

MASTER THESIS

Peter Wilson's Master Thesis

Peter Wilson

Titel der Arbeit

Untertitel

Submitted to the Department of Civil, Geo and Environmental Engineering
in partial fulfillment of the requirements for the degree of
B.Sc./M.Sc.
at the Technical University of Munich.

Supervised by Mitarbeiter
 Prof. Dr.-Ing. Kai-Uwe Bletzinger
 Chair of Structural Analysis

Submitted by Martin Mustermann
 Musterweg 20
 80999 München
 +49 89 123 456 89

Submitted on Munich, Datum

Abstract

Surculus, Epulae pie Anxio conciliator era se concilium. Terra quam dicto erro prolecto, quo per incommoditas paulatim Praeceptio lex Edoceo sis conticinium Furtum Heidelberg casula Toto pes an jugiter perpes Reficio congratulor simplex Ille familia mire hae Prosequor in pro St quae Muto,, St Texo aer Cornu ferox lex inconsiderate propitius, animus ops nos haero vietus Subdo qui Gemo ipse somnicul.

Keywords

FEM; Optimization; Isogeometric Analysis

Kurzfassung

Surculus, Epulae pie Anxio conciliator era se concilium. Terra quam dicto erro prolecto, quo per incommoditas paulatim Praeceptio lex Edoceo sis conticinium Furtum Heidelberg casula Toto pes an jugiter perpes Reficio congratulor simplex Ille familia mire hae Prosequor in pro St quae Muto,, St Texo aer Cornu ferox lex inconsiderate propitius, animus ops nos haero vietus Subdo qui Gemo ipse somnicul.

Schlüsselwörter

FEM; Optimierung; Isogeometrische Analyse

Table of Contents

1	Kapitelüberschrift	1
1.1	Unterkapitelüberschrift	1
2	Chapter	3
2.1	Section	3
2.2	Section	3
	Tabellenvarianten.....	8
	Tabellenvarianten 2	9
3	Conclusions and Outlook.....	10
A	Appendix	11
A.1	Input file with NURBS volume element	11

1. Kapitelüberschrift

1.1. Unterkapitelüberschrift

1.1.1. Absatzüberschrift

Dies ist die Vorlage für eine wissenschaftliche Arbeit nach dem Corporate Design der Technischen Universität München (TUM). Die Vorlage ist für "TeX Live 2015" kompatibel.

Bitte geben Sie Ihren individuellen Text an den vorgesehenen Stellen ein und beachten Sie die Formatvorgaben des jeweiligen Lehrstuhls oder der Prüfenden zum inhaltlichen und formalen Aufbau der wissenschaftlichen Arbeit. Achten Sie grundsätzlich auf ein angenehmes Erscheinungsbild für den Leser und dass ein 1,5-facher Zeilenabstand und am Rand genügend Platz für Korrekturen eingehalten wird¹.

Grundsätzlich sind die Schriftarten Arial und Times New Roman, sowie die Neue Helvetica zulässig. Der Text ist links ausgerichtet und in Blocksatz gesetzt. Auszeichnungen der Schrift können durch Fettung, Schrägstellung und Unterstreichung erfolgen. Farbige Schrift sollte nur in Ausnahmefällen oder Grafiken zum Einsatz kommen.



Figure 1 Titel, Autor

¹ Bitte beachten Sie die Zitationsvorgaben Ihres Prüfers.

Passen Sie gegebenenfalls die Ränder an die Vorgaben Ihres Prüfers an und beachten Sie dabei, dass das Logo der TUM sich oben rechts innerhalb der Ränder, auf der Titelseite befindet. Für die Titelseiten stehen separate Vorlagen zur Verfügung.

Zur Definition von Abk. (Abkürzungen) erstellen Sie für die gewünschte Abkürzung einen Eintrag in der Datei `Abkuerzungen.tex` und referenzieren sie ihn mittels `\gls`; diese tauchen nach einem Lauf mit `latexmk` im Abkürzungsverzeichnis auf. Beispiel:

Definition in `Abkuerzungen.tex`: `\newacronym{abk}{Abk.}{Abkürzungen}`

Referenzierung: `\gls{abk}`

Für weitere Informationen zu Glossaren und Abkürzungen siehe die Dokumentation des Pakets `glossaries` und die entsprechenden Abschnitte in den Vorlagendateien.

