \text{min}$ (Vorschrift).
- 1994 Die SUVA formiert ein Konsortium für Tunnelbau-Arbeitsschutz in der Schweiz, Österreich und Deutschland und startet das VERT-Projekt: Hermann Egli/SUVA, ein wahrer Pionier, beauftragt TTM: finden Sie eine Lösung innerhalb 3 Jahren, egal, was es kostet, sonst darf der Tunnel nicht gebaut werden. TTM nimmt den Auftrag an.

Start von Motorentests in Biel mit Prof.Dr.Jan Czerwinski (bis heute > 400 AFHB-VERT- Berichte). Bildung einer Begleitgruppe von bis zu 50 Experten aus Industrie, Messtechnik, Aerosolphysik, Arbeitsmedizin, Wissenschaft mit ETH und EMPA, um die bestverfügbare Lösung zu finden oder zu entwickeln und dann sofort umzusetzen (siehe Sonderdruck ÖIAZ 2017: Das VERT-Netzwerk).

Vorgabe der Arbeitsmedizin: Eliminierung (Faktor 100) von festen unlöslichen Partikeln im Grössenbereich von 10-500 nm (andere Partikel produziert ein Diesel gar nicht), - gleichzeitig keine Bildung von neuen Schadstoffen und Einhaltung der Grenzwerte für NOx, HC und CO.

Die VERT-Messtechnik misst Partikel nach 5 Methoden: Masse, Oberfläche, Grösse, EC/OC, Anzahl in 60 Grössenklassen, ferner 200 gasförmige toxische Substanzen bei jeder Filter-Zertifizierung und ist damit sehr viel strenger als alle anderen Zertifizierungen wie REC und CARB, die eminent wichtige Eigenschaften unberücksichtigt lassen.

- 1997 Das **PN-Kriterium** (für alle Grössenklassen) wird das entscheidende Kriterium: PN-Messtechnik (Zählung) ist 10'000-mal empfindlicher als PM-Wägung, sie ist zudem grössenspezifisch und via Proben-Konditionierung auch substanzspezifisch.
Die Bedeutung dieses PN Kriteriums quer durch alle Disziplinen ist bis heute von der Umweltmedizin auch in der Schweiz nicht verstanden worden. ‚Not invented here‘ – der Wahlspruch der offiziellen Experten und ‚keine gesetzliche Grundlage bei uns‘ verhindert die Anerkennung von PN und damit die Einführung der Filter, – man lässt die Leute weiter sterben. Die Umweltmedizin versagt auf der ganzen Breite, weil sie sich nicht von den Ingenieuren vorschreiben lassen will, was sie zu tun hat
- 1997 Neue Konzepte von Filtern mit Abscheidegraden > 99.99% entstehen. Das neue Messgerät (auch für den Feldeinsatz) **NanoMet** wird entwickelt (Kasper, Burtscher, Matter) - später als das **golden instrument** Vorbild für die ganze Welt. Eine Filterspezifikation (später SN 277206) entsteht und ab 1997 die offizielle SUVA/BUWAL Filterliste (heute 76 Produkte).
- 1997 Das VERT-Netzwerk ruft die ETH-Nanopartikelkonferenz ins Leben, um den transdisziplinären Dialog zu fördern und die grossartigen Ergebnisse der Filtertechnik allgemein bekannt zu machen. Gehr und Rothen et al bringen die entscheidende Bedeutung der biologischen Evidenz der Partikelgrösse auf den Tisch, Peters, Oberdörster und viele andere tragen Wissen und Beweise bei und fordern PN-Messungen auch in der Umgebungsluft, aber die offiziellen HE-Experten, die Epidemiologen, denen die Politik folgt, bleiben stur bei PM10/2.5 Masse und verzögern damit die Einführung wirksamer Massnahmen. Wer wird das einmal verantworten?
- 1997 Die Testflotte von 10 anspruchsvollen Baumaschinen-Anwendungen hat während 2 Jahren (mit vielen Lerneffekten) die Nagelprobe bestanden, alle Filter zeigen auf dem Motorprüfstand nach wie vor Spitzenwerte bezüglich Abscheidegrad.
SUVA kündigt das Filterobligatorium an: ‚Kein Motor im Tunnel ohne VERT-Filter‘, setzt es im Januar 2000 in Kraft und zieht es mit grosser Energie perfekt durch. Die Qualitätsverbesserung der Tunnelluft ist so gross, dass Arbeiter in zwei Fällen streiken, weil Ausnahmen gemacht wurden.
- 1998 Der VERT-Verein (zunächst AKPF Arbeitskreis der Partikelfilter-Hersteller) wird unter der Leitung von Dr.F.Legerer mit dem Ziel gegründet BAT (best available technology) generell einzuführen, um die Emissionen von krebserzeugende Substanzen konsequent auf ein Minimum reduzieren.
Was im Tunnelbau funktioniert, funktioniert überall – man hätte diese Technologie generell aufgreifen müssen, aber es fehlt der Mut.
- 1998 Schweiz: Das BUWAL greift die Filterpflicht auf und fordert mit der BauRLL nun auch Filter ausserhalb des Tunnels, zuerst auf grossen Baustellen (ab 2002 in Kraft), ab 2008 allgemein. Heute zu 95% abgedeckt, über 50'000 Maschinen, 2 % Schäden pro Jahr.

