

Anpassung der Haftfestigkeit von Kollagenbeschichtungen auf synthetischen Polymeroberflächen

Einleitung

Die Adhäsion von Zellen an Biomaterialien, Implantatoberflächen und Tissue Engineering Produkten ist Voraussetzung für eine erfolgreiche Anwendung. Besonders eine Beschichtung mit extrazellulären Matrixproteinen wie Kollagen kann dabei die Biokompatibilität des Materials und die Besiedlungsfähigkeit verbessern. Ziel dieser Studie war es die Haftung von Kollagenbeschichtungen auf Polymeroberflächen zu steigern.

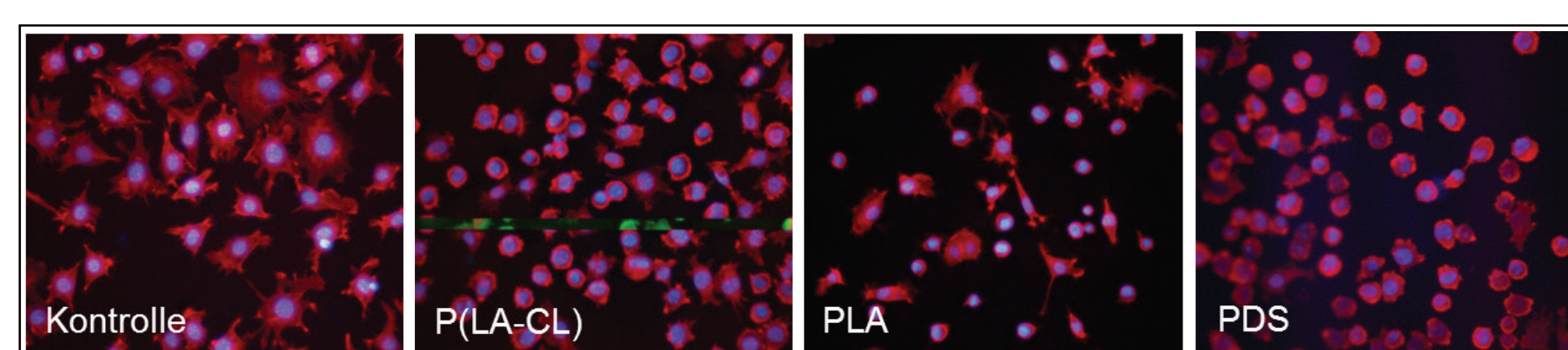


Abbildung 1: Adhäsion von L929 an unterschiedliche Polymerfolien im Vergleich zur Standard-Kulturschale.

Material und Methoden

Polycaprolakton-Co-Lactid (P(LA-CL)), Polylactid (PLA) und Polydioxanon (PDS)-Folien wurden im Niederdruckplasma mit Argon oder gasförmigem Fluor funktionalisiert, um die Auswirkungen der Oberflächenbehandlung auf die Haftung von Kollagen zu untersuchen. Die Fluorierung erfolgte dabei in einer Reaktionskammer, die mit einem Gemisch aus Fluor und Stickstoff im Verhältnis 5:95 begast wurde. Anschließend wurden die Folien mit fibrilliertem Kollagen beschichtet und die Haftfestigkeit mit einem Peeltester analysiert.

