

Untersuchung des MEX-Verfahrens auf die Phasenmorphologie und die elektrische Leitfähigkeit von kupferfasergefüllten Filamenten

Joshua Voll, Stefan Roth

Einleitung

Ausgangssituation

- Materialextrusion (MEX) ist eine weit verbreitete additive Fertigungstechnologie zum schichtweisen Aufbau komplexer Bauteile aus thermoplastischen Kunststoffen
- Elektrisch leitfähige Kunststoffe spielen bei diesem Verfahren für die Herstellung von elektrischen Bauteilen eine zunehmend wichtige Rolle
- Unter elektrisch leitfähigen Kunststoffen wird die Kombination eines nichtleitenden Kunststoffs mit elektrisch leitfähigen Füllstoffen verstanden

Problemstellung

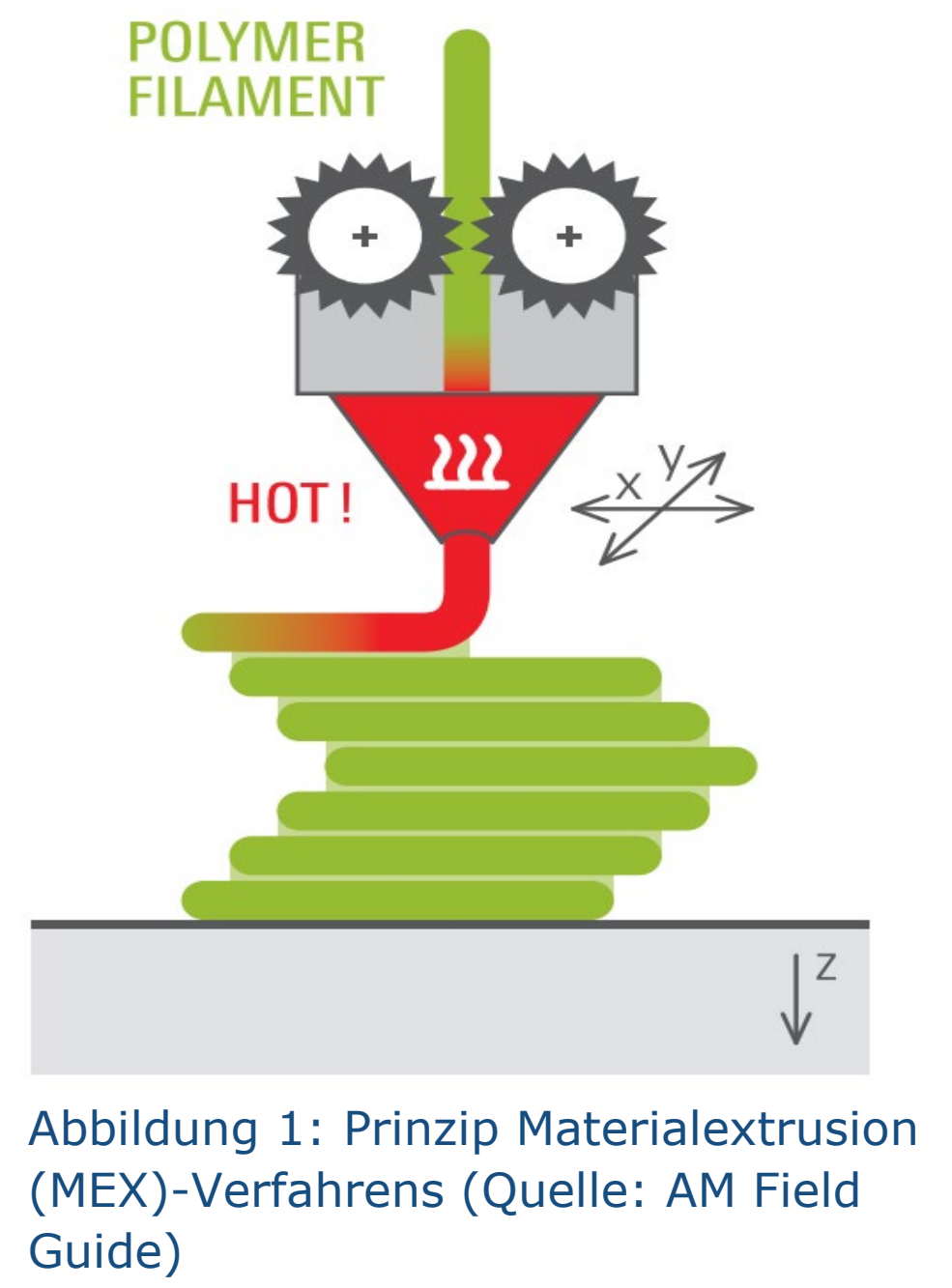
- Die durch Materialextrusion hergestellten Bauteile weisen eine deutlich geringere elektrische Leitfähigkeit auf als das verwendete Ausgangsmaterial (Filament).

