

# Hirnforschung meets Web Design

Wie sich die Blicke von Nutzern über Webseiten mittels neuro-technologischer Methoden vorhersagen und optimieren lassen

Prof. Dr. Peter König

Direktor des Instituts für  
Kognitionswissenschaft  
Universität Osnabrück

Scientific Director  
WhiteMatter Labs GmbH

1

## Universität & Spin-off



2

## 1. Universität: Aufmerksamkeit erforschen



Wir setzen vielfältige Methoden ein,  
um Aspekte der Aufmerksamkeit zu untersuchen.

3

## Was ist Aufmerksamkeit?



William James war amerikanischer Psychologe und Philosoph, von 1878 bis 1902 Professor an der Harvard-Universität und Autor bahnbrechender Arbeiten.

[1890] Everyone knows what attention is. It is the taking possession of the mind, in clear and vivid form, of one out of what seem several simultaneous possible objects or trains of thought. Focalization, concentration of consciousness are of its essence. It implies withdrawal from some things in order to deal effectively with others, and is a condition which has a real opposite in the confused, dazed, scatterbrained state...



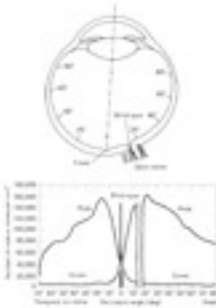
Wir bewegen die Augen und andere Sinnesorgane, um selektiv Signale aus der Umwelt aufzunehmen und zu verarbeiten.

Dies wird bei Suchaufgaben wie „Wo ist Wado?“ besonders deutlich. Wir suchen mit Augenbewegungen systematisch das gesamte Bild ab.

Die Messung von Augenbewegungen ist ein exquisites Maß zur Bestimmung von Aufmerksamkeit.

4

## Warum bewegen wir die Augen?

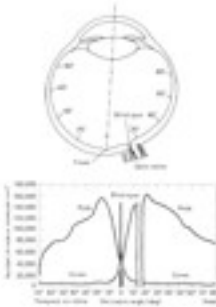


Die Dichte der Zapfen auf der Netzhaut - verantwortlich für das Tagessehen oder auch photopisches Sehen - nimmt nach außen drastisch ab. Deshalb ist die Sehschärfe bei höherer Exzentrizität deutlich schlechter als an der Stelle des schärfsten Sehens. Der subjektive Eindruck - das gesamte Gesichtsfeld mit konstanter Auflösung wahrzunehmen - ist eine Illusion.

Was wir nicht direkt fixieren, sehen wir mit deutlich schlechterer räumlicher Auflösung.

5

## Warum bewegen wir die Augen?



Die Dichte der Zapfen auf der Netzhaut - verantwortlich für das Tagessehen oder auch photopisches Sehen - nimmt nach außen drastisch ab. Deshalb ist die Sehschärfe bei höherer Exzentrizität deutlich schlechter als an der Stelle des schärfsten Sehens. Der subjektive Eindruck - das gesamte Gesichtsfeld mit konstanter Auflösung wahrzunehmen - ist eine Illusion.

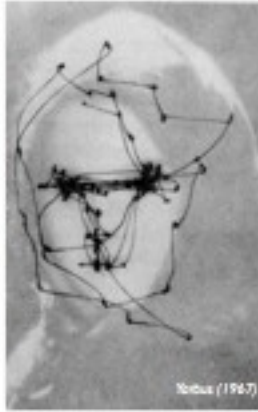
Was wir nicht direkt fixieren, sehen wir mit deutlich schlechterer räumlicher Auflösung.

5

## Messung von Augenbewegungen

Wir machen in unserem Leben etwa 7.000.000.000 Augenbewegungen. Rechts ist eine klassische Studie von Yarbus (1967) dargestellt. Betrachter des Bildes fixieren charakteristische Orte des Gesichts und Haars.

Die meisten Studien befassen sich mit stark abstrahierten künstlichen visuellen Stimuli. Das Interesse an Studien mit natürlichen Stimuli hat in den letzten Jahren rapide zugenommen.



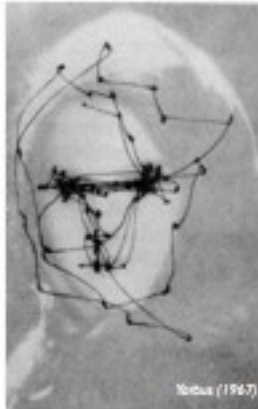
Wir können Augenbewegungen unter wirklich natürlichen Bedingungen messen.

