

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	II
Abbildungsverzeichnis.....	III
Abkürzungsverzeichnis.....	IV
1. Einleitung.....	1
1.1 Problemstellung.....	1
1.2 Ziel.....	1
2. Datengrundlage und Datenaufbereitung.....	2
3. Methodik und Vorgehensweise.....	7
3.1 Verschneidung und Pufferbildung.....	7
3.2 Interpolation.....	8
4. Analyse und Ergebnisse.....	11
4.1 Verschneidung mit Vergleichsdaten.....	11
4.2 Interpolation.....	17
5. Fehlerbetrachtung.....	17
6. Fazit und Diskussion.....	20
Literaturverzeichnis.....	V
Anhang.....	VI
Kooperationspartner.....	IX

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Auszug Messdateien; Quelle: Präsentationsfolie LKA.....	3
Abbildung 2: Typische Häufigkeitsverteilung einer Standmessung; Quelle: eigene Darstellung	5
Abbildung 3: Übersicht: Normal vs. Standzeit bereinigt; Quelle: eigene Darstellung.....	5
Abbildung 4: Vergleich: Normal vs. Standzeit bereinigt; Quelle: eigene Darstellung.....	6
Abbildung 5: Modelbuilder für Pufferung und Verschneidung großer Datenmengen; Quelle: eigene Darstellung.....	8
Abbildung 6: Klassifizierung der Dosisleistungswerte in 5 Klassen in nSv; Quelle: eigene Dar- stellung.....	8
Abbildung 7: Semivariogramm (Quelle: GISGeography.com).....	10
Abbildung 8: Semivariogramm der Messwerte (Darstellung mit dem Geostatistical Analyst von ArcMap).....	10
Abbildung 9: Kartographische Darstellung des Vergleichs der Gebäudedaten mit den Dosis- leistungswerten vom 24.08.2018; Quelle: eigene Darstellung.....	12
Abbildung 10: Kartographische Darstellung des Vergleichs der Gebäudedaten mit den Dosis- leistungswerten vom 06.09.2018; Quelle: eigene Darstellung.....	12
Abbildung 11: Kartographische Darstellung des Vergleichs der Gebäudedaten mit den Dosis- leistungswerten vom 13.09.2018; Quelle: eigene Darstellung.....	13
Abbildung 12: Korrelation der Dosisleistung mit der Feinstaub-Emission im Untersuchungs- gebiet.....	14
Abbildung 13: Vergleich des Grünvolumens mit Dosisleistungswerten vom 06.09.2018.....	16
Abbildung 14: Vergleich Grünvolumen.....	16
Abbildung 15: Kriging Interpolation.....	17
Abbildung 16: Visualisierung der höchsten Messwerte (nicht standzeitbereinigt).....	18
Abbildung 17: Messwerte in der Attributtabelle (gefiltert) vom 17.08.2018.....	19

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

BBK	->	Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe
NBR- Sonde	->	Natural- Background- Rejection- Sonde
QGIS	->	Freies Geoinformationssystem zum Bearbeiten von räumlichen Daten
R	->	Freie Programmiersprache für Statistische Berechnungen
SQL	->	Structured Query Language

1. EINLEITUNG

1.1 PROBLEMSTELLUNG

“Wie wirken sich exogene Prozesse und urbane Bestandteile auf die natürliche Strahlung in Berlin aus?”

Hierfür wurden die Messdaten, welche in Berlin gemessen wurden, mit Vergleichsdaten ausgewertet, um herauszufinden, wie sich die Strahlungswerte im Stadtgebiet verändern und welchen Einflüssen nach möglicherweise sehr hohe oder auch sehr niedrige Strahlungswerte zu Grunde liegen können.

1.2 ZIEL

Ziel war es unter anderem die Daten zu georeferenzieren und wenn nötig, zu bereinigen sowie anschließend auszuwerten. Weiterhin sollte eine geeignete Auswertemethode für die aufgenommenen Daten gefunden werden. Für die Datenauswertung ist es von großer Bedeutung möglichst viele Metadaten, wie den Zeitraum und den Ort des gemessenen Wertes, zu kennen. Dafür wurden vor Ort Notizen von Gegebenheiten des Umfeldes gemacht. Notiert wurden dabei unter anderem Gebäudestrukturen, Vegetationsbedeckung, das Wetter sowie der Straßenbelag. Zur Auswertung der gemessenen Dosisleistungswerte sollten diese zum einen klassifiziert und visualisiert werden.

Bei der Verarbeitung in einem GIS sollte als Interpolationsverfahren das Kriging Anwendung finden. Darüber hinaus war es das Ziel die Messdaten thematisch in Karten mit Vergleichsdaten darzustellen und auszuwerten. Zusätzlich sollte die Auswertung der Daten im Umfang einer statistischen Analyse erfolgen. Ziel der Auswertung ist die Beantwortung der Problemstellung, inwiefern strukturräumliche Gegebenheiten die natürliche Strahlung beeinflussen. Als ein weiteres Ziel wäre zu nennen, dass die Auswertung und Visualisierung dieser Daten und die daraus resultierenden Ergebnisse, sich als ein hilfreiches Werkzeug für den Vergleich der Daten nach einem Ereignisfall, aber auch für die Katastrophenschutzbehörden darstellen.

Im Folgenden werden die Datengrundlage sowie Aufbereitung nochmals näher beschrieben.

2. DATENGRUNDLAGE UND DATENAUFBEREITUNG

Die im Zuge dieser Projektarbeit verwendeten Messdaten wurden mittels einer Natural- Background- Rejection- Sonde (NBR- Sonde¹) erfasst. Der Messbereich der Sonde liegt zwischen 10 nSv/h bis zu 100 $\mu\text{Sv/h}^2$ (vgl. BBK³ 2019).

Da sie somit bereits sehr geringe Strahlungswerte detektieren kann, ist die NBR-Sonde fester Bestandteil der im Einsatz befindlichen CBNR- Erkundungswagen.

Um im Falle eines Reaktorunglücks oder eines terroristischen Anschlags schnell reagieren zu können, ist die technische Einrichtung dieser mobilen Einsatzfahrzeuge darauf ausgelegt unverzüglich GPS gestützte, kontinuierliche Messungen durchzuführen und diese dann mittels Datenfernübertragung an entsprechende Stellen weiterzuleiten. Zu diesem Zweck werden zunächst zwei Textdateien generiert. Dies ist zum einen eine, die Messfahrt betreffende, Kommentar-Datei mit Zeitangabe, Start und Endpunkt der Messroute sowie weiteren erläuternden Informationen wie der Witterung. Zum anderen eine Messdatei welche die eigentlichen Messdaten enthält. Zwecks besserer Übertragung wird die Messroute in vierminütige Einzeldateien gesplittet, wobei die einzelnen Messungen im sekundlichen Takt vorgenommen werden.

Es werden hierbei jeweils 30 Messdaten aufgenommen (also eine Messmatrix von 240 Zeilen und 30 Spalten). Ein kleiner Auszug der generierten Daten findet sich in Abbildung 1.

¹Der Prozessor dieses Detektors kann berechnen, ob eine künstliche Strahlungsquelle auf diesen einwirkt oder lediglich Untergrundstrahlung vorliegt (Vgl. NBR-Sonde FHZ 672 Handbuch)

²Die Dosisleistung bezogen auf einen Zeitraum von einer Stunde (mSv/h)

³Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe

Im Ersten Schritt liest das Skript die Messdateien ein. Von den ursprünglich 30 Messdaten werden jedoch nur die für die weitere Betrachtung interessierenden Datenspalten übernommen (Datum, Uhrzeit, Sommer-/ Winterzeit, Koordinaten, Wegstrecke, Dosisleistung der NBR- Sonde, künstliche Strahlung) und mit einem Schlüssel versehen. Das Skript orientiert sich bei der Verknüpfung der einzelnen Datenpakete an den Dateinamen (siehe weiter oben). Aufgrund der Dateinamen werden dann entsprechende Verzeichnisse erstellt, unter welchem die Ergebnisse abgelegt werden. Zur besseren globalen Betrachtung sind dies neben den zusammengefassten einzelnen Messfahrten auch Gesamtzusammenfassungen je Messfahrzeug. Daneben kommt es zur Konvertierung des Koordinatenformats (diese liegt im Ursprungsdatensatz als UTM- Zonen- Koordinate vor) und der Umwandlung der NBR- Sonden- Dosisleistung (diese liegt im Ursprungsdatensatz in der wissenschaftlichen E- Notation vor).

Eines der Hauptaugenmerke der Projektarbeit soll auf der räumlichen Klassifizierung bestimmter Strahlungsumgebungen und deren Vergleich untereinander liegen. Hierzu musste der Fokus der Betrachtung auf den natürlichen Strahlungsquellen liegen.

