

Wärmefluss thermographie an Radfahrerbekleidung

Sebastian LOTZ¹, Philipp JATZLAU¹, Christian U. GROßE¹

¹ Technische Universität München, Lehrstuhl für Zerstörungsfreie Prüfung

Kurzfassung. Der Beitrag beschreibt die Durchführung von Thermographie-Messungen zur Untersuchung der thermischen Isolation und insbesondere des Kälteschutzes von Kleidung für Radfahrer. Dazu wurde gemeinsam mit Redakteuren einer Fachzeitschrift ein Messaufbau entwickelt, mit dem in kurzer Zeit vergleichsweise viele Kleidungsstücke thermisch analysiert werden können. Um Realbedingungen zu garantieren, fanden die Messungen in einer Klimakammer eines großen Münchner Sportausrüstungsgeschäftes statt. Dies garantierte definierte und vor allem gleichbleibende Klimabedingungen (Feuchte, Temperatur). Um das Einsatzgebiet der Kleidung realistisch nachzustellen, trainierte für 15 Minuten ein Radfahrer mit Testkleidung in der Klimakammer auf einem Rollentrainer, bevor innerhalb der Kammer die Messungen gestartet wurden. Zusätzlich wurde auch eine Untersuchung zum Einfluss von Wind bzw. Fahrtwind auf die Auskühlung durchgeführt. Die Messungen wurden mit einer ungekühlten Mikrobolometer-Infrarotkamera im Spektralbereich zwischen 7,5 und 13 µm durchgeführt, wobei der Detektor mit 640 x 480 Pixeln ausgestattet und dessen thermische Empfindlichkeit besser als 30 mK war. Die Ergebnisse wurden populärwissenschaftlich in der Ausgabe 11/12 2014 der Zeitschrift „aktiv Radfahren“ (Verlag BVA BikeMedia GmbH) veröffentlicht.

1 Einführung

Um die Thermoregulation des menschlichen Körpers beim Radfahren im Winter zu unterstützen, bieten verschiedene Hersteller entsprechende Sportbekleidung an. Dabei ist zwischen isolierenden und wärmeableitenden Versionen zu unterscheiden. Während die isolierende Kleidung lediglich ein Auskühlen des Körpers durch entsprechende thermische Isolation verhindern soll, zielen die wärmeableitenden Varianten auf eine schnelle Ableitung der beim Sport entstehenden Körperwärme durch die Kleidung ab. Im Rahmen eines Beitrags der Zeitschrift „aktiv Radfahren“ (Ausgabe 11/12 2014) wurden zu Vergleichszwecken Thermografie-Messungen an verschiedenen Produkten durchgeführt. Ziel hiervon war es, die potenziellen Kunden bei der Auswahl der geeigneten Bekleidung zu unterstützen.

2 Versuchsaufbau und -durchführung

Um möglichst realistische thermische Bedingungen zu gewährleisten, fanden die Messungen in der Kältekammer eines großen Münchner Sportausrüsters statt. Die Kammer ist zusätzlich mit einem Gebläse zur Simulation von Gegenwind ausgestattet. Der Messaufbau in der Kältekammer ist in Abbildung 1 dargestellt. Die mit den zu untersuchenden Kollektionen bekleidete Versuchsperson saß auf einem Fahrrad (Mountainbike), das auf einem Rollentrainer installiert wurde. Die Aufzeichnung der Temperaturverteilung erfolgte mit einer ungekühlten Mikrobolometerkamera Flir SC660, die eine thermische Auflösung von weniger als 30mK besitzt, wobei die Anwendung der Wärmefluss-thermographie den anerkannten Regeln der Technik [2, 3] entsprach. Die Anzeige der Emissivitätswerte und der Temperaturmessdaten wurde zuvor durch den Hersteller der Kamera im Rahmen einer Nachkalibrierung überprüft. Während der gesamten Messdauer wurde die Versuchsperson durch die Infrarotkamera beobachtet. Dabei wurde die Temperatur in der Kammer auf -20°C eingestellt. Die tatsächlich vorhandene Temperatur ist jedoch stark von der Anzahl und der Aktivität der Menschen in der Kammer abhängig (z. B. Körperwärme, Türen öffnen etc.). Zusätzlich wurde darauf geachtet, den Einfluss von Störstrahlung von außen bzw. vom Messaufbau (Computer, Bildschirm) zu minimieren. Um den thermischen Zustand nach einer längeren Ausfahrt bei mildereren Minustemperaturen zu simulieren, wurde die Versuchsdauer auf 15 Minuten beschränkt. Zum Vergleich der verschiedenen Kleidungssets wird die Temperaturverteilung an der Kleidungsoberfläche nach Ende der Messdauer herangezogen. Untersucht wurden sechs verschiedene Kombinationen von Oberkörperbekleidung (Jacke, Trikot und Unterhemd) und Hosen jeweils desselben Herstellers, die - wenn verfügbar - mit Mützen, Handschuhen und Überschuhen ergänzt wurden. Als Alternative zu den Überschuhen standen auch zwei verschiedene Winterschuhe für die Messungen zur Verfügung.

