

Ermüdungsversuche von Duplex-Betonstahl (1.4062)

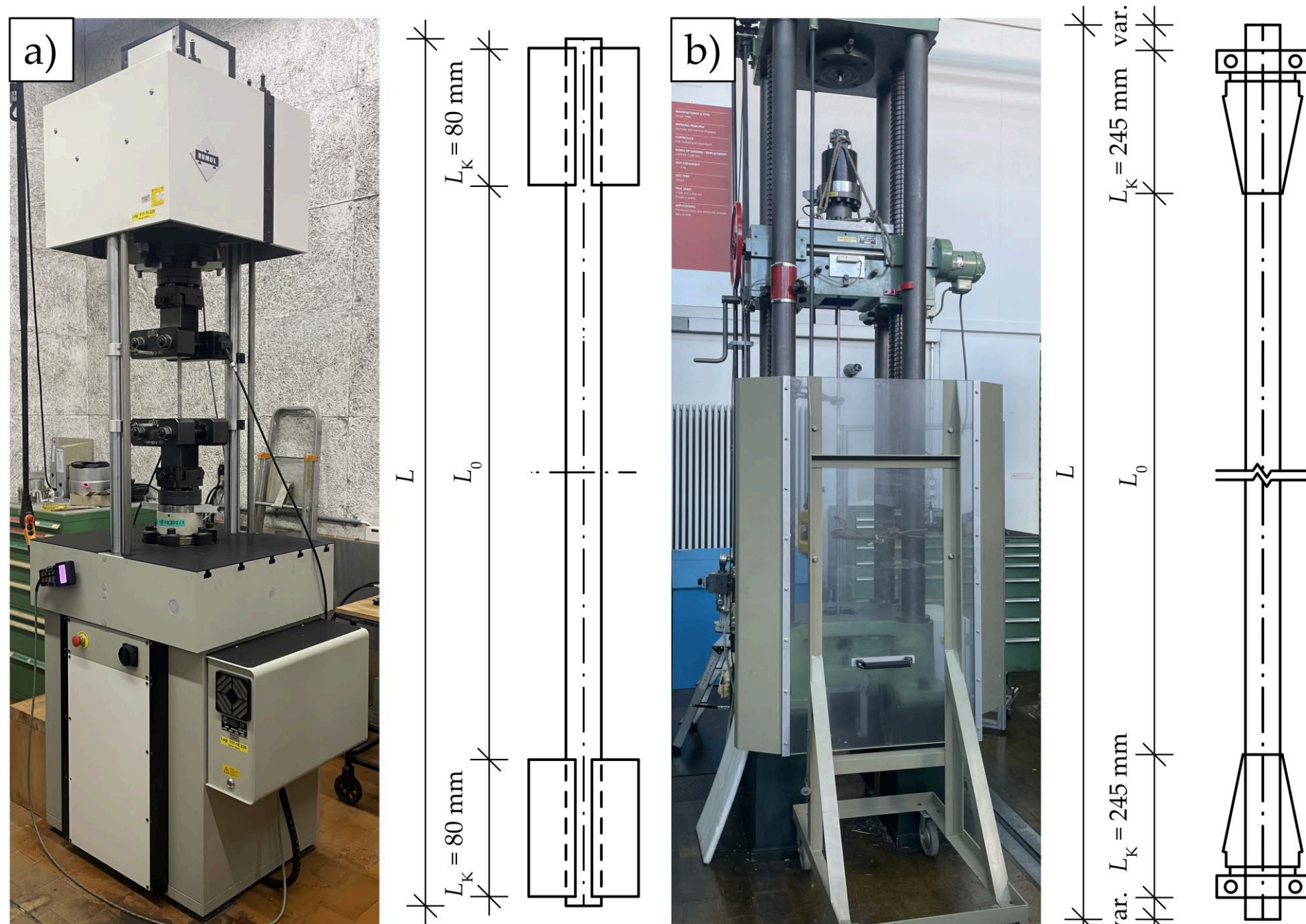


Abbildung 1: (a) Prüfmaschine «RUMUL Testronic 8601 150kN»; (b) Hydraulische Ermüdungsprüfmaschine «Amsler P960 300kN» sowie Skizze der Versuchseinrichtung