Motivation/ Zielsetzung

- Verarbeitung von kupferfasergefüllten Kunststoffen im MEX-Verfahren zeigt in Vorversuchen höhere Leitfähigkeit als Filament.
- ➔ Untersuchung der Phasenmorphologie und Leitfähigkeit der Filamente und gedruckten Proben

Materialextrusion(MEX)

1. Aufschmelzen des Filaments
2. Ablage der Kunststoffschmelze auf Bauplattform
3. Verfahren der Z-Achse um eine Schichthöhe



Methoden und Ergebnisse

Materialien

- Kupferfasern F05 (0,5 mm), F08 (0,8 mm), F10 (1,0 mm),
- Polyethylen (PE) als Kunststoffmatrix.

Filamentherstellung (1)

Die Materialien werden mit dem gleichläufigen Doppelschneckenextruder zu Filament verarbeitet.

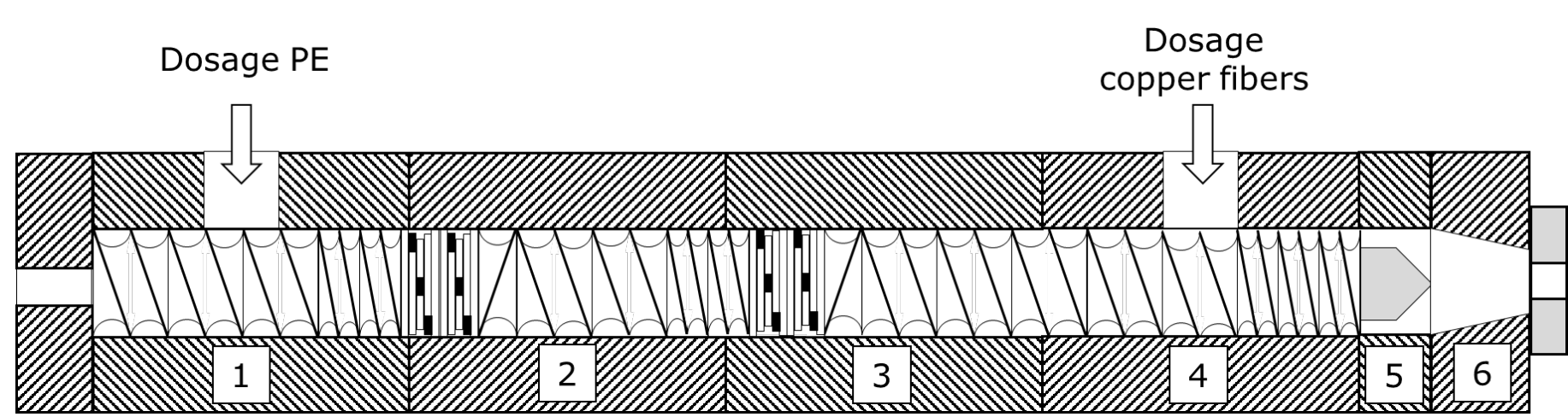


Abbildung 2: Schneckenkonfiguration und Dosierung der Materialien beim gleichläufigen DSE 20/40

Die Matrix (75 Vol.-%) wird zu Beginn über den Haupttrichter dosiert. Die Kupferfasern (25 Vol.-%) werden in Zone vier zugegeben. Es werden je Faserlänge ein Filament mit einem Durchmesser von 3mm extrudiert.

