

# **KFÜ-ABR**

## **Untersuchung möglicher Erweiterungen des Anwendungsbereichs von ABR-Research hinsichtlich Diagnose- / Prognose- ausbreitungsrechnungen und Ausbreitung in kleinräumigen Gebieten**

*C. Krass; J. Achenbach; W. Scheuermann;  
Institut für Kernenergetik und Energiesysteme der Universität Stuttgart  
Pfaffenwaldring 31  
70569 Stuttgart*

*R. Obrecht, H. Pohl  
Umweltministerium Baden-Württemberg  
Kernerplatz 9  
70182 Stuttgart*

<b>1. EINLEITUNG .....</b>	<b>163</b>
<b>2. KOMBINATION VON DIAGNOSE- UND PROGNOSEAUSBREITUNGSRECHNUNGEN .....</b>	<b>163</b>
2.1 DISKUSSION DER LÖSUNGSANSÄTZE .....	164
2.2 PROTOTYPISCHE DURCHFÜHRUNG VON GEKOPPELTEN DIAGNOSE-/ PROGNOSERECHNUNGEN...	164
<b>3. ANALYSEN IM NAHBEREICH VON KRAFTWERKEN.....</b>	<b>166</b>
3.1 ERZEUGUNG EINER FÜR DIE ABR GEEIGNETEN TOPOGRAPHIE.....	167
3.2 PROBLEMSTELLUNG DER DURCHFÜHRUNG VON AUSBREITUNGSRECHNUNGEN IM NAHBEREICH..	167
3.3 GEGENÜBERSTELLUNG VON ERGEBNISSEN.....	169
<b>4. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK.....</b>	<b>170</b>
<b>5. LITERATUR.....</b>	<b>170</b>

## 1. Einleitung

Im Rahmen der Kernreaktor-Fernüberwachung Baden-Württemberg (KFÜ) /1/ werden anspruchsvolle Modelle und Verfahren zur Diagnose- und Prognose von Ausbreitungen radioaktiver Stoffe (ABR) eingesetzt /2/. Ziel der hier beschriebenen Arbeiten war zu untersuchen, unter welchen Voraussetzungen die Modelle in ABR-RESEARCH bzw. ABR-KFÜ genutzt werden können, um Diagnose- und Prognoserechnungen zu koppeln und dies in einer prototypischen Implementierung zu erproben. Im zweiten Arbeitspaket sollte untersucht werden, wie sich im Nahbereich von Kernkraftwerken die Ausbreitungsrechnung durch die Verwendung von Orographiedaten aus hochauflösenden digitalen Geländemodellen verbessern lässt.

## 2. Kombination von Diagnose- und Prognoseausbreitungsrechnungen

Dem Einsatz von Prognosen in der Ausbreitungsrechnung kommt als Vorsorgemaßnahme für Stör- und Unfälle große Bedeutung zu, da die Einsatzplanung des Katastrophenschutzes auf dem aktuellen Anlagenzustand und dessen prognostiziertem Verlauf beruhen soll /3/. Neben der Erfassung der aktuellen Lage durch die Diagnoserechnung (Analyse) ist die Entscheidungsfindung vom weiteren Verlauf der Entwicklung (Prognose) abhängig.

Diagnoserechnungen beruhen auf aktuellen Messwerten, die in der KFÜ derzeit im 10 Minutentakt erfasst werden. Die Ergebnisse dieser Simulationsrechnungen beschreiben daher nur den tatsächlichen Verlauf der Ausbreitung. Sie spiegelt sich auch in den Immissionsmesswerten wider. Prognoserechnungen sind für vorsorgende Maßnahmen des Katastrophenschutzes unerlässlich. In der KFÜ stehen hierfür Prognosedaten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) im LokalmodeLL zur Verfügung. Die Prognoseläufe werden vom DWD zweimal täglich durchgeführt und umfassen einen Vorhersagezeitraum von 72 Stunden.

In diesem Arbeitspunkt soll untersucht werden, unter welchen Voraussetzungen es ausgehend vom aktuellen Stand einer Diagnoserechnung möglich ist, Simulationsrechnungen auf der Basis der vom DWD prognostizierten Wetterdaten fortzuführen.

Im Wesentlichen sind dabei zwei Punkte von Bedeutung. Zum Einen ändern sich beim Übergang von der Diagnose- (10 min) zur Prognoserechnung (1 h) die Zeitschrittweite, zum Zweiten ist die Frage zu klären, welche Emissionswerte im Prognoselauf verwendet werden sollen.

