

Blut- und Atemalkohol- Messungen im statistischen Vergleich

von
Prof. Dr. Andreas Slemeyer

Datenbasis

Generelle Fragestellungen

- ◆ Vergleich des AAK-Ergebnisses mit zeitnahe BAK-Wert
- ◆ Gewinnung von Vergleichswerten BAK/AAK im strafprozessualen Bereich, d.h. für $AAK > 0,55 \text{ mg/l}$ (in Trinkversuchen kaum erreichbar)

Quellen

- ◆ Rückläufe aus den Bundesländern
- ◆ Zeitraum: 1. Jahreshälfte 2000, überwiegend 2. Quartal

Umfang

- ◆ Erhebungsbogen mit Fragen nach Zeiten und Messergebnissen für Vortest, beweisfähigen Test und Blutentnahme und -analyse.
- ◆ Zusätzlich Abfrage aller Messwerte lt. Druckerprotokoll Alcotest 7110

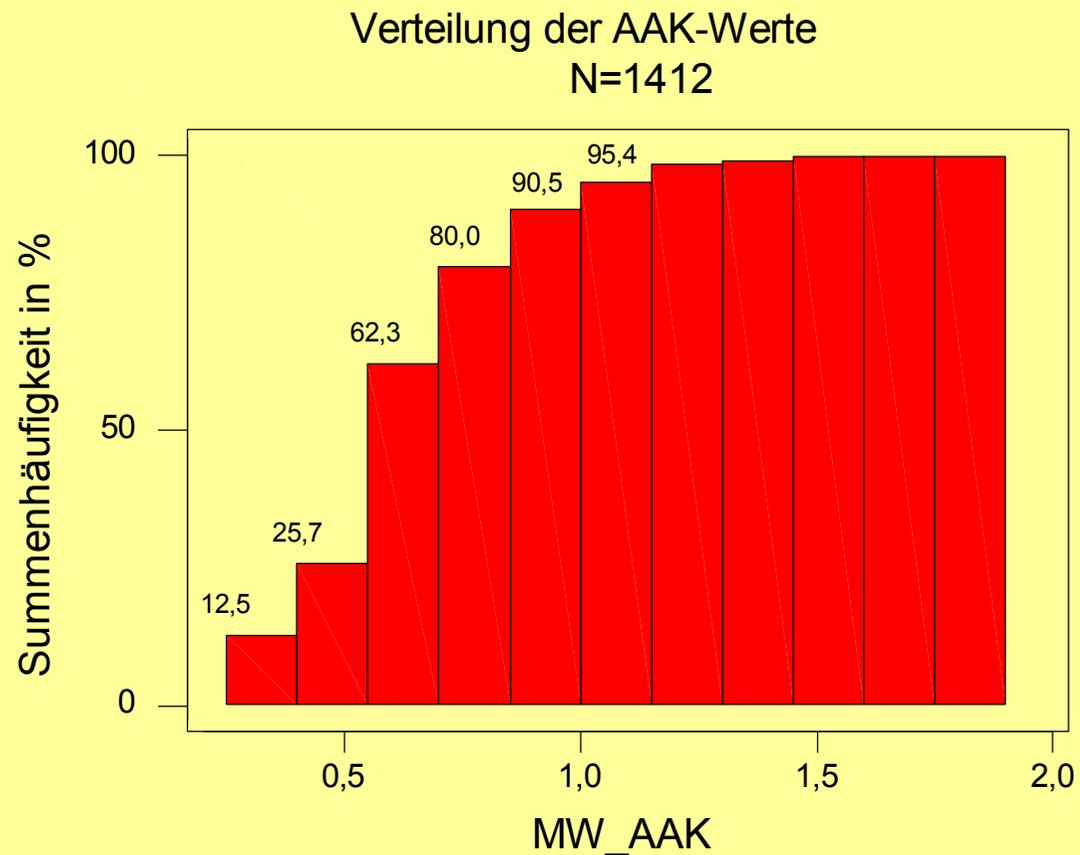
Informationen zu den Messdaten

Abkürzungen: **BAK** Blutalkoholkonzentration
AAK Atemalkoholkonzentration
GC Gaschromatografie (Blutalkoholanalyse)
ADH Alkoholdehydrogenase (Blutalkoholanalyse)