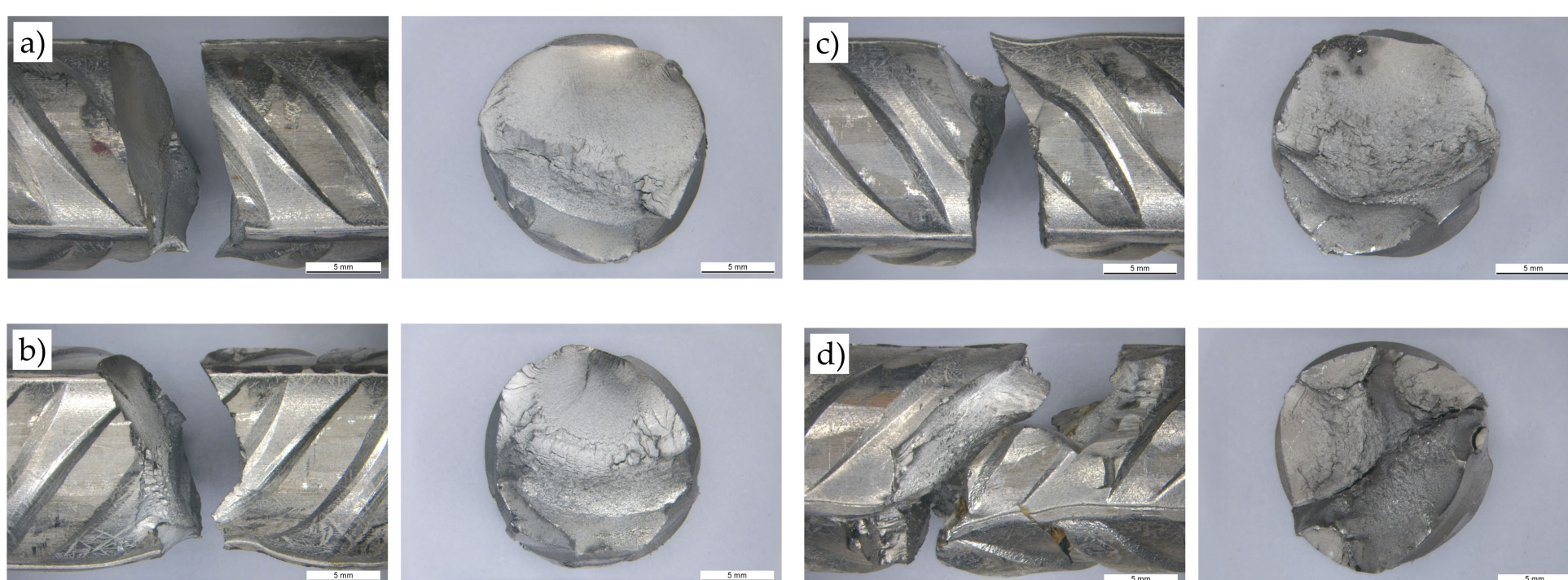


Abbildung 2: ø16mm, Ansicht und Bruchfläche; (a/b) $L = 400\text{mm}$; (c/d) $L = 3000\text{mm}$, bei tiefster/höchster Spannungsschwingbreite