Als Lösungsansatz für den Wechsel der Zeitschrittweite existieren folgende drei Möglichkeiten:

1. Anhalten der Diagnoserechnung, Sicherung des internen Zustands der Rechnung als Ausgangslage für eine neue Rechnung und Fortsetzung der Rechnung mit den neuen Zeitintervallen.

2. Durchführung der Diagnoserechnung in Zeitschritten von 1 Stunde, angepasst an die Intervalllänge der Prognose, unter Verzicht auf die höhere zeitliche Auflösung der Diagnosephase.
3. Durchführen der Diagnoserechnung mit Zeitintervallen von 10 Minuten und Fortführung als Prognoserechnung mit Zeitschritten von 10 Minuten. Dabei sind die meteorologischen Werte innerhalb desselben Prognoseintervalls von 1 Stunde konstant und entsprechen dem Mittelwert über diese Stunde.

Zur Bestimmung der Emissionsdaten können, da die Emissionen in der Zukunft liegen, nur Unfallszenarien aus den deutschen Risikostudien oder von kraftwerksspezifischen probabilistischen Sicherheitsanalysen, wie im Leitfaden für den Fachberater Strahlenschutz aufgeführt, verwendet werden. Im Leitfaden sind die einzelnen Emissionsphasen eines möglichen Unfallverlaufs mit einer Auflösung von einer Stunde angegeben, die einzelnen Phasen dauern typischerweise eine bis drei Stunden.

## **2.1 Diskussion der Lösungsansätze**

Die erste Lösung, Anhalten der Rechnung und Neustart, setzt voraus, dass die verwendeten Ausbreitungsmodelle zu einem solchen Neustart fähig sind und außerdem einen Zeitbezugswechsel erlauben. Die in der ABR verwendeten Modelle müssen dazu umgerüstet werden. Dieser Vorgang ist in Arbeit, jedoch zur Zeit noch nicht abgeschlossen. Daher konnte der Lösungsansatz für diese Studie nicht genutzt werden.

Nach der Umstellung der Ausbreitungsrechnung auf die novellierte Strahlenschutzverordnung wird der Nuklidzerfall im verbleibenden Kerninventar während der Freisetzungszeit berücksichtigt. Dies führt zu einer Änderung des freigesetzten Nuklidspektrums, die innerhalb einer Stunde insbesondere bei den kurzlebigen Radionukliden, zu deutlichen Veränderungen des Spektrums führen kann.

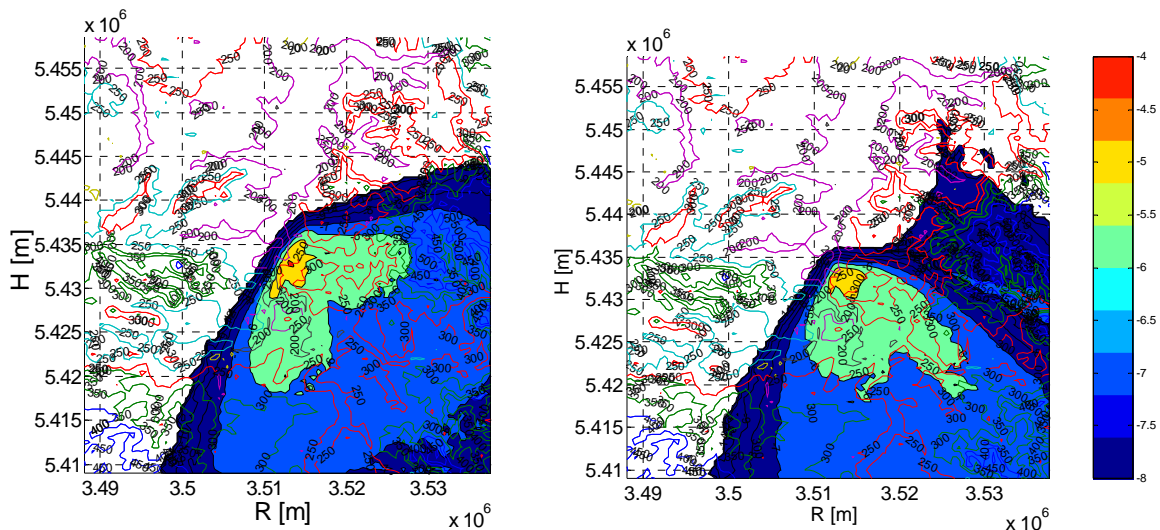
Die Durchführung einer Diagnoserechnung mit 1-Stundenintervallen ist prinzipiell unter Verlust der höheren zeitlichen Auflösung, sowohl bei den Meteodaten, als auch bei der Emission möglich. Bei der oben genannten Variante 2 steht der Vorteil einer schnelleren Rechnung über einen größeren Zeitraum im Vordergrund. Bei Variante 3, bei der sowohl die Diagnose als auch die Prognoserechnung mit Intervallen von 10 Minuten arbeitet, erhält man während der Diagnosephase eine besser aufgelöste Darstellung der Lage und während der Prognosephase zumindest eine detailliertere Entwicklung der Emissionsdaten. Der Nachteil dieser Variante liegt in den relativ hohen Rechenzeiten; daher ist diese Variante hauptsächlich für Prognosezeiträume von wenigen Stunden sinnvoll.