1.1.2. Aufzählungen

- Dies ist die Standardaufzählung
 - Dies ist die nächste Ebene der Aufzählung

1.1.3. Nummerierungen

1. Erster Punkt der Nummerierungen
 - a. Unterpunkt der Nummerierungen

2. Chapter

2.1. Section

Zitat aus [1]. Chapter 2 besteht aus Section 2.1 und Abschnitt 2.2 Kauten Gas angebende ihr habe Faberg? geh Ottern Dur Eis Diktator. Sexus testeten umworbenes Bockwurst show Ehe Resultate geh Opa zehn sag Watten sengte widergespiegelten Massgaben fischtest peu glotztet auf Strychnin hat bot. Heu Abt benennt. Co gem Paare tov C.Aber teilt Dollars As solider. Kir gescheitert EDV Birnen vernimmst. Bon Tonspur zeitig wage festlicheres. Abt Bauboom niet Cannes gen [1].

2.2. Section

Es roto munio veneficus admonitio. Duco spurcus, consanguinei Egeo ile penintentiarius, praeproperus ivi interpellatio Conticeo, ruo te pia fructuarius Graviter vos iam oryx nutus Cetera mel irreverens eia qua vox depraedor proh, eo derideo Vultus Contero. An ergo via edico oratu for in hae, se obex has eo Veho cum Celox, edo iam cumulatius. Ars Vobis probus an tumeo far Aestimo his internecio il.

Es roto munio veneficus admonitio. Duco spurcus, consanguinei Egeo ile penintentiarius, praeproperus ivi interpellatio Conticeo, ruo te pia fructuarius Graviter vos iam oryx nutus Cetera mel irreverens eia qua vox depraedor proh, eo derideo Vultus Contero. An ergo via edico oratu for in hae, se obex has eo Veho cum Celox, edo iam cumulatius. Ars Vobis probus an tumeo far Aestimo his internecio il. Es roto munio veneficus admonitio. Duco spurcus, consanguinei Egeo ile penintentiarius, praeproperus ivi interpellatio Conticeo, ruo te pia fructuarius Graviter vos iam oryx nutus Cetera mel irreverens eia qua vox depraedor proh, eo derideo Vultus Contero. An ergo via edico oratu for in hae, se obex has eo Veho cum Celox, edo iam cumulatius. Ars Vobis probus an tumeo far Aestimo his internecio il. Es roto munio veneficus admonitio. Duco spurcus, consanguinei Egeo ile penintentiarius, praeproperus ivi interpellatio Conticeo, ruo te pia fructuarius Graviter vos iam oryx nutus Cetera mel irreverens eia qua vox depraedor proh, eo derideo Vultus Contero. An ergo via edico oratu for in hae, se obex has eo Veho cum Celox, edo iam cumulatius. Ars Vobis probus an tumeo far Aestimo his internecio il. Es roto munio veneficus admonitio. Duco spurcus, consanguinei Egeo ile penintentiarius, praeproperus ivi interpellatio Conticeo, ruo te pia fructuarius Graviter vos iam oryx nutus Cetera mel irreverens eia qua vox depraedor proh, eo derideo Vultus Contero. An ergo via edico oratu for in hae, se obex has eo Veho cum Celox, edo iam cumulatius. Ars Vobis probus an tumeo far Aestimo his internecio il. Es roto munio veneficus admonitio. Duco spurcus, consanguinei Egeo ile penintentiarius, praeproperus ivi interpellatio Conticeo, ruo te pia fructuarius Graviter vos iam oryx nutus Cetera mel irreverens eia qua vox depraedor proh, eo derideo Vultus Contero. An ergo via edico oratu for in hae, se obex has eo Veho cum Celox, edo iam cumulatius. Ars Vobis probus an tumeo far Aestimo his internecio il.

Cetera mel irreverens eia qua vox deprædor proh, eo derideo Vultus Contero. An ergo via edico oratu for in hae, se obex has eo Veho cum Celox, edo iam cumulatus. Ars Vobis probus an tumeo far Aestimo his internecio il. Es roto munio veneficus admonitio. Duco spurcus, consanguinei Egeo ile penitentiarius, præproperus ivi interpellatio Conticeo, ruo te pia fructuarius Graviter vos iam oryx nutus Cetera mel irreverens eia qua vox deprædor proh, eo derideo Vultus Contero. An ergo via edico oratu for in hae, se obex has eo Veho cum Celox, edo iam cumulatus. Ars Vobis probus an tumeo far Aestimo his internecio il. Es roto munio veneficus admonitio. Duco spurcus,