Messgröße	Bedingung	Anzahl
BAK/AAK	Zeitdifferenz $<\pm 45$ Min.	1168
	Zeitdifferenz $<\pm 30$ Min.	923
	Zeitdifferenz $<\pm 15$ Min.	436
GC, ADH		1266
AAK1, AAK2		1412

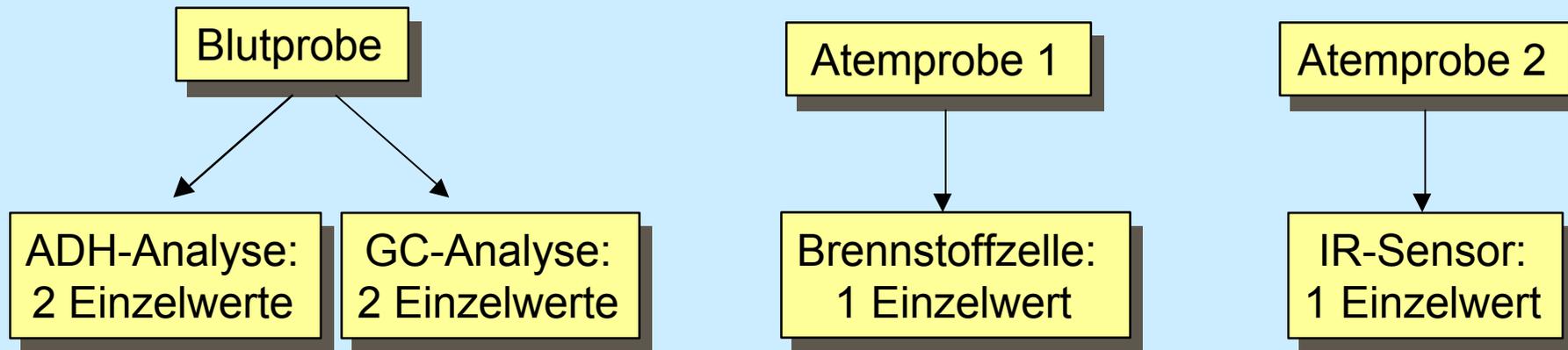
Hinweis: BAK-Werte zwischen 0,2 und 3,6 ‰ (!)

Häufigkeitsverteilung der AAK-Werte



Kommentar:
Fast 75 % aller AAK-Werte über 0,55 mg/l (in Trinkversuchen nicht erreichbar)

Abweichungen bei Blut- und Atemalkohol-Analyse



Abweichungsarten

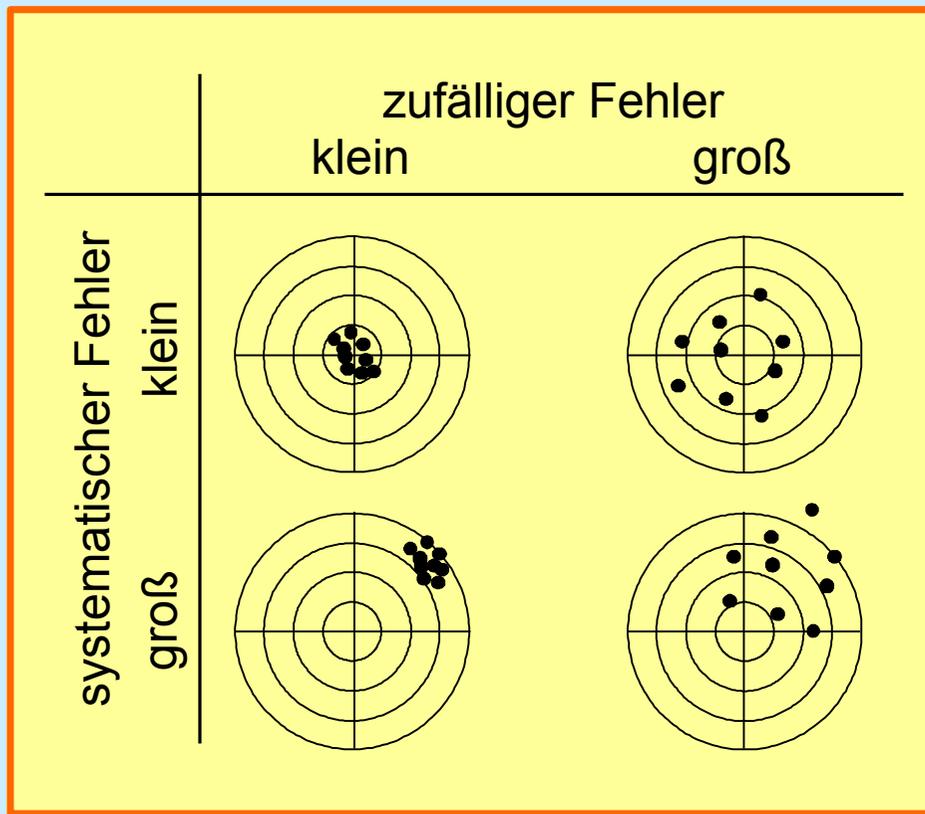
- ◆ systematische Abweichungen → Messrichtigkeit
- ◆ zufällige Abweichungen → Präzision, Wiederholungsgenauigkeit