6

## Messung von Augenbewegungen

Wir machen in unserem Leben etwa 7.000.000.000 Augenbewegungen. Rechts ist eine klassische Studie von Yarbus (1967) dargestellt. Betrachter des Bildes fixieren charakteristische Orte des Gesichts und Haars.

Die meisten Studien befassen sich mit stark abstrahierten künstlichen visuellen Stimuli. Das Interesse an Studien mit natürlichen Stimuli hat in den letzten Jahren rapide zugenommen.



Wir können Augenbewegungen unter wirklich natürlichen Bedingungen messen.

6

## Augenbewegungen unterwegs



Augenbewegungen erzählen eine ganze Geschichte über die Gedanken.

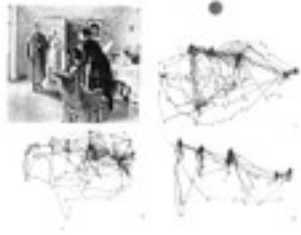
7

## Faktoren die Blickbewegungen beeinflussen

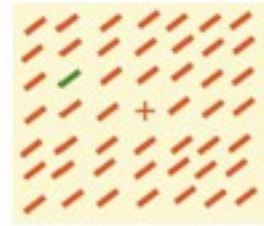
Proximity (spatial bias)



Task context (top-down)



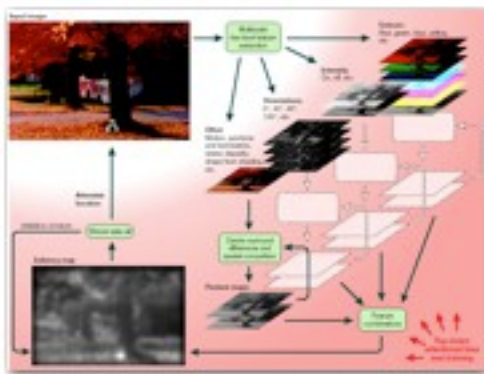
Low level features (bottom-up)



Wir brauchen Modelle die alle Faktoren berücksichtigen.

8

## Lokale Bildeigenschaften



Eine viel diskutierte Hypothese (Koch & Ullman 1985, 88 & Koch 2001) postuliert, dass das Gehirn das Bild lokal analysiert und einfache statistische Eigenschaften auswertet. Dies sind zum Beispiel die Helligkeit und Kontrast. Die Ergebnisse werden aufsummiert und bilden eine Aufmerksamkeitskarte (Salienzkarte). Diese zeigt die räumliche Verteilung der Information im Bild. Die nächste Blickbewegung wird zur Stelle des Maximums durchgeführt.

Erst seit kurzem gewinnen wir Einsicht in die Kontrolle der Augenbewegungen unter natürlichen Bedingungen.

9

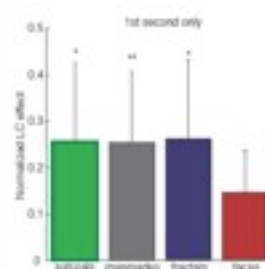
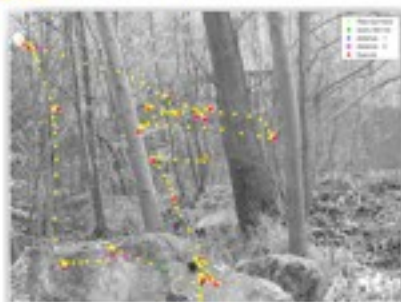
## Kontrast steuert Blicke

Erhäuser & König (2003)  
Aick et al. (2010)



Messung der Blickbewegungen: schnelle Bewegungen sind gelb markiert und Fixationspunkte rot.

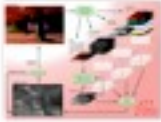
Berechnung des Kontrasts an fixierten Punkten in verschiedenen Blickklassen.



Wir finden eine systematische Erhöhung des (Helligkeits-)Kontrasts an Fixationspunkten.