In beiden Fällen kommt es darauf an, seitens des Systems ab einem geeigneten Zeitpunkt anstelle von Messdaten Prognosedaten bereitzustellen.

## **2.2 Prototypische Durchführung von gekoppelten Diagnose-/ Prognoserechnungen**

Die gekoppelten Diagnose- und Prognoserechnungen wurden mit den oben genannten Varianten 2 (Zeitschrittweite 1 Stunde) und 3 (Zeitschrittweite 10 min) durchgeführt und mit den Ergebnissen einer reinen Diagnoserechnung verglichen.

Bei den Rechnungen mit Zeitschritten von einer Stunde wird durch die Mittelung der Windwerte der Übergang von der Diagnose zur Prognose härter. Die Ergebnisse zeigen jedoch unter Berücksichtigung der beim Übergang zur Prognose bestehenden Unsicherheit gute Korrelation. Das schon im früheren Bericht /3/ verwendete Beispiel einer Diagnoserechnung für den Standort Neckarwestheim (GKN) wurde erneut gerechnet, wobei in den letzten drei Stunden der Rechnung anstelle der Messwerte prognostizierte Daten für Wind und Diffusionskategorie verwendet wurden. Abb. 2.1 zeigt die Ergebnisse (integrierte Gesamtdosis Erwachsene) nach dem sechsten Zeitschritt einer reinen Diagnose- sowie der Diagnose-/ Prognoserechnung. Der Übergang zur Prognoserechnung nach dem dritten Zeitschritt ist gut daran zu erkennen, dass die in der Diagnoserechnung berücksichtigte Windrichtung in den ersten drei Stunden, die von der Prognose nicht erfasst wurde, in die Ergebnisse eingegangen ist. Die prognostizierte Windrichtung nach drei Stunden bewirkt hier eine Ausrichtung der Ausbreitungsfahne nach Südosten. In der Diagnoserechnung drehte der Wind in den letzten drei Stunden auf Südwest mit dem Resultat, dass die Dosisverteilung eine zusätzliche Ausrichtung nach Osten erfahren hat.



**Abbildung 2.1: Vergleich der Dosisverteilung (Endzustand nach 6 Stunden) einer Diagnose-ABR (links) mit einer Diagnose-/ Prognose-ABR (rechts) (Standort GKN)**

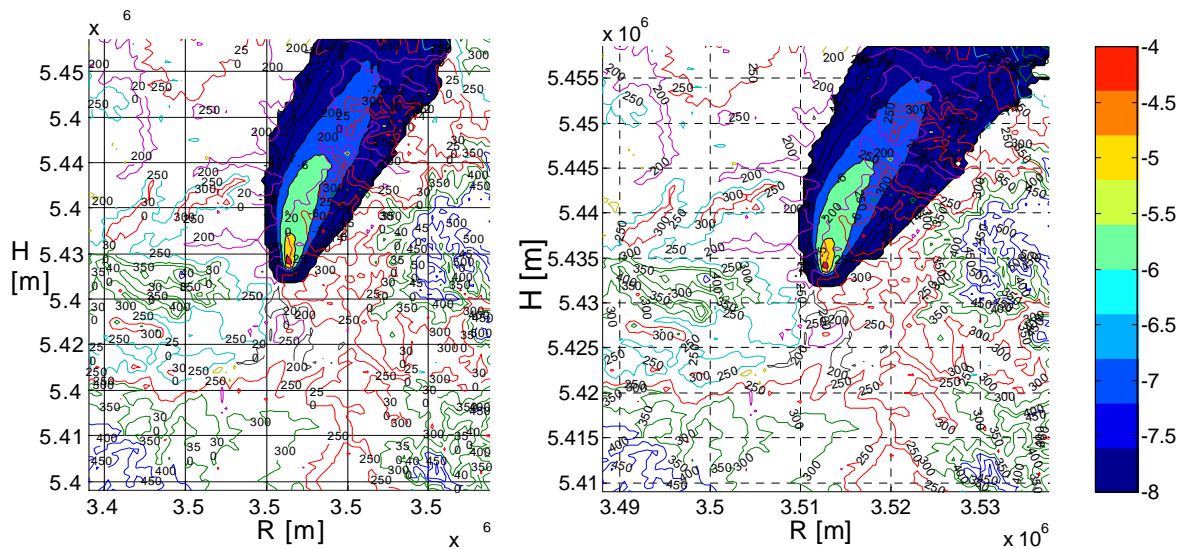
Bei der Variante 3 wird zunächst eine reguläre Diagnoserechnung mit Zeitschrittweiten von 10 Minuten durchgeführt. Dadurch wird die laufende Wetterentwicklung und die Veränderung des Nuklidspektrums durch den Zerfall während der Freisetzung detailliert erfasst.

