POSNAV ITS 2016

Einsatzmöglichkeiten von Biofunktions-Messwerten in verkehrstelematischen Anwendungen

Dipl.-Ing. M. Körner

Technische Universität Dresden
Institut für Verkehrstelematik
D-01062 Dresden

Kurzfassung

Aktuell wird die Erfassung von Biofunktions-Indikatoren durch Fitness-Tracker, Smart Watches und ähnliche Devices massenwirksam. Bewegungen und Körperfunktionen werden detektiert, aufgezeichnet und aufbereitet. Ziel der Nutzer ist es, mit den gewonnenen Erkenntnissen den eigenen Körper und Lebenswandel zu optimieren.
Aktuelle Geschäftsmodelle der in diesem Geschäftsfeld tätigen Akteure liegen überwiegend darin, aus dem zur Verfügung stehenden Datenmaterial Handlungsvorschläge abzuleiten, welche die Kunden in ihrem Optimierungsstreben unterstützen. Anwendungsfelder könnten sich aber auch im Verkehrssektor eröffnen.
So erscheint es möglich und sinnvoll, die neu verfügbaren Indikatoren zu nutzen, um die emotionale Verfassung von Beförderten und die Aufmerksamkeit von Fahrern zu überprüfen sowie Möglichkeiten zu schaffen, Verkehrsinfrastrukturen, Verkehrssituationen als auch Umfeldsituationen zu identifizieren, welche Fahrer sehr stark fordern und somit aus Sicht der Verkehrssicherheit kritisch zu werten sind.
Um Potentiale, Aufwände und Grenzen abzuschätzen zu können, wurde eine Vorstudie im Kontext des Motorisierten Individualverkehrs durchgeführt. In den Fokus gesetzt wurde dabei die Identifikation von Stresssituationen, hervorgerufen durch die Bewältigung infrastruktureller Herausforderungen aus auch durch die Interaktionen mit anderen motorisierten Verkehrsteilnehmern.
Mit einem Equipment aus Biofunktions-Sensorik, Positions-Erfassungseinheit und einem Aufzeichnungsgerät, wurden Daten im Sinn von Extended Floating Car aufgezeichnet. Einflüsse von Infrastrukturen auf Stressindikatoren zeichneten sich bei der Auswertung deutlich ab. Gleiches gilt für Verkehrssituationen, welche eine erhöhte Aufmerksamkeit abverlangten.
Um die Thematik umfassend bearbeiten zu können, wurden die zu klärenden Kernfragestellungen ermittelt und strukturiert.

Schlagworte:

Fitness, Tracking, Verkehrsmanagement, Stress, Verkehrssicherheit

1 Motivation

Ortungs-, Kommunikations- und Informationsverarbeitungstechnologien sind die Schlüssel für Quantensprünge in der Verkehrstelematik. Globale Navigationssatellitensysteme in Kombination mit Mobilfunk haben den Floating Car-Ansatz zur stichprobenartigen Verkehrsdatenerfassung ermöglicht. Mit der Massenwirksamkeit von Smartphones, bei welchen die Funktionalitäten Positionserfassung und Datenübertragung miniaturisiert und gewichtsarm umgesetzt sind, konnte dieser Ansatz auf alle Fortbewegungsarten, den sogenannten Floating Traveler, erweitert werden. Heutzutage wird diese Plattform durch immer mehr ergänzende Sensorik angereichert.

In diesem Kontext können auch Fitnessarmbänder mit Erfassung und Aufzeichnung von Indikatoren von Körperfunktionen gesehen werden. Diese erobern seit einigen Jahren den Sport- und Freizeitmarkt. Die Rohdaten werden vom Hersteller aufbereitet und in kompakter Form, z. B. mittels Ganglinien, Statistiken und ähnlichen Auswertungen, dargeboten. Der Nutzer wird so im Bestreben zur Steigerung der allgemeinen Fitness, der Leistungsfähigkeit im Sport aber auch am Arbeitsplatz unterstützt. Im Gegenzug überlässt er den Anbietern die erhobenen Rohdaten. Diese nutzen den verfügbaren Datenpool für die Entwicklung und Optimierung ihrer Dienste.

In dem verfügbaren Datenmaterial werden aber noch weitere Potentiale gesehen. Zu erwarten ist, dass die Versicherungsbranche steigendes Interesse an der Auswertung solcher Daten zeigen wird. Aber auch Anwendungen für das breite Feld des Verkehrswesens u. a. zur Steigerung der Verkehrssicherheit sind denkbar.

Für die Nutzung von Biofunktions-Messwerten für Verkehrsinformation und Verkehrssteuerung wird zuerst erläutert, von welchen Rahmenbedingungen ausgegangen werden kann. Folgend wird skizziert, welche Anwendungsfälle sich für den Motorisierten Individualverkehr und den Öffentlichen Verkehr durch Erschließung eines Stressindikators ergeben könnten. Es wird ferner aufgezeigt, welche Betrachtungen zu tätigen wären, um die aufgezeigten Möglichkeiten zu erschließen. Um die Schlüssigkeit und Belastbarkeit der Konzeption zu prüfen wurde eine kompakte Vorstudie durchgeführt, deren Ergebnisse abschließend vermittelt werden.

2 Identifikation gestresster Personen auf Basis von Biofunktions-Tracking

2.1 Erfassung und Interpretation von Biofunktions-Messwerten zur Stressidentifikation

Zur Erfassung von Biofunktions-Messwerten kommt verschiedenartige am Körper platzierte Erfassungstechnik zu Einsatz. Gemein ist aller, dass für eine Interpretation sowohl ein zeitlicher (Zeitstempel von Uhr) als auch ein räumlicher Bezug (Positionsdaten mittels Globaler Navigationssatellitensysteme) hergestellt wird. Ob Biofunktions-, Zeit- und Positionserfassung in einer Erfassungseinheit kombiniert oder aber Datenströme einzelner Erfassungseinheiten in einer Aufzeichnungseinheit zusammengeführt werden (üblich über Blue Tooth), spielt für die Anwendung keine Rolle.

