

# Entwicklung einer Regelung mit neuronalen Netzen für die 3D-Servo-Presse

Tajinder Singh Dhaliwal  
Master-Thesis – 31.01.2019  
Betreuer: Florian Hoppe



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT





---

## Aufgabenstellung

---

Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet.

Duis autem vel eum iriure dolor in hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel illum dolore eu feugiat nulla facilisis at vero eros et accumsan et iusto odio dignissim qui blandit praesent luptatum zzril delenit augue duis dolore te feugait nulla facilisi. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur adipiscing elit, sed diam nonumy nibh euismod tincidunt ut laoreet dolore magna aliquam erat volutpat.

Ut wisi enim ad minim veniam, quis nostrud exerci tation ullamcorper suscipit lobortis nisl ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis autem vel eum iriure dolor in hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel illum dolore eu feugiat nulla facilisis at vero eros et accumsan et iusto odio dignissim qui blandit praesent luptatum zzril delenit augue duis dolore te feugait nulla facilisi.

Beginn: 27. April 2015  
Ende: 28. April 2015  
Kolloquium: 29. April 2015

Technische Universitaet Darmstadt  
PtU

Otto-Berndt-Strass 2  
64287 Darmstadt  
Telefon





---

## **Erklärung zur Abschlussarbeit gemäß § 22 Abs. 7 und § 23 Abs. 7 APB TU Darmstadt**

---

Hiermit versichere ich, Tajinder Singh Dhaliwal, die vorliegende Master-Thesis gemäß § 22 Abs. 7 APB der TU Darmstadt ohne Hilfe Dritter und nur mit den angegebenen Quellen und Hilfsmitteln angefertigt zu haben. Alle Stellen, die Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht worden. Diese Arbeit hat in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner Prüfungsbehörde vorgelegen.

Mir ist bekannt, dass im Falle eines Plagiats (§ 38 Abs. 2 APB) ein Täuschungsversuch vorliegt, der dazu führt, dass die Arbeit mit 5,0 bewertet und damit ein Prüfungsversuch verbraucht wird. Abschlussarbeiten dürfen nur einmal wiederholt werden.

Bei der abgegebenen Thesis stimmen die schriftliche und die zur Archivierung eingereichte elektronische Fassung gemäß § 23 Abs. 7 ABP überein.

Bei einer Thesis des Fachbereichs Architektur entspricht die eingereichte elektronische Fassung dem vorgestellten Modell und den vorgelegten Plänen.

Datum:

Unterschrift:

---

---

---

## Kurzfassung

---

Diese Arbeit befasst sich mit der Entwicklung eines Verfahrens zur Beherrschung von Unsicherheiten in Drei-Punkt-Richtprozessen. Beim Richten ist sowohl die Prozessgeschwindigkeit als auch Prozessgenauigkeit die genaue Prädiktion der Rückfederung des Bauteils von entscheidender Rolle. Dabei stellen oftmals schwankende Bauteileigenschaften eine Herausforderung dar, die eine Regelstrategie benötigt, die diese Schwankungen erkennen und kompensieren kann. Hierzu wird in dieser Arbeit ein Verfahren entwickelt, welches es erlaubt, parallel zu einem Biegeprozess in Echtzeit alle relevanten Bauteilinformationen aus der Kraft-Weg-Messung des Bauteils zu identifizieren und damit zu jedem Zeitpunkt die Rückfederung zu prädizieren.

Anhand der Ergebnisse an einer Drei-Punkt-Richtmaschine wird gezeigt, dass mit diesem Verfahren auch ohne Kenntnis der Materialeigenschaften mit nur einem Richthub eine hohe Genauigkeit erzielt werden kann. Darüber hinaus werden in Versuchen auch die Grenzen der Robustheit gegenüber Schwankungen in der Bauteilgeometrie getestet. Als Ausblick zu diesem Verfahren wird ein Lösungsansatz geliefert, mit dem ein höheres Maß an vertrauenswürdiger Information gewonnen werden kann und durch eine stochastische Modellierung der Unsicherheiten eine weitere Optimierung ist.

