

# Die Optimierung des Touch-Feel von Produkten

Management Summary. . . . .	2
Was ist Touch-Feel? . . . . .	4
Touch-Feel Messung . . . . .	5
Einflussfaktoren . . . . .	5
Der Messstand des PCCL. . . . .	6
Experience Studies . . . . .	7
Auswertung mittels Künstlicher Intelligenz . . . . .	8
Kooperation / Kontakt . . . . .	9

# Touch-Feel Management Summary 1/2

Neben der optischen Wahrnehmung ist insbesondere **das taktile Erscheinungsbild von Produktoberflächen** zu einem wesentlichen Anreiz geworden ein Produkt zu kaufen. Produkte sollen daher optisch ansprechend präsentiert werden und sie müssen **den für das jeweilige Produkt passenden „Touch-Feel“ aufweisen**. Dies betrifft den Automotive Sektor, die Unterhaltungselektronik, Fast Moving Consumer Goods, Lackhersteller, Oberflächenveredelungssektoren und viele weitere Branchen. Um Oberflächen mit dem gewünschten Touch-Feel gezielt herstellen zu können



bedarf es jedoch der **detaillierten Kenntnis aller Oberflächen- und Materialeigenschaften**, die in ihrem komplexen Zusammenspiel die geforderte taktile Wahrnehmung hervorrufen. Mit dem Ziel diese Zusammenhänge vollständig verstehen und steuern zu können wurde an der **Polymer Competence Center Leoben GmbH** eine Forschungsinitiative gebildet, welche seit dem Jahr 2014 ausschließlich am Touch-Feel und den erforderlichen Technologien zur Oberflächenmessung und -charakterisierung, und der Datenverwertung in der Produktion forscht.

# Touch-Feel Management Summary

## 2/2

### Möglichkeiten der PCCL-Technologien – unser Angebot:

Die **Herstellung** einer Produkt-oberfläche mit dem gewünschten Touch-Feel bedarf in vielen Fällen eines aufwendigen Prozesses. **Die Kenntnis der Verbindung zwischen der taktilen Wahrnehmung und den auslösenden Oberflächenparametern** eröffnet vielfältige Möglichkeiten zur zielgerichteten Optimierung des „Touch-Feels“ von Oberflächen und der Herstellungsprozesse.

Mit den am PCCL entwickelten Methoden können Materialparameter gezielt variiert werden um den passenden „Touch-Feel“ für jedes Produkt auf ökonomische und ökologische Art zu generieren. Weiters kann überprüft werden, ob eine bestimmte

Produktoberfläche für den vorgesehenen Einsatzbereich (Automotive, Home and Consumer Electronics, Packaging, ...) geeignet ist. Ebenso ermöglicht wird ein objektiver Vergleich des „Touch-Feels“ eines Imitates und eines Originals.

**In kooperativen Projekten sollen, aufbauend auf den entwickelten Messmöglichkeiten des PCCL, der Datenauswertung mittels KI, und dem geschaffenen Know-How Problemstellungen der Industrie in effizienter Weise gelöst werden.**

**Dafür ist die PCCL GmbH hervorragend aufgestellt!**



# Was ist Touch-Feel?

Der menschliche **Tastsinn** ist hochentwickelt. Er ermöglicht die Erkennung und Bewertung feinsten topografischer Strukturen. Ebenso vermag der Tastsinn Materialien auf ihre Rutschigkeit hin zu prüfen sowie die Wärmeleitfähigkeit eines Materials zu erkennen. Die Gesamtheit dieser Parameter wird zu einem **taktilem Eindruck** zusammengefasst, welcher sich in einer Wahrnehmung manifestiert, welche mitunter als soft-touch, ledrig, seidig, froschig usw. bezeichnet wird.

Da der „Touch-Feel“ von **physikalischen Oberflächen- und Materialparametern** wie Rauigkeit, Härte, Textur usw. hervorgerufen wird, kann bei richtiger Auswahl der Messparameter und Auswertemethoden eine **Verbindung zwischen Oberflächeneigenschaften und Wahrnehmung** geschaffen werden. Dieser Zusammenhang ist in Abbildung 1 dargestellt.

