

ORTEC News

ORTEC die Meßspezialisten von AMETEK

Themen in dieser Ausgabe:

- **Von der Freude einen ORTEC**
Wandkalender zu besitzen
- **Die eierlegende Wollmilchsau**
Digidart-LF
- **Eine Frage des Formates**
Spektrendatenformate
- **Wahrsager und Hellscher**
Abschätzung von Auflösung und rel. Effizienz von HPGe Detektoren
- **Weit, weiter, am weitesten und ORTEC**
Standoff Performance
- **Wenn es mal etwas weiter und schneller sein muß**
DigiBase-E
- **Das Leben ist hart genug! ORTEC macht es weicher!**
TransSpec
- **ORTEC sorgt für beste Verbindungen**
Anwenderbericht Universität Hannover
- **Strahlung rein, Spektrum raus**
Wissen: Detektor Response Funktion
- **Früh übt sich. Für Kernphysik ist man niemals zu jung**
Leserbeitrag von Prof. von Philipsborn

Sehr geehrte ORTEC Kunden

Ich freue mich, Ihnen eine neue Ausgabe der ORTEC News vorstellen zu dürfen. Wir haben wieder interessante Neuigkeiten aus der Welt der Spektroskopie und ich hoffe, Sie werden auch diese Ausgabe mit Begeisterung lesen.

Wir werden wieder neue Produkte vorstellen und Ihnen auch einen spannenden Anwenderbericht präsentieren. Daneben werden wir einmal ganz ausführlich auf den ORTEC TransSpec eingehen. Dieses mobile komplette HPGe Spektrometriesystem kann fast alles und ist für sehr viele Meßaufgaben der Mercedes Benz der Detektorsysteme.

Neben Produktinformationen möchten wir Ihnen aber auch rein technische Basisinformationen an die Hand geben. Mit einer einfachen Formel lassen sich rel. Effizienzen und Auflösungen für HPGe Detektoren abschätzen.

In dieser Ausgabe finden Sie auch eine sehr ausführliche Abhandlung zur Detektor Response Funktion. Wie sieht ein Spektrum theoretisch aus wenn ich eine Einlinienquelle mit einem HPGe-Detektor betrachte.

Wir freuen uns auch über den Beitrag von Prof. von Philipsborn, der erneut über die Möglichkeit referiert, mit einfachsten Mitteln, Experimente für die Ausbildung durchzuführen.



Mit den besten Grüßen,

Dr. Uwe Jörg van Severen

Geschäftsfeldleiter ORTEC Deutschland

In eigener Sache: Von der Freude einen ORTEC Wandkalender zu besitzen.

Liebe ORTEC Kunden, sicher kennen Sie unseren schönen Jahreswandkalender. Auch dieses Jahr haben wir den Wandplaner wieder aufgelegt. Das Format und die Farbgestaltung kommt bei Ihnen gut an und deshalb sahen wir auch keinen Grund, das bewährte Format zu ändern. Sollten Sie, werter Kunde, bisher noch nie einen Wandkalender von ORTEC bekommen haben, so gibt es zwei Möglichkeiten diesen überaus gelungenen Wandschmuck bald Ihr Eigen nennen zu können:

- A) Sie warten bis einer der freundlichen ORTEC Mitarbeiter bei Ihnen vor der Tür steht und fordern Ihr Recht auf einen Wandkalender energisch ein oder
- B) Sie nehmen Ihr Glück in die eigenen Hände und kontaktieren uns telefonisch oder per E-Mail (Kontaktdaten auf der letzten Seite der ORTEC News)

Die Vorteile des ORTEC Wandkalenders:

- tolles Design
nominiert für den jährlichen Designpreis des „Oak Ridge Centre of excellent Design for Nuclear Calendars“
- eignet sich als Wandplaner für den eigenen Urlaub
- eignet sich als Wandplaner für den Urlaub der Arbeitsgruppe (ORTEC Tipp: Erst aufhängen, wenn der eigene Urlaub bereits eingetragen ist!)
- eignet sich als Malpappe für die Kleinen zu Hause
- eignet sich bedingt als Toilettenpapiersersatz während des Campingurlaubs

AMETEK ORTEC 2010

ALPHA- UND GAMMA-SPEKTROMETRIE / NUKLEARE MESSTECHNIK

Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	Januar
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29
30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31

AMETEK GmbH | Rudolf-Diesel-Str. 16 | 40670 Meerbusch | ☎ 02159/9136-42 | Fax 02159/9136-80 | vanseveren@ametek.de | www.ortec-online.com

In eigener Sache: Die ORTEC News

Liebe Kunden, wir haben uns vor einiger Zeit entschlossen die ORTEC News zu publizieren. Wir haben nach einer Möglichkeit gesucht, Ihnen neueste Informationen rund um ORTEC und aus dem Gebiet der nuklearen Meßtechnik vorstellen zu können. Es hat sich mittlerweile nach vielen Ausgaben der ORTEC News gezeigt, daß unser Konzept von Ihnen akzeptiert wird. Wir versuchen nicht nur, Ihnen unsere Produkte vorzustellen, sondern wir wollen den Newsletter mit technischen Informationen, Anwenderberichten und Hintergrundinformationen würzen. Die ORTEC News werden von ORTEC Deutschland in Handarbeit hergestellt. Das heißt, ich versuche mir meine Zeit entsprechend einzuteilen, um jeweils die nächste Ausgabe, neben meiner normalen Tätigkeit, vorzubereiten. Meine Kollegen unterstützen mich dabei mit Beiträgen und mit Geduld, die Sie während der Entstehung für mich aufbringen müssen. Sollte das Layout etwas roh sein oder die Grammatik eines Pulitzerpreisanwärters nicht würdig sein, so bitte ich Sie um Nachsicht. Die ORTEC News ist keine durchgestylte Onlinezeitung, hinter der eine komplette Marketingabteilung steht, sondern ein Hobbyprojekt Ihres ORTEC Deutschland Teams.

Einige Kunden haben uns nach älteren Ausgaben gefragt. Wenn Sie ebenfalls Interesse haben so senden wir Ihnen gerne ältere Ausgaben zu. Unsere Kontaktdaten finden Sie am Ende der ORTEC News. Für Fragen und Anregungen sind wir immer offen und würden uns sehr darüber freuen.



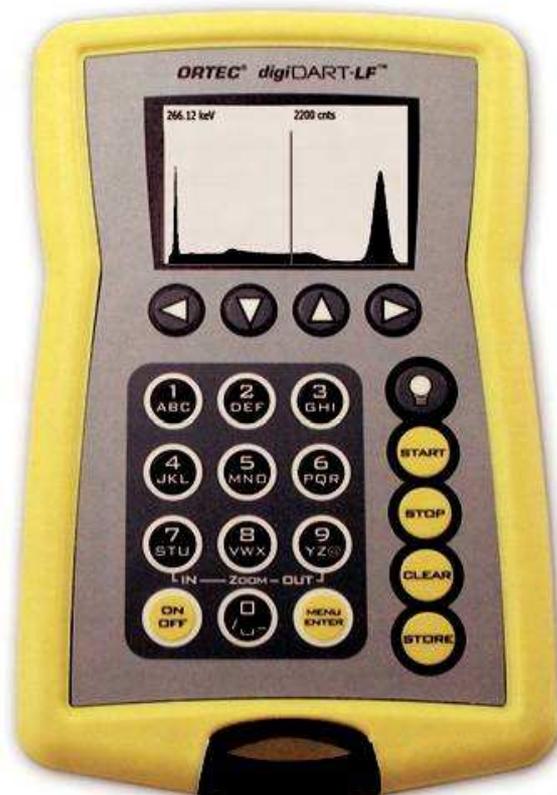
Die ORTEC News wird für Sie, lieber Kunde, geschrieben. Wenn Sie keine weiteren Ausgaben erhalten möchten, so wird Ihr Wunsch sofort erfüllt. Wir möchten selbstverständlich keinen Kunden belästigen. In der heutigen Zeit von Massenspam haben wir dafür vollstes Verständnis.

Die eierlegende Wollmilchsau für Szintillationspektroskopie ist erfunden! Produkt Feature: DigiDart LF

Das beste mobile MCA System für hochauflösende HPGe Spektroskopie ist der ORTEC DigiDart (www.ortec-online.com/pdf/digidart.pdf). Der DigiDart eignet sich natürlich auch bestens für die Szintillationspektroskopie. Seine Auflösung von 16k (32 k optional) läßt sich entsprechend der verwendeten Detektor verringern. Um eine kostengünstige Alternative bereitzustellen, hat ORTEC den DigiDart-LF entwickelt. Der DigiDart-LF hat alle Vorteile des normalen DigiDart mit einem für Szintillatoren angepaßten ADC.

Die Features im Überblick:

- Schneller ADC mit 2048 Kanälen
- Speicher für 150 2k Spektren
- Display zur Spektrenkontrolle
- Start/Stop/Spektrenkontrolle, ROI Auswertung ohne PC möglich
- USB Schnittstelle zum PC
- Mit Maestro Software
- Maximaler Datendurchsatz >100.000 cps
- Digitale Pulsverarbeitung
- Auto PoleZero (ORTEC Patent)
- Gewicht 860g
- Batterielaufzeit >9h, typisch 12h
- Extrem robust und spritzwassergeschützt



DIM-296 und DIM-POSNAI

Der DigiDart-LF kann mit jedem energiedispersivem Szintillationsdetektor betrieben werden. Ein Anschluß ist entweder mit dem DIM-POSNAI oder noch komfortabler mit dem DIM-296 möglich.