Dies ist vor allem die terrestrische Strahlung. Also die Strahlung, welche von den natürlichen Radionukliden und ihren Zerfallsprodukten in den Böden und Straßen, ausgeht. Künstliche Strahlungsquellen, welche etwa von technischen oder medizinischen Anwendungen ausgehen, müssen hingegen im nächsten Schritt aus den Ursprungsdatensätzen herausgefiltert werden. Eine der Hauptaufgaben der Sonde besteht in der Detektion künstlicher Strahlung⁴.

Künstliche Strahler werden als solche im Ursprungsdatensatz vermerkt und können daher ziemlich einfach selektiert und entfernt werden. Dieses Verfahren hat sich als relativ sicher herausgestellt, kann aber in der Praxis gerade im urbanen Raum bei kurzer Exposition auch einmal versagen. In solchen Fällen finden sich in den prozessierten Daten unter Umständen Ausreißer. In der Regel können diese bei der Betrachtung von Histogrammen und Boxplots in R direkt als solche identifiziert werden.

Unter Umständen können jedoch gerade von der Norm abweichende Extremwerte von Interesse sein und bedürfen somit weiterhin einer visuellen Kontrolle in QGIS.

⁴ Ein in der Sonde integrierter Mikroprozessor kann durch ein semispektroskopisches Verfahren eine Trennung zwischen natürlicher und künstlicher Strahlung durchführen (Vgl. NBR-Sonde FHZ 672 Handbuch)

Aus diesem Grund wird die Ausreißer-Behandlung gegebenenfalls direkt unter R und nicht automatisiert im Java- Programm vorgenommen.

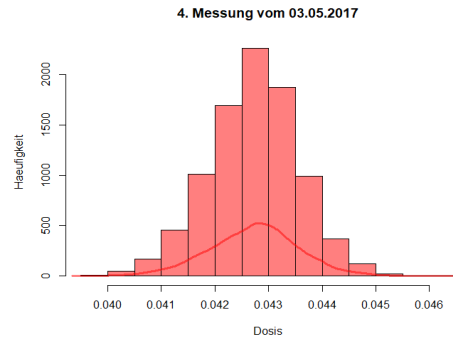


Abbildung 2: Typische Häufigkeitsverteilung einer Standmessung; Quelle: eigene Darstellung

Während der Suche nach Ausreißern fiel bei der Analyse der Häufigkeitsverteilung auf, dass die gemessenen Ortsdosisleistungen einiger Messfahrten eine Normalverteilung aufwiesen, andere hingegen nicht. Bei näherer Betrachtung stellte sich heraus, dass eine Vielzahl der Messfahrten keine eigentlichen Messfahrten, sondern tatsächlich Standmessungen sind. Wie Abbildung 2 zeigt, zeichnen sich Standmessungen dadurch aus, dass die Messwerte um einen Mittelwert herum oszillieren und diese somit zur Normalverteilung tendieren.

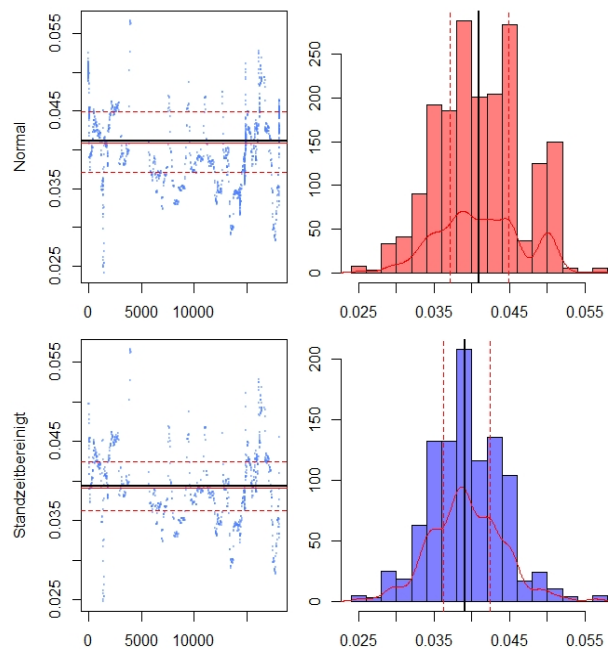


Abbildung 3: Übersicht: Normal vs. Standzeit bereinigt; Quelle: eigene Darstellung

Solche Standmessungen treten auch während normaler Messfahrten auf. Speziell zu Beginn oder zum Ende von Messfahrten, wenn das Messfahrzeug bereit steht, die

Sonde jedoch noch weiter misst. Aber auch immer wieder verkehrsbedingt während der Messfahrten selbst. Solche Standzeiten stellen ein Problem bei der weiteren statistischen Analyse der Daten dar und mussten somit herausgerechnet werden.

Zum Zweck der Standzeitbereinigung selektiert das Skript zunächst sämtliche Datenpunkte mit identischer Wegstrecke. Da Standmessungen zur Normalverteilung tendieren, wird daraufhin der Mittelwert der entsprechenden Ortsdosisleistungen ermittelt und damit ein neuer Datenpunkt generiert, welcher die ursprünglichen Datenpunkte ersetzt. Da an dieser Stelle bereits eine Manipulation der Daten vorgenommen wird, erstellt das Skript für diese Datenausgabe einen neuen Zielordner mit entsprechendem Verweis. Abbildung 3 stellt den Häufigkeits- und Dichtevergleich einer normalen und einer standzeitbereinigten Messfahrt gegenüber. Aus Abbildung 4 geht hervor, dass der Ausschlag bei $0.05 \mu\text{Sv/h}$ hierbei aus einer längeren Standzeit zu Beginn der Messung resultierte.

Wie aus Abbildung 4 deutlich wird, kann die Betrachtung eines bestimmten Ausschnitts der Messung von Interesse sein. Daher liegt in der Selektion bestimmter Parameter, wie etwa der Dosisleistung oder dem Datum, ein mächtiges Analysepotential. Zu diesem Zweck wurde das Datenaufbereitungsskript um ein weiteres Feature zur Selektion bestimmter Wertebereiche ergänzt.

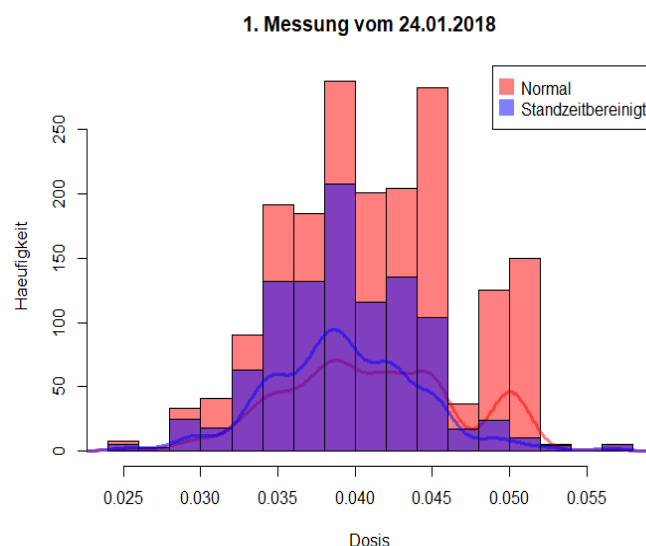


Abbildung 4: Vergleich: Normal vs. Standzeit bereinigt; Quelle: eigene Darstellung

Beim Start des Programmes wird der Nutzer zunächst gefragt, ob die Messdaten hinsichtlich eines bestimmten Wertebereiches ausgegeben werden sollen und muss im Folgenden Ober- und Untergrenze definieren.

Im Ergebnis werden nun nur der Konfiguration entsprechende Ausgabefiles generiert. Da JavaScript ursprünglich eine webbasierte Skriptsprache ist, liegt eine seiner Stärken im schnellen und dynamischen Abgreifen von Onlinedaten (etwa Onlinewetterdaten, Messreihen von festen Messstationen zur Kreuzvalidierung, Einfluss von Temperatur oder Regenereignissen).

Um das Programm später gegebenenfalls um Features wie dem Abgreifen von Onlinedaten ergänzen zu können, wurde die Entwicklung daher von Anfang an modular gestaltet.

Anschließend an der Datenaufbereitung konnte die Analyse erfolgen, im Folgenden werden die Methodik und deren Vorgehensweise in der Auswertung der Daten näher erläutert.

3. METHODIK UND VORGEHENSWEISE

Nach Aufbereitung der Daten sollte zunächst eine statistische Analyse der Messwerte durchgeführt werden und anschließend eine visuelle Darstellung in einem Geoinformationssystem mit Hilfe von Vergleichsdaten sowie mit einer Interpolation erstellt werden. Beide Methoden werden im Folgenden näher erläutert.

3.1 VERSCHNEIDUNG UND PUFFERBILDUNG

Die Datensätze liegen als Punktedaten mit Datum, Koordinaten sowie Dosisleistungswert vor und können nach vorheriger Prozessierung in ein GIS geladen werden.

Große Datenmengen können mithilfe eines Graphical Models sowie unter Verwendung der gewünschten Algorithmen als Batch – Programm automatisiert und somit schneller verarbeitet werden, ein solches Modell kann der Abbildung 5 entnommen werden.

