

Autonome Arousal als Indikator kortikaler Arousal

Mathias Basner

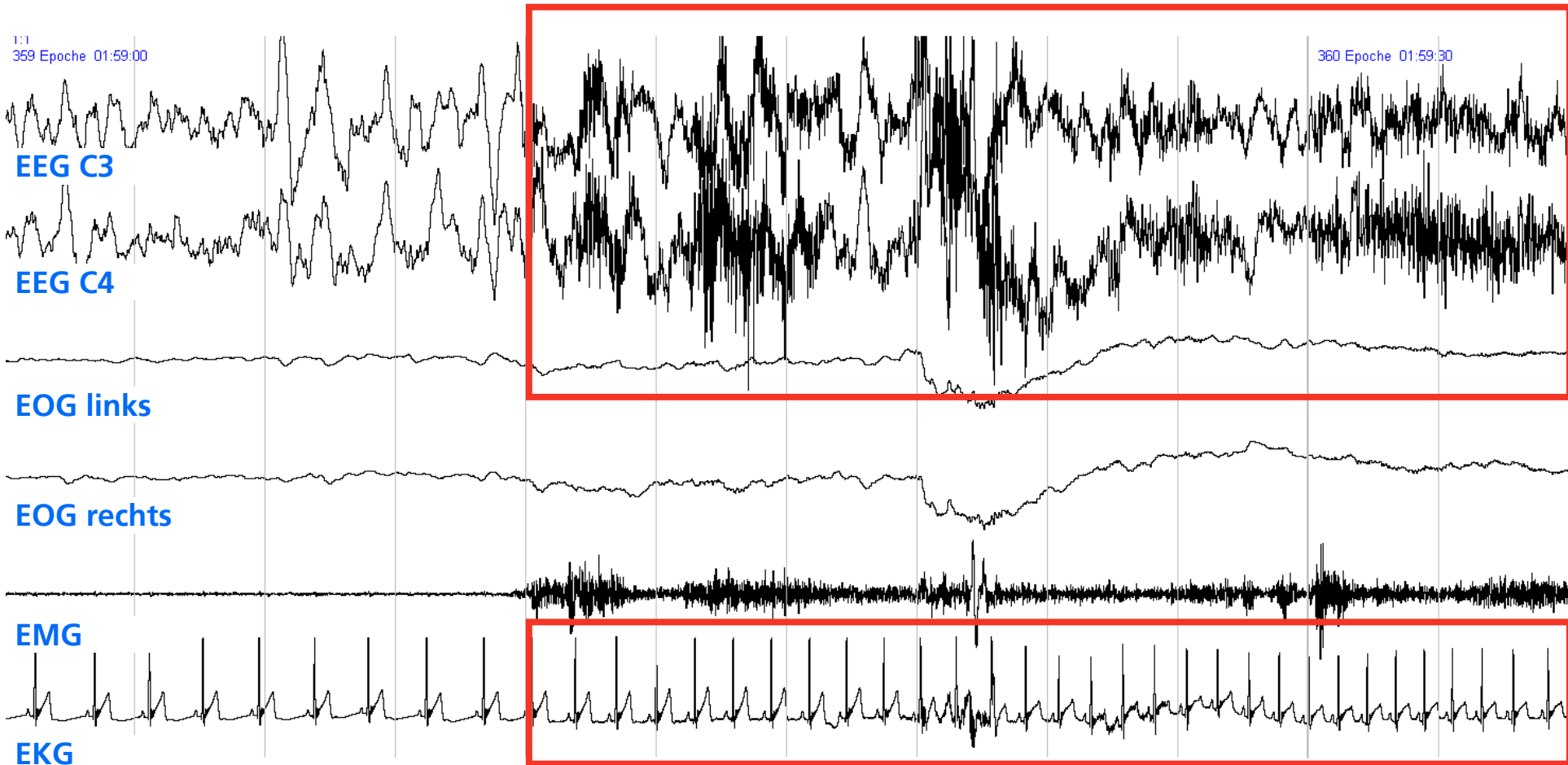


Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

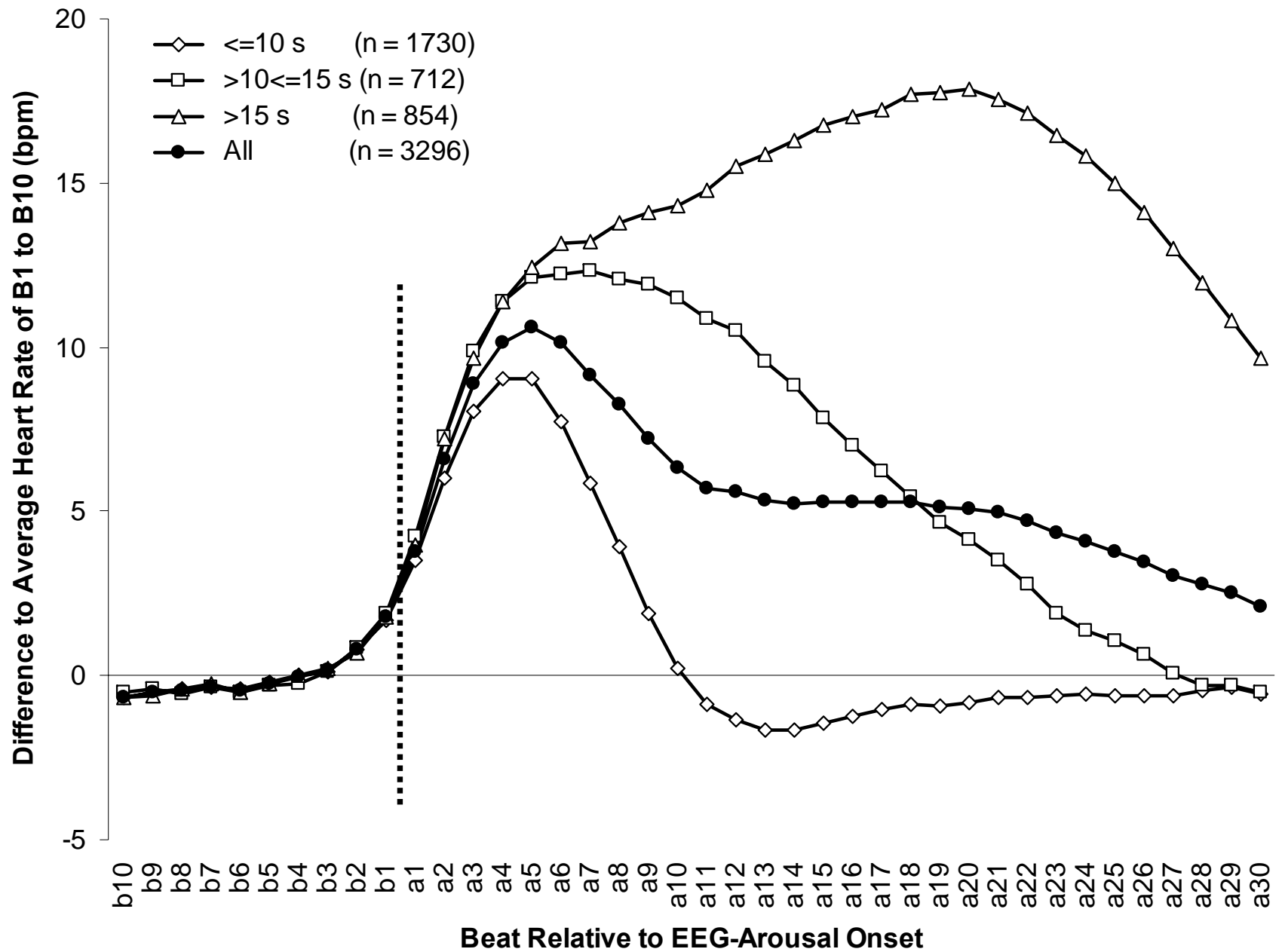
Hintergrund

- ▶ Polysomnographie ist der Goldstandard zur Messung von Schlaf und zur Bestimmung des Einflusses von Lärm auf den Schlaf.
- ▶ Die hohe Aussagekraft ist aber auch mit Nachteilen verbunden:
 - Invasivität
 - Datenerhebung und –analyse aufwendig
 - Schlafstadienauswertung subjektiv
 - R&K Auswertung an Epochengrenzen gebunden
- ▶ Frage: Ist es möglich, mit geringerem Aufwand eine ähnlich hohe Aussagekraft zu erzielen?

