

# **BACHELOR-ARBEIT**

vorgelegt an der  
Technischen Hochschule Würzburg-Schweinfurt  
in der Fakultät Informatik und Wirtschaftsinformatik  
zum Abschluss eines Studiums im Studiengang Informatik

## **Simulating Room Acoustics Using Ray Tracing**

Angefertigt an der Fakultät für Informatik und Wirtschaftsinformatik der Technischen  
Hochschule Würzburg-Schweinfurt

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Frank Deinzer

Zweitprüfer: Prof. Dr.-Ing. Arndt Balzer

Abgabetermin: 2. 04. 2024

Eingereicht von: Christina Reichel aus Würzburg



Hiermit versichere ich, dass ich die vorgelegte Bachelorarbeit/Masterarbeit selbstständig verfasst und noch nicht anderweitig zu Prüfungszwecken vorgelegt habe. Alle benutzten Quellen und Hilfsmittel sind angegeben, wörtliche und sinngemäße Zitate wurden als solche gekennzeichnet.

Würzburg, den

(Unterschrift)

Hiermit willige ich ein, dass zum Zwecke der Überprüfung auf Plagiate meine vorgelegte Arbeit in digitaler Form an PlagScan übermittelt und diese vorübergehend (max. 5 Jahre) in der von PlagScan geführten Datenbank gespeichert wird, sowie persönliche Daten, die Teil dieser Arbeit sind, dort hinterlegt werden.

Die Einwilligung ist freiwillig. Ohne diese Einwilligung kann unter Entfernung aller persönlichen Angaben und Wahrung der urheberrechtlichen Vorgaben die Plagiatsüberprüfung nicht verhindert werden. Die Einwilligung zur Speicherung und Verwendung der persönlichen Daten kann jederzeit durch Erklärung gegenüber der Fakultät widerrufen werden.

Würzburg, den

(ggf. Unterschrift)

## **Übersicht**

TEXT DEUTSCH

## **Abstract**

TEXT ENGLISCH

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
	<b>Literatur</b>	<b>5</b>
	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>7</b>
	<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>9</b>



# Kapitel 1

## Einleitung

Zitat: [1, 7].

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Aenean commodo ligula eget dolor. Aenean massa. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Donec quam felis, ultricies nec, pellentesque eu, pretium quis, sem. Nulla consequat massa quis enim. Donec pede justo, fringilla vel, aliquet nec, vulputate eget, arcu. In enim justo, rhoncus ut, imperdiet a, venenatis vitae, justo. Nullam dictum felis eu pede mollis pretium. Integer tincidunt. Cras dapibus. Vivamus elementum semper nisi. Aenean vulputate eleifend tellus. Aenean leo ligula, porttitor eu, consequat vitae, eleifend ac, enim. Aliquam lorem ante, dapibus in, viverra quis, feugiat a, tellus. Phasellus viverra nulla ut metus varius laoreet. Quisque rutrum. Aenean imperdiet. Etiam ultricies nisi vel augue. Curabitur ullamcorper ultricies nisi. Nam eget dui. Etiam rhoncus. Maecenas tempus, tellus eget condimentum rhoncus, sem quam semper libero, sit amet adipiscing sem neque sed ipsum. Nam quam nunc, blandit vel, luctus pulvinar, hendrerit id, lorem. Maecenas nec odio et ante tincidunt tempus. Donec vitae sapien ut libero venenatis faucibus. Nullam quis ante. Etiam sit amet orci eget eros faucibus tincidunt. Duis leo. Sed fringilla mauris sit amet nibh. Donec sodales sagittis magna. Sed consequat, leo eget bibendum sodales, augue velit cursus nunc,

$$v = f(\mathbf{A}) = |\mathcal{C}| \cdot \operatorname{argmax}_{\mathbf{A}} \sum_i \mathbf{A} \mathbf{A}_i \quad \forall \mathbf{A} \in \mathcal{C} \quad (1.1)$$

Check math<sup>1</sup>:

$$a, A, \mathbf{a}, \mathbf{A}, \alpha, \Sigma, \boldsymbol{\alpha}, \boldsymbol{\Sigma} \quad (1.2)$$

---

<sup>1</sup>In einer technischen Arbeit braucht man sehr sehr wenige Fußnoten; meistens gar keine in der ganzen Arbeit