**Schlüsselwörter:** Drei-Punkt-Richten, Unsicherheit, Unwissen, Materialeigenschaft, Bauteileigenschaften, Robustheit

---

## Abstract

---

This thesis deals with the development of a method to control uncertainties in three-point straightening processes. Speed and accuracy in straightening processes are determined by its quality of springback prediction. Alternating material and part properties are a challenging task for springback prediction and require a control strategy which is able to detect and compensate those uncertainties. Therefore this thesis presents a method which is able to extract all essential information from the online force-displacement curvature during the straightening process and provides a real-time springback prediction.

Results from real processes on a three-point straightening machine have shown that this method is able to handle unknown uncertainties in material properties and achieve a high accuracy within one stroke. Additional results show the robustness of this method and its limits regarding uncertainties in part properties. A further solution is provided which gives an outlook on how to increase the amount of available, reliable information and therefore optimize the method with a stochastic uncertainty.

**Keywords:** three-point straightening, stochastic uncertainty, unknown uncertainty, material properties, part properties, robustness

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>Symbole und Abkungen</b>	<b>vii</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>xi</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>xiii</b>
<b>1 Einleitung - Das ist ein Test</b>	<b>1</b>
<b>2 Grundlagen</b>	<b>3</b>
<b>3 Ausblick</b>	<b>5</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>7</b>





# Symbole und Abkzungen

## Operatoren und Funktionen

Symbol	Beschreibung
*	Faltung
★	Kreuzkorrelation
$\delta(\cdot)$	Dirac-Funktion
$\frac{\partial f}{\partial x}$	partiellles Differential
$\frac{df}{dt}$	totales Differential
$\Theta(\cdot)$	Heaviside-/Sprung-Funktion

## Lateinische Symbole und Formelzeichen

Symbol	Beschreibung	Einheit
$A$	Bauteilfl in der $x$ - $z$ -Ebene	$\text{mm}^2$
$a_f$	Parameter der Kaltfliecurve	$\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$
$b$	Integrationskonstante	N
$b_f$	Parameter der Kaltflieve	$\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$
$E$	Elastizitsmodul	$\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$
$F$	aktuelle Reaktionskraft des Bauteils	N
$F_m$	Reaktionskraft des Bauteils zu Beginn der $m$ -ten Entlastung	N
$\bar{F}_m$	Reaktionskraft des Bauteils nach der $m$ -ten Entlastung	N
$F_n$	Reaktionskraft des Bauteils im $n$ -ten Abtastschritt	N
$\mathbf{F}_{1:n}$	Vektor der Reaktionskre vom ersten bis $n$ -ten Abtastschritt	N
$F_Y$	Bauteilflieenze	N
$h$	Bauteilhe	mm
$I_y$	Flentrsmoment um die $y$ -Achse	$\text{mm}^4$
$k$	Bauteilsteifigkeit	$\frac{\text{N}}{\text{mm}}$
$\hat{k}$	gescte Bauteilsteifigkeit	$\frac{\text{N}}{\text{mm}}$
$\hat{k}_{\text{el}}$	verbesserte Scung der Bauteilsteifigkeit	$\frac{\text{N}}{\text{mm}}$
$\hat{k}_{\text{pl}}$	gesctes Tangentenmodul im plastischen Bereich	$\frac{\text{N}}{\text{mm}}$
$\hat{k}_{\text{el},m}$	verbesserte Schng der Bauteilsteifigkeit nach der $m$ -ten Rderung	$\frac{\text{N}}{\text{mm}}$
$k_f$	Fliepannung der Kaltfliee	$\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$
$l$	Bauteille	mm
$l_{\text{eff}}$	effektive Bauteillge zwischen den Auflagern	mm