EEG Arousal und Herzfrequenz sind assoziiert



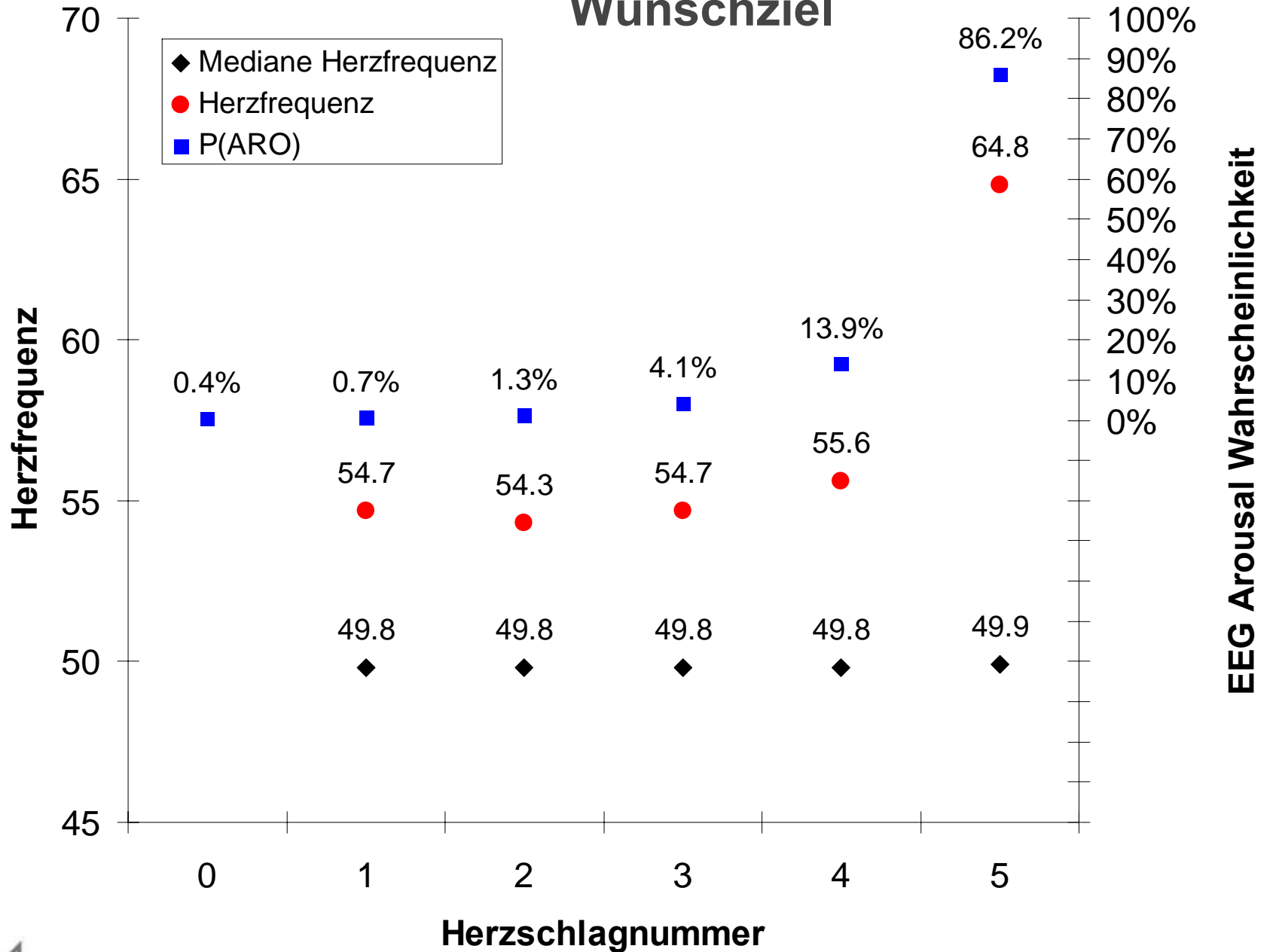
36 sec



EKG zur Vorhersage von EEG Arousals - VORTEILE

- ▶ Ein EKG-Kanal (3 Elektroden) für die Auswertung ausreichend
 - Selbstinstrumentierung von Probanden möglich
 - Geringe Artefaktanfälligkeit
 - Große Feldstudien mit hohen Probandenzahlen finanzierbar
 - Einsetzbar in Diagnosegeräten mit EKG aber ohne EEG-Aufzeichnung
- ▶ Objektive Auswertung durch automatischen Algorithmus
 - keine Inter- und Intra-rater Variabilitäten
 - zeit- und kostengünstig
- ▶ Keine Bindung an starre 30 s Epochengrenzen
- ▶ EKG Arousal: Grund für langfristige Gesundheitsstörungen?
- ▶ Trotz dieser Vorteile: Bisher wenig systematische Ansätze

Wunschziel



Methodik

- ▶ Entwicklungsphase: Feldstudie, 56 Probandennächte
Validierungsphase: Laborstudie, 30 Probandennächte
- ▶ Phasen mit EKG-Signalausfall markieren (keine Artefaktbereinigung!)
- ▶ Mediane Herzfrequenz (± 90 s) bestimmen
- ▶ Zwei visuelle EEG-Arousal scorings nach ASDA (DLR/UMA)
 - Konsensus-Arousal: Arousalstart höchstens ± 5 s auseinander
 - Kontroll Arousal: kein EEG Aro, kein Wach, kein Signalausfall
- ▶ Basierend auf Differenzen zur medianen Herzfrequenz in Konsensus- und Kontrollbedingungen: Bestimmung der Wahrscheinlichkeit $p(\text{Aro-ECG})$, dass Herzschlag mit einem EEG Arousal assoziiert ist
- ▶ Definition EKG-Arousal: 4 aufeinanderfolgende Überschreitungen von $p(\text{Aro-ECG}) = 35\% \rightarrow$ Sensitivität 68,2%, Spezifität 95,1%
- ▶ 10-s-Regel wie bei ASDA EEG Arousal

Mehr Methodik...

DETECTION OF AROUSAL AND WAKE

An ECG-based Algorithm for the Automatic Identification of Autonomic Activations Associated with Cortical Arousal

Mathias Basner, MD, MSc¹; Barbara Griefahn, MD²; Uwe Müller, PhD¹; Gernot Plath¹; Alexander Samel, PhD^{1,†}

¹German Aerospace Center (DLR), Institute of Aerospace Medicine, Köln, Germany; ²Institute for Occupational Physiology at Dortmund University, Dortmund, Germany; [†]deceased May 19th, 2007

Objectives: EEG arousals are associated with autonomic activations. Visual EEG arousal scoring is time consuming and suffers from low interobserver agreement. We hypothesized that information on changes in heart rate alone suffice to predict the occurrence of cortical arousal.

Methods: Two visual AASM EEG arousal scorings of 56 healthy subject nights (mean age 37.0 ± 12.8 years, 26 male) were obtained. For each of 5 heartbeats following the onset of 3581 consensus EEG arousals and of an equal number of control conditions, differences to a moving median were calculated and used to estimate likelihood ratios (LRs) for 10 categories of heartbeat differences. Comparable to 5 consecutive diagnostic tests, these LRs were used to calculate the probability of heart rate responses being associated with cortical arousals.

Results: EEG and ECG arousal indexes agreed well across a wide range of decision thresholds, resulting in a receiver operating characteristic (ROC) with an area under the curve of 0.91. For the decision threshold chosen for the final analyses, a sensitivity of 68.1% and a specificity of 95.2% were obtained. ECG and EEG arousal indexes were poorly correlated ($r = 0.19$, $P < 0.001$, $ICC = 0.186$), which could in part be attributed

