

Nominiert für einen Posterpreis
 Eine Jury bewertet die Poster und wählt die Gewinner. Diese werden mit
 Turnierschleifen kenntlich gemacht.



Objektive Messung der Gewebe-Instrumenten-Interaktion durch laparoskopische Instrumente

P.Haas², W.Kunert¹, J.Johannink^{1,2}, PD Dr. A.Kirschniak^{1,2}

¹Klinik für Allgemeine, Viszeral- und Transplantationschirurgie, Universitätsklinikum Tübingen
²Eberhard Karls Universität Tübingen

Hintergrund

Einer der am häufigsten propagierten Vorteile laparoskopischer Chirurgie ist ihre Minimal-Invasivität. Darunter versteht man vor allem eine gezielte Gewebemanipulation unter größtmöglicher Schonung kollateraler Strukturen. Dies erfordert einen wohldosierten Einsatz des Instrumentariums. Die dabei auftretenden Kräfte sind bisher nur unzureichend beschrieben. Um die applizierten Kräfte laparoskopischer Instrumente objektiv unter möglichst realistischen Bedingungen und damit auch ohne Veränderung des Instruments selbst erfassen zu können, wurde ein Kraftmessstand entwickelt.

Das Entwicklungsziel ist die Erfassung der Gewebe-Instrumenten-Interaktion durch kontinuierliche Kraft- und Positionsmessung des aktiven laparoskopischen Instruments. Als Anwendungsgebiete kommen u.a. die Instrumenten- sowie Trainee-Evaluation in standardisierten chirurgischen Trainingszenarien in Frage.

Methodik

Verschiedene Mechaniken (Kugel-, Kardangelenke) wurden hinsichtlich Ihrer Eignung als Instrumentenführung evaluiert, simuliert (Abb. 1) und in mehreren Entwicklungsstufen als Prototypen aufgebaut. Als verlässliche und kostengünstige Sensoren fungieren 4 Potentiometer sowie 3 Wägezellen mit Dehnungsmessstreifen (DMS). Eine Mikroprozessor-gesteuerte Konsole dient als Benutzerinterface.

