

Portable System to Detect driver drowsiness with Body Sensors (PoSDBoS) *

Paul Pasler
Reutlingen University
Paul.Pasler@Student.Reutlingen-
University.DE

Abstract

Fahrerassistenzsysteme sind aus modernen Fahrzeugen nicht mehr wegzudenken. Müdigkeitserkennung hilft Sekundenschlaf oder müdigkeitsbedingte Unachtsamkeit zu vermeiden und verhindert somit schwere Unfälle. Systeme mit Körpersensoren zeigen in verschiedenen Studien sehr genau Ergebnisse und erkennen Müdigkeit frühzeitiger als andere Ansätze. In der vorgelegten Arbeit wurde ein solches System mit einem Elektroenzephalogramm (EEG) umgesetzt und getestet. Hierfür wurden Testdaten aufgenommen, verarbeitet und mit einem künstlichen Neuronalen Netz klassifiziert, sodass der aktuelle Status des Fahrers „Wach“ oder „Müde“ unterschieden werden kann.

Schlüsselwörter

Fahrerassistenzsystem, Müdigkeitserkennung, Elektroenzephalogramm, Signalverarbeitung, Machine Learning, Neuronales Netz

CR-Kategorien

A.0 [ACM]: Experimentation

*

Betreuer Hochschule: Prof. Dr. Martinez
Hochschule Reutlingen
Natividad.Martinez@Reutlingen-
University.de



Master Project IoT 2016

31. Juli 2016, Hochschule Reutlingen
© 2016 Paul Pasler

1 Einleitung

Fahrerassistenzsysteme sind innerhalb weniger Jahren von der Oberklasse, in die Mittel- und Kleinwagenklasse vorgedrungen. Die Unternehmensberatung Strategy Analytics schätzt, dass in den nächsten Jahren sechs mal so viele Fahrerassistenzsysteme verbaut werden als heute [1]. Sie bieten dem Fahrer erhöhten Komfort (Tempomat) oder die Sicherheit (Notbremsassistent). Laut der Boston Consulting Group, könnte der flächendeckende Einsatz von Fahrerassistenzsystemen, die Unfallrate um ein knappes Drittel zurückgehen lassen [2].

Zu Gruppe der Sicherheitsrelevanten Fahrerassistenzsysteme gehört auch die Müdigkeitserkennung. Beispielsweise rät die Müdigkeitserkennung „Attention Assist“ von Daimler dem Fahrer, zu gegebenen Anlass, eine Pause einzulegen und zeigt ein Kaffeesymbol im Cockpit an [3]. So wird müdigkeitsbedingte Unachtsamkeit oder Sekundenschlaf, die oftmals die Folge von schweren Unfälle sind, entgegengewirkt.

In Deutschland wurden 2015 rund 2,5 Mio. Unfälle polizeilich aufgenommen, die Zahl der Verkehrstoten liegt bei 3.450 [4]. Neben überhöhter Geschwindigkeit, zählt laut dem Deutschen Verkehrssicherheitsrat Müdigkeit zu den häufigsten Unfallursachen und ist damit für jeden fünften schweren Unfall verantwortlich [5]. Dies verdeutlicht das Potential einer frühzeitigen Erkennung von Müdigkeit und einer Meldung an den Fahrer.

Für eine sichere und korrekte Erkennung von Übermüdung ergeben sich mehrere Problem-

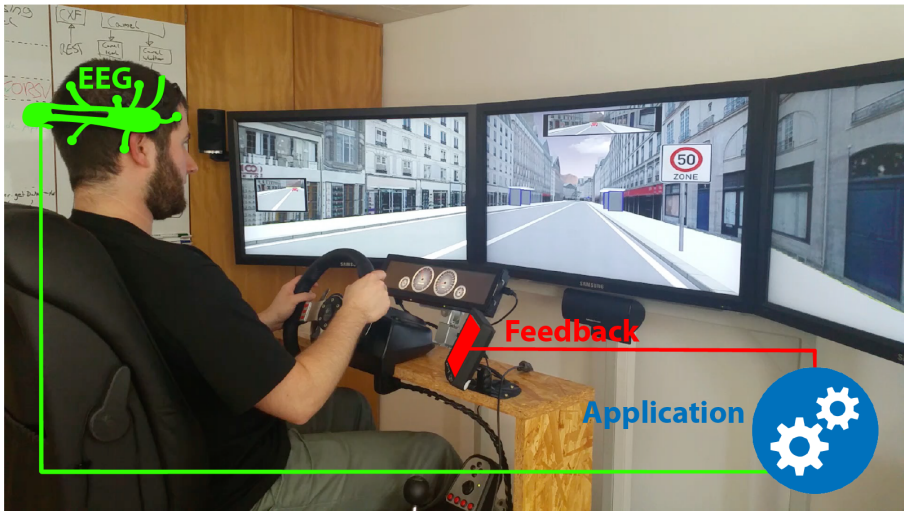


Abbildung 1: Skizze des Systemaufbaus: Körpersensoren (Elektroenzephalografie / Elektrokardiogramm) liefert Daten an die Applikation und ein Feedback-Device warnt den müden Fahrer. Bild zeigt den Fahrersimulator der Reutlingen University.

stellungen (Abb. 2). Anzeichen von Müdigkeit müssen vom System genau analysiert werden, um eine sichere Aussage über die Fahrtauglichkeit des Fahrers treffen zu können. Erkennt das System eine gefährliche Situation, muss der Fahrer in geeigneter Weise darauf hingewiesen werden.