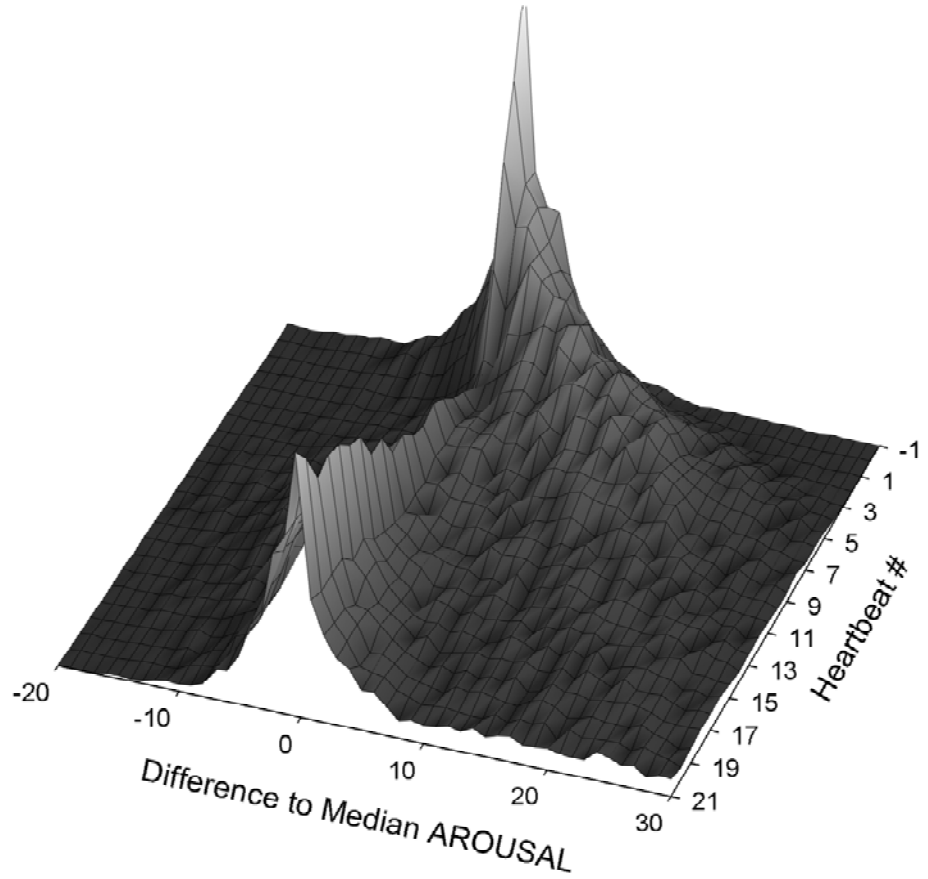
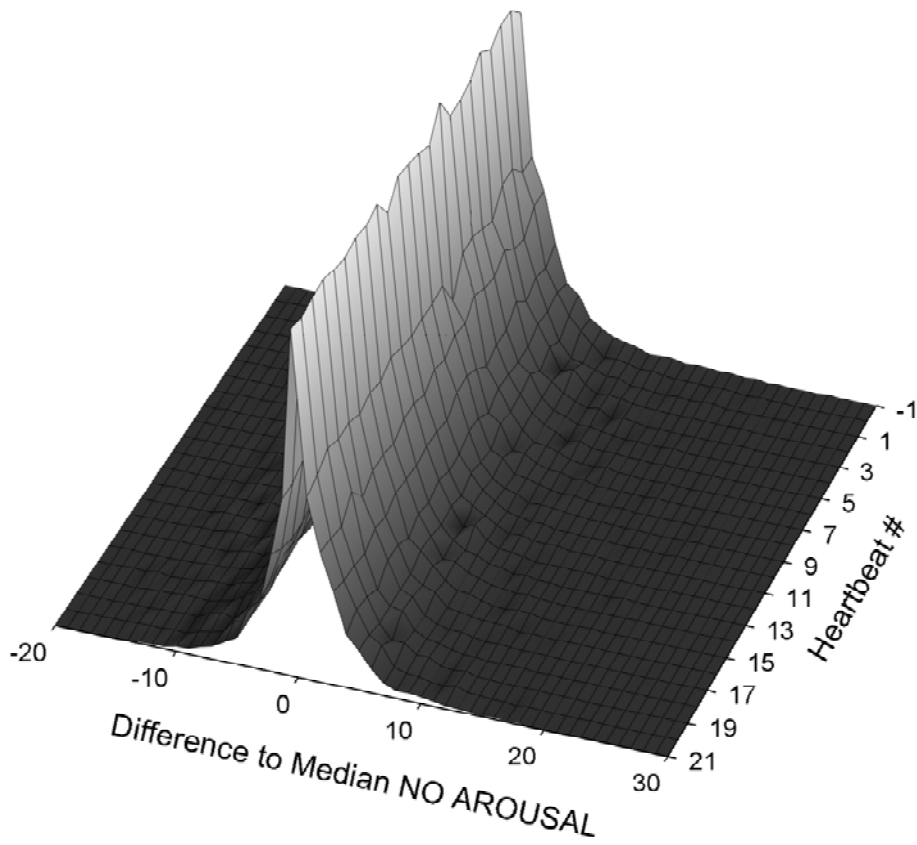
to 3 outliers. The Bland-Altman plot showed an unbiased estimation of EEG arousal indexes by ECG arousal indexes with a standard deviation of ± 7.9 arousals per hour sleep. In about two-thirds of all cases, ECG arousal scoring was matched by at least one (22.2%) or by both (42.5%) of the visual scorings. Sensitivity of the algorithm increased with increasing duration of EEG arousals. The ECG algorithm was also successfully validated with 30 different nights of 10 subjects (mean age 35.3 ± 13.6 years, 5 male).

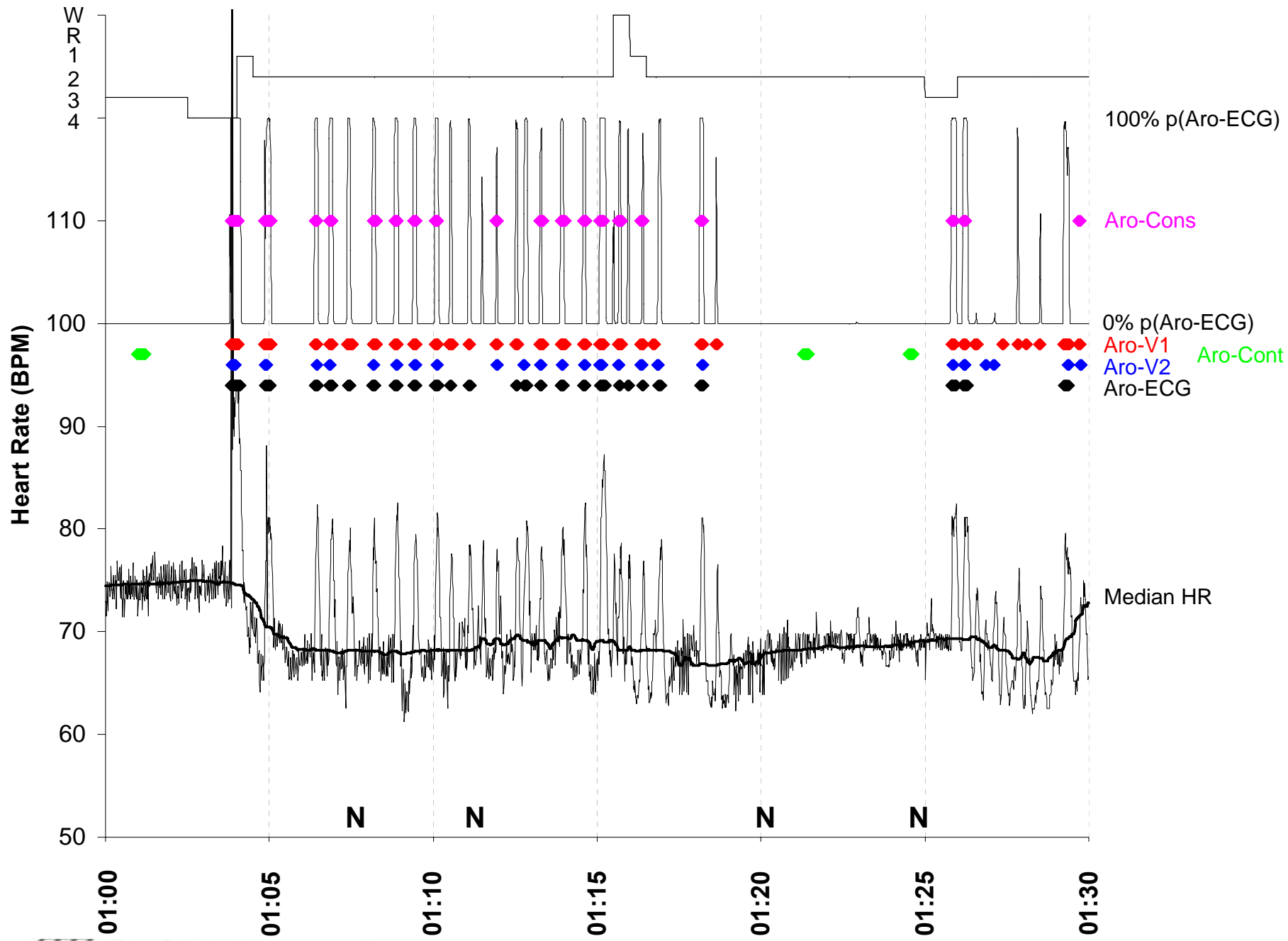
Conclusions: In its current version, the ECG algorithm cannot replace visual EEG arousal scoring. Sensitivity for detecting <10 -s EEG arousals needs to be improved. However, in a nonclinical population, it may be valuable to supplement visual EEG arousal scoring by this automatic, objective, reproducible, cheap, and time-saving method.