Sed ut perspiciatis unde omnis iste natus error sit voluptatem accusantium doloremque laudantium, totam rem aperiam, eaque ipsa quae ab illo inventore veritatis et quasi architecto beatae vitae dicta sunt explicabo. Nemo enim ipsam voluptatem quia voluptas sit aspernatur aut odit aut fugit, sed quia consequuntur magni dolores eos qui ratione voluptatem sequi nesciunt. Neque porro quisquam est, qui dolorem ipsum quia dolor sit amet, consectetur, adipisci velit, sed quia non numquam eius modi tempora incidunt ut labore et dolore magnam aliquam quaerat voluptatem. Ut enim ad minima veniam, quis nostrum exercitationem ullam corporis suscipit laboriosam, nisi ut aliquid ex ea commodi consequatur? Quis autem vel eum iure reprehenderit qui in ea voluptate velit esse quam nihil molestiae consequatur, vel illum qui dolorem eum fugiat quo voluptas nulla pariatur? At vero eos et accusamus et iusto odio dignissimos ducimus qui blanditiis praesentium voluptatum deleniti atque corrupti quos dolores et quas molestias excepturi sint occaecati cupiditate non provident, similique sunt in culpa qui officia deserunt mollitia animi, id est laborum et dolorum fuga. Et harum quidem rerum facilis est et expedita distinctio. Nam libero tempore, cum soluta nobis est eligendi optio cumque nihil impedit quo minus id quod maxime placeat facere

Li European lingues es membres del sam familie. Lor separat existentie es un myth. Por scientie, musica, sport etc, litot Europa usa li sam vocabular. Li lingues differe solmen in li grammatica, li pronunciation e li plu commun vocabules. Omnicos directe al desirabilite de un nov lingua franca: On refusa continuar payar custosi traductores. At solmen va esser necessari far uniform grammatica, pronunciation e plu sommun paroles. Ma quande lingues coalesce, li grammatica del resultant lingue es plu simplic e regulari quam ti del coalescent lingues. Li nov lingua franca va esser plu simplic e regulari quam li existent European lingues. It va esser tam simplic quam Occidental in fact, it va esser Occidental. A un Angleso it va semblar un simplificat Angles, quam un skeptic Cambridge amico dit me que Occidental es. Li European lingues es membres del sam familie. Lor separat existentie es un myth. Por scientie, musica, sport etc, litot Europa usa li sam vocabular. Li lingues differe solmen in li grammatica, li pronunciation e li plu commun vocabules. Omnicos directe al desirabilite de un nov lingua franca: On refusa continuar payar custosi traductores. At solmen va esser necessari far uniform grammatica, pronunciation e plu sommun paroles.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Aenean commodo ligula eget dolor. Aenean massa. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Donec quam felis, ultricies nec, pellentesque eu, pretium quis, sem. Nulla consequat massa quis enim. Donec pede justo, fringilla vel, aliquet nec, vulputate eget, arcu. In enim justo, rhoncus ut, imperdiet a, venenatis vitae, justo. Nullam dictum felis eu pede mollis pretium. Integer tincidunt. Cras dapibus. Vivamus elementum semper nisi. Aenean vulputate eleifend tellus.



Aenean leo ligula, porttitor eu, consequat vitae, eleifend ac, enim. Aliquam lorem ante, dapibus in, viverra quis, feugiat a, tellus. Phasellus viverra nulla ut metus varius laoreet. Quisque rutrum. Aenean imperdiet. Etiam ultricies nisi vel augue. Curabitur ullamcorper ultricies nisi. Nam eget dui. Etiam rhoncus. Maecenas tempus, tellus eget condimentum rhoncus, sem quam semper libero, sit amet adipiscing sem neque sed ipsum. Nam quam nunc, blandit vel, luctus pulvinar, hendrerit id, lorem. Maecenas nec odio et ante tincidunt tempus. Donec vitae sapien ut libero venenatis faucibus. Nullam quis ante. Etiam sit amet orci eget eros faucibus tincidunt. Duis leo. Sed fringilla mauris sit amet nibh. Donec sodales sagittis magna. Sed consequat, leo eget bibendum sodales, augue velit cursus nunc,

Sed ut perspiciatis unde omnis iste natus error sit voluptatem accusantium doloremque laudantium, totam rem aperiam, eaque ipsa quae ab illo inventore veritatis et quasi architecto beatae vitae dicta sunt explicabo. Nemo enim ipsam voluptatem quia voluptas sit aspernatur aut odit aut fugit, sed quia consequuntur magni dolores eos qui ratione voluptatem sequi nesciunt. Neque porro quisquam est, qui dolorem ipsum quia dolor sit amet, consectetur, adipisci velit, sed quia non numquam eius modi tempora incidunt ut labore et dolore magnam aliquam quaerat voluptatem. Ut enim ad minima veniam, quis nostrum exercitationem ullam corporis suscipit laboriosam, nisi ut aliquid ex ea commodi consequatur? Quis autem vel eum iure reprehenderit qui in ea voluptate velit esse quam nihil molestiae consequatur, vel illum qui dolorem eum fugiat quo voluptas nulla pariatur? At vero eos et accusamus et iusto odio dignissimos ducimus qui blanditiis praesentium voluptatum deleniti atque corrupti quos dolores et quas molestias excepturi sint occaecati cupiditate non provident, similique sunt in culpa qui officia deserunt mollitia animi, id est laborum et dolorum fuga. Et harum quidem rerum facilis est et expedita distinctio. Nam libero tempore, cum soluta nobis est eligendi optio cumque nihil impedit quo minus id quod maxime placeat facere

