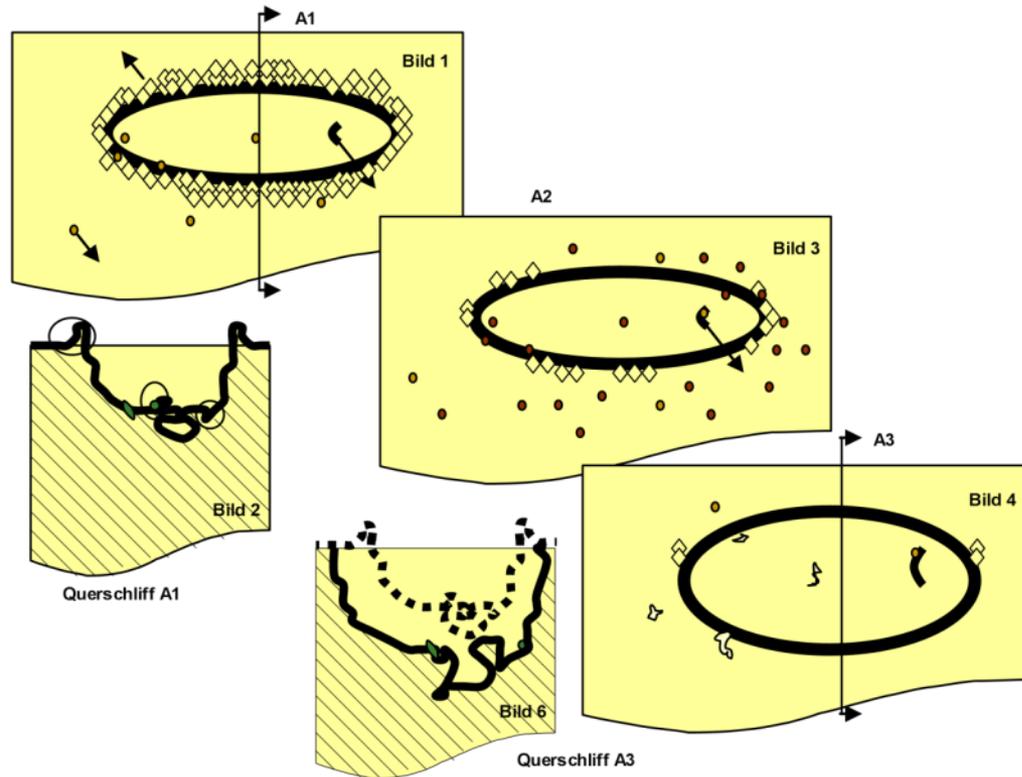


TRIBOKORROSION AN GALVANISCHEN SCHICHTEN



C. B. dos Santos, K. Romankiewicz

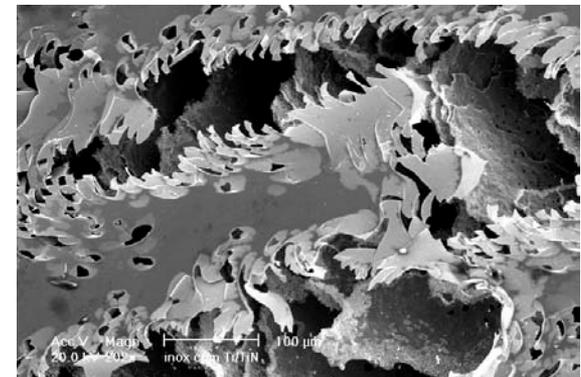
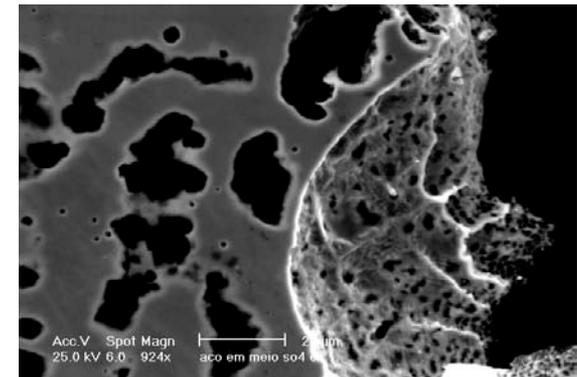
Fraunhofer Institut für Produktionstechnik und Automatisierung

Überblick über den Vortrag

- **Korrosion**
- **Elektrochemische Korrosionsmessung**
- **Tribologie**
- **Tribologiesche Messung**
- **Schaden durch Korrosion und Verschleiß**
- **Tribokorrosion**
- **Zusammenfassung des Vortrages**
- **Literatur**

Korrosion

Korrosion ist definiert als Reaktion eines Werkstoffs mit seiner Umgebung, die eine messbare Veränderung des Werkstoffs bewirkt und zu einer Beeinträchtigung der Funktion eines metallischen Bauteils oder eines ganzen Systems führen kann. In den meisten Fällen kann sie jedoch auch chemische (nichtelektrochemischer) oder metallphysicalischer Natur sein (DIN 50900) [2].