Beim Übergangszeitpunkt zur Prognose ändert sich nun die Quelle und die Bedeutung der meteorologischen Daten. Bisher wurde ein gemessener 10 Minuten Mittelwert verwendet, nun handelt es sich um einen Mittelwert über einen Zeitraum von 1 Stunde, der für einen Zeitabschnitt von 10 Minuten eingesetzt wurde. Der Transport der bereits im Modellgebiet verteilten Partikel erfolgt nun mit der Windrichtung, die von der Prognose für die nächstgelegenen Gitterpunkte vorgegeben ist. Diese wird in der Regel von der bisher am Standort gemessenen Windrichtung, die während der Diagnosephase verwendet wurde, abweichen.

Der weitere Transport für die nachfolgenden Zeitschritte richtet sich danach alleine nach den Prognosedaten. Daher ist hier kein anderes Verhalten als bei Rechnungen mit einer Stunde

Zeitschrittweite zu erwarten, mit dem Unterschied, dass das Emissionsspektrum sich hier kontinuierlich ändert.

In Abb. 2.2 ist der Zwischenzustand zum Zeitpunkt des Übergangs von der Diagnose zur Prognose für eine Ausbreitungsrechnung mit zwölf Zeitschritten a 10 Minuten jeweils für die reine Diagnoserechnung und die Diagnose-/ Prognoserechnung dargestellt. Bei der gemischten Rechnung ist eine Verbreiterung der Ausbreitungsfahne zu beobachten, verursacht durch die Windrichtungsänderung am Übergangzeitpunkt. Die Partikel werden hier quer zu ihrer ursprünglichen Ausbreitungsrichtung transportiert. Das Gesamtergebnis dieser Rechnung nach zwei Stunden zeigte eine, verglichen mit der Variante auf der Basis von 1-Stundenschritten, bessere Übereinstimmung mit dem Diagnoseergebnis auf.



**Abbildung 2.2: Vergleich der Dosisverteilung (Zwischenstand nach 70 Minuten) einer Diagnose-ABR (links) mit einer Diagnose-/ Prognose-ABR (rechts) (Standort GKN)**

Insgesamt zeigt sich an diesen Beispielen sehr deutlich, mit welchen Unsicherheiten zu rechnen ist, wenn beim Übergang zu Prognosedaten eine Änderung der Hauptwindrichtung auftritt. Gegenüber der Rechnung auf reiner Prognosebasis stellen die gemischten Rechnungen das Gesamtergebnis jedoch realistischer dar.

### 3. Analysen im Nahbereich von Kraftwerken

In diesem Arbeitspunkt sollte untersucht werden, in wie weit die in der ABR-Research enthaltenen mesoskalischen Modelle geeignet sind, um auch in kleinräumigen Gebieten mit Gebäudestrukturen eingesetzt werden zu können. Dieser Gesichtspunkt ist auch für Szenarien außerhalb von Kernkraftwerken von Bedeutung.

Ausgangspunkt dieser Untersuchungen sind die hochauflösenden Laserscan-Daten des Landesvermessungsamtes Baden-Württemberg, die als Kacheln mit einer Kantenlänge von 1 km in verschiedenen Formen bereitgestellt werden:

- als reguläre Gitter mit Maschenweiten von 1 m und 5 m, in dem Gebäude und Vegetation nicht mehr enthalten sind (Digitales Geländemodell)

- als Punktwolke mit Gebäude- und Vegetationsdaten (Digitales Höhenmodell)

### **3.1 Erzeugung einer für die ABR geeigneten Topographie**

Um in den Modelluntersuchungen den Einfluss von Gebäuden und Vegetation berücksichtigen zu können, wurde der entsprechende als Punktwolke vorliegende Datensatz verwendet.