Symbol	Beschreibung	Einheit
$M_y$	Biegemoment um die $y$ -Achse	Nmm
$t$	Zeit	s
$T_{\text{abt}}$	Abtastzeit der Ein- und Ausge	s
$U$	Steuerspannung des Proportionalventils	V
$\dot{V}$	Volumenstrom durch das Proportionalventil	$\frac{\text{mm}^3}{\text{s}}$
$w$	aktuelle Bauteildurchbiegung	mm
$w_n$	Bauteildurchbiegung im $n$ -ten Abtastschritt	mm
$w_m$	Bauteildurchbiegung zu Beginn der $m$ -ten Entlastung	mm
$\mathbf{w}_{1:n}$	Vektor der Bauteildurchbiegungen vom ersten bis $n$ -ten Abtastschritt	mm
$\dot{w}$	aktuelle Biegegeschwindigkeit	$\frac{\text{mm}}{\text{s}}$
$\tilde{w}$	geschte Bauteildurchbiegung nach Entlastung	mm
$\bar{w}$	Bauteildurchbiegung nach Entlastung	mm
$\bar{w}_m$	Bauteildurchbiegung nach der $m$ -ten Entlastung	mm
$\bar{w}_{\text{soll}}$	Solldurchbiegung des Bauteils nach Entlastung	mm
$w_0$	Anfangsbauteildurchbiegung	mm

### Griechische Symbole und Formelzeichen

Symbol	Beschreibung	Einheit
$\epsilon$	Rauschprozesses der Kraftmessung	N
$\varepsilon$	mechanische Dehnung	
$\varepsilon_{\text{el}}$	elastische Dehnung	
$\varepsilon_{\text{pl}}$	plastische Dehnung	
$\eta$	Verfestigungsexponent des Bauteils	
$\eta_f$	Verfestigungsexponent der Kaltfließe	
$\lambda$	Vergessensfaktor	
$\mu_R$	Reibungskoeffizient	
$\mu$	Mittelwertvektor der Zufallsvariablen $k$ und $b$	
$\nu$	Rauschprozess der Wegmessung	
$\rho_0$	Krgsradius des Balkens	
$\Sigma$	Kovarianzmatrix der Zufallsvariablen $k$ und $b$	
$\sigma$	mechanische Spannung	$\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$
$\sigma_{\epsilon}^2$	Varianz der Kraftmessung	$\text{N}^2$
$\sigma_{\nu}^2$	Varianz der Wegmessung	$\text{mm}^2$
$\sigma_F^2$	Varianz der Zufallsvariable $F$	$\text{N}^2$
$\sigma_Y$	Materialfließen	$\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$
$\varphi$	Umformgrad	

---

## Abkungen

---

Kel	vollstige Bezeichnung
AI	Analog Input
AO	Analog Output
BNF	Beobachter-Normalform
BIBO	Bounded Input Bounded Output
CAD	Computer-Aided Design
DAQ	Data Aquisition
DCOM	Distributed Component Object Model
DGL	Differenzialgleichung
DI	Digital Input
DO	Digital Output
FE	Finite Elemente
FEA	Finite Elemente Analyse
FEM	Finite Elemente Methode
I/O	Input/Output
LS	Least Squares
LVDT	Linear Variable Differential Transformer (Wegsensor)
OLE	Object Linking and Embedding
OPC	Object Linking and Embedding for Process Control
OPC-DA	OPC Data Access
OPC-UA	OPC Unified Architecture
pdf	probability density function
RLS	Recursive Least Squares
RMS	Root Mean Square
RT	Real-Time
SPS	Speicherprogrammierbare Steuerung
SSI	Synchronous Serial Interface



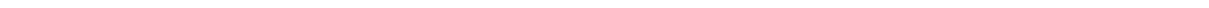
---

# Abbildungsverzeichnis



---

# Tabellenverzeichnis





---

# 1 Einleitung - Das ist ein Test Git Test

Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet.

According to [1], there are a lot of people...

Duis autem vel eum iriure dolor in hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel illum dolore eu feugiat nulla facilisis at vero eros et accumsan et iusto odio dignissim qui blandit praesent luptatum zzril delenit augue dui dolore te feugait nulla facilisi. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur adipiscing elit, sed diam nonumy nibh euismod tincidunt ut laoreet dolore magna aliquam erat volutpat.