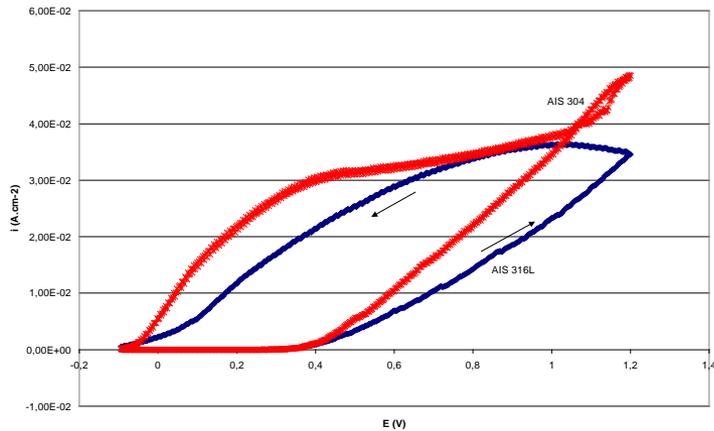
**Lochfraßkorrosion von Edel Stahl
ohne und mit Beschichtung¹**

Korrosionsmitteln

- Atmosphäre
- Wasser
- Erdboden

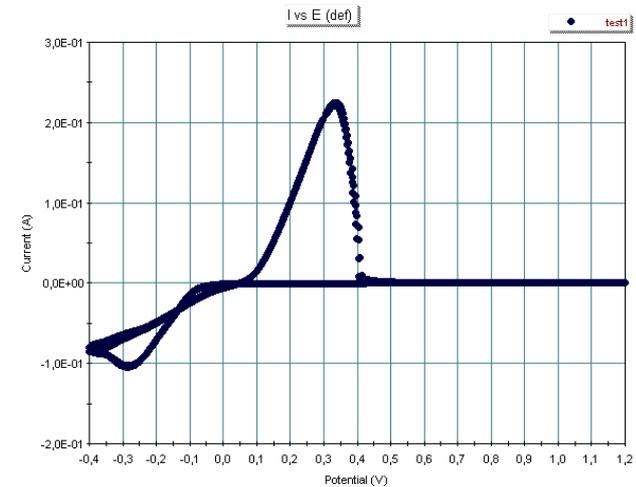
Bei Korrosionsuntersuchungen in einem bestimmten Korrosionsmittel muss zunächst die Zusammensetzung des Korrosionsmittels analysiert werden mit dem Ziel, daraus Hinweise auf Korrosionsart zu erhalten (Müller 1993).

Elektrochemische Messungen



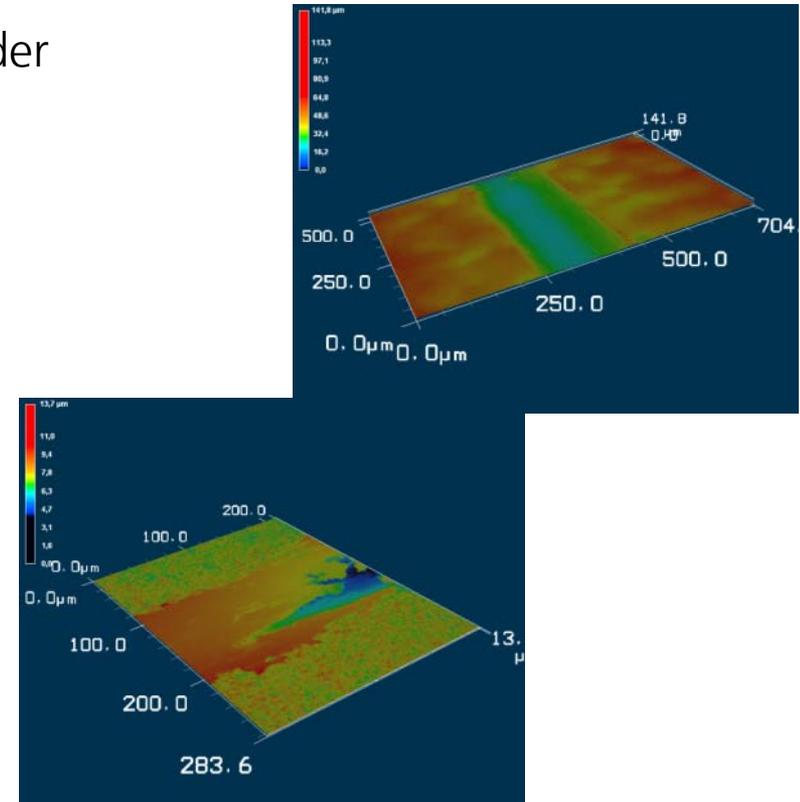
Elektrochemische Charakterisierung des Bades