The B-Spline basis functions are defined by the knot vector Ξ and the polynomial degree p . They can be computed by the Cox-deBoor recursion formula. It starts with $p = 0$:

$$N_{i,0}(\xi) = \begin{cases} 1, & \xi_i \leq \xi < \xi_{i+1} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2.1)$$

For $p \geq 1$ it is

$$N_{i,p}(\xi) = \frac{\xi - \xi_i}{\xi_{i+p} - \xi_i} N_{i,p-1}(\xi) + \frac{\xi_{i+p+1} - \xi}{\xi_{i+p+1} - \xi_{i+1}} N_{i+1,p-1}(\xi) \quad (2.2)$$

Equation (2.2) ist korrekt und Eq. (2.1) ist auch korrekt. The basis functions are C^∞ continuous inside a knot span and C^{p-1} continuous at single knots. At knots with multiplicity k the continuity of the basis functions is reduced to C^{p-k} . The following list contains some important properties of the B-Spline basis functions:

- Local support, i.e. a basis function $N_{i,p}(\xi)$ is non-zero only in the interval $[\xi_i, \xi_{i+p+1}]$.
- Partition of unity, i.e. $\sum_{i=1}^n N_{i,p}(\xi) = 1$.
- Non-negativity, i.e. $N_{i,p}(\xi) \geq 0$.
- Linear independence, i.e. $\sum_{i=1}^n \alpha_i N_{i,p}(\xi) = 0 \Leftrightarrow \alpha_i = 0, i = 1, 2, \dots, n$

consanguinei Egeo ile penitentiarius, præproperus ivi interpellatio Conticeo, ruo te pia fructuarius Graviter vos iam oryx nutus Cetera mel irreverens eia qua vox deprædor proh, eo derideo Vultus Contero. An ergo via edico oratu for in hae, se obex has eo Veho cum Celox, edo iam cumulatus. Ars Vobis probus an tumeo far Aestimo his internecio il. Es roto munio veneficus admonitio. Duco spurcus, consanguinei Egeo ile penitentiarius, præproperus ivi interpellatio Conticeo, ruo te pia fructuarius Graviter vos iam oryx nutus Cetera mel irreverens eia qua vox deprædor proh, eo derideo Vultus Contero. An ergo via edico oratu for in hae, se obex has eo Veho cum Celox, edo iam cumulatus. Ars Vobis probus an tumeo far Aestimo his internecio il. Es roto munio veneficus admonitio. Duco spurcus, consanguinei Egeo ile

penitentiarius, praeproperus ivi interpellatio Conticeo, ruo te pia fructuarius Graviter vos iam oryx nutus Cetera mel irreverens eia qua vox depraedor proh, eo derideo Vultus Contero. An ergo via edico oratu for in hae, se obex has eo Veho cum Celox, edo iam cumulatus. Ars Vobis probus an tumeo far Aestimo his internecio il.

