

Dr. Fahland

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)
Geozentrum Hannover
Stilleweg 2
30655 Hannover

Absender:

Weiran Zhang

Vincent-van-Gogh-Ring 3D
38126 Braunschweig
weiran-zhang@outlook.com
+49 (0)176 2136 5452

Stellenausschreibung: B 112/20

17. Dezember 2020

Bewerbung als wissenschaftlicher Mitarbeiter (B 112/20)

Sehr geehrte Frau Dr. Fahland,

zuerst möchte ich mich bei Ihnen für das freundliche Auswahlgespräch am 01.10.2020 bedanken. Ich habe weiterhin ein großes Interesse an der Forschung für langzeitsichere Endlagerung radioaktiver Abfälle, da dies ein entscheidendes Thema für eine sichere Zukunft ist. Die Vielfältigkeit des Themas und dessen Anwendungsbereich motivieren mich meine Kenntnisse über thermo-hydro-mechanisch (THM) gekoppelte Prozessen zu verbessern und erweitern.

Vor einigen Tagen habe ich die mündliche Prüfung für meine Dissertation "Stochastische Modellierung und numerische Simulation von Ermüdungsschädigung" an der Leibniz Universität Hannover (LUH) abgeschlossen. Momentan bin ich auch auf der Suche nach neuen Forschungsstellen und bin dadurch auf Ihre Stellenausschreibung gestoßen, welche sich sehr gut mit meinem Interessengebiet im Bereich der Forschung deckt. Ich konnte einige Zusammenhänge zwischen den beschriebenen Aufgaben und meinen bisherigen Erfahrungen finden und möchte Ihnen diese erläutern:

- Das Kluftnetz und die Schichtungen des porösen Mediums könnte durch einen Zufallsfeld erstellt werden. Ein geeignetes numerisches Verfahren wäre z.B. die Karhunen–Loève Transformation. Dieses habe ich in meiner Masterarbeit implementiert, um zufällige Mikrostruktur im Beton nachzubilden.
- Meine Untersuchungen während der Doktorarbeit über Finite-Elemente-Methode (FEM) von der lokalen, zufälligen Schädigungsentwicklung als Ergebnis mechanischen Ermüdungsprozessen zeigt, dass die Lebensdauerprognose aus Modellberechnung in der makroskopischen Skala mit der Laborprüfung vergleichbar ist. Die Integration der stochastischen Prozessen in der Phasenfeldmethode könnte ein innovativer Ansatz sein, um die zufällige Rissentwicklung in den porösen Medien unter THM-Belastung zu modellieren.
- Mehrskalenproblem behandelte ich bei der Modellierung der mesoskopischen Strukturen des Betons, in dem die Kontakt zwischen Bindemittel und Zuschlagstoff mit zufälliger Geometrie berücksichtigt wurde. Ein statistisches Homogenisierungsverfahren wird benutzt um die Beanspruchungszustände der Representative-Elementary-Volume (REV) zu quantifizieren. Die Übertragung der Randbedingung aus verschiedenen Skalen in der FEM-Implementierung ist einer der anspruchsvollen Lösungsansätze.

Einen weiteren Einblick über meinen Werdegang erhalten Sie durch mein aktuelles Arbeitszeugnis, meinen Lebenslauf und weitere Zertifikate. Falls Sie Fragen dazu haben, stehe ich Ihnen gerne zur Verfügung. Für den Betritt der Stelle bin ich am 01.01.2021 verfügbar. Auf Ihre Rückmeldung würde ich mich sehr freuen.

Mit freundlichen Grüßen,



Weiran Zhang



Entwicklung, Simulation

- X Xing [Linkedin](#) [weiran.de](#)
- weiran-zhang@outlook.com
- +49 (0)176-2136 5452

Arbeitserfahrungen

***Wissenschaftlicher Mitarbeiter**, Institut für Baumechanik und Numerische Mechanik, Leibniz Universität Hannover, Deutschland. 11/2016 - 10/2019

- **Schädigung- und Werkstoffmechanik, Stochastische Zuverlässigkeitssanalyse**
 - Stochastische Materialmodellierung durch Zufallsprozess.
 - Vorhersage der Sicherheit und Lebensdauer von Bauteilen.
- **Koordination wissenschaftlicher Veranstaltungen, Betreuung von Studierenden**
 - Als Koordinator zuständig für Institut-Seminar (2017) und Winter-School (2018).
 - Betreute zwei Bachelorarbeiten und eine Masterarbeit.

Gastforscher, Laboratoire de Mécanique et Technologie, Université Paris-Saclay, Frankreich. 2017 - 2019 ins. 6 Mon.

- **Algorithmenentwicklung, Daten-Analyse**
 - Finite-Elemente-Berechnung der Ermüdungsschädigung.
 - Visualisierung, Statistik und Regressionsanalyse von Mess- und Berechnungsdaten.

***Studentische Hilfskraft**, Institut für Wissenschaftliches Rechnen, Technische Universität Braunschweig, Deutschland. 03/2015 - 03/2016

- **Bayessche Statistik, Parametrische Identifikation**
 - Daten-Assimilation mittels 4D-Variation und Ensemble-Kalman-Filter (EnKF).
 - Identifikation der Materialparameter und geometrischer Unsicherheit mit Sensordaten.

Prozess Ingenieur, Yutong Bus, Zhengzhou, China. 06/2013 - 09/2013

- Statistische Qualitätskontrolle der Elektrophorese-Behandlungsprozessen.

Qualitätsingenieur-Oberfläche, Praktikum, Xi'an Aero-Engine, Xi'an, China. 06/2012 - 07/2012

- Oberflächeninspektion und Qualitätskontrolle der Triebwerksblätter mittels CMM.