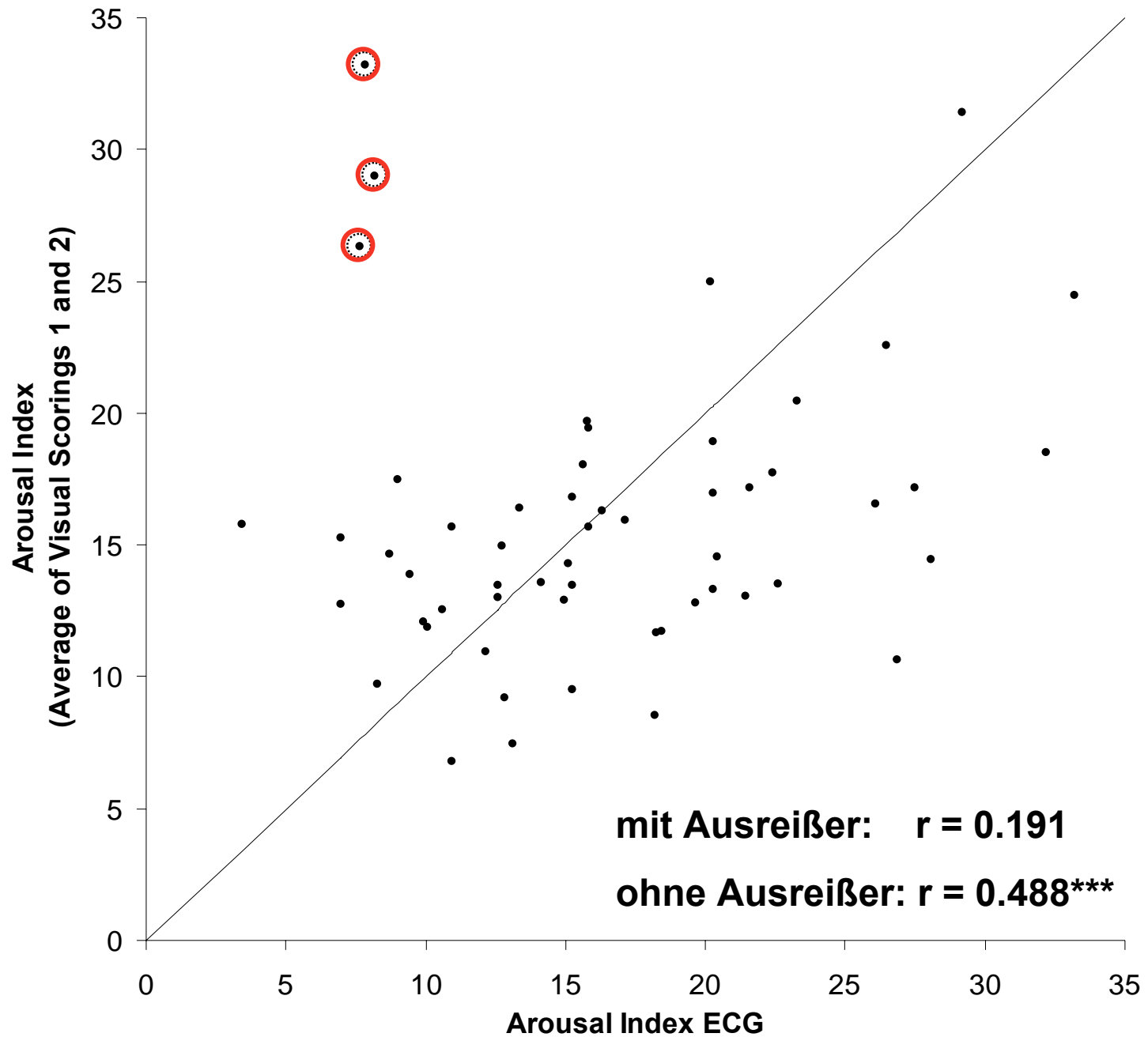
Keywords: Sleep; arousals; sympathetic activation; ECG; heart rate; likelihood ratio

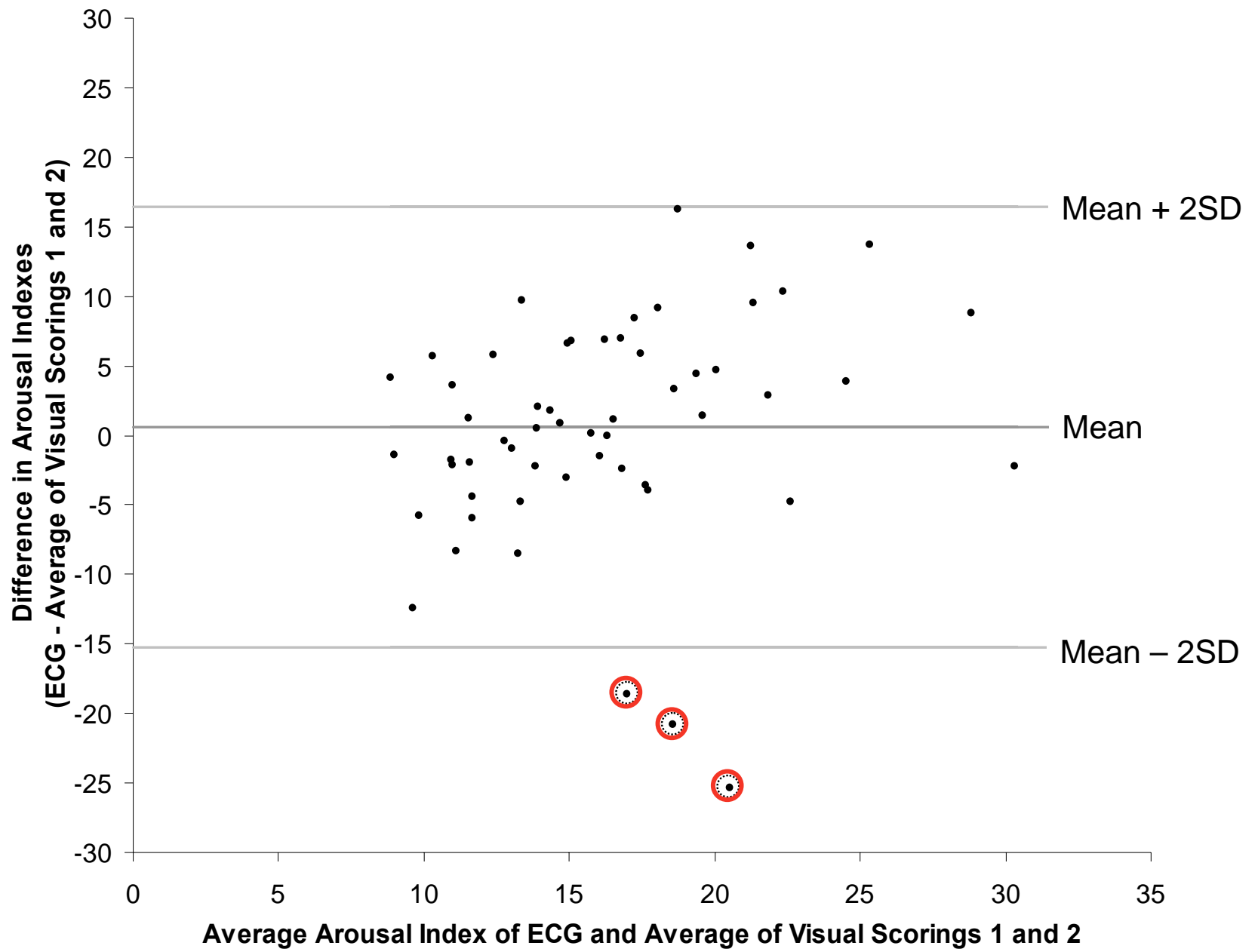
Citation: Basner M; Griefahn B; Plath G; Samel A. An ECG-based Algorithm for the automatic identification of autonomic activations associated with cortical arousal. *SLEEP* 2007;30(10):XXX-XXX.