Elektrochemische Korrosionsmessungen

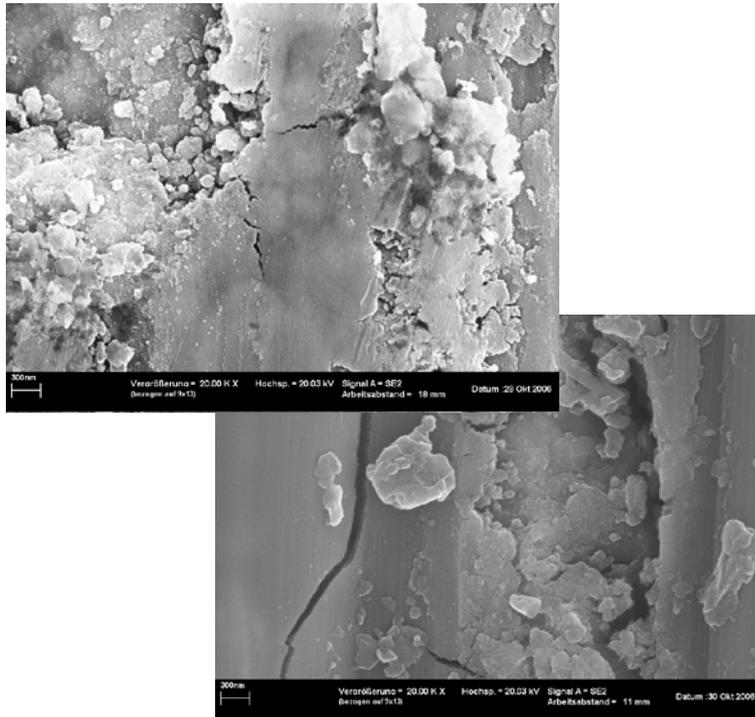


Tribologie

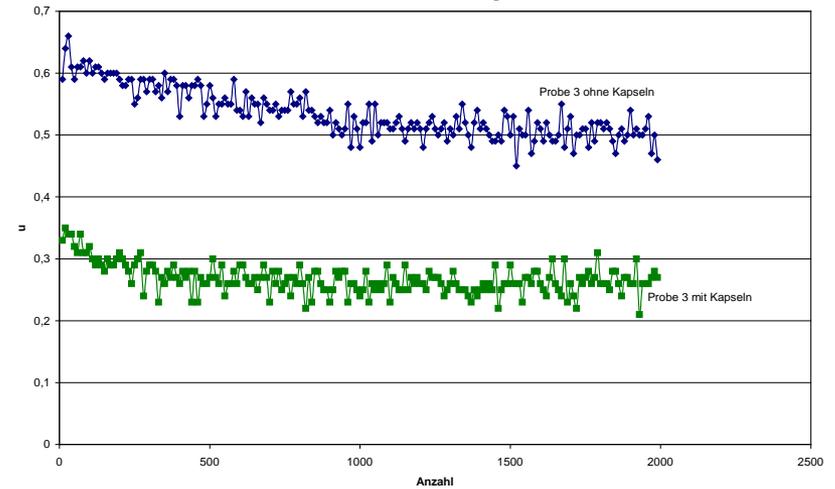
Bei der Standard DIN 50320 ist Tribologie als die Wissenschaft und Technik von aufeinander wirkenden Oberflächen in Relativbewegung definiert. Sie umfasst das Gesamtgebiet von Reibung und Verschleiß, einschließlich Schmierung, und schließt entsprechende Grenzflächenwechselwirkungen sowohl zwischen Festkörpern als auch zwischen Festkörpern und Flüssigkeiten, konsistenten Stoffen oder Gasen ein^[2].



Tribologiesche Messungen



Schmiereffekt von Nanokapseln in Ni Matrix



Die Reibungszahl in einem Schiebekontakt geht durch mehrere Phasen, die für jedes geprüfte Material spezifisch sind und von experimentalen Parameter und der Umgebung abhängt^[2].

Schaden durch Korrosion und Verschleiß

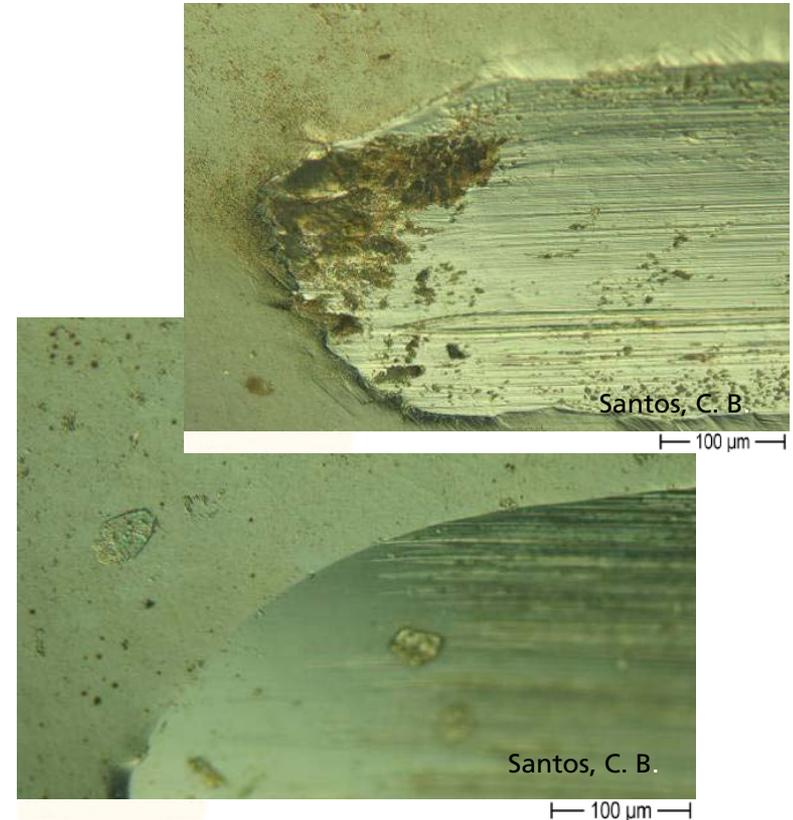
Ein Viertel der jährlichen Produktion an Metallwerkstoffen wird durch Korrosion und Verschleiß zerstört.

Die Korrosion technisch relevanter Legierungen wie Edelstahl verursacht jedes Jahr weltweit einen wirtschaftlichen Schaden von etwa 3 Prozent des globalen Bruttosozialprodukts.