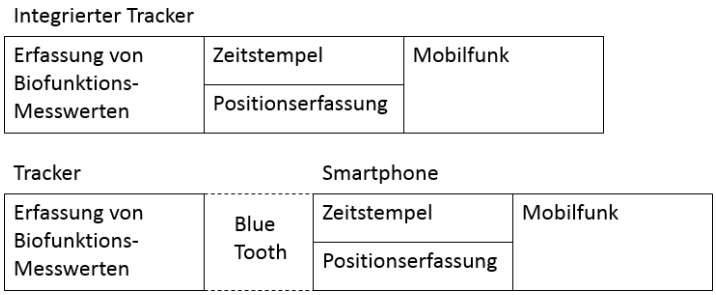

Abb. 1: Typische Systemkonstellationen von Fitness-Trackern

Anhand von Beschleunigungssensoren ist man in der Lage, Bewegungen zu identifizieren. Die Interpretation ihres zeitlich-räumlichen Auftretens führt zur Ermittlung der Anzahl getätigter Schritte als auch der Ableitung der Schlafqualität aus Ruhephasen und deren Unterbrechung. Stresseffekte können damit jedoch nicht identifiziert werden. [1]

Durch Erfassung von elektrischen Spannungen an der Körperoberfläche (mittels Brustgurt), welche durch die elektrischen Aktivitäten des Herzens bedingt sind, kann der Puls ermittelt werden. Alternativ steht die Photoplethysmographie zur Verfügung (Sensor am Handgelenk). Hier wird durch die Messung der Absorption von Licht am Hämoglobin im Blut auf das Blutvolumen in Blutgefäßen und letztendlich den Puls geschlossen. Aus der Pulsinformation kann mit Kenntnis der zeitlichen Referenz auf die Herzfrequenz und deren Schwankungen, die Herzfrequenzvariabilität, geschlossen werden. Der aktuelle Nutzungsfokus für Angaben zu Herzfrequenz und Herzfrequenzvariabilität liegt auf der Ermittlung der körperlichen Belastung und

folgend des Kalorienverbrauchs. [1] Beide Kenngrößen können darüber hinaus als Stressindikator genutzt werden. Bei Stress liegen die Herzfrequenz der Nutzer höher und die Herzfrequenzvariabilität niedriger als im entspannten Zustand. [2]
Die Sauerstoffsättigung des Bluts als auch Hautwiderstand und Hauttemperatur können über weitere Detektoren erfasst und als ergänzende Indikatoren für Aufmerksamkeit und Stress genutzt werden. Diese Sensorik ist aber noch nicht massenwirksam und wird deshalb nicht in die folgenden Ausführungen eingeschlossen. [1]
Betrachtungen zum Stresslevel von Probanden fokussieren sich also auf die Indikatoren Herzfrequenz und Herzfrequenzvariabilität.

2.2 Datenverfügbarkeit in Clouds

Die Geschäftsmodelle der Anbieter von Fitness-Trackern und Smart Watches mit Erfassung von Biofunktions-Messwerten tendieren dazu, die erfassten Daten vom Erfassungsgerät des Nutzers zu einer firmeninternen Cloud zu übertragen, dort zu speichern und sich in den Geschäftsbedingungen Auswertungsmöglichkeiten vorzubehalten, um aus dem so nutzbaren Datenmaterial Indikatoren zu extrahieren, aus denen wiederum Handlungsvorschläge abgeleitet werden, welche die Kunden in ihrem Optimierungsstreben unterstützen. [1]
Darüber hinaus werden sich in vielen Fällen unter der Maßgabe einer anonymisierten und aggregierenden Vorgehensweise weitere Auswertungsmöglichkeiten vorbehalten, welche auch durch Dritte bewerkstelligt werden dürfen. [1]

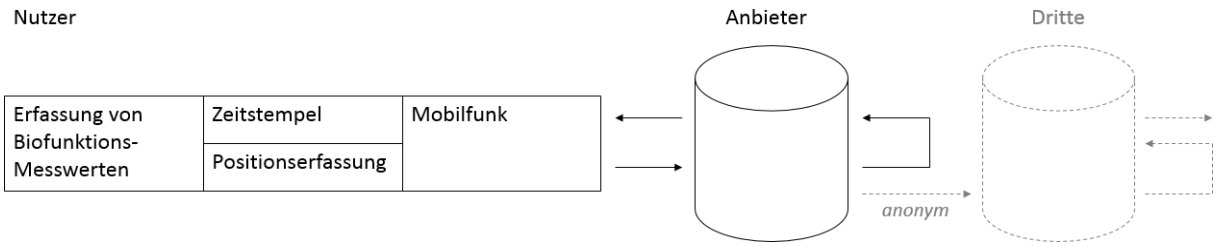

Abb. 2: Typischer Informationsfluss

D. h. für Anbieter und anderweitig spezialisierte Dritte besteht die Möglichkeit, über die Kernanwendung hinaus gehende Mehrwerte aus dem Pool von Biofunktions-Messwerten zu erschließen, sofern die festgelegten Persönlichkeitsrechte der Nutzer nicht verletzt werden.

2.3 Auswertungsansätze

Mit Verfügbarkeit der Datenpools der Anbieter des Biofunktions-Trackings besteht die Möglichkeit, durch Interpretation der Herzfrequenz und der Herzfrequenzvariabilität Stresslevel von Einzelpersonen als auch von Personengruppen mit übereinstimmendem raum-zeitlichen Profil zu ermitteln und in den Kontext ihres jeweiligen Umfelds zu setzen. Dies kann im online- genauso wie im offline-Betrieb erfolgen.