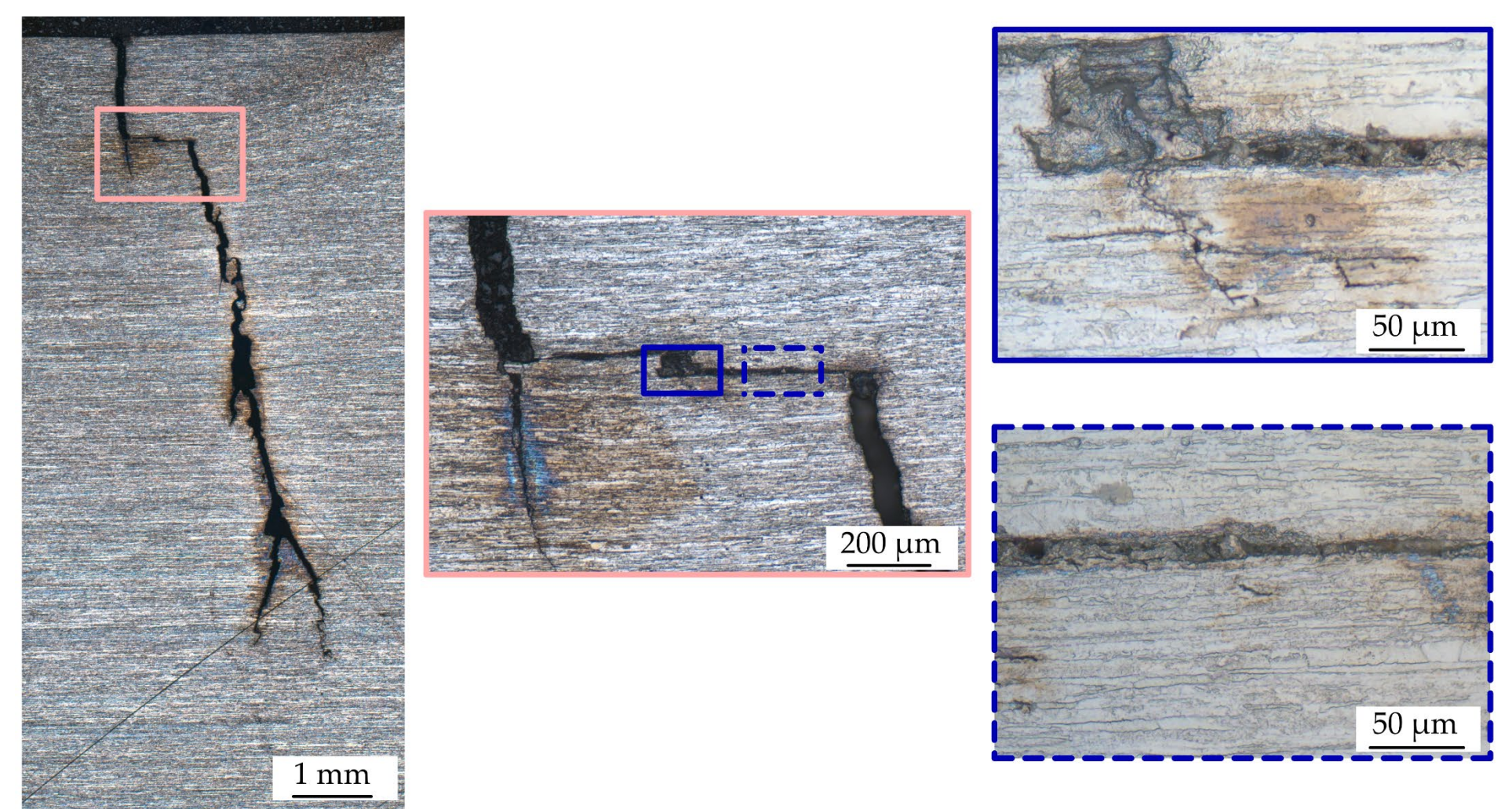


Abbildung 3: Metallurgische Untersuchung; Probelänge $L = 400\text{mm}$, $\phi 14\text{mm}$, $\Delta\sigma = 375\text{MPa}$ und Detailaufnahmen der Risswurzel