Messung des elek. Widerstands (1.1)

Messung wird mittels Vierleitertechnik durchgeführt.

- ➔ Der elektrische Widerstand verringert sich mit steigender Kupferfaserlänge.

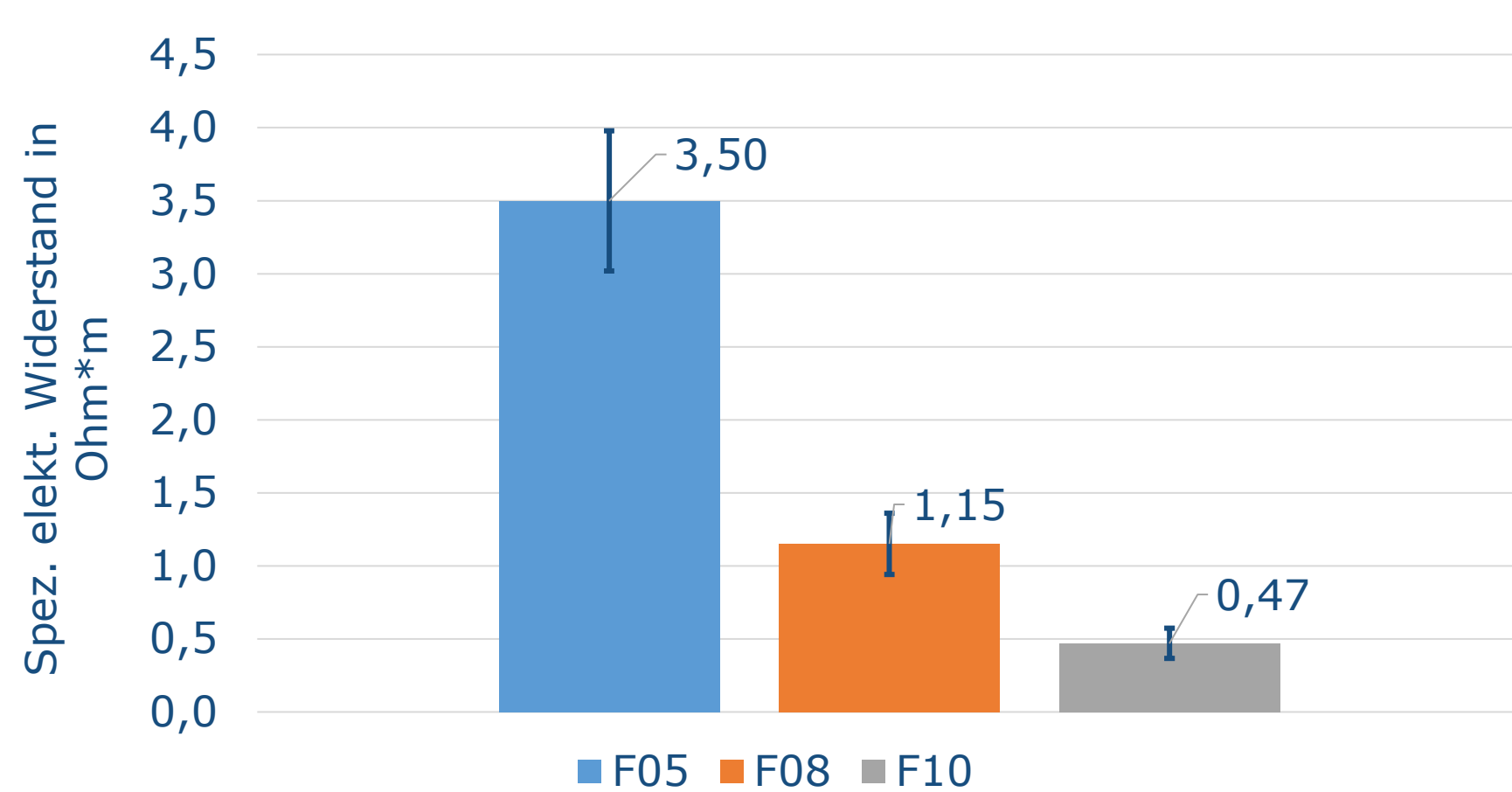


Abbildung 3: Einfluss der Faserlänge auf den elektrischen Widerstand der Filamente

Bewertung der Phasenmorphologie (1.2)

Zur Beurteilung der Faserorientierung der Filamente wurden CT-Aufnahmen durchgeführt. Der Abweichungswinkel von der Z-Achse wird mittels Tensoranalyse bestimmt (siehe Abbildung 6).

- ➔ Der Abweichungswinkel der Filamente wird mit steigender Kupferfaserlänge geringer.