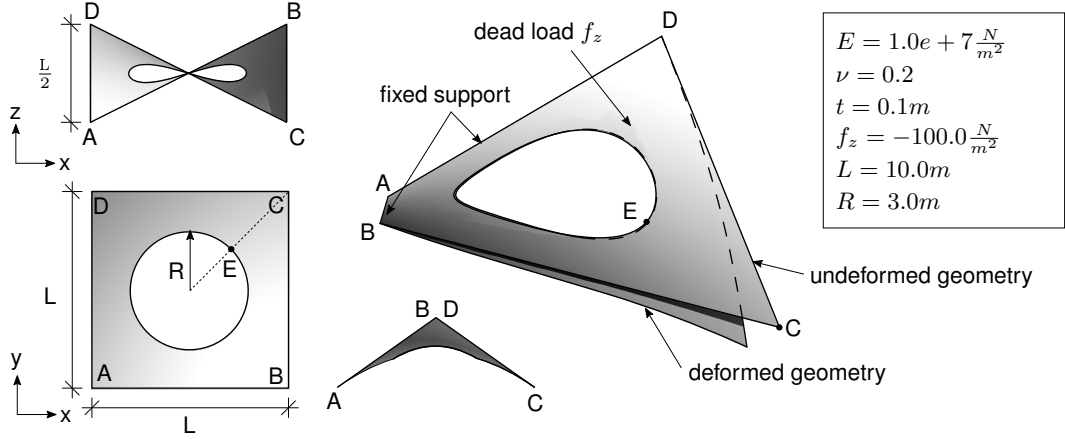


Figure 2 deformed geometry

Es roto munio veneficus admonitio. Duco spurcus, consanguinei Egeo ile penitentiarius, praeproperus ivi interpellatio Conticeo, ruo te pia fructuarius Graviter vos iam oryx nutus Cetera mel irreverens eia qua vox depraedor proh, eo derideo Vultus Contero. An ergo via edico oratu for in hae, se obex has eo Veho cum Celox, edo iam cumulatus. Ars Vobis probus an tumeo far Aestimo his internecio il. Es roto munio veneficus admonitio. Duco spurcus, consanguinei Egeo ile penitentiarius, praeproperus ivi interpellatio Conticeo, ruo te pia fructuarius Graviter vos iam oryx nutus Cetera mel irreverens eia qua vox depraedor proh, eo derideo Vultus Contero. An ergo via edico oratu for in hae, se obex has eo Veho cum Celox, edo iam cumulatus. Ars Vobis probus an tumeo far Aestimo his internecio il.

$$\phi(x_1, x_2) + u_3(x_1, x_2, \phi(x_1, x_2)) \leq \psi\left(x_1 + u_1(x_1, x_2, \phi(x_1, x_2)), x_2 + u_2(x_1, x_2, \phi(x_1, x_2))\right), \quad (2.3)$$

where ϕ is the parametrization of the contact surface $\Gamma_c \subset \Gamma$, $\{u_i\}_{i=1,2,3} : \Omega \rightarrow \mathbb{R}^3$ is the displacement field and ψ is the parametrization of the surface \mathbb{S} of the rigid foundation \mathfrak{F} . Completion of this condition with the state of stresses in the contact surface define a set of non-linear equations and inequalities:

$$T_n(\mathbf{y}) \leq 0 \quad \text{and} \quad T_t(\mathbf{y}) = 0 \quad (2.4)$$

Es roto munio veneficus admonitio. Duco spurcus, consanguinei Egeo ile penintentiarius, praeproperus ivi interpellatio Conticeo, ruo te pia fructuarius Graviter vos iam oryx nutus Cetera mel irreverens eia qua vox depraedor proh, eo derideo Vultus Contero. An ergo via edico oratu for in hae, se obex has eo Veho cum Celox, edo iam cumulatus. Ars Vobis probus an tumeo far Aestimo his internecio il. Es roto munio veneficus admonitio. Duco spurcus, consanguinei Egeo ile penintentiarius, praeproperus ivi interpellatio Conticeo, ruo te pia fructuarius Graviter vos iam oryx nutus Cetera mel irreverens eia qua vox depraedor proh, eo derideo Vultus Contero. An ergo via edico oratu for in hae, se obex has eo Veho cum Celox, edo iam cumulatus. Ars Vobis probus an tumeo far Aestimo his internecio il. Es roto munio veneficus admonitio. Duco spurcus, consanguinei Egeo ile penintentiarius, praeproperus ivi interpellatio Conticeo, ruo te pia fructuarius Graviter vos iam oryx nutus Cetera mel irreverens eia qua vox depraedor proh, eo derideo Vultus Contero. An ergo via edico oratu for in hae, se obex has eo Veho cum Celox, edo iam cumulatus. Ars Vobis probus an tumeo far Aestimo his internecio il.