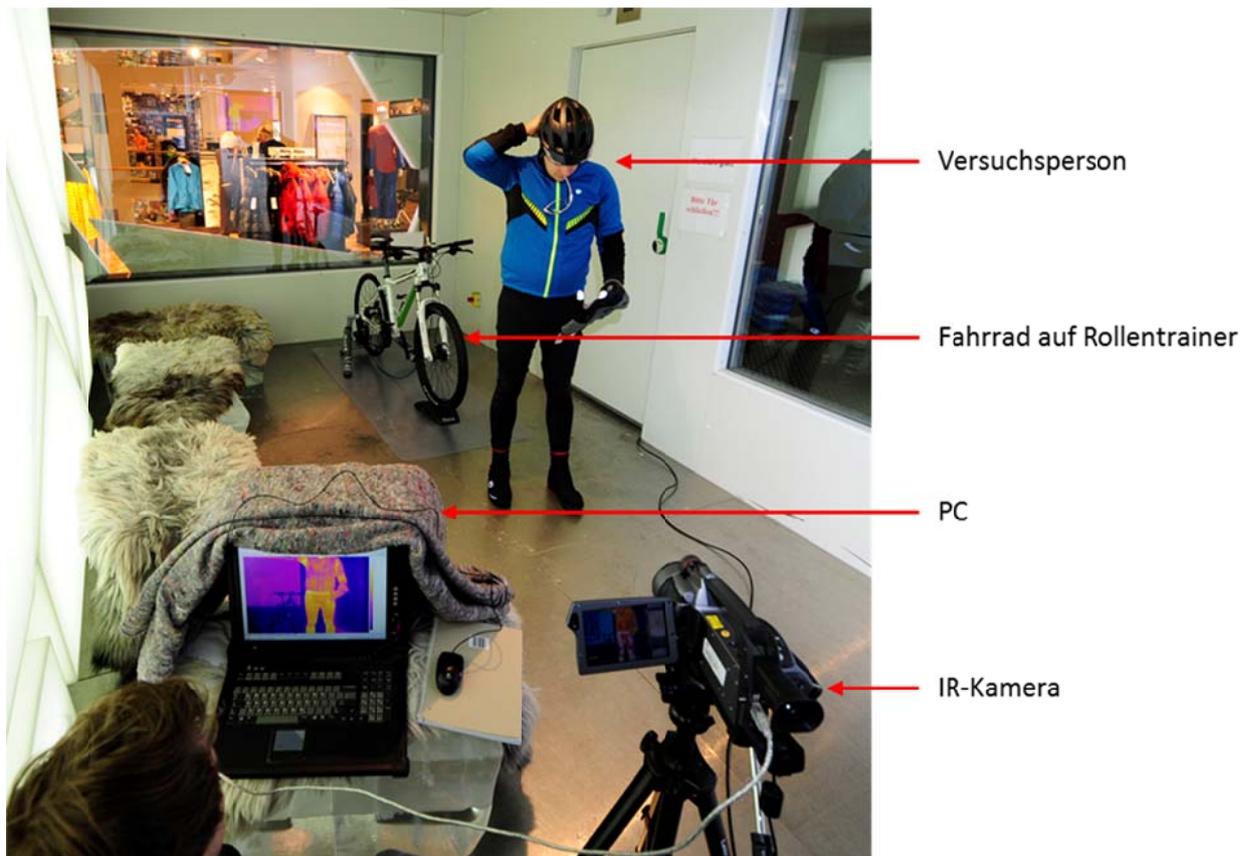


Abbildung 1: Versuchsaufbau (Foto: BVA Bikemedia GmbH/ Jürgen Amann)