Ut wisi enim ad minim veniam, quis nostrud exerci tation ullamcorper suscipit lobortis nisl ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis autem vel eum iriure dolor in hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel illum dolore eu feugiat nulla facilisis at vero eros et accumsan et iusto odio dignissim qui blandit praesent luptatum zzril delenit augue dui dolore te feugait nulla facilisi. Duis autem vel eum iriure dolor in hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel illum dolore eu feugiat nulla facilisis at vero eros et accumsan et iusto odio dignissim qui blandit praesent luptatum zzril delenit augue dui dolore te feugait nulla facilisi. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur adipiscing elit, sed diam nonumy nibh euismod tincidunt ut laoreet dolore magna aliquam erat volutpat.

Ut wisi enim ad minim veniam, quis nostrud exerci tation ullamcorper suscipit lobortis nisl ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis autem vel eum iriure dolor in hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel illum dolore eu feugiat nulla facilisis at vero eros et accumsan et iusto odio dignissim qui blandit praesent luptatum zzril delenit augue dui dolore te feugait nulla facilisi. Duis autem vel eum iriure dolor in hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel illum dolore eu feugiat nulla facilisis at vero eros et accumsan et iusto odio dignissim qui blandit praesent luptatum zzril delenit augue dui dolore te feugait nulla facilisi. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur adipiscing elit, sed diam nonumy nibh euismod tincidunt ut laoreet dolore magna aliquam erat volutpat.

---

Ut wisi enim ad minim veniam, quis nostrud exerci tation ullamcorper suscipit lobortis nisl ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis autem vel eum iriure dolor in hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel illum dolore eu feugiat nulla facilisis at vero eros et accumsan et iusto odio dignissim qui blandit praesent luptatum zzril delenit augue duis dolore te feugait nulla facilisi.

---

## 2 Grundlagen

Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet.

Duis autem vel eum iriure dolor in hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel illum dolore eu feugiat nulla facilisis at vero eros et accumsan et iusto odio dignissim qui blandit praesent luptatum zzril delenit augue dui dolore te feugait nulla facilisi. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur adipiscing elit, sed diam nonumy nibh euismod tincidunt ut laoreet dolore magna aliquam erat volutpat.

Ut wisi enim ad minim veniam, quis nostrud exerci tation ullamcorper suscipit lobortis nisl ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis autem vel eum iriure dolor in hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel illum dolore eu feugiat nulla facilisis at vero eros et accumsan et iusto odio dignissim qui blandit praesent luptatum zzril delenit augue dui dolore te feugait nulla facilisi.

Nam liber tempor cum soluta nobis eleifend option congue nihil imperdiet doming id quod mazim placerat facer possim assum. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur adipiscing elit, sed diam nonumy nibh euismod tincidunt ut laoreet dolore magna aliquam erat volutpat. Ut wisi enim ad minim veniam, quis nostrud exerci tation ullamcorper suscipit lobortis nisl ut aliquip ex ea commodo consequat.

Duis autem vel eum iriure dolor in hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel illum dolore eu feugiat nulla facilisis.

Duis autem vel eum iriure dolor in hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel illum dolore eu feugiat nulla facilisis at vero eros et accumsan et iusto odio dignissim qui blandit praesent luptatum zzril delenit augue dui dolore te feugait nulla facilisi. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur adipiscing elit, sed diam nonumy nibh euismod tincidunt ut laoreet dolore magna aliquam erat volutpat.

---

Ut wisi enim ad minim veniam, quis nostrud exerci tation ullamcorper suscipit lobortis nisl ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis autem vel eum iriure dolor in hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel illum dolore eu feugiat nulla facilisis at vero eros et accumsan et iusto odio dignissim qui blandit praesent luptatum zzril delenit augue duis dolore te feugait nulla facilisi. Duis autem vel eum iriure dolor in hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel illum dolore eu feugiat nulla facilisis at vero eros et accumsan et iusto odio dignissim qui blandit praesent luptatum zzril delenit augue duis dolore te feugait nulla facilisi. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed diam nonummy nibh euismod tincidunt ut laoreet dolore magna aliquam erat volutpat.