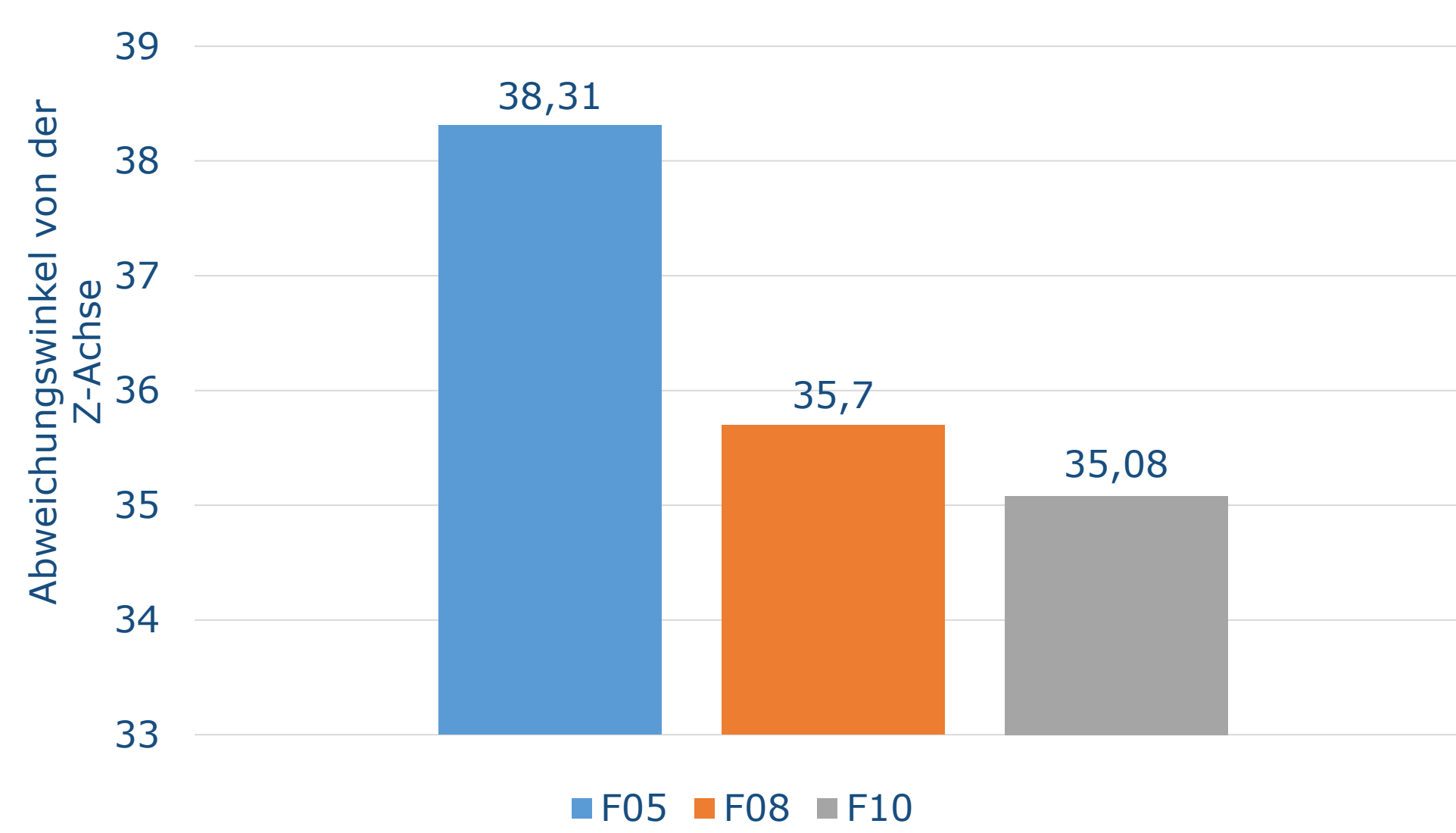


Abbildung 4: Einfluss der Faserlänge auf den Abweichungswinkel der Z-Achse der Filamente

Verarbeitungsanalyse im MEX-Verfahren (2)

Verarbeitung mit dem Ultimaker S5 zu Bahnen (100x1,5x0,6 mm³).

Erstellung einer Vollfaktoriellen Versuchsplanung (DoE). Pro Kupferfaserfilament (F05, F08, F10) werden 8 Versuchsreihen durchgeführt. Die gewählten Faktoren sind Faserlänge, Temperatur, Schichthöhe und Druckgeschwindigkeit.

Tabelle 1: Darstellung der variierten Verarbeitungsparameter

Versuchsreihe	Temperatur	Layerhöhe	Druckgeschwindigkeit
1	220	0,6	4
2	220	0,8	4
3	220	0,6	16
4	220	0,8	16
5	250	0,6	4
6	250	0,8	4
7	250	0,6	16
8	250	0,8	16

Einflussfaktoren auf den Widerstand (2.1)

Die Analyse des aufgestellten DoE-Plans zeigt eine starke Abhängigkeit der Faserlänge und der Schichthöhe vom elektrischen Widerstand.