Neben den rein physikalischen Parametern wird der „Touch-Feel“ von Produktoberflächen auch vom jeweiligen **Anwendungsfall** bestimmt. Eine Produktoberfläche kann daher in unterschiedlichen Szenarien taktil anders wahrgenommen und bewertet werden.

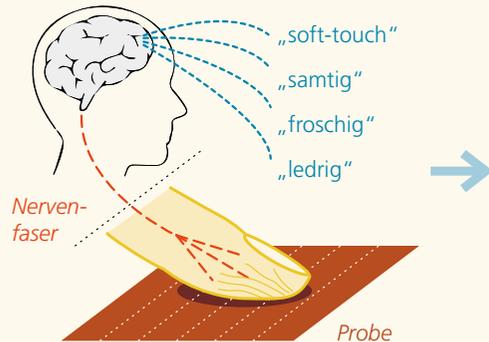


Abb. 1a: Verlauf taktiler Wahrnehmung

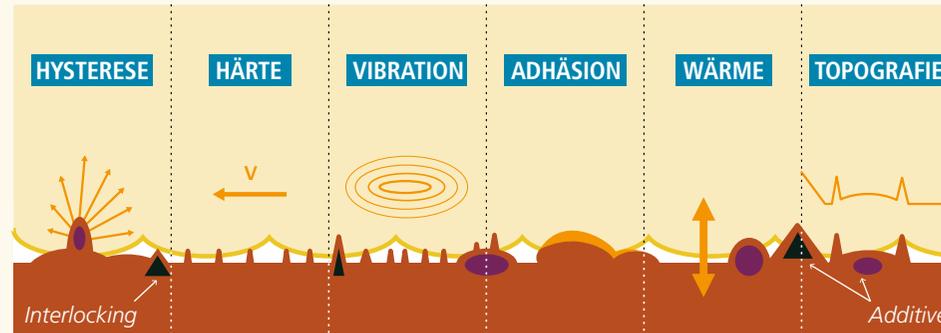


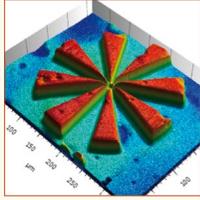
Abb. 1b: Physikalische Oberflächen- und Materialparameter sowie durch Interaktion entstehende Wechselwirkungen

Die wichtigsten physikalischen Oberflächen- und Materialparameter sowie jene durch Interaktion entstehenden Wechselwirkungen sind in Abbildung 1b dargestellt. Die Haut ertastet die Oberfläche dynamisch und nimmt mit einer Reihe von Rezeptoren (nicht dargestellt) die Oberflächen- und Materialparameter auf. Über Nervenleitungen werden diese an das Gehirn weitergeleitet, wo diese analysiert werden und es zu spezifischen taktilen Eindrücken der Oberfläche kommt. Bei bekannten Materialien kann daraufhin einer Testprobe ein Materialtyp zugeordnet werden.

# Touch-Feel Messung: Einflussfaktoren

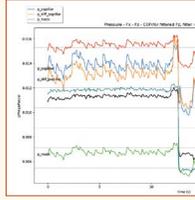
## Topografie

Die Topografie der Proben wird mittels interferometrischem Prinzip gemessen, wodurch eine Auflösung in vertikaler Richtung im einstelligen nm-Bereich erzielt wird. Die Topografie spielt bei allen vorgestellten Parametern eine wichtige Rolle, weshalb eine hochpräzise Messung und Auswertung essenziell ist.



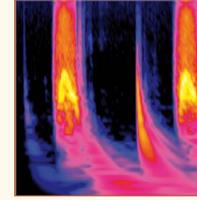
## Reibung

Der Reibungskoeffizient ist der wichtigste Parameter hinsichtlich des Empfindens der Rutschigkeit einer Oberfläche. Neben dem reinen Mittelwert des Reibungskoeffizienten sind weitere statistische Parameter von Bedeutung.



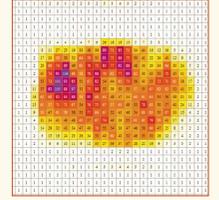
## Vibration

Die bei Relativbewegung zwischen Finger und Probe entstehenden Vibrationen sind der wichtigste Parameter für die Wahrnehmung der Rauigkeit sowie der Textur. Die Daten werden hinsichtlich verschiedenster statistischer Parameter wie Leistung, Erwartungswert der Wellenlänge und Amplitudenverteilung ausgewertet.