Der DIM-POSNAI besitzt Anschlüsse für einen Preamp, die HV, das Gate und dem eigentlichen Signaleingang.

Der DIM-296 beinhaltet direkt eine Photomultiplierbase. Die Verbindung mit einem DIM-296 besteht dann nur noch aus einem Kabel zum DigiDart-LF und stellt somit die einfachste Möglichkeit dar, Spektroskopie zu betreiben.

Für den harten Outdoor-Einsatz können wir kundenspezifische Lösungen anbieten, um die Kombination DigiDart-LF, DIM-296 und Szintillationsdetektor zu einem extrem robusten Meßmittel zu machen. Dabei ist fast alles möglich:

Wasserdicht, Staubdicht, Edelstahl- oder Aluminiumausführung, besonders kleiner Formfaktor, besonders langes Verbindungskabel zwischen Detektor und DigiDart,...

Sprechen Sie uns an, um die perfekte Lösung für Ihre Meßaufgabe zu erhalten.



ORTEC Online Link

http://www.ortec-online.com/pdf/digidart-lf_ds.pdf

Eine Frage des Formates ORTEC Wissen: Spektrendatenformate

Spektrendatenformate gibt es wie Sand am Meer. Jeder Hersteller von nuklearer Meßtechnik, der auch Software anbietet, hat natürlich sein eigenes Datenformat, um die Spektren auf die Festplatte des Rechners zu bannen. Dies ist verständlich, macht aber nicht wirklich Sinn. Auch ORTEC hat für seine Rohdaten ein eigenes Spektrenformat. Wir speichern Daten in CHN Dateien ab. Dieses Binärformat hat aber einen signifikanten Vorteil gegenüber den Formaten der lieben Konkurrenz. Es ist nicht besser oder schlechter, aber es ist frei und gut dokumentiert. ORTEC stellt jedem Käufer einer ORTEC Software eine ausführliche Beschreibung in Form eines kleinen Büchleins zur Verfügung, in dem unter anderem das CHN Datenformat genau beschrieben wird.

Auszug aus dem ORTEC Software File Structure Manual:

The CHN integer data files contain the channel-by-channel contents of the MCB. The header is 32-bytes long and contains the following:

Byte Offset Byte Length Description

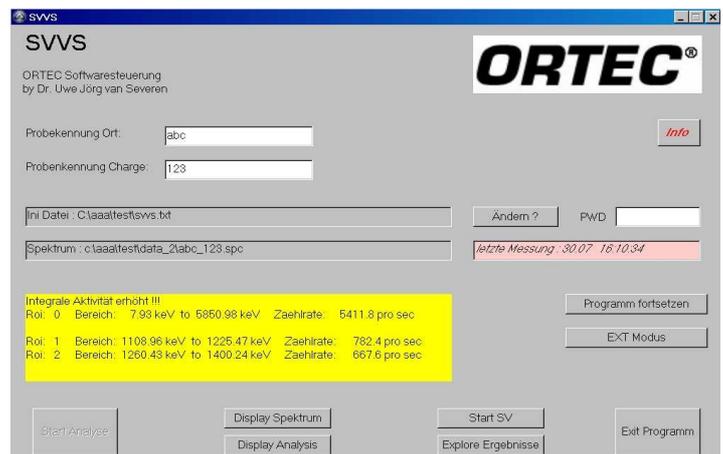
0	2	Must be -1
2	2	MCA number or Detector number
4	2	Segment number (set to 1 in UMCBI)
6	2	ASCII seconds of start time
8	4	Real Time (increments of 20 ms) (4-byte integer)
12	4	Live Time (increments of 20 ms) (4-byte integer)
16	8	Start date as ASCII DDMMYY* or binary zeros, if not known. The * character should be ignored if it is not a "1". If it is a "1", it indicates the data is after the year 2000.
24	4	Start time as ASCII HHMM or binary zeros, if not known (see Byte 6 above)
28	2	Channel offset of data
30	2	Number of channels (length of data)

The next part of the file contains the spectrum stored as 4-byte integers. There are no record separators in the file. The number of spectrum records is determined by the number of channels in the spectrum. The last part of the spectrum file contains additional descriptive information about the spectrum, as follows (the byte offsets are relative to the end of the spectrum) for GammaVision V2.2 and later, MAESTRO V3.1 and later, MicroMCB and all versions of programs for Windows 95/98/NT:

0	2	Must be -102
2	2	Reserved
4	4	Energy calibration zero intercept, 0.0 for uncalibrated spectrum (4-byte real)
8	4	Energy calibration slope, 1.0 for uncalibrated spectrum (4-byte real)
12	4	Energy calibration quadratic term, 0.0 for uncalibrated spectrum (4-byte real)
16	4	Peak shape calibration zero intercept, 1.0 for uncalibrated spectrum (4-byte real)
20	4	Peak shape calibration slope, 0.0 for uncalibrated spectrum (4-byte real)
24	4	Peak shape calibration quadratic term, 0.0 for uncalibrated spectrum (4-byte real)
28	228	Reserved
256	1	Length of detector description
257	63	Detector description
320	1	Length of sample description
321	63	Sample description



Mit obigen Informationen läßt sich leicht ein Programm in C schreiben, daß die Daten lesen kann oder schreiben kann. Wir von ORTEC Deutschland haben solche Routinen selbst geschrieben und stellen diese gerne jedem Interessenten zur Verfügung. Mit unserem Programmier's Toolkit (siehe ORTEC Online Link) ist es darüber hinaus möglich, jede ORTEC Hardware selbst einzusetzen. Damit sind unsere MCAs universell für jede Meßaufgabe und jede Ansteuerung konfigurierbar. Das Meßsystem kann somit mit eigenen Programmen gestartet werden, gestoppt werden und die Daten können mit eigener Software gelesen und analysiert werden, wie im neben stehen Beispiel.

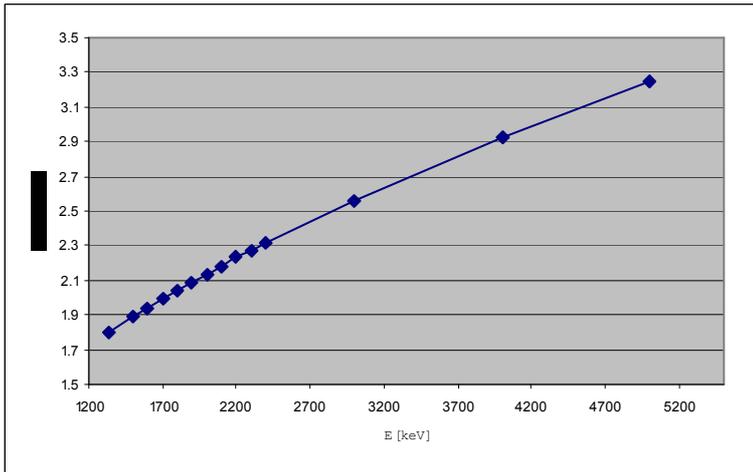


Wahrsager und Hellseher

ORTEC Wissen: Auflösung von HPGe Detektoren bei sehr hohen Energien

ORTEC Detektoren haben eine ausgezeichnete Auflösung. Normgemäß spezifizieren wir im höherenergetischen Bereich die Auflösung bei 1332 keV. Auf Wunsch kann aber auch eine zusätzliche Messung bei höheren Energien von ORTEC durchgeführt werden. Um aber schnell ein Gefühl für die zu erwartende Auflösung zu erhalten, kann näherungsweise eine Abschätzung vorgenommen werden:

$R = \sqrt{N^2 + 2E}$ Dabei ist R die Auflösung, N das elektronische Rauschen und E die Energie. Alle Werte müssen in eV angegeben werden. Berechnet man mit dieser Formel eine Graphik unter der konservativen Annahme, daß N 750 eV beträgt so ergibt sich:



Diese Abschätzung der zu erwartenden Auflösung ist nur eine sehr grobe Näherung. Eine schöne Betrachtung der Auflösung von HPGe-Detektoren läßt sich im Knoll (Radiation Detection and Measurement, Glenn F. Knoll, Verlag: John Wiley & Sons Inc.) nachlesen. Einen wesentlichen Beitrag zur Auflösung liefert die Detektorgröße. Kleinvolumige Detektoren haben im allgemeinen eine bessere Auflösung als großvolumige Detektoren. Die kleinen Detektoren haben normalerweise auch eine geringere Kapazität und damit ein kleineres Rauschen. Weiterhin zeigen sich Effekte von unvollständiger Ladungssammlung bei kleinen Kristallen. Mit steigender Größe steigt die Wahrscheinlichkeit für Trapping und Rekombination. Dieser Effekt läßt sich nur teilweise durch eine Vergrößerung der angelegten Hochspannung und damit der Feldstärke kompensieren.

Wahrsager und Hellseher, es geht weiter!