3 Ergebnisse

In Abbildung 2 ist der Vergleich zwischen allen sechs Kollektionen nach 15 Minuten auf dem Rollentrainer dargestellt. Bei den Kollektionen eins, zwei und sechs handelt es sich um sportliche Varianten, die die entstehende Körperwärme gut nach außen ableiten sollen. Dies ist an der erhöhten Oberflächentemperatur insbesondere bei den Hosen zu erkennen. Die Kollektionen drei, vier und fünf sind eher für das entspannte Fahren ausgelegt und weisen daher eine gute thermische Isolation auf. Die Oberflächentemperatur der Kleidung ist hier nach dem Versuch deutlich geringer als bei den sportlichen Varianten.

Abbildung 3 stellt Kollektion sechs nach der Fahrt mit und ohne Gegenwind sowie mit Nutzung einer winddichten Überhose gegenüber. Im Vergleich zum windstillen Zustand ergeben sich nach der Versuchsfahrt bei Gegenwind niedrigere Temperaturen an der Jackenoberfläche, die Jacke erscheint im Falschfarbenbild blauer. Die isolierende Wirkung der Überhose ist rechts in Abbildung 3 zu erkennen. Jedoch dringt an Stellen, an denen die beiden Schichten während der Fahrt in Kontakt miteinander und mit der Haut stehen (wie z. B. am Oberschenkel), Wärme vom Körper nach außen an die Oberfläche. Dies spiegelt sich auch im subjektiven Empfinden der Versuchsperson wieder, die von einem vom Oberschenkel ausgehenden Kältegefühl während des Versuchs berichtet.

Abbildung 4 zeigt ebenfalls Kollektion sechs mit und ohne Gegenwind sowie mit Nutzung einer winddichten Überhose, diesmal jedoch während des Versuchs auf dem Rollentrainer. Auch hier dringt im Bereich der Oberschenkel mehr Wärme nach außen als an anderen (bekleideten) Bereichen. Dies wird in Abbildung 5 nochmals verdeutlicht, wo alle Kollektionen während der Fahrt ohne Wind einander gegenübergestellt sind. Wieder sind deutlich erhöhte Oberflächentemperaturen an den Stellen mit mehr Hautkontakt zu

erkennen. Dies macht sich wie bereits erläutert vor allem bei den sportlichen Varianten eins, zwei und sechs bemerkbar.