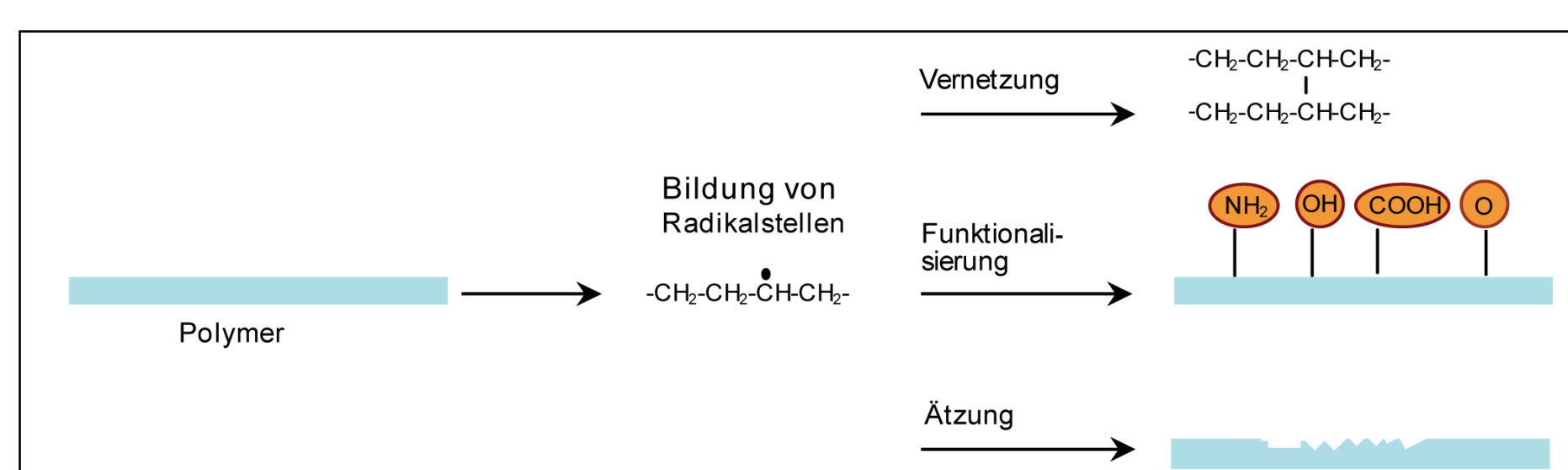


Abbildung 2: Schematische Darstellung der Oberflächenreaktionen während der Behandlung.

Die Veränderungen der Oberflächeneigenschaften der Folien wurden durch die Bestimmung des Kontaktwinkels und der Oberflächenenergie, mittels Zetapotentialmessung und mit Hilfe der Röntgen-Photoelektronen-Spektroskopie (XPS) charakterisiert.

Ergebnisse

Im Peeltest zeigten Kollagenbeschichtungen im Trocknen und auch in Feuchte eine signifikante Erhöhung der Haftkraft auf allen funktionalisierten Polymeren. Dabei resultierte die Argonbehandlung in einer etwas höheren Haftverbesserung im Vergleich zur Fluorierung.

Die Analysen der Oberflächen nach einer Funktionalisierung mit Argon ergaben eine verbesserte Hydrophilie sowie eine erhöhte Oberflächenenergie. Interessanterweise konnten auf den fluorierten Polymeren keine signifikanten Oberflächenveränderungen gemessen werden, obwohl die