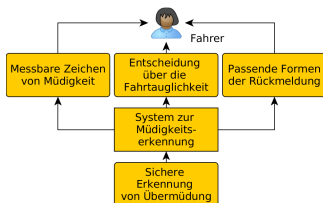


Abbildung 2: Das System zur Müdigkeitserkennung gliedert sich in mehrere Teilproblemstellungen auf.

Daraus ergeben sich Anforderungen für ein multimodales System zur Müdigkeitserkennung (Abb. 1). Es existieren bereit

diverse Systeme, denen es jedoch oftmals an Komfort und Portabilität mangelt. Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung eines Systems zur Müdigkeitserkennung mit einem EEG-Headset. Dessen Signale werden verarbeitet und mit einem KNN klassifiziert, mit dem Ziel den Fahrer rechtzeitig vor Übermüdung und deren Folgen zu warnen. Statt dem klassischen EEGs wird ein EPOC Emotiv eingesetzt werden, dadurch soll die Beeinträchtigung des Fahrers möglichst gering gehalten werden. Auch wenn sich der Ansatz weniger für den Serienbetrieb eignet, soll das System für die Validierung von berührungslosen Systemen verwendet werden. Die notwendigen Testdaten werden im Rahmen des Projekts im Fahrersimulator der Reutlingen University aufgenommen. Dennoch soll ganze System leicht portierbar sein, um es in einem echten Fahrzeug testen zu können.

Die Ausarbeitung gliedert sich folgendermaßen. Im Kapitel 3 werden verschiedene

Forschungsergebnisse zur Müdigkeitserkennung aufgezeigt und analysiert. Daraus ergeben sich die Anforderungen an eine Anwendung zur Müdigkeitserkennung. Die Infrastruktur, die Beschaffung der Daten und die durchgeführten Versuche sind Thema von Kapitel 4. Die Implementierung eines portablen Systems zur Müdigkeitserkennung mit Körpersensoren wird im Kapitel 5 vorgestellt. Kapitel 6 beschreibt die Ergebnisse und leitet in Kapitel 7 zu den weiteren Schritten und dem Fazit über. In folgenden Absatz werden Grundlagen für die kommenden Kapitel erläutert.

2 EEG Headset

Für das Projekt wurde ein EMOTIV Epoc+ EEG Headset ¹ (Abb 3) verwendet. Es besitzt 14 EEG Kanäle, sowie ein Gyroskop und sendet seine Daten via Bluetooth an den Rechner. Das Headset wird über den Kopf gestülpt und besitzt an den Sensorenden einen Filz der mit Kochsalzlösung befeuchtet wird.



Abbildung 3: Das EMOTIV Epoc+ EEG Headset wird einfach über den Kopf gestülpt.

Die Sensoren Anordnung ist an das internationale 10-20 System [6] angelehnt (4). Hierbei handelt es sich um eine standardisierte relative Anordnung der Elektroden. Die Rohdaten werden Abtastrate von 128 geliefert und enthalten neben dem Wert auch die Signalstärke (Qualität). Leider liefert die mitgelieferte SDK die Rohdaten nicht in Echtzeit, weshalb die Open-Source Lösung Emokit² eingebunden wurde.

¹<http://emotiv.com/epoc>

²<https://github.com/openyou/emokit>

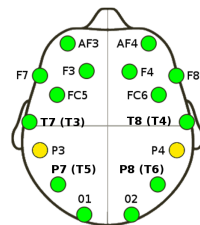


Abbildung 4: Die 14 Kanäle (Grün), sowie die beiden Qualitätssensoren (Gelb).

3 Stand der Technik

Systeme zur Erkennung von Müdigkeit versuchen mit verschiedenen Parametern herauszufinden, ob sich die Person (der Fahrer) noch in einem aufmerksamen Zustand befindet. Die lässt sich in drei Bereiche unterteilen: Fahrverhalten, Computer-Vision (CV) und Körpersensoren.

In der Praxis setzen Automobilhersteller wie Daimler[3] und Volkswagen, sowie Automobilzulieferer wie Bosch[7] auf die Analyse des Fahrverhaltens. Insbesondere Spurhalten und ruckartiges Gegenlenken scheinen ein signifikantes Indiz für beginnende Übermüdung zu sein. Weiterhin sind externe Geräte und einige Apps für Smartphones erhältlich. Leider existieren kaum öffentlich zugängliche Arbeiten zu diesem Ansatz von Müdigkeitserkennung, da es sich um interne Entwicklungen handelt.

Beim CV-Ansatz wird der Fahrer und die Straße mit Hilfe von Kameras beobachtet. Zhang et al. [8] stellen hierzu eine Applikation mit der Microsoft Kinect vor. Es wurden sowohl die Kopfpose, als auch die Augenstatus bestimmt. Bergasa et al. [9] extrahierten aus dem Bild einer Infrarot Kamera mehrere Features, wie beispielsweise den prozentualen Anteil von geschlossenen Augen (Percent eye closure, PERCLOS). Mit dieser Technik erreichten sie bei der Erkennung von Übermüdung eine nahezu hundertprozentige Erfolgsrate. Kamerabasierte Systeme schränkenden Fahrer nicht ein, da kein direkter Kontakt zum Fahrer bestehen muss.

Jedoch ist jede Kamera optischen Grenzen unterworfen (bspw. bei Nacht oder schlechtem Wetter).