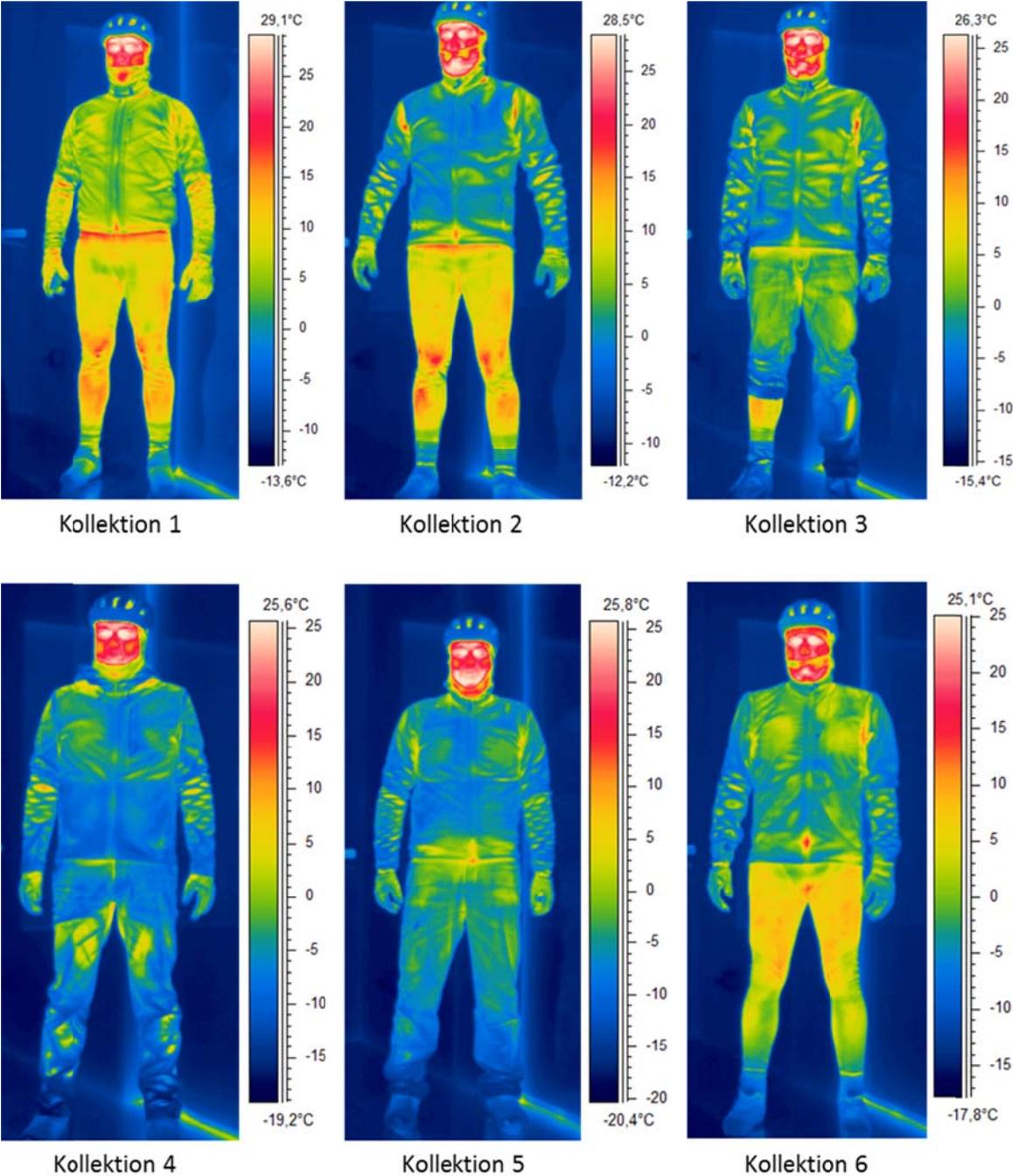


Abbildung 2: Vergleich der getesteten Kollektionen in der Vorderansicht

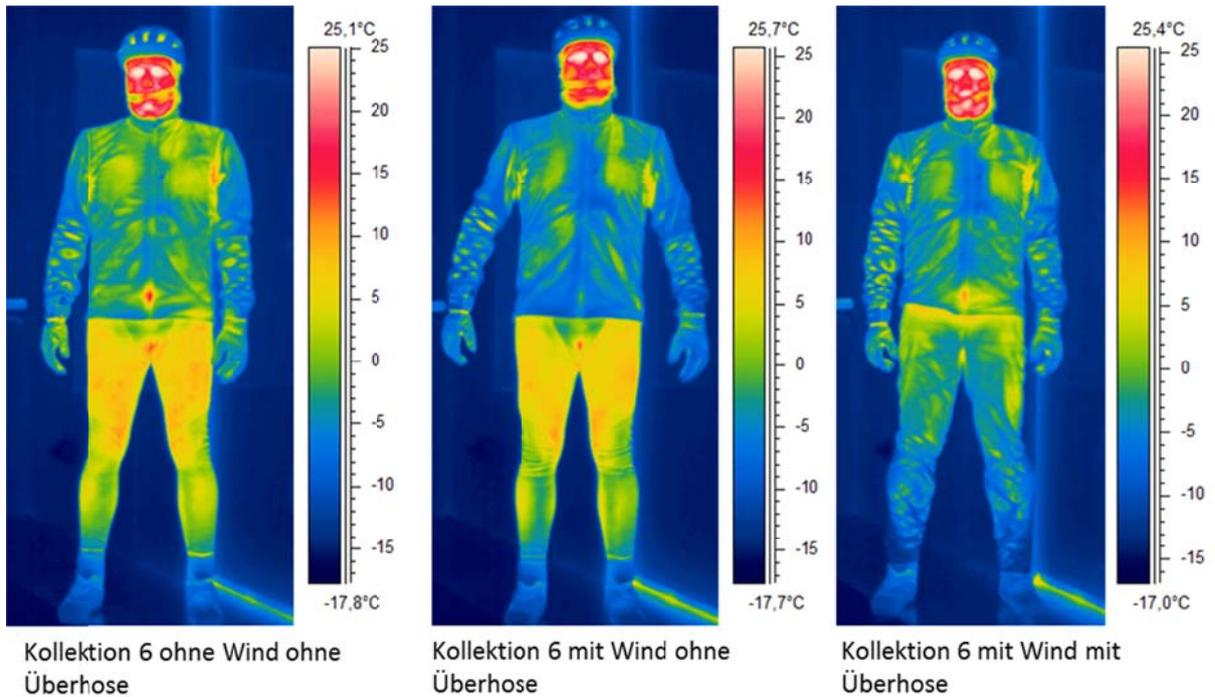


Abbildung 3: Vergleich einer Kollektion nach der Fahrt im Gegenwind mit und ohne Überhose

