

QM in der additiven Fertigung

Betrachtungen zur Prozessfähigkeit am Beispiel der additiven Herstellung von Zahnersatz

Andrea Huxol, M. Eng., Prof. Dr.-Ing. Franz-Josef Villmer

Lemgo, 04.11.2016

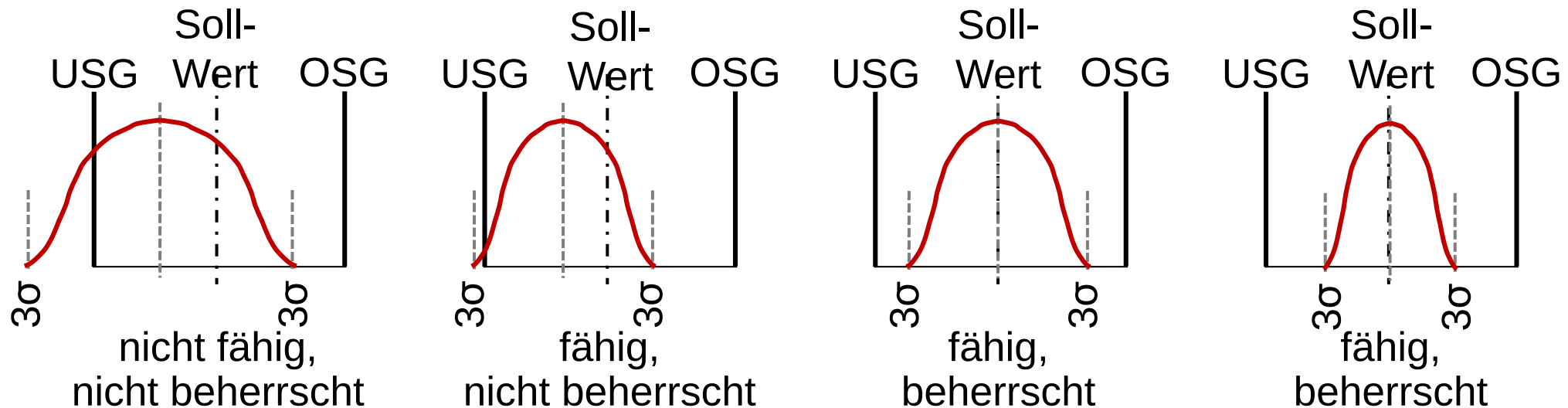
Agenda

- Prozessfähigkeit
- Szenario: Einsatz von AM in der Herstellung von Zahnersatz
- Prozessketten zur Fertigung von Zahnersatz
- Qualitätsanforderungen
- Einflussgrößen auf den Prozess
- Betrachtung zur Prozessfähigkeitsanalyse
- Ausblick

Prozessfähigkeit

Prozessfähigkeit

- ist ein Maß zur Beurteilung, ob ein Prozess dauerhaft ein gefordertes Ergebnis liefern kann.
- bewertet das Verhältnis der Toleranz zur Prozessstreuung sowie die Prozesslage. Dietrich, Schulze (2009)

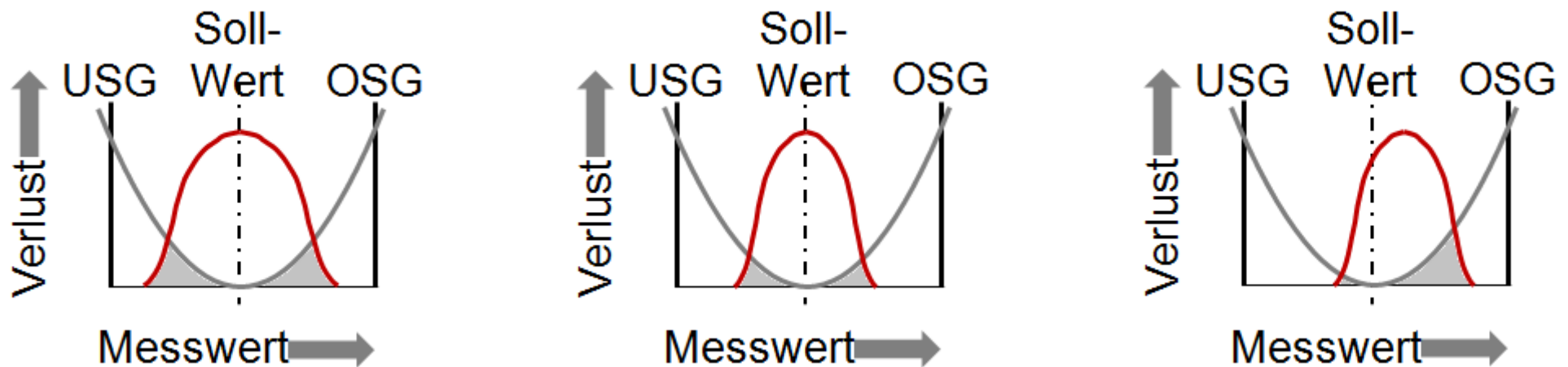


Prozesslage und-streuung, nach Eschey (2013)