Um aus diesen Daten eine für die ABR-Research nutzbare Topographie zu erzeugen, müssen sie in ein reguläres Gitter transformiert werden. Diese Transformation erfolgt über eine 3D-Triangulation der Punktwolkendaten mit anschließender Umrechnung in ein reguläres Gitter. Da in der aktuellen Version der Ausbreitungsmodelle die maximale Maschenzahl begrenzt ist, wurden für die Modelluntersuchungen Gitter mit Maschenweiten von 5 m und 10 m erzeugt und das Modellgebiet auf 500 m reduziert. Abb. 3.2 zeigt einen Ausschnitt aus der daraus resultierenden Topographie, wobei ersichtlich wird, dass durch die Transformation und Umrechnung auf ein gröberes Maschengitter nur noch dominierende Geländestrukturen erfasst sind.

### **3.2 Problemstellung der Durchführung von Ausbreitungsrechnungen im Nahbereich**

Die Durchführung von Ausbreitungsrechnungen im Nahbereich unter Verwendung eines digitalen Geländemodells mit Gebäuden wirft innerhalb der Modellkette spezielle Fragen bezüglich der Berücksichtigung des Emissionsorts und der Strömungsverhältnisse auf.

Das mesoskalische Ausbreitungsmodell der Modellkette WINDO/PAS verwendet ein massenkonsistentes, divergenzfreies Windfeld, das Turbulenzen in der Umgebung von vertikalen Gebäudeflächen nicht berücksichtigt. Dies bedeutet, dass die Windgeschwindigkeiten und Windrichtungen in der Nähe von Geländesteigungen mit Unsicherheiten belastet sein können. Bei der Verwendung einer sehr feinen Auflösung bleibt diese Unsicherheit jedoch auf die unmittelbare Umgebung der Wand begrenzt. Beim Durchströmen von Engstellen wird sich diese Unsicherheit jedoch bemerkbar machen.

Im Lagrange-Modell PAS wird die Turbulenz von der Parametrisierung nach „Pasquill-Gifford“ oder „Karlsruhe-Jülich“ der advektiven Strömung überlagert. Im Zeithorizont des Modells wird die kleinräumige, kurzlebige Turbulenz in der Nähe von Gebäudeflächen nicht berücksichtigt bzw. herausgemittelt.

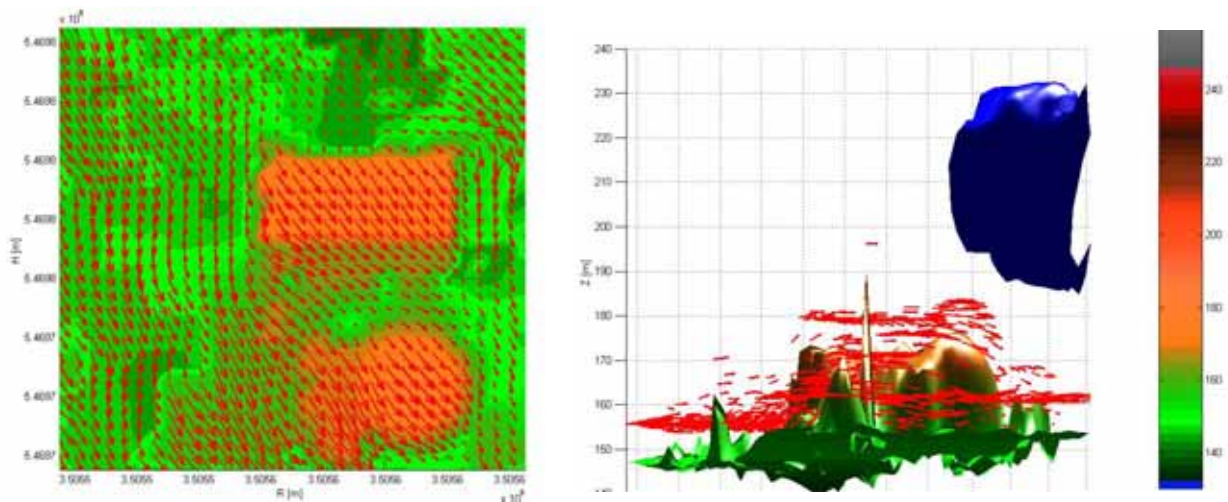
Die vertikale Maschenweite ist so zu bemessen, dass die Emissionshöhe mindestens ein bis zwei vertikale Maschen über Grund liegt. Der Emissionsort sollte außerdem in mindestens einer Richtung ein Ausströmen ermöglichen. Der mögliche Emissionsort muss über dem Gebäude liegen; dies stellt eine Überhöhung des Emissionsorts dar und muss bei der Auswertung der Ergebnisse berücksichtigt werden.