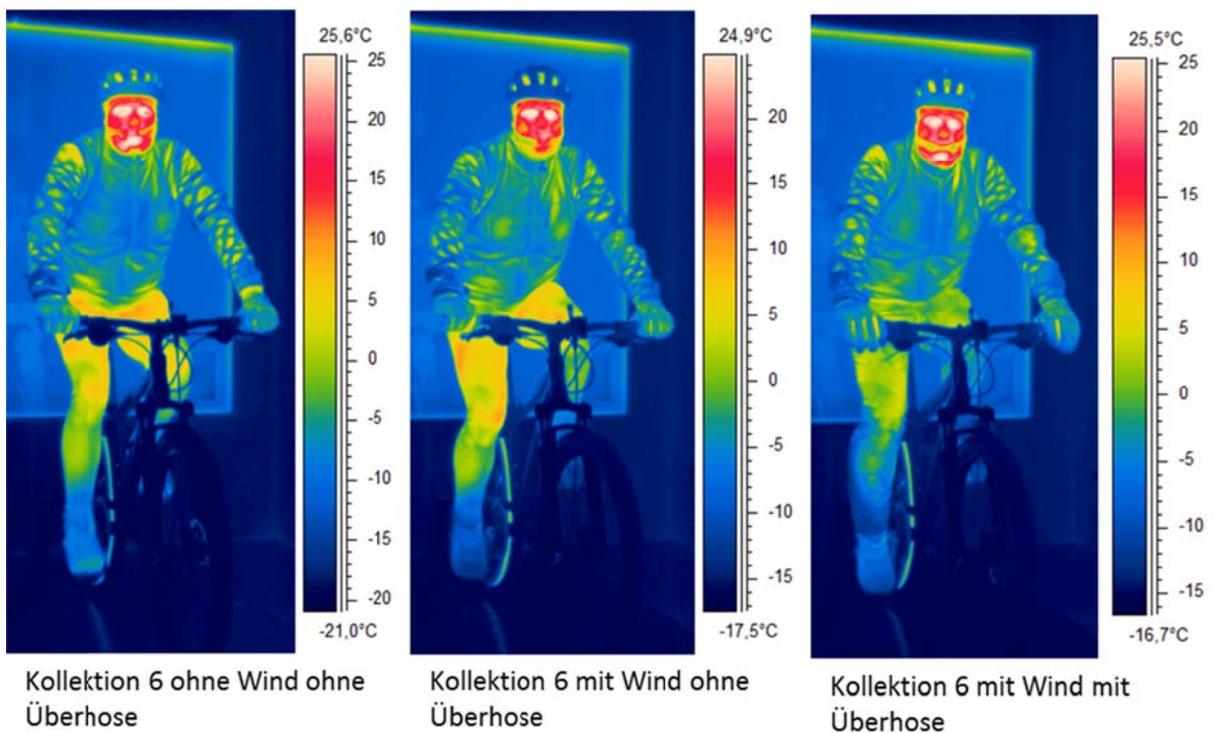


Abbildung 4: Vergleich einer Kollektion während der Fahrt im Gegenwind mit und ohne Überhose