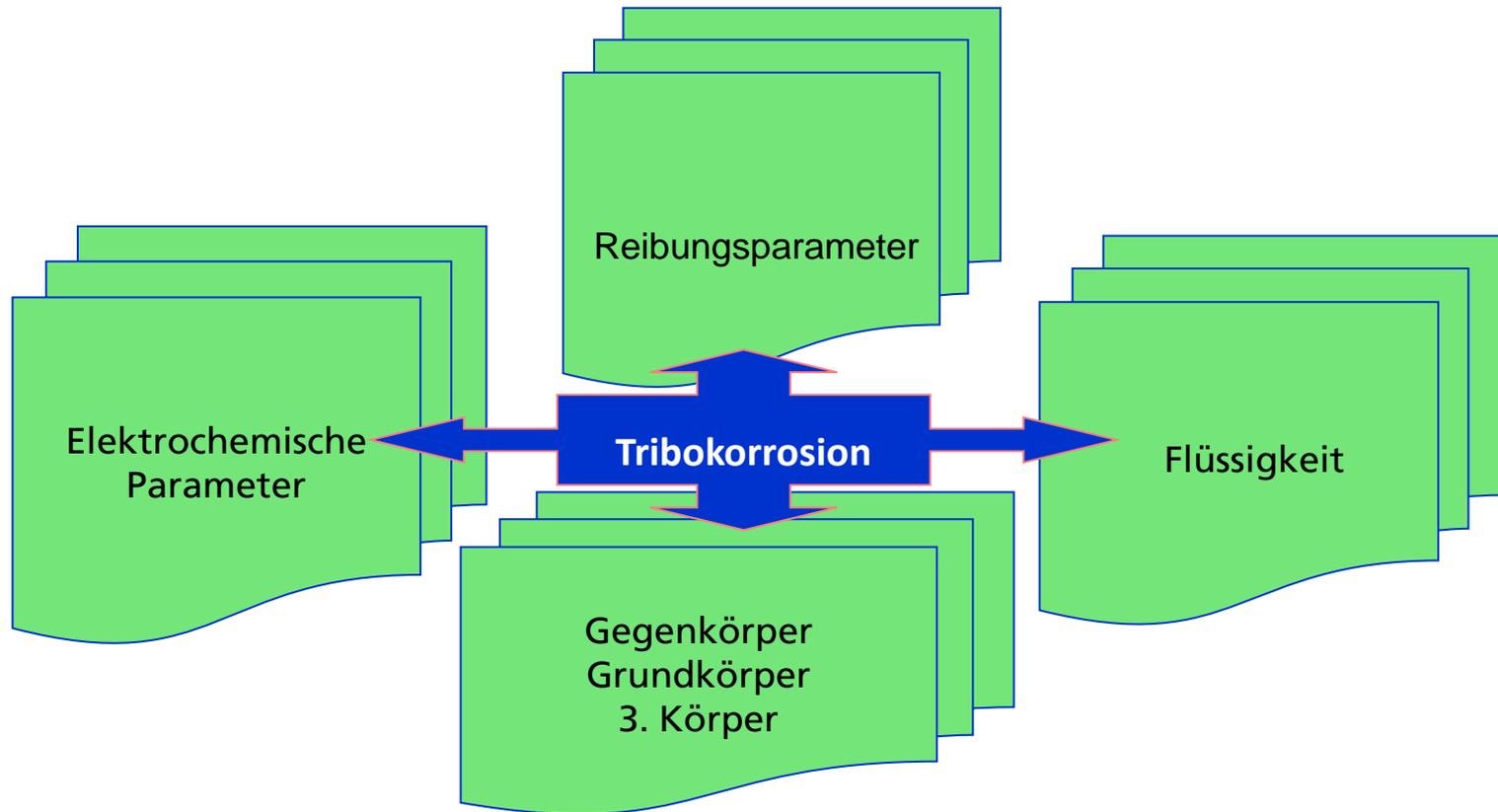
Durch Reibung und Verschleiß entstehen den jeweiligen Volkswirtschaften der Industrieländer jährliche Verluste in Höhe von etwa 5% des Bruttosozialproduktes; das bedeutet für Deutschland ca. 35 Milliarden EUR/Jahr (Interaktiv 2/07).

Tribokorrosion

In der realen Einsatzsituation von z. B. Maschinenteilen arbeiten diese jedoch oft in einem korrosiven Umgebungsmedium. Wenn diese Teile in Relativbewegung sind, ergeben sich gleichzeitig chemische/elektrochemische und mechanische Effekte, die dabei auftretenden Phänomene heißen Tribokorrosion. Lange Zeit wurden die Effekte der Tribokorrosion nur beobachtet, aber man konnte die verschiedenen Aspekte nicht detailliert analysieren und sie wurden oft einfach ignoriert^[2].



Tribokorrosion - Einflussgrößen eines Tribokorrosionssystemes



Landolt (2001)

Veränderung der Oberflächen durch mechanische und elektrochemische Belastung

Tribokorrosion ist „interdisziplinär“ und kombiniert eine mechanische Belastung mit Elektrochemie, diese beiden Aspekte müssen gemeinsam kontrolliert und untersucht werden^[2].

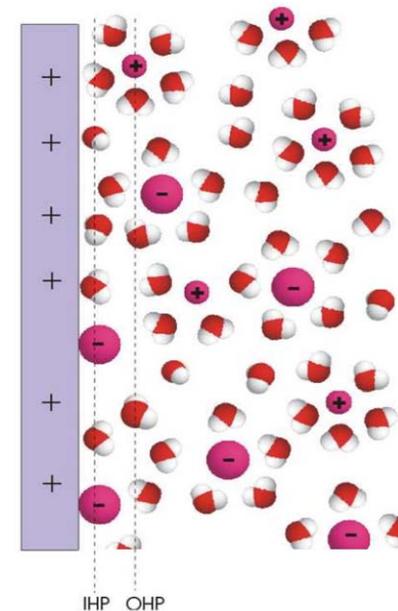
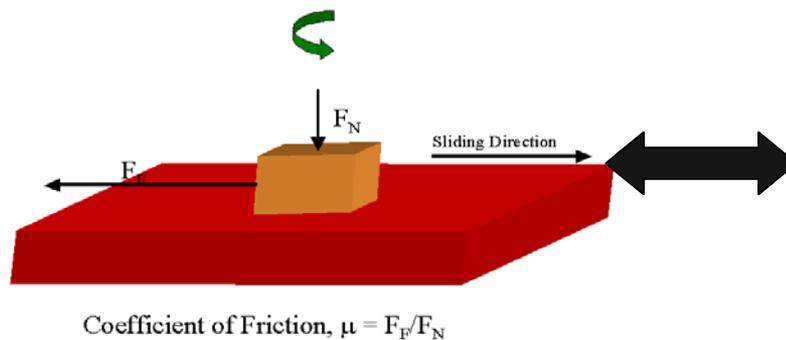