10

## Mehr Bildeigenschaften



Ack et al. (2010) *Vision Res.*, Jensen et al. (2009) *J. Vis.*, Einhäuser et al. (2009a) *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, Einhäuser et al. (2009b) *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, Engmann et al. (2009) *Attention - Percept Psychophys.*, Quigley et al. (2008) *J. Eye Movement Res.*, Frey et al. (2008) *J. Vis.*, Schumann et al. (2008) *J. Vis.*, Harding et al. (2007) *WAPCV '07*, Einhäuser et al. (2007)

Network, Onat et al. (2007) *J. Vis.*, Frey et al. (2007) *Percept Psychophys.*, Moeller et al. (2007) *NeuroReport*, Sait et al. (2006) *IEEE AICCS*, Einhäuser et al. (2006) *J. Vis.*, Einhäuser et al. (2006) *Vision Res.*, Moeller et al. (2004) *Exp. Brain Res.*, Kayser et al. (2004) *Curr Opin Neurobiol.*, Betsch et al. (2004) *Soc. Cybern. Einhäuser & König (2003) Eur J Neurosci.*, Kayser et al. (2003) *Neurocomputing*

- Helligkeitskontrast
- Texturkontrast
- Farbsättigung
- Rot-grün Farbkontrast
- Blau-gelb Farbkontrast
- Bewegung
- Tiefe
- Phasensymmetrie
- Intr. Dimensionalität
- Sobel-Filter
- Farbkontraste 2<sup>nd</sup> Ordnung



Studien zur Integration von Bildeigenschaften

Durch die Untersuchung vieler verschiedener Bildeigenschaften lässt sich die Steuerung von Augenbewegungen genauer verstehen.

11

## Mehr Bildeigenschaften

### Aufmerksamkeits-signatur

Ack et al. (2010) *Vision Res.*, Jensen et al. (2009) *J. Vis.*, Einhäuser et al. (2009a) *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, Einhäuser et al. (2009b) *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, Engmann et al. (2009) *Attention - Percept Psychophys.*, Quigley et al. (2008) *J. Eye Movement Res.*, Frey et al. (2008) *J. Vis.*, Schumann et al. (2008) *J. Vis.*, Harding et al. (2007) *WAPCV '07*, Einhäuser et al. (2007)

Network, Onat et al. (2007) *J. Vis.*, Frey et al. (2007) *Percept Psychophys.*, Moeller et al. (2007) *NeuroReport*, Sait et al. (2006) *IEEE AICCS*, Einhäuser et al. (2006) *J. Vis.*, Einhäuser et al. (2006) *Vision Res.*, Moeller et al. (2004) *Exp. Brain Res.*, Kayser et al. (2004) *Curr Opin Neurobiol.*, Betsch et al. (2004) *Soc. Cybern. Einhäuser & König (2003) Eur J Neurosci.*, Kayser et al. (2003) *Neurocomputing*



Studien zur Integration von Bildeigenschaften

Durch die Untersuchung vieler verschiedener Bildeigenschaften lässt sich die Steuerung von Augenbewegungen genauer verstehen.

11

## Ein Beispiel



Eine typische Verkehrssituation morgens um 7:30 in Osnabrück.

Das Erkennen der Verkehrsschilder benötigt Aufmerksamkeit.

12

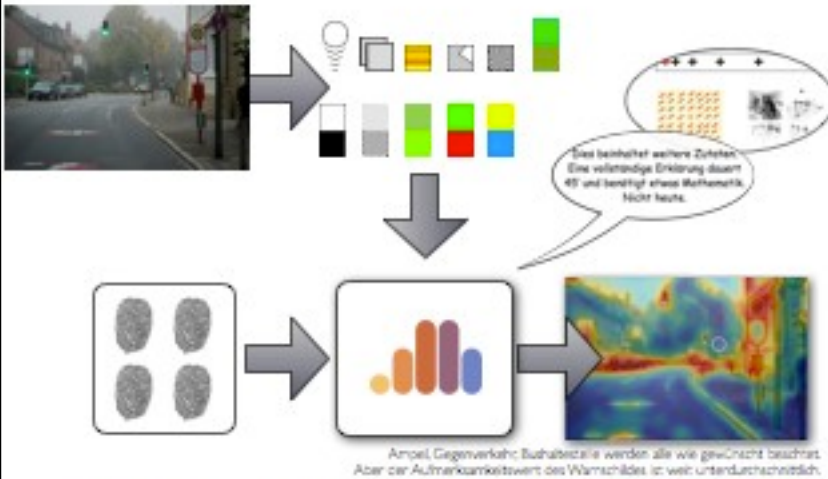
## Ein Beispiel



Das Erkennen der Verkehrsschilder benötigt Aufmerksamkeit.