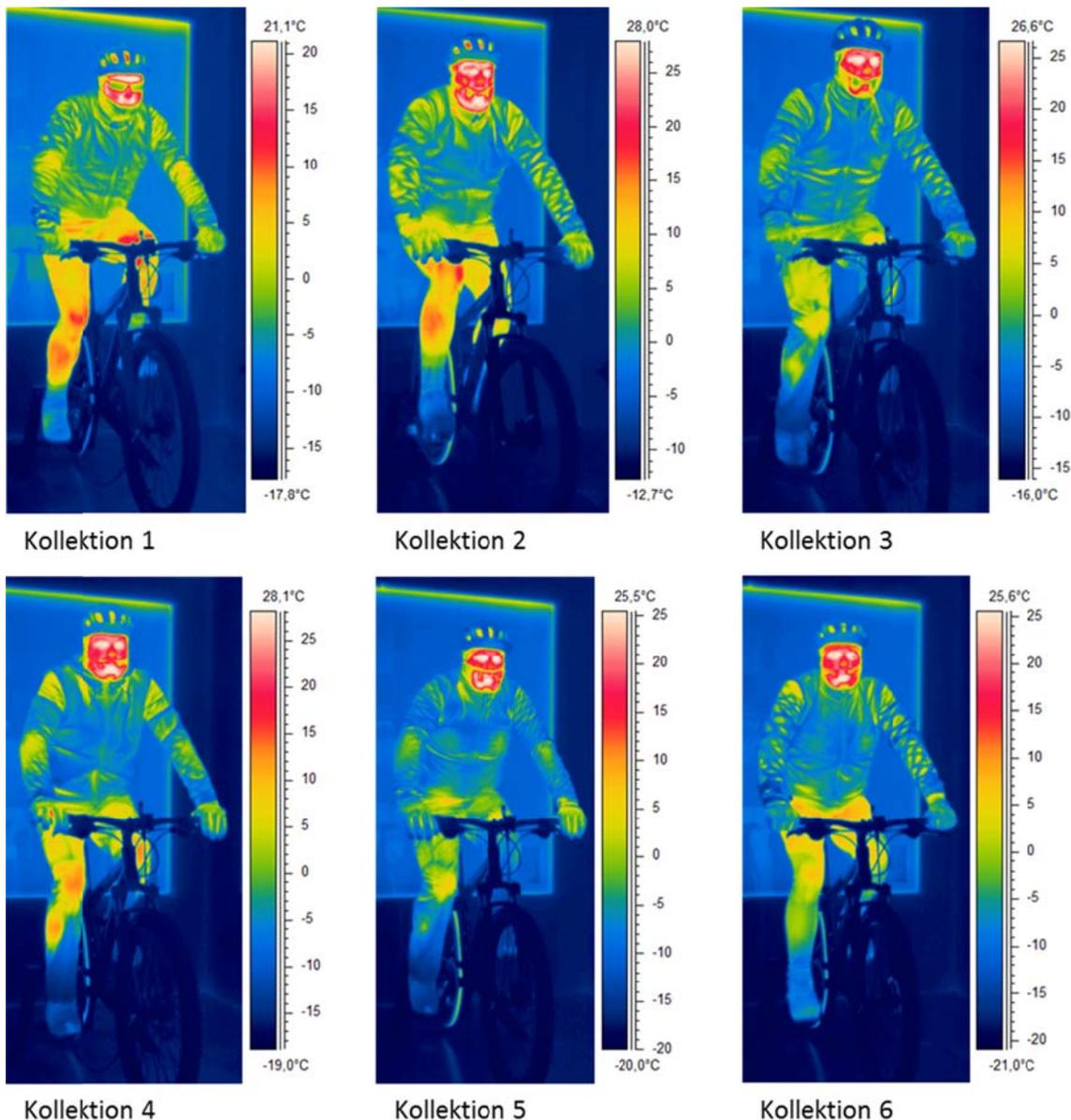


Abbildung 5: Vergleich aller Kollektionen während der Fahrt ohne Gegenwind.

4 Diskussion

Im Rahmen der Messungen konnte die wärmedämmende bzw. -leitende Wirkung von je nach Anwendung unterschiedlich eng anliegender Fahrradbekleidung unter realitätsnahen Bedingungen mit Hilfe der Wärmefluss-thermographie untersucht werden. Passive thermographische Verfahren und Messgeräte konnten effizient eingesetzt werden, da sich der natürliche Wärmefluss durch den Messaufbau gut beobachten ließ. Sowohl die Messgeschwindigkeit als auch die thermische und geometrische Auflösung der ungekühlten Kamera waren ausreichend, so dass weder eine zusätzliche thermische Quelle noch ein aufwändigeres gekühltes Messsystem eingesetzt werden musste. Die Messungen ließen sich bei begrenztem Aufwand schnell und unter realitätsnahen Bedingungen durchführen. Zwar wurden die Messergebnisse nicht nach den üblichen wissenschaftlichen Standards ausgewertet und dargestellt, jedoch kam es bei den Messungen auch eher auf die Bestätigung des subjektiven Tragekomforts von Radfahrerkleidung bei Kälte unter Betriebsbedingungen an. Dies ist selbstverständlich von der jeweiligen Testperson, den Rahmenbedingungen und dem Versuchsablauf abhängig. Es ging allerdings um den