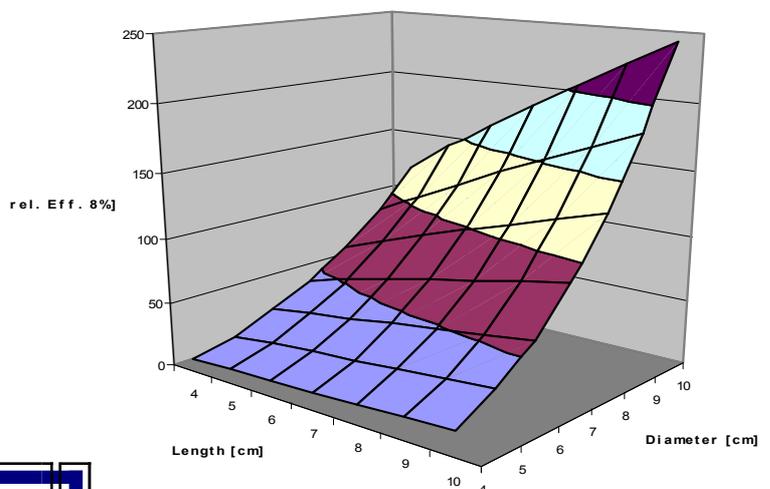
ORTEC Wissen: Abschätzung der relativen Effizienz von HPGe Detektoren

Mit steigendem Volumen des Koaxialdetektors steigt auch die relative Effizienz. Diese Tatsache ist an sich nicht wirklich spannend und war zu erwarten. Diese Relation läßt sich jedoch quantifizieren und läßt damit eine einfache Abschätzung der relativen Effizienz zu

$Rel\ Eff. [\%] = Vol / 4.3$ Das Volumen ist in cm^3 anzugeben. Mit einer Dichte von Germanium von ca. $5.33\ g/cm^3$ ergibt sich, daß man etwa 23 g Germanium braucht für jedes Prozent relativer Effizienz. Da die relative Effizienz über die 1332 keV Linie von Co60 definiert wird, ist es einsichtig, daß die Stirnfläche des Kristalls einen größeren Einfluß auf die Effizienz hat als die Länge des Kristalls. Erst bei wesentlich höheren Energien verändert sich diese Beziehung. Eine bessere empirische Formel ist daher:

$Rel\ Eff. [\%] = c * D^a * L^b * 100$ mit Durchmesser und Länge in Dezimetern und $c = 2.4321$, $a = 2.8155$ und $b = 0.7785$.

Trägt man die Werte aus dieser Formel 2 dimensional auf, so sieht man sehr schön, daß die Vergrößerung des Durchmessers einen wesentlich größeren Einfluß auf die relative Effizienz hat, als eine Verlängerung des Kristalls. Bei dieser Gelegenheit möchte ich kurz auf unsere ORTEC Profile Detektoren hinweisen (siehe ORTEC Online Link).



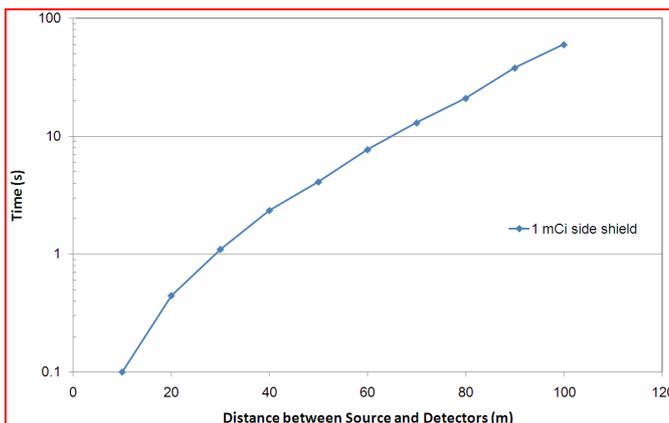
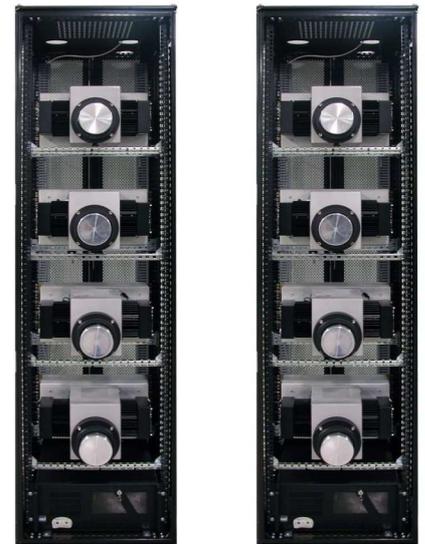
ORTEC Online Link

<http://www.ortec-online.com/detectors/photon/pdf/B03%20-%20Profile.pdf>

Weit, weiter, am weitesten: ORTEC! ORTEC Paper: IDM—Standoff Performance

Die Detektion und Identifikation von radioaktivem Material bei Entfernungen von 15 m und mehr wird immer wichtiger im Bereich der nuklearen Sicherheit. Ein großer Abstand zwischen Detektor und Quelle bedingt aber auch einen höheren Untergrund, der bei nicht-hochauflösenden Meßsystemen eine Identifikation unmöglich machen kann. Erst die Verwendung der HPGe Technologie ermöglicht es, verdächtige Quellen, aufgrund der hervorragenden Auflösung von Germanium, sauber vom Untergrund zu trennen. Das resultierende, deutlich verbesserte Signal-Rausch-Verhältnis bedingt unmittelbar eine Verringerung der Nachweisgrenzen.

ORTEC hat für diesen Aufgabenbereich ein modulares Detektorsystem entwickelt. Das ORTEC IDM Modul benötigt nur eine Spannungsversorgung und einen Computer mit USB Interface. Das IDM beinhaltet als komplettes Meßsystem den HPGe Detektor mit einem 85mm x 30mm Kristall, einen Stirling Kühler und einen digitalen MCB. Das IDM wird in einer der nächsten Ausgaben ausführlicher vorgestellt. Wer nicht mehr drauf warten möchte kann dem ORTEC Online Link folgen.



ORTEC hat einen Test mit einer 1mCi Cs137 Quelle und 8 IDM Modulen durchgeführt und die Ergebnisse in einem Paper zusammengefaßt. Das Paper ist über den ORTEC Online Link zu erreichen.

Als Ergebnis zeigte sich, daß eine Nuklididentifikation auch bei sehr großen Meßabständen sicher möglich ist. Die Cs137 Quelle konnte in einem Abstand von **100m** innerhalb von **60s** sicher identifiziert werden.

Wenn es mal etwas weiter und schneller sein muß! Produkt Feature: DigiBase-E

Die ORTEC DigiBase hat einen großen Bruder die DigiBase-E bekommen. Das Erfolgsmodell DigiBase verfügt über einen USB-Anschluß, der eine Installation sehr einfach macht. Eine Datenübertragung mittels USB-Kabeln ist bis ca. 5 m ohne Probleme möglich. Soll die Entfernung zwischen Detektor und Rechner größer werden, so muß man mit USB schon einige Klimmzüge machen (es geht, kostet aber relativ viel Geld). Die DigiBase-E wird über ein LAN-Kabel angeschlossen, und somit sind auch große Distanzen ohne Probleme erreichbar. Des weiteren haben wir das neue Modell mit einem 2k ADC ausgestattet und dabei direkt auf einen wesentlich höheren Datendurchsatz geachtet. Der Datendurchsatz beträgt nun **196k cps**.

Als Filter kommt nun ein Trapezfilter statt eines Bipolarfilter zum Einsatz. Eine Zeitsynchronisation zwischen zwei DigiBase-E ist möglich. Damit kann die DigiBase-E die Vorteile ihres optionalen List-Modus voll ausspielen. Diese Schnelligkeit und Flexibilität prädestinieren die DigiBase-E für den Netzwerkeinsatz mit weiteren Detektoren. Die DigiBase mit USB-Anschluß ist dagegen die optimale Einzelplatzlösung.



Das Leben ist hart genug! ORTEC macht es weicher!

Produkt Feature: TransSpec

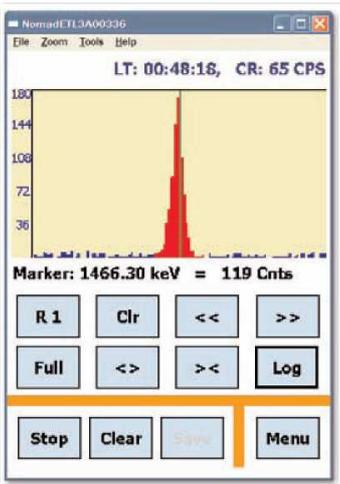


Wer kennt das nicht: Wirtschaftskrise, Ärger mit dem 10 Jahre alten Auto, harte Brötchen am Morgen und die falsche Zahnpastamarke. Das Leben ist doch schon hart genug, warum sollte man sich bei der mobilen Spektroskopie mit weniger als dem Besten zufriedengeben. Wir möchten Ihnen auf den folgenden Seiten unseren TransSpec im Detail vorstellen. Das Gerät wurde zwar schon in einer vorherigen Ausgabe der ORTEC News vorgestellt, wir sind jedoch selbst so fasziniert von diesem genialen Meßmittel, daß wir gerne dem TransSpec mal etwas mehr Platz für eine ausführliche Darstellung gewähren.

Also, was genau ist der TransSpec denn eigentlich nochmal?

