

Tihange–Doel Radiation Monitoring

Wenn das Vertrauen in Behörden und Unternehmen fehlt

„Wenn wir mit unseren Worten politisch nichts bewegen können, sollen wir das einsetzen, was wir gut können: unsere Expertise in der IT und Informatik.“ Mit diesem Credo stellte Philipp Gräbel das Projekt Tihange–Doel Radiation Monitoring (TDRM) auf dem 33C3 vor. Im Gefahrenbereich der belgischen Atomkraftwerke Tihange und Doel, deren Sicherheit aufgrund ihres Alters und ihres technischen Zustandes nicht mehr garantiert werden kann, initiierte ein kleines Team der FIFF-Regionalgruppe Aachen vor etwa zwei Jahren die Entwicklung des unabhängigen Radioaktivitäts-Beobachtungsnetzes TDRM. Subversiv greift das Projekt dort ein, wo das Vertrauen in Behörden und Industrie verloren gegangen ist, wo ernsthafte Zweifel angebracht sind, ob die im Gefahrenbereich lebenden Bürgerinnen und Bürger frühzeitig über bedrohliche Entwicklungen informiert werden würden. So erfüllt unsere Technik ein drängendes Informationsbedürfnis der im Gefahrenbereich lebenden Menschen und unterstützt gleichzeitig den Bürgerprotest und die politische Arbeit gegen den Weiterbetrieb der maroden Atomreaktoren.

Der Protest geht weiter ...

Atomkraft – die zivile Nutzung der Kernspaltungstechnologie für die Energieversorgung – schien für uns kein Thema mehr zu sein, nachdem die Bundesrepublik den Ausstieg erklärt hatte. Und ihn auch – noch jedenfalls, und eher zögerlich – vorantreibt. Dabei haben wir allerdings aus den Augen verloren, dass wir von Staaten umgeben sind, die ihre Atomkraftwerke unbeeindruckt weiter betreiben. Viele ihrer Reaktoren sind bereits um die 40 Jahre und mehr in Betrieb. Und mehrere stehen unmittelbar vor unserer Haustür, vor allem an unseren westlichen Staatsgrenzen: Der älteste noch betriebene europäische Reaktor mit einer Betriebszeit von 48 Jahren arbeitet in 6 km Entfernung zur deutschen Grenze im Schweizerischen AKW Beznau, 25 km südwestlich

vor Freiburg liegt das französische AKW Fessenheim und 50 km südwestlich vor Trier das AKW Cattenom. Störfälle in diesen Anlagen gehören mittlerweile zum Betriebsalltag.

Vor unserer Aachener Haustür sind es drei Reaktorblöcke im 65 km entfernten belgischen Tihange und vier Reaktorblöcke im 150 km entfernten Doel (siehe Karte). Sie sind zwar etwas weiter entfernt, stellen aber eine akute Bedrohung dar. Die Tatsache, dass einzelne Reaktoren dieser AKWs mehrmals im Jahr aufgrund technischer Störungen heruntergefahren werden müssen, hat ihnen bereits den Titel ‚Schrottreaktoren‘ eingebracht. Dazu kommt – besonders bedrohlich –, dass im Mantel der Reaktordruckgefäße der jeweils ältesten Reaktoren in Tihange und in Doel, in Betrieb seit 1974 bzw. 1975, schon vor mehreren Jahren

Zehntausende von Haarrissen entdeckt wurden. Und bei jeder der jährlichen Überprüfungen werden es mehr.

Um ein Gespür für die akute Gefahr zu bekommen, muss man sich das Reaktordruckgefäß vorstellen, ein Kessel aus Schmiedestahl, gut 13 m hoch und 4,4 m im Durchmesser mit einer Wandstärke von gut 20 cm. Die Dimensionen lassen erahnen, welche Energie darin – bei einer Temperatur von 325°C und 160 Bar – eingeschlossen ist. Die akute Bedrohung besteht darin, dass der durch die vielen Haarrisse geschwächte Stahlmantel dem Druck nicht mehr standhalten kann und die Belastung ihn zum Bersten bringt. Die Explosionskraft würde unmittelbar viele Tonnen hochradioaktiven Materials in die Atmosphäre schleudern, darunter die gesundheitsgefährdenden Isotope Cs^{137} , Sr^{90} und I^{131} .¹ In einem im Auf-