12

## Was sieht man, was sieht man nicht!?

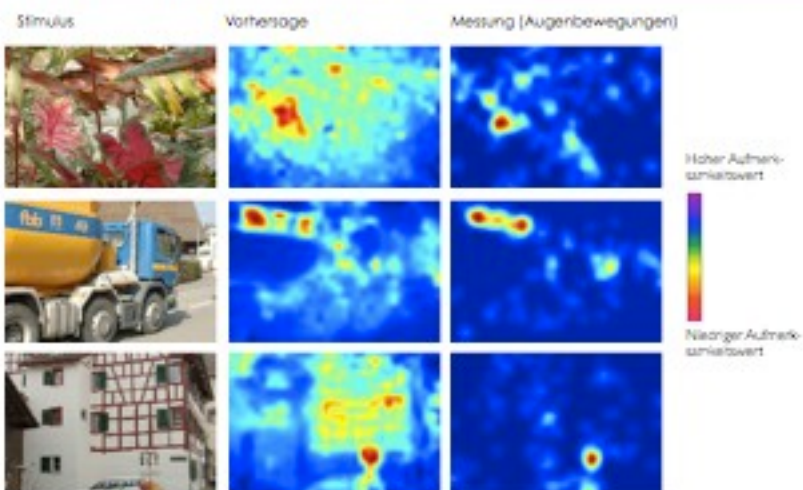


Verkehrsschilder, selbst in grellen Farben, erregen nicht immer Aufmerksamkeit.

13

## Ein Vergleich mit den Daten

Köng & Enhäuser (2010)  
Wührling et al. (in Vorbereitung)



Das Modell macht qualitativ sehr gute Vorhersagen.

14

Die Qualität der Modelle wird durch einen Index (ROC, receiver-operation characteristic) charakterisiert. 0,5 entspricht zufälligem Raten, 1,0 ist das theoretische Maximum.

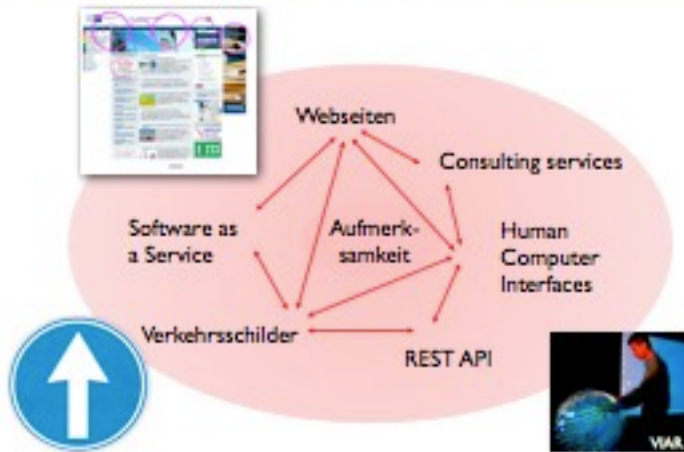
Natürliche Stimuli	0,75
Fraktale	0,79
Städte/Büro	0,75
Webseiten	0,87

In der letzten Kategorie ist das Modell so gut wie eine experimentelle Studie mit 7 Versuchspersonen.

Das Modell macht quantitativ hervorragende Vorhersagen.

15

## 2. Spin-off: Aufmerksamkeit vorhersagen



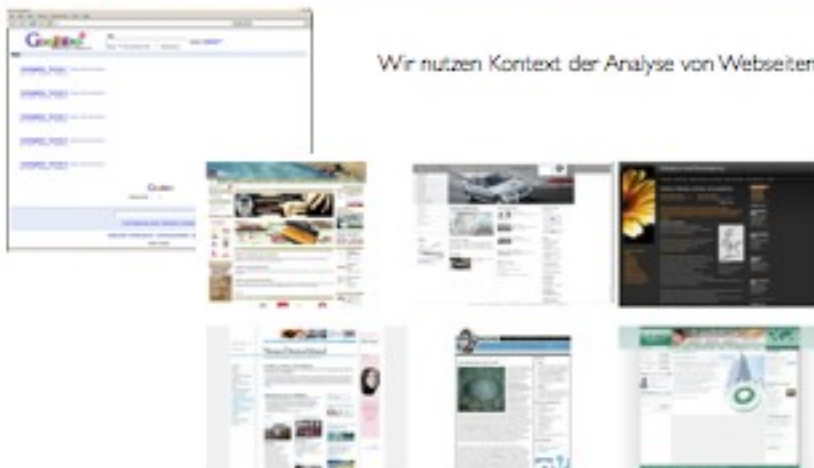
<http://eyequant.de/>

Eine Vorhersage der Aufmerksamkeit hat viele Anwendungsgebiete.

16

## Aufgaben im Web

Wir nutzen Kontext der Analyse von Webseiten



<http://eyequant.de/>

Wir simulieren typische Nutzungsmöglichkeiten des Web.

17

# Studiendesign

Betz et al. (2010)



<http://eyequant.de/>

Das Verhalten der Versuchspersonen wird in drei verschiedenen Aufgaben gemessen.

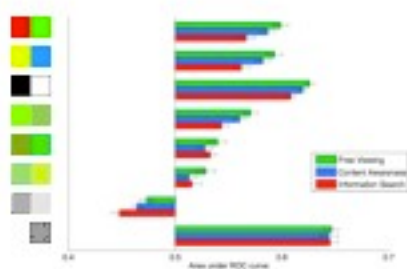
18

# Ergebnisse

Betz et al. (2010)

Im Kontext der Analyse von Webseiten - einem unserer Arbeitsschwerpunkte - zeigen wir, dass die Stärke der Korrelation verschiedener Bildmerkmale von der Aufgabe abhängt, das Muster dieser Korrelationen jedoch unverändert bleibt.

Das Diagramm zeigt die Korrelation von fixierten Bereichen mit acht verschiedenen lokalen Bildeigenschaften.



<http://eyequant.de/>

Die Vorhersage wird mit zunehmender Komplexität der Aufgabe weniger präzise, jedoch nicht systematisch falsch.

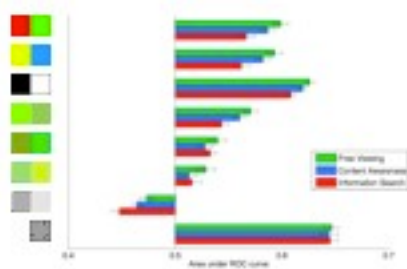
19

# Ergebnisse

Betz et al. (2010)

Im Kontext der Analyse von Webseiten - einem unserer Arbeitsschwerpunkte - zeigen wir, dass die Stärke der Korrelation verschiedener Bildmerkmale von der Aufgabe abhängt, das Muster dieser Korrelationen jedoch unverändert bleibt.

Das Diagramm zeigt die Korrelation von fixierten Bereichen mit acht verschiedenen lokalen Bildeigenschaften.



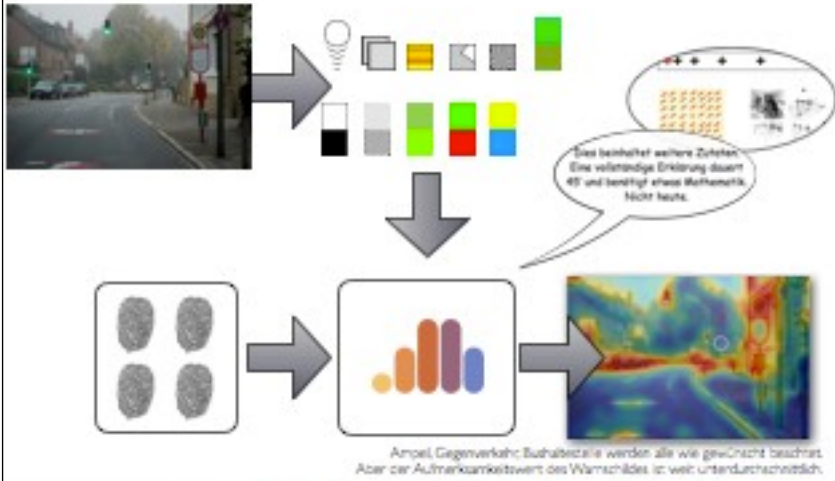
<http://eyequant.de/>

Die Vorhersage wird mit zunehmender Komplexität der Aufgabe weniger präzise, jedoch nicht systematisch falsch.

19



## Was sieht man, was sieht man nicht!?



Ampel Gegenverkehr; Bushaltestelle werden alle wie gewohnt beachtet. Aber der Aufmerksamkeitswert des Warnschildes ist weit unterdurchschnittlich.