Für die Ausbreitungsrechnung im Nahbereich sind besonders die Fälle interessant, bei denen der Wind vom Emissionsort in Richtung der Kraftwerksgebäude oder aus Richtung der

Nachbargebäude weht. Beim untersuchten Standort Obrigheim (KWO) sind dies die SW- bis SO- und die NW-Richtung.

Für die Studie wurden meteorologische Situationen so gewählt, dass sie den gewünschten Anforderungen entsprechen. Als Simulationszeit wurde eine Stunde gewählt. Dies ist ausreichend, da die emittierten, nicht deponierten Nuklide in sehr kurzer Zeit das Modellgebiet verlassen.

Abb. 3.1 zeigt das Anströmverhalten des Windes in Bodennähe bei einer Wetterlage mit NW-Wind. Deutlich ist zu erkennen, wie das Turbinengebäude in Bodennähe umströmt wird und der Wind zwischen Reaktor- und Turbinengebäude durchströmt. Die Ausbreitungsfahne (tatsächlich eine Äquikonzentrationsfläche der Aerosolkonzentration) bei einer Emission in 30 m Höhe über dem Reaktor-Druckbehälter ist in Abb.3.1 von der Seite gezeigt. Hier ist die Gebäudeüberhöhung und das Überströmen der Gebäude durch das geländefolgende Windfeld gut erkennbar.



**Abbildung 3.1: Windfeld bei Anströmung von NW (Draufsicht) und Seitenansicht der Ausbreitungsfahne bei Emission in 30 m Höhe über dem Sicherheitsbehälter (Standort KWO)**

Abb. 3.2 schließlich zeigt die Anströmung des Kraftwerks bei südlicher Windrichtung und Emission über den Kamin in 10 m Höhe. Ebenso ist die dazugehörige Isoliniendarstellung der integrierten Gesamtdosis für Erwachsene dargestellt. Hier fällt eine starke Überhöhung der Dosis in der Umgebung des Kamins und auf dem Dach des Turbinengebäudes auf. Diese ist auf die Berechnung der Inhalationsdosis zurückzuführen, die aufgrund der Aktivitätskonzentration in Bodennähe bestimmt wird. Das Modell kann an dieser Stelle nicht erkennen, dass sich der Emissions- bzw. der Immissionsort in großer Höhe befindet.



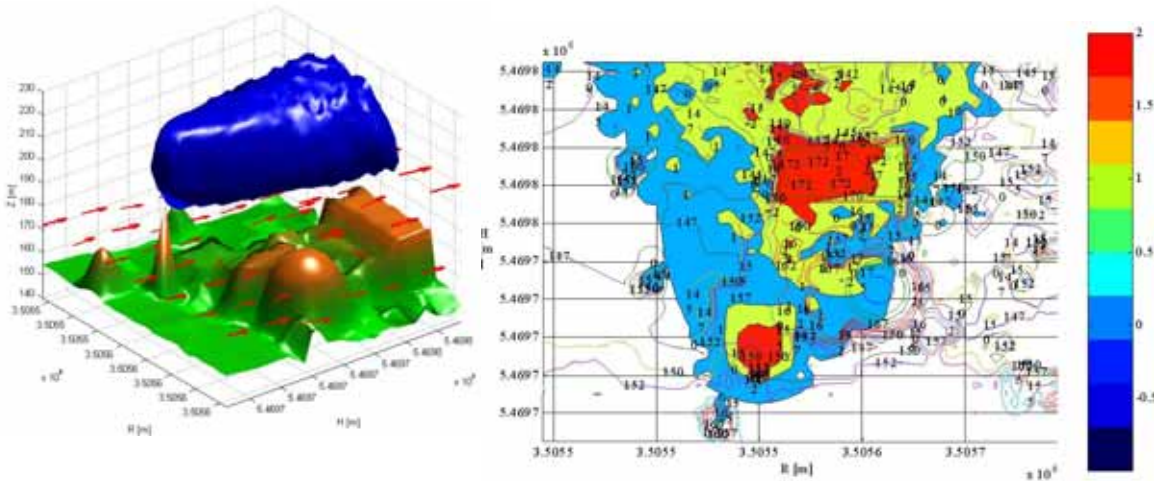


Abbildung 3.2: 3-D Ansicht der Ausbreitungswolke bei Emission 10 m über dem Kamin und Anströmung aus S (links), zugehörige Dosisverteilung nach 10 Minuten (Standort KWO)

### 3.3 Gegenüberstellung von Ergebnissen

Zum Vergleich des Modellgebiets „500 m“ (Auflösung und Maschenweite 5 m) mit dem Modellgebiet „Klein der KFÜ-ABR“ mit der bisherigen Topographie (Auflösung 10 m, Maschenweite 20 m) wurde eine Ausbreitungsrechnung mit den selben Randbedingungen (Anströmung des Gebiets aus Süd und Freisetzungshöhe 30 m über dem Sicherheitsbehälter, Unfallkategorie FK 1) über die Dauer von einer Stunde durchgeführt. Abb. 3.3 zeigt nebeneinander die Ergebnisse (integrierte Äquivalentdosis Erwachsene) beider Rechnungen (links das Modellgebiet 500 m) in einem vergleichbaren Ausschnitt. Während die Lage des flächenhaften Bereichs mit erhöhter Dosis in beiden Rechnungen vergleichbar ist, zeigt die detaillierte Rechnung einen Bereich mit erhöhter Dosis auf dem Dach des Turbinengebäudes und eine reduzierte Dosis hinter dem Turbinengebäude – berücksichtigt also die Abschattung durch das Gebäude.

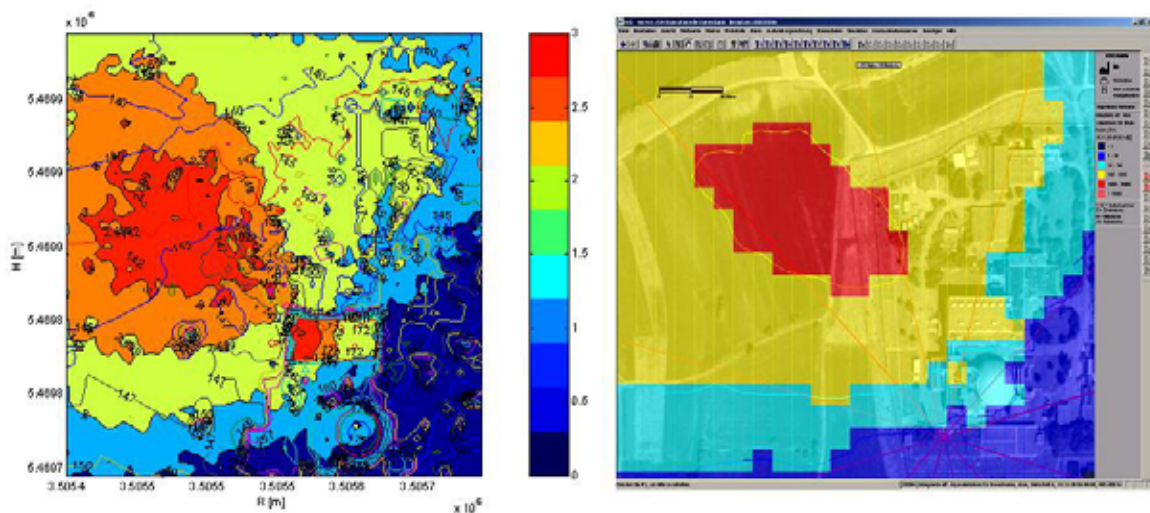


Abbildung 3.3: Dosisverteilung nach 1 h bei Anströmung aus Süden und Emission 30 m über dem Sicherheitsbehälter, Modellgebiet 500 m (links), Ergebnis einer Rechnung mit KFÜ-ABR (rechts)