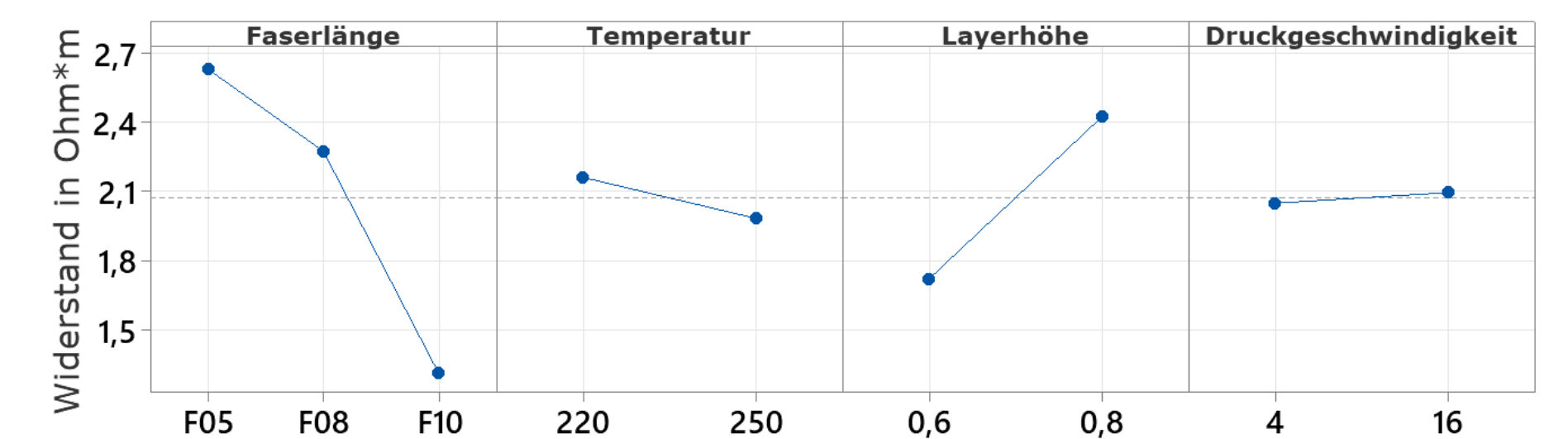


Abbildung 5: Einfluss der Verarbeitungsparameter auf den elektrischen Widerstand

Bewertung der Phasenmorphologie (2.2)

Abbildung 7 zeigt die CT-Aufnahme der Faserorientierung der gedruckten Proben.