3 Potentielle Anwendungsfelder im Verkehrswesen

3.1 Allgemeine Vorgehensweise

Stresssituationen im Kontext von Ortsveränderungen mit Verkehrsmitteln als auch zu Fuß sind unerwünschte Ereignisse. Ursache können ein gestörtes Wohlbefinden aber auch physische bzw. physische Überforderungen sein. Im Sinn von Verkehrssicherheit und Komfort der Ortsveränderung ist es erstrebenswert, solche Situationen grundsätzlich zu vermeiden oder zumindest die daraus resultierenden unerwünschten Effekte zu mindern.

Die Vermeidung setzt Vorkenntnisse dazu voraus, unter welchen Umständen Stress erzeugende Situationen auftreten, um diese dann durch gezielte Vorsorge gar nicht erst auftreten zu lassen oder bewusst Alternativen nutzen zu können.

Minderungseffekte können dabei ansetzen, Stress bei Einzelpersonen nicht weiter ausufern bzw. auf weitere Personen übergreifen zu lassen und negative Folgeeffekte mittels spezifischer Maßnahmen einzudämmen.

3.2 Nutzerdifferenzierung

Für die Nutzung der Biofunktions-Messwerte in verschiedenen Anwendungsfeldern ist es erforderlich, die jeweils gewählte Art der Fortbewegung zu kennen.

Dies kann anhand der Positionsreferenzen im Biofunktions-Datenpool bewerkstelligt werden. Indikatoren zur Differenzierung sind hier Geschwindigkeit, Beschleunigung, Beschleunigungsdauer, Rucksignaturen und Kurvenradien der Ortsveränderung. Bestimmten Wertebereichen kann die Zugehörigkeit zu einer bestimmten Fortbewegungsart zugeschrieben werden.

Eine sichere Identifikation der Fortbewegungsart liegt dann vor, wenn eine Erfassungsarchitektur genutzt wird, bei welcher zur Datenübertragung von der Erfassungseinheit beim Nutzer zum Server des Anbieters eine im Fahrzeug fest

verbaute Kommunikationseinheit genutzt und dies durch entsprechende Ausweisung in den resultierenden Datensätzen kenntlich gemacht wird.
Für eine gezielte Adressierung von Maßnahmen ist es folgend noch erforderlich zu identifizieren, ob es sich beim Nutzer um den Fahrer oder Beifahrer bzw. Beförderten handelt. Eine Möglichkeit zu geeignetem Vorgehen unter Nutzung des verfügbaren Datenpools ist es, zu prüfen, ob sich Beschleunigung, Bremsen als auch Fahrtrichtungsänderungen in Pulsänderungen bedingt durch die zugrunde liegenden Bedienbewegungen niederschlagen.

3.3 Anwendungsfeld Motorisierter Individualverkehr

Die vorgeschlagenen Anwendungen im Motorisierten Individualverkehr fokussieren auf die Erhöhung der Verkehrssicherheit durch Reaktionen auf gestresste Fahrer. Unterschieden werden kann dabei in sofortige Maßnahmen sowie Strategien mit einer Phase der Wissenserlangung und einer späteren Nutzung des gewonnenen Erfahrungsschatzes.

Wird für einen einzelnen Fahrer ein hohes Stresslevel festgestellt, so könnte er in einem ersten Schritt umgehend auf seine aktuelle Verfassung aufmerksam gemacht werden (z. B. durch Ausgabe einer Tonfolge oder eines haptischen Signals zur neutralen Information), um eine Selbstregulierung in Gang zu setzen. Das Fahrzeug im Hintergrund begleitend darauf vorzubereiten, ggf. besonders schnelle Reaktionen ausführen zu können (z. B. proaktives elektromotorisches Straffen der Sicherheitsgurte oder Bremskraftunterstützung), wird aber nicht präferiert, da dies zur Verstärkung dynamischer Effekte führen könnte.
Sollte das Stresslevel weiter hoch bleiben, könnten dem Fahrer konkrete Handlungsweisen vorgeschlagen werden (z. B. akustische oder visuelle Aufforderung zu Fahrtunterbrechung, besonderer Aufmerksamkeit und defensivem risikoarmen Verhalten).
Bei Fahrzeugen mit einem hinreichenden Automatisierungsgrad könnte dem Fahrer als Ultima Ratio die Fahrerfunktion abgenommen werden und bis zur Reduzierung des Stresslevels auf die Fahrzeugelektronik übergehen.