Der TransSpec ist ein tragbares Gammасpektrometer, bestehend aus einem Germaniumdetektor mit 15% beziehungsweise 40% rel. Effizienz, der mit einem Stirlingkühler elektrisch gekühlt wird, einem unserer besten digitalen MCBs und einem eingebauten Microcomputer (ähnlich einem PDA), der wahlweise über WLAN, USB (Microsoft ActiveSync oder direkt mit GammaVision, InterWinner, ...) oder direkt über das 640x340 Pixel große Touchscreen gesteuert werden kann. Zusätzlich verfügt er über einen SD-Karten Slot.

Das ganze System ist dabei extrem leicht (6,8 kg für den **Micro-TransSpec** mit 15% rel. Effizienz und 11kg für den **TransSpec-DX-100** mit 40% rel. Effizienz), nur halb so groß wie eine Aktentasche und verfügt über eine Batterie, die in weniger als 4 Stunden komplett geladen ist und einen Akkubetrieb von mehr als 3 Stunden erlaubt. Wem das noch nicht ausreicht, der kann zusätzliche Batteriepacks erhalten, die im Betrieb ausgetauscht werden können.

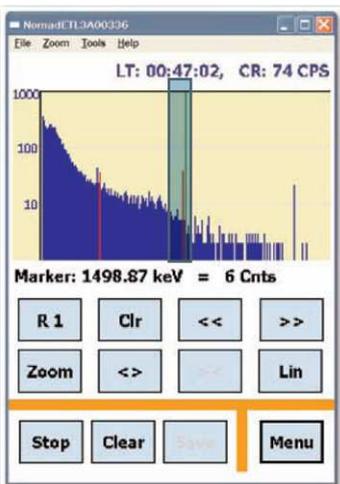


12 V reichen als Eingangsspannung, daher kann der TransSpec in jedem Auto geladen und heruntergekühlt werden (Adapter für Zigarettenanzünder sowie ein Netzteil für 220 V werden mitgeliefert). Und sollte der TransSpec doch mal warm werden – obwohl der Kühler so gebaut ist, daß er viele Jahre non-Stop Betrieb verkraftet – ist das kein Problem. Sobald wieder Strom verfügbar ist können Sie direkt wieder kühlen. Durch das Design des Kryostaten muß der Detektor nicht erst komplett auftauen, bevor wieder heruntergekühlt werden darf.

Da bleiben doch nun wirklich keine Wünsche mehr offen, oder?

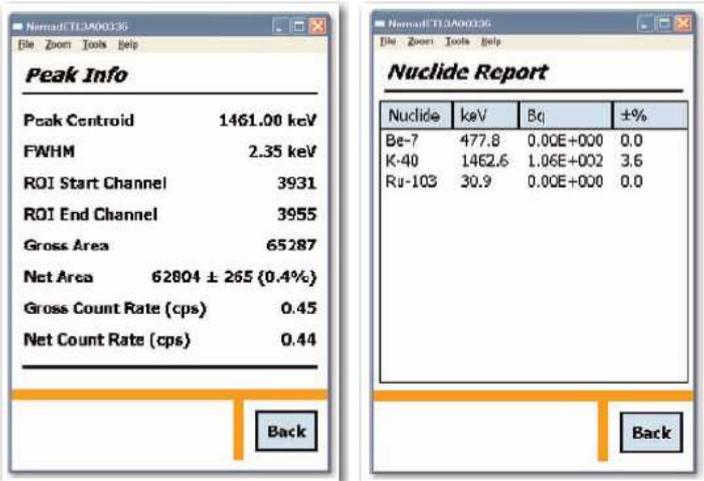
Darf es etwas mehr sein? Sie brauchen keinen zusätzlichen PC um ein Spektrum auszuwerten, die Energie zu kalibrieren oder die Hardware zu parametrieren: Alles läßt sich über den Touchscreen und die im Microcomputer vorhandene Software einstellen. Beim Design der Software wurde darauf geachtet die Bedienung möglichst simpel und intuitiv zu ermöglichen.

Das Hauptmenü gliedert sich zum Beispiel in drei Reihen: Die erste zum Setzen/Löschen und Anschauen von ROIs, die zweite zur schnellen Manipulation der Spektrenanzeige und die dritte zum Starten/Stoppen und Speichern von Spektren, sowie dem Menü für zusätzliche Einstellungen.



Fortsetzung Produkt Feature: TransSpec

Weiterhin können detaillierte Peakinfos angezeigt werden und sogar Aktivitäten anhand von vordefinierbaren ROIs und Nuklidfaktoren direkt berechnet werden.

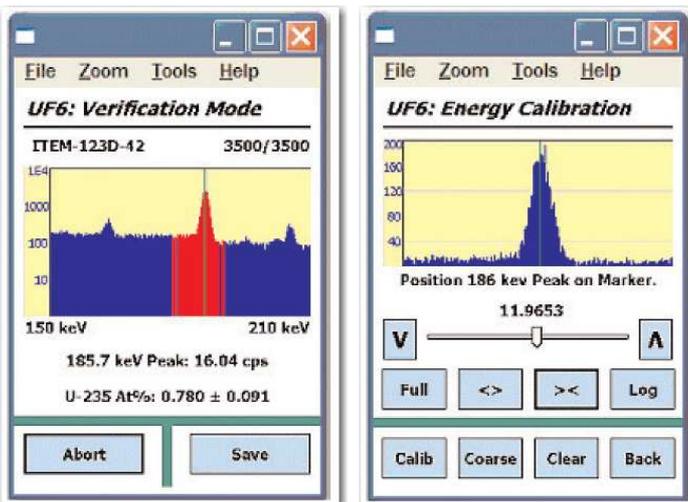


Das Gerät ist zwar nicht wasserdicht (was bedeuten würde, Sie müssten es untertauchen können) aber es ist so abgedichtet, daß es auch im Regen einwandfrei funktioniert. Eine extrem robuste Verarbeitung gewährleistet auch im harten Außeneinsatz permanente Einsatzbereitschaft, Stürze aus 1 m Höhe verkraftet das Gerät (ja, wir haben das wirklich gemacht – ABER bitte nicht nachmachen, dies ist nur ein Extremtest, der uns gezeigt hat wie robust das Gerät wirklich ist).

Durch Fernkontrolle des Microcomputers über WLAN ist die komplette Steuerung des TransSpecs und das Herunterladen von Spektren möglich.

Immer noch nicht genug?

Der TransSpec verfügt über einen eingebauten Filter, der die Mikrophonie-Effekte, die durch den Kühler und durch anderen umgebungsbedingten „Lärm“ entstehen, deutlich verringert. Dadurch wird die Energie-Auflösung des TransSpec so gut, daß mit ihm selbst Anwendungen wie die Analyse von Spaltmaterialien durchgeführt werden können (separate Analysesoftware wie PCFRAM notwendig).



Generell bieten wir zusätzliche Softwaremodule für spezielle Meßprobleme an, die direkt auf dem eingebauten Computer laufen können. Ein Beispiel ist die Software UF6 zur direkten Echtzeit-Bestimmung des Anreicherungsgrades von Uranhexafluorid. Sie bekommen das aktuelle Ergebnis direkt auf dem Display angeben.

ORTEC Online Link

http://www.ortec-online.com/pdf/micro-trans_ds.pdf

<http://www.ortec-online.com/pdf/transpec.pdf>

Alle Daten einer Messung können auf der SD-Karte oder dem internen Speicher abgelegt und später nochmal auf einem separaten Rechner analysiert werden.

Vielleicht haben Sie ja auch ein immer wiederkehrendes Meßproblem, dessen Lösung wir durch eine solche spezifische Softwareentwicklung vereinfachen können. Sprechen Sie uns an, es lohnt sich. Auch eine Erweiterung der verfügbaren Hardware lässt sich eventuell machen. Die Integration eines GPS-Moduls, zur automatischen Speicherung des Aufnahmeortes ist ebenso möglich, wie die eines zusätzlichen Neutronendetektor. Es sind auch wechselbare Kollimatoren erhältlich und machen den TransSpec zum universellen Multitalent.



ORTEC sorgt für beste Verbindungen

Anwenderbericht: Universität Hannover – Schweißnahtprüfung

Qualitätssicherung hochfester 3D-NVEB-Schweißverbindungen

Dr.-Ing. W. Reimche / Universität Hannover

Das Teilprojekt C4 des SFB 675 „Einstellung gradierter Werkstoffeigenschaften und Qualitätssicherung hochfester 3D-NVEB-Schweißverbindungen“ hat das Ziel, neue Ansätze zur Qualitätssicherung in der Fertigung hochfester Fügeverbindungen zu erforschen.

Im Rahmen dieses Sonderforschungsbereiches soll zur Qualifizierung des NVEB-Fügeprozesses (Abb. 1) für hoch belastete Bauteilverbindungen und zur Online Prüfung der erreichten Einschweißtiefe und Schweißnahtbreite sowie der Prozeßstabilität die an der Schmelzbadoberfläche reflektierte Elektronen-Rückstreustrahlung und die in der Schweißnaht erzeugte Röntgen-Bremsstrahlung im Bereich des Schmelzbades über Kollimatoren und Strahlungsdetektoren erfaßt und bewertet werden.



Abb.1: Überblick Versuchsaufbau mit Strahlgenerator, Verfahrtisch und Roboter

Um die Ausbildung der Schweißnaht und deren Qualität online beobachten zu können, wurde ein Versuchsstand zur Aufnahme von Kollimatoren und Strahlungsdetektoren zur direkten Montage an der Schweißanlage konstruiert.