Prozessfähigkeit

Prozessfähigkeit

- bestimmt die Qualitätsleitung der produzierten Produkte.
- beeinflusst durch Abweichung verursachte Verluste. Dietrich, Schulze (2009)



Verlustfunktion nach Taguchi und Einfluss der Prozessstreuung und -lage auf den Verlust, nach Dietrich, Schulze (2009)

Prozessfähigkeit

Bedeutung der Prozessfähigkeit für AM

- häufig Einzelteilerfertigung
- teure Rohstoffe
- lange Herstellzeiten
- Zuverlässiges Erreichen der geforderten Qualität!
- Einstiegsvoraussetzung für bestimmte Branchen

Aber:

- Nachweisverfahren ausgelegt auf konventionelle Fertigung
- große Anzahl an Einflussfaktoren
- fehlende verfahrensspezifische Toleranzen

Szenario:

Einsatz von AM in der Herstellung von Zahnersatz



AM in der Herstellung von Zahnersatz

- 3D-printing von Wachsmoellen für den Feinguss
- Selective Laser Melting von Metallgerüsten

Brücke

"Dental bridge" by Bin im Garten

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:VMK-Br%C3%BCcke_Dental_bridge_Focus_stacking_with_freeware_CombineZP_07.jpg,
licensed: [CC BY-SA 3.0](#)