## Druckverteilung

Die Druckverteilung eines Fingers kann statisch und dynamisch gemessen werden. Dies erlaubt ein tiefergehendes Verständnis der tribologischen Vorgänge und der elastischen Eigenschaften eines Fingers.



## Wärmeübertrag

Der Wärmeübertrag zwischen Finger und Probe wird von der Wärmekapazität des Materials sowie der Kontaktfläche bestimmt. Dieser Parameter bestimmt die taktile warm/kalt Wirksamkeit von Oberflächen, ein entscheidender Faktor zur Unterscheidung verschiedener Materialien.



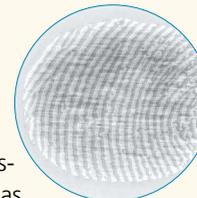
## Hautfeuchtigkeit

Die Kenntnis der Feuchtigkeit eines Fingers ist eine notwendige Voraussetzung für eine aussagekräftige tribologische Charakterisierung einer Oberfläche.



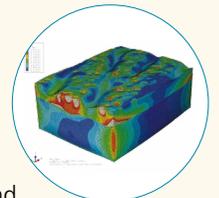
## Kontaktfläche

Die Kontaktfläche zwischen Finger und Probe bestimmt zu einem großen Teil die Reibungskräfte (Adhäsion) und das Temperaturempfinden. Die Auswertung von Kontaktflächendaten (mittels Künstlicher Intelligenz) ermöglicht die Evaluierung der wahren Kontaktfläche während der Relativbewegung zwischen Finger und Probe.



## Simulation

Die bei Kontaktierung entstehenden Parameter wie Kontaktfläche, Kraft- und Druckverteilung zwischen Finger und Oberfläche werden mittels Finite-Elemente-Methode simuliert. Dies ermöglicht die detaillierte Erfassung der Wirkung von Oberflächeneigenschaften auf den menschlichen Finger.



# Touch-Feel Messung: Der Messstand des PCCL

Das PCCL ist hinsichtlich der messtechnischen Erfassung der genannten Parameter bestens ausgerüstet. Um reproduzierbare Messungen zu garantieren, welche unter kontrollierten Bedingungen durchgeführt werden können, **wurde ein Touch-Feel Messstand entwickelt**. Mit dem Messstand können alle relevanten Messparameter simultan und in hoher Genauigkeit gemessen werden. **Dies ist eine Voraussetzung für eine erfolgreiche Quantifizierung von Touch-Feel.**

Um aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten müssen alle gewonnenen Daten kombiniert und statistisch ausgewertet werden. In der Analyse großer Datenmengen sowie deren Auswertung mittels neuronaler Netze verfügt das PCCL über jahrelange Erfahrung, wobei die Spezialisierung auf Methoden der künstlichen Intelligenz auch im Bereich der Erfassung von Oberflächendaten zu **Alleinstellungsmerkmalen, wie z.B. einer Echtzeit-Kontaktflächenerfassung**, geführt hat.