Ut wisi enim ad minim veniam, quis nostrud exerci tation ullamcorper suscipit lobortis nisl ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis autem vel eum iriure dolor in hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel illum dolore eu feugiat nulla facilisis at vero eros et accumsan et iusto odio dignissim qui blandit praesent luptatum zzril delenit augue duis dolore te feugait nulla facilisi. Duis autem vel eum iriure dolor in hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel illum dolore eu feugiat nulla facilisis at vero eros et accumsan et iusto odio dignissim qui blandit praesent luptatum zzril delenit augue duis dolore te feugait nulla facilisi. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed diam nonummy nibh euismod tincidunt ut laoreet dolore magna aliquam erat volutpat.

Ut wisi enim ad minim veniam, quis nostrud exerci tation ullamcorper suscipit lobortis nisl ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis autem vel eum iriure dolor in hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel illum dolore eu feugiat nulla facilisis at vero eros et accumsan et iusto odio dignissim qui blandit praesent luptatum zzril delenit augue duis dolore te feugait nulla facilisi.

---

## 3 Ausblick

Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet.

Duis autem vel eum iriure dolor in hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel illum dolore eu feugiat nulla facilisis at vero eros et accumsan et iusto odio dignissim qui blandit praesent luptatum zzril delenit augue dui dolore te feugait nulla facilisi. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur adipiscing elit, sed diam nonumy nibh euismod tincidunt ut laoreet dolore magna aliquam erat volutpat.

Ut wisi enim ad minim veniam, quis nostrud exerci tation ullamcorper suscipit lobortis nisl ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis autem vel eum iriure dolor in hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel illum dolore eu feugiat nulla facilisis at vero eros et accumsan et iusto odio dignissim qui blandit praesent luptatum zzril delenit augue dui dolore te feugait nulla facilisi.

Nam liber tempor cum soluta nobis eleifend option congue nihil imperdiet doming id quod mazim placerat facer possim assum. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur adipiscing elit, sed diam nonumy nibh euismod tincidunt ut laoreet dolore magna aliquam erat volutpat. Ut wisi enim ad minim veniam, quis nostrud exerci tation ullamcorper suscipit lobortis nisl ut aliquip ex ea commodo consequat.

Duis autem vel eum iriure dolor in hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel illum dolore eu feugiat nulla facilisis.

Duis autem vel eum iriure dolor in hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel illum dolore eu feugiat nulla facilisis at vero eros et accumsan et iusto odio dignissim qui blandit praesent luptatum zzril delenit augue dui dolore te feugait nulla facilisi. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur adipiscing elit, sed diam nonumy nibh euismod tincidunt ut laoreet dolore magna aliquam erat volutpat.

---

Ut wisi enim ad minim veniam, quis nostrud exerci tation ullamcorper suscipit lobortis nisl ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis autem vel eum iriure dolor in hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel illum dolore eu feugiat nulla facilisis at vero eros et accumsan et iusto odio dignissim qui blandit praesent luptatum zzril delenit augue dui dolore te feugait nulla facilisi.

Duis autem vel eum iriure dolor in hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel illum dolore eu feugiat nulla facilisis at vero eros et accumsan et iusto odio dignissim qui blandit praesent luptatum zzril delenit augue dui dolore te feugait nulla facilisi. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed diam nonummy nibh euismod tincidunt ut laoreet dolore magna aliquam erat volutpat.

Ut wisi enim ad minim veniam, quis nostrud exerci tation ullamcorper suscipit lobortis nisl ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis autem vel eum iriure dolor in hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel illum dolore eu feugiat nulla facilisis at vero eros et accumsan et iusto odio dignissim qui blandit praesent luptatum zzril delenit augue dui dolore te feugait nulla facilisi.

---

# Literaturverzeichnis

[1] PINTELON, R. und J. SCHOUKENS: *System identification : a frequency domain approach*, 2012.