Umsatzsteigerung
zahntechnischer Labore in
Deutschland in 2015
www.vdzi.net

1.9%



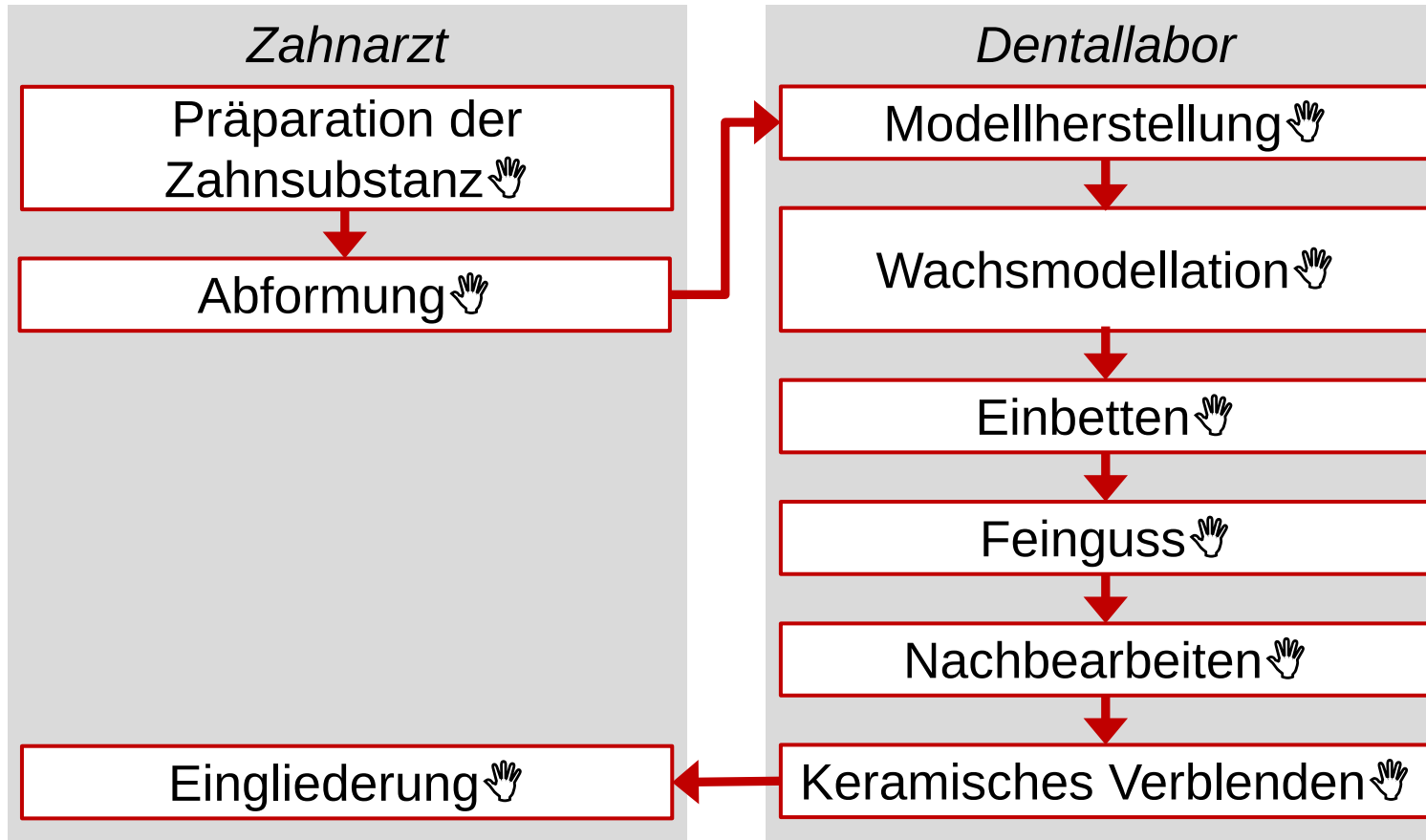
15%

Vorhersage: jährliches
Umsatzwachstum für AM
in der Dentaltechnik
Gebhardt (2015)