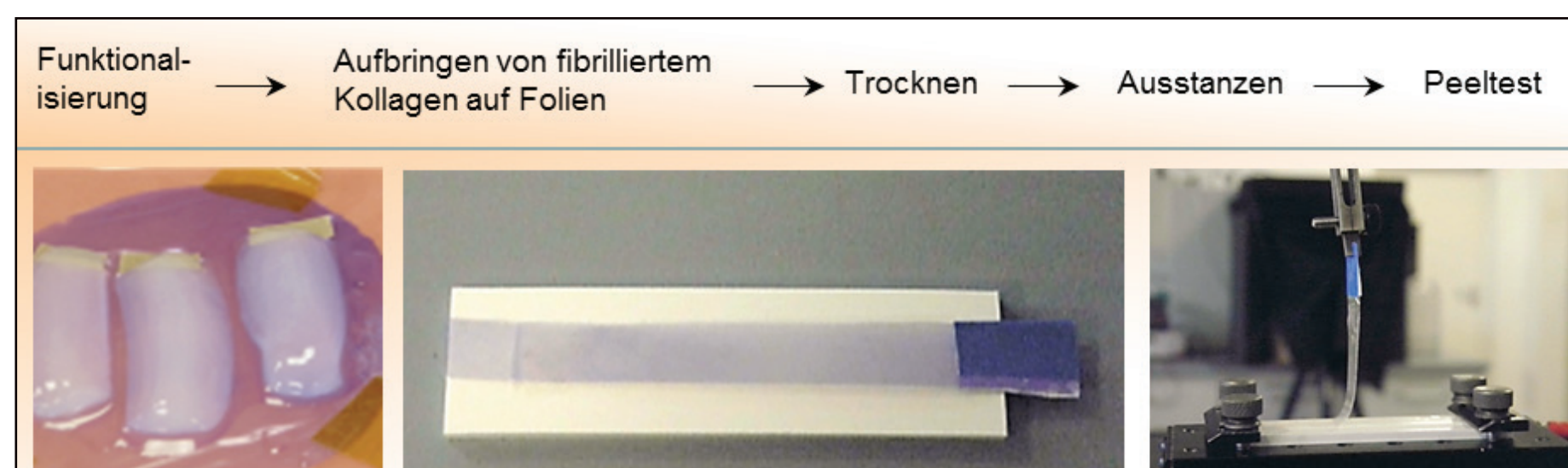


Abbildung 3: Für die Haftuntersuchungen wurde zunächst fibrilliertes Kollagen auf die Folie aufgebracht, getrocknet und in Form gestanzt. Anschließend wurde die Kollagenschicht im trockenen oder feuchten Zustand von der Unterlage abgezogen.

Haftfestigkeit des Kollagens auf das Doppelte gesteigert wurde.