Computertechniker, Teilzeit, Hasee Computer, Zhengzhou, China. 01/2011 - 06/2013

- Os- und Hardwarewartung, Aufbauen von Sicherheitssystemen.

Ausbildungen

Promotion in Numerischer Mechanik, Note: sehr gut, Leibniz Universität Hannover, Deutschland. 11/2016 - 11/2020

Dissertation: *Stochastische Modellierung und Numerische Simulation von Ermüdungsschädigung*.

M.Sc. Computational Sciences in Engineering (CSE), Note: 2,1, Technische Universität Braunschweig, Deutschland. 10/2013 - 05/2016

- Bayessche Statistik, Festkörper- und Strömungsmechanik.
- Numerische Verfahren für Differenzialgleichungen, Linear- und Nichtlineare Systemen.

B.Ing. Qualität- und Zuverlässigkeit-Ingenieurwissen, GPA: 3.5, Zhengzhou University of Aeronautics, China. 09/2009 - 06/2013

- ISO 9000/14000 Qualitätsmanagementnormen, Qualitätsoptimierung.
- Toolkit zur Zuverlässigkeitssanalyse.

* Arbeitgeberauskünfte wurden beigelegt.

Studien- und Abschlussarbeiten

*Masterarbeit, Note: 1,3, TU Braunschweig.	<u>10/2015 - 04/2016</u>
• Unsicherheitsquantifizierung des Schadens im Betonträger durch Multi-Level-Monte-Carlo-Verfahren	
○ Schädigungsmodellierung von Stahlbeton.	
○ Modellierung unsicherer Materialeigenschaften mittels Zufallsfelder.	
○ Im Vergleich mit klassischen Monte-Carlo, bezüglich die Berechnungskosten.	
*Projektarbeit, Note: 1,0, TU Braunschweig.	<u>11/2014 - 05/2015</u>
• Datenassimilation durch Ensemble Kalman Filter und 4D Variationsmethode	
○ Vergleich der Effizienz und Genauigkeit beider Methoden.	
○ Lösen mehrdimensionales chaotisches System durch 4-stufigen Runge-Kutta Verfahren.	
Bachelorarbeit, Note: sehr gut, Zhengzhou University of Aeronautics.	<u>12/2012 - 05/2013</u>
• Qualitätsoptimierung von Bankdienstleistungen aus technischer Perspekt.	
○ Hauptkomponentenanalyse des multivariaten Bewertungsmodells der Servicequalität.	
○ Topologiebasierte Service-Netzwerk-Optimierung.	
○ Ergonomische Verbesserung der Zugänglichkeit von Geldautomaten.	

Weitere Fähigkeiten und Interessen

Coding: Matlab, Abaqus (mit Python-script), C++ (QT, Python-test).

Sprachen: Deutsch (fließend), English (fließend), Mandarin (Muttersprache).

Hobbies: Sportfishing, Saxophon, Fotografieren.

Vorträge bei internationalen akademischen Veranstaltungen

Poitier, Frankreich , 12th International Fatigue Congress.	<u>05/2018</u>
Vortrag: <i>On the time discritisation effect of stochastic damage evolution.</i>	
Crete, Griechenland , 3rd International Conference on Uncertainty Quantification in Computational Sciences and Engineering.	<u>06/2019</u>
Vortrag: <i>Stochastic modelling of fatigue process.</i>	
Barcelona, Spanien , 15th International Conference on Computational Plasticity.	<u>09/2019</u>
Vortrag: <i>Modelling approach and efficient numerical scheme for stochastic fatigue process.</i>	

Veröffentlichung

Stochastic Material Modeling for Fatigue Damage Analysis. *W.Zhang, A.Fau, U.Nackenhorst, R.Desmorat*
In: Virtual Design and Validation. Springer, Cham, 2020. S. 329-347. [In englischer Sprache]

Auszeichnungen

CSE "Junior"-Stipendium.	<u>11/2013</u>
Technische Universität Braunschweig. Braunschweig, Deutschland	
"Ausgezeichneter Absolvent".	<u>06/2013</u>
Zhengzhou University of Aeronautics. Zhengzhou, China	
Stipendium Jahr 2012.	<u>10/2012</u>
Zhengzhou University of Aeronautics. Zhengzhou, China	
1. Platz bei studentischem Karriereplanwettbewerb.	<u>09/2011</u>
Zhengzhou University of Aeronautics. Zhengzhou, China	
2. Platz bei studentischem Musikwettbewerb der Provinz Henan.	<u>06/2011</u>
Musician Association of Henan Province, Zhengzhou, China	

* Demonstriert im beigefügten Portfolio (in englischer Sprache).



Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover
IBNM, Institut Appelstraße 9a, 30167 Hannover

Fakultät für
Bauingenieurwesen und Geodäsie

Prof. Dr.-Ing. U. Nackenhorst
Tel. +49 511 762 3560
Fax +49 511 762 19053

bearbeitet von:
Udo Nackenhorst
Tel. +49 511 762 3560
Fax +49 511 762 19053
E-Mail: nackenhorst
@ibnm.uni-hannover.de

Arbeitszeugnis für Herrn Dr.-Ing. Weiran Zhang

17.11.2020

Herr Dr.-Ing. Weiran Zhang, geb. am 08.03.1991 in Henan, China, war von November 2016 bis Oktober 2019 als Doktorand im Internationalen Graduiertenkolleg 1627 unter meiner Anleitung tätig. Seine Forschungen hat er bis auf kurze Aufenthalte an der Partneruniversität École normale supérieure Paris an meinem Institut durchgeführt. Sein Arbeitsvertrag endete im Oktober 2019, seine Promotion hat er im November 2020 erfolgreich abgeschlossen.