Prozessketten zur Fertigung von Zahnersatz



Konventionelle Prozesskette
nach Rudolph, Quaas (2009), modifiziert



Manueller Prozess



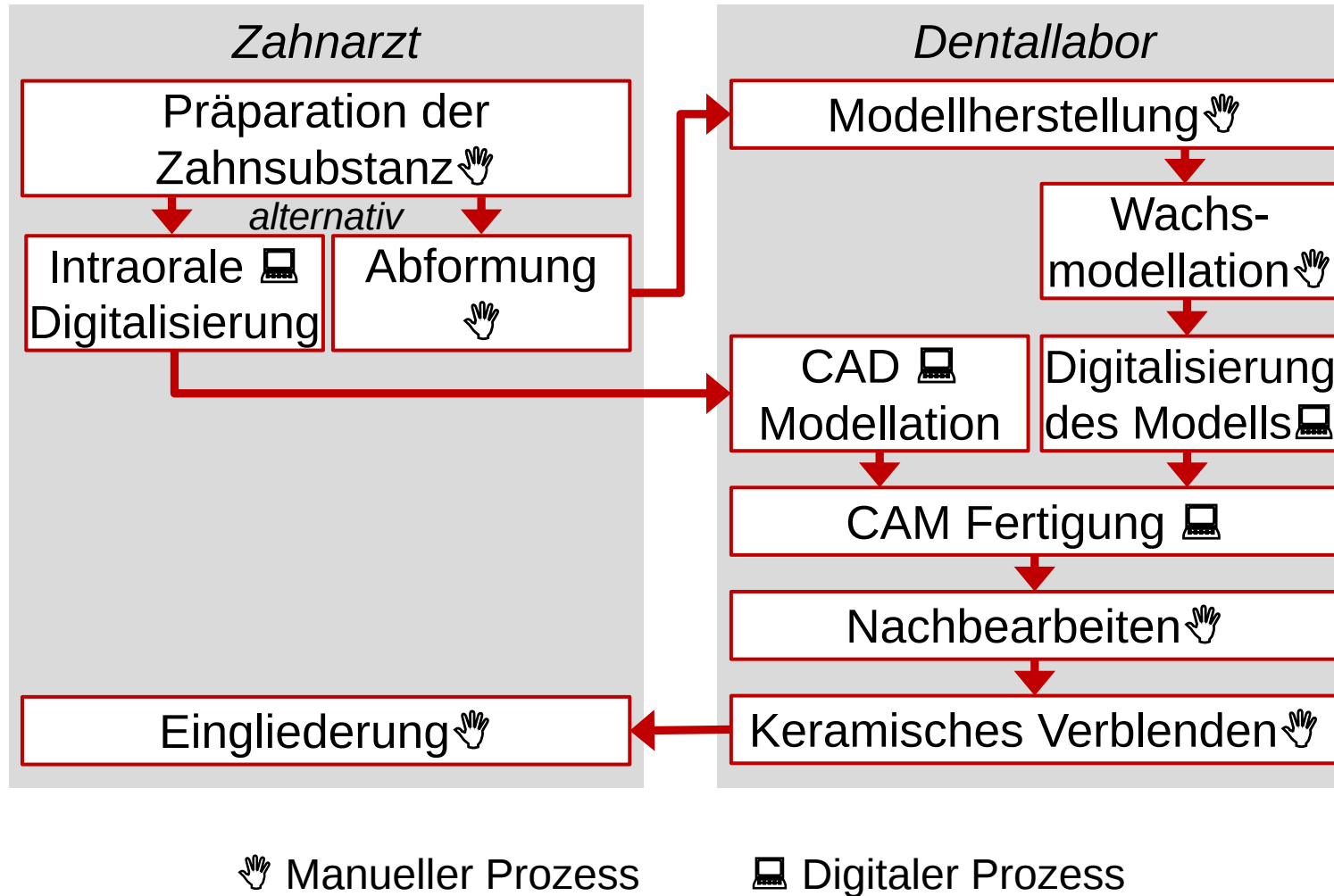
Digitaler Prozess

Prozessketten zur Fertigung von Zahnersatz

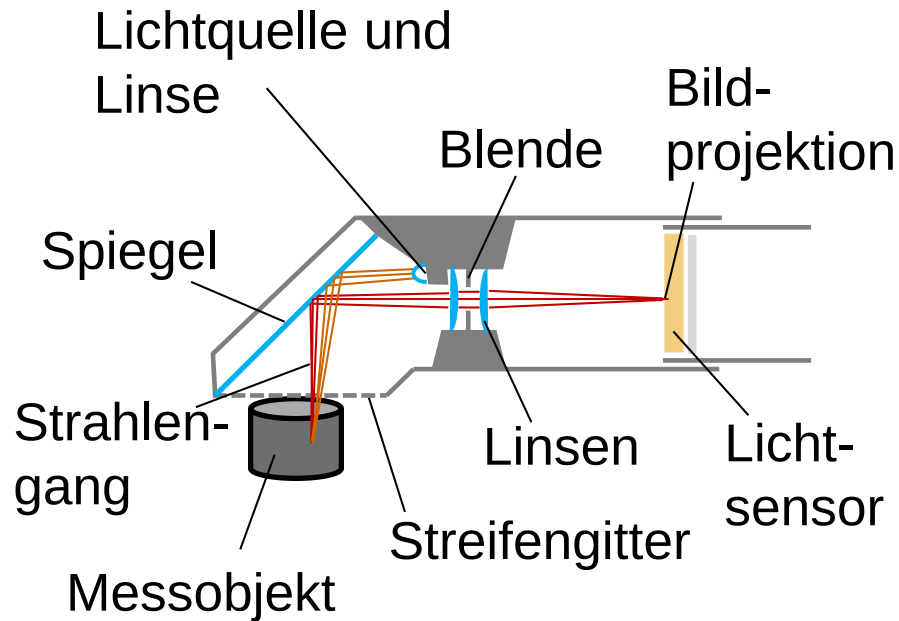


Digitale Prozessketten