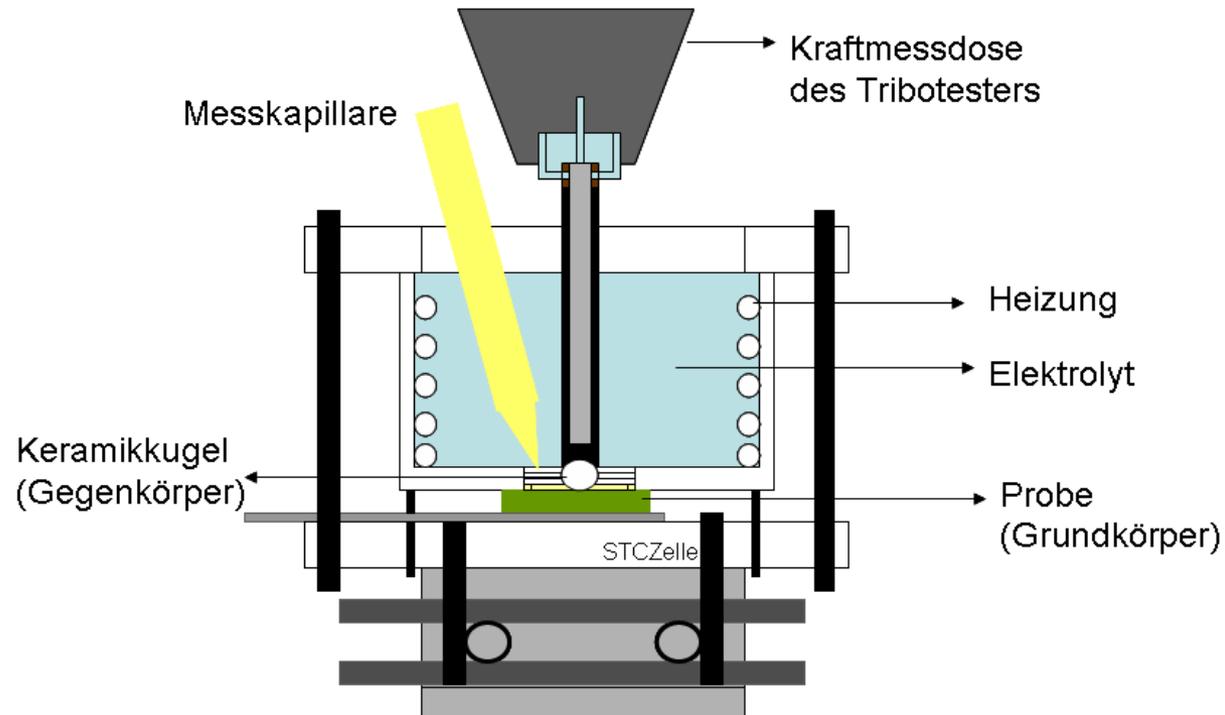
Figure 5: Schematic structure of the electrochemical 'double layer'

Tribokorrosion Messungen

Das System besteht aus drei wichtigen Teilen: Tribotester, Potentiostat/Galvanostat und die Messzelle STC. Der Tribotester kontrolliert die tribologischen Parameter, der Potentiostat/Galvanostat die elektrochemischen Parameter, in der Messzelle befindet sich sowohl eine Probe des zu prüfenden Materials als auch die entsprechenden Umgebungsmedien. Die mechanischen- und elektrochemischen Belastungen werden also gleichzeitig aufgebracht und Ihre Auswirkungen gemessen^[2].



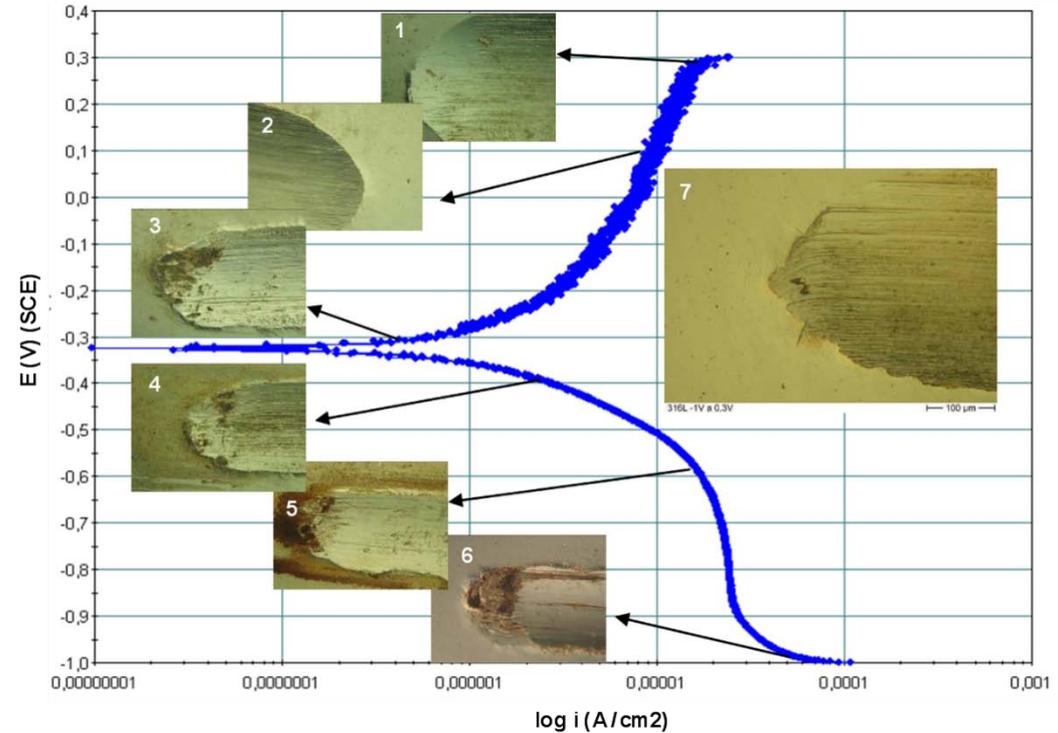
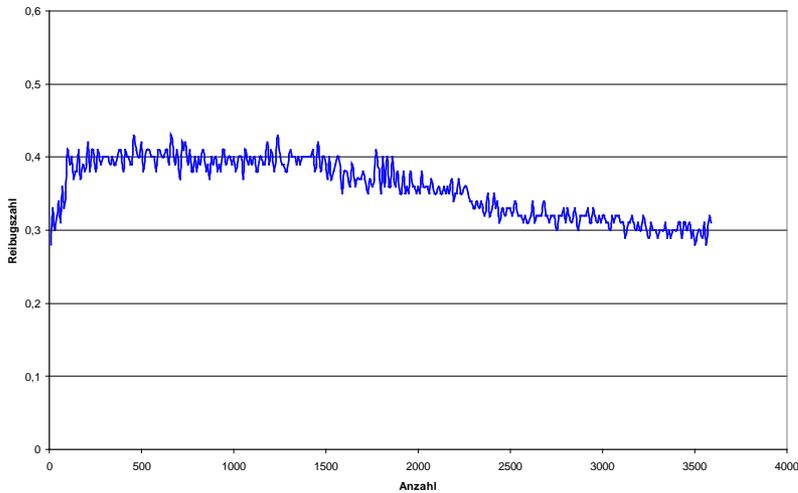
Tribokorrosion Messzelle