Die beiden beschriebenen Bereiche werden in dieser Arbeit nur für die manuelle Markierung der aufgenommenen Datensätze genutzt. Für die Erkennung von Müdigkeit werden verschiedene Körpersensoren bzw. deren Kombination (multimodal) eingesetzt. Meist werden elektrische Spannung am und im Körper gemessen. Neben dem EEG, werden bspw. die Elektrokardiographie (EKG) oder Elektrookulographie (EOG) genutzt. Beim EKG wird die elektrische Aktivität des Herzmuskels erfasst, um bspw. die Herzfrequenz zu bestimmen. Das EOG misst die Bewegung der Augen, um bspw. Blinzeln zu erkennen.

Ansätze mit einem EKG allein, zeigten in verschiedenen Arbeiten kein eindeutiges Ergebnis [10], [11]. Beide versuchten Informationen aus der Herzfrequenzvariabilität zu erhalten und diese zu klassifizieren. Khusaba et al. [12] versuchten EEG, EKG und EOG zu verbinden und verglichen verschiedenen Kombinationen. Mit einem „fuzzy wavlet“ basierten Algorithmus wurde die Signale aufbereitet und zeigten, dass ein EEG alleine bereits ausreicht. Die Kombination eines EEG mit EKG bzw. EOG verbesserte das Ergebnis nicht signifikant. Auch Johnson et al. [13] kamen zu dem Erkenntnis, dass ein EEG ausreicht und das genutzte EOG nicht benötigt wird. Subasi [14] konnte mit einem EEG die Zustände „Wach“, „Schläfrig“ und „Schlafend“ unterscheiden. Die Wavelet-Transformation und das genutzte künstliche Neuronale Netz (KNN) führten zu einer Erkennungsrate von 93%. Vuckovic et al. [15] fanden den besten Algorithmus für die Initialisierung des KNNs: Der Learning Vector Quantization Algorithmus. Im Vergleich mit EEG-Experten erreichte das KNN eine Übereinstimmung von 90%. Huang et al. [16] nutzten ein Hidden Markov Modell zu Erkennung und erreichten eine gute Erfolgsrate. Lin et al. [17] nutzten die Unabhängige Komponenten Analyse (UKA) und Lineare Regression (LR) und konnten zei-

gen, dass hiermit bis zu 88% richtige Ergebnisse erzielt werden können.

Die betrachteten Arbeiten unterstreichen die Eignung von Körpersensoren um Müdigkeit zu erkennen. Die Stärken im Bereich Präzision und Richtigkeit der Ergebnisse, im Vergleich zu Verhaltensanalyse oder CV-Techniken, zeigte sich in den Ergebnissen. In Sachen Komfort bleiben Körpersensoren jedoch hinter den anderen Ansätzen zurück. Verhaltensanalyse oder CV-Technik werden für die Arbeit nicht berücksichtigt und treten nur bei der Analyse / Klassifizierung der Testdaten in Erscheinung. Gähnen, häufiges blinzeln oder abkommen von der Fahrspur, können Hinweise auf Müdigkeit sein, sodass die entsprechenden EEG-Sequenzen gelabelt werden können. Aufgrund seiner höheren Genauigkeit, gegenüber EKG oder EOG, wird für die Anwendung ein EEG genutzt. Ein multimodales System ist vorbereitet, aber nicht umgesetzt. Die betrachteten Arbeiten zeigen in verschiedensten Ausführungen sehr gute Ergebnisse (~90% [17], [14]), sodass es sich beim EEG um eine aussichtsreiche Grundlage handelt. Bei der Klassifizierung lässt nutzen viele Ansätze ein Künstliches Neuronales Netz (KNN)[14][15][18][19]. Weitere Ansätze nutzen die Lineare Diskriminanten Analyse[10][12] oder ein SVM[20][21]. Aufgrund der Häufigkeit in den anderen Arbeiten und der guten Bibliotheksunterstützung (PyBrain) wurde der Ansatz mit einem KNN weiter verfolgt. Die vorgestellten Lösungen arbeiten mit medizinischen oder selbst gebauten EEGs. Alle Ansätze wurden in einer simulierten Umgebung entwickelt und nie unter realen Bedingungen getestet. Aus der Analyse der verwandten Forschungsarbeiten ergeben sich Anforderungen an eine Anwendung zur Müdigkeitserkennung.

4 Testdatenbeschaffung

Um Daten von übermüdeten Fahrern zu erhalten, kann natürlich kein Versuch im Straßenverkehr durchgeführt werden. Die Fremd- und Eigengefährdung wäre einfach

zu groß. Darum fanden die Versuche in einer Simulationsumgebung statt. Für das Experiment wird im Fahrsimulator eine Nacht-Autobahnfahrt simuliert. Verschiedene Studien [22], [23] legen nahe, dass sich Simulationen zwar von der Realität unterscheiden, dass jedoch die Ergebnisse trotzdem valide und brauchbar sind.

Für den Versuch werden neben den rohen EEG Signalen, auch die Fahrzeugdaten, sowie die Simulation und der Fahrer aufgenommen. Weiterhin kann der Versuchsleiter auch Besonderheiten protokollieren (Abb. 5).

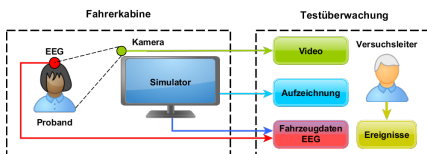


Abbildung 5: Der Versuchsaufbau für die Erkennung von Müdigkeit mit den Datenströmen aus der Fahrerkabine zur Testüberwachung.