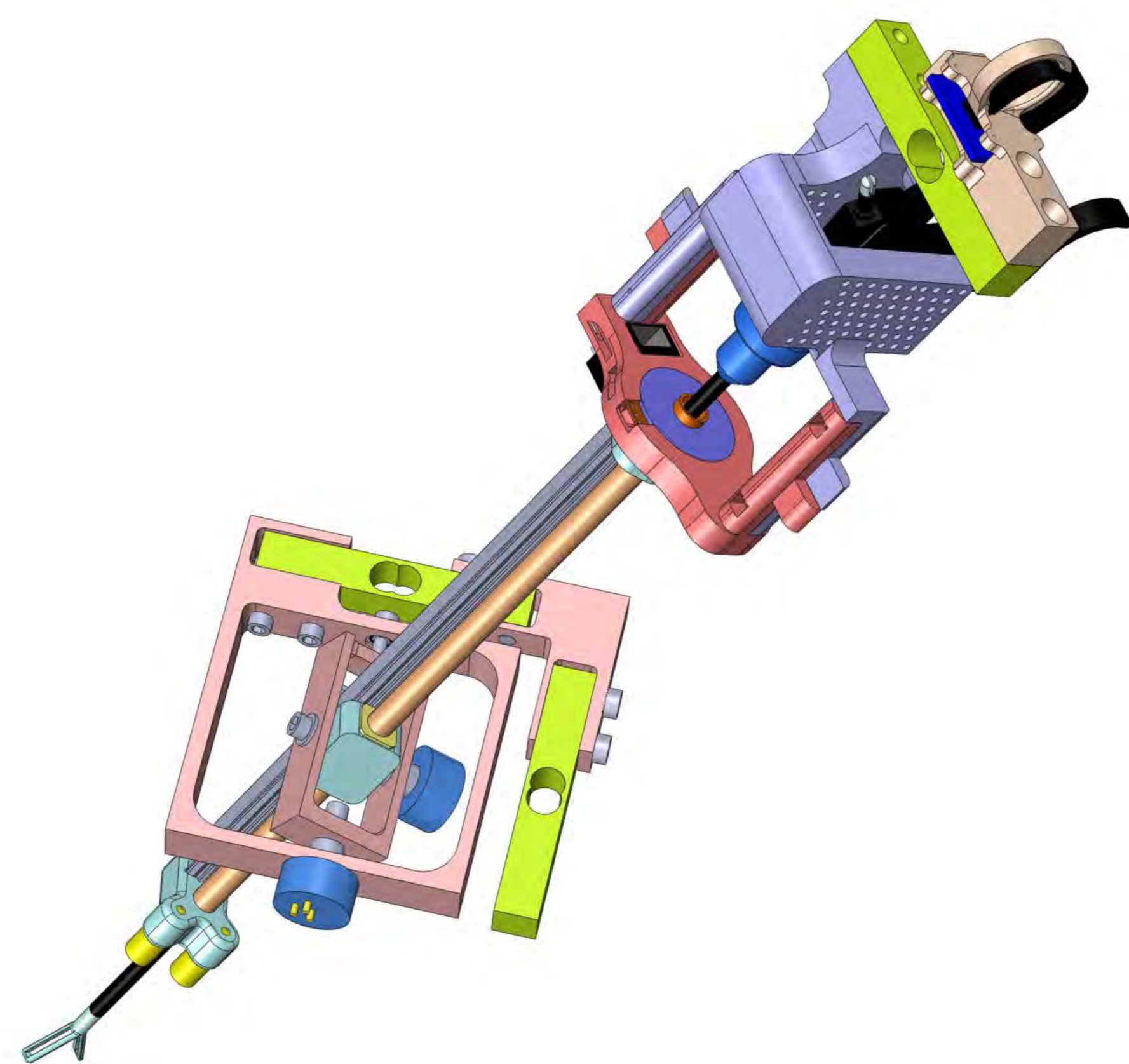


Abb.1 CAD-Zeichnung. Wägezellen hellgrün

Ergebnisse

Der Messstand basiert auf einer kardanischen Aufhängung mit Gleitführung (Abb. 2 und 3). Zwei Potentiometer in den Drehachsen messen die Achsneigung, ein Linearpotentiometer die Translation und ein Hohlwellenpotentiometer die Rotation. Aus diesen Messwerten wird in Echtzeit ($f_{max} = 80$ Hz) die Absolutposition und -ausrichtung der Instrumentenspitze errechnet. Im Hauptarbeitsbereich wird eine Ortsauflösung von 1 mm, in Extrempositionen von 2 mm erreicht (Abb. 7). Zwei Wägezellen mit DMS in Serie ermitteln die horizontal wirkenden Kräfte im Drehpunkt, eine weitere in Verlängerung des Instruments die axiale Kraft. Unter Berücksichtigung des Hebelverhältnisses sowie der Neigungswinkel, der Position des Massenschwerpunktes und der Bewegungsrichtung wird so indirekt der Kraftvektor an der Instrumentenspitze ermittelt. Bei einer konstanten Testkraft ($F_{test} = 1500$ mN) unter ungünstigen Bedingungen wie häufigen Richtungswechseln, verschiedenen Beschleunigungen und Auslenkungen in Extrempositionen betrug die Messabweichung $e = 10\% \pm 7$ (Abb. 6).



Abb.2 Übersicht

Abb.3 Kardanisches Gelenk

Die Datenausgabe erfolgt über LCD-Displays einer Kontrollkonsole, optional visualisiert mit der Software Matlab am PC. Ein Magnet erlaubt den schnellen Instrumentenwechsel (Abb. 4). Zusätzlich ermöglichen zwei orthogonal gekreuzte Linienlaser eine exakte Zielanpeilung im experimentellen Setting (Abb. 5).