direkten qualitativen Vergleich unterschiedlicher Kleidungsstücke. Durch die Möglichkeit der Infrarot-Thermographie zur integralen und sofort bildgebenden Analyse des Wärmeflusses konnte eine objektivierte qualitative Prüftechnik entwickelt werden, die den Vergleich des Tragekomforts verschiedener Kleidungsstücke unter gleichbleibenden Umgebungsbedingungen ermöglicht. Obwohl diese Messungen in einer Kältekammer stattfanden, waren diese gleichbleibenden Umgebungsbedingungen nur gewährleistet, wenn die Anzahl der Personen in der Kammer sowie die Häufigkeit, mit der Zugangstüren geöffnet werden, minimiert wurden. Die Kältekammer benötigt im leeren, geschlossenen Zustand ca. 12 Stunden, um auf die eingestellte Temperatur von -20°C zu kühlen [4]. Jede Wärmequelle und jede Öffnung in der Kammer greift in das Gleichgewicht ein und beeinflusst die tatsächliche Kammertemperatur. Dies wurde bei den Messungen berücksichtigt und ist bei zukünftigen Prüfungen ein wesentlicher Bestandteil der Messdurchführung.

Referenzen

- [1] Kockerbeck, J.: „Fit Für Frost: Warme Ausrüstung im Kältetest“. In: aktiv Radfahren, BVA BikeMedia GmbH, Ismaning, 11-12/2014.
- [2] DGZfP Merkblatt B5: „Aktive Thermographie als zerstörungsfreie Prüfung im Bauwesen“, DGZfP Berlin 2012.
- [3] Fouad, N., Richter, T.: „Leitfaden Thermographie im Bauwesen: Theorie, Anwendungsgebiete, praktische Umsetzung“. Fraunhofer Irb Verlag; Auflage: 4, 2012
- [4] Telefonat am 24.07.2015 mit Herr Niedereichholz von Prof. Moths Architekten, Peter-Marquard-Str. 16, 22303 Hamburg, verantwortlich für den Bau der Ausrüsterfiliale einschließlich der Kältekammer.