Im Versuch sollte der Fahrer eindeutige Anzeichen von Müdigkeit zeigen. Dies kann durch verschiedene Versuchsparameter begünstigt werden. So zeigt eine Studie, dass Unfälle meist zwischen 2:00 - 6:00, sowie 14:00 - 16:00 Uhr passieren [23]. Auch die Schlafmenge von weniger als 6 Stunden in der Nacht vor dem Experiment erhöht die Chance auf Anzeichen [22]. Das Geschlecht oder Alter der Probanden ist nicht relevant. Vor dem Experiment sollten jedoch keine Drogen, Alkohol oder Kaffee eingenommen werden. Ein Führerschein ist von Vorteil, aber nicht zwingend notwendig.

Auch die Teststrecke (Abb. 6) trägt zur Erhöhung der Müdigkeit bei. Monotone Autobahnfahrten die größtenteils geradeaus verlaufen, ohne andere Verkehrsteilnehmer und konstanter Geschwindigkeit führen eher zu einer Übermüdung. Nach diesen Kriterien wurde eine endlose zweispurige Autobahnkarte mit einer Geschwindigkeit von kon-

stant 130Kmh erstellt. Sie spielt zudem Nachts und ist eher Dunkel gehalten, was besonders anstrengend für die Augen ist.



Abbildung 6: Die Autobahnkarte für den Versuch verläuft endlos geradeaus, Nachts und bei konstanter Geschwindigkeit.

Für einen Versuch werden 40 Minuten angesetzt. Fünf Minuten werden für eine kurze Einführung, 30 Minuten für die Testfahrt und wieder fünf Minuten für eine kurze Einschätzung mit Fragebogen.

Anhand der aufgenommenen Daten werden nun Stellen gesucht, an denen die Testperson eindeutige Anzeichen von Müdigkeit zeigt. Eindeutig sind Verhaltensweisen wie häufiges Gähnen und Einnicken (Kopf fällt nach vorn) - Diese Merkmale werden häufig in CV-Ansätzen genutzt. Auch Verhaltensmerkmale wie, von der Spur abkommen und heftig Gegenlenken oder deutliche Veränderungen der Geschwindigkeit können Anzeichen für eine Unachtsamkeit wegen Müdigkeit sein. Diese Stellen werden dann in den EEG Daten mit dem Label „Müde“ markiert, alle anderen mit „Wach“. Die EEG Sequenzen können dann auf eindeutige Varianzen untersucht werden. Im nächsten Kapitel ist dies Thema der Datenaufbereitung.

5 Müdigkeitserkennung mit einem EEG-Headset

Abbildung 7 zeigt die Gesamtübersicht des entwickelten Systems dar. Alle blauen Klassen der Anwendung wurden in Python 2.7 implementiert. Der Fahrsimulator und seine Schnittstellen (rosa) in Java und C#, die einzelnen Datenströme sind Grün gekennzeichnet. Bedingte Abzweigungen für alternative

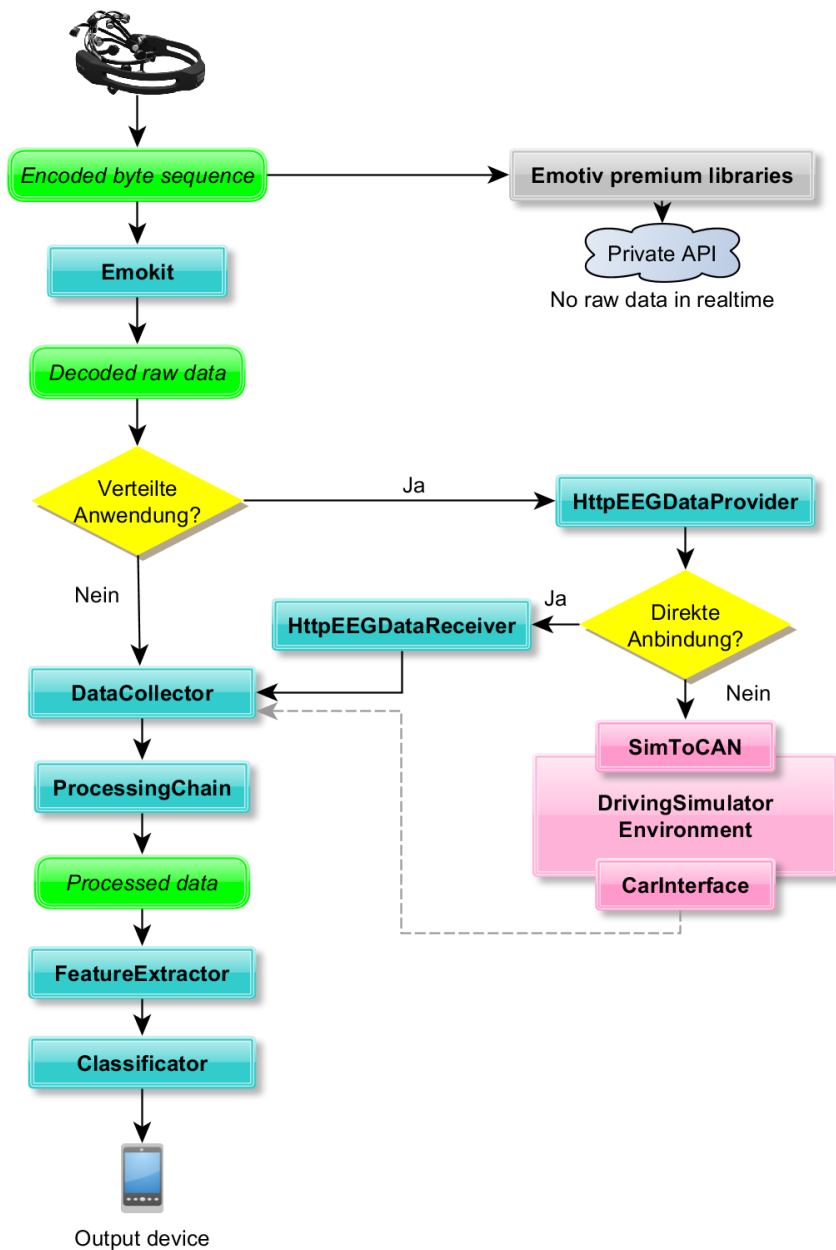


Abbildung 7: Der Aufbau des entwickelten System zur Müdigkeitserkennung. Grün: Datenströme, Blau: Python Klassen der Anwendung, Gelb: bedingte Abzweigungen, Rosa: Klassen der Fahrsumulatorumgebung

Wege in Gelb. Die Anwendung läuft verteilt auf dem DataCollector und dem Embedded PC. Die Datenquelle befindet sich auf dem DataCollector, von dort werden die Daten via CAN-Bus an den Embedded PC übertragen und verarbeitet (Abb. 8).

Abschnitt 5.1 befasst sich mit den Rohdaten und deren Weiterreichung im System. Die Verarbeitung der Rohdaten ist Thema von Abschnitt 5.2. Im folgenden Abschnitt werden daraus die passenden Merkmale extrahiert. In Abschnitt 5.4 wird die Arbeitsweise des Klassifikators näher beleuchtet.

5.1 Datensammlung

Das EEG Headset schickt enkodierte Byte-Sequenzen via Bluetooth, an die proprietären Emotiv Premium Libraries oder die Open-Source Lösung Emokit (vgl. 2). Die Emokit Klasse wurde für das Projekt leicht modifiziert, sodass sie sich ins System einfügt. So wurde Unterstützung für das neueste EPOC+ Modelle implementiert, sowie die Möglichkeit, Testdaten aus dem TableReader zu versenden. Die dekodierten Rohdaten enthalten 14 EEG Kanäle mit Wert und Qualität, die Gyroskopwerte in X- und Y-Richtung und einen Zeitstempel (Abb. 9) Mit einer Abtastrate von 128Hz sind das $128 \cdot 16 = 2048$ Werte pro Sekunde. Diese Daten können als CSV gespeichert werden, sowie an einen HTTP-Server oder direkt an den DataCollector übergeben werden. Über den Server integriert die SimToCAN Anwendung via HTTP die EEG Daten in den Fahrsimulator und das virtuelle Steuergerät.

Der DataCollector kann Daten direkt oder aus einem HTTP-Client empfangen. Die Schnittstelle zum Fahrsimulator bzw. zum CAR-Interface ist vorbereitet. So ist es möglich die Datensammlung und die Datenverarbeitung auf verschiedenen Rechnern durchzuführen.

Die Aufgabe der DataCollector-Klasse ist es, die einzelnen Signale in Sequenzfenstern von 128 Signalwerten zu aggregieren. Das ist die Abtastrate des EEG-Headsets und entspricht somit in etwa den Signalen einer Sekunde. Es sind zwei dieser Fenster imple-

mentiert und sie überschneiden sich in der Hälfte. So ist gewährleistet, dass signifikante Stellen nicht verloren gehen. Die Fensterfunktion ist ein simples Rechteck, sodass alle Werte gleich gewichtet werden. Eine andere Fensterfunktion bspw. mit Glockenkurvenverlauf (Hamming- oder Hann-Fenster) wäre einfach einzubauen. Auf den ersten Blick ist die Fensterlösung eine Verdopplung der Daten, jedoch fügt der DataCollector nur konfigurierte Kanäle hinzu, sodass sich die Datenmenge wieder deutlich reduzieren lässt. Im folgenden Abschnitt werden die gefilterten Sequenzfenster nun verarbeitet und aufbereitet.

5.2 Datenverarbeitung

Die gefilterten EEG-Sequenzen durchlaufen nun eine Verarbeitungskette (Abb. 9). Im ersten Schritt werden die Signale auf das Intervall 1 bis -1 normalisiert, dazu werden die Signale durch den jeweiligen Maximalwert bzw. Betrag des Minimalwertes geteilt. Dieses Vorgehen stellt sicher, dass die absolute Amplitude keinen Einfluss auf die Gewichtung im Klassifikator hat. Zudem wird die Datenmenge wiederum reduziert. Im zweiten Schritt werden die Signale in Frequenzbänder (EEG-Bänder) unterteilt. Hierzu werden bestimmte Frequenzbereiche aus dem Signal entfernt, sodass nur die gewünschten Frequenzen erhalten bleiben. Diese EEG-Bänder gliedern sich in folgende Frequenzbereiche und werden nach griechischen Buchstaben benannt:

- δ : 0,1 bis < 4Hz
- θ : 4 bis < 8Hz
- α : 8 bis < 13Hz
- β : 13 bis < 30Hz
- γ : > 30Hz

Den Frequenzbändern werden verschiedene Eigenschaften zugesprochen. Delta Wellen treten bei Erwachsenen häufig in der traumlosen Tiefschlafphase auf. Theta-Wellen zeigen sich bei Schläfrigkeit und

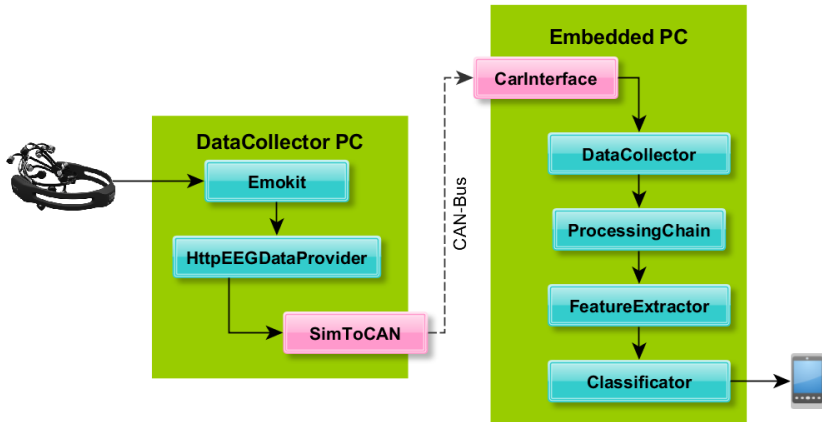


Abbildung 8: Datenquelle und Verarbeitung sind verteilt im Fahrsimulator eingebettet. Die Übertragung erfolgt via CAN-Bus.

leichtem Schlaf. Mit leichter Entspannung und entspannter Wachheit (mit geschlossenen Augen) werden Alpha-Wellen assoziiert. Beta Wellen treten während der REM-Schlafphase oder unter Einwirkung von Psychopharmaka auf. Gamma-Wellen gehen häufig mit starker Konzentration oder Meditation einher.

Um die einzelnen Frequenzbänder zu erhalten ist eine Filterfunktion notwendig. Für die Anwendung wurde hierfür ein Butterworth-Filter[24] eingesetzt. Gleichung 1 zeigt die Übertragungsfunktion mit A_0 : Gleichspannungsverstärkung, $\Omega = \frac{f}{f_s}$: auf Grundfrequenz normierte Frequenz und n : Ordnung des Filters. Abbildung 10 zeigt exemplarisch Filterfunktionen verschiedener Ordnung mit den Grenzen von 500 bis 1250Hz. Alle Frequenzen darunter und darüber werden deutlich abgeschwächt bzw. gehen gegen null. Der Butterworth-Filter verläuft nahe Eins im gewünschten Bereich, fällt an den Grenzen ab und stellt sicher, dass das Signal an den Grenzen um $\frac{1}{\sqrt{2}} \approx 0.7071$ gemindert wird. Je höher die Ordnung, desto steiler geht die Funktion durch die angegebenen Grenzen. Der Filter lässt sich gut in Hardware realisieren.

$$|A|^2 = \frac{A_0^2}{1 + k_{2n}\Omega^{2n}} \quad (1)$$

5.3 Mermalsextraktion

TODO

5.4 Klassifikator

Nachdem in vorherigen Abschnitt eine passende Merkmalsmenge erstellt wurde, geht es nun um die Entscheidung, ob der Fahrer Müde oder Wach ist bzw. ob das System eine Müdigkeitsmeldung erscheinen lässt. Für diese Klassifizierung werden im allgemeinen Machine-Learning-Algorithmen verwendet. Anhand von markierten Datensätzen wird versucht den Algorithmus zu Trainieren (Überwachtes Lernen). Dies dient dem Ziel, dass er auch unbekannte Daten klassifizieren kann. Dieser Vorgang wird Generalisierung bezeichnet und ist auch im menschlichen Lernen ein wichtiger Schritt.

Für die Anwendung wurde zur Klassifizierung ein künstliches Neuronales Netz (KNN) ausgewählt. Es basiert auf einem erweiterten McCulloch-Pitts-Neuron [25] und ist der Funktionsweise des menschlichen Gehirns bzw. seinen Neuronen nachempfunden[26].

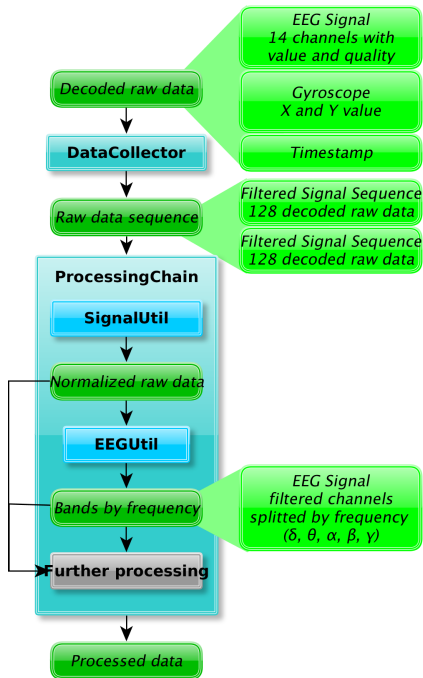


Abbildung 9: Die Daten werden immer weiter reduziert und verarbeitet.

Ein KNN lässt sich im einfachste Fall durch eine Merkmalsmenge $X = x_1, x_2 \dots x_n$, dazugehörige Gewichte $W = w_1, w_2 \dots w_n$, eine Übertragungsfunktion Σ und eine Schwellwertfunktion θ beschreiben (Abb. 11).

Dieser vereinfachte Aufbau kann schon einfache Aufgaben, wie bspw. ein logisches „UND“, erfüllen. Jedoch lässt sich schon ein logisches „XOR“ nicht mehr abbilden. Dafür müssen weitere Schichten von Neuronen (Hidden Layers) hintereinander geschaltet werden - das sog. Multi Layer Perceptron (MPL, Abb. 12).