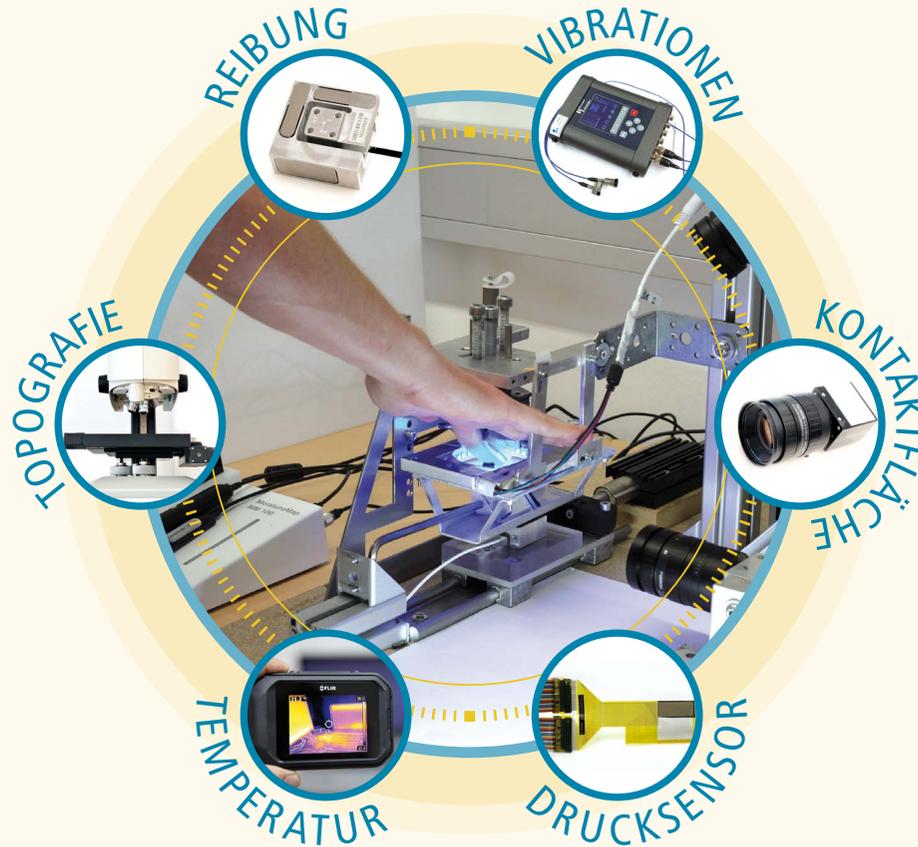


Abb. 2: Künstlicher Finger

## Künstlicher Finger

Vom PCCL wurde ein künstlicher Finger entwickelt, der in seiner Oberflächenstruktur und seinen viskoelastischen Eigenschaften dem menschlichen Finger sehr stark angenähert und mit Sensorik ausgestattet ist.

Abb. 3: Bei der Interaktion zwischen Finger und Oberfläche gibt es vier dominante Klassen von Einflussparametern:

- 1) Reibung
- 2) Vibration
- 3) Kontaktflächentopografie
- 4) Wärmeübertrag

Um den „Touch-Feel“ von Oberflächen zu untersuchen, werden die Proben in Wahrnehmungsstudien auf ihre taktile Wirkung und Qualität hin untersucht. Im Zuge eines strategischen PCCL-Projektes wurde in Kooperation mit dem Center for Technology Experience am AIT - Austrian Institute of Technology GmbH das **Material Experience Lab** gegründet, um insbesondere den Einfluss von unterschiedlichen Einsatzgebieten und Umgebungen auf die Wahrnehmung von Materialeigenschaften zu erforschen.

In einer **Virtual Reality Umgebung** werden dabei verschiedene Kontexte simuliert und deren Wirkung auf die Materialwahrnehmung untersucht. Dies ermöglicht die Wahrnehmung von Materialien in den Kontext eines konkreten Use Cases zu setzen und so die Anwendbarkeit der Ergebnisse für den späteren Einsatzzweck in der echten Anwendungsumgebung zu evaluieren.

Abb. 4: Die Abbildungen rechts zeigen die Verwendung von Soft-Touch Oberflächen im Kontext „Auto Interieur“ und „Laptop“.



# Der Nutzen von künstlicher Generierung von Wissen aus Erfahrung

Das Ziel der Auswertung ist die Verbindung der **messtechnisch erfassten Einflussparameter mit der taktilen Wahrnehmung**. Diese besteht aus grundlegenden Empfindungen wie z.B. hart/weich und rau/glatt usw. Bestimmte Kombinationen dieser Empfindungen führen letztlich zu spezifischen Wahrnehmungen, die zum Beispiel als „ledrig“, „soft-touch“, „samtig“, „holzig“, „gummiartig“ oder „seidig“ bezeichnet werden. Bei erfolgreicher Korrelation führt dies zu einer **vollständigen Klassifizierung** und Vorhersagbarkeit von Oberflächenempfindungen.