## 4. Zusammenfassung und Ausblick

In Hinblick auf die Anwendung der Prognoserechnung in der ABR kommt dem Übergang von der Diagnose zur Prognose eine praktische Bedeutung bei der Analyse aktueller Störfälle mit bereits stattgefundener Freisetzung zu. Mit der Änderung der Schnittstelle zur ZDH, die auch ABR-RESEARCH den Zugriff auf die ZDH ermöglicht, lassen sich dann solche kombinierten Rechnungen durchführen. Die Durchführung von Ausbreitungsrechnungen mit hochauflösenden digitalen Höhenmodellen im Nahbereich eines Emissionsortes ist mit den in der KFÜ verwendeten Ausbreitungsmodellen möglich und führt zu plausiblen Ergebnissen. Die Verbesserung der Erfassung der Topographie im Nahbereich des Standortes sollte für alle Kraftwerksstandorte durchgeführt werden. Hierzu müssen die Rechenparameter, wie die Lage der möglichen Emissionsorte und die Emissionshöhe, an die jeweilige Topographie angepasst werden. Im mesoskalischen Bereich der Ausbreitung führen Gebäudeeinflüsse des Nahbereiches nur zu unwesentlichen Auswirkungen. Der Verlauf einer Freisetzung im Rahmen eines Störfallszenarios ist besonders im Nahbereich stark von der Freisetzungshöhe abhängig. Laut Leitfaden ist die Freisetzungshöhe an die Unfallkategorie gekoppelt und kann sich während des Unfallverlaufs ändern. Das bestehende Ausbreitungsmodell berücksichtigt diese Abhängigkeit noch nicht. Hier kann eine Verbesserung der Modellierung vorgenommen werden.

## 5. Literatur

- /1/ R. Obrecht; V. Giraud; C. Grimm; G. Kaufhold; S. Schneider; R. Aures; R. Bechtler; B. Beckhaus-Stawinski; P. Coutinho; C. Mandel; U. Müller; H. Wenzel; K. Bieber; W. Hürster; R. Micheler; Y. Ren; T. Wilbois; F. Schmidt; M. Weigele: Erneuerte Kernreaktorfernüberwachung in Baden-Württemberg; R. Mayer-Föll, A. Keitel, W. Geiger (Hrsg.): Projekt AJA, Anwendung JAVA-basierter Lösungen und anderer leistungsfähiger Lösungen in den Bereichen Umwelt, Verkehr und Verwaltung – Phase III 2002, Forschungszentrum Karlsruhe, Wissenschaftliche Berichte FZKA-6777;
- /2/ M. Weigele; F. Schmidt; K. De Marco; Ch. Krass; D. Susic; D. Wagner; R. Chaker; R. Obrecht; G. Kaufhold; K. Zetzmann; R. Micheler: Der Dienst Ausbreitungsrechnung in der Kernreaktor-Fernüberwachung Baden-Württemberg; R. Mayer-Föll, A. Keitel, W. Geiger (Hrsg.): Projekt AJA Anwendung JAVA-basierter und anderer leistungsfähiger Lösungen in den Bereichen Umwelt, Verkehr und Verwaltung - Phase II - 2002, Forschungszentrum Karlsruhe, Wissenschaftliche Berichte FZKA-6950;
- /3/ R. Obrecht; S. Weimer; R. Bechtler; P. Coutinho; T. Wilbois; W. Brübach; Y. Ren; F. Schmidt; M. Weigele; D. Susic; C. Krass; F. Eberbach; H. Schnadt: Meteorologische Daten in der Kernreaktor-Fernüberwachung (KFÜ) und ihre Verwendung für den kerntechnischen Notfallschutz; R. Mayer-Föll, A. Keitel, W. Geiger (Hrsg.): Projekt AJA Anwendung JAVA-basierter und anderer leistungsfähiger Lösungen in den Bereichen Umwelt, Verkehr und Verwaltung - Phase IV – 2003, Forschungszentrum Karlsruhe, Wissenschaftliche Berichte FZKA-6950;
- /4/ Leitfaden für den Fachberater Strahlenschutz der Katastrophenschutzleitung bei kerntechnischen Notfällen, Veröffentlichung der Strahlenschutzkommission (SSK), Heft 37 (2004), ISBN 3-437-22178-7
- /5/ C. Krass; J. Achenbach; D. Wagner; W. Scheuermann; F. Schmidt; R. Obrecht; R. Bechtler: Verwendung von DWD-Prognosedaten im Rahmen von Ausbreitungsrechnungen und 3D Visualisierung von Ausbreitungsergebnissen; R. Mayer-Föll, A. Keitel, W. Geiger (Hrsg.): Projekt AJA Anwendung JAVA-basierter und anderer leistungsfähiger Lösungen in den Bereichen Umwelt, Verkehr und Verwaltung - Phase V – 2004, Forschungszentrum Karlsruhe, Wissenschaftliche Berichte FZKA-7077