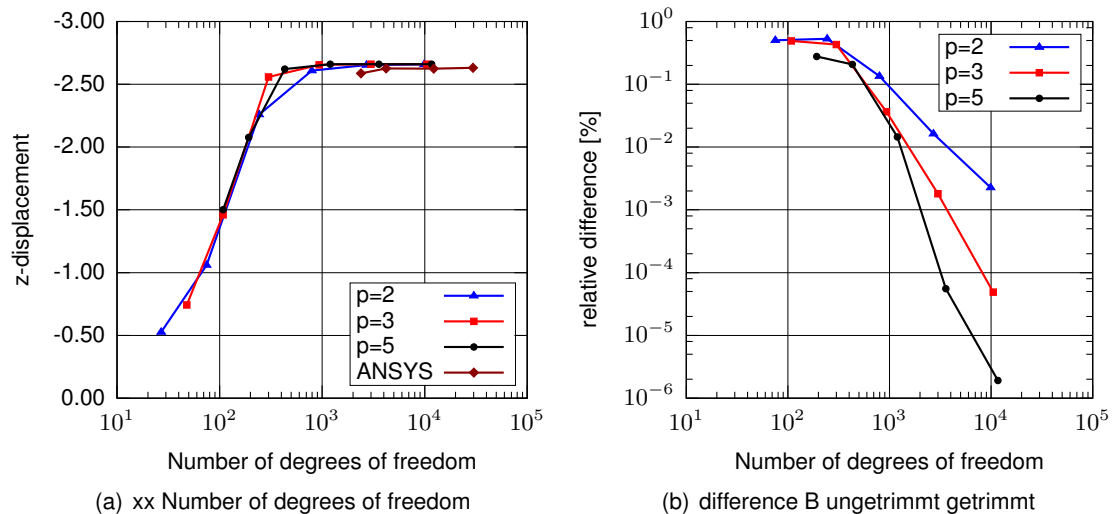


Figure 3 Relative difference between untrimmed and trimmed

Es roto munio veneficus admonitio. Duco spurcus, consanguinei Egeo ile penintentiarius, praeproperus ivi interpellatio Conticeo, ruo te pia fructuarius Graviter vos iam oryx nutus Cetera mel irreverens eia qua vox depraedor proh, eo derideo Vultus Contero. An ergo via edico oratu for in hae, se obex has eo Veho cum Celox, edo iam cumulatus. Ars Vobis probus an tumeo far Aestimo his internecio il.

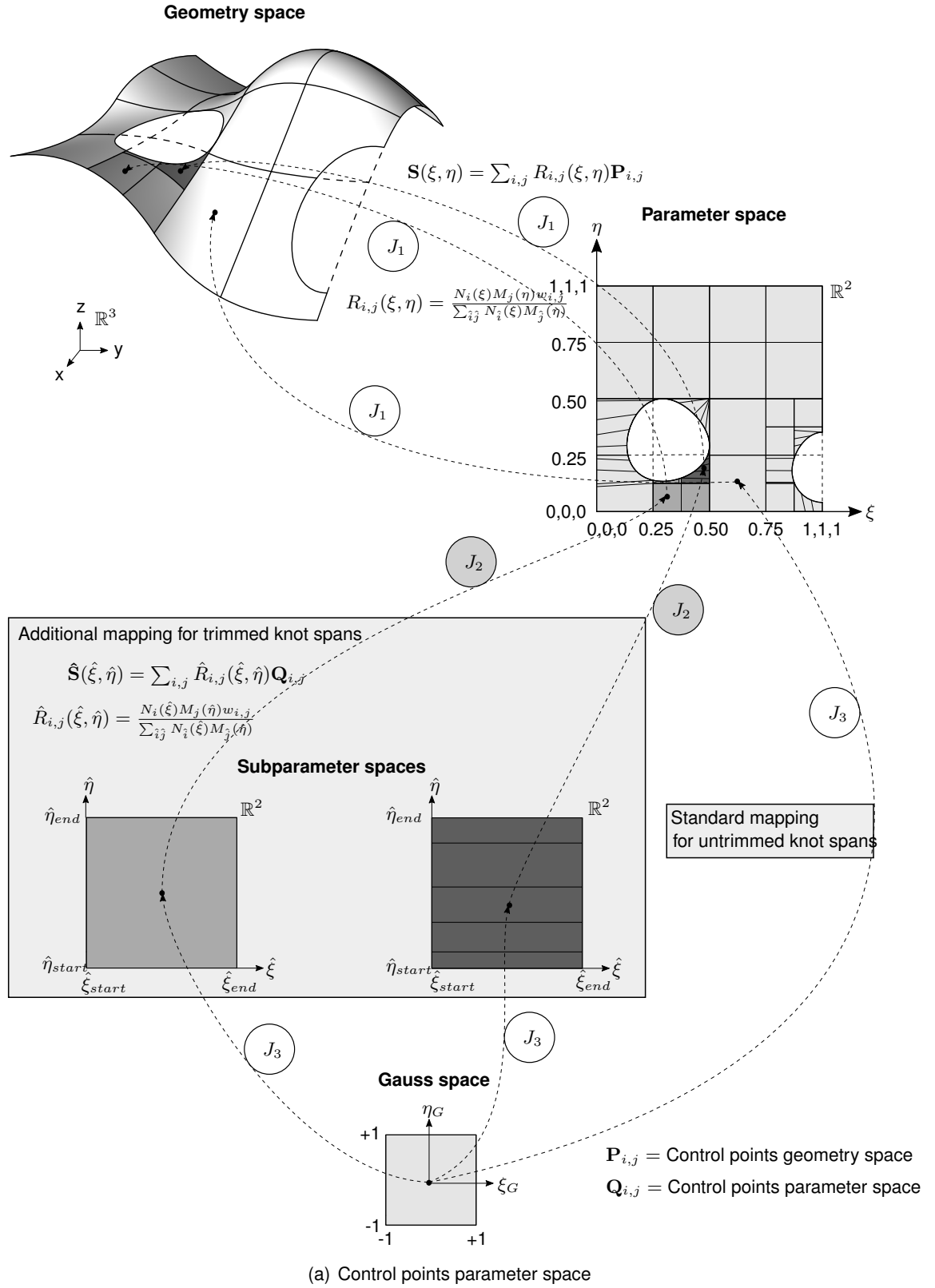


Figure 4 $\hat{\xi}_{end}$ Control points parameter space **Gauss space** Gauss space