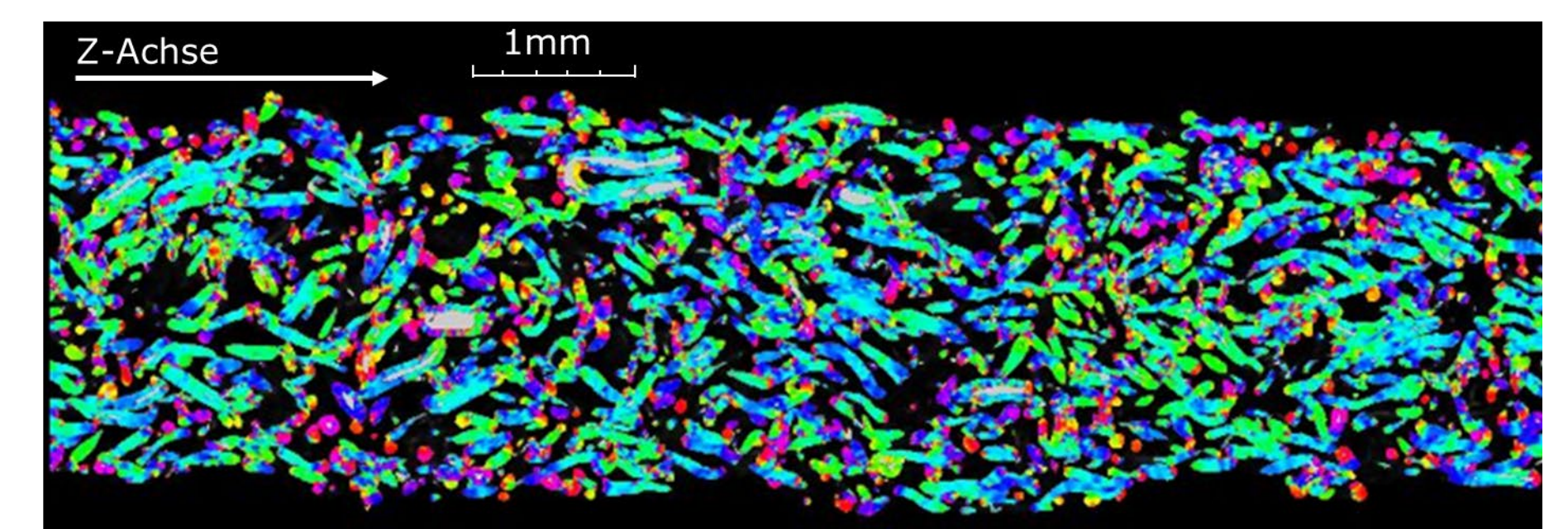


Abbildung 6: CT-Aufnahme der Faserorientierung

- ➔ Der Abweichungswinkel der gedruckten Proben wird mit steigender Kupferfaserlänge geringer.