Vergleich BAK/AAK

- ◆ Im Wesentlichen bestimmt durch Abweichungen in der Kalibrierung und physiologische Einflussgrößen

Systematische und zufällige Abweichungen

Beispiel: Schussbild



Allgemeine Vorgehensweise zur Reduzierung von Abweichungen

- ◆ Analysenverfahren so gestalten, dass der zufällige Fehler erheblich geringer ist als der systematische.

Plausibilitätsprüfung auf Messrichtigkeit:

- ◆ Verwendung mehrerer unabhängiger Verfahren
- ◆ Kontrolle der Streubreite der Einzelwerte

Vorgaben für BAK

Basis: Gutachten BGA bzw. BGH-Entscheidung (zuletzt 1999):

- ◆ Qualitätsprüfung durch Kontrolle der Streubreite (Max. -Min.):

BAK < 1,0 ‰	max. 0,1 ‰
BAK ≥ 1,0 ‰	max. 10 % vom Mittelwert
- ◆ Teilnahme an Ringversuchen

Vorgaben für AAK

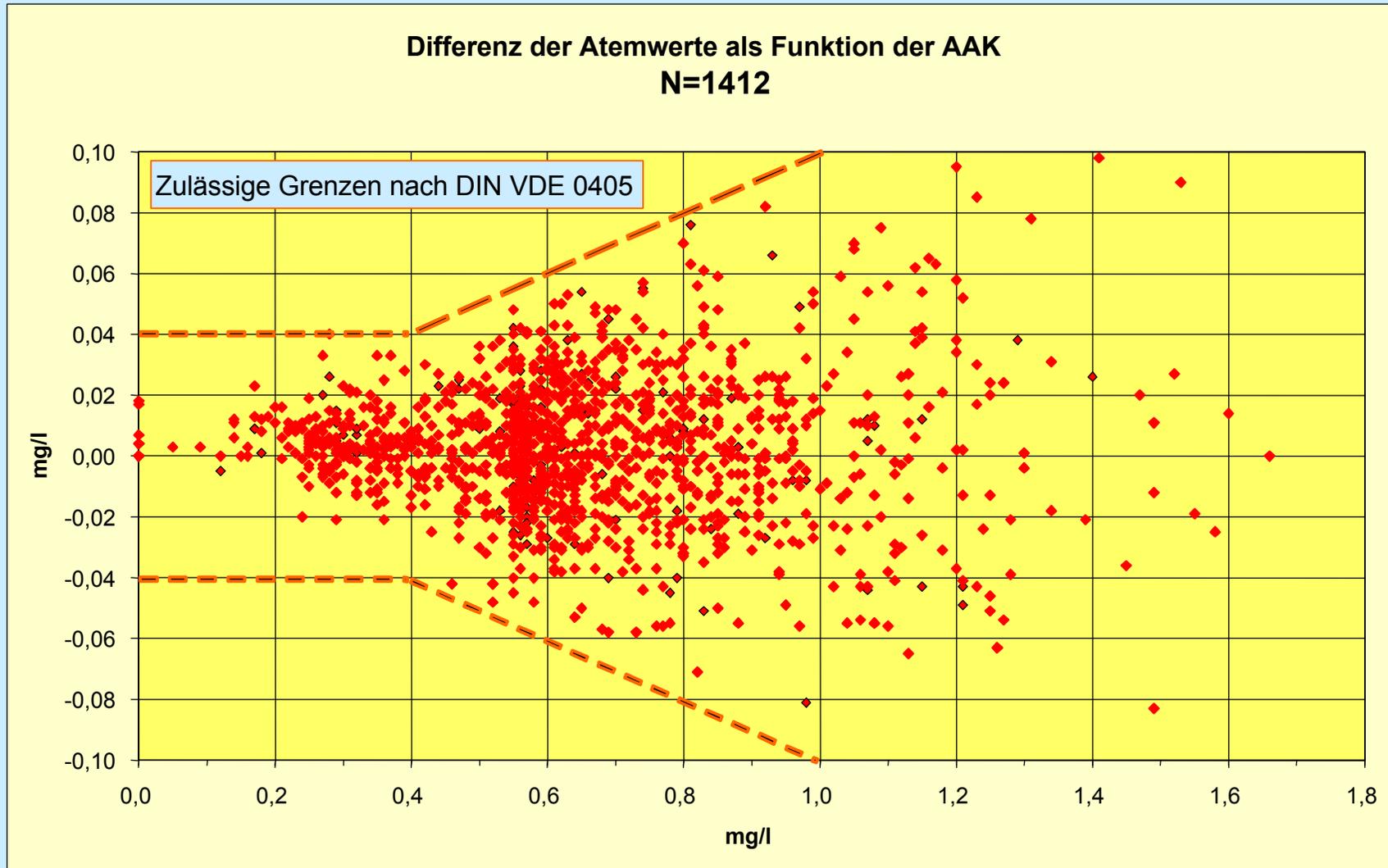
Basis: DIN VDE 0405 Teil 1 bis 4 sowie Eichgesetz