Mit seinem Forschungsthema zur probabilistischen Simulation von mechanischen Ermüdungsprozessen hat er ein theoretisch sehr anspruchsvolles Thema aufgegriffen. Bereits die rein deterministische Simulation hochzyklischer Beanspruchungszustände mit modernen Finite Element Methoden erfordert eine profunde Sachkenntnis. Die Idee die stochastischen Prozesse direkt in die Evolutionsgleichungen der lokalen Schädigungsentwicklung einzufügen, geht auf die 90er Jahre zurück, fand danach in der Fachwelt aber keine größere Beachtung. Herrn Zhang ist es als ersten gelungen, diesen Ansatz konsequent in die numerische Simulationsumgebung einzufügen. Beeindruckend an seiner Dissertation ist auch die sorgfältige und systematische Herangehensweise an dieses Thema, wobei jeder einzelne Schritt sehr sorgfältig getestet wird, bis letztendlich das komplexe Gesamtmodell verifiziert wird.

Aufgrund seiner offenen und freundlichen Art war Herr Zhang bei den Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen des Instituts und der Fakultät geschätzt. Sein Verhalten gegenüber mir und meinen Fachkollegen war stets tadellos. Ich wünsche Herrn Zhang für seine berufliche Zukunft alles Gute und bedanke mich auf diesem Wege für die geleistete Arbeit am Institut für Baumechanik und Numerische Mechanik.

Hannover, den 17.11.2020

U. Nackenhorst

Prof. Dr.-Ing. Udo Nackenhorst

Recommendation letter for Mr. Weiran ZHANG
to pursue a Ph.D. programme or to get a Research Position
**(preferably in the fields of Probabilistic Parameter Identification,
Stochastic Finite Element Methods, Material Endurance Analysis and Life Prediction)**

Since a long time I'm giving, as the Owner of the Engineering Office SIMULOPT ® for Simulation and Optimisation and Adjunct Professor at the Technical University of Braunschweig (Germany), the two lectures "Numerical Simulation of Technical Systems" and "Computer-Aided Optimisation of Static and Dynamic Systems", in English language.

Mr. Weiran Zhang, born on 08 March 1991 in the Henan-Province of China, was pursuing at the Technical University of Braunschweig a master's degree in "Computational Sciences in Engineering" (CSE), which he finished on 19 May 2016 with the German global mark 2.1 (good).

During the winter semester of 2014/2015 he participated in my course on "Numerical Simulation of Technical Systems" and obtained the German mark 2.3 (good minus) at the corresponding oral examination. On the occasion of giving this lecture with exercises I have known Mr. Zhang to be a very motivated student, performing diligently and successfully all the home works of the course. He volunteered also to be once the so-called "Session Manager" for a lecture and fulfilled this task, with invitation by email of the students and the presentation of the last lecture's content, very well.

In addition I can point to his Master Thesis with the theme "Uncertainty Quantification of Damage in a Reinforced Concrete Beam by Multilevel Monte-Carlo Methods" carried through at the Institute of Computational Sciences. He received for this important project, with regard to his creativity, independent thinking, and strength to pursue the task up to achieving the goal, the German mark 1.3 (very good minus). At the same institute he was also active as a competent Student Teaching- and Student Research Assistant. There he demonstrated very positively his soft-skills, as I was told, when working together effectively and sociably with other students, assistants and professors.

Not to be forgotten should be the several awards which he received during his studies for the Bachelor Degree (Zhengzhou, China) and Master Degree (Braunschweig, Germany). So, in 2013, a very demanded "CSE Junior-Scholarship" was attributed to him by the University in Braunschweig.

Other hints underlining his intellectual maturity may be the professional practical experience recorded during his employments at several companies and enterprises in China up to 2013.

Looking at these fine achievements and qualities mentioned above it's my pleasure to recommend Mr. Weiran ZHANG very much for a Ph.D. programme or for a Research Position at any institution or industry.

Maintal, close to Frankfurt on the Main, June 30, 2016

Prof. Dr.-Ing. habil. Heinrich G. JACOB

(Adjunct Professor at the Institute of Flight Guidance
of the Technical University in Braunschweig/Germany)



Technische Universität Braunschweig | Inst. f. Wissensch. Rechn.
Hans-Sommer-Str. 65 | Braunschweig | Deutschland

To whom it may concern

Technische Universität
Braunschweig
Institut für
Wissenschaftliches Rechnen

Hans-Sommer-Str. 65
38106 Braunschweig

Professor
Hermann G. Matthies, Ph. D.

Tel. +49 (0) 531 391-3000
Fax +49 (0) 531 3913003
wire@tu-bs.de
www.wire.tu-bs.de

Datum: 18.03.2016

Ihr Zeichen:
Ihre Nachricht vom:
Unser Zeichen:
Unsere Nachricht vom:

Nord/LB Hannover
Kontonummer 1 999 200
BLZ 250 500 00

IBAN: DE 79250 50000 0001 999 200
BIC (Swift Code): NOLA DE 2H
USt.-ID-Nr.: DE 1523 30 858
Steuer-Nr.: 14/201/24509

Weiran Zhang – letter of recommendation

It is my pleasure to write a letter of recommendation on behalf of Mr. Weiran Zhang, who is soon to end our master course in Computational Sciences in Engineering at the Technische Universität Braunschweig.

Mr. Zhang has been our student for more than two years, and we have taught him in several courses. Lately, he has been employed by our institute as a student assistant for excercises in Introduction to Scientific Computing, as well as for a research project considering Bayesian identification of geometrical uncertainty in complex structures.