Das Erkennen der Verkehrsschilder benötigt Aufmerksamkeit.

20

## Was sieht man, was sieht man nicht!?

**EYEQUANT**  
ATTENTION ANALYTICS

Das Erkennen der Verkehrsschilder benötigt Aufmerksamkeit.

20

## Ein Spin-Off braucht Förderung

Höring et al. (2009)  
Steger et al. (2008)



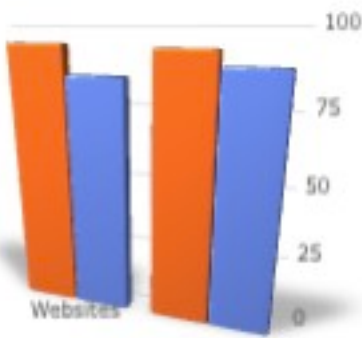
- Junge gesunde Studenten
- Kindergartenkinder (4-5 Jahre)
- Schüler (12-14 Jahre)
- Erwachsene (30-55 Jahre)
- Senioren (65+ Jahre)
- Farbenblinde
- insgesamt > 500 Versuchspersonen
- Web-basierte Plattform
- Werkzeuge für detaillierte Analyse
- Spin-off Anfang '09

<http://eyequant.de/>

<http://whitematter.de/>

21

Eye-Tracking EyeQuant



In einer unabhängigen Studie wurden die Vorhersagen der Blickbewegungen validiert:

Wie gut sagen die Ergebnisse einer experimentellen Studie die Ergebnisse einer anderen voraus? Wie gut sagt das EyeQuant Modell die Ergebnisse voraus?

EyeQuant ergibt auf Landing Pages **94%** der Vorhersagekraft einer experimentellen Studie. Auf beliebigen Webseiten sind es **88%**.

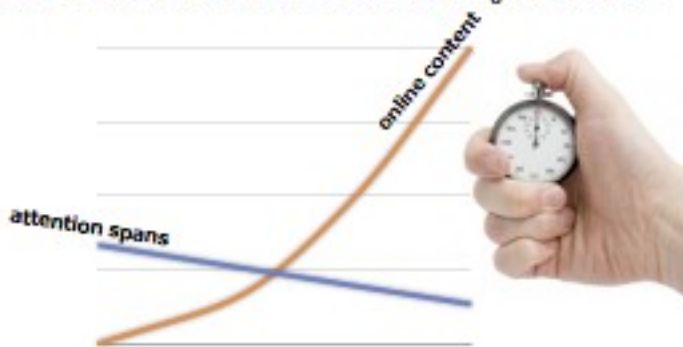
<http://eyequant.de/>

<http://whitematter.de/>

22

## Geschwindigkeit ist alles

Mit dem rapiden Wachstum von Internetinhalten bleiben nur noch Sekunden den Benutzer zu überzeugen und zu binden.



Die ersten Fixationen entscheiden darüber welche Inhalte wahrgenommen werden. Die Konkurrenz ist nur einen Klick entfernt.

23

## Ein Fallbeispiel

eXplido  
WebMarketing



<http://eyequant.de/>

24

## Optimierung des Webdesigns

Vorher



Nachher



<http://eyequant.de/>

25

## Analyse der Blickbewegungen



<http://eyequant.de/>

26

## Aufmerksamkeitswert der wichtigen Komponenten

Vorher



Nachher



Region	ROI (vorher)	ROI (nachher)	Differenz
Logo / Brand	63%	158%	+95%
Call-To-Action	15%	84%	+69%
Referenzen	36%	83%	+45%
Copy-Text	47%	75%	+28%
Vorteilsliste	7%	26%	+19%
Headline	93%	108%	+13%
Image	66%	77%	+11%

<http://eyequant.de/>

27

## Ergebnisse des Optimierungsprozess



Die ersten Fixationen entscheiden darüber welche Inhalte wahrgenommen werden.  
Die Konkurrenz ist nur einen Klick entfernt.

28

## Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

1. Die Untersuchungen haben zu einem sehr guten Verständnis der Aufmerksamkeit geführt. Dies äußert sich in Modellen mit ausgezeichneter Vorhersagequalität.
2. Diese Modelle lassen sich effektiv und gezielt einsetzen, um die Webseiten zu optimieren.



**EYEQUANT**  
ATTENTION ANALYTICS

<http://eyequant.de/>

29