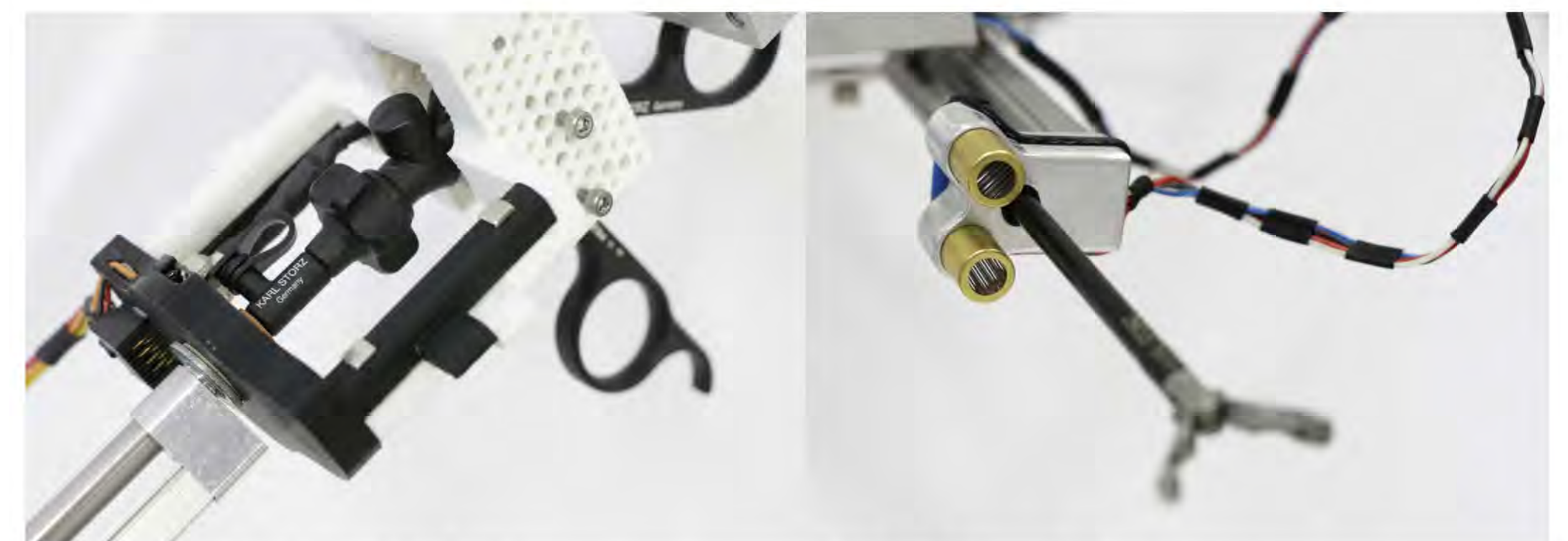


Abb.4 Magnetverschluss

Abb.5 Kreuzlinienlaser

Diskussion

Der vorgestellte Messstand demonstriert als Proof of Concept die Machbarkeit eines Kraftmessstandes für laparoskopische Instrumente. Die Verwendung kostengünstiger Bauteile sowie die manuelle Konstruktion sind limitierende Faktoren der Messgenauigkeit. Bisher beschriebene Messverfahren sind in der Instrumentenauswahl durch die feste Integration des Messsystems in das Instrument selbst (Trejos et al. 2008) oder im experimentellen Aufbau durch die notwendige Installation des Messsystems im bzw. unter dem manipulierten Gewebe in ihrer Anwendbarkeit begrenzt (Horeman et al. 2014).