Mr. Zhang's interest in computational methods in engineering and uncertainty quantification already began with his final project entitled "Mathematical modelling to optimise the bank service quality" to obtain the Bachelor degree in Quality and Reliability of Engineering. At that time he was using simulation software as a black-box without really understanding the numerical background. This has motivated him to learn more about the numerical concepts and their implementation using programming. Hence, he pursued his master degree in Computational Sciences in Engineering and will finish his Master's thesis shortly.

Mr. Zhang has shown a strong interest in learning numerical procedures for solving partial and ordinary differential equations with the special emphasis on the process of solving ill-posed inverse problems. In order to gain a better understanding of the theoretical knowledge, he successfully applied the numerical schemes in a student project (3 months long) entitled "Comparison of 4-D Variational Data Assimilation Method with Ensemble Kalman Filter on Lorenz Problem". Mr. Zhang's work on this project was characterised by a remarkable performance, as well as high level of independence.

Furthermore, Mr. Zhang is currently working on his master thesis and investigates the use of multilevel Monte Carlo methods on the example of reinforced concrete beams under damage conditions. He took part in

the construction of numerical procedures and a theoretical model and then carried out quite a bit of independent research. His investigations are important for our current research as they bring new insights in efficient numerical procedures that can be used for stochastic nonlinear models.

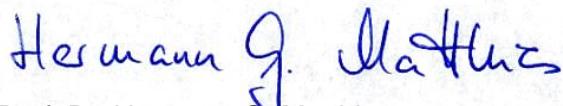
Mr. Zhang has always been one of the students following actively, and one who is asking questions.

He always makes sure his work is done exceptionally well. Additionally, Mr. Zhang has always been an advocate of self learning in advanced courses, trying new things on his own and trying to be self-reliant. I think that his achievements are attributed not only to his aptitude but also to his perseverance and ambitions. He is active and thorough in research, always goal-oriented, and very well-liked by students and staff.

In summary, Mr. Zhang distinguished himself as an individual who exhibits an organized, scientific approach to research, and with a high degree of motivation, innovation and initiative, who can accomplish his goals.

Therefore, I evaluate Mr. Weiran Zhang as a person with high potential to carry out an advanced study in the field of uncertainty quantification and strongly recommend him for further education, as I am sure that he will be a successful doctoral candidate someday soon.

Sincerely,

A handwritten signature in blue ink that reads "Hermann G. Matthies". The signature is fluid and cursive, with "Hermann" and "Matthies" being more distinct and "G." being smaller and positioned between them.

Prof. Dr. Hermann G. Matthies

Review of Achieved Projects

Weiran Zhang

November 18, 2020

Abstract

This supporting document shall be used internally to evaluate the author's qualification. The author is skilled in programming and data analysis, with 6 years working experience in engineering topics, such as signal filtering, material modelling and uncertainty quantification. In total of four projects are reviewed in this manuscript to explain the author's understanding in computational mechanics and mathematical statistics.

Contents

1 System Identification (Bayesian inverse problem)	1
2 Data Assimilation	2
3 Modelling of Material Heterogeneity	3
4 Structure Durability Analysis	4

1 System Identification (Bayesian inverse problem)

- *Topic:* Geometric Parameter Identification of a Steel Plate under Tension and Compression Test,
- *When and Where:* Mar 2015-Jul 2015, Institute of Scientific Computing, TU Braunschweig.
- *Typical applications:* Medical imaging (CT/MRI), remote sensing, computer vision.

Beside data assimilation this project is to verify the capability of EnKF on parameter identification problem. The benchmark is to predict the geometry of a holed steel plate. The measurement data are extrapolated from the FE solution computed by the open-source FE software Feap. Figure 1 shows the location of the virtual sensors on the plate, on which the stress value is extrapolated and treated as the approximated measurement data. Figure 3 shows an example that the plate is stretched to the north-east

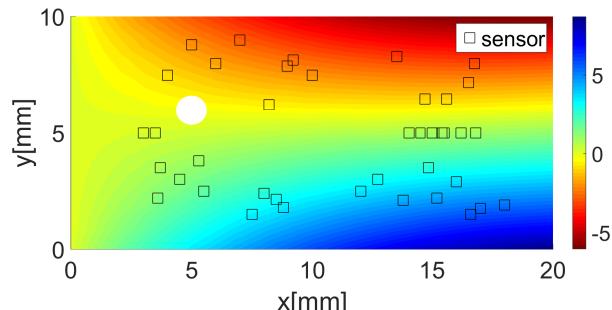


Figure 1: A holed plate with the geometry and the location of the hole unknown

direction. Test configurations shall be composed as an input batch file and read by Feap. The output string is converted into double precision variable and to be further proceeded by the identification algorithm. See a screen shot of the manipulation code for the I/O file in fig. 2.

```
% open new file
fid = fopen(['new ' sprintf('filename%d',i)], 'w');
% write the modified string in new file
fwrite(fid, str, '*char');
% close file
fclose(fid);
% get matlab library path getenv: get environment variable
%MatlabPath = getenv('LD_LIBRARY_PATH');
% set matlab library path
%setenv('LD_LIBRARY_PATH',getenv('PATH'));
% call feap without interface
brstr=strcat('feap', sprintf(' -inew filename%d',i), sprintf(' -outputs%d',i), sprintf(' -rrout%d -ssout%d -ppout%d',i,i,i));
%brstr=strcat('./feap',sprintf(' n -inew_filename%d -outputs%d -rrout%d -ssout%d -ppout%d',i,i,i,i,i),sprintf(' y'));
system(brstr);
% set back matlab path
%setenv('LD_LIBRARY_PATH',MatlabPath);
% delete copied input file (not to take space on main memory)
delete(sprintf('new_filename%d',i));
delete(sprintf('new_filename%d.rev%d',i));
delete(sprintf('Outputs%d',i));
delete('feap.neu');
delete('feapname');
%delete(sprintf('Mew_filename%d',i));
% open output file
fid=fopen(sprintf('outputs%d',i));
% scan content
C=textscan(fid, '%s', 'delimiter', '\n');
#####
% find the line where displacement begin
IndexCS = strfind(C{1}, 'Node    1 Coord    2 Coord    1 Displ    2 Displ');
IndexS = find(not(cellfun('isempty', IndexCS)));
IndexCE = strfind(C{1}, '*Command 6 * stre NODE');
IndexE = find(not(cellfun('isempty', IndexCE)));
####
```