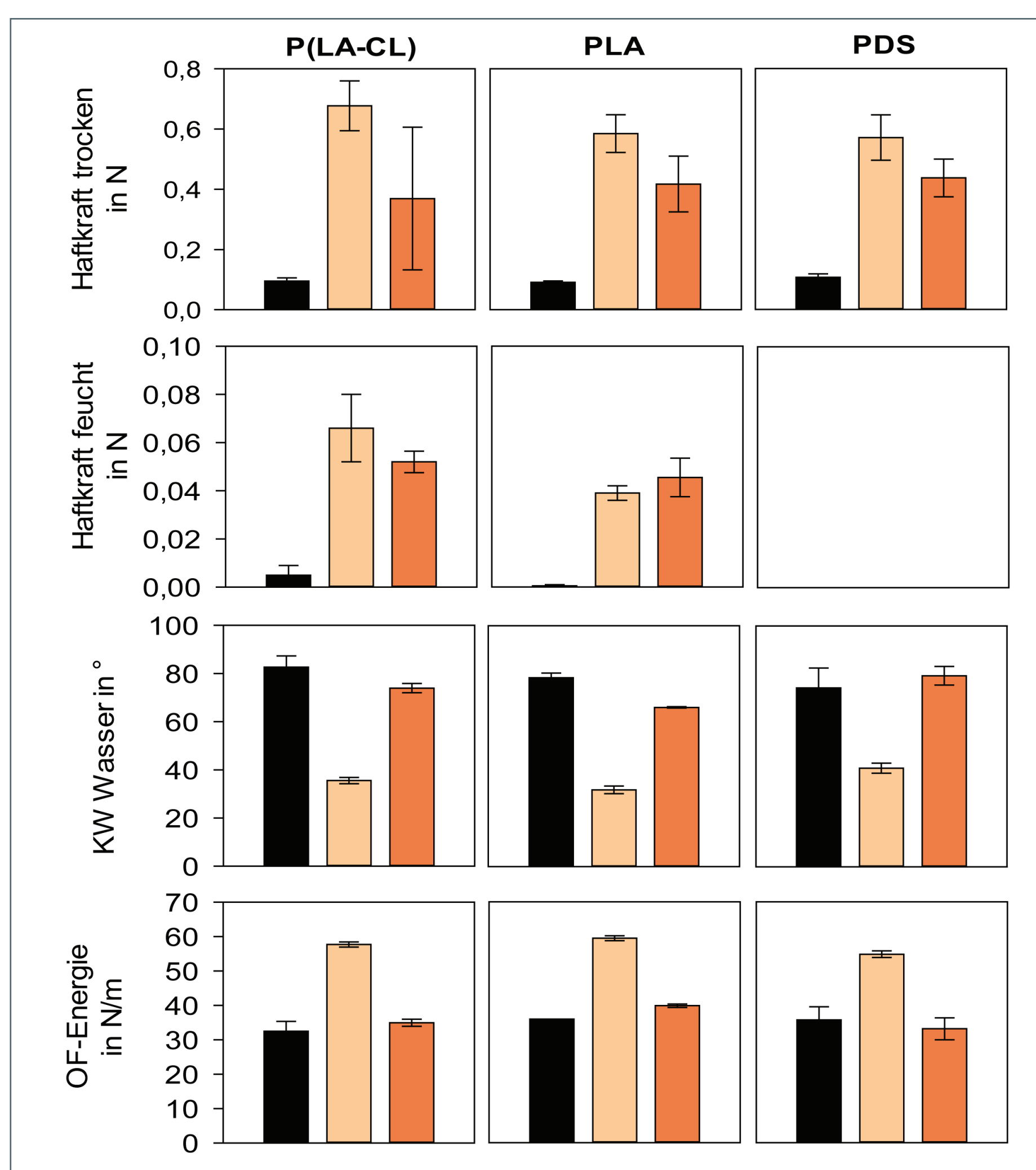


Abbildung 4: Haftfestigkeit der Kollagenbeschichtung im trockenen und feuchten Zustand. Kontaktwinkel von Wasser und OF-Energie der funktionalisierten Folien.

Die Elementzusammensetzung der Folien zeigte kaum signifikante Unterschiede. Lediglich ein erhöhter Stickstoffgehalt nach der Argonbehandlung und der Einbau von Fluor durch die Fluorierung konnte nachgewiesen werden.

Tabelle 1: Elementzusammensetzung der Polymeroberflächen nach der Funktionalisierung

	C(1s)	N(1s)	O(1s)	F(1s)
PLA				
unbehandelt	60,1	0	36,8	0
Ar-Plasma	60,8	1,7	35,7	0
Fluorierung	54,8	0,2	36,9	4,3
PDS				
unbehandelt	57,6	0	37,4	0
Ar-Plasma	61,2	2,0	35,2	0
Fluorierung	51,6	0	36,9	9,2

Bei der Untersuchung der Kohlenstoffbindungen mittels XPS wurden signifikante Veränderungen in den chemischen Bindungen deutlich. So verringert sich bspw. C-O- bzw. C=O-Bindungen während C-C- und C-H-Bindungen zunehmen. Möglicherweise kommt es durch die Behandlung mit Argon neben dem Einbau funktioneller Gruppen zu Kettenabbrüchen und Vernetzungsreaktionen. Bei der Fluorierung hingegen ist eine Reduktion der C-H-Bindungen wahrscheinlich zugunsten der Verknüpfung C-F zu beobachten. Die genaue Identifizierung funktioneller Gruppen ist im De-