Die Tribokorrosions-Zelle wurde am IPA entwickelt.

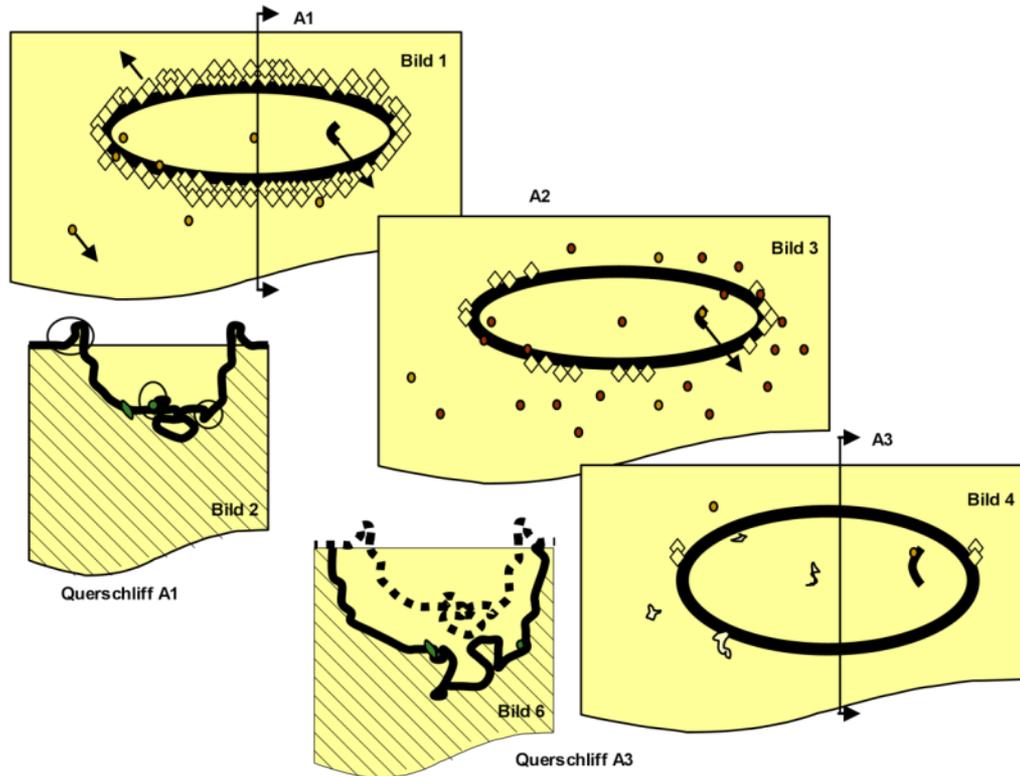
Beispiele aus der Praxis: Tribokorrosion von Edelstahl 1.4404^[2]

Reibungsanzahl der Probe Edel Stahl 1.4404 während der potentiodynamischen Polarisation.



Potentiodynamische Stromdichte-Potential-Kurve, Rastergeschwindigkeit 0,36 mV/s, Potentiale von -1V bis + 0,3V. Edel Stahl 1.4404