Mit einem Batch Prozess können bis zu einem gewissen Grad Datenmengen verarbeitet werden, jedoch bietet sich für größere Datenmengen sicher eine andere Auswertung, zum Beispiel konsolenbasiert an.

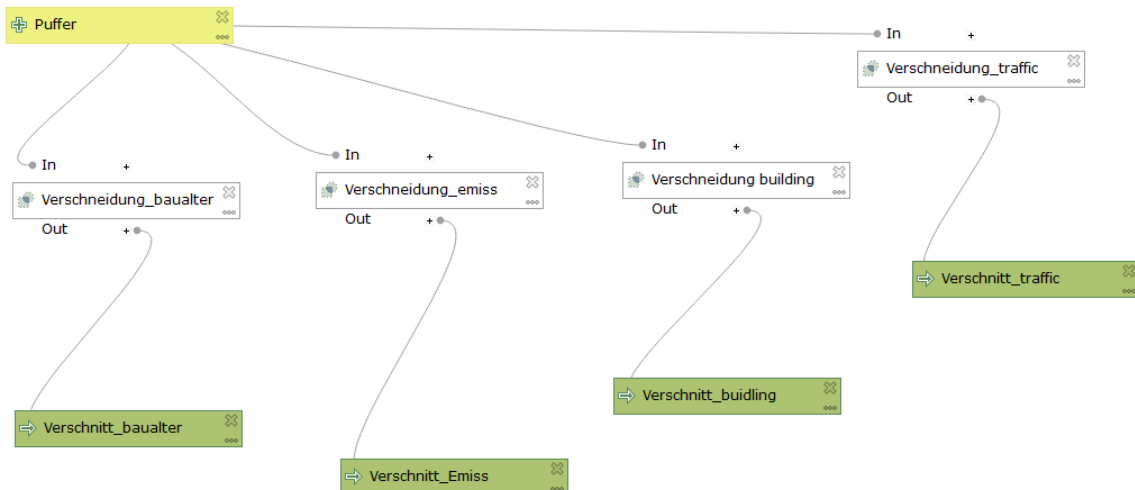


Abbildung 5: Modelbuilder für Pufferung und Verschneidung großer Datenmengen; Quelle: eigene Darstellung

Die Daten wurden in 5 Klassen, wie in Abbildung 6 dargestellt, klassifiziert. Die Werte sind in Nanosievert umgerechnet. Die Vergleichsdaten wurden für die Dosisleistungswerte anhand einer Karte dargestellt.

Um die Dosisleistungswerte wurde ein Buffer von 5 m gesetzt, um innerhalb dieser 5 m um den Messwert mögliche Einflussgrößen zu verschneiden. Diese sind in der Attributtabelle ersichtlich und können so ausgewertet werden.

●	22.62 - 42.70	niedrig
●	42.70 - 62.77	normal
●	62.77 - 82.85	mittel
●	82.85 - 102.92	leicht erhöht
●	102.92 - 123.00	hoch

Abbildung 6: Klassifizierung der Dosisleistungswerte in 5 Klassen in nSv; Quelle: eigene Darstellung

3.2 INTERPOLATION

Ein Ziel der Projektarbeit war die Findung einer geeigneten Darstellungsmethode für die Strahlungsmesswerte. Hierfür wurde das Interpolationsverfahren „Kriging“ angewendet, da dies ein geostatistisches Verfahren ist.

Dabei wird auf Grundlage eines geostatistischen Modells, dem Semivariogramm, interpoliert. Distanzbasierte Interpolationsverfahren dagegen berücksichtigen räumliche Korrelationen nicht (GITTA, 2016).

Genutzt wurde für die Interpolation der Geostatistical Analyst der Software ArcGIS, der es ermöglicht, das Kriging Schritt für Schritt durchzuführen (RASE, 2006: 76).

Das Ziel des Krigingverfahrens ist die Berechnung von lokalen räumlichen Trends. Dadurch kann mit relativ wenigen Daten auf räumliche Strukturen sowie Zustände geschlossen werden und stellt somit ein geeignetes Verfahren dar. Im Falle der radiologischen Messfahrten insbesondere in Katastrophenfällen liegen keine flächendeckenden Daten vor, die Strahlung jedoch aufgrund ihrer Gefahr weiterhin möglichst genau flächendeckend abgeschätzt werden muss.

Vor jedem Interpolationsverfahren ist eine deskriptive Statistik nötig. Diese wurde hierfür ausschließlich mit ArcGIS durchgeführt. Die Ergebnisse der statistischen Analyse geben Hinweise für die Beurteilung interpolierter Oberflächen (RASE, 2006: 61).

Dabei stellt das Semivariogramm eines der wichtigsten Hilfsmittel dar. Die hierbei erstellte Ausgleichskurve durch die Punktwolke zeigt, ob eine räumliche Autokorrelation zwischen den Messwerten vorliegt und „wie sie in die Ermittlung des Schätzwertes eingeht“ (RASE, 2006: 76).

Dabei wird jeder Messwert mit jedem verglichen und zusätzlich die Distanz der Wertepaare zueinander berechnet. Aus diesen Wertepaaren wird im Anschluss die sogenannte Semivarianz berechnet. Hierbei werden „die quadrierten Differenzen der Paare aufsummiert und durch die Menge der Punkte dividiert“ (RASE, 2006: 61).

Die Distanzen werden anschließend in Intervalle, sogenannte lags, unterteilt. Innerhalb der lags werden Semivarianzen gemittelt und durch eine Kurve verbunden. Zusätzlich können die Werte über eine Kurvenfunktion mathematisch beschrieben werden (GITTA, 2016).

Das Variogramm, welches in Abbildung 7 dargestellt ist, wird mit Hilfe von Sill, Range und Nugget beschrieben. Sill ist der Semivarianzwert ab dem die Kurve abflacht. Die Werte die dahinter liegen weisen keine räumliche Korrelation auf. Alle Werte von Null bis zum Sill bilden die Range und sind räumlich miteinander korreliert. Für die Interpolation sollten deshalb nur die Messwerte genutzt werden, die innerhalb der Range liegen.

Der Nugget Effekt lässt sich auf Messfehler oder auch räumliche Schwankungen zurückführen. Theoretisch sollte bei einer Entfernung von 0 der Semivariogrammwert auch 0 sein, ist er das nicht, spricht man von einem Nugget-Effekt.

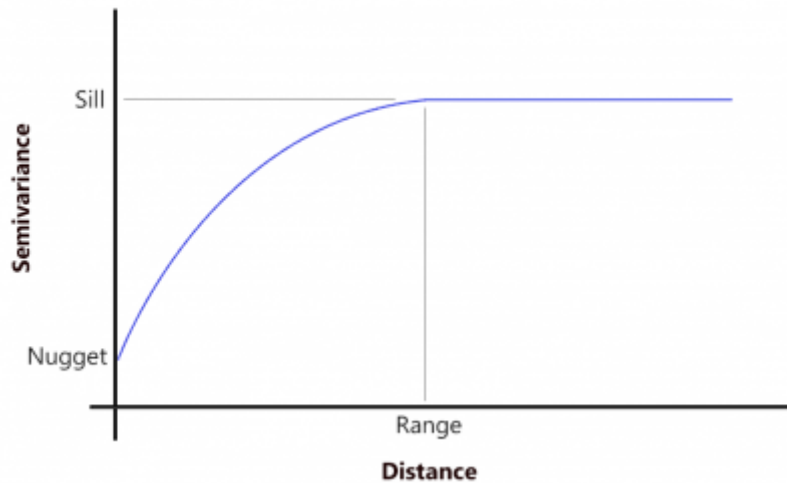


Abbildung 7: Semivariogramm (Quelle: GISGeography.com)

Abbildung 8 zeigt das Semivariogramm, welches auf Basis der Dosisleistungswerte im Beispielgebiet erstellt wurde. Dabei wird die Semivarianz (y-Achse) in Abhängigkeit der Entfernung (x-Achse) dargestellt. Die gemittelten Semivarianzen sind zunächst recht konstant. Mit zunehmender Distanz steigen sie aber stark an und nehmen schließlich wieder ab. Zusätzlich gibt es einen Nugget-Effekt, welcher vermutlich aufgrund einiger Ausreißerwerte zurückzuführen ist. Auffällig ist außerdem die starke Verteilung der Messwerte im Diagramm.