Die Aufnahmevorrichtung bietet die Möglichkeit bis zu acht Detektoren um das Schmelzbad der NVEB-Schweißanlage herum anzuordnen. Dabei werden zwei verschiedene Arten von Detektoren eingesetzt: NaJ(Tl)-Detektoren zur Messung von Röntgenstrahlung und YAP-Detektoren zur Erfassung von Beta- bzw. Elektronenbremsstrahlung. Diese Strahlungsarten entstehen beim Prozess des Nonvakuum-Elektronenstrahl-schweißens.



Abb.2: Szintillationsdetektor mit ORTEC MCA DigiBase für die digitale Pulsverarbeitung

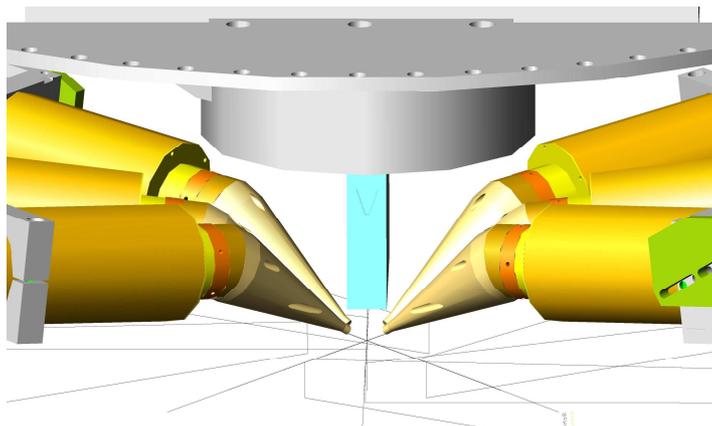


Abb.4: Schematische Zeichnung des Strahlgenerators mit der Anordnung von 6 Detektoren

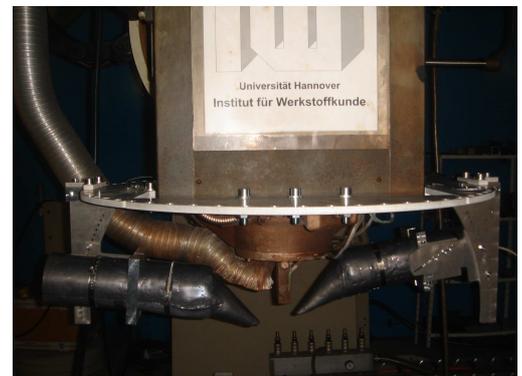


Abb.3: Strahlgenerator mit 2 Szintillationsdetektoren und deren Kollimatoren

Strahlung rein, Spektrum raus

ORTEC Wissen: Detektor Response Funktion

Ich möchte auf den folgenden Seiten versuchen zu erklären was passiert, wenn Gamma-Strahlung auf einen HPGe-Detektor trifft. Wie sieht das resultierende Spektrum aus, als Funktion der einzelnen physikalischen Effekte. Dieser Beitrag der ORTEC News soll also ein wenig Hintergrundwissen vermitteln und richtet sich daher in erster Linie an den Nicht-Physiker, der Gammaskopie betreibt. Die Darstellungsweise soll daher bewußt einfach gehalten werden und nicht physikalisch, mathematisch abgehoben sein. Die daraus mangelnde Präzision wird hoffentlich durch eine allgemeine Verständlichkeit kompensiert.

Trifft ein Gammaquant auf Materie so lassen sich im Wesentlichen 3 physikalische Wechselwirkungen unterscheiden:

Photoelektrische Absorption

(dominant bis einige Hundert keV)

Compton Streuung

(großer Beitrag von einigen Hundert keV bis 5 MeV)

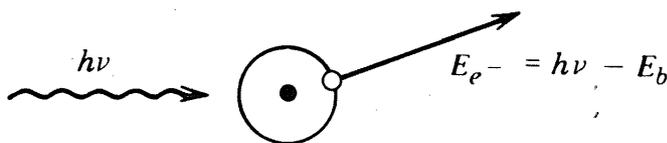
Paar Produktion

(dominant ab ca. 5 MeV)

Der Wechselwirkungsquerschnitt für die verschiedenen Effekte ist nicht nur energieabhängig sondern auch eine Funktion der Kernladungszahl Z . Je größer Z ist desto wahrscheinlicher wird sowohl der Photoeffekt als auch bei höheren Energien die Paarbildung. Im Gegensatz dazu steigt die Wahrscheinlichkeit für den Comptoneffekt mit kleiner werdendem Z . (Sehr schöne Graphiken dazu finden sich bei: Glenn F. Knoll, Radiation Detection and Measurement, John Wiley & Sons. Das ist das beste Buch zum Thema).

Photoeffekt:

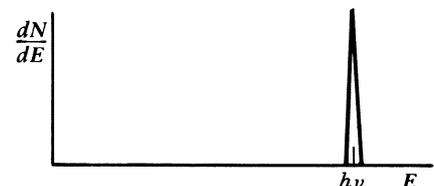
Der Photoeffekt beschreibt die vollständige Energieabgabe eines Gammaquants an ein stark gebundenes Elektron der Atomhülle. Das Quant mit der Energie $h\nu$ (h : Plancksches Wirkungsquantum, ν : Frequenz) trifft auf das Elektron und überträgt seine gesamte Energie und seinen Impuls. Das Hüllenelektron wird aus der Schale herausgeschlagen und besitzt danach die kinetische Energie $h\nu$ minus der Bindungsenergie E_b .



Aufgrund der notwendigen Energie- und Impulserhaltung bei diesem Prozeß ist es zwingend notwendig, daß das Elektron gebunden ist. Es ist nicht möglich, daß sowohl Energie als auch der Impuls erhalten bleiben bei einem ungebundenen Elektron. Durch die Bindung ist es möglich das Atom selbst als dritten Wechselwirkungspartner einzubeziehen um die notwendigen Erhaltungssätze zu erfüllen.

Der Wechselwirkungsquerschnitt geht dabei mit der fünften Potenz von Z , und damit ist sofort ersichtlich, daß Ge ($Z=32$) sich wesentlich besser als Detektormaterial für den Gammanachweis eignet als zum Beispiel Si ($Z=14$). Das aus der Hülle emittierte Elektron erzeugt beim Durchtritt durch den Festkörper nun Elektron-Loch-Paare, die durch Anlegen einer Hochspannung abgesaugt werden können, um somit ein Detektorsignal zu erzeugen (Das Prinzip „Halbleiter als Detektor“ kann nachgelesen werden unter der oben bereits zitierten Literaturstelle oder einfach auf einen der nächsten ORTEC Newsletter warten.)

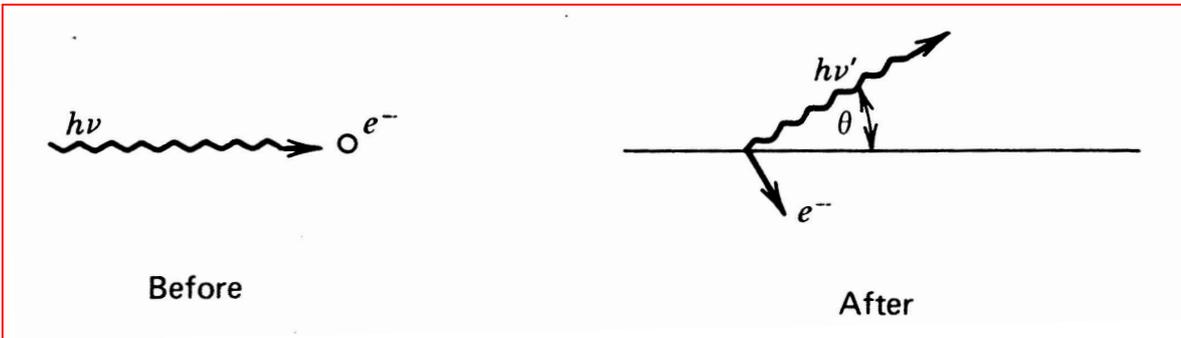
Lassen wir uns auf folgendes Gedankenexperiment ein: Es gibt nur den Photoeffekt als einzigen Wechselwirkungsmechanismus. Wie würde das resultierende Spektrum aussehen, wenn wir monoenergetische Gammastrahlung auf unseren Detektor treffen lassen. Wir würden in einem Spektrum nur an der Stelle $h\nu$ einen gaußförmigen Peak sehen (Verbreiterung und Formveränderung durch Rauschen und unvollständige Ladungssammlung sei hier nicht berücksichtigt). Dies wäre das optimale Spektrum für die Analyse, da es keine weiteren Peaks gibt und keinen Untergrund. Die Energie im Spektrum kann sofort dem einfallenden Gammaquant zugewiesen werden.



Fortsetzung: Detektor Response Funktion

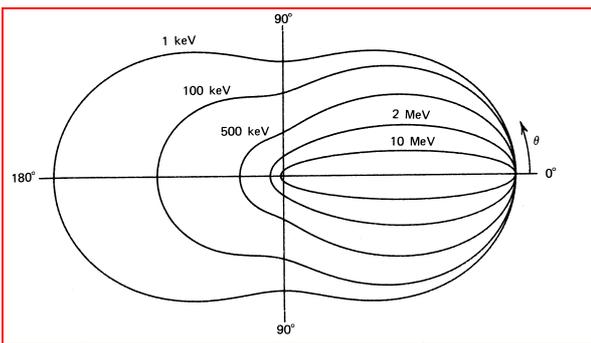
Comptone Effekt:

Der Comptoneffekt beschreibt die Streuung eines Gammaquants an einem Elektron. Dieser Streuprozess kann sowohl an einem gebundenen, als auch an einem ungebundenen Elektron stattfinden. Das gestreute Quant gibt also nur einen Teil seiner Energie an seinen Streupartner ab. Das gestreute Quant hat nach der Wechselwirkung die Energie $h\nu'$.



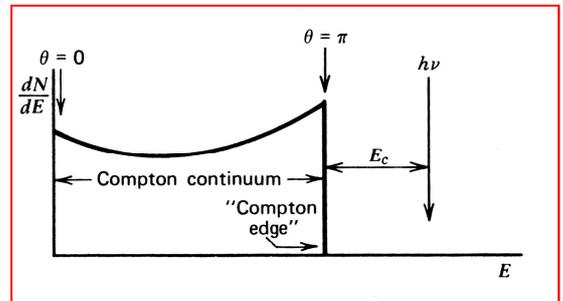
$$h\nu' = h\nu / (1 + h\nu / m_0c^2 * (1 - \cos \theta)) \text{ mit } m_0c^2 = 511 \text{ keV}$$

Daraus folgt, daß bei $\theta = 0$ Grad keine Energie übertragen wird. Dieser Grenzfall beschreibt also die Situation, bei dem das Quant das Elektron gerade nicht trifft. Der andere Grenzfall tritt bei $\theta = 180$ Grad ein. In diesem Fall wird die maximale Energie übertragen. Der Energieübertrag ist somit eine Funktion des Streuwinkels und variiert zwischen 0 und E_{\max} . Der Wirkungsquerschnitt an sich wird beschrieben durch die Klein-Nishina Formel, deren Resultat in nachstehender Abbildung graphisch dargestellt ist.



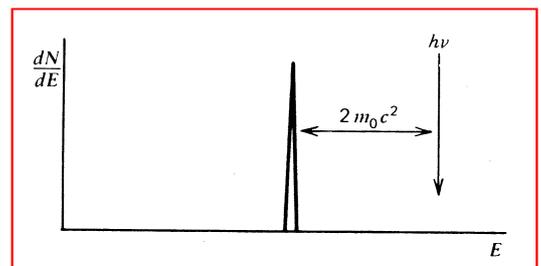
Die Linien zeigen gleiche Wechselwirkungsquerschnitte als Funktion der Energie und des Streuwinkels. Es zeigt sich, daß bei hohen Energien kleine Streuwinkel bevorzugt werden. Dies hat unmittelbare folgen für die Detektorauswahl für die Hochenergiespektroskopie. HPGe Detektoren mit langen Kristallen (kleiner Durchmesser, große Länge) eignen sich hier in besonderer Weise.

Kehren wir zurück zu unserem Gedankenexperiment. Nehmen wir an, daß der Comptoneffekt die einzige Wechselwirkung ist, so sehen wir im Spektrum an der Stelle $h\nu$ keinen Peak, sondern es zeigt sich eine plateauartige Responsefunktion von 0 keV (-> Streuwinkel 0 Grad) bis zu der sogenannten Comptonkante bei E_{\max} (-> Streuwinkel 180 Grad). Zwischen E_{\max} und $h\nu$ sehen wir keine Beiträge zum Spektrum.



Paarbildung:

Paarbildung beschreibt die Erzeugung eines Elektron-Positron-Paares bei gleichzeitiger Vernichtung des Gammaquants. Dieser Prozeß ist aufgrund der Energie-Masse-Relation möglich und wird mit der berühmten Formel $E = m_0c^2$ beschrieben (m_0 : Ruhemasse des Elektrons, c : Lichtgeschwindigkeit). Wenn die Energie des Quants $h\nu$ größer oder gleich der zweifachen Ruheenergie des Elektrons ist, dann kann dieser Prozeß stattfinden. Dominant wird er allerdings erst bei Energien von einigen MeV. Aufgrund von Energie- und Impulserhaltung kann die Paarbildung nur im Feld des Atoms stattfinden.



$$E_e^- + E_e^+ = h\nu - 2 m_0 c^2$$

Das erzeugte Elektron wird sich durch den Festkörper bewegen und Elektron-Loch-Paare erzeugen. Das Positron als Antiteilchen zum Elektron wird beim Auftreffen auf ein Elektron durch Aussendung zweier 511keV Quanten vernichtet werden. Dieser Prozeß ist analog zur Paarbildung. Die zwei 511 keV Quanten können nun entweder durch weitere Wechselwirkungen im Festkörper verbleiben oder den Kristall verlassen.

Fortsetzung: Detektor Response Funktion

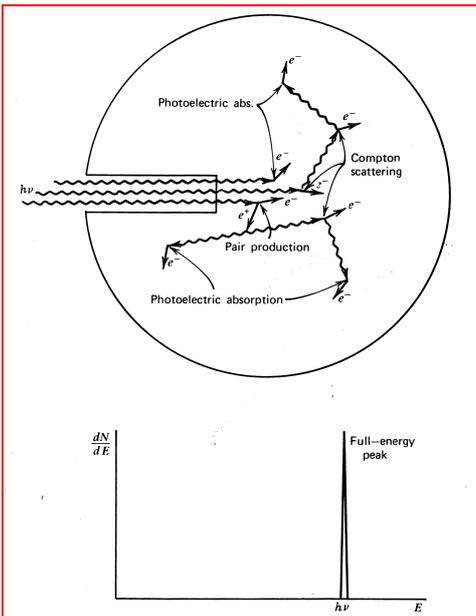
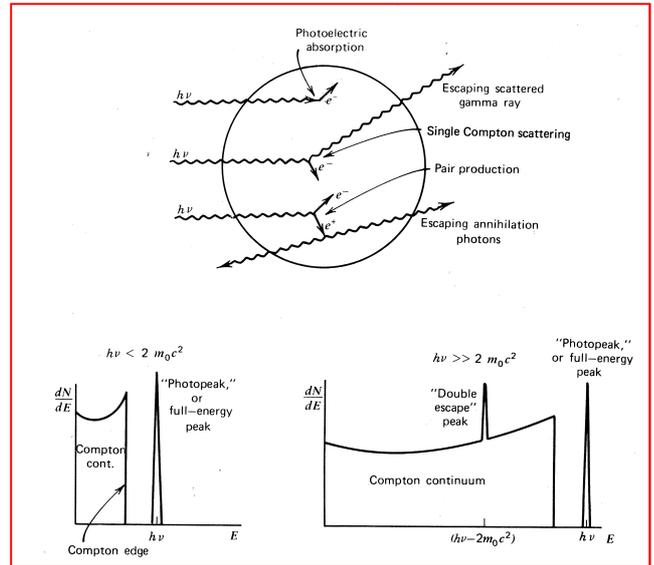
Wir nehmen erneut an, daß es nur eine Wechselwirkung von Gammaquanten mit Materie gibt. Für den Fall der Paarproduktion sehen wir einen Peak bei der Energie $E = h\nu - 2 m_0 c^2$. Dieses Spektrum ergibt sich unter der Annahme, daß beide erzeugten 511 keV Quanten aus der Positron Vernichtung den Detektor verlassen haben.

Spektrum eines kleinen Detektors:

Ein kleiner Detektor wird definiert unter der Annahme, daß die Kristalldimensionen kleiner sind als die mittlere freie Weglänge der Sekundärgammaquanten. Damit verlassen sowohl die gestreuten Quanten als auch die 511 keV Quanten den Kristall ohne weitere Wechselwirkung. Das resultierende Spektrum zeigt einen Photopeak, einen Comptonuntergrund mit klar definierter Comptonkante. Desweiteren sehen wir den Double-Escape Peak der Paarbildung, wenn die Gammaenergie groß genug war.

Spektrum eines großen Detektors:

Ein großer Detektor wird definiert unter der Annahme, daß die Kristalldimensionen groß sind gegenüber der mittleren freien Weglänge der Sekundärgammaquanten. Alle sekundären Gammaquanten, die nach Comptonstreuung oder nach Paarbildung entstehen werden durch nachfolgenden Photoeffekt im Kristall nachgewiesen. Das Spektrum zeigt trotz aller drei Wechselwirkungen nur den Photopeak bei der Energie $h\nu$.