- ◆ Eichfehlergrenzen:

AAK < 0,40 mg/l	± 0,02 mg/l
AAK ≥ 0,40 mg/l	± 10 %
- ◆ Streubreite:

AAK < 0,40 mg/l	max. 0,04 mg/l
AAK ≥ 0,40 mg/l	max. 10 % vom Mittelwert

Differenz der AAK-Werte: Abhängigkeit von der Konzentration



Vergleich der analysetechnischen Qualität

Besonderheiten der jeweiligen Methoden

- ◆ Ergebnis der **Atemalkoholanalyse** basiert auf zwei unabhängigen Atemproben, analysiert nach zwei unabhängigen Methoden mit je 1 Einzelwert
- ◆ Ergebnis der **Blutalkoholanalyse** basiert auf einer homogenen Blutprobe, analysiert nach zwei unabhängigen Methoden mit je zwei Einzelwerten

Was unterscheidet die AAK von der BAK?

- Messrichtigkeit durch Bauartzulassung und Eichung garantiert
- 2 unabhängig gewonnene Proben
(bedeutet aus statistischer Sicht: 1 zusätzlicher Freiheitsgrad)

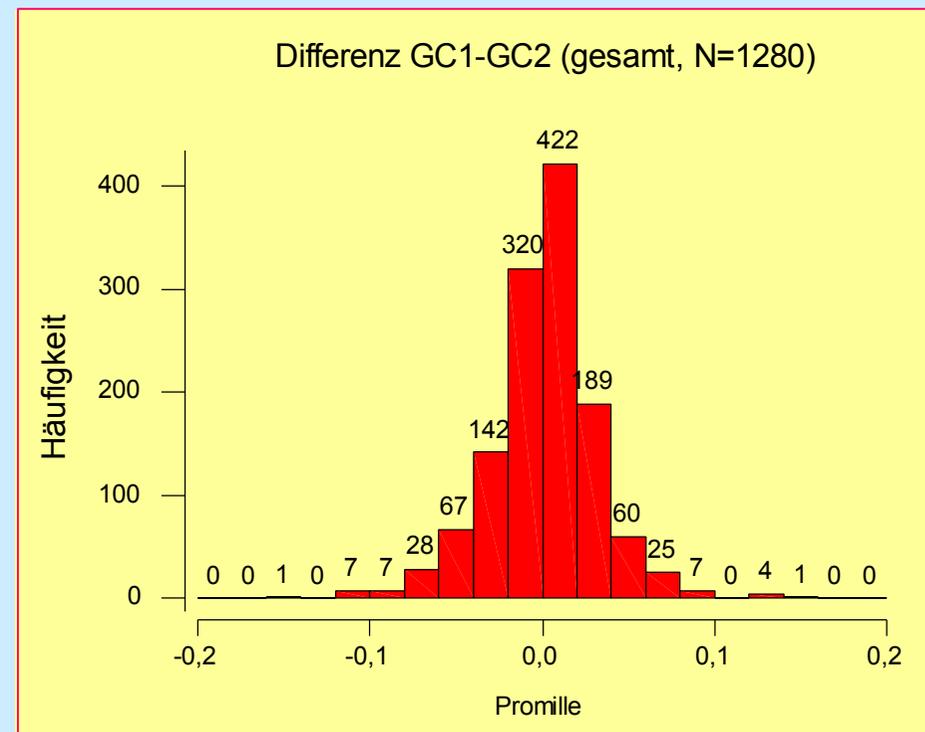
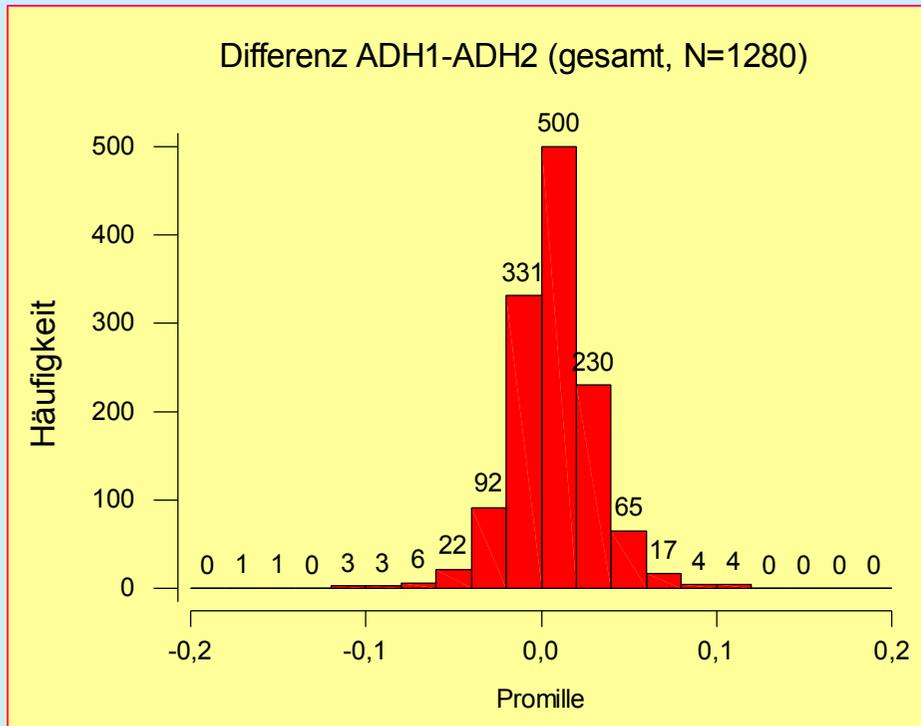
Kriterien für den statistischen Vergleich

- ◆ **Differenz** der Ergebnisse der beiden Analysenverfahren
(für Blut- bzw. Atemalkoholanalyse nur getrennt möglich)
- ◆ **Varianz**
Maß für die Streuung der Messwerte um den Mittelwert. Entspricht der mittleren quadratischen Abweichung der Einzelwerte vom Mittelwert.
- ◆ **Standardabweichung**
Positive Quadratwurzel aus der Varianz
- ◆ **Variationskoeffizient**
Relative Standardabweichung. Ermöglicht den Vergleich mit anderen Messwerten unterschiedlichen Mittelwertes.
- ◆ **Bestimmtheitsmaß R^2**
Maß für die Qualität des statistischen Zusammenhangs zwischen zwei Größen, hier BAK und AAK.
 $R^2 = 1$ → fester, beschreibbarer Zusammenhang gegeben (ideal)
 $R^2 = 0$ → kein statistischer Zusammenhang gegeben