- 2000 PSA, die einen modernen CR-Diesel entwickelt haben, setzen dort auch (aus Marketinggründen) einen gründlich entwickelten SiC-Filter von IBIDEN mit Additiv Ceroxid von RHODIA (J.Lemaire) und aktiver Regeneration ein, der zunächst versagt, weil das Problem des Schwefels nicht richtig erkannt worden ist. Belot/PSA sucht Hilfe bei VERT, auf deren Erfahrung er sich abstützen kann. PSA kommt im Mai 2000 mit dem Typ 604 (2002 mit 406) auf den Markt. Grosse Akzeptanz. Friedrich/UBA, unterstützt vom ADAC, vergleicht diese Fahrzeuge jedes Quartal mit einem entsprechenden Mercedes, der aber immer 1'000 mal mehr Partikel emittiert.
- 2000 November: Roth vom UBA kommt mit Chefbeamten von Holland, England, Frankreich in die Schweiz mit dem Vorschlag, ein Projekt ins Leben zu rufen, um die Schweizer PN-Messtechnik zu übernehmen (von Kasper/Matter Engineering 98 fertig entwickelt, veröffentlicht und auf der Hannovermesse vorgestellt). Es entsteht das PMP der UN-ECE, das 6 Jahre (!!!) benötigt um mit R83 das nachzuvollziehen, was in der Schweiz längst Standard ist und wofür die Matter Engineering die Geräte und Patente hat. Widerstände von allen Seiten.
- 2003/04 Die EU will mit Euro V den Filter einführen. Der PM-Grenzwert wird auf 20 mg/kWh verschärft (damals unterste mögliche Messgrenze), aber die Industrie schafft das mit den elektronisch geregelten Motoren und Common rail-Hochdruckeinspritzung ohne Filter. TTM macht die EU auf diesen nutzlosen Schritt aufmerksam, aber niemand ist dort willens, das gedanklich nachzuvollziehen. EURO V wird ein vollständiger Rückschlag: PM wird zwar reduziert, die Anzahl PN bleibt aber gleich (an der Sättigungsgrenze). Die Partikel sind also kleiner und damit gefährlicher. Man sitzt bei den Behörden und den Umweltmedizin-Instituten einem Club von vernagelten Gehirnen gegenüber– mit Ausnahme ganz weniger wie Helmholz, München, mit Wichmann und Peters und den Arbeitsmedizinern des BIA: *Priorität der Minderung von Feststoffpartikeln < 500 nm, die Volatiles, meist wasserlöslich, sind unbedenklich.* Warum 500? Weil Partikel, die nicht die Alveolarmembran durchdringen oder den Riechnerv, können im System gar nicht wirksam werden, wie auch immer die toxische Wirkung durch inerte Fremdkörper wie BC oder Metalloxide, eine hohe Oberfläche oder PAH sein mag.
- 2006 Die EU sucht endlich den grossen Schritt zur Partikelemissions-Minderung mit Euro VI und Euro 5/6. N.Steinger, neu mit dieser Aufgabe betraut, lädt nach Brüssel ein, um etwas über die Schweiz und VERT zu erfahren; er erfasst als erster dieser Behörde die Bedeutung von PN, nämlich:
- PN 10-500 nm ist physikalisch/chemisch sauber definiert
 - Health Effects infolge Grösse und Anzahl sind zwar weiter umstritten, aber als Grundlage plausibel
 - Die Messtechnik ist verfügbar und 10'000 mal empfindlicher als die gravimetrische für PM
 - Damit ist endlich Durchbruch für wesentlich schärfere Grenzwerte geschafft
 - vorhandene Filter sind von VERT nach PN geprüft und scheiden 99.9 % ab
 - Praktische Erfahrung ist mit VERT und PSA verfügbar, die niemand mehr bestreite kann, da VERT immer publiziert hat.
- 2008 Steinger scheitert trotzdem im ersten Anlauf, als er PN dem vorgegebenen PM (10 mg/kWh, unterstes messbares Niveau) äquivalent machen will. Die Hersteller (Scania) beweisen sofort, dass sie diese 10^{14} /kWh auch ohne Filter einhalten können. Erst dann verlangt er BAT mit einem Grenzwert von 10^{11} /kWh, - später noch abgeschwächt auf 6×10^{11} /kWh (noch immer viel zu grosszügig). Das kann keiner ohne einen Filter, der nicht um mindestens 99% vermindert und damit ist der Filter über das selbständige PN-Kriterium (nicht äquivalent zu PM) mit der Forderung BAT in der Gesetzgebung verbindlich definiert, die Messtechnik gemäss PMP ist bereit. *Wie das 10 Jahre zuvor in der Schweiz bereits vollzogen worden ist!*
- Umweltbehörden und Umweltmedizin verstehen auch jetzt die Bedeutung dieses Wandels nicht. Sie lassen in London und bei der deutschen Maut offene Filter zu und bewerten die Filter nach der Masse. Der norddeutsche TÜV trägt grosse Schuld an dieser Irreführung, alle anderen waren nur einfach zu dumm oder gleichgültig – verantwortungslos, *sonst hätte jetzt*