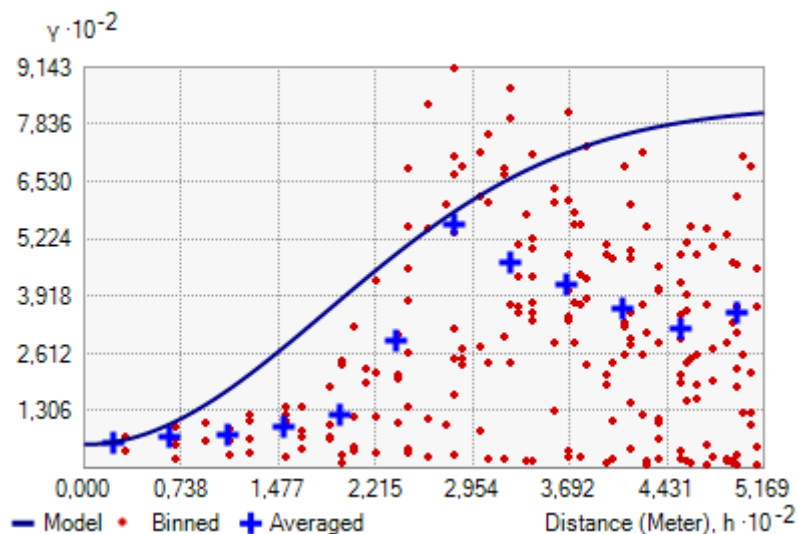


Abbildung 8: Semivariogramm der Messwerte (Darstellung mit dem Geostatistical Analyst von ArcMap)

Die Messwerte erhalten aufgrund ihrer Distanz zum gesuchten Schätzwert unterschiedliche Gewichtungsfaktoren. Genau dies wird mit dem Variogramm dargestellt und deshalb stellt es eine wichtige Grundlage für das Kriging Verfahren dar (RASE, 2006: S. 61).

Nach dem Erstellen des Semivariogramms kann also schließlich das Kriging auf Grundlage dessen durchgeführt werden. Dabei gibt es drei verschiedene Arten des Krigings. Angewandt wurde dafür das Ordinary Kriging, bei dem der Erwartungswert unbekannt ist (RIEDL, 2008).

Interpoliert wurde nur ein kleiner Ausschnitt Berlins, da die Messdaten nicht flächendeckend und strukturiert für ganz Berlin vorliegen.

4. ANALYSE UND ERGEBNISSE

4.1 VERSCHNEIDUNG MIT VERGLEICHSDATEN

Nach der ersten Auswertung der Dosisleistungswerte in einem GIS mittels Vergleichsdaten von Gebäudealter, Emissionsgraden oder auch Grünvolumen können aus den folgenden Abbildungen 9 – 11 unten stehende Resultate festgehalten werden. Ebenso im Anhang die Auswertung in Tabelle 1 und 2 zu entnehmen. Auf Grund der großen Datenmenge, wurden zur Bearbeitung in einem GIS ausgewählte Datensätze verwendet.

In diesem Bericht werden die Auswertungen anhand von drei Messfahrten aufgezeigt.

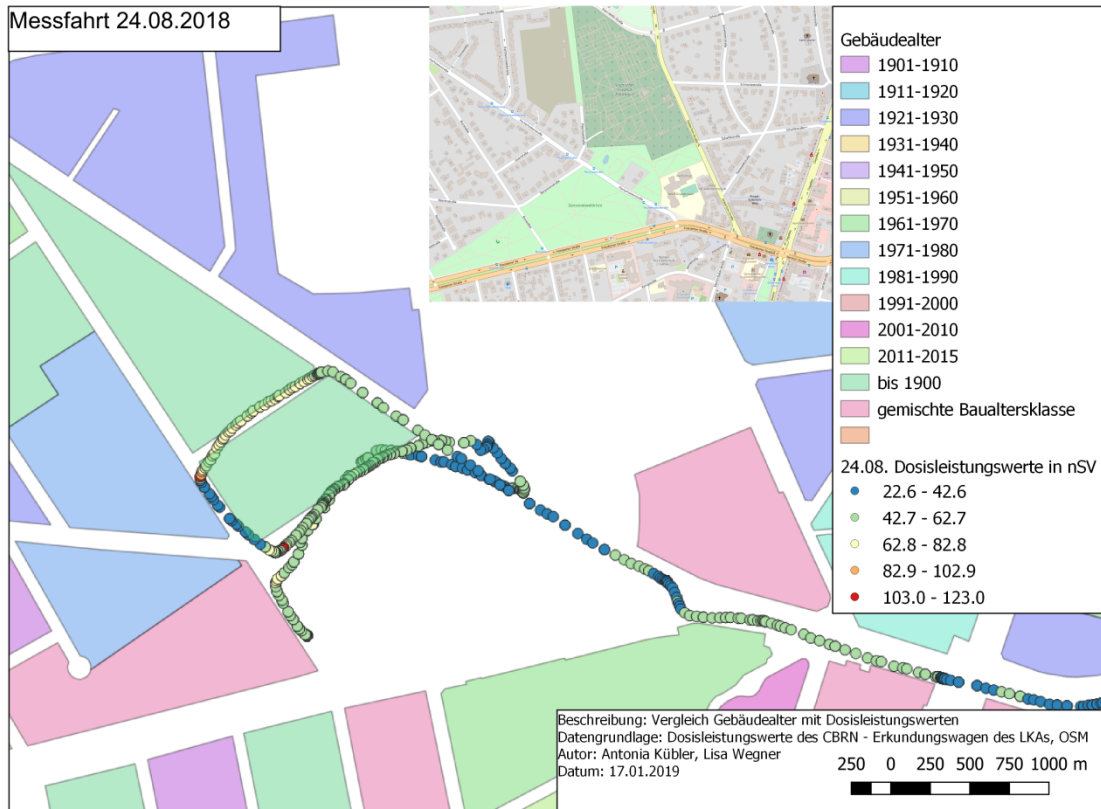


Abbildung 9: Kartographische Darstellung des Vergleichs der Gebäudedaten mit den Dosisleistungswerten vom 24.08.2018; Quelle: eigene Darstellung

Messfahrt 06.09.2018

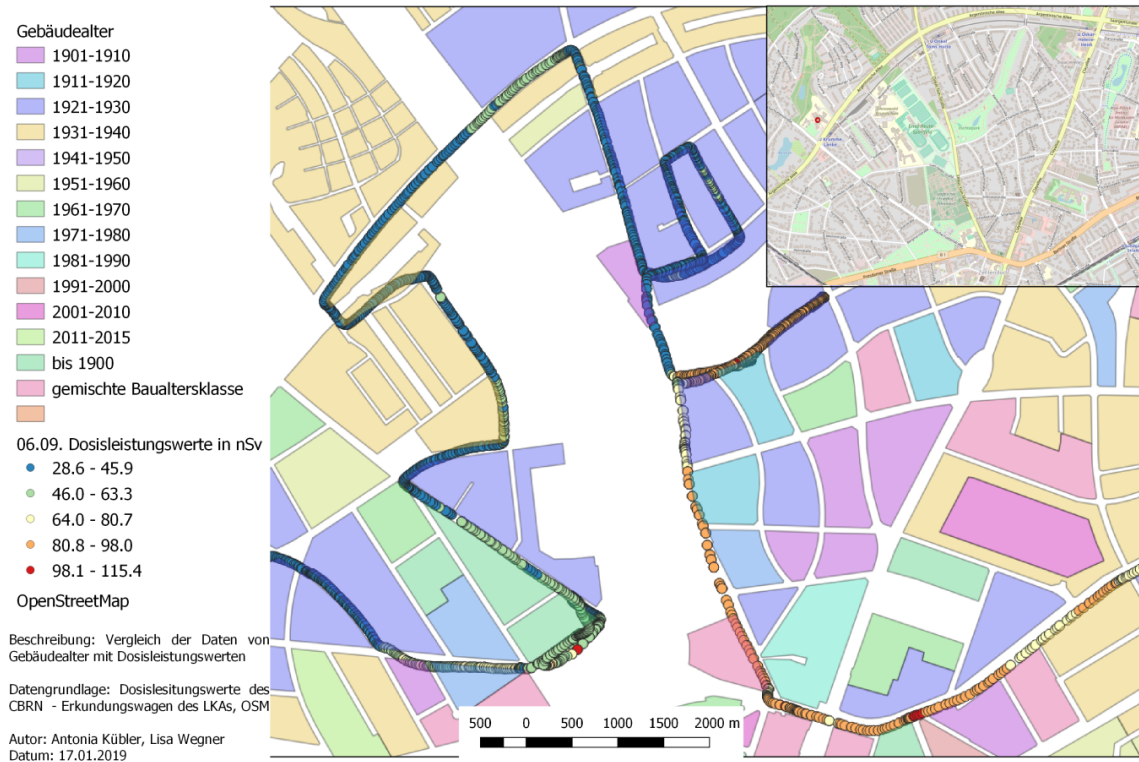


Abbildung 10: Kartographische Darstellung des Vergleichs der Gebäudedaten mit den Dosisleistungswerten vom 06.09.2018; Quelle: eigene Darstellung