BAK-Analyse: Vergleich von ADH und GC

ADH

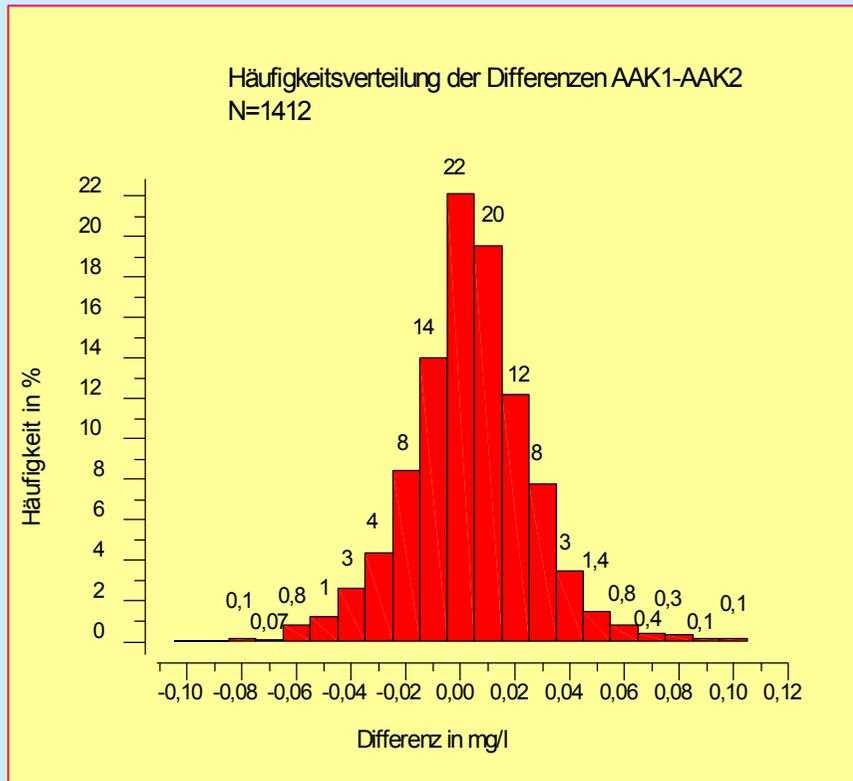
GC



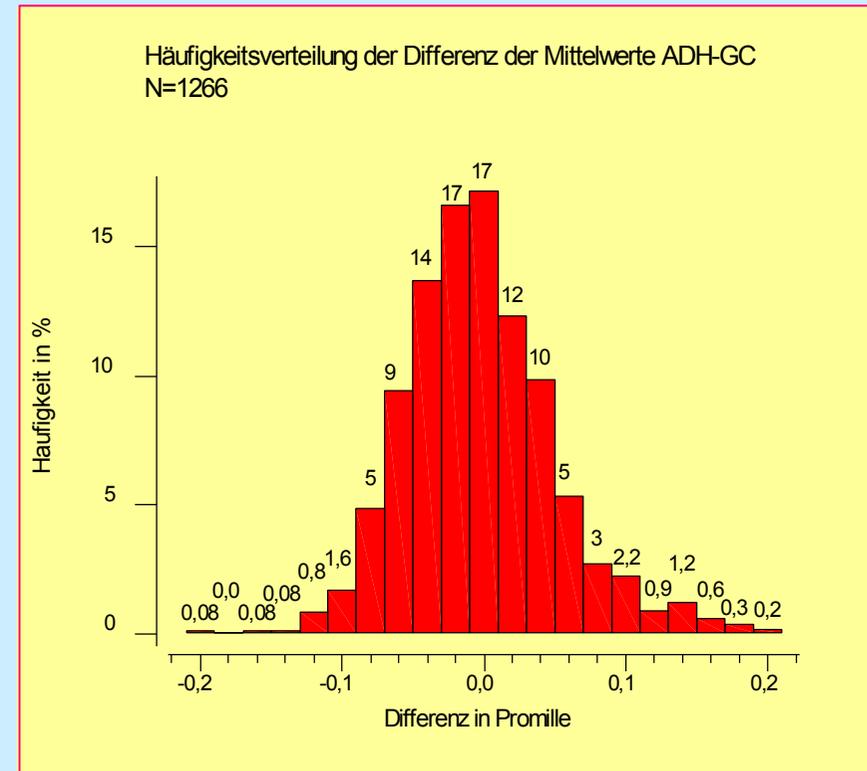
Streubreite sowie Standardabweichung bei GC größer als bei ADH !

AAK und BAK: Differenz der Verfahren

Atemalkohol



Blutalkohol



Streubreite sowie mittlere Standardabweichung bei Atemalkohol geringer als bei Blutalkohol!

Vergleich der Einzelanalysenverfahren: Standardabweichung

	ADH ‰	GC ‰	BAK ‰	AAK•2,1 ‰	AAK mg/l
gesamt	0,012	0,016	0,029	0,025	0,012
BAK < 1,1‰ bzw. AAK < 0,55 mg/l	0,008	0,009	0,020	0,015	0,007
BAK ≥ 1,1 bzw. AAK ≥ 0,55 mg/l	0,013	0,017	0,031	0,029	0,014

Bewertung

- ◆ Standardabweichung bei GC **größer** als bei ADH
- ◆ Standardabweichung von AAKx2,1 **geringer** als von BAK
(trotz Mittelwertbildung bei GC und ADH aus je 2 Einzelwerten)
- ◆ Standardabweichung steigt mit Konzentration
→ Betrachtung des **Variationskoeffizienten** besser!