Figure 2: Example of manipulating output file

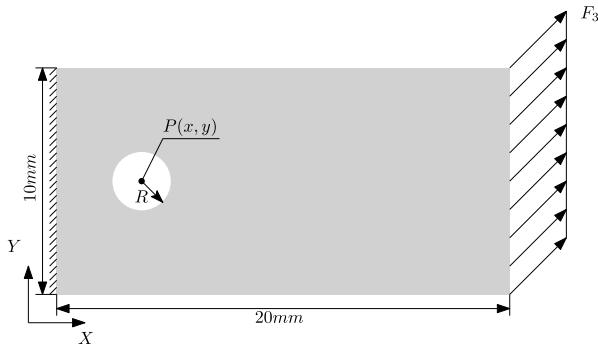


Figure 3: Example of loading situation

A sequence of tests under different loading situations are needed to update the identification results. The work flow can be seen in fig. 4 that the posterior from the previous identification becomes to the prior of the next process. The performance of sequential identification can be seen in fig. 5, in which the results are evidently updated after each filtering procedure.

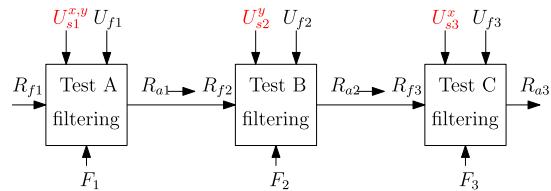


Figure 4: Sequential filtering procedure

2 Data Assimilation

- **Topic:** Comparison of Four Dimensional Variational (4D-Var) Method with Ensemble Kalman Filter (EnKF) on the Lorenz Problem,

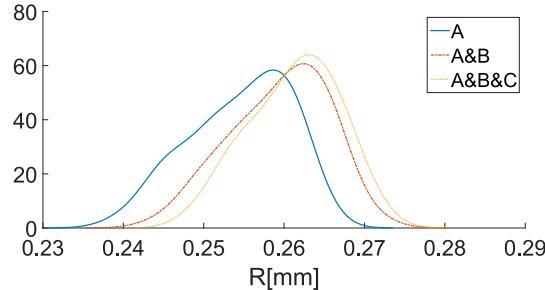


Figure 5: Sequential filtering results

- *When and Where:* Nov 2014-May 2015, Institute of Scientific Computing, TU Braunschweig.
- *Typical Applications:* Radar tracking, navigation, signal filtering/noise-reduction.

Data assimilation techniques are very important for automation control, weather forecasting and oil-industry, etc., in which the system state (posterior) is estimated based on the previous knowledge (prior) and the real-time measurement. This technique tells people which data and to which degree this data can be "trusted" to make a proper decision. It can be applied in the manufacturing process to

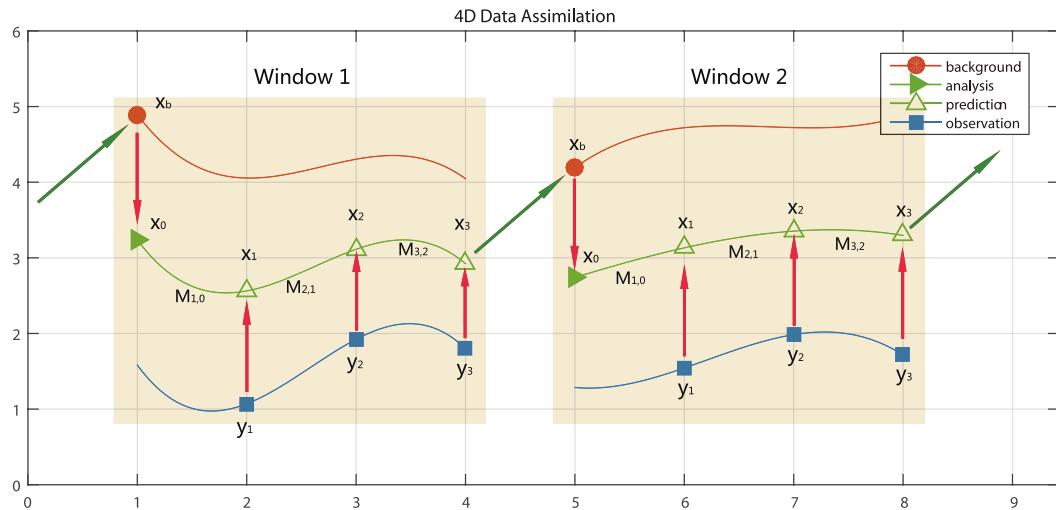


Figure 6: A schematic demonstration of 4D-Var algorithm

treat measurement data from multiple sensors for precision control. Similarly, in oil-industry sensing data assimilation can optimise the drilling location to guarantee the productivity. Figure 6 shows the mechanism of 4D-Var assimilation in two observation intervals ("window 1" and "window 2"). The important assumption here is, the next prior is initialised by the last posterior. This project compares two famous data assimilation methods in terms of the prediction accuracy and hardware demand. The Lorenz problem, a chaotic differential equation system, which is sensitive to the initial state and time iteration, is selected for the benchmark test. As an example, fig. 7 shows the structure of 4D-Var assimilation algorithm. The global loop corresponds to the iteration of time. The first sub-loop generates virtual measurement data for each observation interval using 4th-order Runge-Kutta method. After that an optimisation algorithm is called to obtain the posterior by minimising the value function. In the second sub-loop the prediction result is extrapolated using the obtained tangential information. Part of the assimilation result by the Ensemble Kalman filter is illustrated in fig. 8.