Basner et al., Sleep, 30(10), 1341-53, 2007





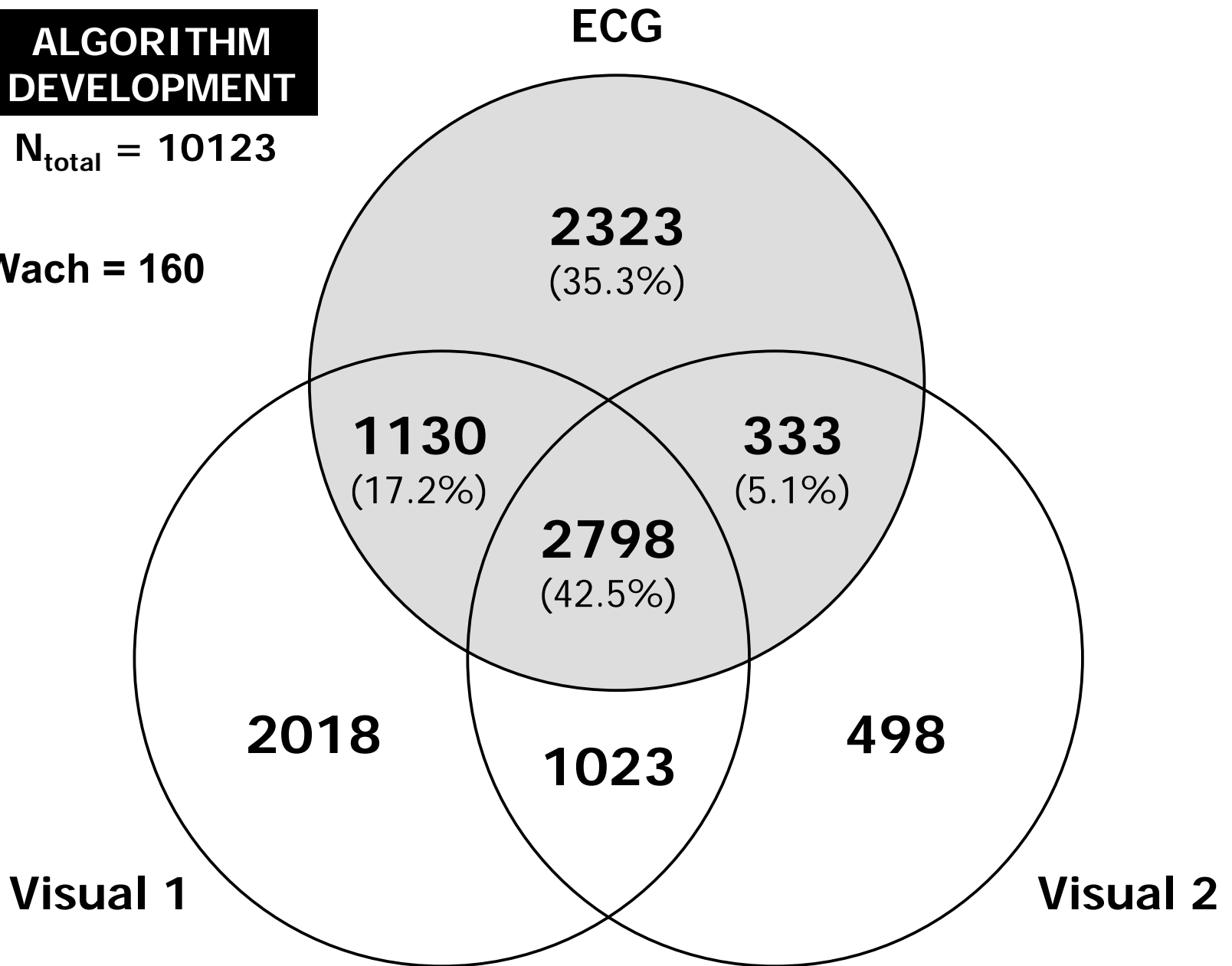




ALGORITHM DEVELOPMENT

$N_{\text{total}} = 10123$

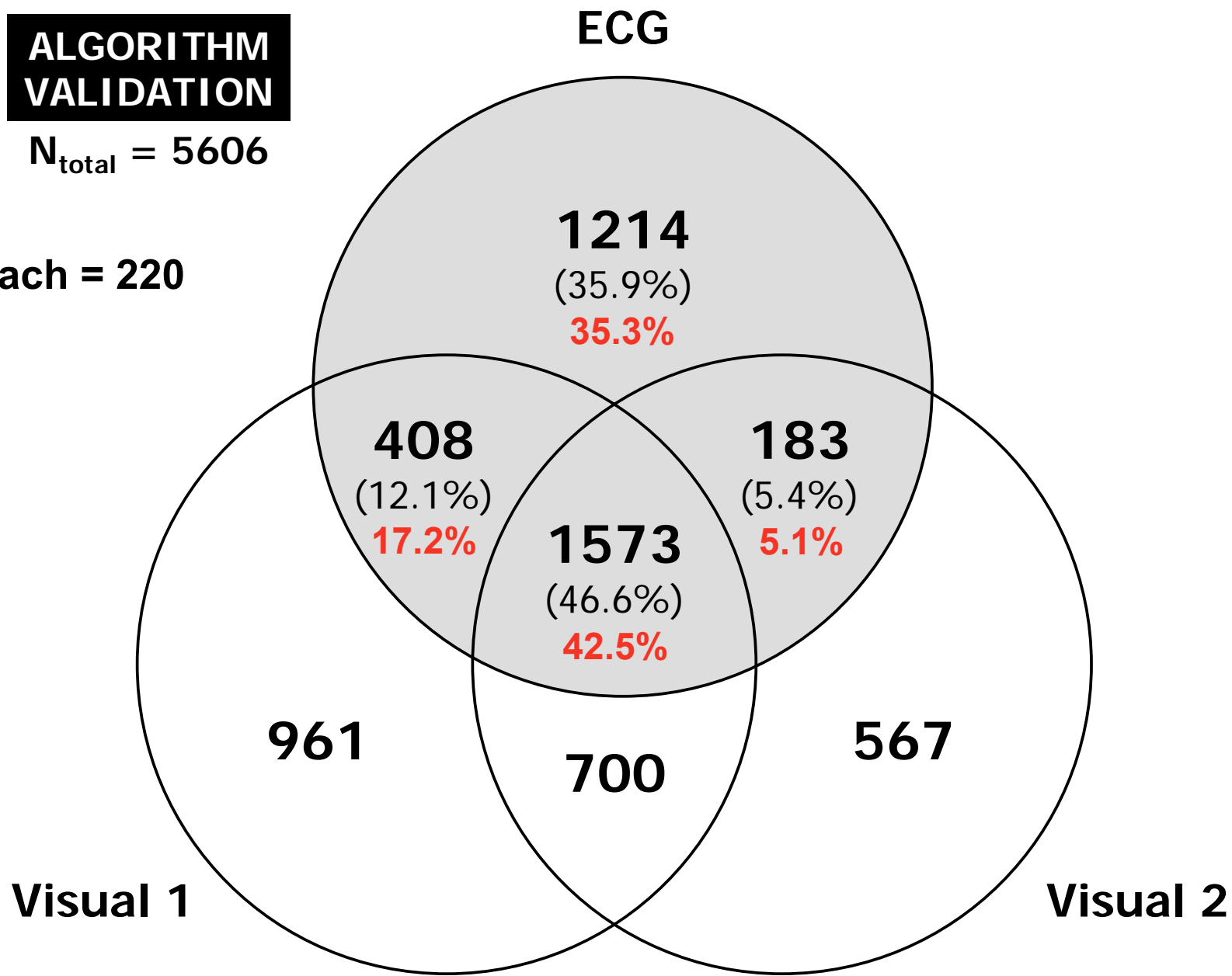