Beispiele aus der Praxis: Modell der Oberflächenveränderung

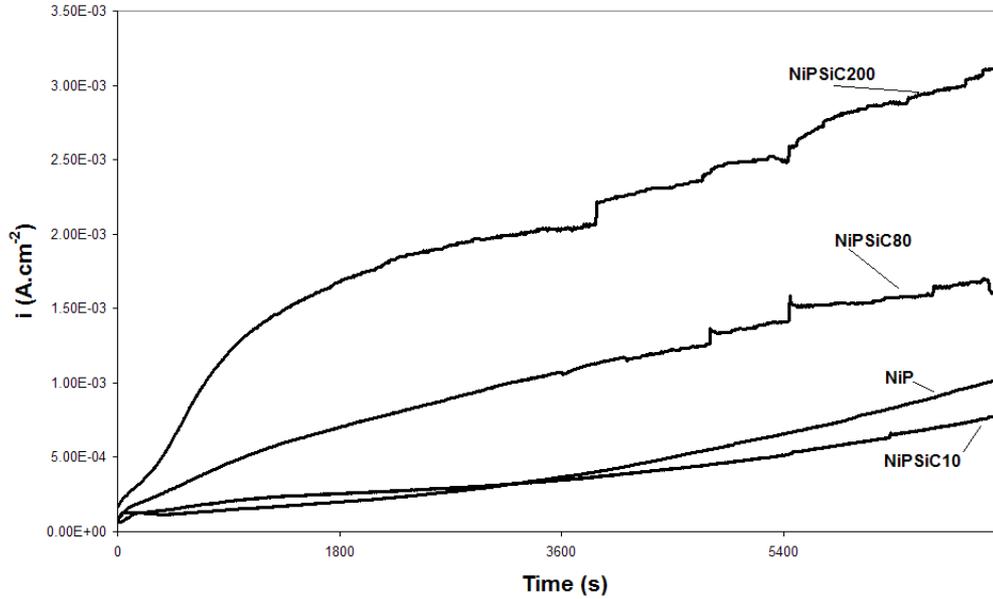


Modellhaft Vorstellung des Materiales während eines Tribokorrosionsprozesses.
 (●) Trümmer auf der Oberfläche, (●) Trümmer in der Oberfläche, (◇) plastische Deformierung.
 Querschliff A3: Geometrie des Verschleißweges am Anfange (----) und am Ende (—) des Tests^[2].

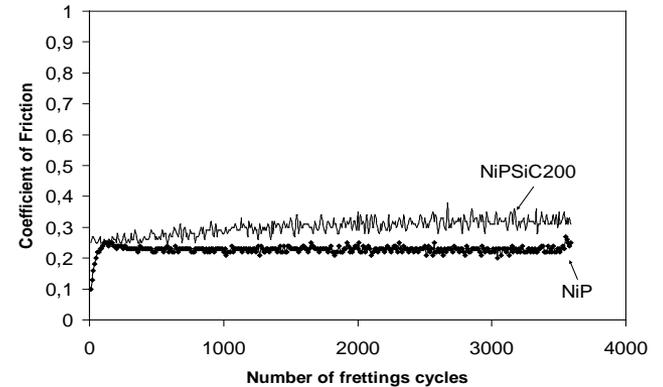
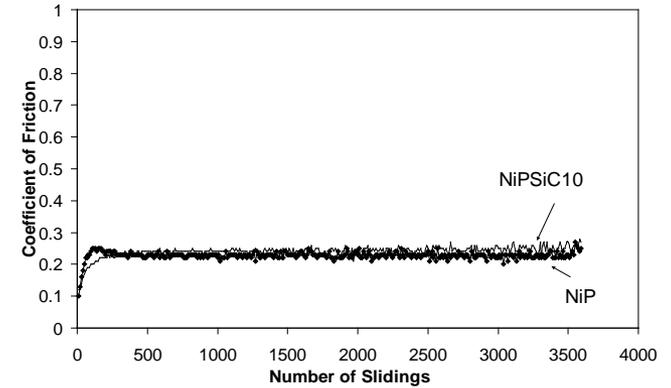
Bemerkungen

- Mit dem entwickelten System für Tribokorrosionsmessungen kann man verschiedene Phänomene unter elektrochemischer Kontrolle analysieren. Die Stromdichteleistung ändert sich bei verschiedene Situationen: (a) wenn die mechanische Belastung dominiert, (b) wenn mechanische und elektrochemische Belastung kombiniert sind und (c) wenn elektrochemische Belastung dominiert.
- Bei verschiedenen elektrochemischen Parametern können Korrosionsprodukte, Trümmer und Bereiche mit plastischer Deformierung auftauchen, die den Widerstand des Materiales während des Tribokorrosionsprozesses beeinflussen können.
- Die Veränderung der Reibungsanzahl kann wegen der Bildung einer Schicht und Auftauchung der Trümmer während des Reibungsprozesses stattfinden. Die Beiden können als Schmiermittel im Tribokontakt wirken. Damit würde die Reibungsanzahl niedriger. Auch der Korrosionsprozess kann als Poliermittel wirken^[2].

Beispiele aus der Praxis: NiP / SiC Dispersionsschicht^[3]



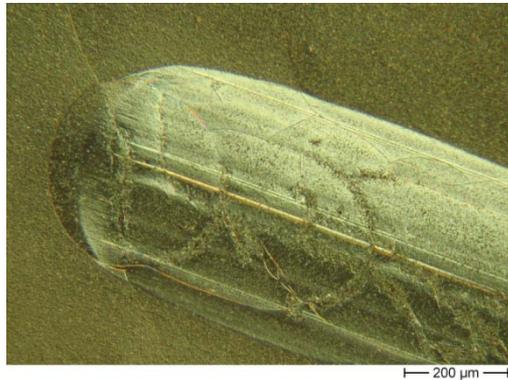
Polarisationskurve in NaCl 0,6 M. Potential = 0,4V,
 Normalkraft = 8N, Frequenz = 2 Hz.



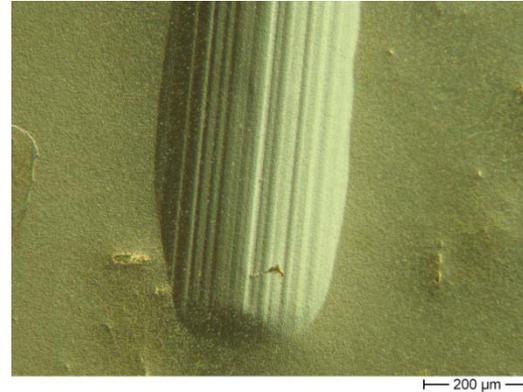
Reibungsanzahl der Probe während
 Polarisation

Beispiele aus der Praxis: NiP / SiC Dispersonsschicht^[3]