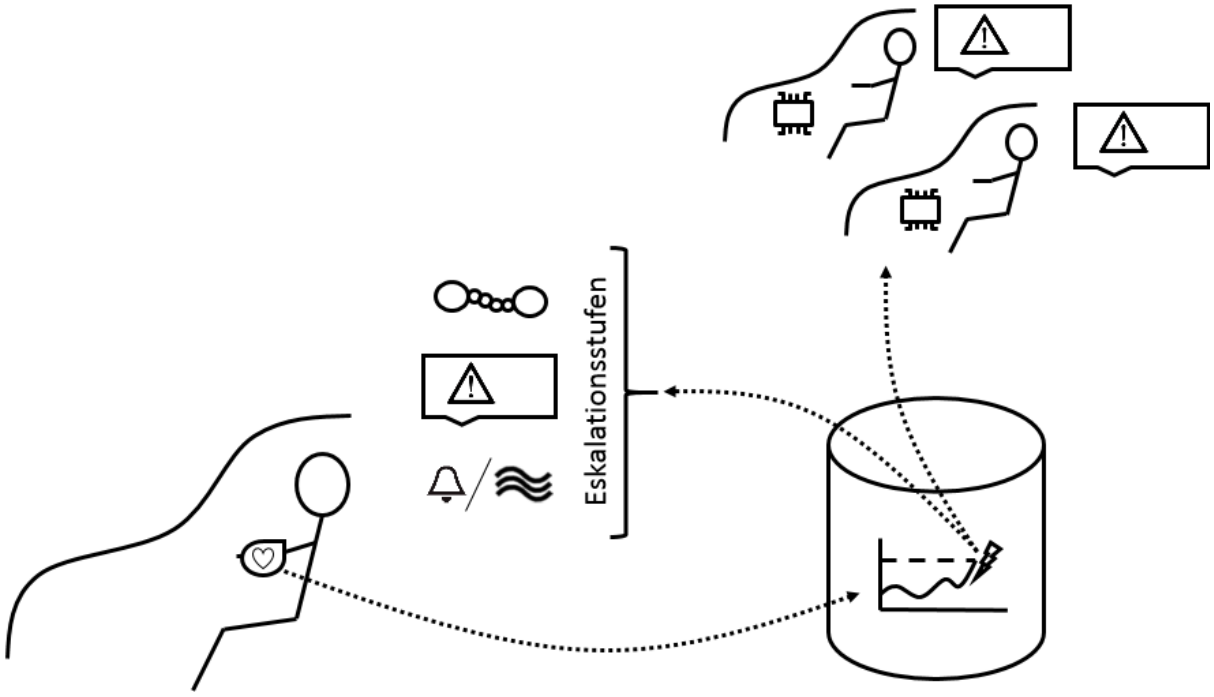

Abb. 3: Prinzipskizze Reaktion auf hohe Stresslevel bei Online-Auswertung

Der Blick auf den Fahrer kann um Maßnahmen, welche die Fahrer folgender und benachbarter Fahrzeuge betreffen, erweitert werden. Sofern diese nicht selbst ein hohes Stresslevel besitzen wird hier die Vorbereitung der Fahrzeuge auf schnelle Reaktionen empfohlen. Das Einhalten eines erhöhten Abstands zwischen den Fahrzeugen könnte propagiert (wiederum z. B. mittels akustischer bzw. visueller Hinweise) und bei hinreichendem Automatisierungsgrad des Folgefahrzeugs sogar selbsttätig realisiert werden. Den Fahrer bewusst auf einen gestressten Fahrer in seinem Umfeld aufmerksam zu machen, wird hingegen nicht empfohlen. Hier besteht die Befürchtung, dass die Offenlegung der Situation als unerwünschte Feedback-funktion genutzt werden könnte.

Eine noch umfassendere Betrachtung könnte ein Kollektiv an Fahrern betreffen. D. h. die Maßnahmen würden nicht nur einen gestressten Fahrer und die potentiell beeinflussten Fahrer betreffen, sondern ein gesamtes Fahrer-Cluster. Sollten sich also viele Fahrer mit erhöhtem Stresslevel benachbart auf einem Netzsegment bewegen, so sollten sichere Abstände zwischen den Fahrzeugen herbeigeführt werden (wiederum z. B. mittels akustischer bzw. visueller Hinweise bzw. selbsttätig Realisierung durch die Fahrzeuge bei hinreichendem Automatisierungsgrad). Auch eine Harmonisierung der Geschwindigkeiten wird als effizientes Mittel zur Wahrung der Verkehrssicherheit angesehen (bei selben Realisierungsansätzen wie bei der

Herstellung sicherer Fahrzeugabstände). Um die Dynamik im Fahrzeug-Cluster nicht zu verschärfen wird vorgeschlagen, die Maßnahmen nicht gleichzeitig an alle Fahrer bzw. Fahrzeuge heranzutragen, sondern dies sukzessive vorzunehmen.
Der am einfachsten zu realisierende Ansatz ist die Information der Fahrer über ihr eigenes Stresslevel. Neben der Stressidentifikation ist eine Kommunikationsstrecke zum Nutzer aufzubauen. Dies könnte schon durch einen Anbieter von Devices zur Biofunktionserfassung z. B. über eine Smartphone-Applikation erfolgen. Es muss keine kritische Masse an Nutzern erreicht werden. Schon für den einzelnen Nutzer werden deutliche positive Effekte erwartet. Für eine sofortige Umsetzung werden keine Hinderungsgründe gesehen.
Auch die Vermittlung konkreter Handlungsweisen zur Risikominderung wird als ähnlich aufwandsarm angesehen.
Die Umsetzung weiter gehender Ansätze, insbesondere wenn Eingriffe in die Fahrzeugelektronik erforderlich, gestalten sich deutlich komplexer, sodass ein praktikabler Realisierungshorizont weiter entfernt ist.
Wird auf kollektive Ansätze abgezielt, wäre es wünschenswert, dass Stresslevel vom Gros der Fahrer zu kennen. Dies würde eine Bündelung der Biofunktions-Messwerte aus einem heterogenen Markt erfordern. Dies erscheint aktuell wenig realistisch.

Neben einer sofortigen Nutzung von Stressinformationen besteht die Möglichkeit ihrer Speicherung, einer darauf folgenden Offline-Auswertung und die Ableitung von Maßnahmen im proaktiven Sinn basierend auf dem erlangten Erfahrungswissen.

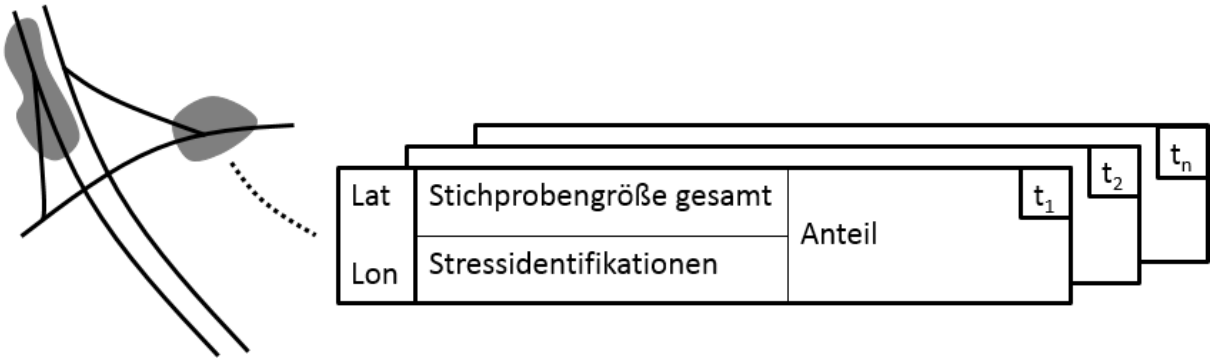

Abb. 4: Prinzipskizze zur Offline-Auswertung

Wird für viele Fahrer über einen längeren Zeitraum für denselben Standort ein erhöhtes Stresslevel ermittelt, so kann dies als Anhaltspunkt für eine ungünstig gestaltete Infrastruktur sein, für welche mittels baulicher oder verkehrsorganisatorischer Maßnahmen Abhilfe geschaffen werden sollte.
Handelt es sich um nicht dauerhafte jedoch regelmäßig wiederkehrende Stresseffekte so lässt dies auf verkehrliche Wirkungen schließen. Auch hier können die genannten Maßnahmen Abhilfe bringen.
Die Qualitätskontrolle für eingeleitete Maßnahmen wäre mit demselben Verfahren möglich.
Der zu tätigende Aufwand ist fassbar und könnte durch die Anbieter der Devices zur Biofunktionserfassung selbst als auch durch Dritte umgehend realisiert werden. Zu tätigen sind die Stressidentifikation und folgend die Zusammenfassung in räumliche bzw. raum-zeitliche Cluster. Die Abbildung der Stressinformationen auf das jeweilige Straßennetzmodell sollte jedoch den potentiellen Nutzern überlassen werden, da diese hinsichtlich der zu beachtenden Spezifika der Modellierung das umfassendste Vorwissen besitzen sollten.
Solange keine baulichen oder verkehrsorganisatorischen Maßnahmen zur Stressreduktion initiiert sind, besteht für die Verkehrsteilnehmer die Möglichkeit, Standorte zum Zeitpunkt des typischen Auftretens von Stresssituationen zu meiden. Das heißt konkret, dass nach einer Abbildung der Stressinformationen auf einem Straßennetzmodell das Stresslevel als Kostenfunktion (ggf. noch differenziert nach zeitlichen Gesichtspunkten) für ein eigenständiges oder auch als Teil eines multikriteriellen Routings zur Verfügung steht. Als Adressaten werden insbesondere Fahrer mit wenig Fahrpraxis als auch unsichere Fahrer gesehen.
Einer Umsetzung stehen keine Hinderungsgründe entgegen. Als sinnfällige Konstellation erscheint hier, dass der Anbieter von Devices zur Biofunktionserfassung die Rolle eine Content Providers einnimmt und die Stressinformationen den Anbietern von Routing-Diensten überlässt. Diese können dann die Zusatzinformationen verarbeiten und neue bzw. erweiterte Services anbieten.
Das Erfahrungswissen zu Stress kann den Fahrern auch bei Annäherung an einen Stress-Hotspot durch eine Warnung bzw. Aufforderung zu erhöhter Aufmerksamkeit nahe gebracht werden. Die Konstellation ist eine ähnliche, wie bei der Information eines Fahrers über sein eigenes Stresslevel, nur dass hier die Datenquelle nicht der

„vermessene“ Nutzer selbst, sondern das aggregierte Wissen über die Stresslevel eines gesamten Nutzerkollektivs ist.

Die Stressidentifikation und die raum-zeitliche Bündelung sind zu tätigen. Zu prüfen ist folgend, ob sich der Nutzer einem raum-zeitlichen Stress-Cluster annähert. Ist dies der Fall sind geeignete Ausgaben an den Nutzer zu tätigen. Diese Funktionalitäten könnten ohne weiteres durch den Anbieter von Devices zur Biofunktionserfassung selbst erfolgen. Für eine sofortige Umsetzung werden keine Hinderungsgründe gesehen. Die Einstiegsschwelle zur Nutzung wird als geringfügig höher angesehen, als bei der Information an den Einzelfahrer über ihr eigenes Stresslevel. Für eine fundierte Aussage zu typischer Weise vorliegenden Stresssituationen sollte eine hinreichende große Datenbasis zur Verfügung stehen. Durch die Archivierung der erfassten und ggf. anonymisierten Biofunktions-Messwerte wird dies als gegeben angesehen.

3.4 Anwendungsfeld Öffentlicher Verkehr

Im Öffentlichen Verkehr werden zwei verschiedene Adressaten gesehen, nämlich die Fahrer als auch die Beförderten.

Für die Fahrer sind ähnliche Online-Services und Offline-Auswertungen denkbar und sinnvoll, wie beim Motorisierten Individualverkehr. Feedback zur aktuellen eigenen Verfassung als auch Hinweise zur typischen Verfassung der Fahrerschar im zeitlich-räumlichen Kontext sind genauso realisierbar und nutzbringend, wie bei den Fahrern im Motorisieren Individualverkehr. Die Begutachtung der Infrastruktur hinsichtlich Stress-Hotspots ist im Öffentlichen Verkehr ebenso sinnfällig. Freiheitsgrade bei der Routenwahl liegen aber System-bedingt meist nicht vor.

Für die Beförderten im Öffentlichen Verkehr werden darüber hinaus gehende Anwendungen für die Stress-Information gesehen. Liegt ein erhöhtes Stresslevel bei einer Einzelperson bzw. wenigen Beförderten vor, so könnte es sich bei der Ursache um ein beeinträchtigtes Sicherheitsgefühl handeln. In einem solchen Fall könnte die Aufmerksamkeit von Begleitpersonal und ggf. des Fahrers auf die Situation gelenkt werden. Weiterhin erscheint es möglich und sinnvoll automatisch eine akustische Hinweismeldung zur Sicherheitsarchitektur des Fahrzeugs auszugeben (z. B. Hinweis zu aktiver Videoüberwachung, zur Position von Notrufknöpfen oder zu angefordertem Sicherheitspersonal).