3 Modelling of Material Heterogeneity

- *Topic:* Uncertainty Quantification of Damage in RC-beam using Multilevel-Monte-Carlo Method;

Algorithmus 1 : 4D-Var main algorithm

```

Input :  $T, \sigma_x, \sigma_y, t_{box}, t_p, t, \mathbf{x}^b(t_0), \mathbf{x}^{RK}(t_0), H$ 
    // they are step size, background data covariance, measurement covariance, window
    length, prediction length, total simulation length, initial background value,
    initial RK value, measurement function
Output :  $\mathbf{x}^a(t_i), \mathbf{x}^f(t_i + t_p)$ 
    // they are the assimilated value and predicted value after each assimilation
    window
1 for  $l=t_{box}+t_p:t_{box}+t_p:t$  do
    // start assimilation
    2 for  $i=1:(t_{box}-1)$  do
         $\mathbf{y}^\delta = \text{Mii\_1x}^{RK}(t_0) + RV(0, \sigma_y)$  /* generate virtual observation value with the help
        of RK method and RV class */
         $R \leftarrow \sigma_y$  /* build measurement covariance matrix with the help of  $\sigma_y$  */
        end
         $\mathbf{x}^b = \mathbf{x}^b(t_0)$  /* initial background value */
         $B \leftarrow \sigma_x$  /* build background covariance matrix with the help of  $\sigma_x$  */
         $J = \text{valuefun}(H\mathbf{x}^b, \mathbf{y}^\delta, t_{box}, T, B, R)$  /* build value function with the help of buildLTM.m
        */
        9  $\mathbf{x}^a(t_l) \leftarrow \nabla J = 0 \leftarrow \text{fminunc}(J)$  /* compute the posterior from minimizing value
        function by using fminunc.m with Quasi-Newton method */
        // start prediction
        10 for  $j=l-t_{box}-t_p+1:l$  do
             $\mathbf{x}^f(t_j) \leftarrow \text{Mii\_1x}^a(t_l)$  /* prediction based on the analysis */
            if  $j \geq (l-P)$  then
                 $\mathbf{x}^{RK}(t_j) \leftarrow \text{Mii\_1x}^{RK}(t_l)$  /* prepare RK initial value for next assimilation */
            end
            15 end
             $\mathbf{x}^{RK}(t_0) = \mathbf{x}^{RK}(t_j)$  /* refresh RK initial value */
            17  $\mathbf{x}^b(t_0) = \mathbf{x}^f(t_j)$  /* refresh background value based on the last prediction */
        18 end
    
```

Figure 7: 4D-Var main function

- *When and Where:* Oct 2015-Apr 2016, Institute of Scientific Computing, TU Braunschweig.
- *Typical applications:* Modelling of composite material microstructure, Simulation of geodetic data, e.g. natural resource, climate change.

This project deals with simulation of material heterogeneity and damage mechanics. An example of two dimensional random field generated by FF (fast fourier) transformation is shown in fig. 9. An FE benchmark of stress concentration inside steel reinforced concrete is shown in fig. 10.

The multilevel Monte-Carlo method is a variance reduction technique. It allows to approximate large mount of high-resolution random problem (in temporal and spatial scales) by its low-resolution correspondences, to have a good compromise between the computational cost and efficiency.

4 Structure Durability Analysis

- *Topic:* Stochastic Modelling and Numerical Simulation of Fatigue Damage;
- *When and Where:* Nov 2016-Jun 2020, Institute of Mechanics and Computational Mechanics, Leibniz University Hannover.
- *Typical applications:* Life scale prediction of wind turbine, ageing analysis of vehicle suspension, high-performance FE computation in large scale problem.