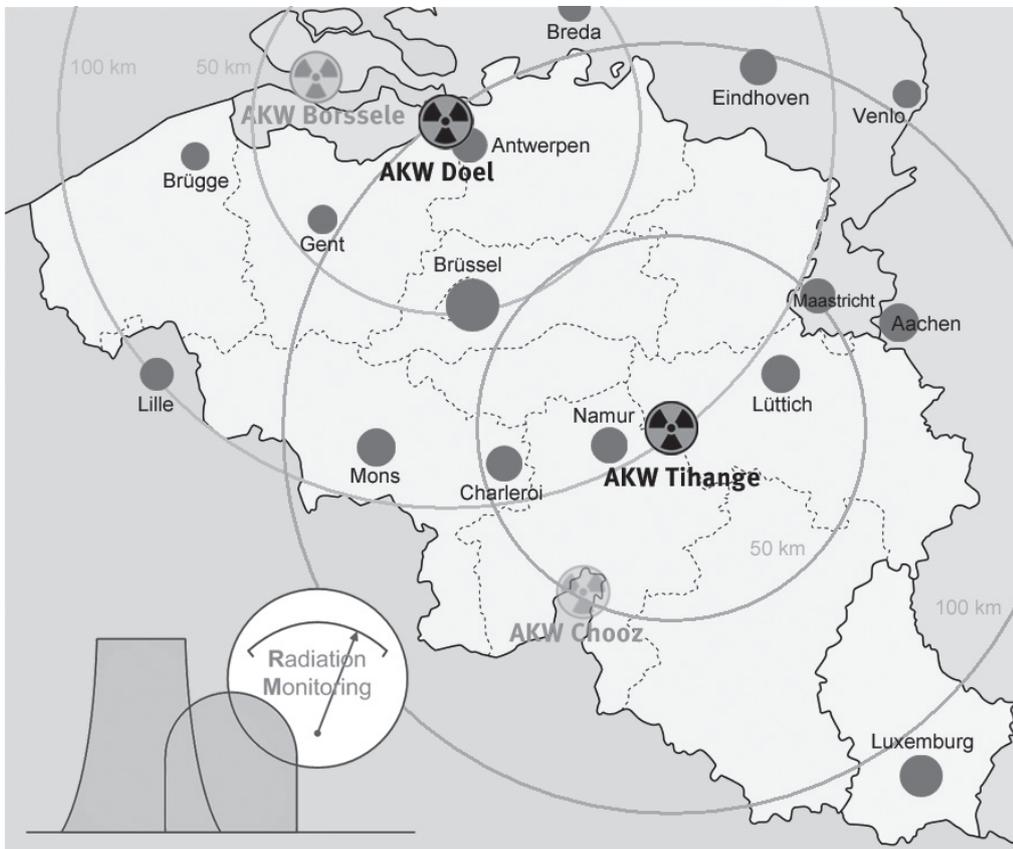


Abbildung 1: Abstand einiger Großstädte zu den AKWs Tihange und Doel, Startseite tdrm.eu
Urheber: Gerd Krenzer, CC BY

trag der Städte-Region Aachen von der Universität für Bodenkultur Wien² angefertigten Gutachten wurden die potentiellen Folgen eines solchen GAUs bei den hier vorherrschenden westlichen bis südwestlichen Winden simuliert: Ein Landstrich von der Größe eines mittleren Bundeslandes, der den Lebensraum von 2 Mio. Einwohnern in Nordrhein-Westfalen einschließt, würde auf Dauer unbewohnbar werden.

Seit Jahren versucht das sehr aktive *Aktionsbündnis gegen Atomkraft Aachen (AAA)*, die Politik zu bewegen, auf Europäischer Ebene gegen den für 16 weitere Jahre geplanten Weiterbetrieb dieser Reaktoren vorzugehen. Von der Bundesregierung wurden die Sorgen der Betroffenen lange Zeit nicht ernst genommen. Zaghafte Versuche unserer regionalen politischen Gremien werden von der belgischen Atomaufsichtsbehörde FANC wie auch vom Betreiber Electrabel, einer Tochter des französischen Energiekonzerns Engie, mit unbelegten Behauptungen über die Sicherheit der betroffenen Reaktoren abgespeist.

Wer informiert uns?