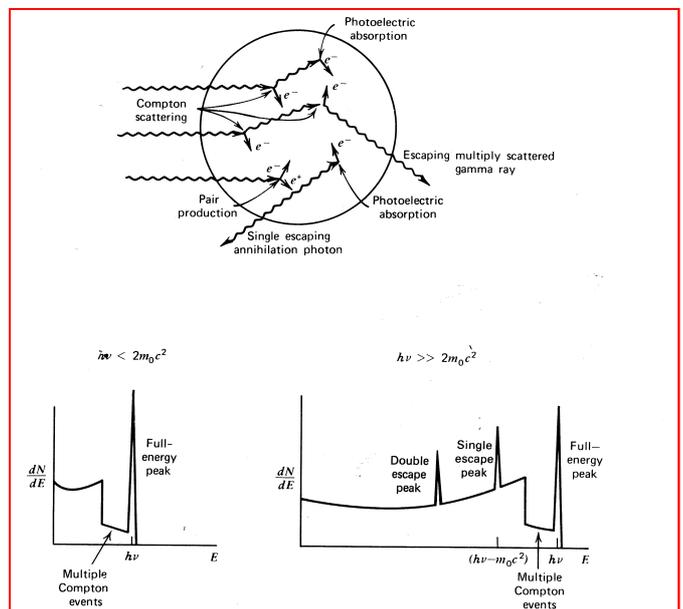


Spektrum eines realen Detektors:

Es gibt in der realen Welt natürlich keinen kleinen oder großen Detektor sondern nur mittelgroße Detektoren. Alle beschriebenen Effekte treten auf und Sekundärgammaquanten verlassen zum Teil den Kristall oder werden mittels Photoeffekt final nachgewiesen. Das resultierende Spektrum zeigt daher einen Comptonuntergrund mit Comptonkante sowie einen Comptonuntergrund jenseits der Comptonkante, der auf mehrfachen Comptoneffekt zurückzuführen ist. Dabei wird das gestreute Quant erneut gestreut und verläßt danach erst den Kristall. Durch mehrfache Comptonstreuung zeigt sich ein Untergrund von 0 keV bis $h\nu$. Ist die Gammaenergie groß genug für die Paarbildung so ist neben dem Double-Escape Peak auch der Single-Escape Peak zu sehen. Hierbei wird ein 511 keV Quant nachgewiesen, das zweite 511 keV Quant verläßt jedoch den Kristall.

Leider sieht ein reales Spektrum aber noch weitaus komplizierter aus und es müssen weitere Effekte berücksichtigt werden, die hier jedoch nur kurz erwähnt werden sollen:

- Das Sekundärelektron kann den Detektor verlassen, wenn der Kristall sehr klein oder die Gammaenergie sehr groß ist. Als Resultat erhalten wir einen Comptonuntergrund der kleinen Energien favorisiert.
- Das Sekundärelektron kann Energie durch Bremsstrahlung verlieren, die den Detektor verlassen kann. Dieser Effekt tritt im Hochenergiebereich von einigen MeV auf. Das Resultat ist vergleichbar mit dem vorherigen Punkt.



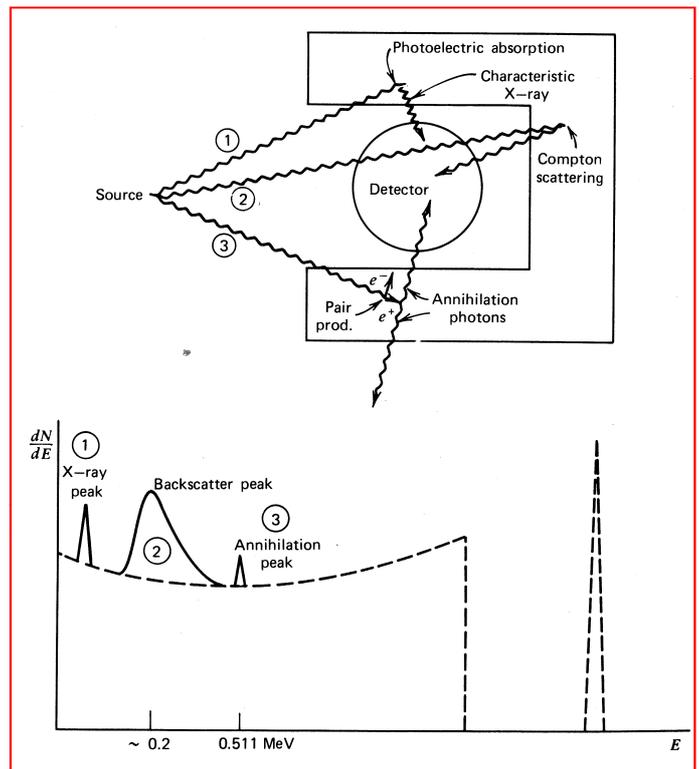
Fortsetzung: Detektor Response Funktion

- Die charakteristische Röntgenstrahlung wird erzeugt durch die Abregung der Atomhülle nach einem Photoeffekt. Wie bereits erwähnt muß das Elektron für den Photoeffekt gebunden sein und somit ist eine Energieübertragung auf ein Elektron der K-Schale am wahrscheinlichsten. Der leere Hüllenplatz wird durch ein Elektron der äußeren Schalen unter Emission eines charakteristischen Röntgenquants ersetzt. Dieses Röntgenquant kann den Kristall ohne weitere Wechselwirkung verlassen. In diesem Fall sehen wir einen Peak bei $E = h\nu - E_{\text{Röntgen}}$.

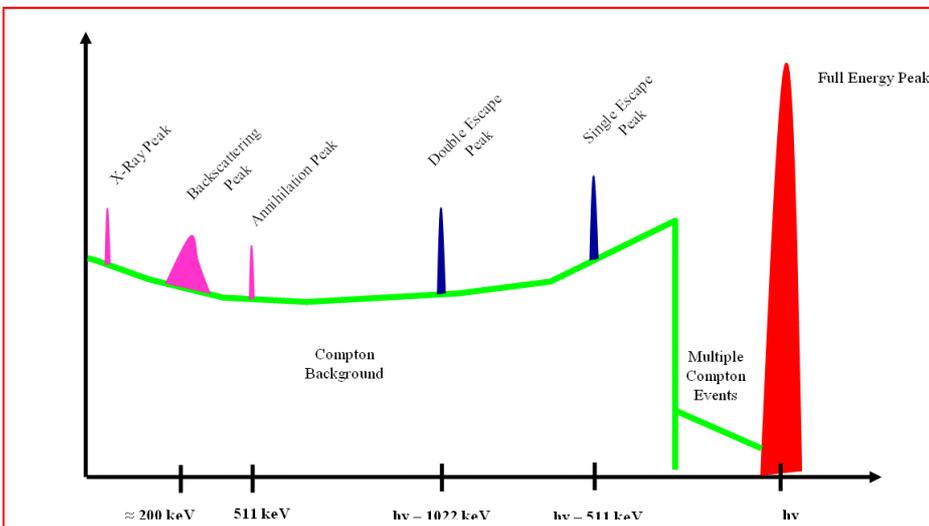
Spektrum eines realen Detektors in einer realen Welt:

Bislang wurde stillschweigend die Annahme gemacht, daß der Detektor in einem unendlich großen Raum ohne weiteres Strukturmaterial steht. Das reale Leben ist natürlich komplizierter und unendlich große Labore sind doch eher die Seltenheit. Strukturmaterial kann dabei eine Bleiabschirmung sein oder die Wände des Labors.

- Trifft die Strahlung nicht direkt auf den Detektor sondern auf Strukturmaterial, so kann es zu einem Photoeffekt im Strukturmaterial kommen mit Emission eines charakteristischen Röntgenquants, welches vom Detektor nachgewiesen wird. Im Spektrum ist ein Röntgenpeak (1) zu sehen. Daraus wird auch sofort ersichtlich, daß ein sogenanntes Graded-Z-Shielding (Cu Liner plus Plexiglas) bei Bleiabschirmungen sehr sinnvoll ist, um den Röntgenpeak zu sehr kleinen Energien zu verschieben.
- Wenn anstatt einem Photoeffekt eine Paarbildung im Strukturmaterial erfolgt, so kann eventuell ein 511 keV Vernichtungsquant (3) im Detektor nachgewiesen werden. Da beide 511 keV Quanten mit einem Winkel von 180 Grad emittiert werden ist immer nur ein Quant nachweisbar. Im Spektrum ist bei 511 keV ein Peak sichtbar. Diese Strahlung ist nicht zu verwechseln mit 511 keV Quanten, die direkt von der Quelle kommen.
- Es ist natürlich ebenfalls möglich, daß eine Comptonstreuung im Strukturmaterial stattfindet mit anschließendem Nachweis im Detektor. In diesem Fall sehen wir den Rückstreupeak (2) im Spektrum bei etwa 250 keV. Der Peak ist sehr breit und eine Herleitung seiner Form würde den Rahmen dieser Übersicht bei weitem sprengen.



Zusammenfassend seien alle angesprochenen Effekte nochmals schematisch in einer Graphik zusammengestellt:



Neben dem gewünschten Photopeak bei der Gammaenergie $h\nu$ zeigen sich vielfältige Effekte, die allesamt zum unerwünschten Untergrund beitragen. Man kann durch Verringerung des Strukturmaterials oder durch ein Graded-Z-Shielding den Untergrund minimieren. Ein großer Detektor wird immer ein saubereres Spektrum zeigen als ein kleiner. Hochenergiespektren sollten mit langen Kristallen aufgenommen werden.

(Einige Graphiken sind entnommen worden aus dem hervorragenden Buch von **Glenn F. Knoll**, *Radiation Detection and Measurement*, John Wiley & Sons. Dieses Buch ist jedem Interessierten sehr zu empfehlen und stellt eine absolute Kaufempfehlung dar.)