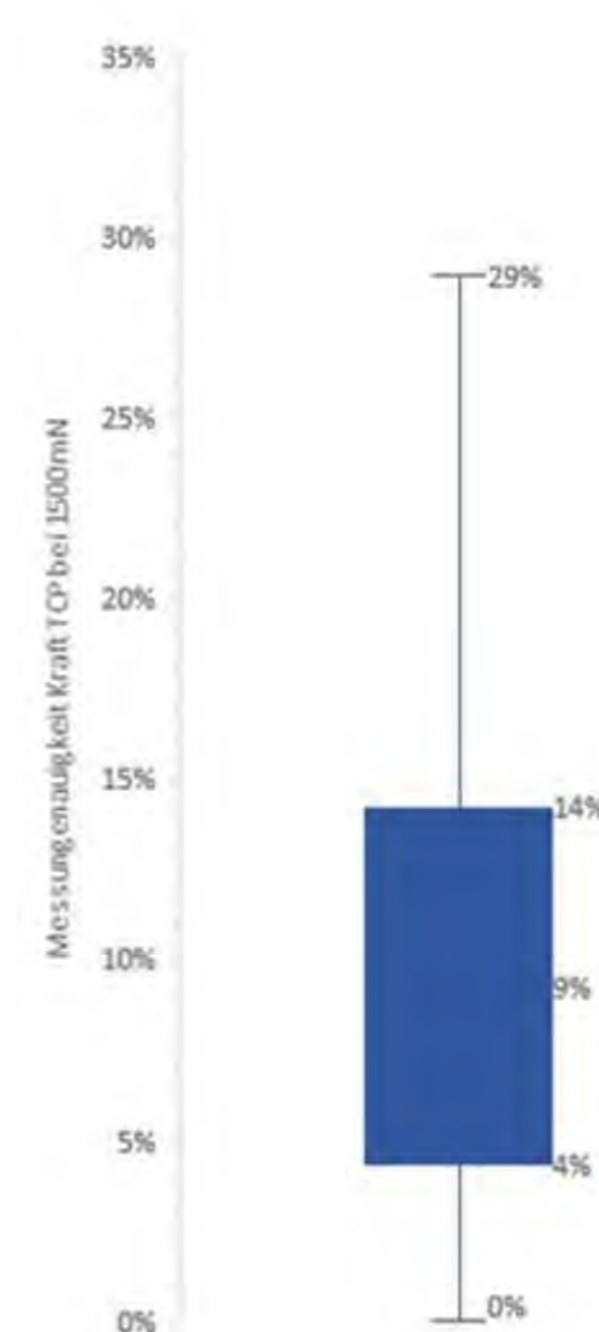


Abb.6 Messabweichung Kraft

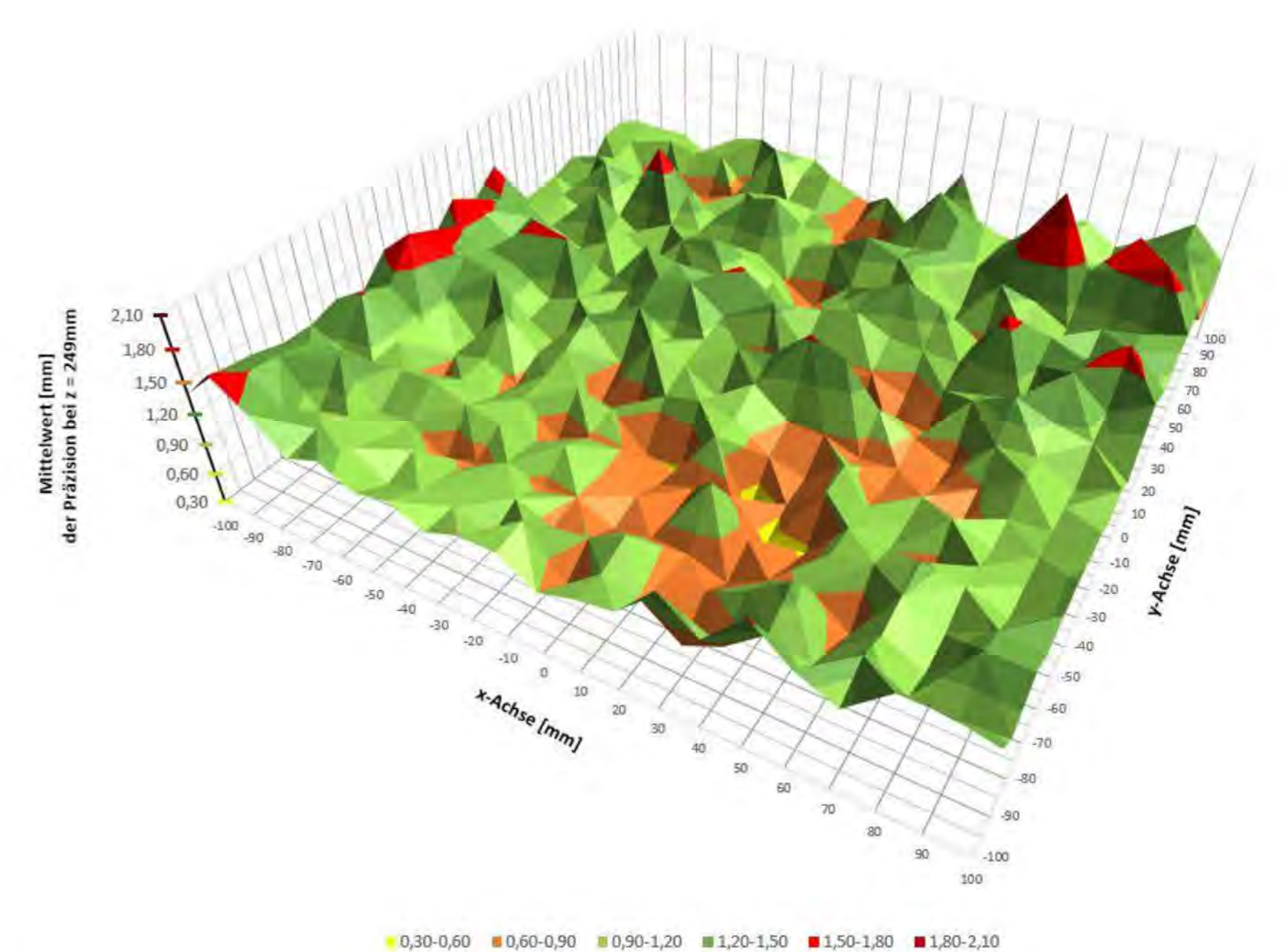


Abb.7 Genauigkeit Positionserfassung

Zusammenfassung

Der vorgestellte Messstand eignet sich zur Messung der Gewebe-Interaktionskräfte eines laparoskopischen Instruments, der Lateralkräfte innerhalb der Bauchdecke sowie der Trajektorien und Richtung der Instrumentenspitze. Der Einsatz ist tierexperimentell oder im Phantomaufbau mit organischen oder technischen Geweben prinzipiell mit beliebigen Rohrschaftinstrumenten möglich.