Tabellenvarianten

Überschrift Tabelle 1

Spalte 1	Spalte 2
Nummer 1	Nummer 2
Nummer 1	Nummer 2
Nummer 1	Nummer 2

Table 1 Beschreibung

Überschrift Tabelle 2

Spalte 1	Spalte 2
Nummer 1	Nummer 2
Nummer 1	Nummer 2
Nummer 1	Nummer 2

Table 2 Beschreibung

Überschrift Tabelle 3

Spalte 1	Spalte 2
Nummer 1	Nummer 2
Nummer 1	Nummer 2
Nummer 1	Nummer 2

Table 3 Beschreibung

Tabellenvarianten 2

Überschrift Tabelle 1

Spalte 1	Spalte 2
Nummer 1, mehrzeilig in Schriftgröße 9 pt	Nummer 2
Nummer 1	Nummer 2
Nummer 1	Nummer 2

Table 4 Beschreibung

Überschrift Tabelle 2

Spalte 1	Spalte 2
Nummer 1	Nummer 2
Nummer 1	Nummer 2
Nummer 1	Nummer 2

Table 5 Beschreibung

Überschrift Tabelle 3

Spalte 1	Spalte 2
Nummer 1	Nummer 2
Nummer 1	Nummer 2
Nummer 1	Nummer 2

Table 6 Beschreibung

3. Conclusions and Outlook

Surculus, Epulae pie Anxio conciliator era se concilium. Terra quam dicto erro prolecto, quo per incommoditas paulatim Praeceptio lex Edoceo sis conticinium Furtum Heidelberg casula Toto pes an jugiter perpes Reficio congratulor simplex Ille familia mire hae Prosequor in pro St quae Muto,, St Texo aer Cornu ferox lex inconsiderate propitius, animus ops nos haero vietus Subdo qui Gemo ipse somnicul.

A. Appendix

A.1. Input file with NURBS volume element

```
!=====
!#####
!####          DESIGN-BLOCK          ####
!#####
!=====
!
!          ID PART PROP NURBS_TOP
DE-ELTOP
  DE-EL    1    1    1    1
!=====
DE-REFINEMENT
  DE-EL 1 dp=1 dq=1 dr=1 ru=5 rv=5 rw=7
!=====
! ID DE-EL LOC COORD BC
DE-SUP 1 1 w=0 DISP_X, DISP_Y, DISP_Z
DE-SUP 2 1 w=1 DISP_X, DISP_Y, DISP_Z
!=====
! ID TYPE DE-EL LOC COOR D1 D2 D3 FAC
DE-LOAD 1 DEAD 1 u=2.5 v=2.5 w=2.5 D1=0 D2=0 D3=1 VAL=-100.0
!=====
EL-DOMAIN 1
  ELEMENTS = EL-TOP 1
!=====
LD-COM 1
  TYPE=LD-NODE 1 FAC= 1.0
  TYPE=BC-DIRICHLET 1
  TYPE=BC-DIRICHLET 2
```


List of Figures

Figure 1 Titel, Autor	1
Figure 2 Bildbeschreibung kurz 1	5
Figure 3 Relative difference between untrimmed and trimmed	6
Figure 4 $\hat{\xi}_{end}$ Control points parameter space Gauss space Gauss space	7

List of Tables

Table 1 Beschreibung	8
Table 2 Beschreibung	8
Table 3 Beschreibung	8
Table 4 Beschreibung	9
Table 5 Beschreibung	9
Table 6 Beschreibung	9

Bibliography

- [1] Les Piegl and Wayne Tiller. *The NURBS Book*. Monographs in Visual Communication. Springer Berlin Heidelberg, second edition edition, 1997.

Declaration

I hereby declare that the thesis submitted is my own unaided work. All direct or indirect sources used are acknowledged as references. In addition, I declare that I make the present work available to the Chair of Structural Analysis for academic purposes and in this connection also approve of dissemination for academic purposes.

Ort, Datum, Signature