Früh übt sich: Für Kernphysik ist man niemals zu jung! Leserbeitrag: Prof. von Philipsborn

Wir fanden den Beitrag von Herrn Prof. von Philipsborn in der letzten Ausgabe der ORTEC News spannend und haben uns daher entschieden, einen ausführlicheren Artikel zu drucken. Es ist leider ein allgemeiner Trend, daß Kernphysik nicht mehr „en vogue“ ist. Diese fatale Entwicklung sehen wir als Hersteller nuklearer Meßtechnik sehr deutlich an Universitäten weltweit. Wenn wir uns an unsere eigene Schulausbildung erinnern und dann noch das aktuelle gesellschaftspolitische Bild der Kernphysik sehen, so ist diese Entwicklung auch nicht wirklich verwunderlich. Wenn in der Sekundarstufe 2, aufgrund der sehr schlechten finanziellen Ausstattung der Schulen, oder aufgrund des negativen Image, die Kernphysik viel zu kurz kommt, kann eine Begeisterung junger Menschen für Kernphysik auch nicht wirklich entstehen. Da ich selber viele Jahre im Vertrieb für Lehrmittel für den naturwissenschaftlichen Unterricht für Schulen und Universitäten tätig war, sehe ich eine zwingende Notwendigkeit den Lehrplanstoff auch mit praktischen Experimenten für die Schüler interessant zu gestalten. Herr von Philipsborn zeigt mit viel Engagement den richtigen Weg und eventuell kann der geneigte Leser, der gerade Mutter oder Vater schulpflichtiger Kinder entsprechenden Alters ist, bei der nächsten Elternkonferenz die nachfolgend vorgestellten Ideen von Herrn von Philipsborn ja mal erwähnen.

Beste Grüße

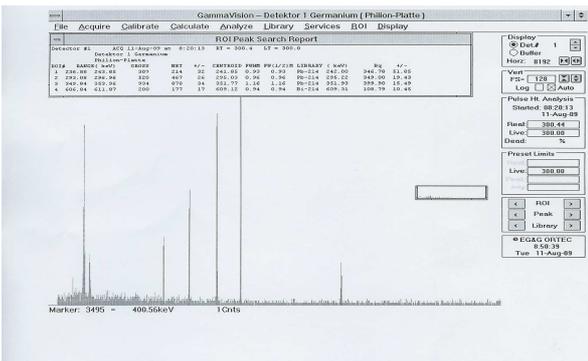
Dr. Uwe Jörg van Severen

Radioaktive Messproben - aus der Luft gezogen Philion-Experimentier-Set zur Kernphysik/Radioaktivität

Henning von Philipsborn / Radiometrisches Seminar, Universität, D-93053 Regensburg

Die OrtecNews vom März 2009 zeigten auf Seite 11 das Alphaspektrum von Po-218 und Po-214 einer Philion-Platte. Dafür wurde eine 1 oder 2 mm dünne Polystyrol-Platte von der Fläche 9 x 13 cm² einer Ortec 808 Vakuum Kammer mit einem Stück Holz kräftig gerieben. Dadurch erhält die Oberfläche, mit einer Feldmühle gemessen, eine Aufladung von circa -20.000 Volt. Die Platte wird sogleich isoliert auf vier dünne Stäbchen von etwa 13 cm Höhe in einer 4-gelochten Grundplatte gelegt. Schon nach 2-3 Minuten sammeln sich auf der Platte die positiv geladenen Radonzerfallsprodukte aus etwa 1 m³ Luft, also mindestens 20 Bq, bei längerer Exposition auch viel mehr. Weil die Platte die Ionen liebt erhielt sie den Namen Philion-Platte.

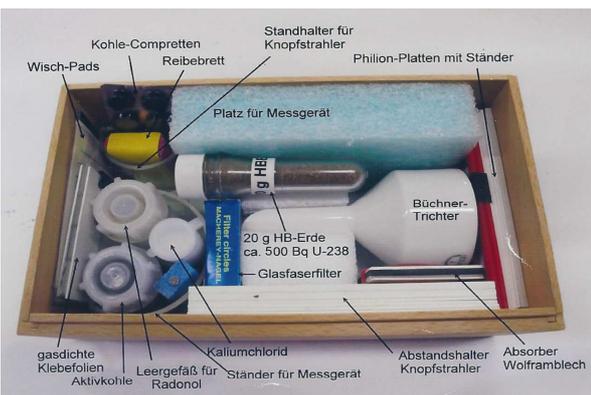
Die Philion-Platte eignet sich zur Energiekalibrierung gleichermaßen in der Alphasppektrometrie (s. o.) wie in der Gammasppektrometrie. Das heutige Bild 1 zeigt drei Linien von Pb-214 und eine von Bi-214. Die Philion-Platte wurde 5 min in einem Raum mit etwa 60 Bq/m³ Rn-222 exponiert. Mit einem kalibrierten Proportionaldetektor gemessen befinden sich auf der Oberfläche etwa 120 Bq Radonzerfallsprodukte. Das verwendete Gamma-X n-Typ Ortec HP-Ge Gammasppektrometer ist mit einem 1 L Marinelli 3,01 kBq Ra-226 zertifizierten Amersham Referenzstrahler kalibriert. Die im Bild 1 im ROI Peak Search Report angegebene Aktivität ist wegen der gänzlich anderen Geometrie der Philion-Platte fiktiv. Hoch signifikant ist aber die starke Abweichung der gesammelten Probe vom radioaktiven Gleichgewicht, für die Erklärung fehlt hier der Platz.



Auch mit einem einfachen Geiger-Müller-Zähler (Schulmessgerät) oder einem Proportionalzähler (Kontaminationsmonitor) kann eine exponierte Philion-Platte vielfältig und lehrreich untersucht werden. Dazu wählt man am besten eine Platte mit der Fläche des jeweiligen Detektors. Dünne Platten von weißem, nicht sprödem Polystyrol, lassen sich mit einem Papierhebel-schneider oder einer Schere mühelos formatieren. Man erhält sie in Werkstätten, die Plexiglas verarbeiten. Die Exposition der geriebenen Platte auf isolierenden Stäbchen oder einem Glas, ist wesentlich. Die Platte direkt auf einen Tisch gelegt sammelt nicht.

Die Philion-Platte ist ein Teil des Philion-Experimentier-Sets (Bild 2) für Schulexperimente zur Kernphysik/Radioaktivität. Radonzerfallsprodukte im Leitungswasser oder in frischem Regenwasser (100-200 Bq/L) können auf Glasfaserfiltern nach Trocknung zur Messung gebracht werden. Mit Hundsbühler Erde erhält man radonbeladene Aktivkohle. Ein Knopf aus apfelgrünem Uranglas ist ein weiterer, problemloser Strahler für lehrreiche Messungen. Auf vielfältigen Wunsch ist das Philion-Set erhältlich, mit Mengenrabatt und Einführungskurs. Anfragen an den Autor Tel 0941-943-2481, Fax 0941-943-3316, email:henning.philipsborn@physik.uni-regensburg.de

Mehr über das Philion-Set finden Sie im Beitrag "Radon, seine Vorfahren und Nachkommen - evolutionsphysikalische Betrachtungen" im Tagungsband der diesjährigen 41. Jahrestagung des Fachverbandes Strahlenschutz, darin auch Literaturhinweise.





ORTEC

ORTEC die Meßspezialisten von AMETEK

Rudolf Diesel Str. 16
40670 Meerbusch
Tel: 02159 / 9136-42
Fax: 02159 / 9136-80
E-Mail: vanseveren@ametek.de



Ihr ORTEC Team:

Dr. Uwe Jörg van Severen
Geschäftsfeldleiter und Vertrieb West
Tel: 02159 / 9136-40
Fax: 02159 / 9136-80
E-Mail: vanseveren@ametek.de

Dr. Marc Breidenbach
Servicemanager und Vertrieb West
Tel: 02159 / 9136-44
Fax: 02159 / 9136-80
E-Mail: marc.breidenbach@ametek.de

Peter Koch
Vertriebsbeauftragter Nord und Ost
Tel: 05551 / 9966-90
Fax: 05551 / 9966-91
E-Mail: peter.koch@ametek.de

Dr. Patrick Eulgem
Vertriebsbeauftragter Süd
Tel: 02159 / 9136-48
Fax: 02159 / 9136-80
E-Mail: patrick.eulgem@ametek.de

Agnes Krukowski
Auftragssachbearbeitung
Tel: 02159 / 9136-42
Fax: 02159 / 9136-80
E-Mail: agnes.krukowski@ametek.de

So erreichen Sie uns

Von der A57 (Köln-Krefeld) kommend

- Autobahnausfahrt Boverat
- an der Ausfahrt Ampel links auf die "Meerbuscher Straße (B9)" und immer geradeaus,
- über den Bahnübergang in Osterath und der Vorfahrtsstraße nach rechts folgen auf den "Bahnhofsweg (B9)" und immer geradeaus.
- An zweiter Ampelkreuzung ("Kaiser's") links in die Comeniusstraße.
- Sofort wieder rechts in die "Rudolf-Diesel-Straße"
- Diese Straße bis fast ans Ende durchfahren
- Auf der rechten Seite finden Sie die AMETEK GmbH

Von der A44 (Aachen-Düsseldorf) kommend

- Ausfahrt Fischeln/Meerbusch-Osterath
- Links abfahren in Richtung Osterath ("Krefelderstraße (B9)")
- An zweiter Ampelkreuzung ("Kaiser's") rechts in die Comeniusstraße.
- Sofort wieder rechts in die "Rudolf-Diesel-Straße"
- Diese Straße bis fast ans Ende durchfahren
- Auf der rechten Seite finden Sie die AMETEK GmbH