Li European lingues es membres del sam familie. Lor separat existentie es un myth. Por scientie, musica, sport etc, litot Europa usa li sam vocabular. Li lingues differe solmen in li grammatica, li pronunciation e li plu commun vocabules. Omnicos directe al desirabilite de un nov lingua franca: On refusa continuar payar custosi traductores. At solmen va esser necessari far uniform grammatica, pronunciation e plu sommun paroles. Ma quande lingues coalesce, li grammatica del resultant lingue es plu simplic e regulari quam ti del coalescent lingues. Li nov lingua franca va esser plu simplic e regulari quam li existent European lingues. It va esser tam simplic quam Occidental in fact, it va esser Occidental. A un Angleso it va semblar un simplificat Angles, quam un skeptic Cambridge amico dit me que Occidental es. Li European lingues es membres del sam familie. Lor separat existentie es un myth. Por scientie, musica, sport etc, litot Europa usa li sam vocabular. Li lingues differe solmen in li grammatica, li pronunciation e li plu

commun vocabules. Omnicos directe al desirabilite de un nov lingua franca: On refusa continuar payar custosi traductores. At solmen va esser necessari far uniform grammatica, pronunciation e plu sommun paroles.

# Literatur

- [Bro08] Ilja N. Bronstein, K. A. Semendjajew, Gerhard Musiol und Heiner Muehlig. *Taschenbuch der Mathematik*. Harri Deutsch, 2008.
- [BVD20] D. Bilibashi, E. M. Vitucci und V. Degli-Esposti. „Dynamic Ray Tracing: Introduction and Concept“. In: *2020 14th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP)*. 2020, S. 1–5. DOI: 10.23919/EuCAP48036.2020.9135577.
- [Cha08] Anish Chandak, Christian Lauterbach, Micah Taylor, Zhimin Ren und Dinesh Manocha. „AD-Frustum: Adaptive Frustum Tracing for Interactive Sound Propagation“. In: *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* 14.6 (2008), S. 1707–1722. DOI: 10.1109/TVCG.2008.111.
- [CW88] John G. Cleary und Geoff Wyvill. In: *The Visual Computer* 4 (1988), S. 65–83. DOI: 10.1007/BF01905559.
- [Hav00] Vlastimil Havran. „Heuristic Ray Shooting Algorithms“. Diss. Czech Technical University, Prague, Nov. 2000.
- [Rag10] Nikunj Raghuvanshi, John Snyder, Ravish Mehra, Ming Lin und Naga Govindaraju. „Precomputed wave simulation for real-time sound propagation of dynamic sources in complex scenes“. In: *ACM SIGGRAPH 2010 Papers*. SIGGRAPH ’10. Los Angeles, California: Association for Computing Machinery, 2010. ISBN: 9781450302104. DOI: 10.1145/1833349.1778805. URL: <https://doi.org/10.1145/1833349.1778805>.
- [Sec] Mr. Secret. *Online Article mit extrem langer URL*. [http : / / www . sueddeutsche . de / panorama / japan / atomkatastrophe / neue / explosion / im / akw / fukushima / strahlung / tritt / aus / 1 . 1072079](http://www.sueddeutsche.de/panorama/japan/atomkatastrophe/neue/explosion/im/akw/fukushima/strahlung/tritt/aus/1.1072079).

- [SS15] Lauri Savioja und U. Peter Svensson. „Overview of geometrical room acoustic modeling techniques“. In: *The Journal of the Acoustical Society of America* 138.2 (Aug. 2015), S. 708–730. ISSN: 0001-4966. DOI: 10.1121/1.4926438. eprint: [https://pubs.aip.org/asa/jasa/article-pdf/138/2/708/13242401/708\\\_1\\\_online.pdf](https://pubs.aip.org/asa/jasa/article-pdf/138/2/708/13242401/708\_1\_online.pdf). URL: <https://doi.org/10.1121/1.4926438>.

# **Abbildungsverzeichnis**



# **Tabellenverzeichnis**