PN auch in der atmosphärischen Messung eingeführt werden müssen, damit überhaupt noch einen Bezug zwischen Verkehr als Quelle und Luftverschmutzung herstellbar ist.

2011/14 Euro 5/6 und EuroVI werden gesetzlich verbindlich. Bis heute sind total 125 Millionen Strassenfahrzeug mit Filter auf der Strasse, die so gut sind, dass sie die Umgebungsluft reinigen, – die PN-Konzentration im Abgas ist mindestens 10 mal geringer als in der Umgebungsluft. Diesel reinigen die Atemluft, die von Benzinmotoren weiter verschmutzt wird. Gleichzeitig sind HC und CO an der Messgrenze und keine weiteren toxischen Stoffe werden emittiert – der Filter wurde zum perfekten Detoxifizierungs-Element. Nutzen/Kosten-Verhältnis dieser grossen Flotte in Europa ist grösser als 10 und der Gesundheitskosten-Gewinn liegt bei ca 500 Milliarden Euro, wenn alle Fahrzeuge nur je 100'000 km laufen.

Und wie ist das mit $\text{NO}_x = \text{NO} + \text{NO}_2$?

NO₂ ist nicht kanzerogen; NO₂ ist in den vom Verkehr verursachten Konzentrationen nicht einmal toxisch. Die Symptomgrenze liegt bei 400 (EPA) - 1'000 µg/m³ (EU occupational health). Wir bewegen uns aber bei 100-150 µg/m³, selbst bei Überschreitungen, was bei einem Schadstoff mit geknickter Dosis-Wirkung-Kurve unkritisch ist. Die anderslautenden Darstellungen in der Öffentlichkeit (der die offiziellen Experten zu keinem Zeitpunkt widersprochen haben) spielen nur den Herstellern in die Hände und belasten die Kunden finanziell nutzlos, wie TTM das auch im Hearing des Deutschen Bundestages im September 2016 richtig gestellt hat.

Die Schädlichkeit von NO₂ wird also überschätzt während die Schädlichkeit der ultrafeinen Partikel weiterhin stark unterschätzt wird. Grenzwerte müssen eingehalten werden, aber Panikmache ist nicht dienlich.

2015 Weder die Luftreinhaltebehörden in Europa und USA, noch die Umweltmedizin bis hin zur WHO begreifen selbst jetzt die Notwendigkeit des PN-Paradigmas:

- Wieso hat die WHO 2012 die Aussage „Abgas kanzerogen Cl.1“ nicht sofort auf die Partikelemissionen (+angelagerte PAH) bezogen, da sie doch wissen musste, dass weder NO₂, noch CO diese Wirkung haben und dass es sonst nichts Geheimnisvolles im Abgas gibt?
- Wie konnte die WHO die Aussage „Abgas kanzerogen Cl.1“ auf den Diesel beschränken in Kenntnis, dass die Benzinmotoren doch weitestgehend die gleichen Partikel produzieren.
- Wieso hat die WHO nicht Partikel wie Asbestfasern nach der Anzahl und Grösse eingestuft?

Damit hat sie die Einführung von verfügbaren hocheffizienten Massnahmen um Jahrzehnte verzögert und hat die Opfer auf dem Gewissen.

Und wieso anerkennt und unterstreicht sie in der Öffentlichkeit nicht die Tatsache, dass der heutige Diesel, der ohne ihr Zutun nun zum saubersten Energieerzeuger geworden ist (E-Mobilität eingeschlossen), dem der Filter nur durch das PN-Kriterium aufgezwungen wurde, weil dies technisch der einzige Weg war, die Emissionskriterien zu verschärfen, dass dieser Diesel heute die einzige verfügbare Lösung zur Verbesserung der Luftqualität ist, besonders in den hochverschmutzten Megacities, dass der Diesel also gefördert und der Benzinler als high polluter gebannt oder auch entsprechend gefiltert werden muss, nicht umgekehrt.