nach Rudolph, Quaas (2009), modifiziert



Prozessketten zur Fertigung von Zahnersatz



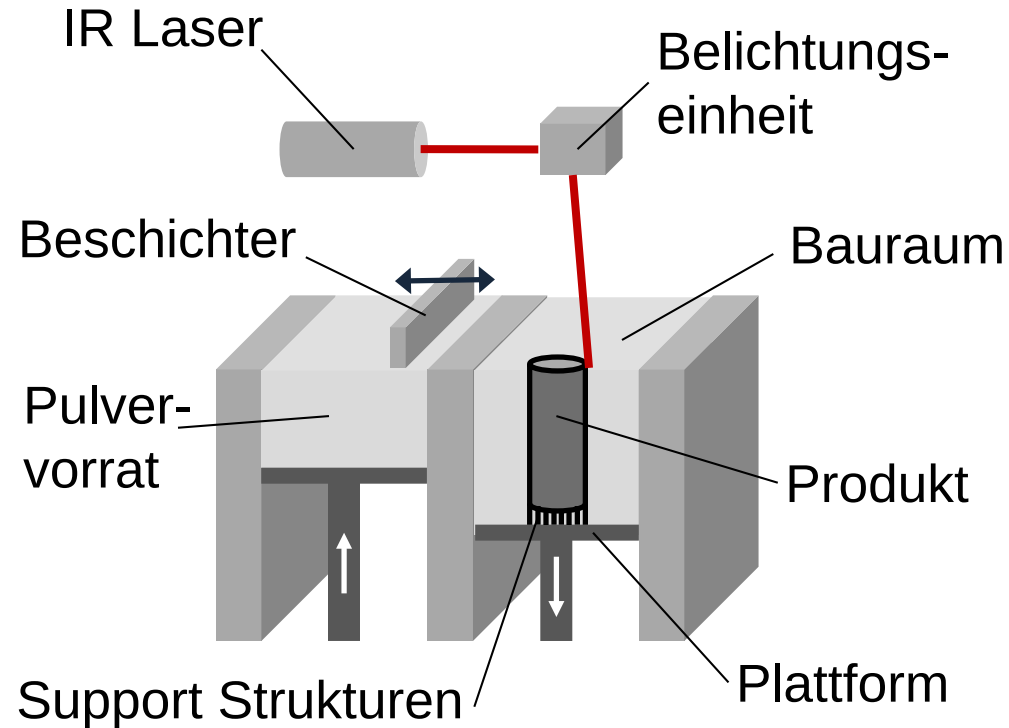
Prinzipdarstellung Intraoralkamera

nach Rudolph, Quaas (2009), modifiziert

Genauigkeit für Einzelzahnmessung

4,5 – 26,4 μm (MW $\approx 15 \mu\text{m}$)

Hack, Patzelt (2015)