nWach = 160



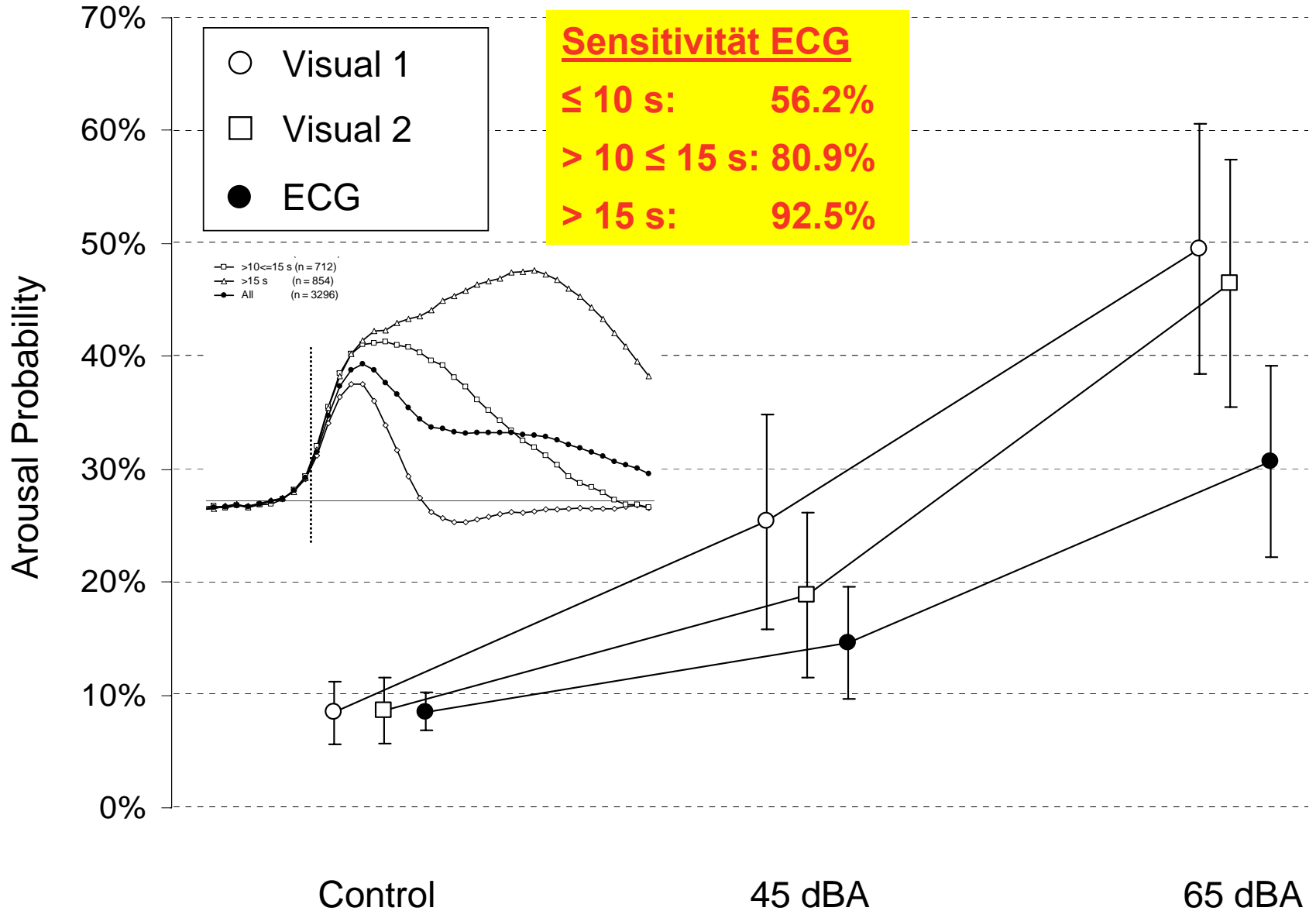
ALGORITHM VALIDATION

$N_{\text{total}} = 5606$

nWach = 220

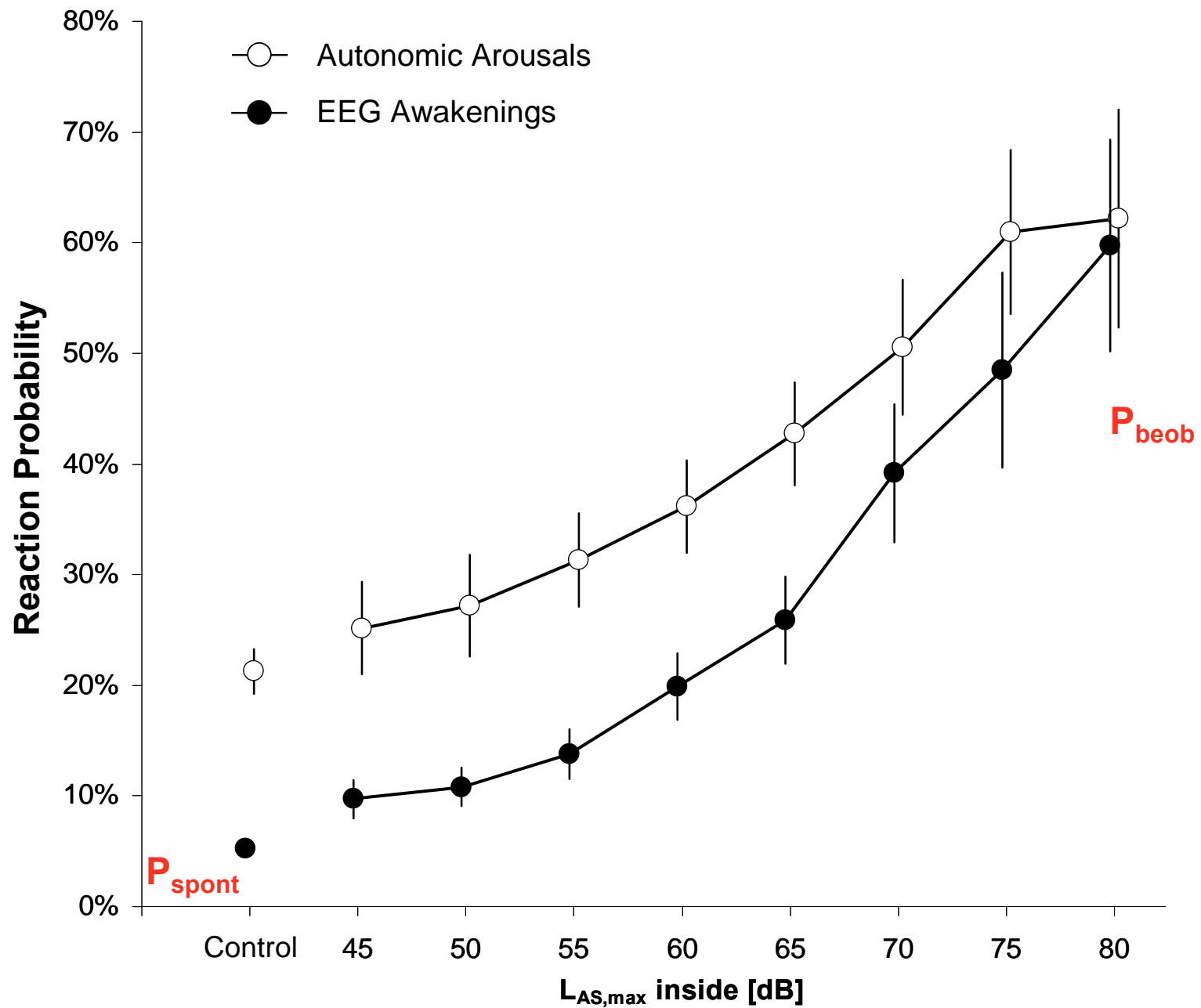