Wird beim Gros der Beförderten in einem Fahrzeug ein gesteigertes Stresslevel erfasst, so könnte dies Indiz für einen sehr hohen Auslastungsgrad sein. Diese Zustandsinformation könnte für die Flottendisposition nutzbar gemacht werden.
Für beide Fälle wird der Anbieter von Devices zur Biofunktionserfassung in der Rolle des Content Providers gesehen. Bei Online-Anwendungen sind die Stressinformationen zu Fahrern bzw. Beförderten zu übergeben. Gleiches gilt konzertiert oder kontinuierlich für die Offline-Nutzung. Die Datenanalyse und Maßnahmenableitung erfordern fundierte Kenntnisse zu Betriebsabläufen und lokalen Spezifika, Dispositionsmaßnahmen sind tief in den Strukturen des öffentlichen Verkehrsunternehmens verankert, sodass die Realisierung dieser Aufgaben durch das öffentliche Verkehrsunternehmens selbst bzw. in dessen Auftrag erfolgen sollte.

4 Herausforderungen der Stressidentifikation

Kern bei der Erschließung der skizzieren Anwendungsfälle ist die Stressidentifikation. Um grundlegende Fragen zu klären, werden Messkampagnen in einem Testfeld vorgeschlagen. Bei den zu untersuchenden Dimensionen handelt es sich um die Körperfunktionen an sich, die Sensorik, die Probanden und das Untersuchungsumfeld.

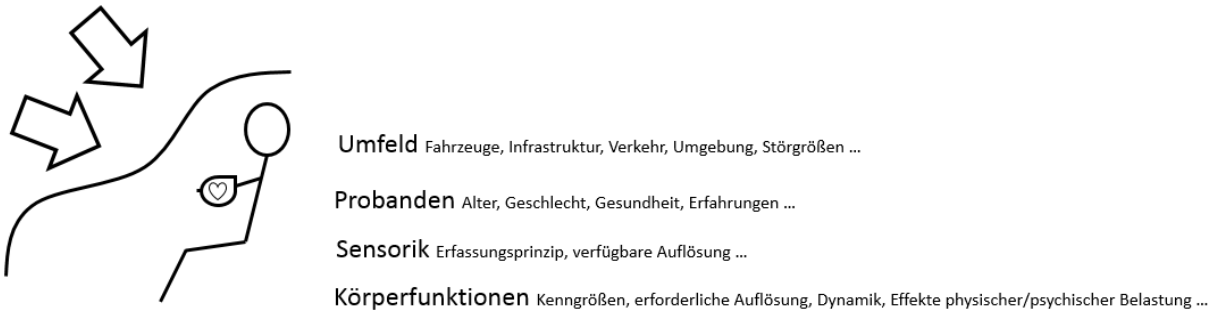

Abb. 5: Potentielle Einflüsse auf die Stressidentifikation

Es ist zu klären, ob die bisher als Stauindikator propagierten Kenngrößen Herzfrequenz und Herzfrequenzvariabilität hinsichtlich Ansprech- und Abklinggeschwindigkeit hinreichend aussagekräftig sind. Zu klären ist weiterhin, welche Amplituden bzw. Änderungen der Indikatoren als kritisch anzusehen sind und Maßnahmen nach sich ziehen sollten, um negative Effekte zu meiden oder zu mindern. Die anderen Dimensionen sind jeweils parallel zu variieren.

Wichtiger Untersuchungsgegenstand ist in diesem Kontext auch die Differenzierung der Änderung von Herzfrequenz bzw. Herzfrequenzvariabilität resultierend aus Bewegung und aus psychischer Belastung. Als besondere Herausforderung wird eine Stressidentifikation bei gleichzeitigem Auftreten von Bewegung und psychischer Belastung gesehen.

Hinsichtlich der Sensorik ist zu prüfen, in wie weit die Detektionstechnik die Biofunktionen der Probanden korrekt abbildet. Abhängigkeiten können vom Erfassungsprinzip, der Positionierung des Sensors am Körper und dem Gerätetyp bestehen. Zu klären ist ferner, ob die benötigte zeitliche und inhaltliche Auflösung durch die Sensorik abgedeckt werden kann.

Die zu „vermessenden“ Probanden können Unterschiede in Alter, Geschlecht, Gewicht, Gesundheitszustand, Fitness, kognitiven Fähigkeiten, physischer Verfassung, Tagesform, Vorprägungen, Erfahrungen etc. aufweisen. All diese Einflüsse können zu unterschiedlichen Ausprägungen von Herzfrequenz und Herzfrequenzvariabilität in Hinblick auf verschiedene physische und psychische Reize führen. Zu prüfen ist insbesondere, ob trotz großer Unterschiede noch genügend Übereinstimmungen hinsichtlich der sich bei variiertem Untersuchungsumfeld einstellenden Ausprägungen von Herzfrequenz und Herzfrequenzvariabilität gegeben sind, um eine einheitliche Stressidentifikation ohne weitere Vorkenntnisse und Differenzierungen für alle Nutzer der Biofunktionsdevices durchführen zu können.

Hinsichtlich des Untersuchungsrahmens sollte ermittelt werden, welche Effekte bestimmte Fahrmanöver, Verkehr und Umfeldeinflüsse sowie Störgrößen mit sich bringen.

Insbesondere Anpassungen des Pulses an körperliche Belastungen wie beim Beschleunigen, Bremsen sowie Einlenken unterschiedlicher Intensität mit unterschiedlichen Fahrzeugen sollten untersucht werden. Bei Lenkbewegungen könnte durch sukzessive Erhöhung der zu fahrenden Geschwindigkeit geprüft werden, ob sich zu den physisch bedingten Effekten zusätzliche psychisch bedingte einstellen.

Einflüsse auf ein mögliches Stresslevel hinsichtlich der infrastrukturellen Gegebenheiten werden z. B. bezüglich der Sicht- und Witterungsverhältnisse als auch der verfügbaren Fahrstreifen gesehen. Variationen der verkehrlichen Gegebenheiten sind sehr vielfältig. Als Beispiele seien die Verkehrslage, Lichtsignalanlagen, Fädel- und Überholvorgänge sowie die Signale von Not- und Rettungsdiensten als auch

anderer Fahrer genannt. Störgrößen stellen z. B. Ablenkungen durch Kommunikations- und Informationstechnik als auch durch Mitfahrer bzw. Beförderte dar.
Die sich letztendlich ergebenden Variationsmöglichkeiten sind enorm. Besondere Herausforderung auf dem Weg zu einer Umsetzung ist es, ein praktikables und doch belastbares Prüfkonstrukt zu etablieren. Ein erster Schritt dahin wurde mittels einer kompakten Vorstudie getätigt.

5 Vorabtest

Mit einem Equipment aus Biofunktions-Sensorik, Positions-Erfassungseinheit und einem Aufzeichnungsgerät, platziert in einem Pkw, wurden im vierten Quartal 2015 und im ersten Quartal 2016 bei sieben Fahrten eines Fahrers auf einer 32 Kilometer langen Strecke Daten im Sinn von Extended Floating Car Data aufgezeichnet. Befahren wurden Autobahnen sowie ein- und mehrstreifige Stadtstraßen. Dabei wurden Knotenpunkte mit Vorfahrtsregelung als auch LSA-Steuerung gequert.
Auf die Identifikation der Wirkungen der Infrastruktur abzielend, wurden Messfahrten in der Schwachlastzeit durchgeführt, um Einflüsse durch andere Verkehrsteilnehmer möglichst auszuschließen. Um wiederum die Letzteren genauer untersuchen zu können, wurden mehrere Fahrten in der Spitzenstunde durchgeführt. Dabei wurden jeweils nach Fahrtabschluss durch den Fahrer ergänzend Situationen protokolliert, welchen Einfluss auf das Stresslevel beigemessen wurde, um einen Vergleich zwischen Messung und subjektiver Wahrnehmung vornehmen zu können.
Da der Fokus auf Betrachtung vorerst auf diesen beiden Wirkfeldern Infrastruktur und Verkehr liegen sollte, wurde bei der Planung der Messfahrten versucht, andere erwartete Einflussfaktoren weitestgehend auszuschließen. Alle Fahrten fanden bei guten Umfeldbedingungen statt. Einflüsse auf das Stresslevel durch Mitfahrer, Telefon, Radio etc. wurden ausgeschlossen.
Als Stressindikatoren wurden jede Sekunde die Herzfrequenz als auch die Herzfrequenzvariabilität aufgezeichnet. Es konnte festgestellt werden, dass beide eine nahezu identische Dynamik aufweisen. Der Fokus der folgenden Ausführungen kann deshalb ausschließlich auf die Herzfrequenz gelegt werden.

Um die Daten unterschiedlicher Befahrungen direkt gegenüberzustellen zu können, wurde eine Transformation auf das Streckenband vorgenommen. Weiterhin hat es sich als nutzbringend erwiesen, nur die über einem Ruhepuls liegende Herzfrequenz zu betrachten. Als einfache Realisierung wurde das Pulsminimum der jeweiligen Befahrung als Ruhepuls angesetzt. Letztendlich wurden die Messwerte noch einer geringfügigen Glättung unterzogen, um eine leichtere Interpretation zu ermöglichen.

Über die Fahrtstrecke sind deutliche Herzfrequenzänderungen zu verzeichnen. Diese variieren auch von Befahrung zu Befahrung.
Im städtischen Umfeld (ca. ab Streckenposition 28.000m) liegt die höchste Dynamik vor. Die höchsten Amplituden sind in Bereich von Lichtsignalanalgen (z. B. Streckenposition 28.500m) und engen Kurvenradien (z. B. Streckenposition 2.000m), also Infrastrukturelementen, zu verzeichnen.