Verschleißweg

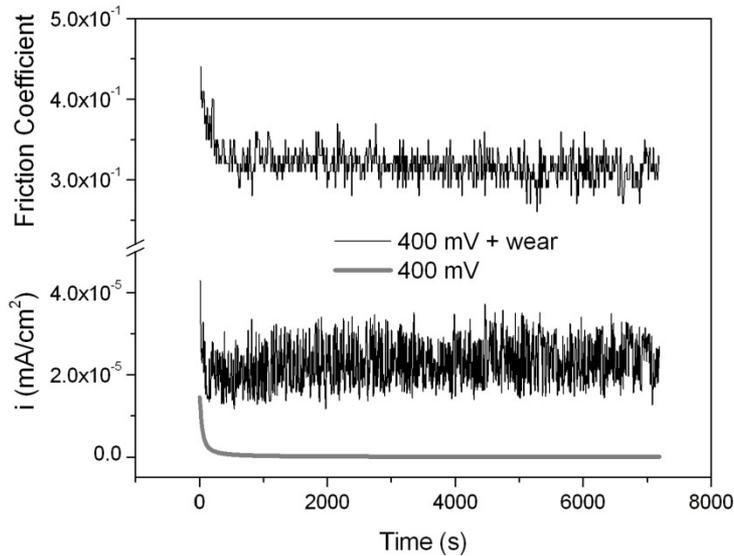


NiP-SiC 80

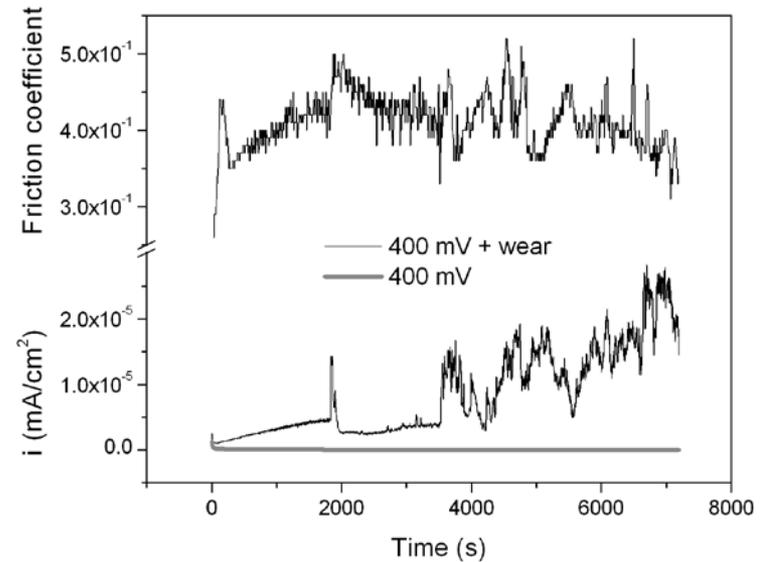


NiP-SiC 200

Beispiele aus der Praxis: Ti6Al4V^[4]



Polarisationskurve von Ti6Al4V bei 0,4 V mit und ohne Verschleiß.



Polarisationskurve von behandelten Ti6Al4V bei 0,4 V mit und ohne Verschleiß.

Anwendung

Die Anwendung dieser Methode zur z. B. Materialprüfung ist für Bauteile interessant, die in Relativbewegung arbeiten und zur gleichen Zeit korrodiert werden (Landolt 2001). Wie zum Beispiel:

- Medizinische Implantate
- Chirurgische Geräte
- Lebensmittelverarbeitende Anlagen
- Chemiepumpen
- Nuklear Technik

Literatur

- [1] Santos C. B., Wolfart Jr M., Strohaecker T. R. and Zoppas Ferreira J., 15th International Corrosion Congress, ICC 2002, Granada – Spain
- [2] Santos, Claudia Beatriz dos; Holeczek, Harald; Romankiewicz, Katja; Zoppas Ferreira, Jane. Modell der Oberflächenveränderung beim Tribokorrosionstest unter potentiostatischen und potentiodynamischen Bedingungen. *Galvanotechnik* 12 (2007), 2945 - 2951
- [3] Malfatti, C.; Veit, H. Santos, C.; Metzner; Holeczek, H.; Bonino, J.-P. Heat Treated NiP-SiC Composite Coatings: Elaboration and Tribocorrosion Behaviour in NaCl Solution *Tribology Letters*, Volume 36, Number 2, November 2009 , pp. 165-173(9)
- [4] Manhabosco T.M., Tamborim S.M., Santos C.B. dos , Müller I.L., Tribological, electrochemical and tribo-electrochemical characterization of bare and nitrided Ti6Al4V in simulated body fluid solution, *Corrosion Science* 53 (2011) 1786
- [5] Santos C. B., Haubold L., Holeczek H., Becker M., Metzner M., Wear-Corrosion Resistance of DLC/CoCrMo System for Medical Implants with Different Surface Finishing, *Tribology letters* 37 (2010) 251
- [6] Santos C. B., Metzner M., Malfatti M. F., Zoppas Ferreira J., Corrosion process in NaCl/Na2SO4 solutions of AISI 316L stainless steel treated by ionic nitriding *Transactions of the Institute of Metal Finishing* 6 (2009) 87
- [7] Manhabosco T.M., Muller I.L., Electrodeposition of diamond-like carbon (DLC) films on Ti , *Applied Surface Science*, 255 (2009) 4082
- [8] Malfatti C.F., Veit H.M., Menezes T.L., Zoppas Ferreira J., Rodriguês J.S., Bonino J.-P., The surfactant addition effect in the elaboration of electrodeposited NiP-SiC composite coatings, *Surface and Coatings Technology*, 201(2007) 6318
- [9] Santos C. B., *Jahrbuch Oberflächentechnik*, Eugen G. Leuze Verlag, 65 (2009) 258
- [10] Santos C. B. , Tentardini E., Piana L. A., Carpenter D., Strohaecker T. R. and Zoppas Ferreira J., *Transactions of the Institute of Metal Finishing* 80 (2002) 147
- [11] Santos C. B., Holeczek H. ; Romankiewicz K., Zoppas ferreira J., Modell der Oberflächenveränderung beim Tribokorrosionstest unter potentiostatischen und potentiodynamischen Bedingungen, *Galvanotechnik* 12 (2007) 2945

Danke!