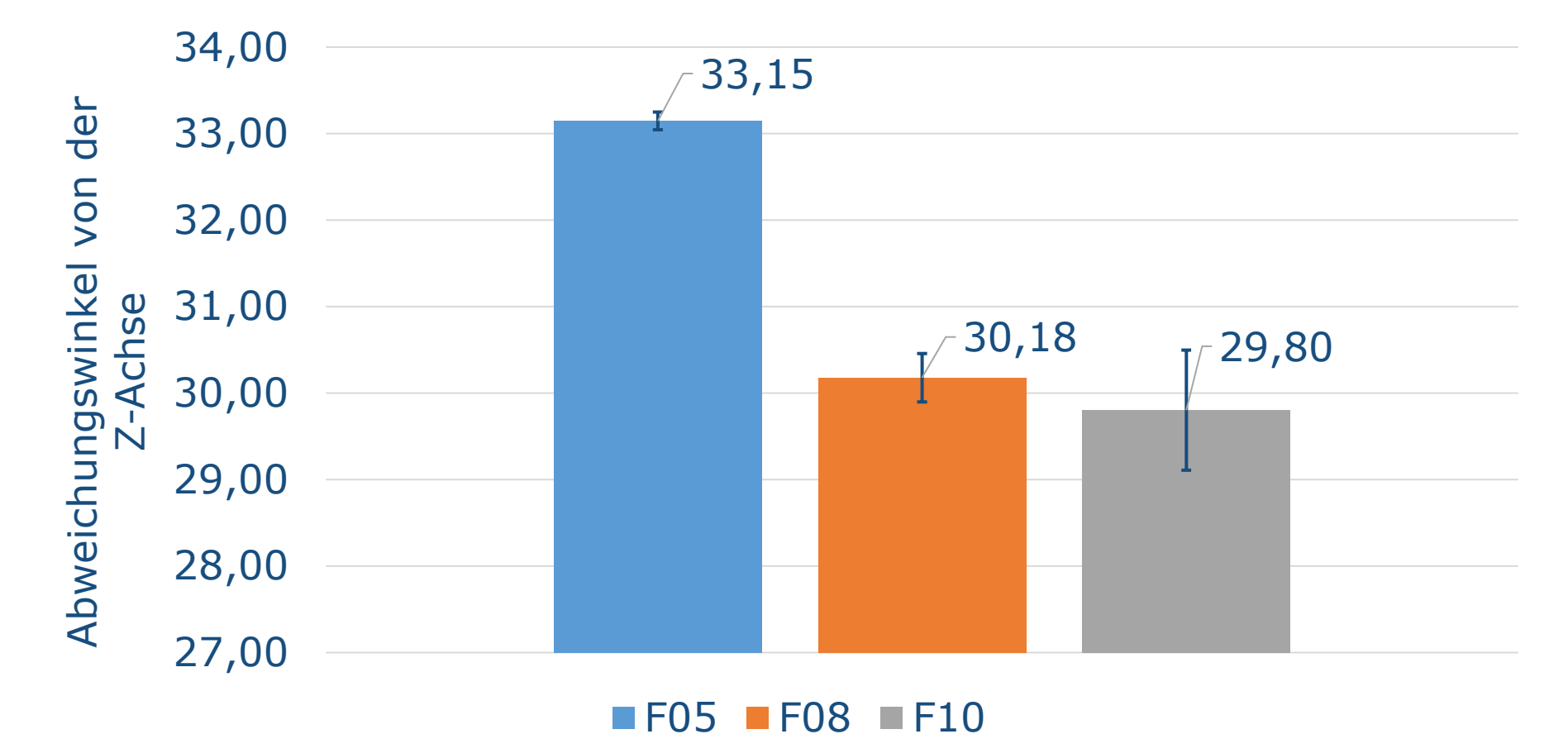


Abbildung 7: Einfluss der Faserlänge auf den Abweichungswinkel von der Z-Achse der gedruckten Proben

Fazit und Ausblick

- Längere Kupferfasern führen zu einem verringerten elektrischen Widerstand bei Filament und gedruckten Proben
- Eine Verringerung der Layerhöhe führt zu einer Reduzierung des elektrischen Widerstands der gedruckten Proben
- ➔ Untersuchung von Mehrschichtigen Proben