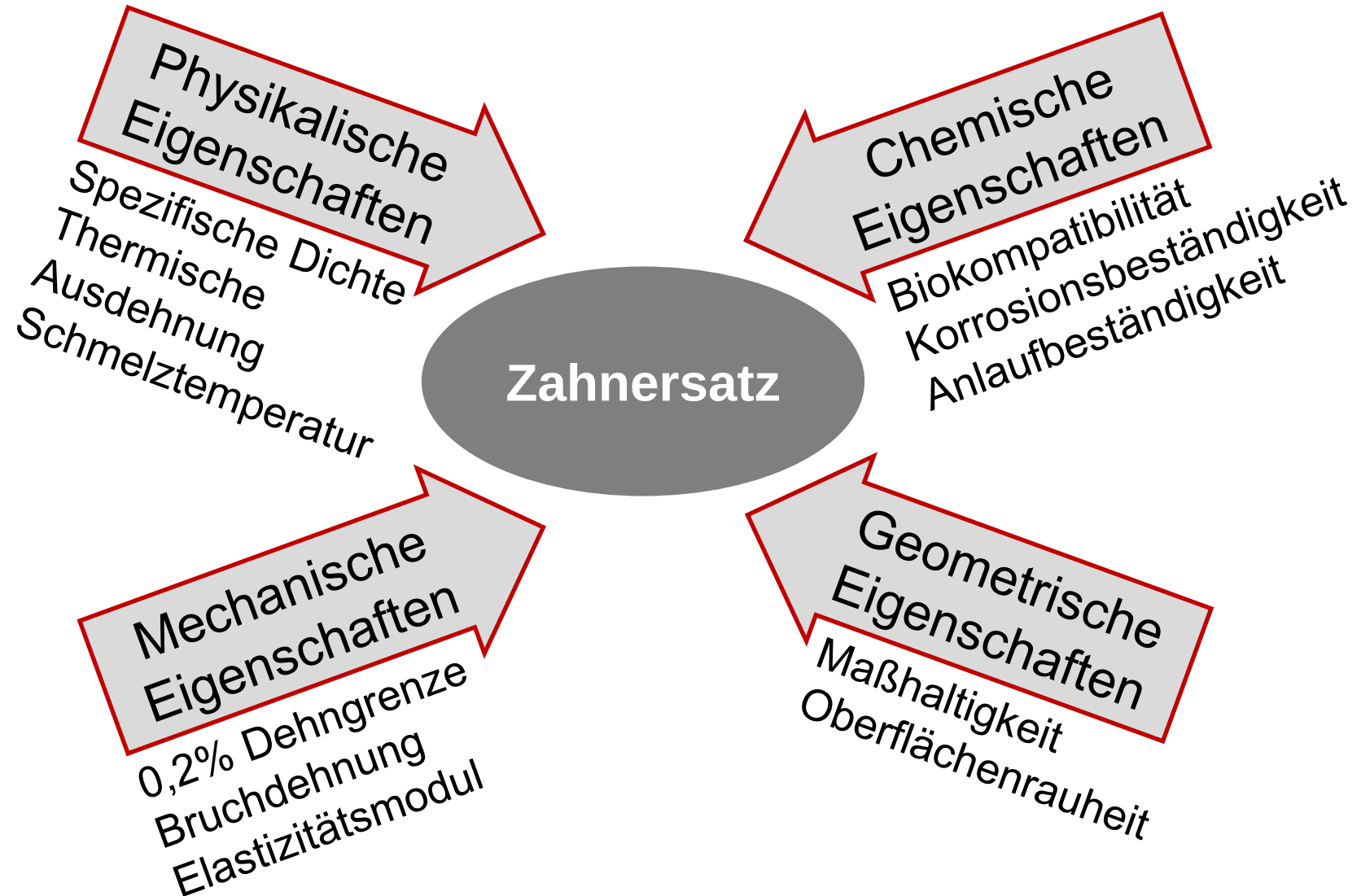
Prinzipdarstellung SLM Prozess

nach [7], modifiziert

Genauigkeit: 20 – 50 μm

(nach Herstellerangaben) Berger,

Hartmann, Schmid (2013); slm-solutions.de



Parameter	Anforderung	Quelle
Spezifische Dichte d	$\pm 5\%$ von Herstellerangabe	DIN EN ISO 22674:2006
0,2% Dehngrenze $R_{p0.2}$	$\geq 360 \text{ MPa}^{1)}$	DIN EN ISO 22674:2006
Bruchdehnung A	$\geq 5\%^{1)}$	DIN EN ISO 22674:2006
Maßhaltigkeit Formabweichung	50 oder 100 μm	Uckelmann (2007)
Oberflächenrauheit	Nicht definiert	

¹⁾ DIN EN ISO 22674 definiert Anforderungen an mechanische Kenngrößen in Abhängigkeit von der Anwendung. Dentalgerüste können den Typen 3 oder 4 zugeordnet werden, hier wurde die jeweils höhere Anforderung angenommen.

Einflussgrößen auf den Prozess



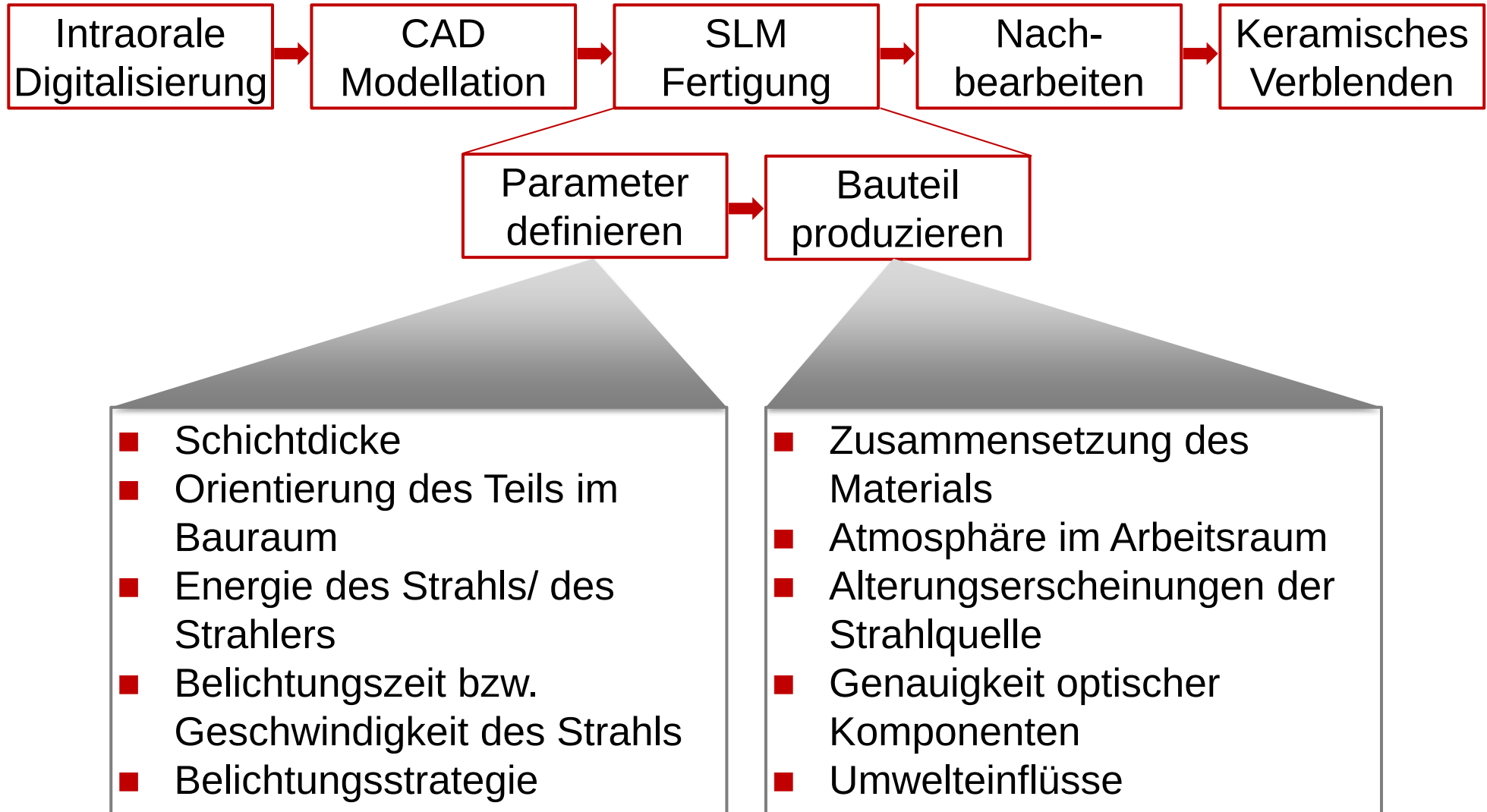
- Messmethode
- Aufbau des Messgeräts
- Bedienereinfluss bei der Datenaufnahme
- Optische Eigenschaften der Zahnschubstanz