Messfahrt 13.09.2018

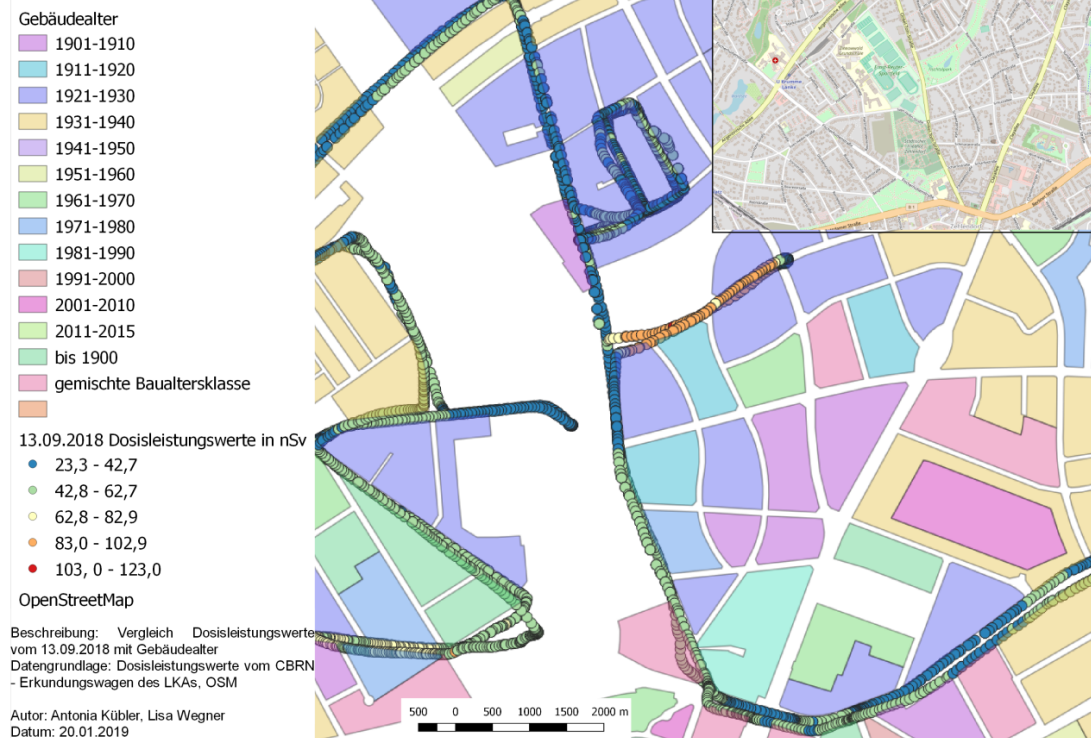


Abbildung 11: Kartographische Darstellung des Vergleichs der Gebäudedaten mit den Dosisleistungswerten vom 13.09.2018; Quelle: eigene Darstellung

Zur weiteren Überprüfung der Daten wurde für die Feinstaub-Emissionen im Untersuchungsgebiet eine Pearson-Korrelation durchgeführt siehe Abbildung 12 sowie Tabelle 2 im Anhang und dem Code in R im Anhang.

Die weiteren Codes für die Auswertung der Daten sind dem Anhang nicht beigefügt, da diese zu lang wären.

Die Annahme, dass sich die Feinstaubbelastung auch auf die radioaktive Strahlung auswirken kann, bestätigt sich damit nicht. Zu beachten ist, dass die durchgeführte Korrelation stark von Ausreißern abhängig ist und sich in den Messdaten mehrere deutlich höhere Werte befinden.

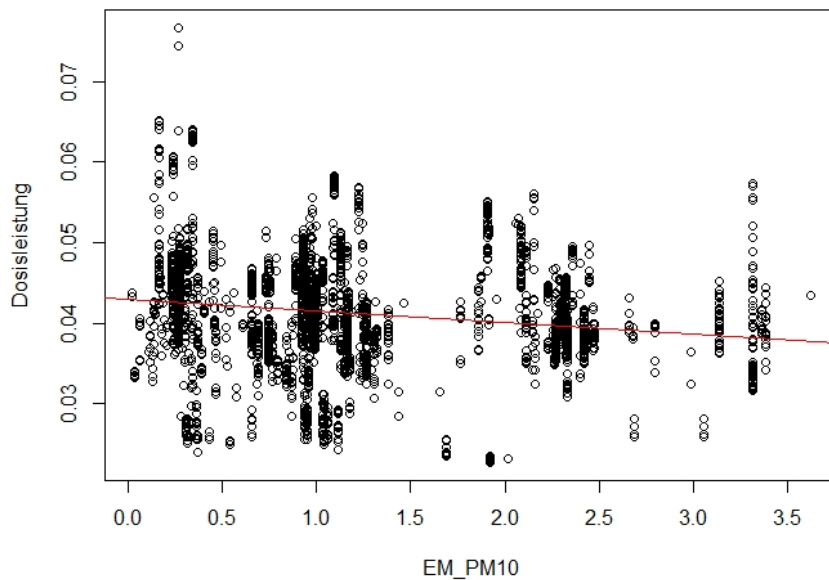


Abbildung 12: Korrelation der Dosisleistung mit der Feinstaub-Emission im Untersuchungsgebiet

Anhand der Vergleichsdaten kann festgehalten werden, dass die Messwerte an dem 24.08.2018 und dem 13.09.2018 annähernd gleich sind, also keine plötzlichen Ausreißer darstellen, sondern konstant so gemessen werden können.

Wo keine Gebäude stehen, ist der Wert deutlich geringer unabhängig von der Vegetation. Weiterhin ist auffällig, dass die Werte bei Straßen/Wegen mit Kopfsteinpflaster rasant ansteigen. Grund dafür kann sein, dass oftmals Hochofenschlacke dafür verwendet wurde und diese radioaktiv sein kann.

Schlacke stellt ein Abfallprodukt aus der Metall- und Kohleindustrie dar. An dem Material ist problematisch, dass es je nach Herkunft schwach bis stark radioaktiv ist und dass es einen sehr hohen Gehalt an Schwermetall aufweist. Im späten 19. Jahrhundert und noch bis weit ins 20. Jahrhundert wurde Schlacke im Hausbau eingesetzt – was auch die Zeit um 1920 einbezieht. (vgl. BEOBACHTER).

Ebenso sind laut Baunetzwissen manche Bausubstanzen in Gebäuden in unterschiedlichen Jahrzehnten, welche radioaktiv strahlen können, verbaut wurden. Darunter ebenfalls laut BFS (Bundesamt für Strahlenforschung) im Anhang der Tabelle 3 kann entnommen werden, dass Schlacke aber auch Bims und Ziegel, sowie Lehm, welche ebenfalls in Gebäudefassaden zum Einsatz gekommen sind, radioaktiv strahlen. Was zu den hohen Werten beitragen könnte.

So kann es zum Beispiel sein, dass in Straßen mit Kopfsteinpflasterweg, wo dennoch ein niedriger Wert war, Häuser standen, welche nicht noch zusätzlich radioaktive Bausubstanzen enthielten.

Bei dem Vergleich mit den Emissionswerten, waren leider nicht zu allen Dosisleistungswerten Emissionswerte vorhanden, jedoch waren bei den niedrigen Dosisleistungswerten weit unterdurchschnittliche Emissionswerte anzutreffen, was ein Hinweis auf einen Einfluss auf die Messung sein könnte.

Als zweiter Faktor wurden die Dosisleistungswerte im Zusammenhang mit der Vegetation untersucht. Angenommen wurde dabei, dass die Dosisleistungswerte im Bereich starker Vegetation tendenziell eher niedrig sind, da keine zusätzliche Strahlung von Baumaterialien, wie zum Beispiel bei Gebäuden, ausgeht. Vergleicht man aber die Dosisleistungswerte mit der Grünvolumenzahl in m^3 pro m^2 wie in Abbildung 13, zeigt sich, dass die Messpunkte relativ unabhängig voneinander sind.

Niedrige Dosisleistungswerte liegen dabei nicht eindeutig im Bereich eines hohen Grünvolumens. Im Vergleich zweier Messfahrten siehe Abbildung 14 und der Untersuchung eines Standortes wird auch hier schnell deutlich, dass auch im Bereich des Fischtalparkes die Messwerte nicht niedriger werden, sondern sie im Vergleich zur Umgebung höher sind. Die Vegetation scheint also keinen ausschlaggebenden Effekt auf die Stärke der Strahlung zu haben. Zu beachten ist, dass die Messungen ausschließlich von der asphaltierten Straße aus durchgeführt wurden, deren Strahlung dadurch ebenfalls in die Messung mit eingegangen ist. Wie sich die Dosisleistung innerhalb einer Grünfläche verhält, können wir deshalb daraus nicht genau ableiten.