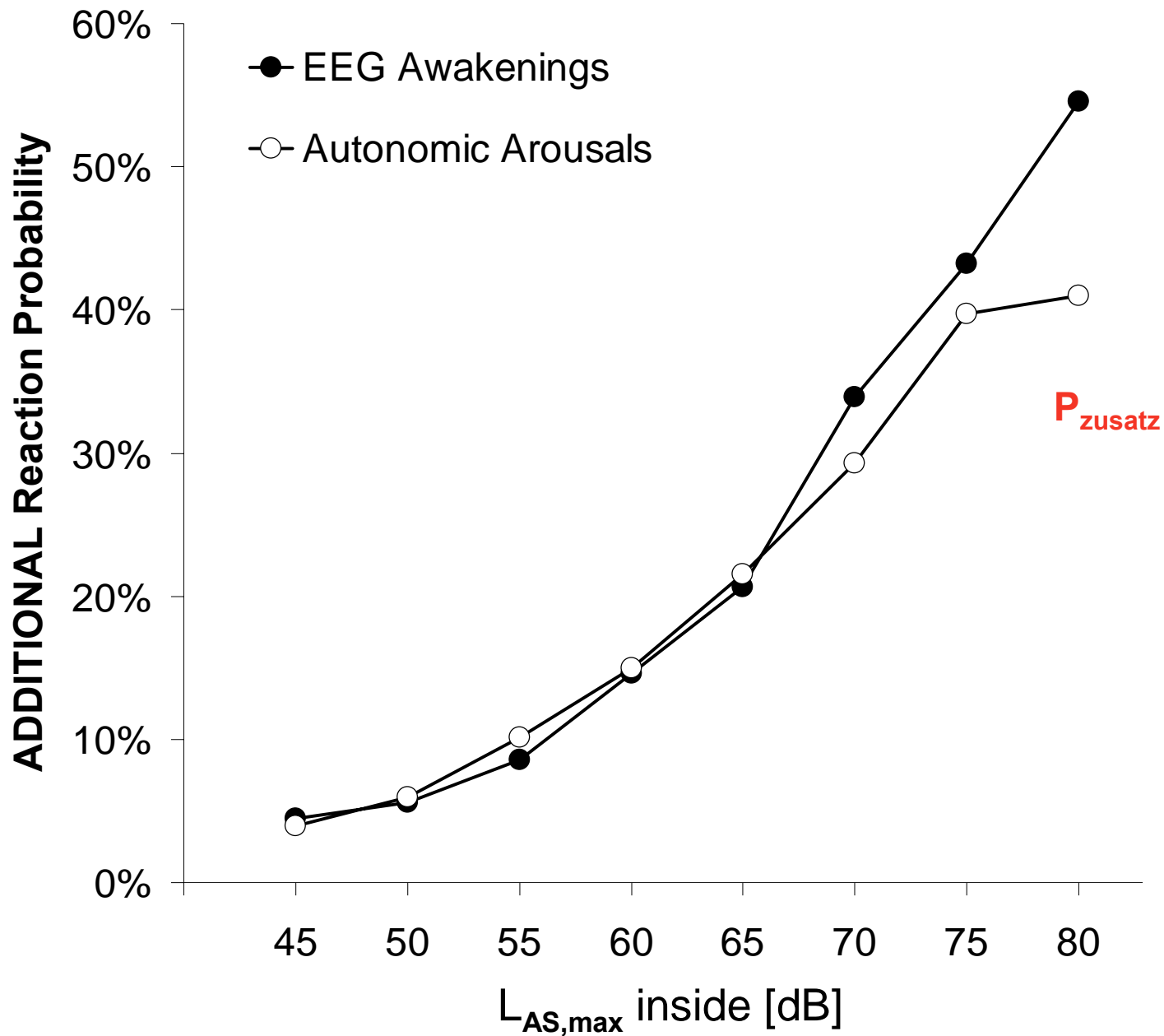
Validierung

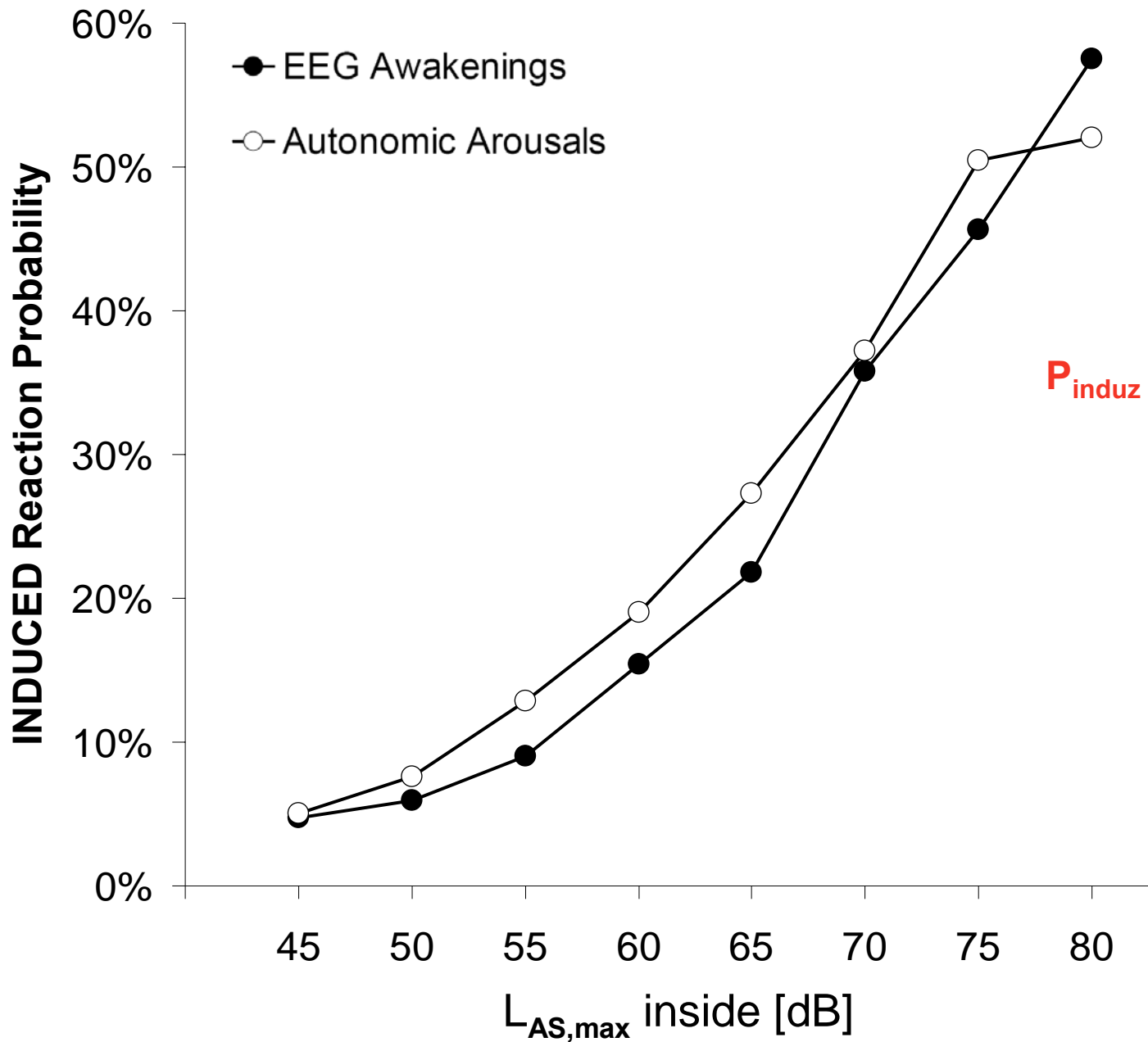


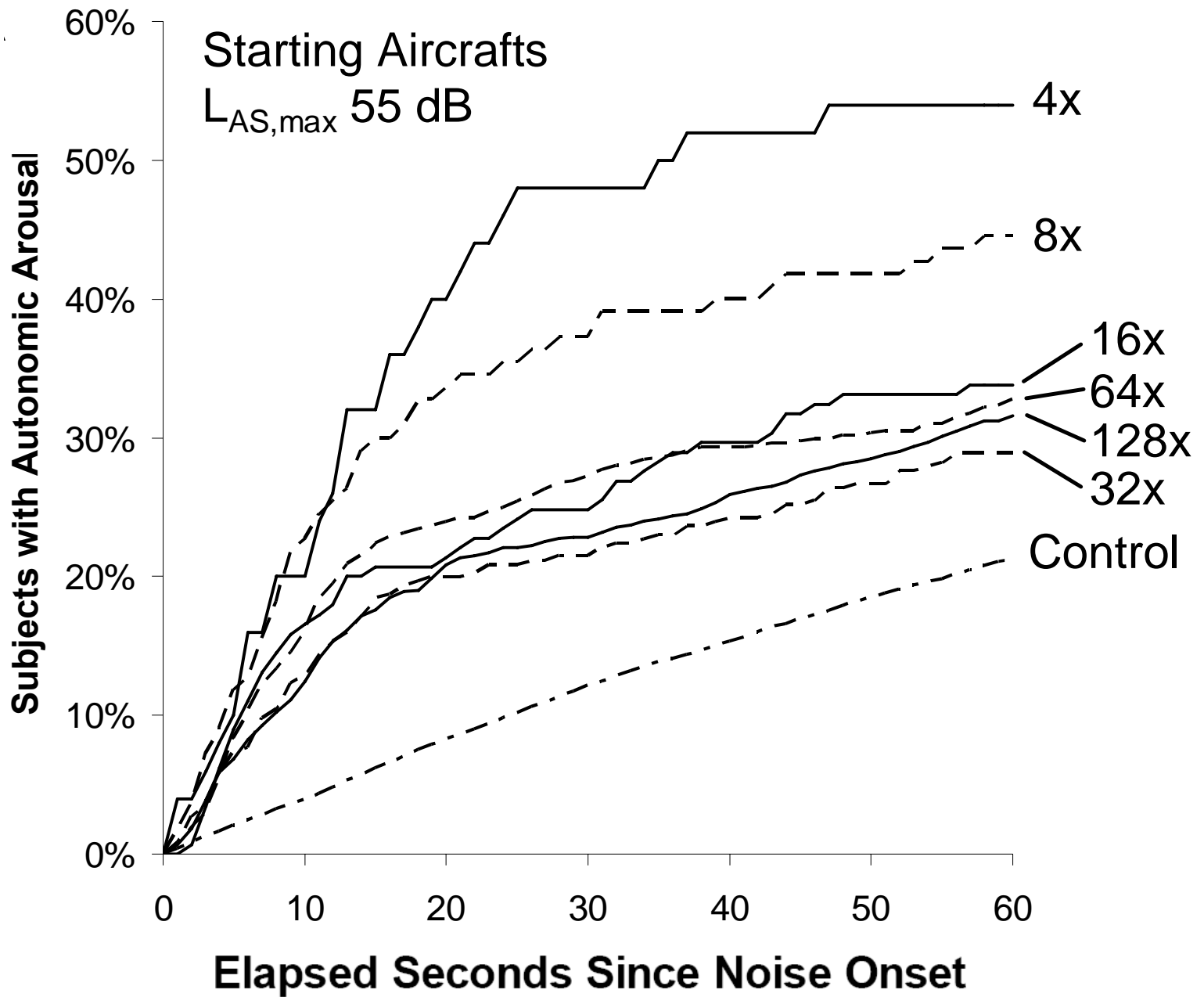
Vergleich EEG Aufwachreaktionen mit EKG-Arousals