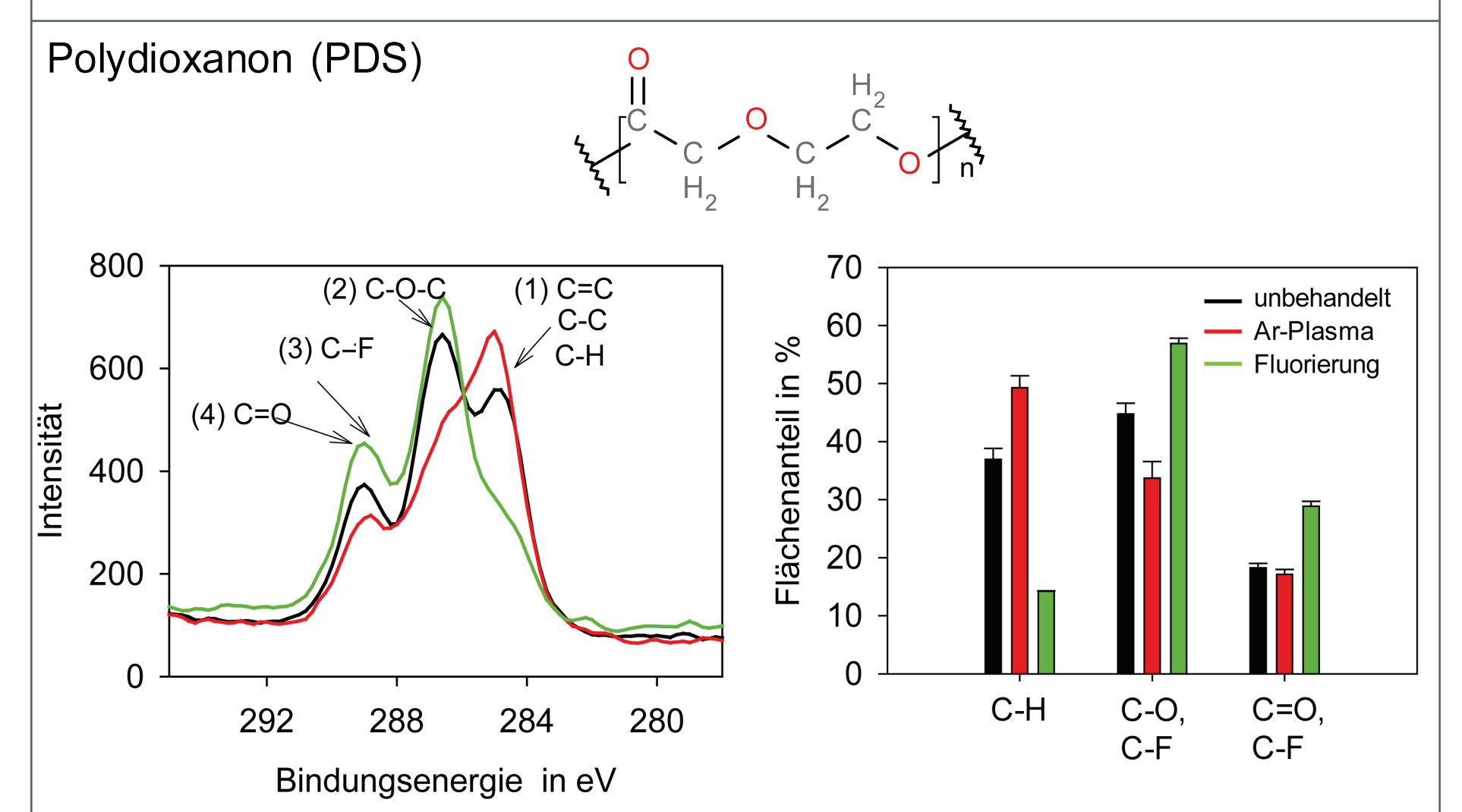