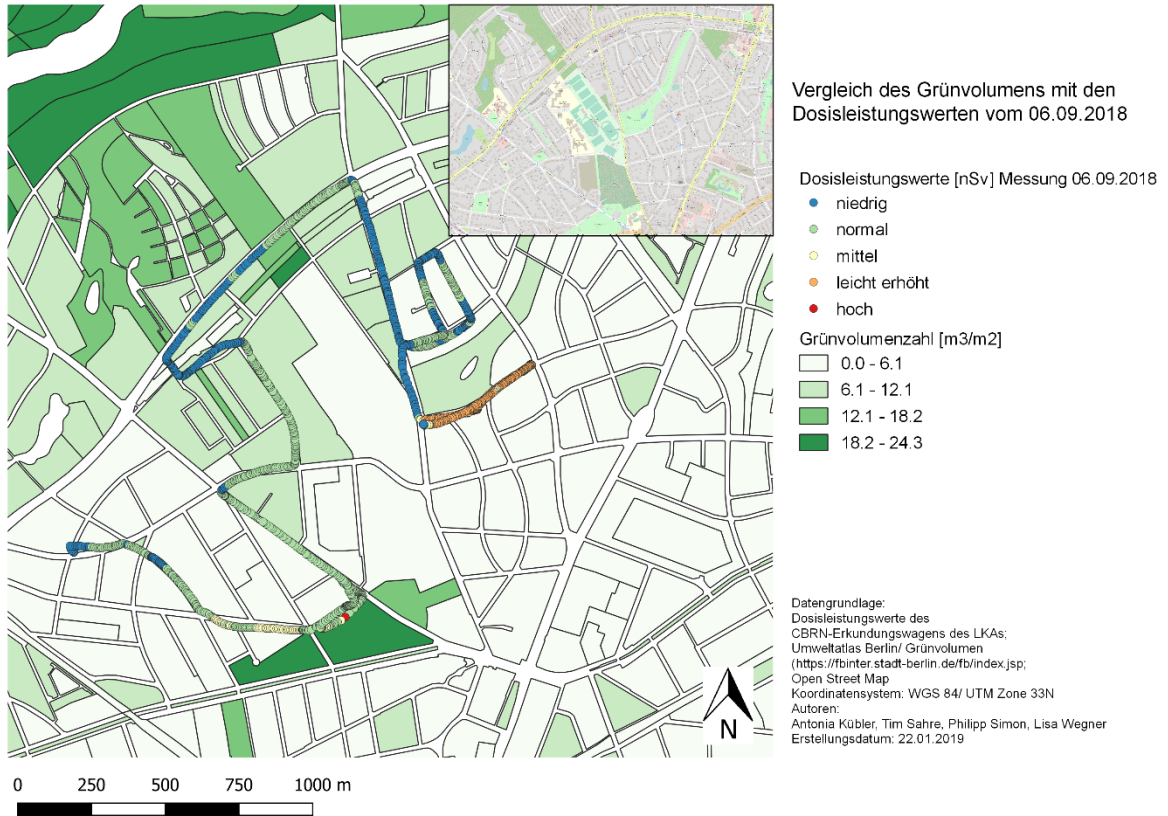


Abbildung 13: Vergleich des Grünvolumens mit Dosisleistungswerten vom 06.09.2018

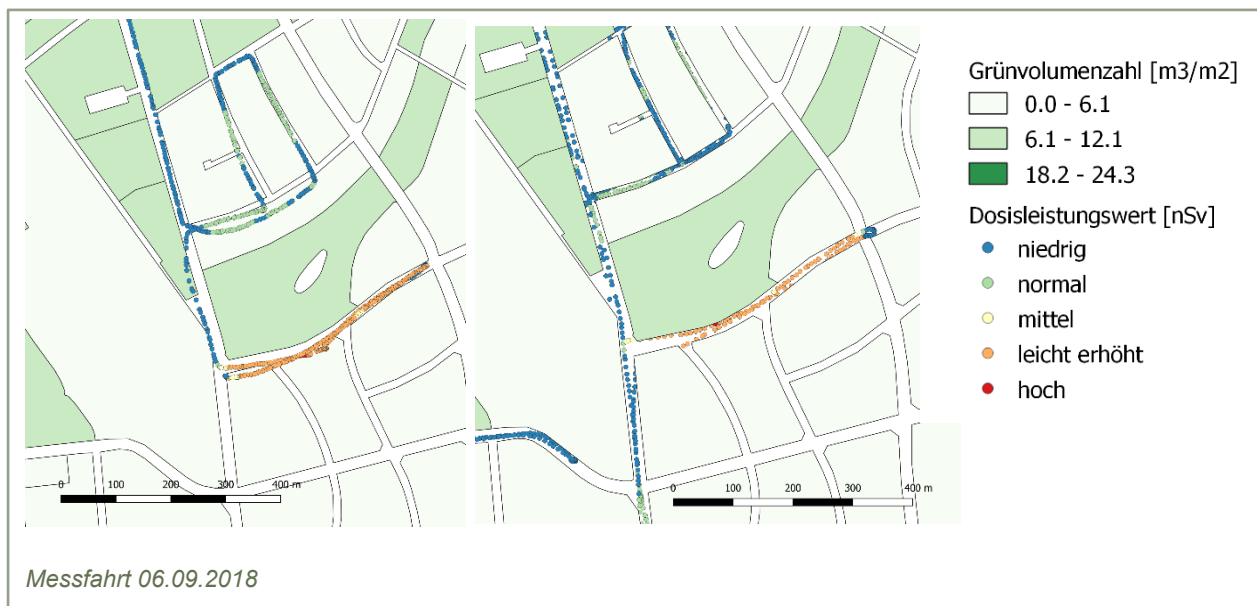


Abbildung 14: Vergleich Grünvolumen

Im Folgenden wird ein kleiner Ausblick in eine mögliche Interpolationsmethode der Messwerte gegeben.

4.2 INTERPOLATION

Das Ergebnis der Interpolation der Messwerte, siehe Abbildung 15, gibt einen kleinen Ausblick auf die Verteilung im Gesamttraum. Da die natürlichen Strahlungsschwankungen nur sehr gering sind, ermöglicht die hohe Anzahl an Klassen eine genaue Differenzierung.

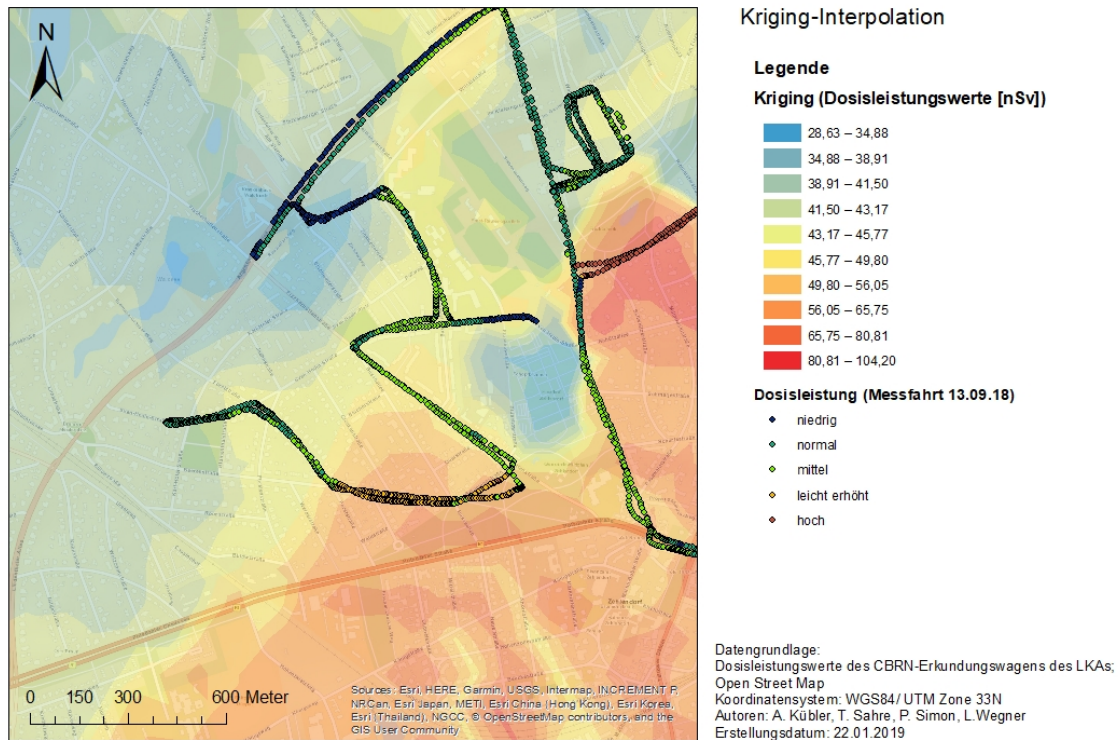


Abbildung 15: Kriging Interpolation

Anhand der Auswertungen der Messdaten folgt nun eine kurze Fehlerbetrachtung.

5. FEHLERBETRACHTUNG

Um die Fehlerbetrachtung zu beginnen, sollte man die Rohdaten betrachten. In Abbildung 16 sind die Messorte mit der größten Dosisleistung abgebildet (Schillerkiez in Berlin-Neukölln).