Es existiert kein bekannter Algorithmus für die Wahl der optimalen initialen Parameter eines KNNs. Vuckovic et al. [15] hatten sich mit diesem Thema genauer beschäftigt und die Ergebnisse werden für die Versuche herangezogen. **TODO**

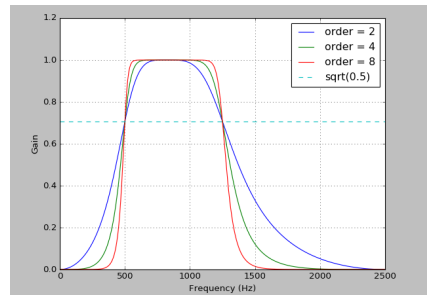


Abbildung 10: Die Filterfunktion eines Butterworthfilters 2., 4. und 8. Ordnung im Frequenzbereich von 500 bis 1250Hz.

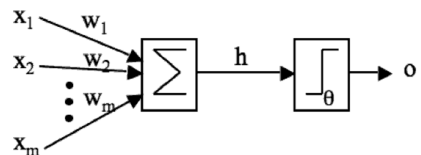


Abbildung 11: Darstellung eines McCulloch-Pitts-Neurons. Die Merkmale X werden mit den Gewichten W multipliziert und in Σ summiert. Wenn $h > \theta$ „feuert“ das Neuron ($o = 1$) [26].

6 Ergebnis

TODO Da das EEG in den letzten 4 Monaten in Reparatur und somit nicht verfügbar war, sind die Ergebnisse bisher nicht aussagekräftig. Weder das Experiment, noch die Merkmalsextraktion und die Klassifizierung konnten sinnvoll evaluiert werden.

Teil eins (1-4) der Anforderungen (vgl. Tab ??) kann erst nach erfolgreicher Implementierung getestet werden. Die Portierung ist theoretisch sehr einfach möglich, wenn während der Fahrt ein Laptop genutzt wird (5). Die Handhabung und Komfort des Headsets ist im Vergleich zu medizinischen EEGs deutlich verbessert (6). Wie schon angenommen, ist es jedoch für den Produktiveinsatz ungeeignet. Das EEG lässt sich ähnlich wie eine Mütze tragen und ist sehr leicht, sodass

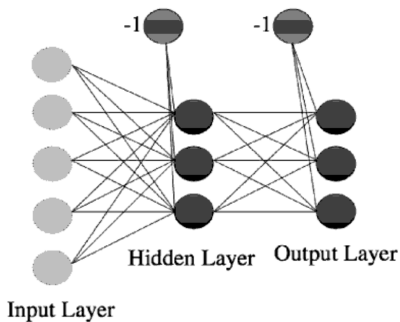


Abbildung 12: Darstellung eines Neuronalen Netzes mit mehreren Schichten (Multi Layer Perceptron, MLP)[26].

man schnell vergisst, dass es da ist. Die kabellose Übertragung sorgt für maximale Beweglichkeit.

Tests auf einem Smartphone oder Tablet müssen gesondert erfolgen, da es unter anderem von den Treibern des EEG Headsets abhängt (7). Auch Lasttests sind erst nach fertiger Implementierung wirklich aussagekräftig (8). Der Einbau in die Simulationsumgebung ist bis zum eintragen der Werte im CAN-Bus umgesetzt. Das Herausnehmen der Werte ist noch nicht vollständig umgesetzt, da die Integration der CarInterface Anwendung nicht funktionierte (9). Die Anwendung lässt sich sehr gut auf verteilten Systemen ausführen, auch über den Anwendungsfall des Fahrsimulators hinaus. Die akquirierten Daten können via http an die Verarbeitungsschicht übertragen werden. Auch das Verschicken des Ergebnisses der Klassifizierung per http wäre denkbar und einfach umzusetzen (10). Die Art der Benachrichtigung über eine erkannte Müdigkeit ist derzeit noch nicht vollständig umgesetzt. Dem Fahrer wird entweder ein grüner oder roter Bildschirm angezeigt. Ob dies die passende Form ist, bleibt zu klären.

Die komplette Anwendung ist mit Docstring³ versehen, aus denen eine html-Dokumentation erzeugt werden kann. Weiterhin sind schwierige Code-Teile mit einfachen Beispielen erweitert, um den Einstieg zu erleichtern. Ob es so möglich ist, als Neuling, selbständig die Anwendung zu verstehen bzw. zu erweitern hängt wohl auch von der jeweiligen Person ab. Werden jedoch Veränderungen vorgenommen, kann durch die Unit-Tests sichergestellt werden, dass die Klassen weiterhin das Richtige tun. Integrationstests wären eine sinnvolle Erweiterung.

7 Fazit und Ausblick

TODO

Literatur

- [1] Strategy Analytics. Advanced driver assistance systems forecast - aug 2015. <https://www.strategyanalytics.com/access-services/automotive/powertrain-body-chassis-and-safety/market-data/report-detail/advanced-driver-assistance-systems-forecast---aug-2015>, 2015. Zugriff: 2015-10-28.
- [2] Xavier Mosquet, Michelle Andersen, and Aakash Arora. A roadmap to safer driving through advanced driver assistance systems. <https://www.bcgperspectives.com/Images/MEMA-BCG-A-Roadmap-to-Safer-Driving-Sep-2015.pdf>, 2015. Zugriff: 2015-10-28.
- [3] Daimler AG. Attention assist, 2008. Available at <http://media.daimler.com/dcmedia/0-921-658892-49-1147698-1-0-0-0-0-1-11702-854934-0-1-0-0-0-0-0.html>, Zugriff: 2015-08-13.
- [4] Statistisches Bundesamt. Zahl der verkehrstoten steigt im jahr