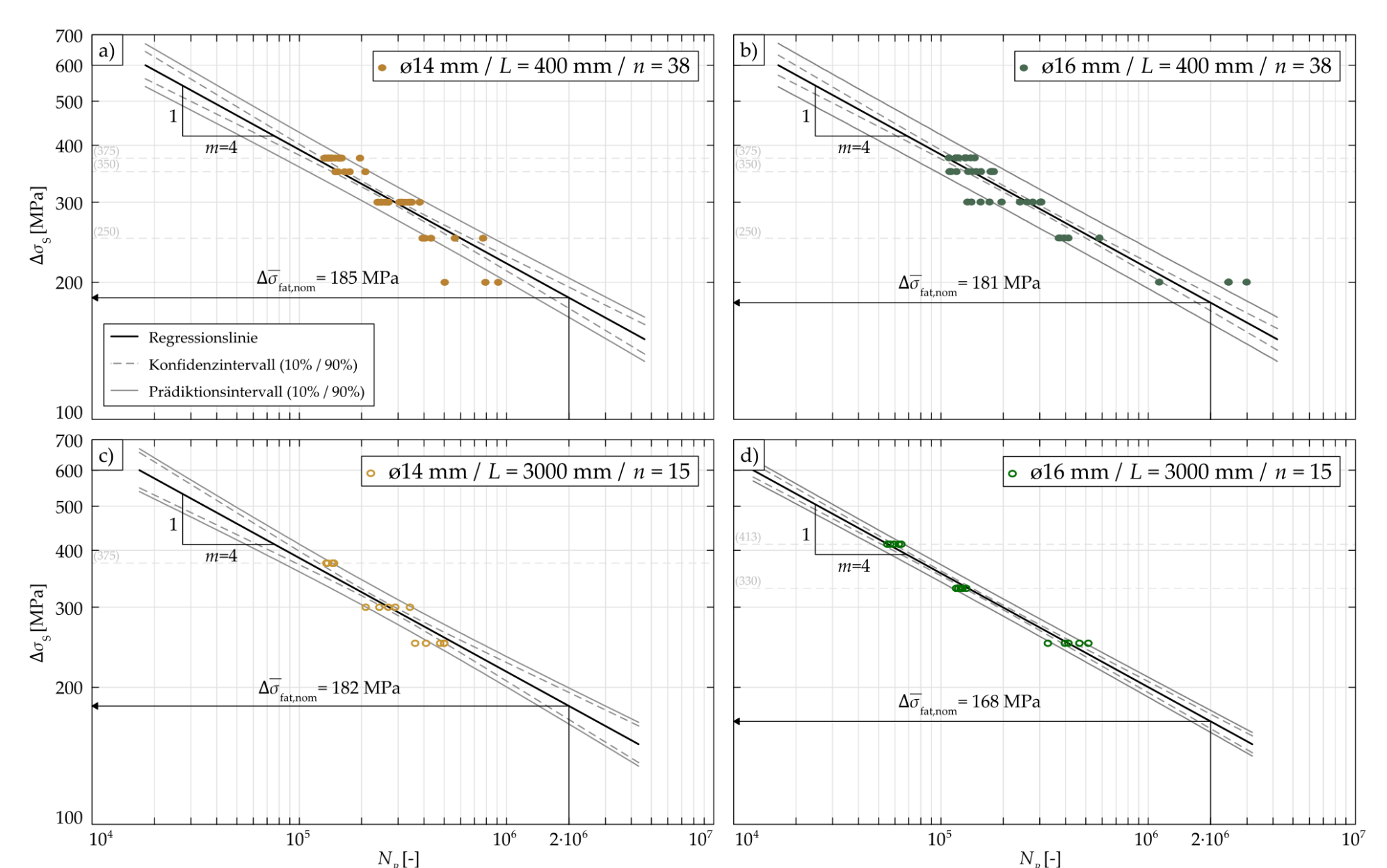


Abbildung 4: Log-Log Wöhlerdiagramm der Ermüdungsversuche

Aufgabenstellung

Die Norm SIA 262:2025 sowie das Merkblatt SIA MB 2029:2013 empfehlen den Einsatz nichtrostender Betonstähle zur Verbesserung der Dauerhaftigkeit, insbesondere bei exponierten Bauteilen mit hohen Lebensdauern und erschwerter Instandsetzbarkeit.

Im Brückenbau finden sie zunehmend Anwendung bei ermüdungsbeanspruchten Bauteilen wie Kragplatten. Da der Ermüdungswiderstand – analog zu herkömmlichem Betonstahl – in die Nachweisführung eingeht, stellt sich die Frage nach der tatsächlichen Ermüdungsfestigkeit des eingesetzten Duplexstahls. Verlässliche Angaben hierzu liegen bislang weder in der Literatur noch von Herstellern vor.

Ziel der Arbeit war die experimentelle Untersuchung, Dokumentation und Auswertung des Ermüdungsverhaltens von Duplexstahl des Werkstoffs 1.4062. Ein wesentlicher Bestandteil der Arbeit war die Bereitstellung valider Versuchsdaten, die als Grundlage für weitere wissenschaftliche Untersuchungen dienen.

Methodik

Die Versuche wurden gemäss SN EN ISO 15630-1:2019 an der Empa in Dübendorf durchgeführt, siehe Abbildung 1. In hochfrequenten Einstufenversuchen wurde die Bruchlastwechselzahl N_B in Abhängigkeit von der Spannungsschwingbreite $\Delta\sigma$ für Ring- ($\phi 14\text{mm}$) und Stabmaterial ($\phi 16\text{mm}$) bestimmt. Die Versuche erfolgten an Kurz- ($L=400\text{mm}$) sowie Langproben ($L=3000\text{mm}$).

Ergebnisse

Die visuelle Analyse zeigte, dass mit zunehmender Spannungsschwingbreite vermehrt Risse entlang der gesamten Stablänge auftraten; zudem kam es zu stark fragmentierten Bruchflächen, siehe Abbildung 2. Die Rissursprünge lagen beim Ringmaterial überwiegend im Bereich der Längsrippe, beim Stabmaterial hauptsächlich an den Rippenwurzeln.

Metallurgisch wurden eng benachbarte Austenit- und Ferritbereiche festgestellt, wobei die Risse teilweise durch die Phasen und teilweise entlang der Phasengrenzen verliefen, siehe Abbildung 3.

Das Stabmaterial weist tendenziell geringere nominelle mittlere Ermüdungsfestigkeiten auf, was unter anderem darauf zurückgeführt werden kann, dass mit zunehmendem Stabdurchmesser die Wahrscheinlichkeit für materialbedingte Fehlstellen steigt.

In den Log-Log Wöhlerdiagrammen ist erkennbar, dass die Streuung bei den Langproben geringer ist, siehe Abbildung 4. Unter Berücksichtigung der Streuung sind die charakteristischen Ermüdungsfestigkeiten des untersuchten Duplex-Betonstahls mit jenen von Betonstahl vergleichbar; auch wenn kein signifikanter Nachteil in der Ermüdungsfestigkeit feststellbar ist, sind ergänzend weitere Untersuchungen mit anderen Werkstoffnummern durchzuführen.

Ines Dällenbach

Hauptbetreuer:
Prof. Dr. Albin Kenel
Experte:
Dr. Karel Thoma