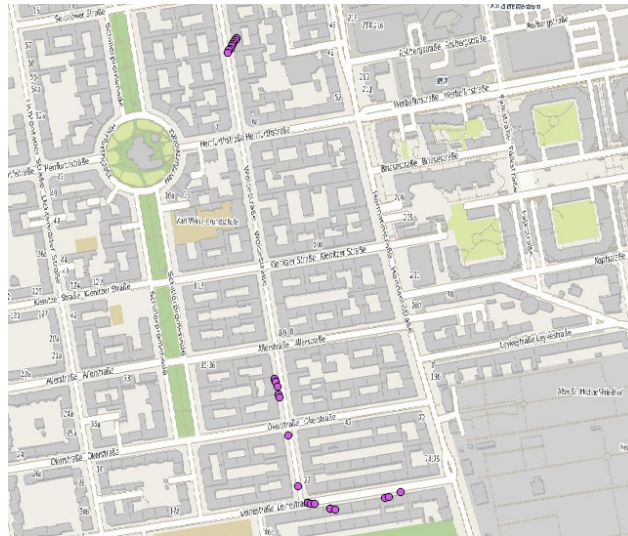


Abbildung 16: Visualisierung der höchsten Messwerte (nicht standzeitbereinigt)

Dabei wurde die höchste Klasseneinteilung von 103 bis 123 nSv gewählt. Es ist zu erkennen, dass die Georeferenzierung an einigen Stellen nicht passgenau mit dem Verlauf der Straße ist. Einige Punkte sind in den Gebäuden verortet. Dies hängt höchstwahrscheinlich mit der GPS-Technik des CBRN-Erkundungswagens zusammen.

Die Interpolation mittels Kriging ist ein sehr komplexes Verfahren, welches zu Beginn einer sehr ausführlichen statistischen Betrachtung bedarf. Für die Projektarbeit wurden hierfür allein die von ArcGIS vorgegeben Möglichkeiten genutzt. Um ein genaueres Ergebnis der Interpolation zu erreichen, wäre eine umfangreichere statistische Bewertung sowie Bearbeitung der Daten zusätzlich sinnvoll gewesen. Darüber hinaus werden die Messdaten über die komplette Fläche interpoliert. Zur Erweiterung des Modells wäre von daher das Einfügen von Gebäudestrukturen in Form von Barrieren sinnvoll, um so eine Interpolation über Gebäude hinweg zu vermeiden.

Besonders auffällig ist, dass die höchsten Werte ausschließlich in einem Gebiet zu genau einer Messfahrt erhoben wurden. Abbildung 17 zeigt die gefilterten Messwerte von der Fahrt am 17. August 2018. Die Werte wurden innerhalb von 3 Minuten erfasst auf einer Wegstrecke von etwa 600 Metern. Es ist schwer zu sagen, was der Auslöser für diesen Peak sein könnte. Da es sich aber um einen „Einzelfall“ handelt und keine auffälligen Gebäudestrukturen vorherrschen, liegt die Vermutung nahe, dass es sich beispielsweise um einen vorbeifahrenden Krankenwagen o.ä. gehandelt hat, welcher diese Messung beeinflusste.

	ID /	Datum	Uhrzeit	Sommer-/Winterzeit	Koordinaten_North	Koordinaten_East	Wegstrecke	Dosisleistung_NBR
1	1	170818	120957	S	392958	5815422	2.146.416.556	0.1033
2	2	170818	120958	S	392956	5815419	2.150.120.556	0.103
3	3	170818	120959	S	392954	5815416	2.153.978.889	0.1033
4	4	170818	121000	S	392953	5815414	2.157.888.667	0.1042
5	5	170818	121001	S	392951	5815411	2.161.695.556	0.1047
6	6	170818	121002	S	392950	5815408	2.165.451	0.1054
7	7	170818	121003	S	392948	5815406	2.169.155	0.105
8	8	170818	121004	S	392947	5815403	2.172.859	0.107
9	9	170818	121146	S	393007	5814986	2.510.025.889	0.1136
10	10	170818	121148	S	393008	5814982	25.156.590.555...	0.112
11	11	170818	121149	S	393010	5814976	2.521.086.444	0.112
12	12	170818	121151	S	393012	5814966	2.527.619.889	0.1091
13	13	170818	121152	S	393013	5814962	2.530.192.111	0.1093
14	14	170818	121205	S	393024	5814913	2.578.086.889	0.1192
15	15	170818	121221	S	393036	5814848	2.628.142.333	0.1122
16	16	170818	121234	S	393049	5814827	26.548.419.999...	0.115
17	17	170818	121236	S	393058	5814826	2.663.639	0.1135
18	18	170818	121241	S	393078	5814820	26.900.814.444...	0.1173
19	19	170818	121242	S	393084	5814818	2.698.724.111	0.1172
20	20	170818	121256	S	393147	5814833	2.782.527.111	0.1095
21	21	170818	121257	S	393152	5814835	2.788.494.667	0.1099

Abbildung 17: Messwerte in der Attributtabelle (gefiltert) vom 17.08.2018

Dies führte auch zum nächsten Problem der Vergleichswerte. Die Schwierigkeit lag besonders darin, Messpunkte mit Polygonen zu verschneiden. Wenn beispielsweise Gebäudestrukturen und Grünvolumen mit Punktmessungen verglichen werden sollen, kommt es natürlicherweise zu einer Diskrepanz durch die Entfernung zum Polygon selber. Zusätzlich ist es oft so, dass bei den Vergleichswerten Mittelwerte oder generalisierte Werte für das gesamte Polygon genommen wurden, was auch die Genauigkeit beeinflusst. Um dem entgegenzuwirken wurde ein 5-Meter Buffer erstellt. Es lässt trotzdem Platz für Ungenauigkeiten bei der Interpretation.

Ein allgemeines Problem bei der Interpretation ist vor allem die geringe Spannweite an Werten. Es befindet sich in einem sehr geringen Dosisbereich und es sind viele potentielle Faktoren vorhanden, die die Messung beeinflussen. Diese „dritten“ Faktoren sind oft nur zu erraten und schwer zu ermitteln.

6. FAZIT UND DISKUSSION

Es gibt sowohl positive als auch negative Punkte die dieses Projekt ausgemacht und begleitet haben. Zunächst gilt der Dank dem LKA KTI 23 unter Leitung von Herrn Andreas Hollburg. Das LKA betreute uns über den Zeitraum und stand für eventuelle (thematische) Rückfragen ständig zur Verfügung. Zusätzlich konnten wir durch einen Kontakt von Herrn Hollburg an die Archivdaten der Messfahrten der CBRN-Erkundungswagen von der Berliner Feuerwehr herankommen. Somit hatten wir eine regelrechte Masse an Daten (mehrere zehntausend Messpunkte) mit denen wir gut arbeiten und diese statistisch auswerten konnten. Auch die Menge an Vergleichsdaten war nicht gering, da das Geodatenportal des Landes Berlin sowie der FIS - Broker diverse Vergleichsdaten frei zur Verfügung stellt. Die Kriging Interpolation stellt im Vergleich zur herkömmlichen IDW Interpolation des LKA das Untersuchungsgebiet gut sowie eine Alternative zu dieser dar. Dies ist auch unter anderem der großen Datenmenge zu verdanken. An dieser Stelle sei auch gesagt, dass es zwar zu erwarten war, jedoch waren alle gemessenen Dosisleistungen von einer radioaktiven Gefahr für den Menschen weit entfernt.

Negative Punkte sind zum einen, das die statistischen Untersuchungen nicht so viel Aussagekraft haben was die Verteilungen der Dosisleistungswerte angeht. Darin wird die Diskrepanz zwischen stationären Messungen und Messungen im Straßenverkehr erkannt. Sofern kein Reaktorunglück oder ähnliches vorgefallen ist, lässt sich bei festen Messstationen eine Normalverteilung der Werte erkennen. Einerseits war es gut so viele Vergleichswerte zu haben, jedoch lässt das viel Spielraum für den spezifischen Grund der potentiellen Strahlenerhöhung. So wurden etwa beim Grünvolumen nur genormte Mittelwerte berücksichtigt. Da in so einem extrem niedrigen Dosisbereich gemessen wird, bedarf es etwas schärferer und detaillierterer Grenzen in den Polygonen. Schlussendlich war das auch einer der ausschlaggebenden Gründe für die nicht eindeutigen Indikatoren und Ergebnisse. Diese Projektarbeit kann nur Tendenzen aufzeigen, jedoch spielen zu viele Faktoren bei der Strahlung mit ein, als das diese stark getrennt werden könnte.

LITERATURVERZEICHNIS

ARCGIS (2019): 3D – Analyst-Toolbox. – Online in Internet:

<http://desktop.arcgis.com/de/arcmap/10.3/tools/3d-analyst-toolbox/how-kriging-works.html> [Stand: 2019-01-18].

BAUNETZWISSEN (2019): Baualtersstufen. – Online in Internet:

<https://www.baunetzwissen.de/altbau/fachwissen/baualtersstufen> [Stand: 2019-01-18].