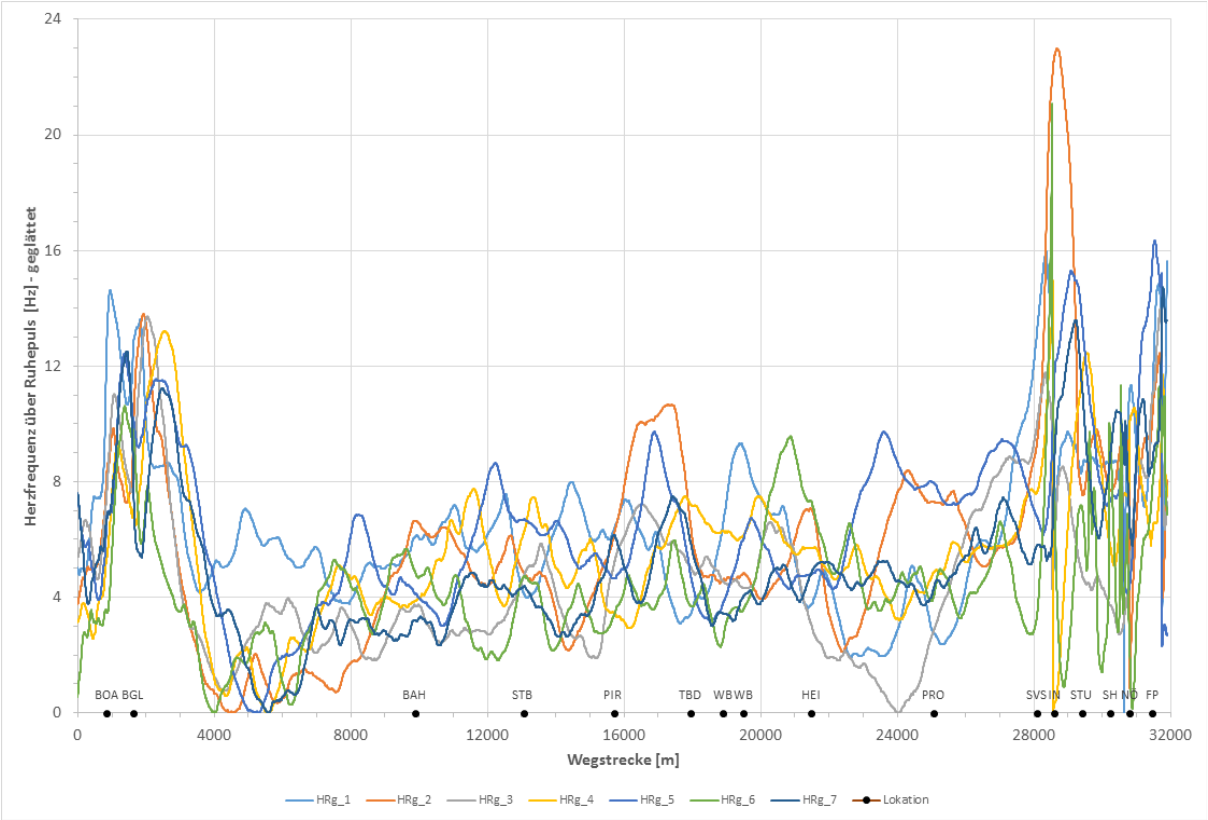

Abb. 6: Änderungen der Herzfrequenz über die Fahrtstrecke

Aus physischen Belastungen resultierende Effekte auf die Dynamik der Herzfrequenz sind mittels Ortskenntnis (z. B. Steigungsstrecke an Streckenposition 7.000m) gut nachvollziehbar. Die Streuung der Herzfrequenzwerte über die Befahrungen fällt ohne Überlagerung verkehrlicher Effekte überwiegend gering aus. Die Amplituden variieren je nach Standort stark.
Eine Sonderstellung nehmen Lichtsignalanlagen (z. B. Streckenposition 28.500m) ein. Hier konnten Durchfahrten mit mittlerer Herzfrequenz beobachtet werden. Es lagen aber auch eine Befahrung zu Grünzeitende bei ähnlichem Geschwindigkeitsniveau als auch ein abgebrochener Querungsversuch vor. Hier fielen die Herzfrequenzwerte deutlich höher aus. D. h. es lag eine Überlagerung von physischen und psychischen Herausforderungen vor. Kam es an der Lichtsignalanlage zu einem Halt, so traten deutliche Erholungseffekte beim Probanden ein.
Die Dynamik der Herzfrequenz mit verkehrlichem Hintergrund kann in den überwiegenden Fällen anhand des Gedächtnisprotokolls nachvollzogen werden. Beispielsweise traten erhöhte Herzfrequenzwerte bei Kolonnenfahrten (z. B. bei Fahrt1 von Streckenposition 5.000 bis 7.000m) auf. Es konnten aber auch Fälle verzeichnet werden, wo im Gedächtnisprotokoll ein subjektives Stressempfinden protokolliert ist, dies sich aber in den Messwerten nicht widerspiegelt.
Bei verkehrlichen Effekten lag die Herzfrequenz teils deutlich höher als bei ausschließlicher physischer Belastung. Die Maxima erreichten aber nicht die Dimension der Maxima verursacht durch körperliche Aktivitäten. Dies wird aber nicht zwangsläufig als allgemeingültig angesehen, sondern als Indiz dafür, dass keine wirklich kritischen verkehrlich bedingten Situationen aufgetreten sind. Solche sollten auch nur in einem sicheren Umfeld getestet werden.

Festzuhalten bleibt: Liegen beim Gros der Befahrungen (insbesondere aus Schwachlastzeiten) für einen Standort hohe Amplituden der auf einen Ruhepuls bezogenen Herzfrequenz vor, kann auf eine die Fahrer fordernde Infrastruktur geschlossen werden. Liegen Messwerte deutlich höher als im Fall typischer physischer Belastung, kann von einer zusätzlichen psychischen Belastung mit verkehrlichem Hintergrund ausgegangen werden. Sowohl für Effekte durch physische als auch psychische Belastungen konnten aber noch keine belastbaren Grenzwerte zur Stressidentifikation abgeleitet werden. Dies bleibt den Auswertungen der im vorherigen Kapitel skizzieren Testszenarien vorbehalten.

6 Zusammenfassung

Die Vorstudie hat gezeigt, dass Stressidentifikationen basierend auf Biofunktionsmesswerten für On- und Offline-Anwendungen im Kontext physischer und psychischer Herausforderungen im Verkehrswesen grundsätzlich möglich sind. Die bisher getätigten Untersuchungen hatten aber bei weitem nicht den Umfang, für alle Kernfragestellungen belastbare Aussagen treffen zu können, zumal die Stressidentifikation von einer Vielzahl von Einflussfaktoren beeinflusst sein kann. Umfassende Untersuchungen unter Einbindung der Expertise aus Biofunktionskennwerterfassung, Medizin und Verkehrswesen sollten deshalb an die bisher erlangten Erkenntnisse anknüpfen.

Die weiteren Voraussetzungen für eine Praxiseinführung vorgeschlagener nutzbringender verkehrstelematischer Ansätze werden als belastbar eingeschätzt, da bei den Anbietern von Devices zur Biofunktionserfassung die erforderlichen Datenpools verfügbar sind und ein geeigneter rechtlicher Rahmen als gegeben angesehen werden kann. Durch Nachnutzung wesentlicher Komponenten und Informationsstrecken erscheint zumal eine aufwandsarme Etablierung möglich.

Referenzen

[1] **Gersdorf, D.:** *Nutzung des Quantified Self-Ansatzes für Anwendungen im Verkehrswesen,* Belegarbeit im Rahmen der Lehrveranstaltung „Projektarbeiten Verkehrstelematik“, TU Dresden, Institut für Verkehrstelematik, Dresden 2015.

[2] **Curic, A.; Männer, H.; Meißner, S.; Morawetz, F.:** *Untersuchung zur Herzratenvariabilität unter Stress- und Entspannungs-Bedingung*, *,* Belegarbeit im Rahmen der Lehrveranstaltung „Empirische Erhebungen zum Bereich der Medien- und Gesundheitspsychologie“, Universität Regensburg, Institut für experimentelle Psychologie, Regensburg 2008.