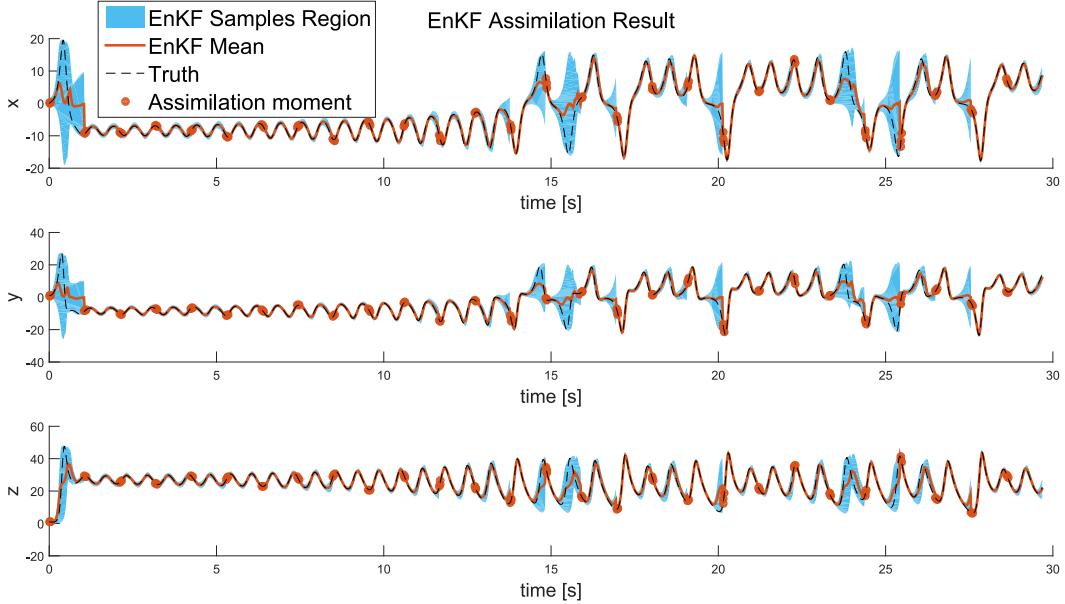


Figure 8: Ensemble Kalman filtering result

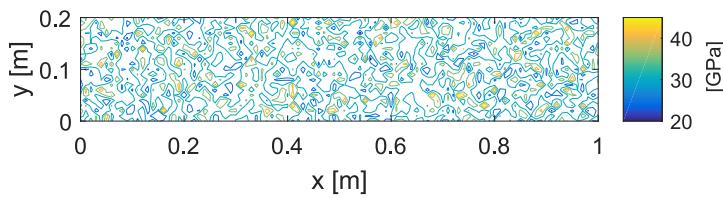


Figure 9: Example of random material property realisation

Experimental observation of the evolution of reinforced concrete structure under fatigue loading has shown in the literature largely scattered results. To represent these uncertainties, a stochastic damage model based on random process is proposed. Using this modelling approach, probabilistic fatigue damage information can be provided for the whole structure based on finite element method (FEM). Generation and statistics of large amount stochastic process samples, as well the large time scale FE computation are two of the main difficulties in this project.

Each single FE computation can be accelerated by solving individual local non-linear problem on multi-core or on GPU, depending on the geometry scale. For large time scale computation, second order extrapolation with periodic correction are used. Material softening as a stochastic process can be seen in fig. 11 (a) with enlarging uncertainties in time. To visualise large scale scatter data, a heat-map diagram with fitted random distributions is illustrated in fig. 11(b). This study can be very interesting for civil engineering, as it provides a new approach for reliability assessment.

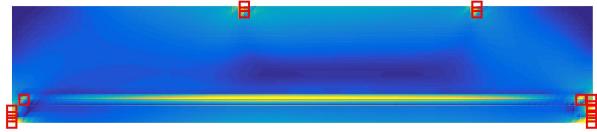


Figure 10: Example of FE solution in stress concentration

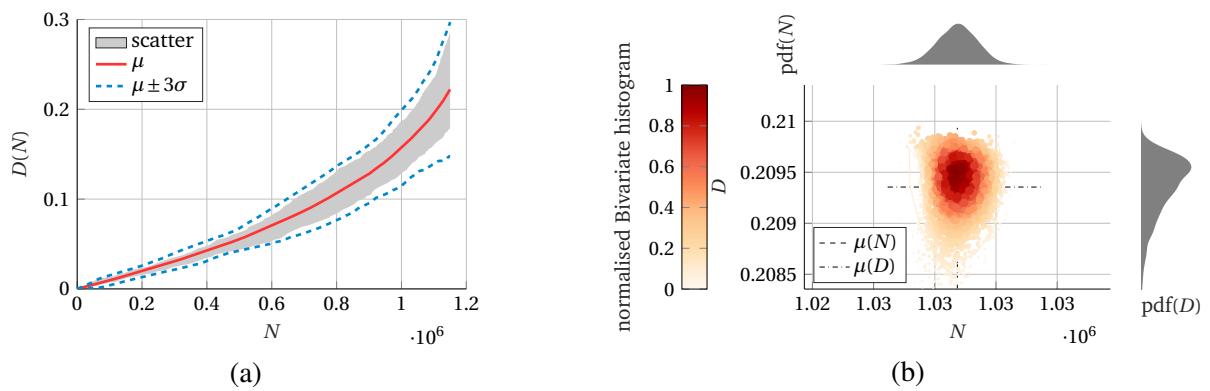


Figure 11: Visualisation of scattered data and uncertainty propagation of material softening



ZEUGNIS | CERTIFICATE

Master of Science

Herr | Mr.

Weiran Zhang

geboren am | born on
08. März 1991, in Henan, China

bestand die Masterprüfung im Studiengang | successfully completed the master degree in
Computational Sciences in Engineering | Computational Sciences in Engineering

mit der Gesamtnote | with an overall grade of

gut | good
(2,1) | (2,1)

ECTS-Note C | ECTS Grade C

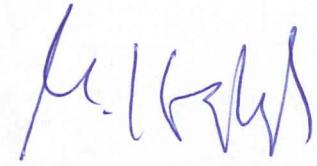
Module	Leistungspunkte	Note	Transcript of Records	Credit Points	Grade
BCC-ENG Basic Core Courses					
Strömungsmechanik	5	ausreichend	Fluid Mechanics	5	sufficient
Systemtheorie	5	befriedigend	Systemics	5	satisfactory
Lineare Kontinuumsmechanik	5	gut	Linear Continuum Mechanics	5	good
BCC-MCS Basic Core Courses					
Algorithmen und Programmieren	5	ausreichend	Algorithms and Programming	5	sufficient
Einführung in PDEs	5	gut	Introduction to PDEs	5	good
Einführung in das wissenschaftliche Rechnen	5	befriedigend	Introduction to Scientific Computing	5	satisfactory