BBK: Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (2019): Radiologisches

Mess-System. – Online in Internet:

https://www.bbk.bund.de/DE/AufgabenundAusstattung/CBRNschutz/CBRN-Erk/Messtechnik/RMess/RMess_node.html [Stand: 2019-01-18].

BEOBACHTER: Wohnen. – Online in Internet:

<https://www.beobachter.ch/wohnen/bauen-renovieren/wohngifte-braucht-die-wand-eine-entschlackungskur> [Stand: 2019-01-18].

BFS (2019): Radioaktive Stoffe in Baumaterialien. – Online in Internet: www.bfs.de

[Stand: 2019-01-18].

LKA- Präsentation: Georeferenzierte Messdaten - GIS-Projekt.pdf

NBR-SONDE: FHZ 672 - Handbuch.

RASE, W.-D. (2006): Kartographische Oberflächen. Norderstedt. 326 S.

ANHANG

Dosisleistungswert	Straße	Räumliche Besonderheiten	24.08.	06.09.	13.09.	Bausubstanz (https://www.baunetzwissen.de/altbau/fachwissen/baualtersstufen)	Gebäudealter
37,31 nSv (niedrig)	Fischerhüttenstraße	Gemeindewaldchen	x				keine Gebäude
67,89 nSv (mittel)	Querstraße		x			Vollziegelmauerwerk, Kopfsteinpflasterweg	bis 1900, Villen mit Park
104,6 nSv (hoch)	Busseallee		x			Gebäude: Beton, Putz, Stein, Ziegel, Blech	1971 - 1980, Villen mit Park
113,4 nSv (hoch)	Bergmannstraße	Gemeindewaldchen		x		Vollziegelmauerwerk, Kopfsteinpflasterweg	bis 1900, Villen mit Park
68,77 nSv (mittel)	Beerenstraße			x		Gebäude: Beton, Putz, Stein, Ziegel, Blech Kopfsteinpflasterweg	1971 - 1980, Villen mit Park
43,9 nSv (niedrig)	Waldhüterpfad Argentinische Allee			x		Kopfsteinpflasterweg, Betonstraße, Häuser aus Bims, Ziegel Teilweise Stampfbeton und Schlackesteine	1931 - 1940 parallele Zeilenbebauung 1921 - 1930 freistehende Einfamilienhäuser, Mehrfamilienhäuser mit Garten,
86,61 nSv (leicht erhöht)	Sophie - Charlotte - Straße	Fischtalpark		x		Kopfsteinpflasterweg (Pflaster wird aus Naturstein, Beton, Klinker, Holz oder Hochofenschlacke hergestellt) Häuser aus Bims, Ziegel, teilweise Schlackesteine und Stampfbeton	1911 - 1920 freistehende Einfamilienhäuser mit Garten
43,9 nSv (niedrig)	Waldhüterpfad Argentinische Allee				x	Kopfsteinpflasterweg, Betonstraße, Häuser aus Bims, Ziegel Teilweise Stampfbeton und Schlackesteine	1931 - 1940 parallele Zeilenbebauung 1921 - 1930 freistehende Einfamilienhäuser, Mehrfamilienhäuser mit Garten,
68,77 nSv (mittel)	Beerenstraße				x	Gebäude: Beton, Putz, Stein, Ziegel, Blech Kopfsteinpflasterweg	1971 - 1980, Villen mit Park
90,6 nSv (leicht erhöht)	Sophie - Charlotte - Straße	Fischtalpark			x	Kopfsteinpflasterweg (Pflaster wird aus Naturstein, Beton, Klinker, Holz oder Hochofenschlacke hergestellt) Häuser aus Bims, Ziegel, teilweise Schlackesteine und Stampfbeton	1911 - 1920 freistehende Einfamilienhäuser mit Garten
104,9 nSv (hoch)	Sophie - Charlotte - Straße	Fischtalpark			x	Kopfsteinpflasterweg (Pflaster wird aus Naturstein, Beton, Klinker, Holz oder Hochofenschlacke hergestellt) Häuser aus Bims, Ziegel, teilweise Schlackesteine und Stampfbeton	1911 - 1920 freistehende Einfamilienhäuser mit Garten

Tabelle 1: Auswertung Messfahrt, Gebäudealter und Bausubstanzen von Straße und Gebäuden; Quelle: eigene Darstellung

Dosisleistungswert für den 24.08.2018	Emission	Dosisleistungswert für den 13.09.2018	Emission	Straße
37,31 nSv (niedrig)	Weit unterdurchschnittlich (unterste 30 % der Emissionswerte)	43,9 nSv (niedrig)	Weit unterdurchschnittlich (unterste 30 % der Emissionswerte)	Argentini-sche Straße Fischerhüttenweg
67,89 nSv (mittel)	Keine Werte vorhanden	-	-	-
104,6 nSv (hoch)	Keine Werte vorhanden	-	-	-

Tabelle 2: Vergleich Messfahrt 24.08.2018 mit Emissionswerten; Quelle: eigene Darstellung

Material	Radium-226 in Becquerel pro Kilogramm Mittelwert (Bereich)	Thorium-232 in Becquerel pro Kilogramm Mittelwert (Bereich)	Kalium-40 in Becquerel pro Kilogramm Mittelwert (Bereich)
Granit	100 (30 - 500)	120 (17 - 311)	1000 (600 - 4000)
Gneis	75 (50 - 157)	43 (22 - 50)	900 (830 - 1500)
Diabas	16 (10 - 25)	8 (4 - 12)	170 (100 - 210)
Basalt	26 (6 - 36)	29 (9 - 37)	270 (190 - 380)
Granulit	10 (4 - 16)	6 (2 - 11)	360 (9 - 730)
Kies, Sand, Kiessand	15 (1 - 39)	16 (1 - 64)	380 (3 - 1200)
Natürlicher Gips, Anhydrit	10 (2 - 70) < 5	(2 - 100)	60 (7 - 200)
Tuff, Bims	100 (< 20 - 200)	100 (30 - 300)	1000 (500 - 2000)
Ton, Lehm	< 40 (< 20 - 90)	60 (18 - 200)	1000 (300 - 2000)
Ziegel, Klinker	50 (10 - 200)	52 (12 - 200)	700 (100 - 2000)
Beton	30 (7 - 92)	23 (4 - 71)	450 (50 - 1300)
Kalksandstein, Porenbeton	15 (6 - 80)	10 (1 - 60)	200 (40 - 800)
Schlacke aus Mansfelder Kupferschiefer	1500 (860 - 2100)	48 (18 - 78)	520 (300 - 730)
Gips aus der Rauchgasentschwefelung	20 (< 20 - 70)	< 20	< 20
Braunkohlenfilterasche	82 (4 - 200)	51 (6 - 150)	147 (12 - 610)

Tabelle 3: Tabelle mit radioaktiven Baumaterialien; Quelle: www.bfs.de

```

setwd("C:/Users/Tim Sahre/Desktop")

## Korrelationsbetrachtung Verkehrsmenge
merge_Verkehrsmenge <- read.csv("merge_Verkehrsmenge.csv")

dat <- merge_Verkehrsmenge[c(4,5,6,7,8,23)]

dat.extendet <- mutate(dat, TotalTraffic = dat$PKW + dat$LKW + dat$LIEFERWAGE + dat$LINIEN-
BUSS + dat$REISEBUSSE)

plot(Dosisleist ~ TotalTraffic, data = dat.extendet, xlab = "Summe Gesamtverkehr", ylab =
"Dosisleistung")
abline(lm(Dosisleist ~ TotalTraffic, data = dat.extendet), col = 'red')

cor.test(dat.extendet$Dosisleist, dat.extendet$TotalTraffic)
# Total Traffic = -0.1936666 cor => Keine erkennbare Korrelation

## Korrelationsbetrachtung Emissionen
install.packages("PerformanceAnalytics")
library("PerformanceAnalytics")
library(dplyr)
setwd("C:/Users/Tim Sahre/Desktop")

merge_emiss <- read.csv("merge_emiss.csv")

dat2 <- merge_emiss[c(5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22,
36)]

dat.extendet2 <- mutate(dat2, Dosisleistung = dat2$Dosisleist /1000)
dat.extendet3 <- dat.extendet2[c(1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17,
18, 20)]

plot(Dosisleistung ~ EM_PM10, data = dat.extendet3)
abline(lm(Dosisleistung ~ EM_PM10, data = dat.extendet3), col = 'red')

cor.test(dat.extendet3$EM_PM10 , dat.extendet3$Dosisleistung)
#PM10 = -0.1900849 cor => Keine erkennbare Korrelation

cor.test(dat.extendet3$EM_PM25 , dat.extendet3$Dosisleistung)
#PM25 = -0.1975768 cor => Keine erkennbare Korrelation

```

Code für die Überprüfung der Korrelation



Senatsverwaltung
für Umwelt, Verkehr
und Klimaschutz

be  **Berlin**



**BERLINER
FEUERWEHR**