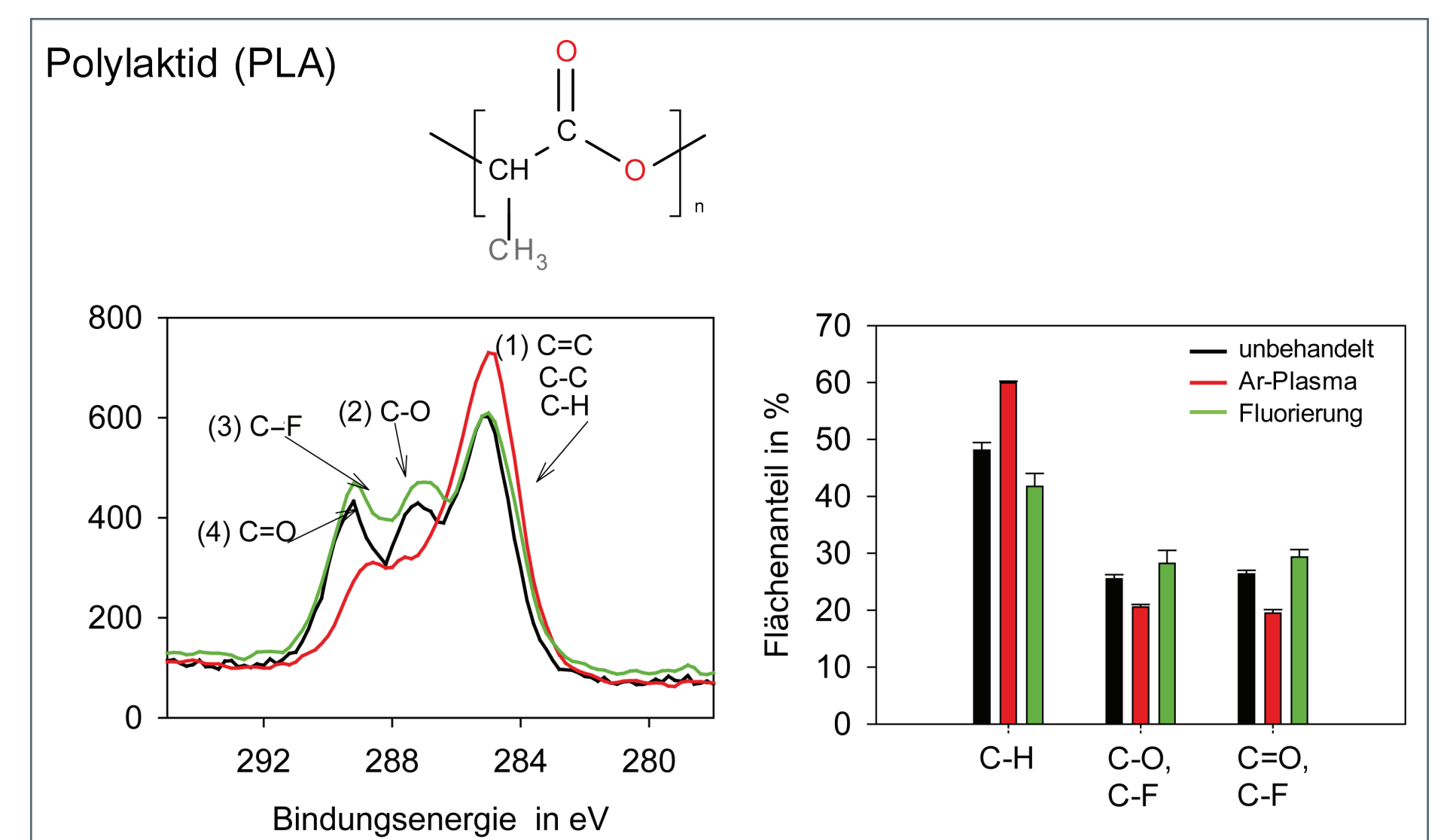