Module	Leistungspunkte	Note	Grade	Transcript of Records	Credit Points	Grade
ECC-ENG Elective Core Courses				ECC-ENG Elective Core Courses		
Non-Linear Solid Mechanics	5	befriedigend	3,0	Non-Linear Solid Mechanics	5	satisfactory
Finite Elemente Methoden I	5	gut	2,0	Finite Element Methods I	5	good
Partitioned Methods for Multifield Problems	5	befriedigend	2,7	Partitioned Methods for Multifield Problems	5	satisfactory
ECC-MCS Elective Core Courses				ECC-MCS Elective Core Courses		
Fortgeschrittene Methoden für ODEs und DAEs	5	befriedigend	3,0	Advanced Methods for ODEs and DAEs	5	satisfactory
Numerik partieller Differentialgleichungen/PDE-II	5	sehr gut	1,3	Numerical Methods for PDEs-II	5	excellent
Visualisierung wissenschaftlicher Daten	5	ausreichend	4,0	Scientific Visualization	5	sufficient
IDC-LEC In-Depth Courses				IDC-LEC In-Depth Courses		
Finite Element Methoden 2	5	gut	2,0	Finite Element Methods 2	5	good
Numerical Simulation of Technical Systems	5	gut	2,3	Numerical Simulation of Technical Systems	5	good
Contact Mechanics	5	befriedigend	2,7	Contact Mechanics	5	satisfactory
IDC-PRO In-Depth Courses				IDC-PRO In-Depth Courses		
Vergleich der 4D-Variations-Methode mit dem Ensemble Kalman Filter	15	sehr gut	1,0	Comparison of 4D Variational Method to the Ensemble Kalman Filter	15	excellent
MTH Master Thesis				MTH Master Thesis		
Thema: Quantifizierung von Unsicherheiten der Schäden in einem Stahlbetonträger mittels Multi-Level-Monte-Carlo-Methoden	30	sehr gut	1,3	Topic: Uncertainty Quantification of Damage in a Reinforced Concrete Beam by Multilevel Monte-Carlo Methods	30	excellent

Braunschweig, 19. Mai 2016


 Prof. Dr.-Ing. Jens Friedrichs
 Dekan | Dean
 Fakultät für Maschinenbau




 Prof. Dr.-Ing. habil. Manfred Krafczyk
 Vorsitzender des Prüfungsausschusses
 Chairman of the Examination Board



URKUNDE DEGREE CERTIFICATE

Die Fakultät für Maschinenbau
der Technischen Universität Braunschweig

verleiht mit dieser Urkunde | hereby confers upon

Herrn | Mr.
Weiran Zhang

geboren am | born on
08. März 1991, in Henan, China

den Hochschulgrad | the degree of
Master of Science
(M. Sc.)

nach bestandener Masterprüfung | after having successfully completed the master
im Studiengang | examination in

Computational Sciences in Engineering (CSE)

am | on
19. Mai 2016.

Braunschweig, 28. April 2017



Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Jürgen Hesselbach
Präsident | President
Technische Universität Braunschweig

Prof. Dr.-Ing. Jens Friedrichs
Dekan | Dean
Fakultät f. Maschinenbau



Botschaft
der Bundesrepublik Deutschland
– Kulturreferat –

Akademische Prüfstelle

Zertifikat

Herr Zhang Weiran geb. am 08.03.1991 in Henan

hat am 03.12.2012 / Prüfungsnummer 38917/12

in der Akademischen Prüfstelle der Deutschen Botschaft Peking
die Überprüfung seiner Studienleistungsnachweise mit einem Interview
erfolgreich abgeschlossen. Eine Hochschulzugangsberechtigung liegt vor. Das
vorliegende Zertifikat wird ihm deshalb zur Bewerbung an deutschen
Hochschulen ausgestellt.

Bei Einreichung des Visumsantrages bei der Akademischen Prüfstelle
ist mit diesem Zertifikat ein vereinfachtes Visumverfahren verbunden.

Hochschule: Zhengzhou Institute of Aeronautical Industry Management (zheng zhou hang kong gong ye guan li xue yuan)

Art des Hochschulzugangs: Direkter Hochschulzugang

Fachbindung: fachgebundene Fächerwahl

Notendurchschnitt: 2.4 (1.-3. Semester)

Ausbildungsstand zum Zeitpunkt der Überprüfung:

Quality and Reliability Engineering, 6 Semester des Bachelor-Studiengangs

Als Sprachnachweis wurde vorgelegt: CET 6

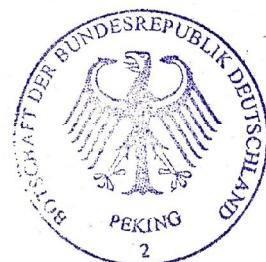
Das Interview wurde in englischer Sprache geführt.

Die Verständigung während des Interviews war eingeschränkt möglich.

Akademische Prüfstelle, den 04.12.2012

Philipp Kübler
(Büroleiter der Akademischen Prüfstelle)

(Diese Fassung des Zertifikates gilt ab dem 21.11.2011)



Dienstsiegel der deutschen Botschaft Peking

2024303

Bachelor-Urkunde

(Lichtbild) (Stempel)

ZHANG Weiran, männlich, geboren am 08. März 1991, hat den Bachelor-Studiengang im Fach **Qualität und Zuverlässigkeit Maschinenbau** an der **Zhengzhou Hochschule für Verwaltungswissenschaften der Luftfahrtindustrie** abgeschlossen. Nach Ergebnissen der Überprüfung entspricht es der „Akademische Grade Verordnungen von der Volksrepublik China“. Wir promovieren ihm zum Bachelor der **Ingenieurwissenschaft**.

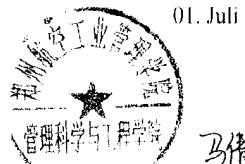
Zhengzhou Hochschule für Verwaltungswissenschaften der Luftfahrtindustrie (mit Stempel)

Rektor /Vorsitzender vom Akademischen Grad Bewertungsausschuss: SHI Jinfá (mit Stempel)

Urkundennummer: 1048542013002740

01. Juli 2013

(Allgemeiner Hochschulabsolvent)



Die Richtigkeit und Vollständigkeit der Übersetzung wird hiermit beglaubigt.