Bewegung kam erst in die Politik durch die Initiative einer Aachener Gruppe von Ärzten der *International Physicians for the Prevention of Nuclear War (IPPNW)*, die die gesundheitlichen Folgen einer Havarie der Risikoreaktoren öffentlich thematisierte und dringend Vorsorgemaßnahmen der Behörden einforderte. Ihre Aufklärungsarbeit machte die Gefahren und Folgen für die Öffentlichkeit vorstellbarer, der Protest konnte sich sachlicher artikulieren, und die Behörden wurden endlich sensibilisiert. Eine Sofortmaßnahme, so die Ärzte, muss die Einnahme hochdosierter Jodtabletten sein. Sie beugen der akuten Gefahr einer Einlagerung des radioaktiven Jodisotops I^{131} in der Schilddrüse vor, und damit ist Zeit gewonnen für eine geordnete Evakuierung. (Mittlerweile werden Jodtabletten prophylaktisch an alle Haushalte verteilt.) Um aber wirksam zu sein, muss die Einnahme der Tabletten vor dem Eintreffen der kontaminierten Atmosphäre erfolgen, optimalerweise mit einem Vorlauf von zwei bis drei Stunden – der Zeitraum, den die atmosphärische Kontamination infolge einer Havarie in Tihange unter Südwestwind brauchen würde, um den Aachener Raum zu erreichen. Denn anders als bei einem GAU, bei dem es zu einer Kernschmelze käme, trafe uns der GAU bei einem Bersten des Reaktordruckgefäßes ohne Vorwarnzeit.

Das machte bewusst, dass völlig unklar war, wie, wann und vom wem die Öffentlichkeit über Zwischenfälle in Tihange oder Doel informiert werden würde – nicht nur in dramatischen Situationen, auch bereits bei Störfällen mit kurzzeitigem Austritt radioaktiver Gase. Ein Vertrauen, dass wir im Ernstfall unverzüglich und umfassend informiert werden, können wir den Behörden erfahrungsgemäß nicht ohne Einschränkung schenken, und schon gar nicht den Betreibern. Dies bestätigt vielfach die Geschichte der bisherigen Unfälle in kerntechnischen Anlagen – 30 ernsthafte Zwischenfälle bis schwere nukleare Unfälle seit 1950,³ darunter die beiden bisher folgenschwersten Havarien in Tschernobyl 1986 und in Fukushima 2011. Allein in diesen beiden Fällen wurde die Öffentlichkeit erst nach Tagen informiert. Eine Beinahe-Havarie eines Forschungsreaktors im norwegischen Halden im Oktober 2016 war zwar bei Weitem weniger dramatisch, die Öffentlichkeit erfuhr davon jedoch erst

nach Monaten durch die norwegische NGO Bellona.⁴ Ein anderes Beispiel aus der Region: Die millionenfache Verseuchung von Eiern mit dem Insektizid Fipronil war den belgischen Behörden Wochen bekannt, bevor sie die Öffentlichkeit in Kenntnis setzten.

Nun ist die Öffentlichkeit nicht allein darauf angewiesen, dass sie von Behörden oder Unternehmen informiert wird. Es gibt öffentlich zugängliche Messdaten, die über die Intensität ionisierender Strahlung an den jeweiligen Messorten informieren. Ein gesundheitsgefährdender Störfall würde durch einen ungewöhnlichen Anstieg der Messwerte signalisiert. Diverse Organisationen, verschiedene NGOs wie auch Behörden betreiben Radioaktivitäts-Messnetze, so u. a. die Europäische Kommission das Messnetz ReMon⁵. Diese Netze sind meist sehr weitmaschig, ihre Messdaten werden teils nur mit einer Verzögerung von mehreren Stunden aktualisiert, und unklar ist, wer die Messdaten mit welchen Vorgaben kontrollieren kann. Auf nationalem Gebiet überwacht das ODL-Messnetz des Bundesamtes für Strahlenschutz mit einem sehr weitmaschigen Netz von Sensorstationen die atmosphärische Radioaktivität,⁶ aber dieses nationale Netz greift natürlich nicht über Deutsches Hoheitsgebiet hinaus. Es ist offensichtlich, dass die für den regionalen Katastrophenschutz verantwortlichen Behörden nicht über verlässliche Kanäle verfügen, die frühzeitiger über Ereignisse jenseits der Bundesgrenze informieren.

Was tun? Selber machen!