Ein maschinell lernendes neuronales Netz lernt aus Beispielen in welchen die Beziehungen zwischen den physikalisch/chemischen Eigenschaften einer Oberfläche und der hervorgerufenen taktilen Wahrnehmung bekannt (gelabelt) sind und verallgemeinert diese im Verlauf einer Trainingsphase. **D.h., das trainierte neuronale Netz verfügt über ein Erfahrungsverständnis der Zusammenhänge und der Wirkung der Einflussparameter und es kann damit die zu erwartende taktile Wirkung neuer Oberflächen vorhersagen und die Bewertung neuer Ober-**

**flächenvarianten unterstützen.** Damit wird eine effiziente und kostengünstige Möglichkeit geschaffen, um etwa neue Beschichtungsvarianten vor deren kostspieligen versuchsweisen Realisierung hinsichtlich der zu erwartenden Eigenschaften abzuprüfen. **Mit der gewonnenen Erfahrung kann die Maschine sogar Klassifizierungen in neuen, unbekanntem Datensätzen durchführen und Vorhersagen für die zu erwartenden Ergebnisse machen.**



Abb. 5: Verlauf der Quantifizierung von „Touch-Feel“, beginnend mit der Messung der physikalischen und chemischen Parameter und der taktilen Klassifizierung der Oberfläche bzw. Beschichtung. Dieser Stufe folgt die Datenanalyse, beginnend mit einer „feature extraction“, welche von einem maschinell lernenden neuronalen Netz durchgeführt wird. Ist die Trainingsphase abgeschlossen, kann das System aufgrund der gewonnenen Erfahrung Oberflächen selbstständig erkennen und die taktile Wirksamkeit vorhersagen.



## Kooperation im Rahmen von

### Auftragsforschung

### Kooperative F&E im Rahmen eines PCCL COMET-Projektes

### Kooperative F&E im Rahmen eines geförderten Forschungsprojektes

## Kontakt

Priv.-Doz. Dieter P. Gruber  
Polymer Competence Center Leoben  
dieter.gruber@pccl.at

## Dieter P. Gruber



Priv.-Doz. DI Dr. techn. Dieter P. Gruber schloss das Studium der Technischen Physik am Institut für Theoretische Physik an der TU Graz im Jahr 2000 ab. Bedingt durch seine Ausbildung sowohl im Werkstoffphysik als auch im IT-Bereich liegen seine Forschungsschwerpunkte im Bereich der Oberflächenphysik, der Charakterisierung von Werkstoffeigenschaften und in der Verarbeitung von großer Datenmengen mittels künstlicher Intelligenz. Nach Stationen u.a. am Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) in Freiburg folgte Dieter P. Gruber im Jahr 2003 dem Ruf ans Polymer Competence Center Leoben (Österreich). Seit dem Jahr 2010 werden unter seiner Federführung neuartige „Machine Vision“-Methoden und Messmethoden zur Charakterisierung des Erscheinungsbildes und der taktilen Wirkung von Oberflächen unter der Berücksichtigung des menschlichen Wahrnehmungsverhaltens entwickelt. Die Habilitation erfolgte im Jahr 2015 an der Montanuniversität Leoben. Im Jahr 2014 wurde er zum Österreicher des Jahres in der Kategorie Forschung gewählt. Er ist Träger zahlreicher Forschungspreise, wie dem Magna ACS Innovation Award 2013, dem Houska-Preis 2014 und dem Fast Forward Award 2018.

## Thomas Ules



Dr. rer. nat. Thomas Ules schloss das Physikstudium an der Karl-Franzens-Universität-Graz im Jahr 2015 ab. Forschung an der elektronischen Struktur von organischen Molekülen an der Universität Graz bis 2016. Seit 2017 forscht Thomas Ules in dem von Priv.-Doz. Dr. Dieter P. Gruber im Jahr 2015 am PCCL aufgebauten Forschungsbereich „Touch-Feel von Produktoberflächen“ an Methoden zur Parametrisierung der taktilen Wahrnehmung mittels messbarer Parameter. Das taktile Erfühlen von Oberflächen wird dabei von einer rein subjektiven Ebene auf eine objektivierte Messparameter Ebene gebracht.

## Mitwirkende PCCL Forscher/innen

**Priv.-Doz. Dr. Sandra Schlögl**, Werkstoffe und Chemie  
**Dr. Andreas Hausberger**, Tribologie  
**Stefan Mayrbrugger**, Topografische Messtechnik  
**Michael Grießer**, Optische Messtechnik