Diese Widerspruchshaltung hat folgende gravierende Auswirkungen:

- Wir können die Luft in den Fahrerkabine nicht verbessern, was bei Vorliegen eines PN-Grenzwertes um Faktor 100 leicht möglich wäre
- wir können LEZ nicht sinnvoll definieren und deshalb bleiben sie Stückwerk
- Wir können Emission und Immission einander nicht zuordnen
- Wir können das ‚polluter pays‘-Prinzip nicht durchsetzen

- Wir können die Gesundheitskosten nicht korrekt berechnen
- Wir können also technische Massnahmen finanziell nicht rechtfertigen
- Wir können die Grenzwerte nicht soweit absenken wie es möglich wäre
- Wir kommen nicht an Baumaschinen, Loks und Schiffe usw. heran
- Wir können die Nachrüstung von Benzinmotoren nicht verlangen, obwohl der Ersatz von 3-WC durch 4-WC ohne weiteres möglich wäre
- Wir können die Gebäudefiltration nicht so spezifizieren, dass sie auch die lungenpenetrierenden Nanopartikel abfängt und damit die Kinder in den Schulen schützt.

Es ist leider eine Tatsache, dass die Luftreinhaltebehörden und die Umweltmedizin inklusive WHO die Arbeit der Ingenieure nicht unterstützt haben, und sich vielmehr verweigert haben, sodass uns nun in all diesen dringend erforderlichen Aktionen die Hände gebunden sind.

Glossar

ADAC	Allgemeiner Deutscher Automobil-Club
AFHB	Abgasprüfstelle der Fachhochschule Biel
BAFU	Bundesamt für Umwelt CH
BAT	Best available technology
BauRLL	Baurichtlinie Luft des BAFU, Erstausgabe 2009, ergänzte Ausgabe 2016
BC	Black Carbon
BUWAL	Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, heute BAFU
CARB	Californian Air Resources Board
CR	Common Rail
CRT	Continuously Regenerating Trap
DPF	Diesel-Partikelfilter
DME	Dieselmotoremissionen
EC	Elementary Carbon
EPA	Environment Protection Agency
EMPA	Eidgenössische Materialprüfungs-Anstalt
ETH	Eidgenössische Technische Hochschule
FAP	Filtre à Particule
HDV	Heavy Duty Vehicle
HE	Health Effect
LDV	Light Duty Vehicle
LEZ	Low Emission Zone
LRV	Luftreinhalte-Verordnung CH
MAK	Maximale Arbeitsplatzkonzentration
NEAT	Neue Alpentransversale
OC	Organic carbon
PAH	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
PM	Particulate Mass
PMP	Particle Measurement Program (UN-ECE)
PN	Particulate Number density

PSA	Peugeot Société Anonyme
REC	Retrofit Emission Control
S	Schwefel
SAE	Society of Automotive Engineers
SiC	Siliziumkarbid
SUVA	Schweizerische Unfallversicherungsanstalt
UBA	Umweltbundesamt D
UN-ECE	United Nations Economic Commission for Europe
VERT	Verminderung der Emissionen Realer Maschinen im Tunnelbau Heute: Verification of Emission Reduction Technologies
WHO	World Health Organisation

Autor

Dr.h.c.Andreas Mayer, TTM-VERT

Herausgeber

VERT-Association c/o JCA Treuhand AG • Aemetstrasse 3, CH-5200 Niederweningen • Schweiz
www.vert-certification.eu

Rechtliche Hinweise

Trotz sorgfältiger Prüfung sämtlicher Angaben des Leitfadens können Fehler nicht mit letzter Sicherheit ausgeschlossen werden. Die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität des Inhalts ist daher ohne Gewähr. Eine Haftung der Bearbeiter und des Herausgebers auch für die mit dem Inhalt verbundenen potentiellen Folgen ist ausgeschlossen.

Die VERT-Association bietet auf ihrer Webseite zahlreiche Informationen zum Thema Partikelfilternachrüstung. Außerdem ist dort eine umfassende Datenbank mit bereits nachgerüsteten Fahrzeugen und Maschinen angelegt. Über die VERT-Filter-Liste können Sie sich darüber informieren, welche Filtersysteme zertifiziert sind und welche Hersteller diese liefern können. www.VERT-certification.eu

Alle urheberrechtlichen Verwertungsrechte für Inhalte liegen, sofern nicht anders gekennzeichnet, bei der VERT Association. Vervielfältigung, auch auszugsweise, nur mit ausdrücklicher Genehmigung.

Diese Zusammenstellung kann als PDF-Version unter www.vert-certification.eu heruntergeladen werden.