Aus dieser Unsicherheit heraus wurde der Plan geboren, ein unabhängiges, bürgerbetriebenes Netz für das Monitoring der atmosphärischen Radioaktivität in der Region aufzubauen. Gestartet wurde das Projekt *Tihange–Doel Radiation Monitoring* im Frühjahr 2016. Der Impuls kam aus der Regionalgruppe des FIF. Zwei weitere Organisationen trugen entscheidend dazu bei, dass das Projekt Fahrt aufnahm: das *Aachener Aktionsbündnis gegen Atomenergie e. V. (AAA)* und das oben schon erwähnte Ärzte-Team der IPPNW:

- Das AAA erwartet von der Existenz des Netzes, dass es den politischen Gremien und Behörden die Wachsamkeit der betroffenen Menschen signalisiert („wir schauen euch über die Schulter!“) und die Forderung nach Transparenz von offizieller Seite bekräftigt. Es sieht in TDRM eine Unterstützung seiner politischen Arbeit.
- Einen Informationsgewinn erwartet das IPPNW-Team. Mit profunder Fachkenntnis über die gesundheitlichen Folgen radioaktiver Strahlung und über die zu treffenden Vorsorgemaßnahmen werden sie von der Katastrophenschutzbehörde als Beraterinnen und Berater herangezogen. Sie unterstützen die Behörde nicht nur bei der Planung von Präventionsmaßnahmen, sondern sollen im Ernstfall auch dem Krisenstab mit ihrer Beurteilung der Lage zur Seite stehen. Der zeitliche Vorsprung, mit dem unsere Sensorstationen ungewöhnlich erhöhte Strahlungswerte registrieren würden, würde dem Team einen wertvollen zeitlichen Vorsprung in der Abschätzung der Entwicklung bieten, z. B. zur Vorhersage, wann und wo so genannte Eingriffswertwerte überschritten werden würden.

- Und schließlich ist es uns als FIF ein Anliegen, mit einem öffentlichen Zugang zu Strahlungsmesswerten dem Informationsbedürfnis der Menschen in der betroffenen Region Rechnung zu tragen. Wir machen die von radioaktiven Substanzen ausgehende, gesundheitsgefährdende ionisierende Strahlung, die mit unseren Sinnen nicht erfassbar ist, durch Zahlen und Grafiken gleichsam sichtbar. Wir leisten damit einen Beitrag zum Abbau unbegründeter Ängste, stärken gleichzeitig aber auch das Bewusstsein für die Risiken und für die Gefahren der Atomenergienutzung.

Für eine Idee ist schnell Begeisterung zu wecken. Wenn es an die Umsetzung geht, beginnen die Probleme – ein realisierbares Konzept aufzustellen, kompetente Akteure zu gewinnen (die auch ihre Zeit investieren wollen und können), finanzielle Ressourcen aufzubringen ... Dennoch, bevor noch alle offenen Fragen endgültig geklärt waren, wurde begonnen. Nach dem Prinzip der „baubegleitenden Planung“ vorzugehen, ist nicht immer der effizienteste Weg zu einer funktionierenden Lösung, aber er vermeidet, dass eine Initiative schon im Vorfeld in endlosen Diskussionen versandet.

Die Systemkomponenten

Drei wesentliche Elemente waren zu realisieren – und sind auch immer noch Gegenstand ihrer Weiterentwicklung: die Sensorstationen, die Datenbank und die Website. Eine klare Entkopplung dieser drei Elemente war (und ist) die Voraussetzung für eine verteilte Entwicklung jedes der Elemente. Beginnen wir mit der Sensorstation.

Das Ziel war es, eine mit wenig Arbeitsaufwand und unter geringen Kosten zu realisierende Lösung für ein kommunikationsfähiges Messgerät für Gamma-Strahlen zu finden. Der Kern für die Sensorstationen wurde deshalb das Open-Source-Design PiGI.⁷ Es basiert auf einem Raspberry Pi, der mit einem Aufwärts-Converter für die Erzeugung einer 450 V-Spannung für den Betrieb

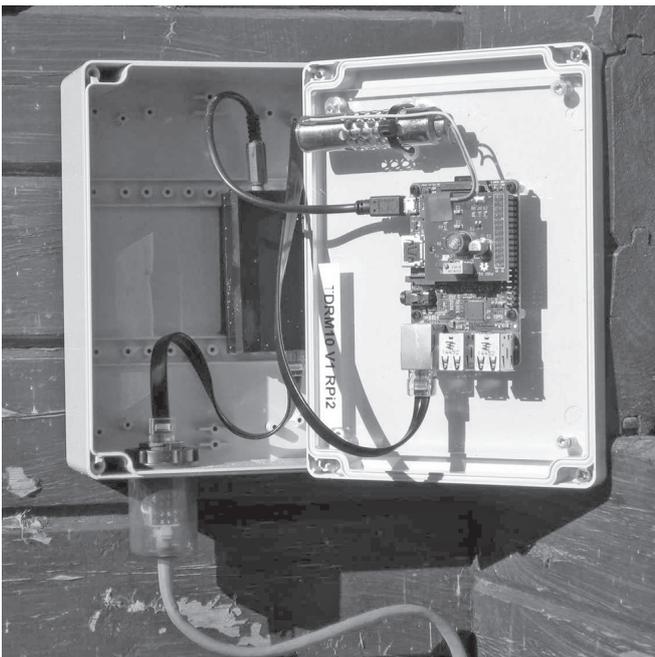


Abbildung 2: Eine der von TDRM gebauten Sensorstationen
Foto: Dietrich Meyer-Ebrecht, CC BY

eines Geiger-Müller-Zählrohrs ausgerüstet wird. (Als Varianten wurden auch Sensorstationen mit verschiedenen Halbleiterdetektoren ausgerüstet.) Die PiGI-Software wird mit einem von uns entwickelten Modul für die Kommunikation ergänzt. Das Kommunikationsmodul überträgt Messdaten im Minutentakt über das Internet zu unserem Server. Der aktuelle Wert repräsentiert den Mittelwert der Strahlungsintensität über die jeweils zurückliegenden 15 Minuten, siehe Kasten.

Die Elektronik ist mit dem Geiger-Müller-Zählrohr zusammen in ein 10x15x20 cm messendes spritzwassergeschütztes Kunststoffgehäuse eingebaut (im Bild oben quer das Geiger-Müller-Zählrohr, darunter der Prozessor). Die Sensorstation soll möglichst außerhalb des Hauses installiert sein. Meist wird sie aus einer vorhandenen Außensteckdose mit Strom versorgt, und die Datenübertragung zum lokalen Router erfolgt über Powerline-Adapter. Eine Alternative ist die Stromversorgung über die Datenleitung mit PoE-Injektor und -Splitter (im Bildhintergrund).

An Standorten ohne Internetanschluss werden wir Funkverbindungen auf LoRaWAN-Basis einsetzen. LoRaWAN ist eine neue Kommunikationstechnologie, die für IoT-Anwendungen geschaffen wurde. Sie ermöglicht eine Datenübertragung im 868 MHz-Band über Entfernungen bis ca. 10 km mit niedriger Datenrate. Mit dieser Technologie baut die TTN-Community – TTN steht für „The Things Network“⁸ – offene Netze aus Gateways zum Internet auf, die wir für die weitere Übertragung unserer Messwerte zu unserem Server nutzen. Hardware und Software für diese Erweiterung der TDRM-Sensorstation, die derzeit in Erprobung ist, wurden von einer Arbeitsgruppe an der Karel-de-Grote Hogeschool, Campus Hoboken, Antwerpen entwickelt.

Bisher wurden 20 Sensorstationen im Eigenbau erstellt. Der Materialaufwand liegt bei 200€ pro Sensorstation. Hinzu kommt für die Installation benötigtes Material wie Powerline-Adapter, Kabel etc. Die im Feld stationierten Sensorstationen bleiben Eigentum des FIF, da ihr Material aus Spendengeldern finanziert wird, die zweckgebunden an das von der FIF-Geschäftsstelle verwaltete TDRM-Spendenkonto fließen.

Die Messdaten der Sensorstationen laufen in unserem Server zusammen. Kern des Servers ist eine MySQL-Datenbank, die die einlaufenden Daten archiviert und sowohl für die Darstellung auf unseren Webseiten als auch für eine retrospektive Evaluation bereitstellt. Die Datenbank ist durch ein ReST-API gekapselt. Die ReST-Schnittstelle ermöglicht es, die Sensordaten als HTTPS-Pakete über die standardmäßig offenen Ports der Router Ende-zu-Ende-verschlüsselt zu übertragen. Ebenso holt sich die Website die für die anwenderseitigen Darstellungen benötigten Daten über die ReST-Schnittstelle aus der Datenbank. Datenbank und Website könnten mit Hilfe der ReST-Schnittstelle problemlos auf unterschiedlichen Servern gehostet werden. Derzeit werden sie jedoch gemeinsam auf einem für das FIF betriebenen eigenen Server unter der Domain *tdrm.eu* gehostet.

Eine erste Website entstand im Wesentlichen im Rahmen eines Ausbildungsprojektes für angehende Fachinformatiker – eine glückliche Konstellation angesichts unserer sehr beschränkten personellen Ressourcen. Die Webseiten bieten die Darstellung der Messwerte in Übersichts- und Detailgrafiken sowie medi-

zinische und technische Hintergrundinformation. Ein wichtiges Feature ist die Viersprachigkeit – Französisch für die Wallonen, Niederländisch für die Flamen, Deutsch für die Aachener – und Englisch, denn das Projekt soll als überregionales, europäisches Angebot wahrgenommen werden.

Erreichtes und Geplantes

Die ersten Experimente und Entwicklungsarbeiten wurden vor nunmehr zwei Jahren im Frühjahr 2016 begonnen. Nach einigen Monaten Probetrieb wurde das Netz am 13.12.2016 im Rahmen einer Pressekonferenz offiziell in Betrieb genommen und der Öffentlichkeit vorgestellt.

Mittlerweile sind fünf Sensorstationen im Umfeld des AKW Doel positioniert, ebenfalls fünf im Umfeld des AKW Tihange, drei ca. 25 km nordöstlich in Liège und Umgebung, weitere im Aachener Raum, in der Eifel und an der Hochschule Düsseldorf. Geplant ist der Ausbau auf mindestens zwei Sensorstationen in jeder der vier Himmelsrichtungen um jedes der beiden AKWs. Schwierig ist es, im immer noch sehr Atomkraft-freundlichen Belgien Menschen in der Umgebung der AKWs zu finden, die zur Installation einer Sensorstation auf ihrem Grundstück bereit sind. Schwierig ist es zudem, über die Entfernung und über die Sprachbarriere hinweg – Niederländisch in Flandern, Französisch in der Wallonie – die Installation durchzuführen und den Betrieb unterbrechungslos aufrecht zu erhalten. Mangels technischer Erfahrungen können uns die Menschen vor Ort dabei meist wenig unterstützen. So erfordern Installation und Betreuung viel Zeit und viele Fahrten.

Neben dem Aufbau weiterer Sensorstationen beschäftigt uns derzeit die Entwicklung einer von Grund auf neuen Website. Im Rahmen eines Semesterprojektes an der Hochschule Düsseldorf wurde bereits der Prototyp einer Website entwickelt, die die Darstellung automatisch an Smartphone-Displays anpasst („responsive design“). Ihre Entwicklerinnen und Entwickler lieferten viele Ideen für einen neuen umfassenderen Anlauf. Der wurde mit der Entwicklung einer Applikation begonnen, die auf dem CMS Joomla implementiert wird. Sie wird den Projektbeteiligten einen komfortableren Zugang für den Aufbau und die

Pflege des Inhalts bieten, und sie wird vor allem weiter auf die inzwischen besser verstandenen Bedürfnisse der Nutzerinnen und Nutzer eingehen. Die Antwerpener TDRM-Arbeitsgruppe arbeitet an der Entwicklung einer Microcontroller-Version unserer Sensorstation mit geringem Energieverbrauch, die von einem Solarkollektor versorgt werden könnte.

Quo vadis, TDRM?

Natürlich fragen wir uns, was der gesellschaftliche Nutzen unseres Projektes ist. Was erwarten die Menschen von uns, die mit ihren Spenden das Projekt finanzieren? Solange keine außergewöhnlichen Situationen auftreten, solange die Strahlungsinintensität im Bereich der erwarteten, immer vorhandenen Grundwerte bleibt, ist ein gelegentlicher Blick über die Zahlen und Zeitdiagramme beruhigend. Was aber, wenn aus den Messwerten ein außergewöhnlicher Störfall oder gar ein katastrophaler Unfall einer der Reaktoren gefolgert werden muss?

Ein Leichtes wäre es uns, eine Überwachungsfunktion einzurichten, die Grenzwertüberschreitungen automatisch erkennt und signalisiert. So werden wir dann auch immer wieder gefragt, warum wir nicht „eine App für Warnmeldungen“ herausgeben. Vorgeworfen wurde uns bereits, dass es „un-ethisch“ sei, wenn wir unsere Information für uns behalten. Jedoch, Warnmeldungen werden wir unter keinen Umständen veröffentlichen. Die Verantwortung für die Folgen könnten wir überhaupt nicht tragen. Einverständnis herrscht im Projektteam darüber, dass wir uns auch in unserem privaten Bereich keine Vorrechte herausnehmen.

Und doch haben wir eine automatische Grenzwertüberwachung vorgesehen. Allerdings ausschließlich für eine Weitergabe der Meldungen an die zuständige Behörde. Denn ihr allein obliegt in einer allgemeinen Gefahrensituation die Alarmierung der Öffentlichkeit. Der Adressat für eine Weitermeldung von Grenzwertüberschreitungen unserer Sensorstationen wäre die Leitstelle des regionalen Katastrophenschutzes. Sie trüge die Verantwortung für eine Verifizierung einer eintreffenden Meldung unter *proaktiver* Hinzuziehung aller ihr zugänglichen Informationsquellen. So würde das TDRM-Netz zu einem

D. Brückner, P. Kämmerling, G. Krenzer, D. Meyer-Ebrecht und M. Rabald

Daniel Brückner ist Systemadministrator an der RWTH Aachen. Im TDRM-Projekt ist er für die Softwareentwicklung und Administration unseres Servers verantwortlich.

Peter Kämmerling ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Forschungszentrum Jülich. Im TDRM-Projekt hat er die Entwicklung der Sensorstationen und deren Produktion übernommen.

Dr.Ing. **Gerd Krenzer** ist EDV-Berater. Er entwickelt ehrenamtlich die Website für das TDRM-Projekt.

Prof. Dr.-Ing. **Dietrich Meyer-Ebrecht** war Inhaber des Lehrstuhls für Messtechnik und Bildverarbeitung an der RWTH Aachen. Er ist Koordinator des TDRM-Projektes.

Michael ‚Mike‘ Rabald ist Immobilienmakler. In seinem ehrenamtlichen Engagement für das AAA baut er die Kontakte zu Interessenten in Belgien auf, und installiert und betreut unsere Sensorstationen.

entscheidenden Zeitvorsprung beitragen im Gegensatz zum Abwarten, bis die diesseits der Bundesgrenzen positionierten Messstellen der deutschen Behörden anschlagen oder Warnmeldungen über den grenzüberschreitenden Behördenweg eintreffen.

Unverzichtbare Voraussetzung für eine automatische Weitergabe der Information über Grenzwertüberschreitungen ist, dass wir zunächst das Netz der Sensorstationen um die AKWs genügend verdichtet haben, um Alarme durch Fehlmessungen und Störungen über Plausibilitätsprüfungen zwischen benachbarten Stationen, auch bei temporärem Ausfall einzelner Stationen, genügend sicher ausschließen zu können. Darauf arbeiten wir zur Zeit hin.

Natürlich hoffen wir, dass diese Maßnahme nie erforderlich wird. Das jedoch kann erst sicher ausgeschlossen werden, wenn alle Reaktoren in Tihange und in Doel endgültig stillgelegt sind. Unser Projekt wird, davon sind wir überzeugt, über eine informierte Öffentlichkeit den Forderungen an die Politik Nachdruck verleihen.

Resümee

Schauen wir zurück, müssen wir uns eingestehen, dass wir den zu leistenden Arbeitsaufwand, die Komplexität und die Zahl der Probleme zur Startzeit des Projektes total unterschätzt haben, insbesondere im Hinblick auf unsere sehr begrenzten personellen und finanziellen Ressourcen – und auch den Erfolgsdruck, nachdem das Projekt erst einmal wahrgenommen worden ist. Für die hohen Erwartungen schritt uns der Aufbau des Netzes viel zu langsam voran. Und doch wurde in den zwei Jahren viel erreicht. Das zeigen uns die vielen ermutigenden Zuschriften. Und die eintreffenden Spenden, mit denen wir unsere bisherigen Materialausgaben gut finanzieren konnten.

Dass wir mit unserem Projekt hohe Erwartungen der betroffenen Bürgerinnen und Bürger, nicht nur auf deutscher Seite, wecken würden, war uns schon am Anfang klar. Weniger waren wir uns bewusst, dass wir eine Verantwortung übernehmen würden, dass wir unser Projekt nicht mehr ohne Weiteres abbrechen können. Das ist schon eine Belastung. Aber Dank und Ermutigung belohnen uns, und die Bestätigung, dass wir vielen Menschen ein Bedürfnis nach Information erfüllen.

Dank

Das TDRM-Team dankt den engagierten Bürgerinnen und Bürgern, die – insbesondere im Umfeld der beiden Kernkraftwerke – eine Sensorstation in ihrem privaten Bereich installiert haben, und den vielen Spendern, die teils mit sehr großzügigen Zuwendungen geholfen haben, die Materialbeschaffung für die Produktion der Sensorstationen zu finanzieren. Wir danken Torben Müller, Lukas Tetz und David Walzer, die Datenbank und Website im Rahmen ihrer Fachinformatiker-Ausbildung entwickelt haben, Jörg Schellenberg vom AAA, der das Projekt maßgeblich mit angeschoben hat, und ganz besonders Lorenz Andriaensen und seiner Arbeitsgruppe an der Karel-de-Grote Hogeschool, die das Projekt im Raum Antwerpen vielfältig unterstützen.

Referenzen

- 1 <http://www.radioaktive-strahlung.org/radioaktivitaet/isotope.htm>
- 2 Gufler AK, Sholly S, Müllner N. (2017) Mögliche radiologische Auswirkungen eines Versagens des Reaktordruckbehälters des KKW Tihange 2. Universität für Bodenkultur Wien, <http://flexrisk.boku.ac.at/de/followup.html>
- 3 https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_von_Unf%C3%A4llen_in_kerntechnischen_Anlagen
- 4 <https://www.heise.de/tp/features/Beinaheunfall-in-Norwegen-3648067.html>
- 5 <https://remap.jrc.ec.europa.eu/Consent/GammaDoseRates.aspx>
- 6 <http://odlinfo.bfs.de/DE/themen/wo-stehen-die-sonden/messstellen-in-deutschland.html>
- 7 PiGI, Raspberry Pi Geiger-Müller Interface, <https://apollo.open-resource.org/lab:pigi>
- 8 The Things Network (TTN), thethingsnetwork.org



Unschärfe vs. Ansprechverzögerung bei der Messung radioaktiver Strahlung

Wenn jede Minute neue Messdaten gesendet werden, heißt dies nicht, dass wir jede Minute einen Messwert erhalten, der die Strahlungsintensität zu genau diesem Zeitpunkt repräsentiert. Radioaktive Strahlung ist ein stochastisches Phänomen. Dass ein Atom des radioaktiven Isotops in der Umgebungsatmosphäre zerfällt, ist ein Zufallsereignis, und es ist wiederum ein zufälliges Zusammentreffen, wenn das Quant oder Teilchen, das von dem zerfallenden Atom ausgesandt wird, genau auf unseren Sensor auftrifft und mit einer Interaktion dort einen Impuls auslöst. Ein Maß für die Intensität einer Strahlung kann nur gewonnen werden, wenn wir den Mittelwert der Ereignisse über ein Zeitintervall bestimmen. Je länger wir das Zeitintervall wählen, desto geringer wird die Streuung sein – desto weniger aktuell aber auch der Messwert.

Wir haben den Kompromiss zugunsten einer schnellen Anzeige außergewöhnlicher Veränderungen gewählt. Das aktuelle Messdatum ist das Ergebnis einer Impulszählung über ein mitgezogenes Zeitfenster von 15 Minuten. Wenn unsere Sensoren bei einem üblichen Grundwert der Strahlungsintensität in 15 Minuten im Mittel um die 100 Ereignisse registrieren – der Erwartungswert –, ist die Standardabweichung 10 (bei der zu Grunde liegenden Poissonverteilung ist die Varianz gleich dem Erwartungswert, die Standardabweichung die Wurzel daraus). D.h. bei konstanter Strahlungsintensität lägen ca. 1/3 aller unserer Messwerte außerhalb eines Bereiches von $\pm 10\%$ um den Erwartungswert.