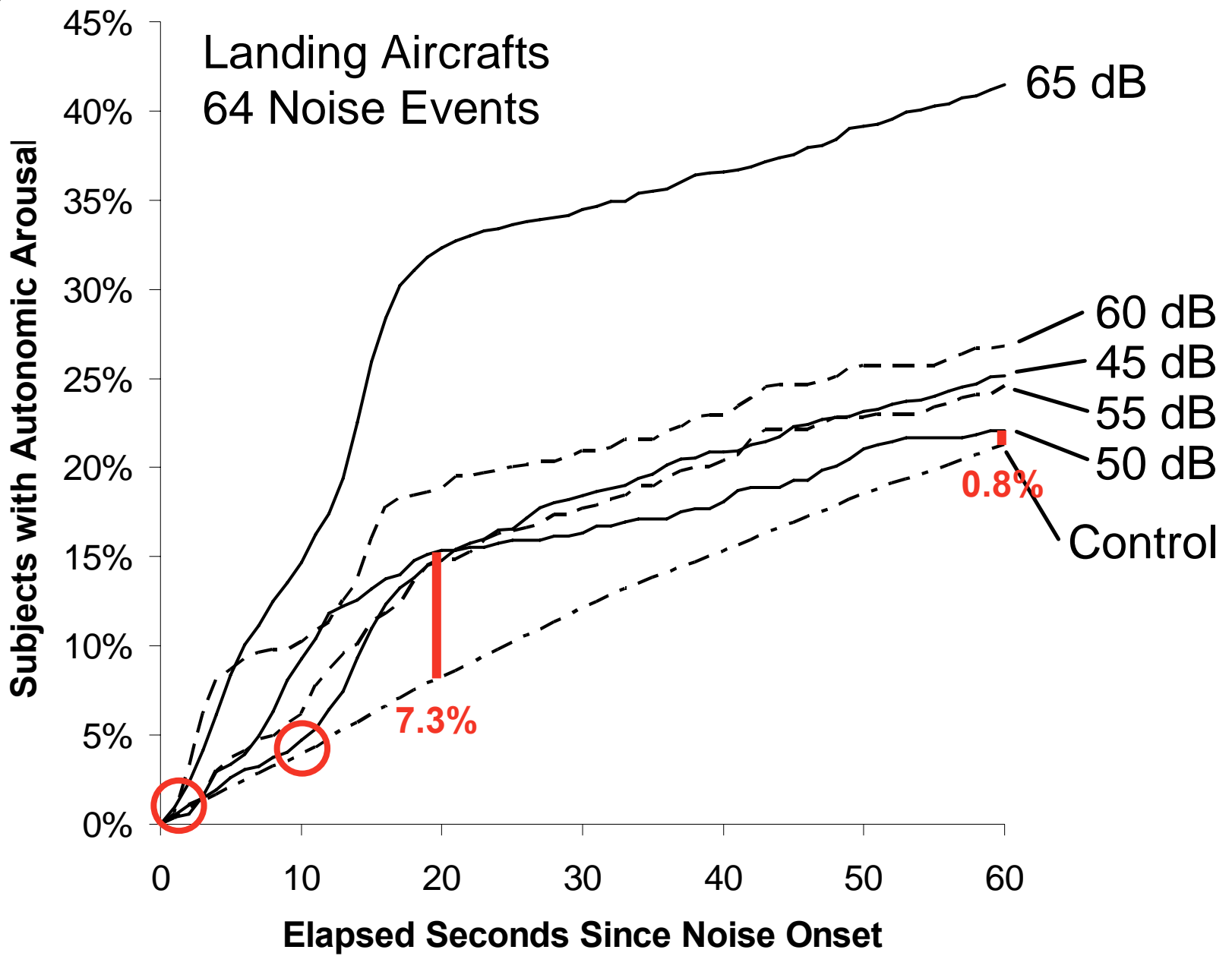
- ▶ Daten aus Fluglärm-Laborstudie STRAIN (1999-2004)
- ▶ 82 Probanden (mittleres Alter 40 Jahre, 47 Frauen)
801 Nächte
17433 Fluggeräusche mit Maximalpegeln zwischen 45 und 80 dBA
- ▶ Schlafstadienklassifikation zur Bestimmung von Aufwachreaktionen
- ▶ Automatische Bestimmung von EKG-Arousal
- ▶ Ereigniskorrelierte Auswertung
 - Lärmfenster: 60 s (2 Epochen) nach Lärmbeginn
 - Berechnung von P_{beob} , P_{spontan} , P_{zusatz} und P_{induz}
- ▶ Systematischer Vergleich von Aufwachreaktionen und EKG-Arousals

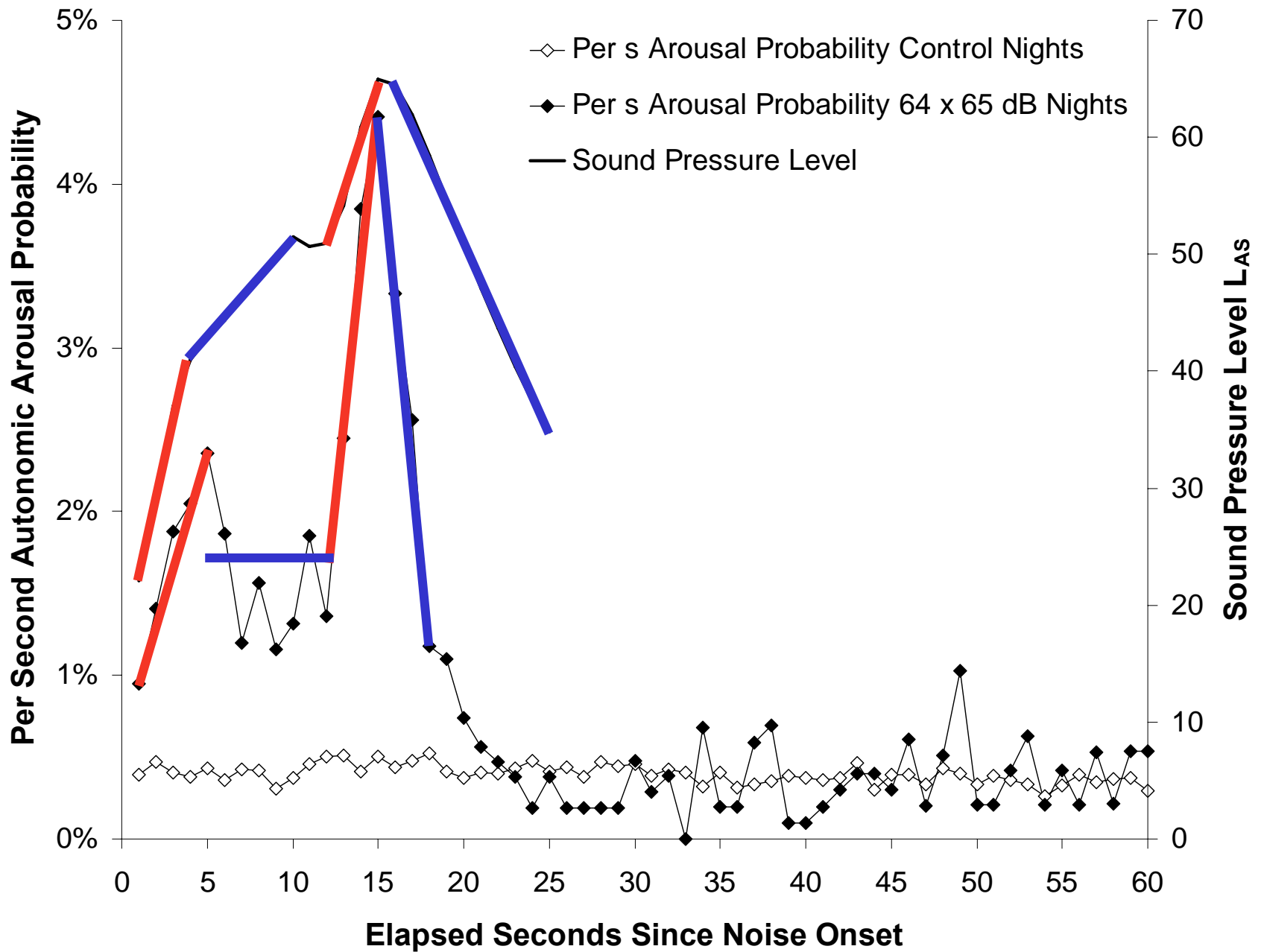












Schlussfolgerungen

- ▶ Uns gelang die Entwicklung eines automatischen Algorithmus zur Erkennung von mit EEG Arousals assoziierten EKG-Beschleunigungen.
- ▶ Ein Großteil der EEG-Arousal wird erkannt, die Sensitivität für kürzere EEG-Arousal ist aber noch zu gering.
- ▶ Ein systematischer Vergleich zwischen EEG Aufwachreaktionen und EKG-Arousals legt nahe, EKG-Arousal in Zukunft in Feldstudien als Surrogat für EEG Aufwachreaktionen einzusetzen.
- ▶ Eine weitere Validierung im Feld und bezüglich inter-individueller Unterschiede in der Vorhersagegenauigkeit ist nötig.
- ▶ Des weiteren muss der EKG-Algorithmus für klinische Populationen validiert werden.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



www.dlr.de/vinesh



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft