

# Auswirkungen von Starkregenereignissen auf die Gefahrenabwehr im Ballungsraum Rhein-Main

## Projektbericht

Methoden zur Auswertung des Zusammenhangs zwischen Starkregenereignissen und Einsatzfähigkeit der Feuerwehr

Thomas Kutschker<sup>1</sup>, Martin Trommler<sup>2</sup>

Kontakt:

thomas.kutschker@univie.ac.at

<sup>1</sup> Feuerwehr Offenbach am Main, Universität Wien

<sup>2</sup> Universität Wien

---

## Abstract

Starkregenereignisse liefern große Mengen Niederschlag innerhalb kurzer Zeit auf eine definierte Fläche (Malitz G. und Beck et al., 2005). Die direkten Auswirkungen sind vielschichtig und reichen von Überschwemmungen bis hin zu Erdbeben (Tetzlaff G., 2008). In dicht besiedelten Räumen bedeutet dies eine hohe Betroffenheit von Personen und Infrastrukturen. Die Folge ist ein hohes Einsatzaufkommen der Feuerwehr zur Beseitigung der, meist weitreichenden, Schäden (Mayer J., 2007). Eine direkte Beziehung zwischen einzelnen Starkregenereignissen und dem materiellen und personellen Aufwand für die Feuerwehren wurde bisher nicht untersucht. Die Ergebnisse einer solchen Betrachtung sollen, auch im Sinne der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS), einen Beitrag zur Einsatz- und Ressourcenplanung bei den Feuerwehren der jeweiligen Gebietskörperschaften leisten, bzw. möglichen Handlungsbedarf im Abwassermanagement bzw. in der Eigenvorsorge der Bürger einer Kommune aufzeigen.

## 1. Einleitung

Starkregenereignisse sind meist in ihrer Intensität nicht zuverlässig vorhersehbar und liefern große Mengen Niederschlag in einem kurzen Zeitraum. Unmittelbare Folgen sind zumeist Überflutungen von Verkehrsflächen und ein starker Eintrag von Regenwasser in die Kanalisation. Je nach geographischer Lage des betroffenen Ortes und in Abhängigkeit der Dimensionierung der Abwasserkanäle und Überflutungsflächen sowie der prozentualen Bodenversiegelung sind die Auswirkungen nicht pauschal zu benennen, sondern regional bis auf die Gemeindeebenen unterschiedlich zu betrachten (DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., 2013). Rückstau von Regenwasser aus Kanälen oder „Sturzbäche“ auf Straßen, die durch Kellerfenster in angrenzende Gebäude eindringen sind in weiterer Folge der Auslöser für den Einsatz der Feuerwehr. Die häufigsten Anlässe für die Einsatzfähigkeit der Feuerwehr sind demnach überflutete Keller, gefolgt von überfluteten Straßensenken und Unterführungen, die den Verkehr stellenweise zum Erliegen bringen. Da sich die Keller von Gebäuden als tiefste Punkte oftmals nicht viel höher als das Niveau der Kanalisation befinden findet ein hydraulischer Ausgleich zwischen der überfüllten Straßentwässerung und den angrenzenden Zuflüssen der

Kanalisation statt, Wasser füllt die Keller und bleibt dort mindestens so lange, wie die Überfüllung der Kanalisation andauert.

Problematisch wird diese Situation für die Feuerwehr aus zwei Gründen. Zum einen ist die Anzahl der eingehenden Notrufe und der daraus resultierenden Einsatzstellen nach einem Starkregenereignis sehr hoch, zum anderen gestaltet sich die Bewältigung einer Einsatzstelle oft schwierig, da die Keller von Wohngebäuden zumeist bis zur Decke mit Gegenständen gefüllt sind, die ein vorankommen erschweren und neben den eigentlichen Pumparbeiten noch zusätzliche Räumarbeiten anfallen, die eigentlich nicht zur Gefahrenabwehr zählen und somit eigentlich nicht Aufgabe der Feuerwehr sind. Trotzdem werden sie jedoch meist in Kauf genommen, da sie zur Erreichung aller überfluteten Bereiche in einem Keller erforderlich sind oder mit Rücksicht auf die besondere Situation der Bewohner (Alte oder Hilfsbedürftige) durchgeführt werden. Besondere Erschwernis tritt in Fällen ein, in denen durch das Wasser weitere Infrastrukturen des Gebäudes beschädigt oder zerstört wurden und sich die Einsatzfähigkeit unter Umständen auch auf die Beseitigung der resultierenden Gefahren ausweitet. Beispielhaft kann hier, neben der Gefahr aufschwimmender Heizöltanks mit möglichen Leckagen, die Hauptstromversorgung genannt werden, die sich ebenfalls überwiegend in den Gebäudekellern befindet. Ein Stromausfall verursacht den Ausfall von Heizung, Beleuchtung, Kühlmöglichkeit für Lebensmittel sowie den Ausfall der Kommunikationseinrichtungen im Gebäude. Insbesondere für Heime und Pflegeeinrichtungen bedeutet dies eine dramatische Lageverschärfung, deren Ausmaß das der eigentlich ursächlichen Überschwemmung weit überschreitet. Die vorübergehende Evakuierung einer Einrichtung oder einzelner Patienten kann erforderlich werden, wenn z.B. erforderliche medizinische Geräte ohne Strom nicht mehr betrieben werden können. Festzuhalten bleibt, dass die Einsatzdauer pro gemeldete Einsatzstelle bereits bei „Standardeinsätzen“ ohne größeres Schadensausmaß in den wenigsten Fällen unter einer Stunde liegt. In Verbindung mit der Anzahl der gleichzeitig gemeldeten Einsatzstellen innerhalb einer betroffenen Kommune resultiert aus den genannten Umständen in der Regel ein Engpass an zur Verfügung stehenden Einsatzmitteln und –kräften (Mayer J., 2007). Die einzige Steuerungsmöglichkeit besteht in den Leitstellen der Feuerwehr nur in einer möglichst genauen Notrufabfrage mit anschließender Priorisierung der Einsatzstellen nach Dringlichkeit. Nachbarliche Hilfe, wie sie unter Kommunen und Landkreisen in solchen Fällen üblich ist, kann selbstverständlich nur dann entsandt werden, wenn die Nachbarkommunen nicht ebenfalls von den Folgen des Starkregenereignisses betroffen sind. Die Untersuchung des Zusammenhanges zwischen Starkregenereignissen und Einsatzaufkommen der Feuerwehr ist deshalb unter dem Aspekt der vorausschauenden Einsatzvorbereitung interessant. Neben der möglichen Korrelation von Regenmengen und Anzahl der Einsatzstellen kann man durch die Auswertung der Daten auch Rückschlüsse auf häufig gleichzeitig betroffene Kommunen und die zahlenmäßige Betroffenheit einer bestimmten Kommune oder eines Landkreise innerhalb einer definierten Zeitspanne ziehen. Ziel dieser Betrachtungen kann z.B. eine verbesserte Planungsmöglichkeit für die nachbarliche Hilfe oder ein vordefiniertes Maß der überörtlichen Zusammenarbeit sein.

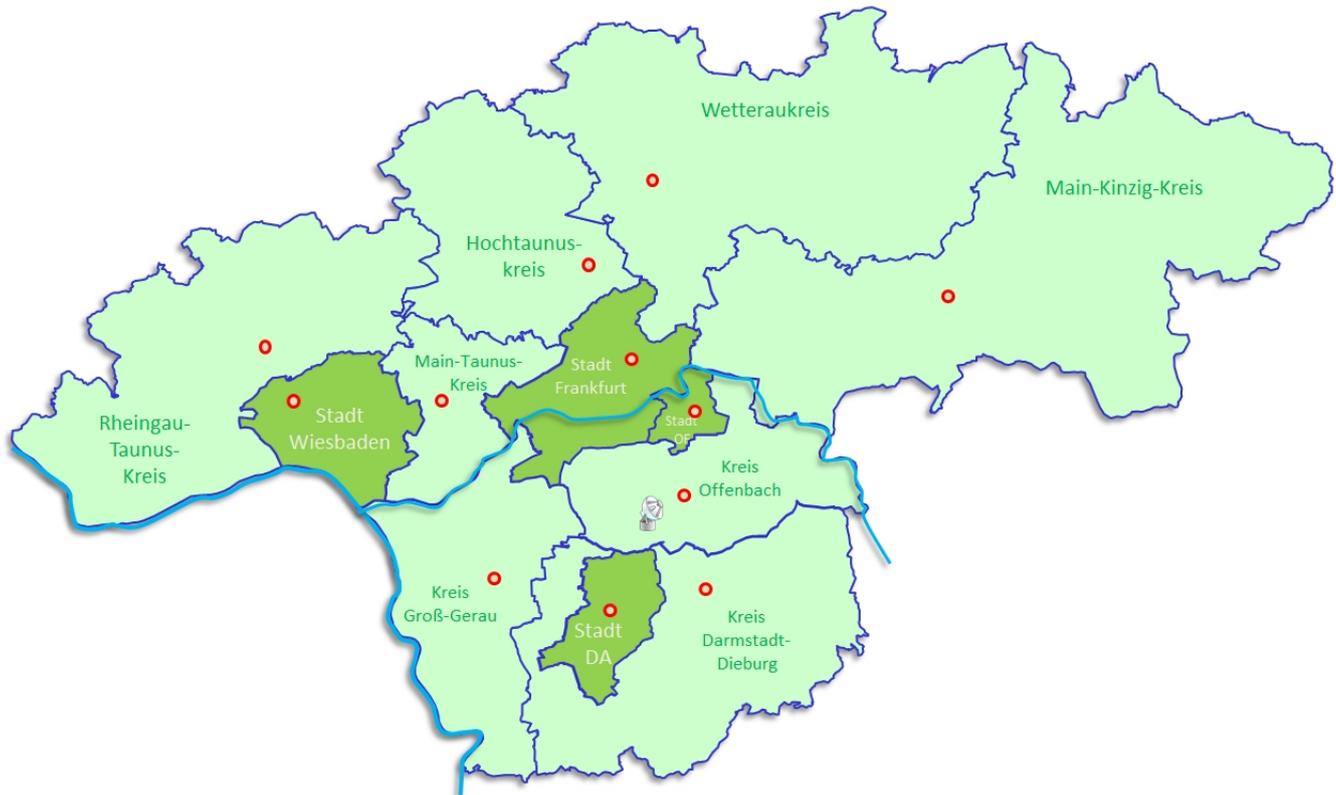
## 2. Starkregenereignisse im Untersuchungsraum Rhein-Main

Subjektiv wahrgenommene Veränderungen in Amplitude und Magnitude von (Stark)Regenereignissen werden durch die Medien und in der Literatur oftmals als direkt dem Klimawandel zugeschriebene Folgen dargestellt. Die Auswirkungen heftiger Starkregenereignisse indes, sind den meisten Bürgern durch verstärkte Medienberichte, teilweise auch durch eigene Erfahrungen mit Schadensereignissen im persönlichen Umfeld präsent. Ein scheinbar großes Schadensausmaß und hohe Sach-, möglicherweise auch Personenschäden führen dabei mitunter zu einer Art selektiver Wahrnehmung, die dem Betrachter eine generelle Zunahme von Überschwemmungen nach heftigem Regen suggeriert. In den Ebenen des Flachlandes treten durch Starkregenereignisse, die in der Regel kurz und heftig sind, seltener auch Bäche oder Flüsse über die Ufer und verursachen dadurch in weiterer Folge Überschwemmungen in Gebäuden und auf Verkehrsflächen (DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., 2013). In Hanglagen ist dieser Aspekt jedoch nicht zu unterschätzen. Hier werden nicht selten auch Schlammlawinen oder Muren ausgelöst, die schwere Schäden an Straßen und Gebäuden, bis hin zur kompletten Zerstörung, anrichten können. In jedem Fall entstehen Schäden durch Naturereignisse mit großem Schadenspotenzial überwiegend in dicht besiedelten Gebieten, in denen eine hohe Vernetzung von technischen Infrastrukturen mit entsprechend großer Abhängigkeit der Menschen besteht (Fleischhauer, 2004). Sogenannte Kaskadeneffekte, also Wirkketten, die das Schadensausmaß ggf. noch verstärken, tragen zu diesem Effekt verstärkend bei. Auch hier kann der Stromausfall wieder exemplarisch angeführt werden. Ursache für einen Stromausfall kann wiederum beispielsweise ein Erdbeben oder eine Überflutung in Folge starker Regenfälle sein (Gebauer J. und Wurbs, 2010). Dichte Besiedelung trägt außerdem maßgeblich dazu bei, dass die Anzahl gemeldeter Einsatzstellen nach einem Starkregen entsprechend hoch ist. Um die Abhängigkeiten zwischen Starkregenereignissen und den Auswirkungen auf die Beanspruchung der Gefahrenabwehr (Feuerwehr) durch die Bürger messbar zu machen, muss die Betrachtung idealerweise in einem dicht besiedelten Ballungsraum mit eng vernetzten Infrastrukturen und zum Teil direkt aneinander angrenzende Städte, Gemeinden und Landkreise durchgeführt werden. In diesem Projektbericht wird der räumliche Fokus zudem auf einen Bereich begrenzt, in dem nicht die orographischen Bedingungen eines alpinen Raumes vorliegen, sondern der im Höchstfall die Ausläufer von Mittelgebirgen umfasst. Das Rhein-Main-Gebiet ist kein fest definierter Ballungsraum, sondern ein polyzentrischer Siedlungs- und Wirtschaftsraum, dessen Kernbereich aus Bevölkerungsdichte und industrieller Ansiedlung sowie der dazugehörigen Verkehrsinfrastrukturen durch das Dreieck aus Frankfurt, Darmstadt und Wiesbaden beschrieben wird (Fischer et al., 2005). Als Untersuchungsraum wurde deshalb ein Bereich gewählt, der als eine Art „Kernzone“ des Rhein-Main-Gebietes bezeichnet werden kann, in der Naturereignisse wie z.B. Starkregen entsprechende Auswirkungen erwarten lassen. Das ausgewählte Untersuchungsgebiet umfasst auf 6.103 km<sup>2</sup> insgesamt 12 Landkreise und kreisfreie Städte mit insgesamt knapp 3,5 Millionen Einwohnern in 150 Städten und Gemeinden (Hessisches Statistisches Landesamt, 2013).

Jede Stadt oder Gemeinde verfügt dabei gemäß dem Auftrag des Hessischen Gesetzes über den Brandschutz, die Allgemeine Hilfe und den Katastrophenschutz (HBKG) über eine eigene Feuerwehr (Hessisches Ministerium des Innern und für Sport (HMdIS), 2010). Die Städte Frankfurt, Offenbach, Darmstadt und Wiesbaden aufgrund ihrer Einwohnerzahl sogar über Berufsfeuerwehren. Jeder Landkreis und kreisfreie Stadt verfügt zudem über eine Feuerwehr- und Rettungsdienstleitstelle, die alle Notrufe (Tel. 112) in ihrem Zuständigkeitsbereich entgegen nimmt und die Einsatzkräfte der auf kommunaler Ebene angesiedelten Feuerwehren alarmiert und koordiniert.

**Tabelle 1:** Übersicht der Landkreise und kreisfreien Städte des Untersuchungsgebietes (Hessisches Statistisches Landesamt, 2013)

Stadt / Kreis	Fläche km <sup>2</sup>	Einwohnerzahl	EW /km <sup>2</sup>	Städte und Gemeinden
<i>Darmstadt</i>	122,2	149.728	1219	1
<i>Frankfurt a.M.</i>	248,3	697.509	2785	1
<i>Offenbach a.M.</i>	44,9	123.674	2733	1
<i>Wiesbaden</i>	203,9	279.578	1368	1
Kreis Darmstadt-Dieburg	658,5	290.484	440	23
Kreis Groß-Gerau	453,1	258.309	568	14
Hochtaunuskreis	482	228.906	474	13
Main-Kinzig-Kreis	1398	408.627	292	29
Main-Taunus-Kreis	222,4	228.994	1027	12
Kreis Offenbach	356,3	341.123	955	13
Rheingau-Taunus-Kreis	811,5	183.165	226	17
Wetteraukreis	1102	298.620	271	25
<b>Gesamt</b>	<b>6103,1</b>	<b>3.488.717</b>	<b>Ø570</b>	<b>150</b>



**Abbildung 1:** Das Untersuchungsgebiet mit den Grenzen der Landkreise und kreisfreien Städte (Grafik: Verfasser)

Dunkelgrün sind in der Abb. 1 die kreisfreien Städte markiert, die roten Punkte markieren die Standorte der Feuerwehr- und Rettungsleitstellen der jeweiligen Gebietskörperschaft. Der Radarstandort des Deutschen Wetterdienstes, der die Niederschlagsdaten für das Untersuchungsgebiet liefert, ist mit einem Symbol gekennzeichnet. Um die Zusammenhänge zwischen den Starkregenereignissen und dem Einsatzaufkommen der örtlichen Feuerwehren untersuchen zu können, müssen zunächst möglichst zuverlässige Niederschlagsdaten aus dem Untersuchungsraum gewonnen werden. Zudem müssen die Einsatzdaten eines jeden Feuerwehreinsatzes gewonnen und in einen zeitlichen Zusammenhang mit dem Niederschlagsereignis gebracht werden. Um beide Parameter auch räumlich darzustellen, sollen in einem weiteren Schritt Einsatz- und Niederschlagsdaten als Layer einer GIS-Darstellung auf einer digitalen topografischen Karte zusammengeführt werden.

### **2.1. Gewinnung der Einsatzdaten**

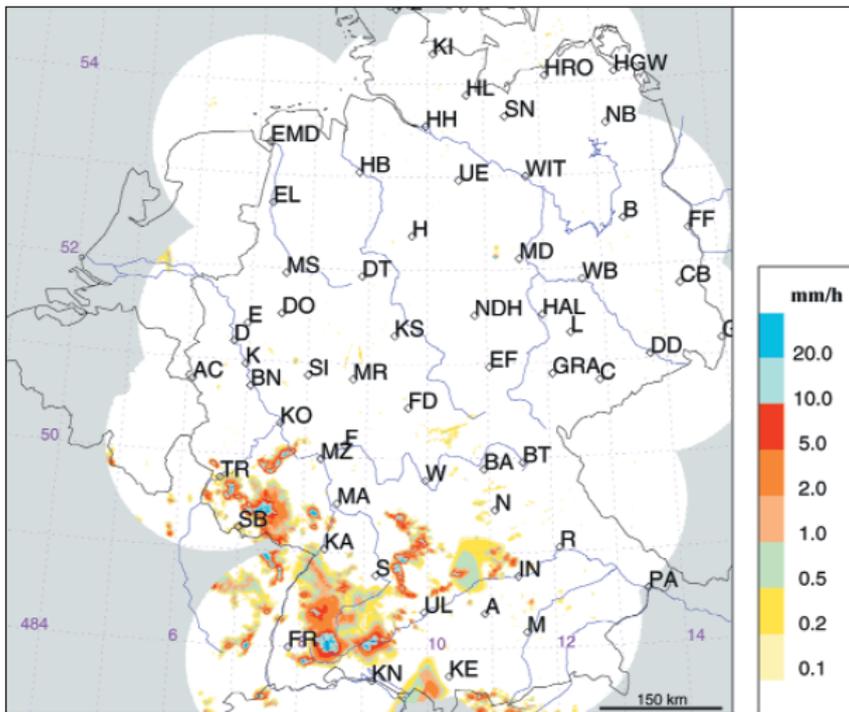
Alle Einsätze der Feuerwehr und des Rettungsdienstes werden in Hessen über sogenannte Leitstellen koordiniert und dokumentiert. Hierzu werden in den Leitstellen Einsatzleitrechner mit einer speziellen Software eingesetzt, mit der Einheiten erfasst, Alarmierungsvorschläge erzeugt und Einsatzdaten in einer Datenbank erfasst werden können. Alle Leitstellen des Landes Hessen unterstehen dem Hessischen Ministerium des Innern und für Sport (HMdIS) und werden von den Landkreisen und kreisfreien Städten betrieben und in deren Liegenschaften untergebracht (Hessisches Ministerium des Innern und für Sport (HMdIS), 2010). Die technische Ausstattung, Funktechnik, die Einsatzleitrechner werden vom Land Hessen unterhalten.

Die zwölf Leitstellen des Untersuchungsgebietes verfügen, mit derzeitiger Ausnahme der Leitstelle Frankfurt, über ein einheitliches Softwareprogramm, das die genannten Funktionsumfang besitzt und alle eröffneten Einsätze in einer Datenbank ablegt (Dücker et al., 2012 ).

Somit ist es technisch relativ einfach, die Daten aller Einsätze aus den lokalen Datenbanken zu extrahieren. Alle Einsatzdaten unterliegen den Datenschutzvorschriften. Sie dürfen üblicherweise nicht für Dritte zur Verfügung gestellt werden, da sie fast immer personenbezogene Daten enthalten. Trotz der überwiegenden Verwendung eines einheitlichen Softwareprogramms ist die Feinstruktur der Datenbanken von den Betreibern der Leitstellen frei konfigurierbar, was die Auswertung von gleichen Daten aus mehreren Datenbanken zum Teil erschwert. Die wichtigsten Parameter wie Notrufeingang, Einsatzbeginn und Einsatzende sind jedoch grundsätzlich in allen Datenbanken genauso vorhanden wie die Adresse und das Alarmstichwort, mit dem die zuständige Feuerwehr alarmiert wurde. Eine Freitexteingabe ermöglicht zudem, vom Anrufer genannte Details (z.B. über besondere Gefahren oder Schäden) für die Einsatzkräfte zu notieren und zu dokumentieren.

## **2.2. Gewinnung der Niederschlagsdaten**

Der Deutsche Wetterdienst (DWD) verfügt über eine Reihe von Produkten, mit denen sich Niederschlagsereignisse in einer Kurzzeitvorhersage vorhersehen oder in Echtzeit auswerten lassen. Zudem ist mit Hilfe von Datenbanken auch eine nachträgliche Analyse möglich. Aus den zur Verfügung stehenden Produkten kommen für die Beantwortung der Fragestellung nur solche in Betracht, die über eine hohe Auflösung des Messnetzes verfügen, um das relativ kleine Untersuchungsgebiet räumlich gut differenziert abbilden zu können. Radarprodukte, wie z.B. KonRAD, liefern sehr gute Echtzeit-Radardaten, verfügen jedoch über keinerlei Verknüpfung zu Ombrometern am Boden, um den tatsächlich gefallenen Niederschlag zu erfassen (Deutscher Wetterdienst (DWD), 2005). Das Messnetz der Ombrometer ist zudem nicht sehr dicht, da bodengebundene Messstationen von hierfür verfügbaren Flächen abhängen, wartungsintensiv und relativ teuer sind. Eine genaue Aussage für eine hochaufgelöste Fläche ist, falls einzig auf ombrometrische Messungen beruhend, kaum zuverlässig möglich. Seit 2005 läuft deshalb das Produkt Radolan (Routineverfahren zur Online-Aneichung von Radarniederschlagsdaten mit Hilfe von automatischen Bodenniederschlagsstationen) im Routinebetrieb. Radolan kombiniert die Daten der deutschlandweit 16 Niederschlagsradarstandorte, die in fünfminütigen Intervallen ihre Daten im Umkreis von 125 Kilometern um den Radarstandort liefern, mit den bundesweit mehr als 1.000 automatischen Ombrometerstationen, bei denen ein stündlicher Wert aufgezeichnet wird. Die nachfolgende Aneichung beider Werte, die mittels mathematischer Verfahren erfolgt, liefert innerhalb von 30 Minuten eine räumliche Auflösung von  $1 \text{ km}^2$  bei einer gleichzeitigen Intensitätsauflösung von  $0,1 \text{ mm}$  (Weigl E. und Reich T. et al., 2004). Aufgrund dieser Leistungsparameter sind die Radolan-Daten sehr gut geeignet, um Niederschlagsbetrachtungen auch für kleine Untersuchungsgebiete durchzuführen. Zur Bearbeitung der Fragestellung wurde deshalb das Radolan-Produkt „RW“ gewählt, das eine 60-minütige zeitliche Auflösung im  $1 \text{ km}^2$ - Raster in der Einheit  $0,1 \text{ mm/h}$  liefert (Deutscher Wetterdienst (DWD), 2012).



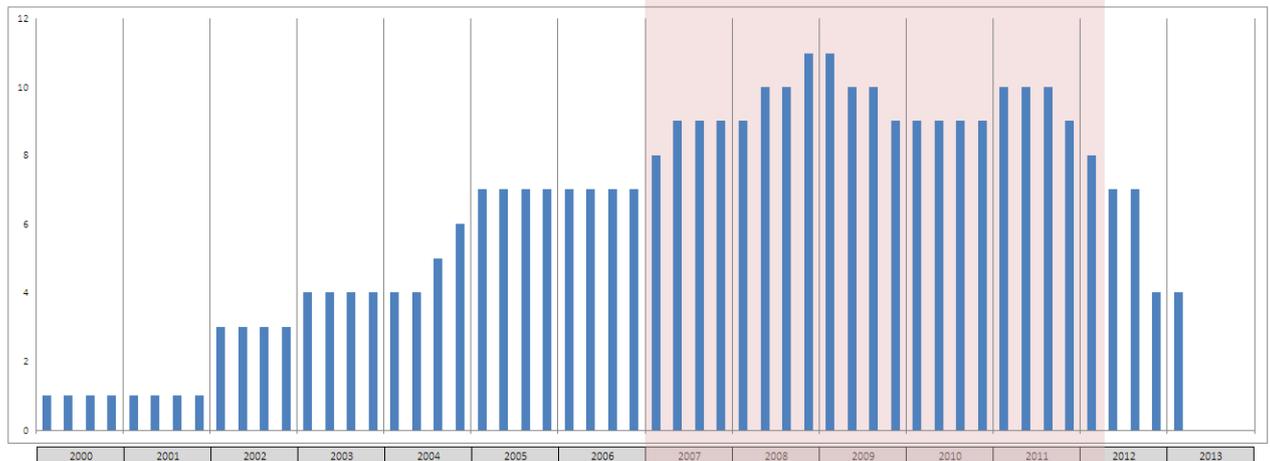
Quelle: Deutscher Wetterdienst (DWD)

**Abbildung 2:** Beispiel einer Radolan-Darstellung (RW-Produkt) für eine Stunde über das gesamte Bundesgebiet

### 3. Auswertung der Daten

Zur Auswertung der Einsatzereignisse der Feuerwehr mussten zunächst die Daten aus den Datenbanken der Einsatzleitrechner aller Leitstellen des Untersuchungsgebietes abgefragt werden. Aus der Schnittmenge der maximalen örtlichen Datenverfügbarkeit wurde der Untersuchungszeitraum festgelegt. In den Jahren 2004 – 2006 fand in den meisten Leitstellen eine grundlegende Erneuerung des Softwarestandes statt, die eine komplett veränderte Datenbankstruktur zur Folge hatte. Einsatzdaten aus dem Zeitraum vor der Umstellung (zumeist ca. 2005) stehen zumeist nicht mehr zur Verfügung. Da jedoch Radolan-Daten momentan ohnehin erst ab 2005 zur Verfügung stehen, wirkt sich dieser limitierende Faktor jedoch nicht negativ auf die Festlegung des größtmöglichen gemeinsamen Zeitraumes aus. Die Datenabfrage bei den Einsatzdaten ergab eine relativ inkonsistente Verfügbarkeit im zur Verfügung stehenden Gesamtzeitraum 2005-2012, so dass der Schwellenwert für die vollständige Einbeziehung der Daten in die Betrachtung auf mindestens 75% Datenverfügbarkeit pro betrachtetem Quartal über den gesamten Untersuchungsgebiet gesetzt wurde. Unter Beachtung dieses Schwellenwertes ergab sich ein Betrachtungszeitraum vom 1. Quartal 2007 (ab 01.01.2007) bis einschließlich 1. Quartal 2012 (31.03.2012). Die nachfolgende Abbildung (Abb. 3) zeigt das Ergebnis der Auswertung. Innerhalb des festgelegten Zeitraumes (rot hinterlegt), sind die nicht verfügbaren Einsatzdaten der einzelnen Landkreise und kreisfreien Städte in der Tabelle orange hinterlegt.

Stadt / Kreis	2000				2001				2002				2003				2004				2005				2006				2007				2008				2009				2010				2011				2012				2013			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Rheingau-Taunus-Kreis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
Hochtaunuskreis	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
BF Wiesbaden	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
Main-Taunus-Kreis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
BF Frankfurt a.M.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
BF Offenbach a.M.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
Wetteraukreis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
Main-Kinzig-Kreis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
Kreis Groß-Gerau	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
Kreis Darmstadt-Dieburg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
Kreis Offenbach	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
BF Darmstadt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
Summe	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	4	4	4	4	4	5	6	7	7	7	7	7	7	7	7	8	9	9	9	9	10	10	11	11	10	10	9	9	9	9	9	9	10	10	9	8	7	7	4	4	0	0	0



**Abbildung 3:** Auswertung der Datenverfügbarkeit von Einsatzdaten zur Festlegung des Untersuchungszeitraumes (Grafik: Verfasser)

Aus der Abb. 3 lässt sich erkennen, dass aus der Stadt Darmstadt, sowie aus dem Rheingau-Taunus Kreis für mehr als die Hälfte des Untersuchungszeitraumes keine Daten vorliegen. Die Stadt Darmstadt muss deshalb komplett von der Betrachtung ausgenommen werden. Der Rheingau-Taunus-Kreis wird zwar mit aufgeführt, bei der Bewertung der Ergebnisse muss allerdings der Umstand der unvollständigen Datenlage berücksichtigt werden (vgl. Tabelle 3).

Die Rohdaten aus den Leitstellen umfassen üblicherweise alle Arten von Bränden und Hilfeleistungen und müssen deshalb zunächst aufbereitet werden. Hierzu werden die Einsätze zuerst auf Hilfeleistungseinsätze und anschließend nach ihrem Einsatzstichwort gefiltert. Übrig bleiben alle Einsätze, bei denen eine Hilfeleistung durchgeführt wurde, die üblicherweise nach einem Starkregen vorkommen. Zu diesen Einsatzarten gehören z.B. die Stichworte „Wasser im Keller“ oder „Straße überflutet“. Andere Einsatzarten, die ggf. auch auf Unwettereinsätze schließen lassen, wie z.B. „Baum auf Straße“ oder „Dach abgedeckt“, werden bei der Betrachtung nicht berücksichtigt, da sich die Fragestellung ausschließlich auf Starkregenereignisse und deren Folgen bezieht. Alle Einsatzarten, die nicht auf ein vorangegangenes Niederschlagsereignis schließen lassen, wurden ebenfalls von der Betrachtung ausgenommen und aus der Liste entfernt. Ein Problem stellen Unwettereinsätze dar, die aufgrund der hohen Zahl an Notrufen, in der Leitstelle zunächst nicht in den Einsatzleitreechner eingegeben, sondern per Hand notiert und später in den Rechner eingetragen („nachgefahren“) wurden. Bei diesen Einsätzen fehlen die automatischen Zeitstempel, die sich im Normalbetrieb selbständig aus den Statusmeldungen der eingesetzten Fahrzeuge generieren.

Die Folge davon ist, dass man in diesen Fällen nur noch den Tag des Einsatzes, aber keine Uhrzeiten mehr zuordnen kann. Für die Statistik der Einsatzzahlen bleiben diese Einsätze als Zähler vorhanden, in den Grafiken, die jeweils das Abbild einer festen Uhrzeit darstellen, lassen sie sich allerdings nicht mit aufführen. Dies führt zu tolerierbaren, geringen Ungenauigkeiten bei der graphischen Darstellung. Nach Berücksichtigung der beschriebenen Filterparameter bleibt von ursprünglich ca. 9.400 gefilterten Gesamteinsätzen aus dem Bereich Hilfeleistung Wasser/Sturm eine Gesamtzahl von 7.585 Einsätzen aus den eindeutig Regenereignissen zuzuordnenden Stichworten für die Auswertung übrig. Allerdings befinden sich unter diesen Einsätzen auch all jene, die zwar möglicherweise als Folge eines Regenereignisses entstanden sind, aber die Wahrscheinlichkeit hierfür aufgrund ihrer zeitlichen Alleinstellung nicht auf ein vorangegangenes Starkregenereignis schließen lassen. Beispielhaft hierfür kann das Stichwort „Wasser im Keller“ genannt werden, das ebenso aus einem Rohrbruch herrühren kann. Die Eingrenzung der Einzelereignisse, bei denen mit hoher Wahrscheinlichkeit ein Regenereignis der Auslöser war, erfolgt deshalb über eine willkürlich festgesetzte Schwelle, der ein Erfahrungswert der Praxis zugrunde liegt. Fallen mehr als 20 im Einsatzleitreechner eröffnete Einsätze mit demselben Stichwort („Wasser im Keller“) in den zeitlichen Zusammenhang einer Stunde, ist von einem Starkregenereignis als Ursache auszugehen. Auf diese Weise lassen sich die Tage innerhalb des Betrachtungszeitraumes eingrenzen, an den solche Ereignisse überhaupt stattgefunden haben. Für diese Ereignisse wird, nach Abgleich mit den Niederschlagsdaten zur Plausibilitätskontrolle, eine Auswertung sowie eine grafische Betrachtung durchgeführt.

**Tabelle 2:** Tage im Untersuchungszeitraum mit mindestens 20 einschlägigen Einsatzeröffnungen in kurzer zeitlicher Abfolge

Datum	Anzahl	Datum	Anzahl	Datum	Anzahl	Datum	Anzahl
09.05.2007	21	12.09.2008	26	09.06.2010	167	25.08.2011	32
09.06.2007	198	15.01.2009	20	10.06.2010	261	26.08.2011	356
10.06.2007	204	18.01.2009	28	11.06.2010	69	04.09.2011	34
12.06.2007	56	23.01.2009	61	14.07.2010	98	11.09.2011	46
21.06.2007	1624	10.02.2009	21	28.07.2010	48	16.12.2011	26
22.06.2007	22	09.05.2009	102	03.08.2010	22	05.01.2012	25
23.06.2007	124	15.05.2009	88	23.08.2010	56	06.05.2012	20
09.07.2007	33	09.06.2009	56	27.08.2010	52	05.07.2012	34
01.03.2008	72	14.06.2009	156	07.01.2011	39	28.07.2012	97
30.05.2008	380	15.06.2009	46	08.01.2011	43	29.07.2012	203
31.05.2008	98	08.08.2009	23	13.01.2011	52	30.07.2012	32
02.06.2008	76	10.08.2009	307	05.06.2011	24		
03.06.2008	482	11.08.2009	70	06.06.2011	237		
04.06.2008	26	16.08.2009	36	21.06.2011	71		
07.06.2008	59	20.12.2009	21	22.06.2011	51		
25.06.2008	93	21.12.2009	38	27.07.2011	71		
26.07.2008	192	22.12.2009	43	28.07.2011	51		
29.07.2008	66	28.02.2010	87	02.08.2011	21		
31.07.2008	71	01.03.2010	30	06.08.2011	51		
08.08.2008	43	11.05.2010	39	24.08.2011	256		

Die grün markierten Daten in Tabelle 2 zeigen Einsatzhäufungen, die über Mitternacht hinausgehen. Dies kann z.B. geschehen, wenn das Niederschlagsereignis in den späten Abendstunden begonnen hat. In seltenen Fällen sind drei aufeinanderfolgende Tage markiert. Dies kann zum einen aus einer mehrtägigen Wetterlage mit starken Niederschlägen, aber zum anderen möglicherweise auch aus dem Umstand resultieren, dass die Auswirkungen von am späten Abend oder in der Nacht beginnenden Starkregenereignissen oftmals von den Bürgern erst am folgenden Morgen entdeckt werden. Eine „zweite Welle“ von Notrufen ist dann die Folge. Die durchschnittliche Einsatzdauer über den gesamten Betrachtungszeitraum beträgt 1,8 Stunden pro Einsatz. Insgesamt lassen sich über den gesamten Betrachtungszeitraum folgende Einsatzzahlen als Folge von Niederschlagsereignissen ableiten:

**Tabelle 3:** Gesamteinsatzzahlen aus Niederschlagsereignissen über den gesamten Betrachtungszeitraum

Landkreis/Stadt	Anzahl	Anteil %	Datenverfügbarkeit % im Gesamtzeitraum
Darmstadt-Dieburg	672	8,9	42,9
Frankfurt am Main	751	9,9	100
Groß Gerau	618	8,1	100
Hochtaunus	763	10,1	57,1
Kreis Offenbach	2409	32,1	100
Main-Kinzig	714	9,4	100
Main-Taunus	343	4,5	76,2
Offenbach	363	4,5	100
Rheingau-Taunus	382	5	42,8
Wetterau	93	1,2	76,2
Wiesbaden	477	6,3	100
<b>Total</b>	<b>7585</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

### 3.1. Graphische Darstellung

Der graphischen Darstellung des Zusammenhangs zwischen den Niederschlagsereignissen und den Einsatzaktivitäten geht zunächst eine Eingrenzung des Ereigniszeitraumes voraus. Der Zeitstempel des jeweils ersten eröffneten Einsatzes eines Clusters aus mindestens 20 Einsätzen dient als Orientierung für die Auswahl der Niederschlagsdatenreihe. Mit einem Zeitpuffer von 12 Stunden vor dem ersten erfassten Zeitstempel ist die Sicherheit gegeben, alle möglicherweise relevanten Niederschläge auch wirklich graphisch erfassen zu können. Mit diesem Zeitpuffer kann man zur weiteren Analyse die meteorologischen Daten aus dem Radolan-RW Produkt des DWD als Layer in eine digitale topographische Karte TOP 1000, mit dem Maßstab 1:1.000.000 eintragen. Dabei wird die Regenintensität, gemessen in mm/h, in verschiedenen Farbschattierungen dargestellt. Diese orientieren sich an den definierten Schwellenwerten für (Stark)Niederschläge.

**Tabelle 4:** Definition der Niederschlagswerte

Niederschlagswert (mm/h)	Definition	Quelle
≥10 mm/h	Markantes Wetter (Markante Wetterwarnung DWD)	DWD Online-Wetterlexikon (Internet)
≥17 mm/h	Starkregen (Kriterium nach WUSSOW)	Nachtnebel, 2003
≥25 mm/h	Heftiger Starkregen (Unwetterwarnung DWD)	DWD Wetterwarnkriterien (Internet)
≥30 mm/h	Sehr heftiger Starkregen	Nicht eindeutig klassifiziert

In der graphischen Auswertung werden die Schwellenwerte aus Tabelle 4 zusammengefasst und im nachfolgend beschriebenen Farbschema in der Karte dargestellt.

**Tabelle 5:** Farbschema der Niederschlagswerte (Quelle: Verfasser)

Niederschlagswert (mm/h)	Farbcode
5 – 10	
10 – 17	
17 – 25	
25 - 30	
> 30	

Die Anzahl der eröffneten Einsätze für einen bestimmten Ort/Ortsteil wird dabei stundenweise zu Zehnerblöcken zusammengefasst und nach Anzahl gestaffelt mit unterschiedlichen Punktgrößen dargestellt. Die Markierungspunkte befinden sich dabei zentriert in der jeweiligen Ortsmitte des jeweiligen Ortsteils. Dies hängt mit dem Kartenmaßstab 1:1.000.000 zusammen, der gewählt wurde, um das gesamte Untersuchungsgebiet komplett darzustellen. Dieser lässt keine adressgenaue Auflösung der Einsatzstellen in der Karte zu. Diese wäre theoretisch darstellbar, denn die Koordinaten der einzelnen Einsatzstellen lassen eine nahezu bis auf die Hausnummer genaue Verortung in einem Graphischen Informationssystem (GIS) zu. Verschwindet ein Punkt aus der Grafik, dann ist der Einsatz zur jeweiligen Stunde beendet worden. Auf den folgenden Seiten werden die Grafiken für ein beispielhaft ausgewähltes Ereignis dargestellt. Im Juni 2007 war ein heftiger Starkregen in zwei Amplituden von Südwesten über den Untersuchungsraum gezogen und hatte insgesamt 1.624 Einsätze am 21. Juni, 22 Einsätze am 22. Juni und 124 Einsätze am 23. Juni verursacht (vgl. Tabelle 2).

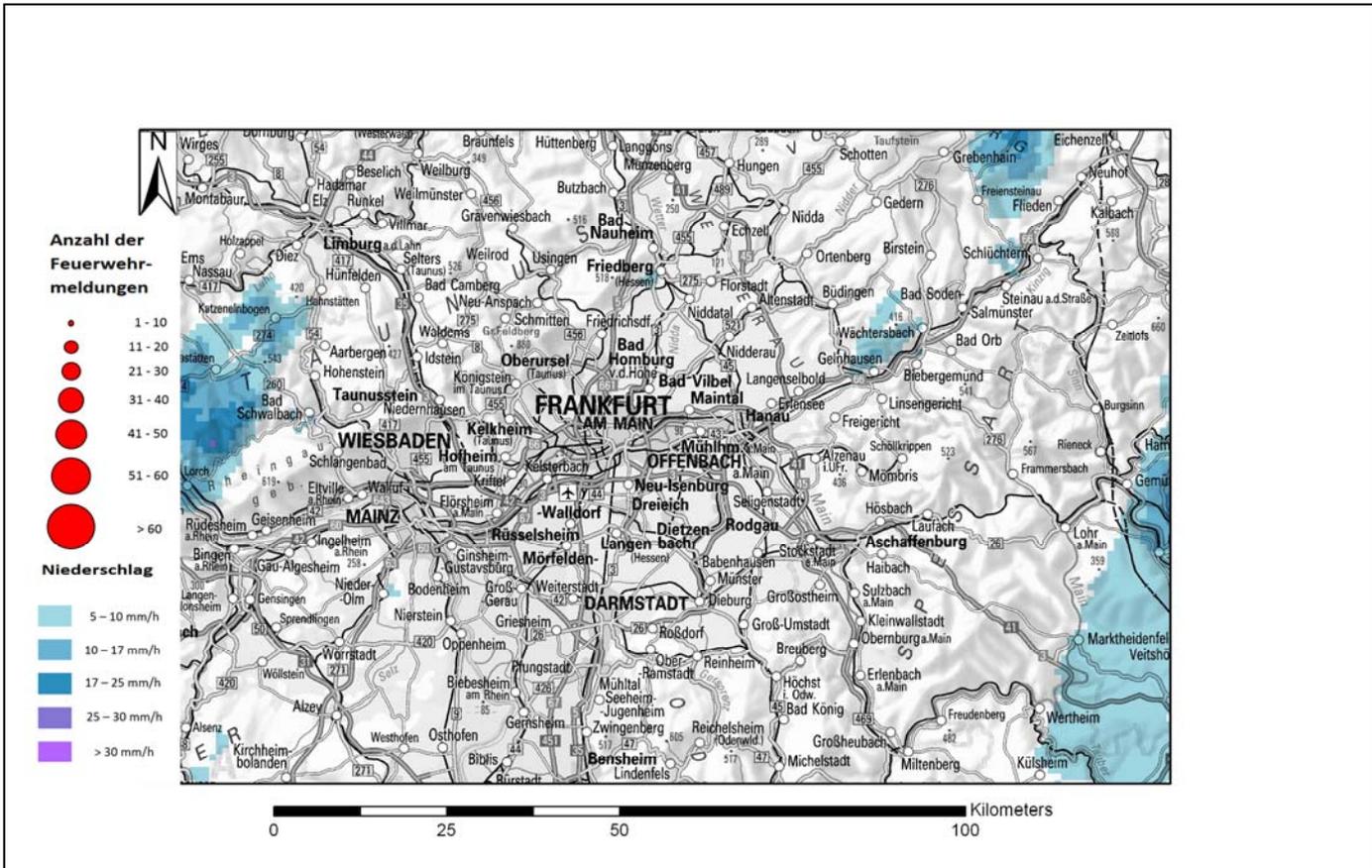


Abbildung 4: 21. Juni 2007, 01:50 Uhr (Trommler, 2013)

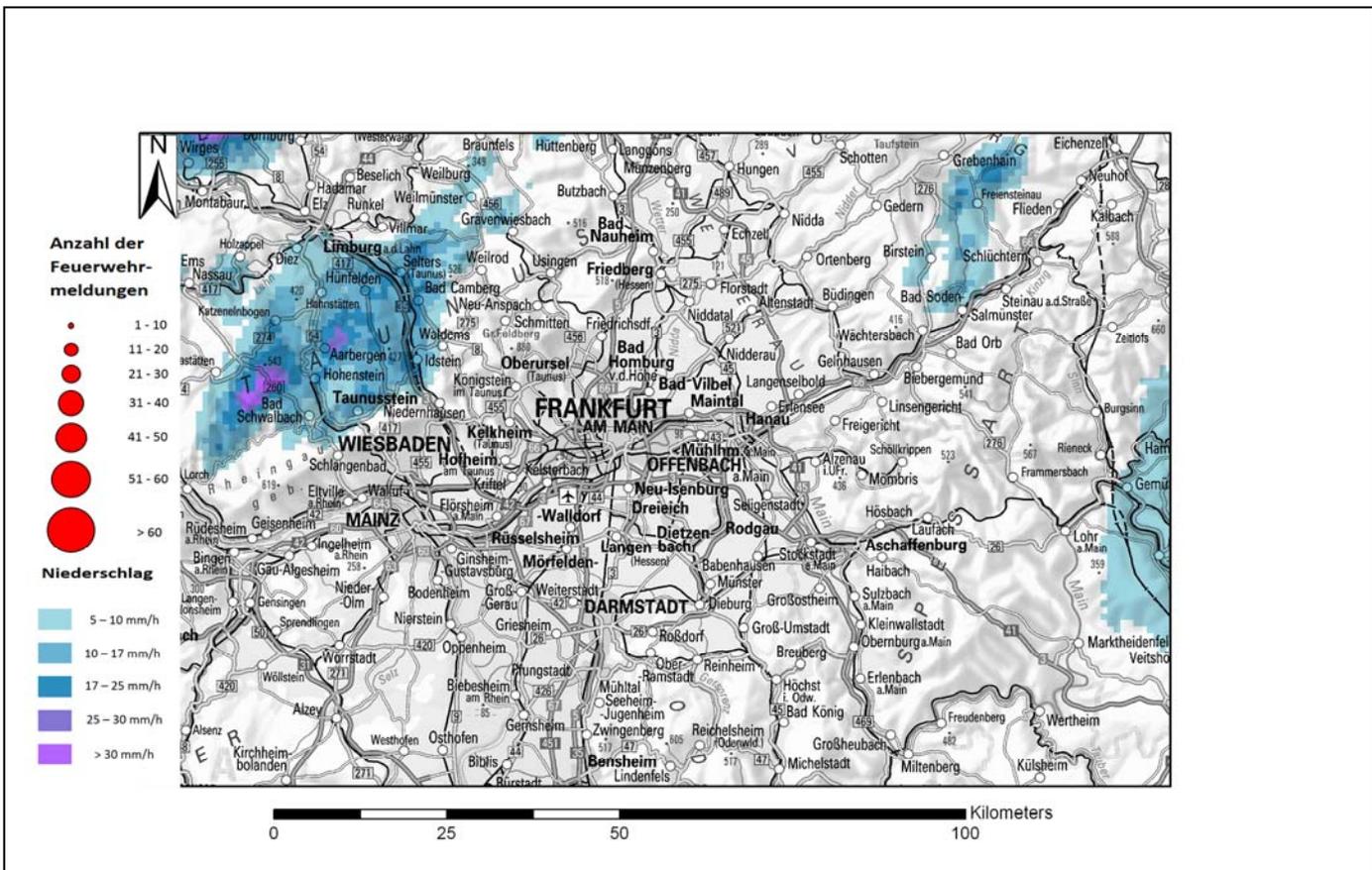


Abbildung 5: 21. Juni 2007, 02:50 Uhr (Trommler, 2013)

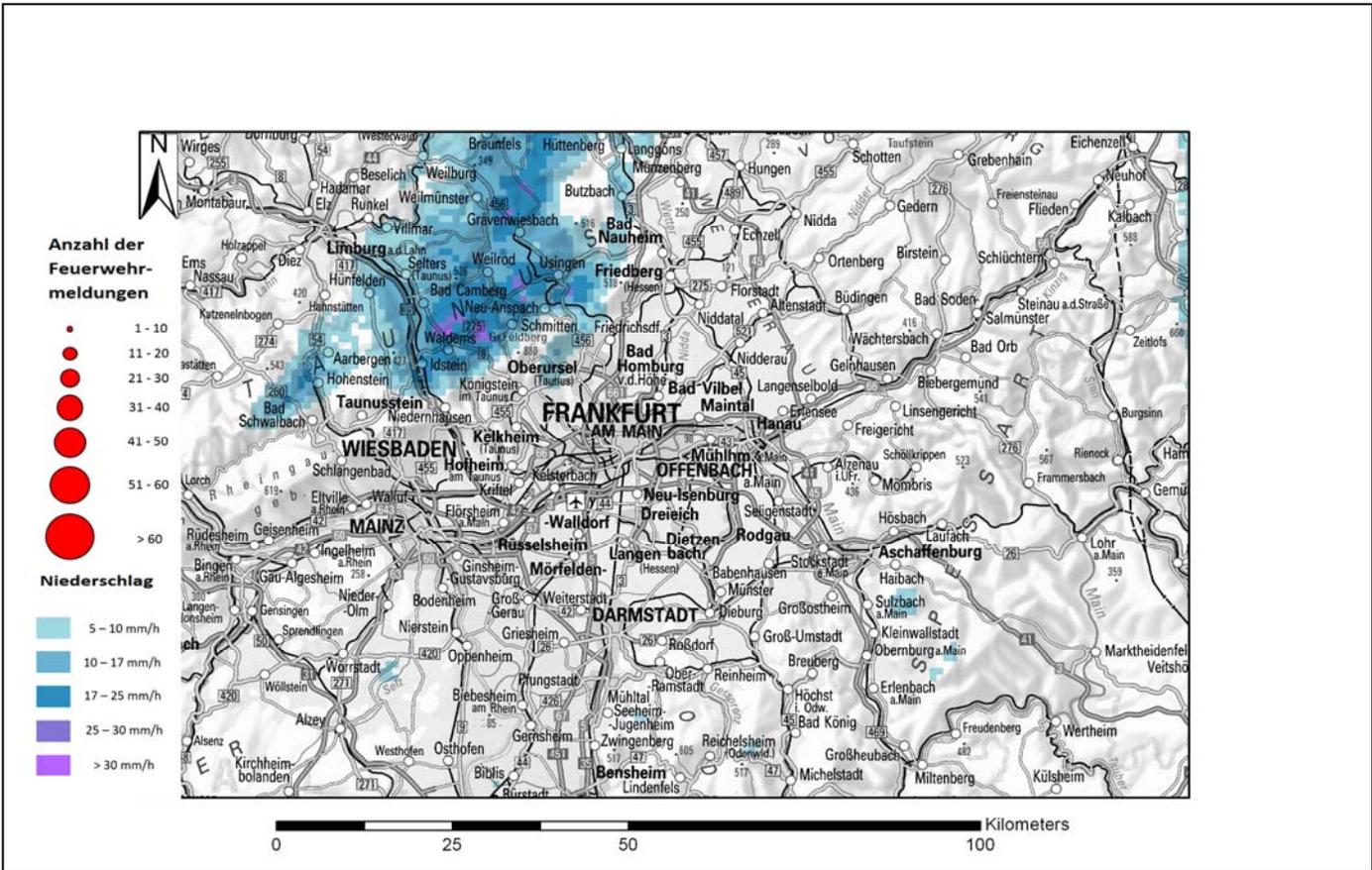


Abbildung 6: 21. Juni 2007, 03:50 Uhr (Trommler, 2013)

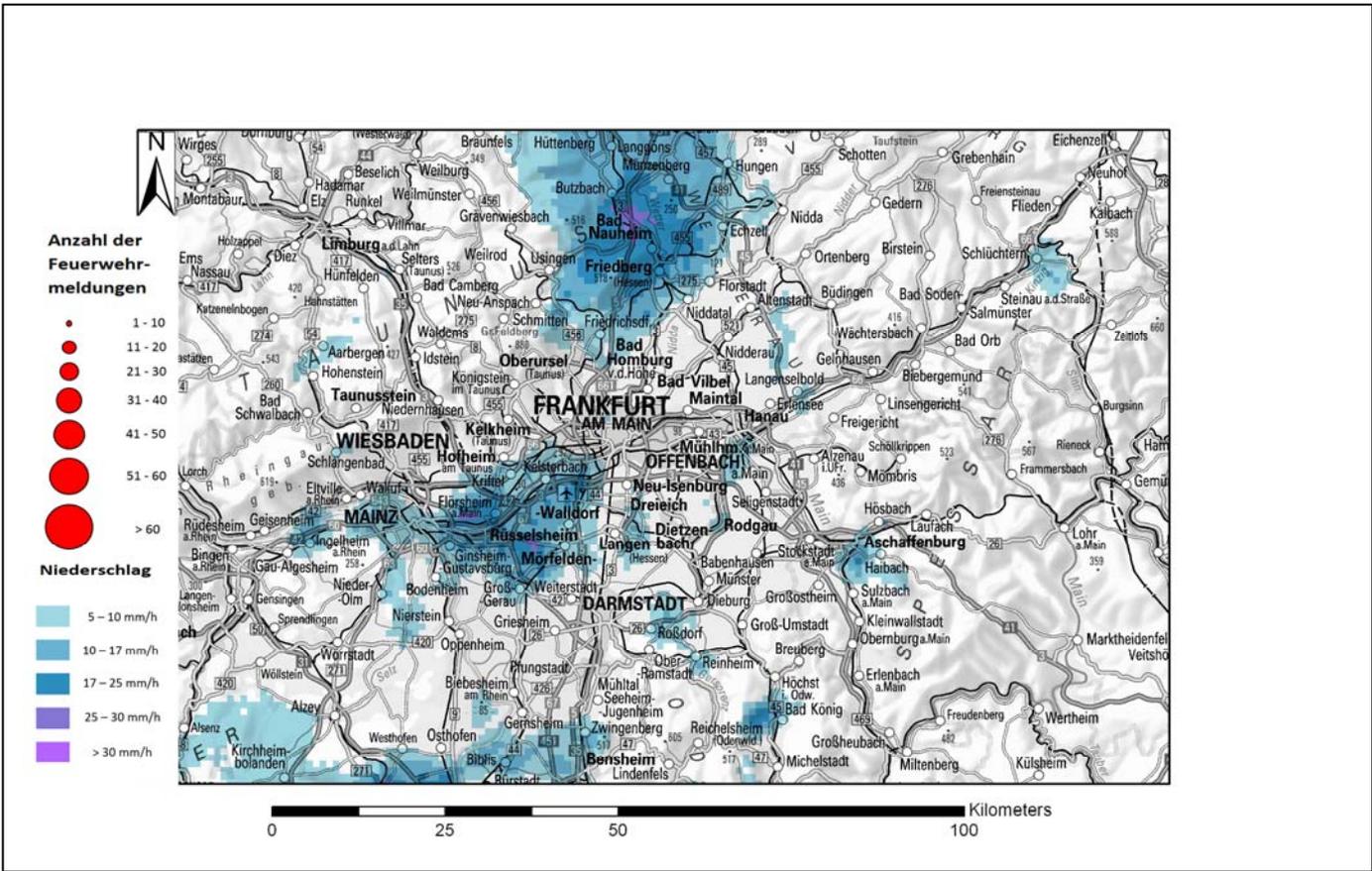


Abbildung 7: 21. Juni 2007, 04:50 Uhr (Trommler, 2013)

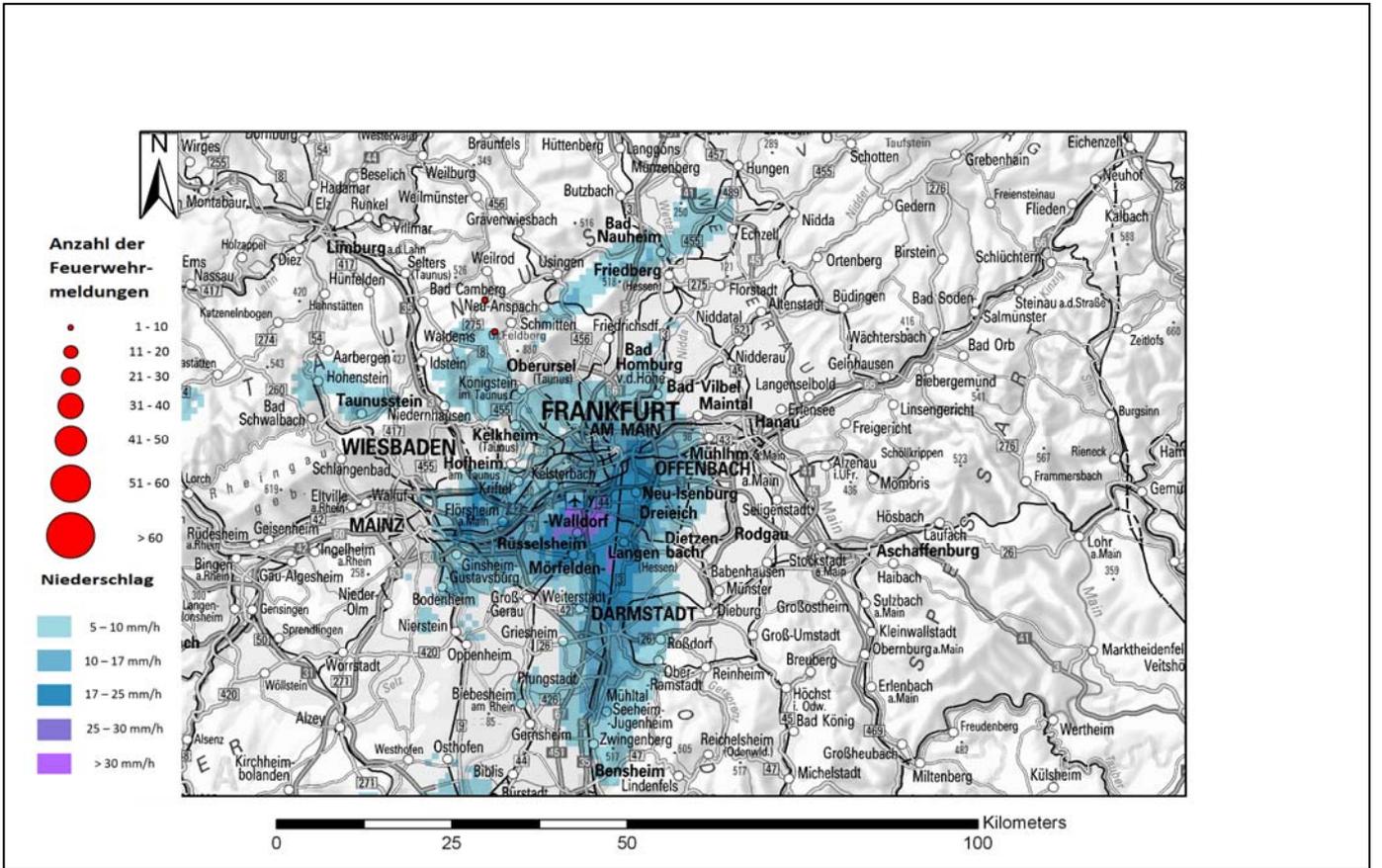


Abbildung 8: 21. Juni 2007, 05:50 Uhr (Trommler, 2013)

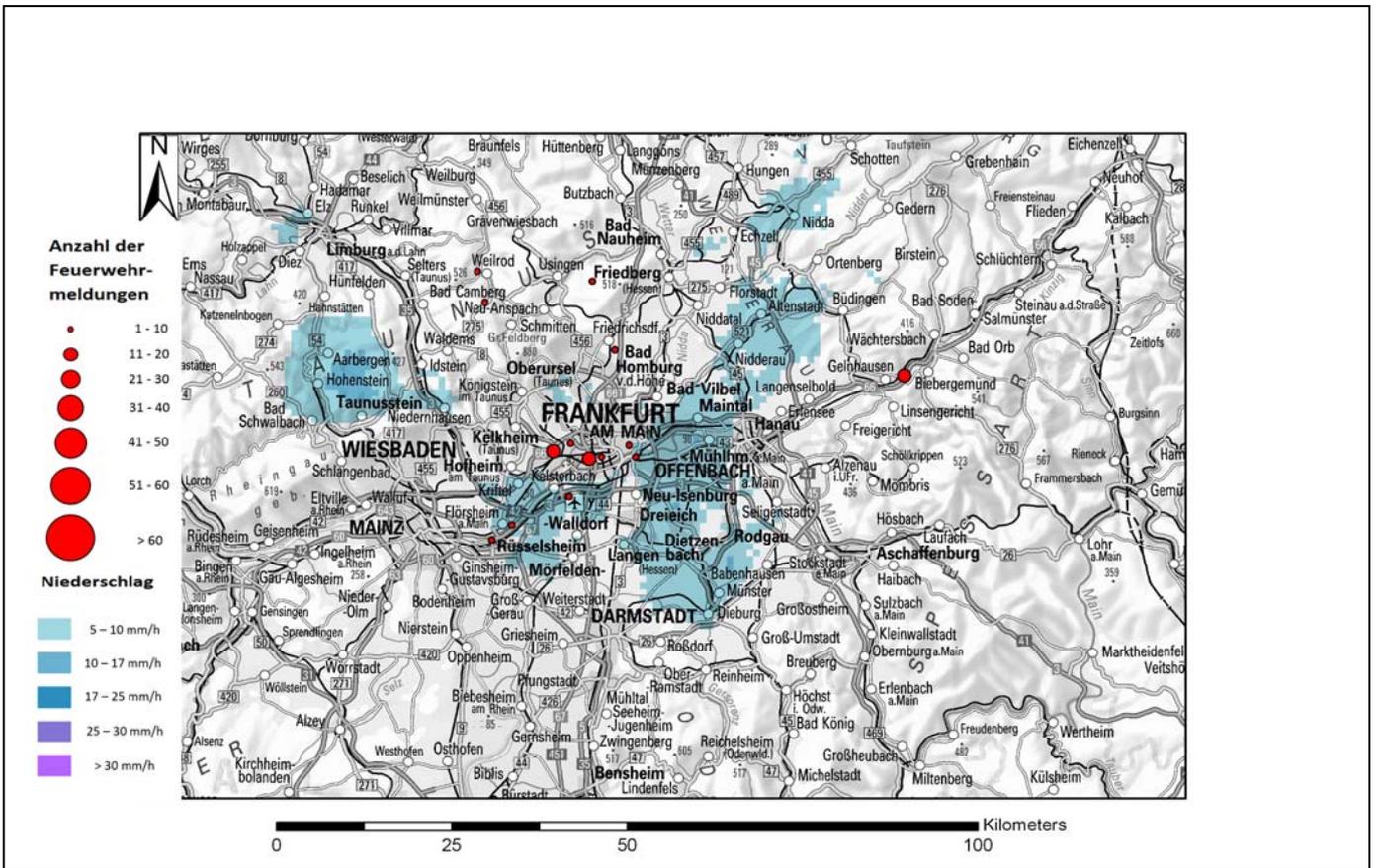


Abbildung 9: 21. Juni 2007, 06:50 Uhr (Trommler, 2013)

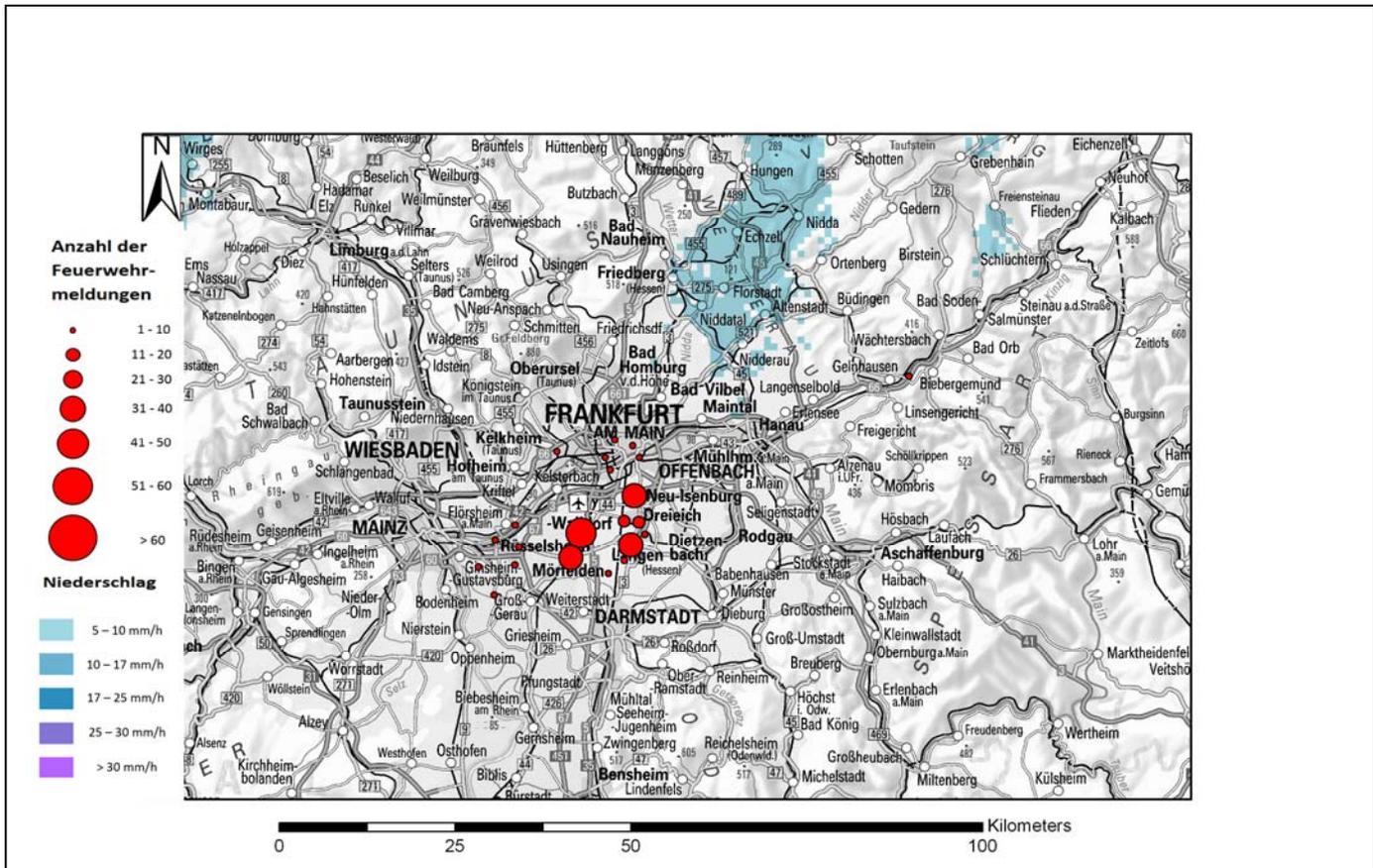


Abbildung 10: 21. Juni 2007, 07:50 Uhr (Trommler, 2013)

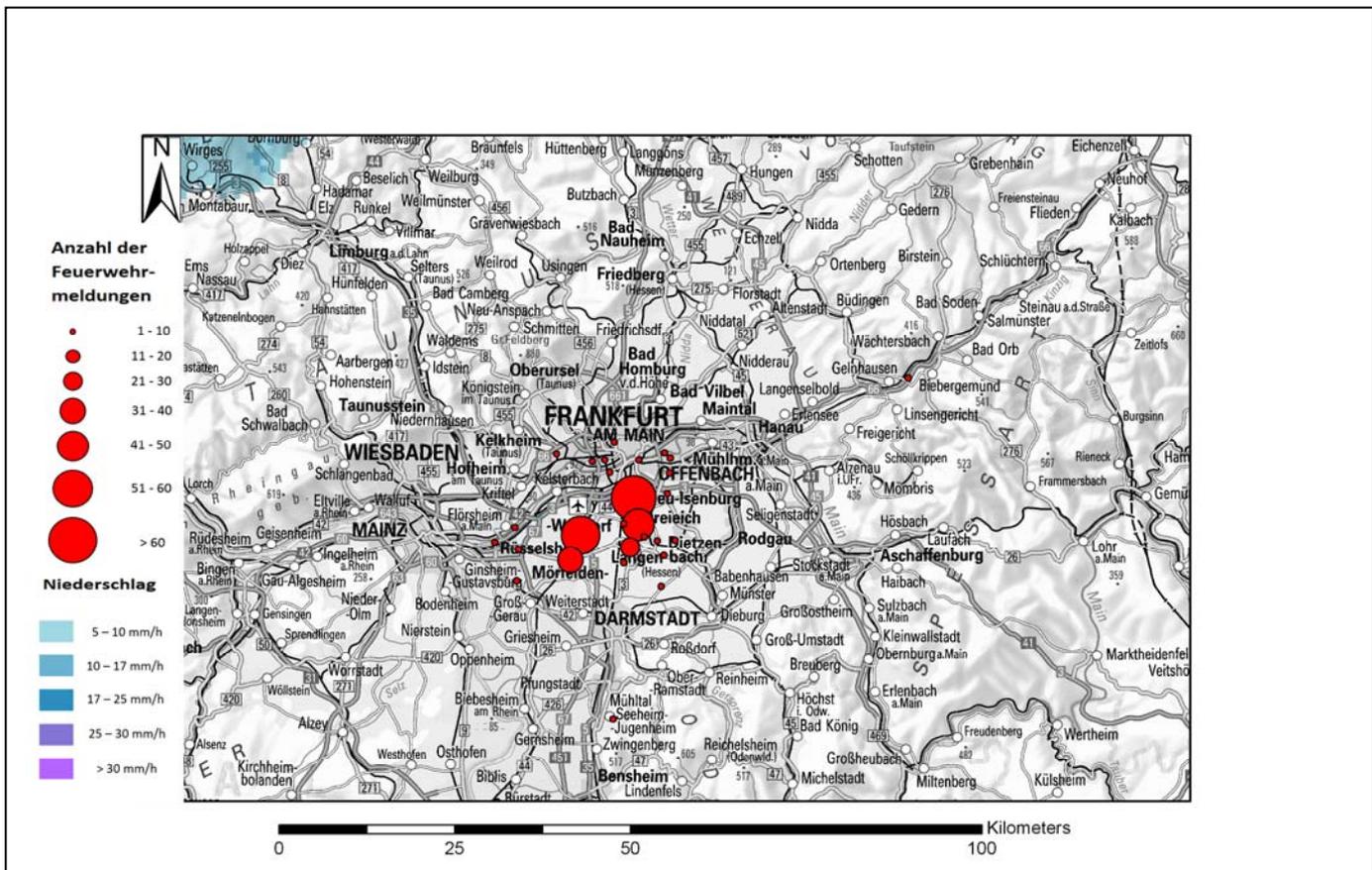


Abbildung 11: 21. Juni 2007, 08:50 Uhr (Trommler, 2013)

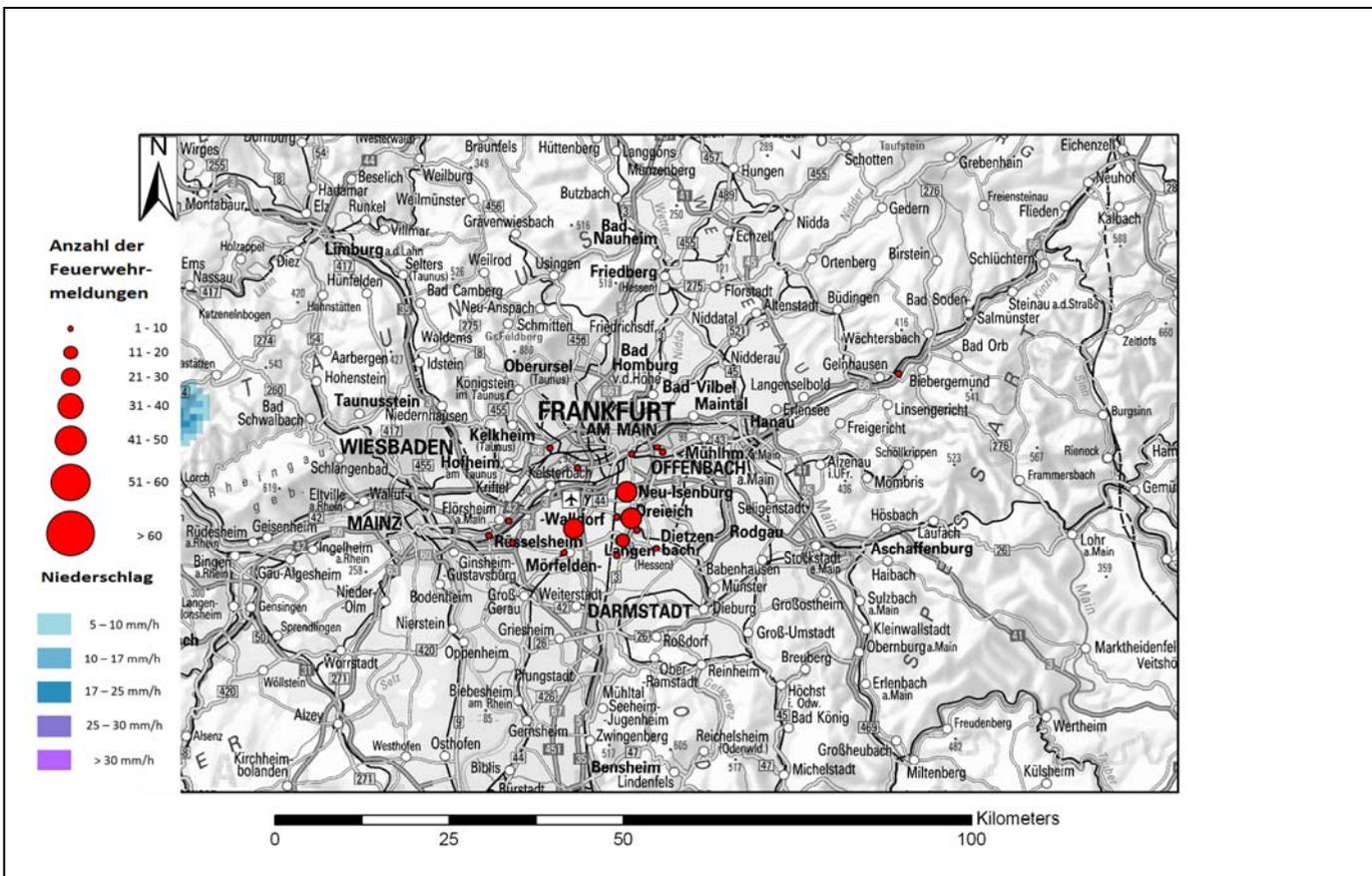


Abbildung 12: 21. Juni 2007, 09:50 Uhr (Trommler, 2013)

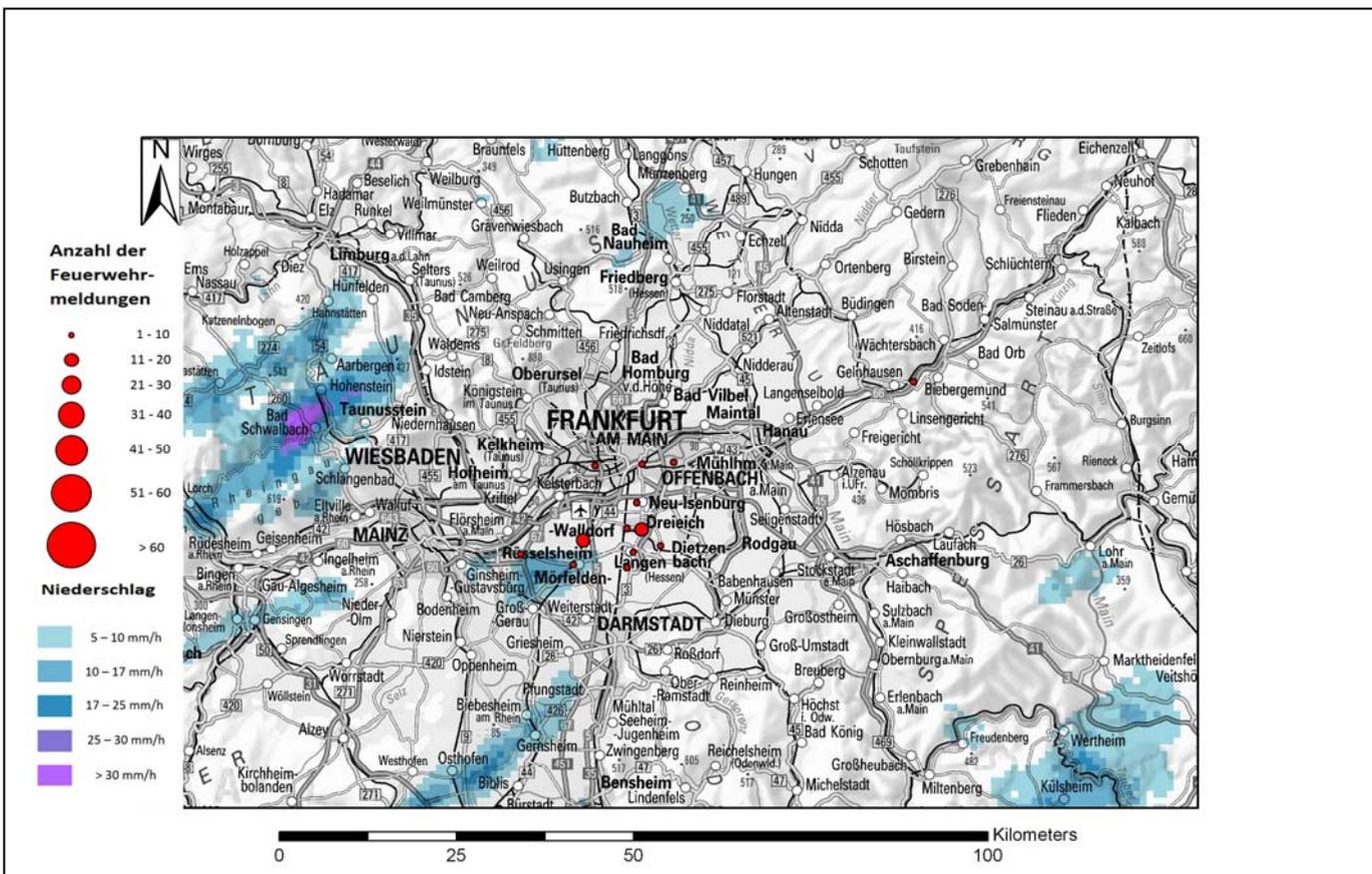


Abbildung 13: 21. Juni 2007, 10:50 Uhr (Trommler, 2013)

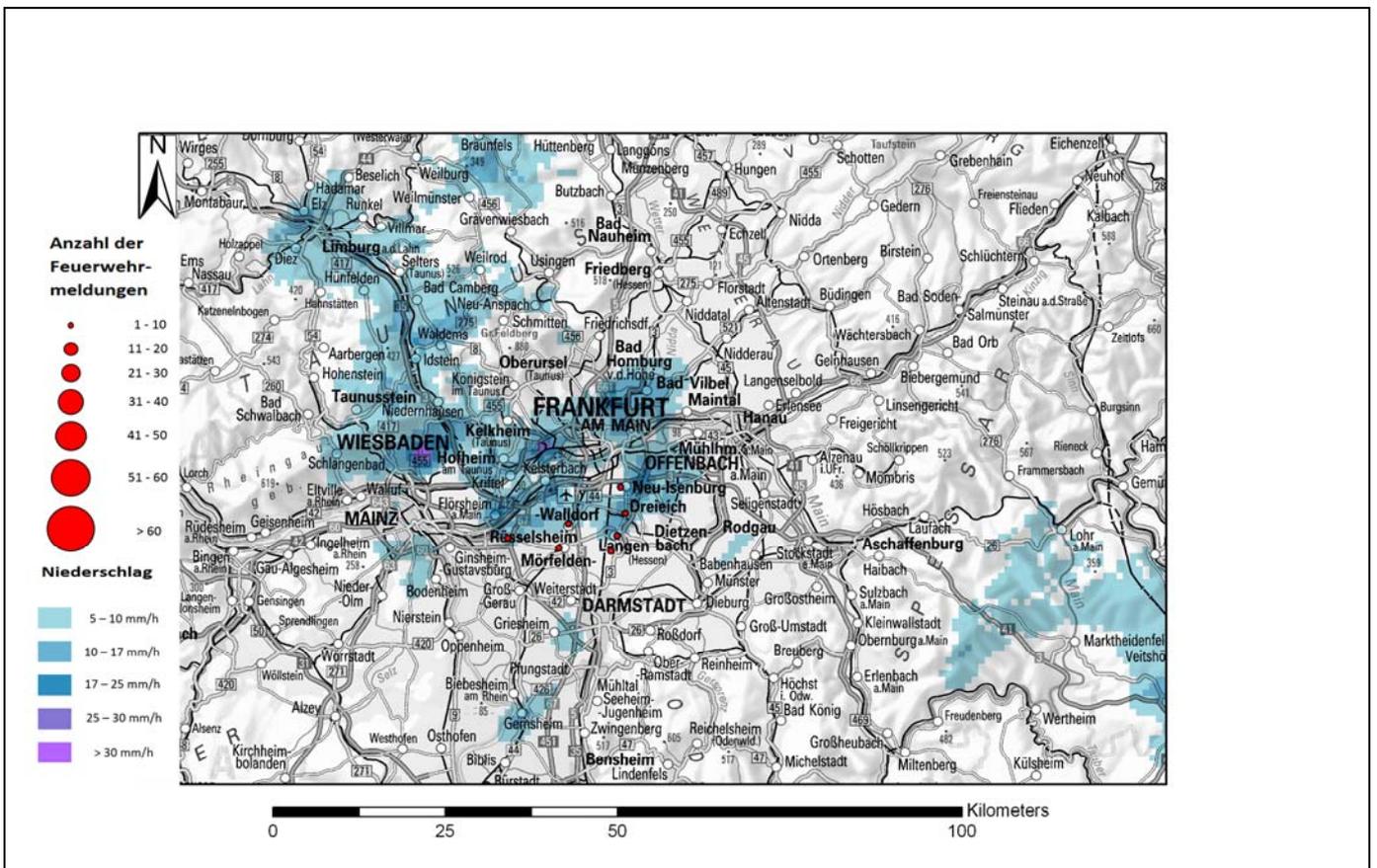


Abbildung 14: 21. Juni 2007, 11:50 Uhr (Trommler, 2013)

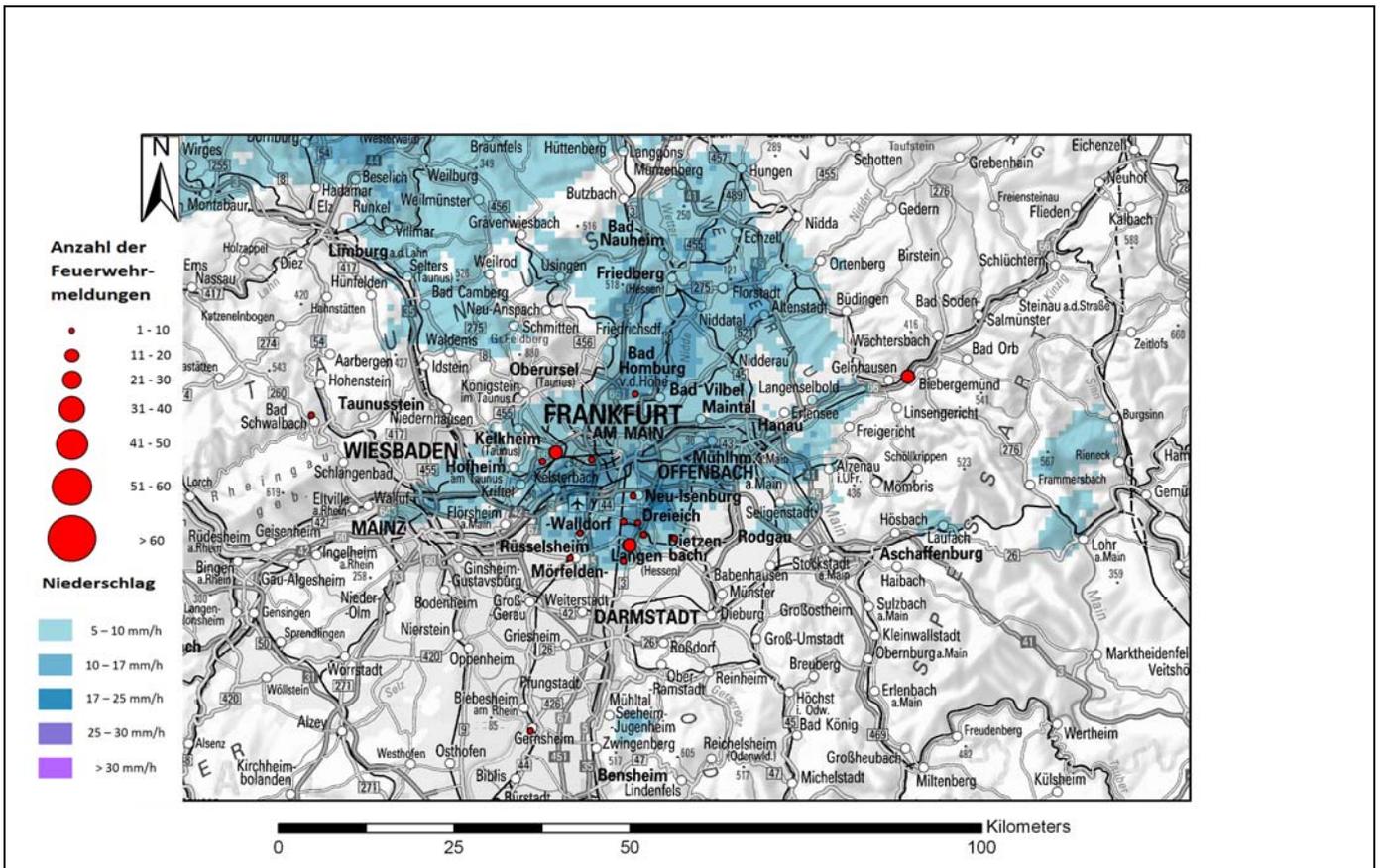


Abbildung 15: 21. Juni 2007, 12:50 Uhr (Trommler, 2013)

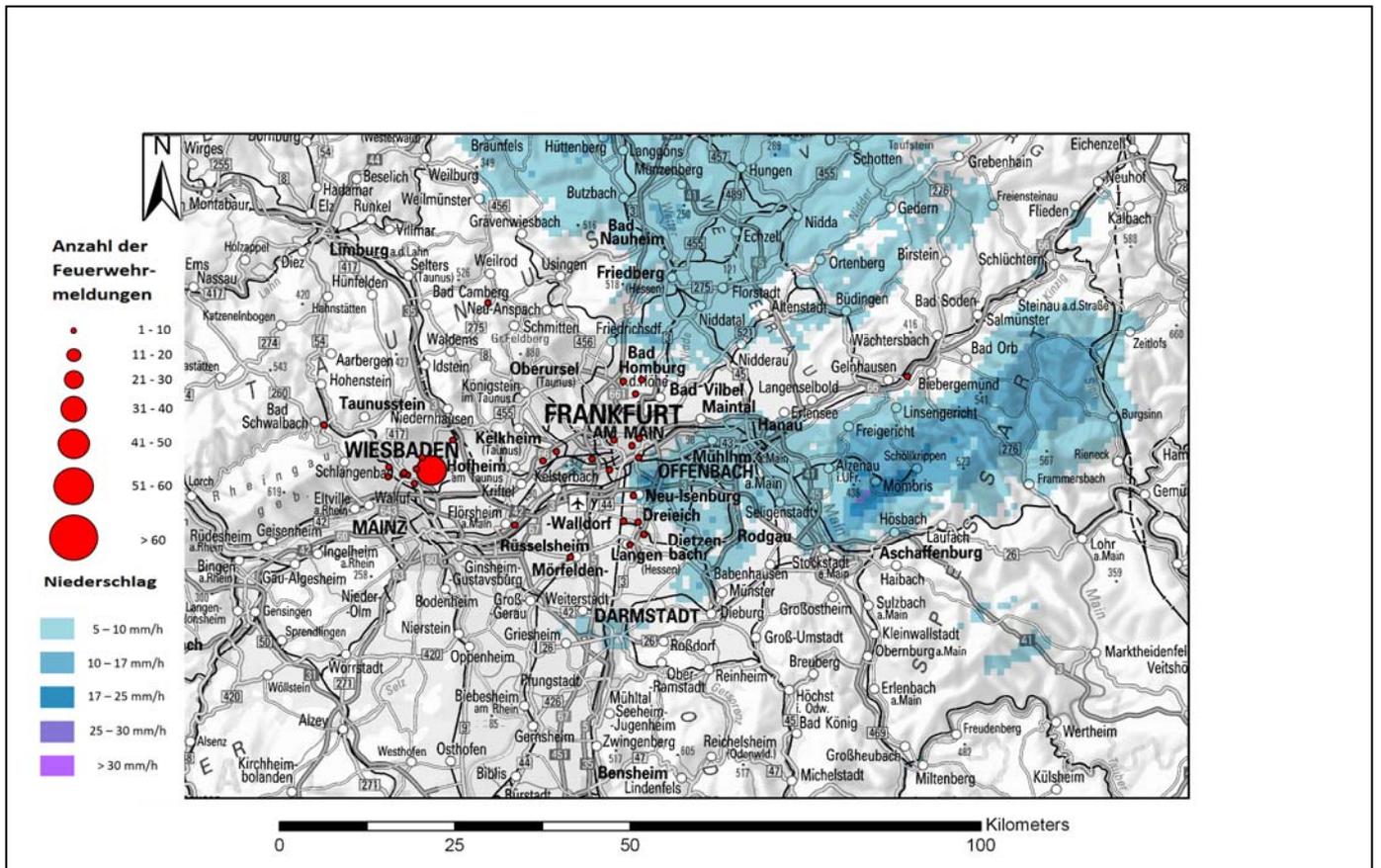


Abbildung 16: 21. Juni 2007, 13:50 Uhr (Trommler, 2013)

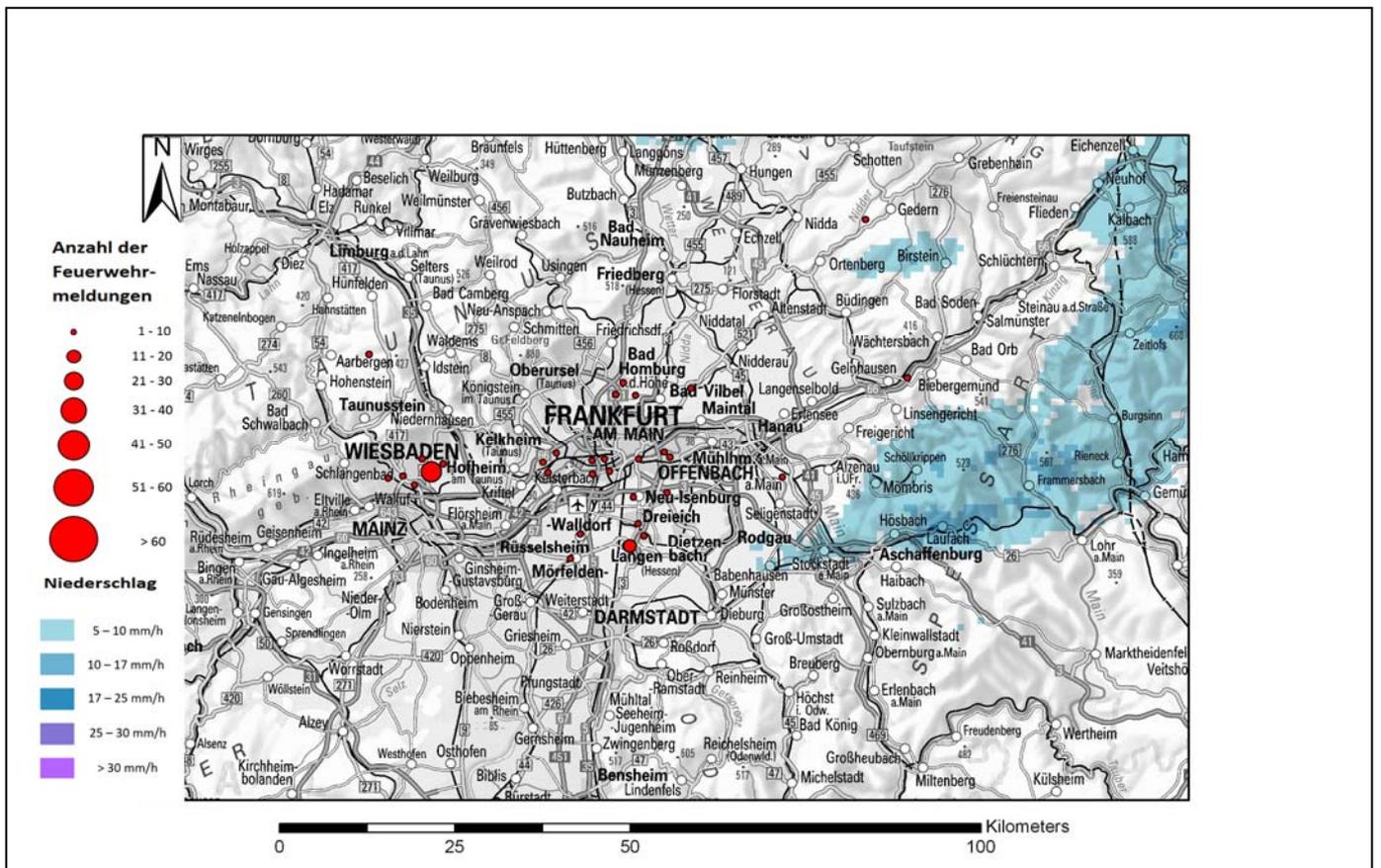


Abbildung 17: 21. Juni 2007, 14:50 Uhr (Trommler, 2013)

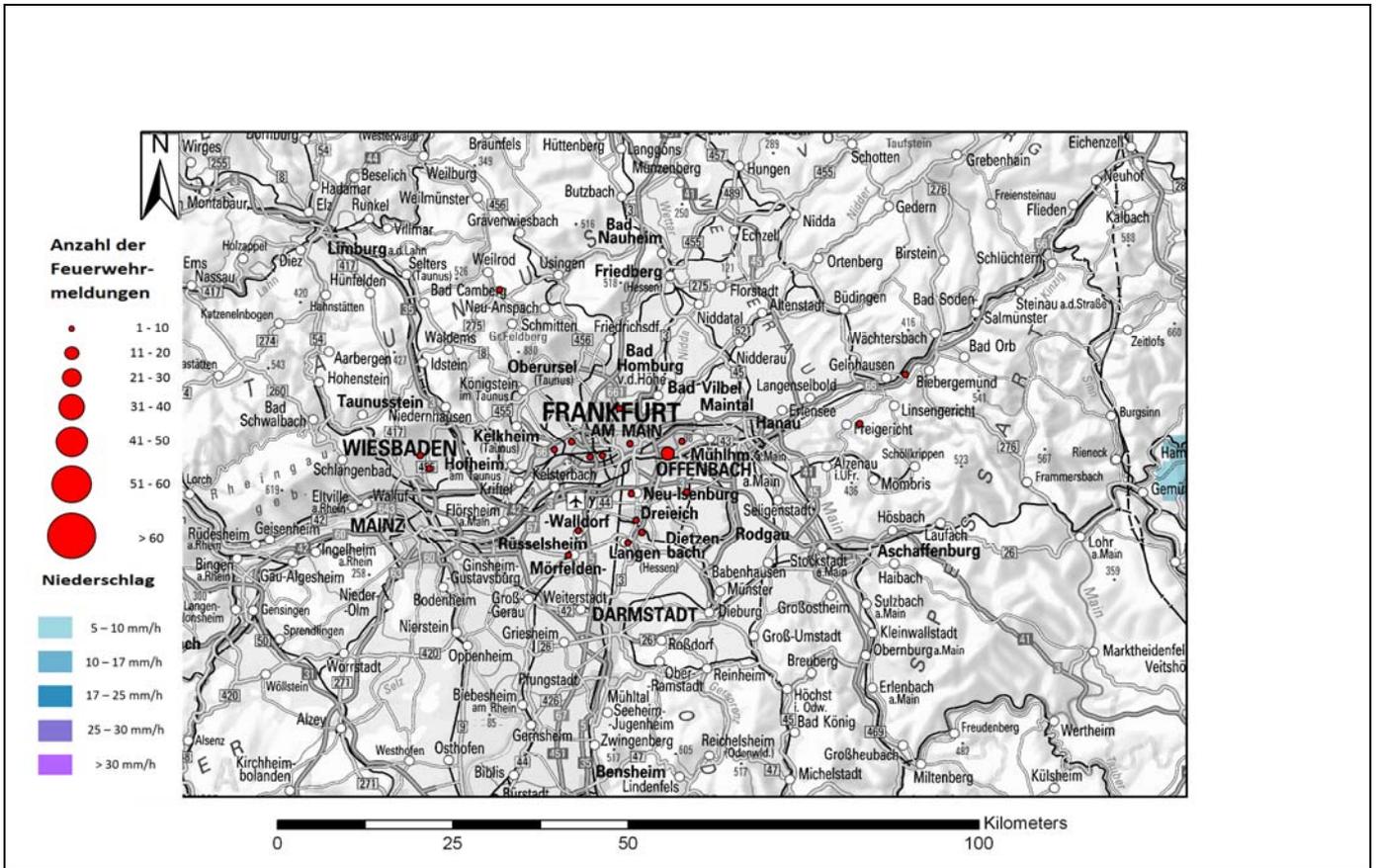


Abbildung 18: 21. Juni 2007, 15:50 Uhr (Trommler, 2013)

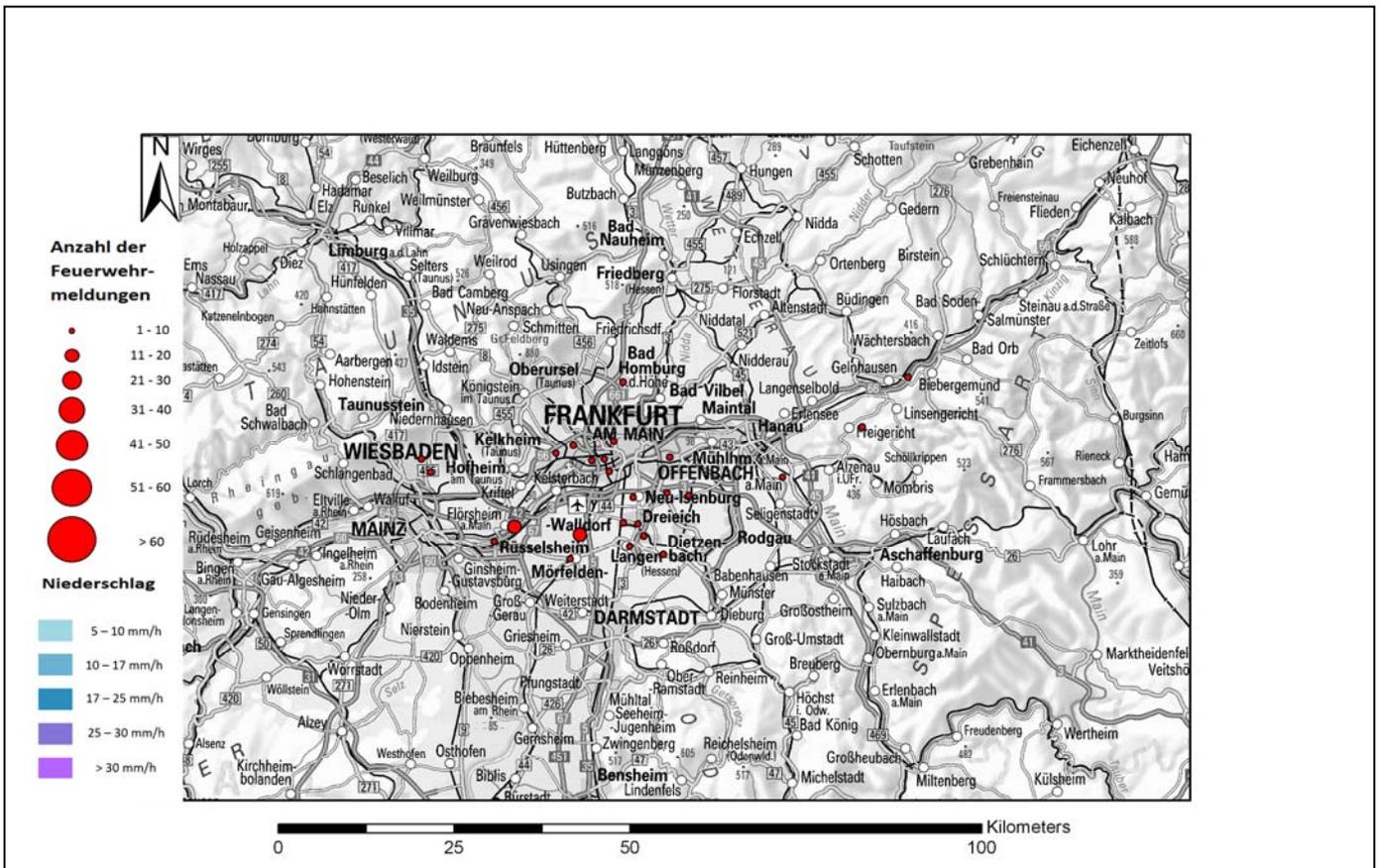


Abbildung 19: 21. Juni 2007, 16:50 Uhr (Trommler, 2013)

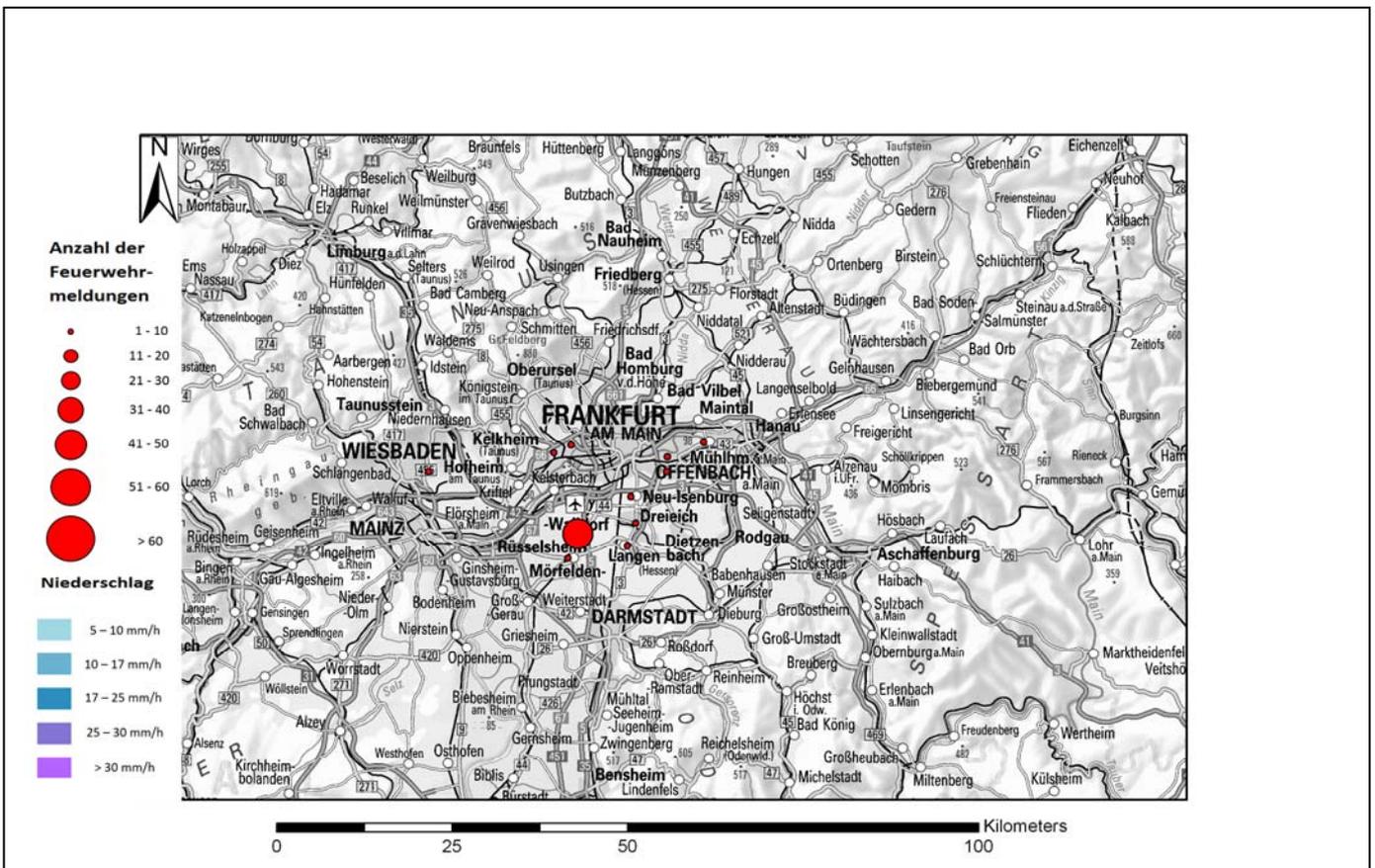


Abbildung 20: 21. Juni 2007, 17:50 Uhr (Trommler, 2013)

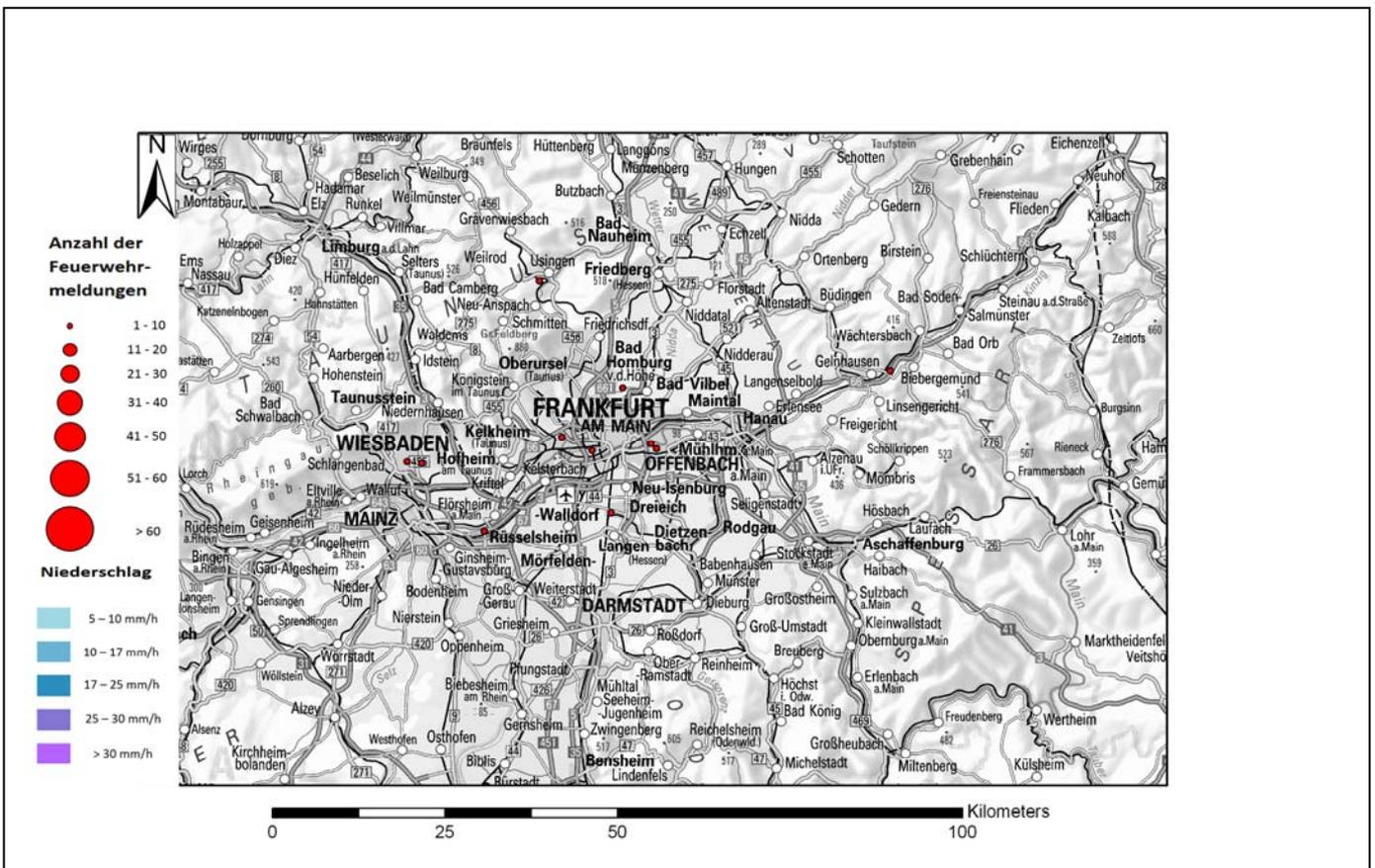


Abbildung 21: 21. Juni 2007, 18:50 Uhr (Trommler, 2013)