Einflussgrößen auf den Prozess



- Datenübernahme aus dem Digitalisierungssystem
- Verfahrensgerechte Konstruktion
- Umsetzung der 3D-Daten

Einflussgrößen auf den Prozess



Einflussgrößen auf den Prozess



- Parameter der Oberflächennachbearbeitung
- Ablauf einer Wärmebehandlung
- Bedienereinfluss bei manueller Nachbearbeitung

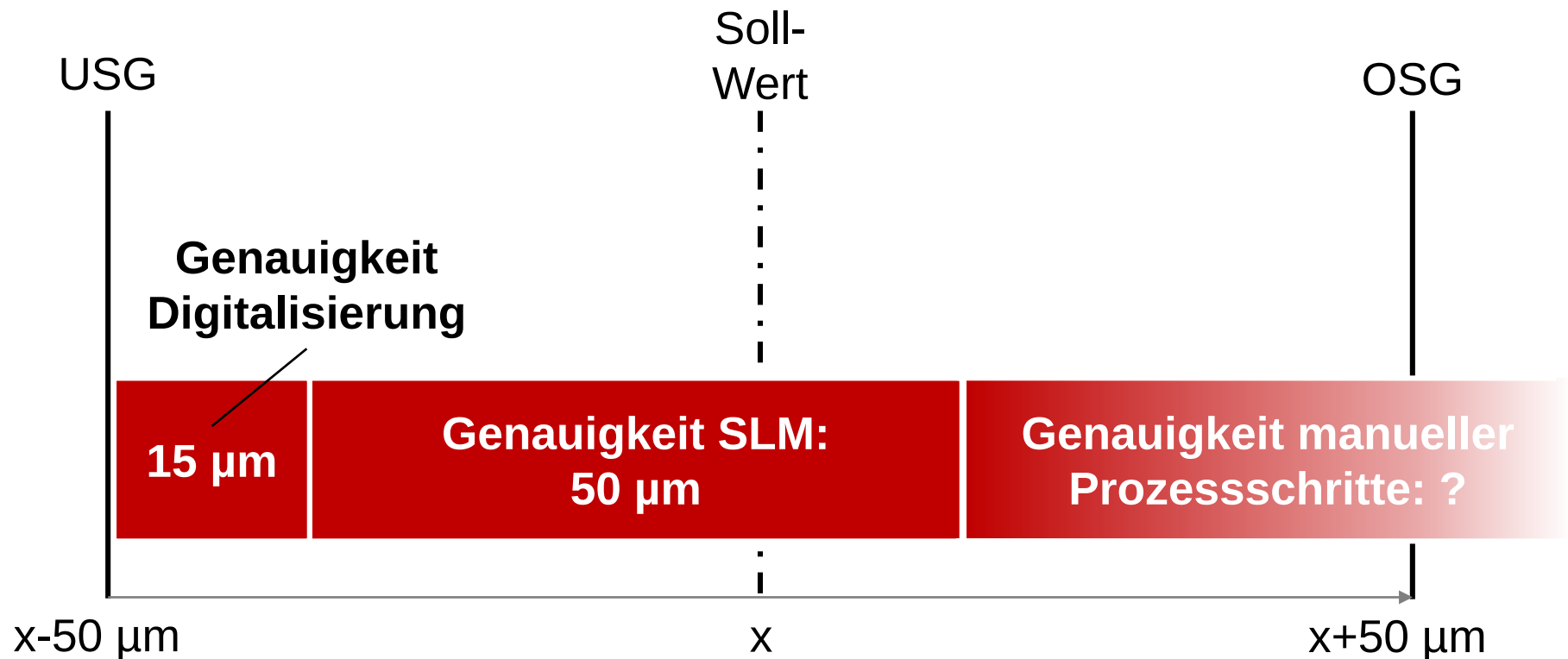
Einflussgrößen auf den Prozess



- Verwendetes Keramiksystem
- Bedienereinfluss beim Auftrag
- Schichtdicken
- Einbrennen
 - Sinterschrumpf der Keramik
 - Auswirkungen auf Metallgerüst

Betrachtungen zur Prozessfähigkeitsanalyse

- Vorgabe: Formabweichung $< 100 \mu\text{m}$



- Addition der Fehler (Abweichungen) aus einzelnen Prozessschritten

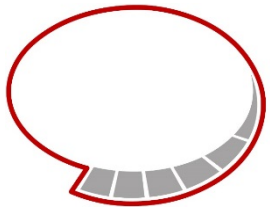
Voraussetzungen für Prozessfähigkeitsuntersuchungen

- Umgang mit Prozessfähigkeit und Einzelteilerfertigung festlegen
- Verteilungsmodell als Basis für die Berechnung der Kennwerte ermitteln
- Einflüsse der verschiedenen Arbeitsschritte analysieren

Abschließend:

- Ergebnisinterpretation und Ermitteln von Optimierungsbedarfen

- Berger, U., Hartmann, A., Schmid, D. (2013): Additive Fertigungsverfahren, Europa Lehrmittel Verlag, Haan-Gruiten.
- Dietrich, E., Schulze, A. (2009): Statistische Verfahren zur Maschinen- und Prozessqualifikation, Carl Hanser Verlag, München.
- DIN EN ISO 22674:2007 (2007): Zahnheilkunde - Metallische Werkstoffe für festsitzenden und Herausnehmbaren Zahnersatz und Vorrichtungen, Beuth, Berlin.
- Eschey, C. (2013): Maschinenspezifische Erhöhung der Prozessfähigkeit in der additiven Fertigung, Herbert Utz Verlag, München.
- Gebhardt, A. (2015): 3D Drucken in Deutschland, Entwicklungsstand, Potenziale, Herausforderungen, Auswirkungen und Perspektiven, Shaker-Verlag, Herzogenrath.
- Hack, G.D., Patzelt, S.B.M. (2015): Evaluation of the Accuracy of Six Intraoral Scanning Devices: An in-vitro Investigation, in ADA Professional Product Review, A Publication of the Council of Scientific Affairs, Volume 10, Issue 4, Online: http://www2.compass3d.com.br/uploads/arquivos/Acuidade_dos_escaners_intra-oraais.pdf, 31.10.2016, 10:25.
- Rudolph, H., Quaas, S. (2009): CAD/CAM-gefertigte Restaurationen - Grundlagen und Technologien für die zahnärztliche Praxis, Spitta Verlag, Balingen.
- Uckelmann, I. (2007) Generative Serienfertigung von individuellen Produkten aus CoCr mit dem Selektiven Laser-Schmelzen, Shaker Verlag, Aachen.
- SLM solutions GmbH: <http://slm-solutions.de/sites/default/files/attachments/downloads/2015/12/1541964239.pdf>, 16.07.2016, 13:17.
- Verband Deutscher Zahntechniker Innungen: <http://www.vdzt.net/statistik.html>, 01.07.2015, 13:41.
- <http://www.strahlschmelzen.de/index.php/de/verfahren>, 06.02.2014, 15:10.



DiMan
Direct Digital Manufacturing



Vielen Dank! Fragen?

Andrea Huxol, M.Eng.

Telefon: +49 5261 702 5852

Mail: andrea.huxol@hs-owl.de

Web: www.hs-owl.de/diman