³<https://www.python.org/dev/peps/pep-0257/#what-is-a-docstring>

- 2015 voraussichtlich auf etwas 3450. https://www.destatis.de/DE/PresseService/Presse/Pressemitteilungen/2015/12/PD15_463_46241.html, 2015. Zugriff: 2015-12-31.
- [5] Claudia Evers. Unterschätzte Risikofaktoren Übermüdung und ablenkung als ursachen für schwere lkw-unfälle. http://www.dvr.de/presse/seminare/904_20.htm, 2008. Zugriff: 2015-10-20.
 - [6] H. H. Jasper. The ten twenty electrode system of the international federation. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 10:371–375, 1958.
 - [7] Robert Bosch GmbH. Bosch driver drowsiness detection, 2012. Available at <http://www.bosch-presse.de/presseforum/details.htm?txtID=5037>, Zugriff: 2015-08-13.
 - [8] Liyan Zhang, Fan Liu, and Jinhui Tang. Real-time system for driver fatigue detection by rgb-d camera. *ACM Trans. Intell. Syst. Technol.*, 6(2):22:1–22:17, March 2015.
 - [9] Luis M. Bergasa, Jesus Nuevo, Miguel A. Sotelo, Rafael Barea, and Maria E. Lopez. Real-time system for monitoring driver vigilance. *Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on*, 7(1):63–77, March 2006.
 - [10] Jose Vicente, Pablo Laguna, Ariadna Bartra, and Raquel Bailon. Detection of driver’s drowsiness by means of hrv analysis. In *Computing in Cardiology, 2011*, pages 89–92, Sept 2011.
 - [11] E. Rogado, J.L. Garcia, Rafael Barea, Luis M. Bergasa, and Elena Lopez. Driver fatigue detection system. In *Robotics and Biomimetics, 2008. ROBIO 2008. IEEE International Conference on*, pages 1105–1110, Feb 2009.
 - [12] Rami N. Khushaba, Sarath Kodagoda, Sara Lal, and Gamini Dissanayake. Driver drowsiness classification using fuzzy wavelet-packet-based feature-extraction algorithm. *Biomedical Engineering, IEEE Transactions on*, 58(1):121–131, Jan 2011.
 - [13] Robin R. Johnson, Djordje P. Popovic, Richard E. Olmstead, Maja Stikic, Daniel J. Levendowski, and Chris Berka. Drowsiness/alertness algorithm development and validation using synchronized EEG and cognitive performance to individualize a generalized model. *Biological psychology*, 87(2):241–250, May 2011.
 - [14] Abdulhamit Subasi. Automatic recognition of alertness level from eeg by using neural network and wavelet coefficients. *Expert Syst. Appl.*, 28(4):701–711, May 2005.
 - [15] Aleksandra Vuckovic, Vlada Radivojevic, Andrew C.N. Chen, and Dejan Popovic. Automatic recognition of alertness and drowsiness from {EEG} by an artificial neural network. *Medical Engineering & Physics*, 24(5):349 – 360, 2002.
 - [16] Ruey S. Huang, Chung J. Kuo, Ling-Ling Tsai, and Oscar T.C. Chen. Eeg pattern recognition-arousal states detection and classification. In *Neural Networks, 1996., IEEE International Conference on*, volume 2, pages 641–646 vol.2, Jun 1996.
 - [17] Chin teng Lin, Ruei cheng Wu, Sheng fu Liang, Wen hung Chao, Yu jie Chen, and Tzyy ping Jung. Eeg-based drowsiness estimation for safety driving using independent component analysis. *IEEE Trans. Circuits Syst. I, Reg. Papers*, pages 2726–2738, 2005.
 - [18] Beth J. Wilson and Thomas D. Bracewell. Alertness monitor using neural networks for eeg analysis. In *Neural Networks for Signal Processing X*,

2000. *Proceedings of the 2000 IEEE Signal Processing Society Workshop*, volume 2, pages 814–820 vol.2, 2000.

- [19] Khaled B. Khalifa, Mohamed H. Bedoui, R. Raytchev, and Mohamed Dougui. A portable device for alertness detection. In *Microtechnologies in Medicine and Biology, 1st Annual International, Conference On. 2000*, pages 584–586, 2000.
- [20] Hanbit Park, Seungwon Oh, and Minsoo Hahn. Drowsy driving detection based on human pulse wave by photoplethysmography signal processing. In *Proceedings of the 3rd International Universal Communication Symposium, IUCS '09*, pages 89–92, New York, NY, USA, 2009. ACM.
- [21] Aihua Zhang and Fenghua Liu. Drowsiness detection based on wavelet analysis of ecg and pulse signals. In *Bio-medical Engineering and Informatics (BMEI), 2012 5th International Conference on*, pages 491–495, Oct 2012.
- [22] Johan Engstrom, Emma Johansson, and Joakim Ostlund. Effects of visual and cognitive load in real and simulated motorway driving. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 8(2):97–120, March 2005.
- [23] Jim Horne and Louise Reyner. Vehicle accidents related to sleep: a review. *Occupational and Environmental Medicine*, pages 289–294, May 1999.
- [24] Stephen Butterworth. On the theory of filter amplifiers. *Wireless Engineer*, 7, 1930.
- [25] Warren S. McCulloch and Walter Pitts. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *The bulletin of mathematical biophysics*, 5(4):115–133, 1943.
- [26] Stephen Marsland. *Machine learning : an algorithmic perspective*. Chapman & Hall/CRC machine learning & pattern recognition series. CRC Press, Boca Raton, 2009. A Chapman & Hall book.