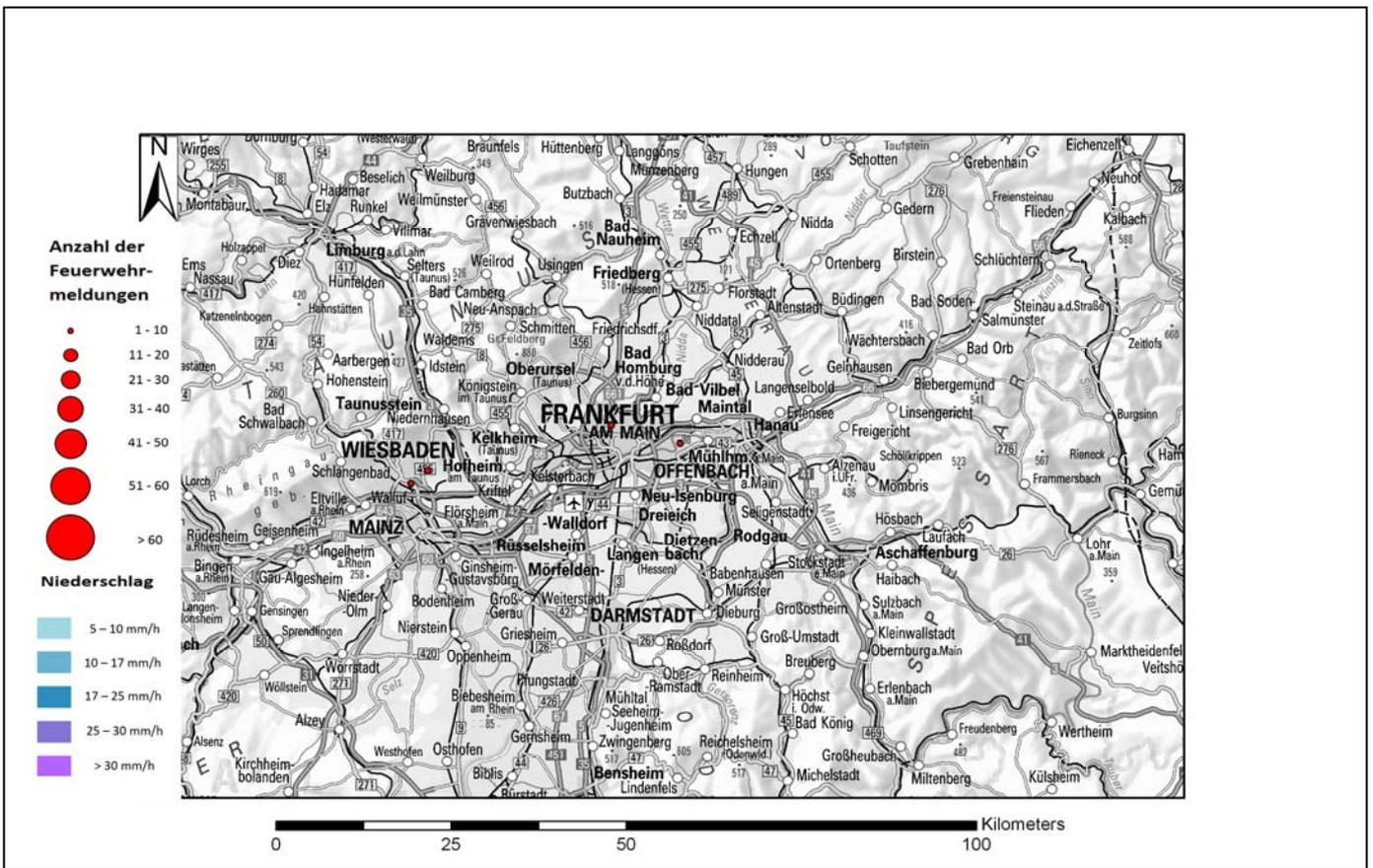


Abbildung 22: 21. Juni 2007, 19:50 Uhr (Trommler, 2013)

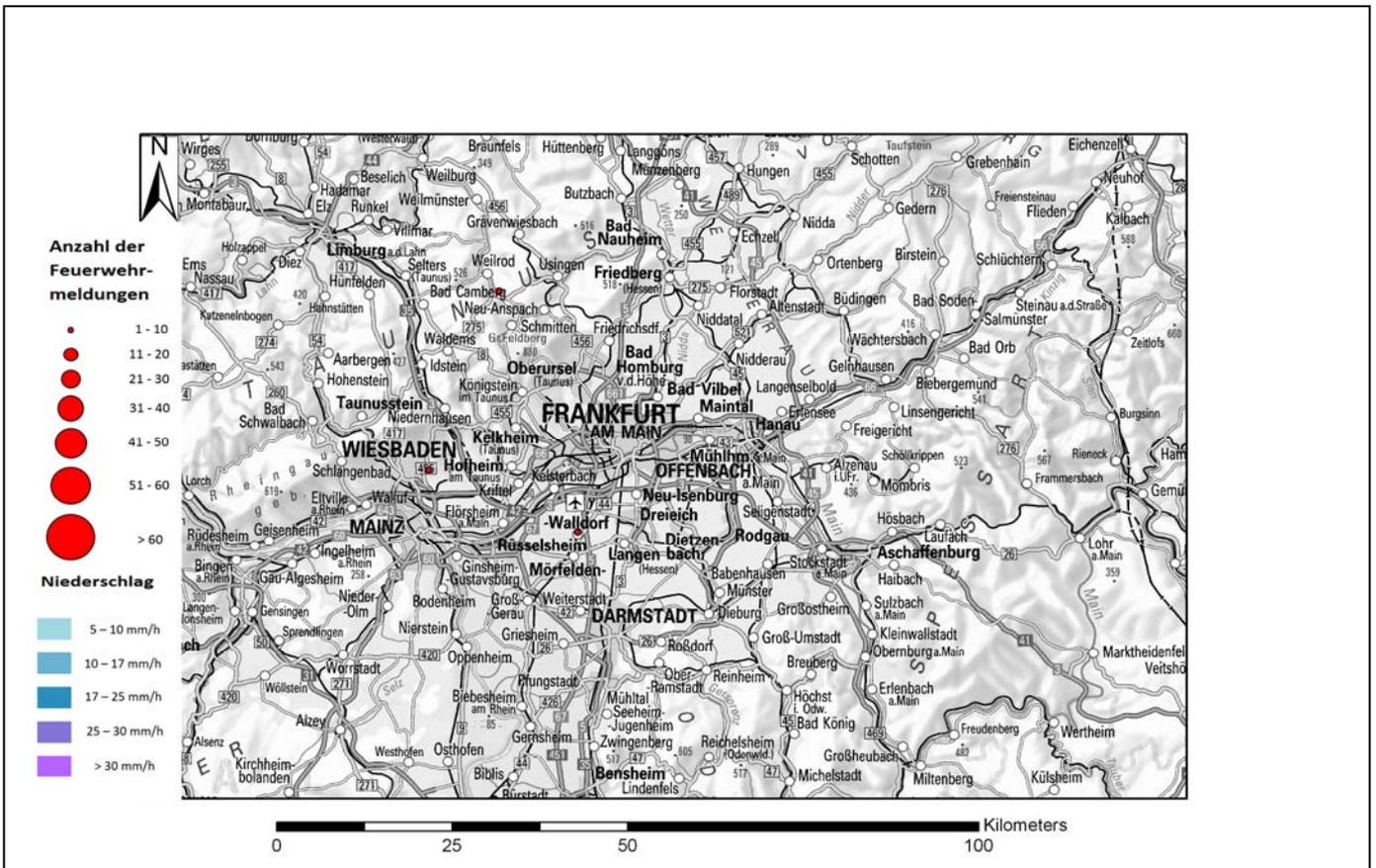


Abbildung 23: 21. Juni 2007, 20:50 Uhr (Trommler, 2013)

#### **4. Ergebnis**

Die bisherige Untersuchung hat gezeigt, dass es im Untersuchungsgebiet offensichtlich große Unterschiede in den Einsatzfähigkeiten nach Niederschlagsereignissen gibt. Es ist allerdings auch festzustellen, dass die Niederschlagsdaten gut verfügbar und konsistent sind, während bei den Einsatzdaten einige Hürden bei Gewinnung und Aufbereitung zu nehmen sind. Zudem sind aus verschiedenen Gründen leider keine durchgängigen Daten aller Landkreise und kreisfreien Städte des Untersuchungsgebietes über den kompletten Betrachtungszeitraum zu erhalten. Die Zahl der „nachgefahrenen Einsätze“ ist teilweise recht hoch und verfälscht zumindest die graphische Darstellung geringfügig. Da es für Unwettereinsätze derzeit in Hessen kein einheitliches Alarmstichwort für Unwettereinsätze gibt, mit dem man Einsatzzahlen schnell evaluieren kann, ist die Aufbereitung der Daten schwierig und fehleranfällig. Es steht hierfür nur ein allgemeines Stichwort zur Verfügung (H1), mit dem allerdings auch nicht wetterbedingte Kleinsätze erfasst werden, was die Aufbereitung zu statistischen Zwecken zeitintensiv macht.

Durch die gleichzeitige graphische Darstellung von Niederschlagsdaten und Einsatzaufkommen können die Zusammenhänge aus beiden Größen sehr gut verdeutlicht werden. Auffällig ist dabei die festgestellte Zeitverzögerung zwischen dem Niederschlagsereignis und den ersten eröffneten Einsätzen durch die zuständigen Leitstellen. Da die Niederschlagsdaten im Radolan-Produkt RW nur den Zeitraum einer Stunde abbilden, mussten auch die Uhrzeiten für die Einsatzeröffnungen an dieses Zeitfenster angeglichen werden. Dadurch entstehen die augenfälligen und zum Teil großen Sprünge in der Einsatzfähigkeit zwischen zwei Stundenabbildungen. Dies stellt zwar einen kleinen statistischen Nachteil dar, ist jedoch im Sinne der Fragestellung nicht negativ zu werten, da hauptsächlich das Einsatzaufkommen das Ziel der Betrachtung sein soll. Der Eröffnungszeitpunkt eines Einsatzes ist zwar wichtig, jedoch in der Darstellung von sekundärer Bedeutung.

#### **5. Zusammenfassung und Ausblick**

Die bisherige Forschungsarbeit beschäftigte sich schwerpunktmäßig mit der Extraktion der Niederschlags- und der Einsatzdaten bzw. den Möglichkeiten der Darstellung und Auswertung. Als Zwischenergebnis kann man hierbei festhalten, dass die Datenverfügbarkeit bei den Einsatzdaten momentan noch nicht ausreicht, um statistisch sichere Aussagen treffen zu können. Da sich hier retrospektiv eine Verfügbarkeitsgrenze ungefähr im Jahre 2005 abzeichnet, ist es im betrachteten Untersuchungsgebiet derzeit auch mit höherem (technischen) Aufwand nicht möglich, größere Datenreihen innerhalb eines aussagekräftigen Untersuchungsraumes zu erhalten. Die bisherigen Betrachtungen lassen jedoch durchaus Rückschlüsse zu und können der Methodengewinnung für zukünftige Betrachtungen dienen. Anders verhält es sich mit den Niederschlagsdaten. Diese sind bereits heute im Radolan-Produkt RW rückwirkend bis in das Jahr 2005 als Stundenwerte für das gesamte Bundesgebiet (900 x 900 km-Raster) erhältlich, was eine zuverlässige Auswertung ermöglicht. Der geplante weitere Forschungsverlauf sieht eine Summenbetrachtung der Gesamtniederschlagshöhen und der Starkniederschlagshöhen über dem Untersuchungsgebiet pro Jahr und pro gesamtes Betrachtungszeitfenster vor.

## Literaturverzeichnis

- DEUTSCHER WETTERDIENST (DWD):** Radargestützte Analysen stündlicher Niederschlagshöhen im Echtzeitbetrieb für Deutschland (RADOLAN). RADOLAN-Kurzbeschreibung-April 2012, S. 7, eingesehen am 24.11.2013.
- Dücker, T.** et al.: Informatikgesellschaft für Softwareentwicklung mbH (ISE), COBRA-Produktbeschreibung, Aachen, 2012
- DWA** Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.: Starkregen und urbane Sturzfluten. Praxisleitfaden zur Überflutungsvorsorge. in: DWA-Themen (2013).
- FISCHER C.** et al.: Rhein-Main als polyzentrische Metropolregion. Zur Geographie der Standortnetze von wissenintensiven Dienstleistungsunternehmen, Informationen zur Raumentwicklung, Bonn, 2005, S. 439–446.
- FLEISCHHAUER, M.:** Klimawandel, Naturgefahren und Raumplanung. Ziel- und Indikatorenkonzept zur Operationalisierung räumlicher Risiken, Dortmund, 2004.
- GEBAUER J.;** Wurbs, S.: Arbeitspapier zur Vorbereitung des Stakeholderdialogs zu Chancen und Risiken des Klimawandels, 2010.
- HESSISCHES MINISTERIUM DES INNEREN UND FÜR SPORT:** Hessisches Gesetz über den Brandschutz, die Allgemeine Hilfe und den Katastrophenschutz. HBKG, 2010.
- HESSISCHES STATISTISCHES LANDESAMT:** Hessische Gemeindestatistik 2012, eingesehen am 24.11.2013.
- MALITZ G.** et al.: Veränderung der Starkniederschläge in Deutschland, in: Lozán, José L. (Hrsg.), Warnsignal Klima. Genug Wasser für alle? ; [Genügend Wasser für alle - ein universelles Menschenrecht] ; wissenschaftliche Fakten ; mit 71 Tabellen, Hamburg, 2005, S. 188–191.
- MAYER J.:** Klimawandel - Mögliche Anforderungen an den Bevölkerungsschutz (Praktikumsbericht). Grundlagen, Bonn, 2007.
- NACHTNEBEL H.P.:** Studienblätter der Gewässerkunde, Hydrometrie und Hydroinformatik. Boku Wien, Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiven Wasserbau, Wien, 2003, Zugriff September 2008
- TETZLAFF G.:** Klimafolgen: Anpassung des Bevölkerungsschutzes ist notwendig, in: Glass W. (Hrsg.), Notfallvorsorge, Regensburg, 2008, S. 4–5.
- TROMMLER M.:** Graphische Darstellung des Zusammenhanges von Niederschlagsereignissen und Einsätzen der Feuerwehr (Arbeitstitel); Universität Wien, 2013
- WEIGL E.** et al.: Projekt RADOLAN. Routineverfahren zur Online-Aneicherung der Radarniederschlagsdaten mit Hilfe von automatischen Bodenniederschlagsstationen (Ombrometer), Zusammenfassender Abschlussbericht für die, eingesehen am 15.08.2012.

## Internetquellen

- DEUTSCHER WETTERDIENST (DWD):** Wetterlexikon: <http://www.deutscherwetterdienst.de/lexikon/index.htm?ID=W&DAT=WebKONRAD>, eingesehen am 24.11.2013.