Abbildung 5: XPS-Analyse der Kohlenstoffbindungen in Oberflächen von PLA- und PDS-Folien nach der Plasmabehandlung bzw. Fluorierung.

tailspektrum nicht möglich, da sich die Bindungen überlagern. Mit Hilfe einer Derivatisierung der Proben mit spezifischen Reagenzien wie bspw. TFAA (Trifluoressigsäureanhydrid) konnte ein signifikanter Anstieg von OH- und NH₂-Gruppen auf plasmabehandelten Polymeroberflächen detektiert werden. Fluorierte Folien zeigten nach der Derivatisierung keine Veränderungen.

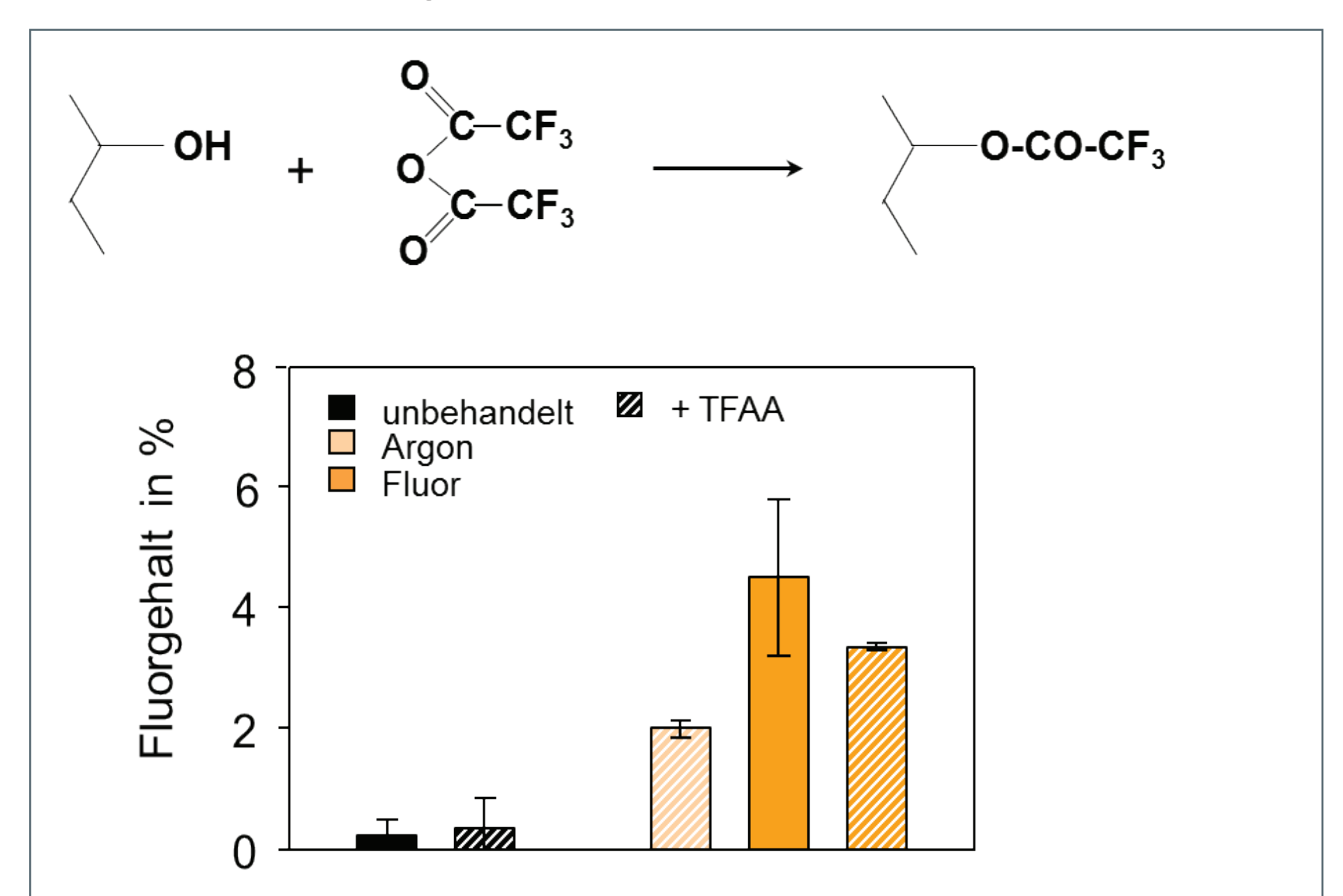


Abbildung 6: XPS-Analyse der Kohlenstoffbindungen in Oberflächen von PLA- und PDS-Folien nach der Plasmabehandlung bzw. Fluorierung.

Zusammenfassung

Die vorliegende Studie zeigt, dass eine Oberflächenfunktionalisierung die Haftung von Kollagen auf synthetischen Polymeren verbessern kann. Eine Funktionalisierung mit gasförmigem Fluor eignet sich dabei besonders für temperaturempfindliche Materialien.

Während die verbesserte Kollagenhaftung nach einer Argonbehandlung auf die Hydrophilie zurückgeführt werden kann, sind die Effekte der Fluorierung bisher nicht erklärbar.