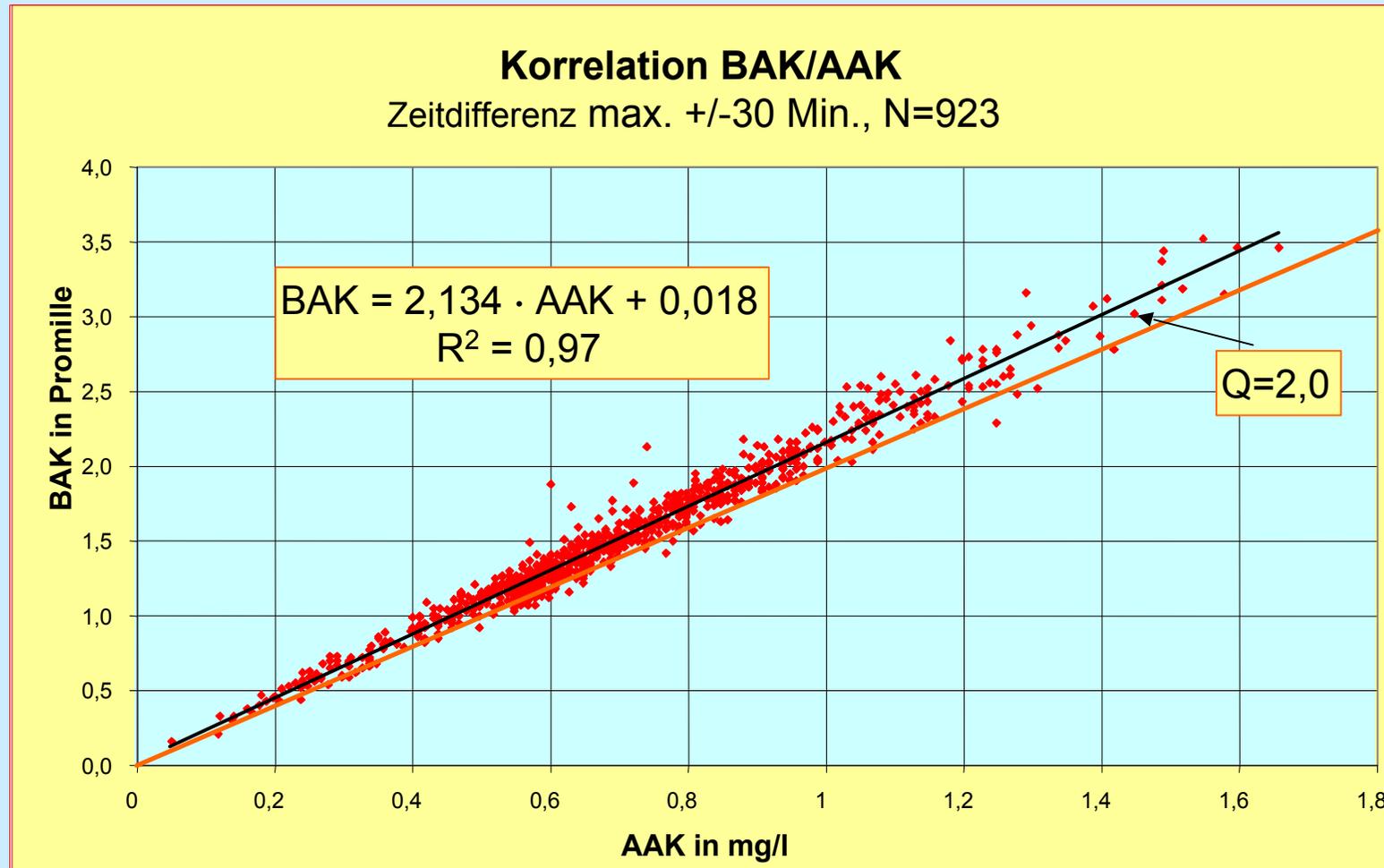
Variationskoeffizient

Vergleich der Variationskoeffizienten von BAK und AAK

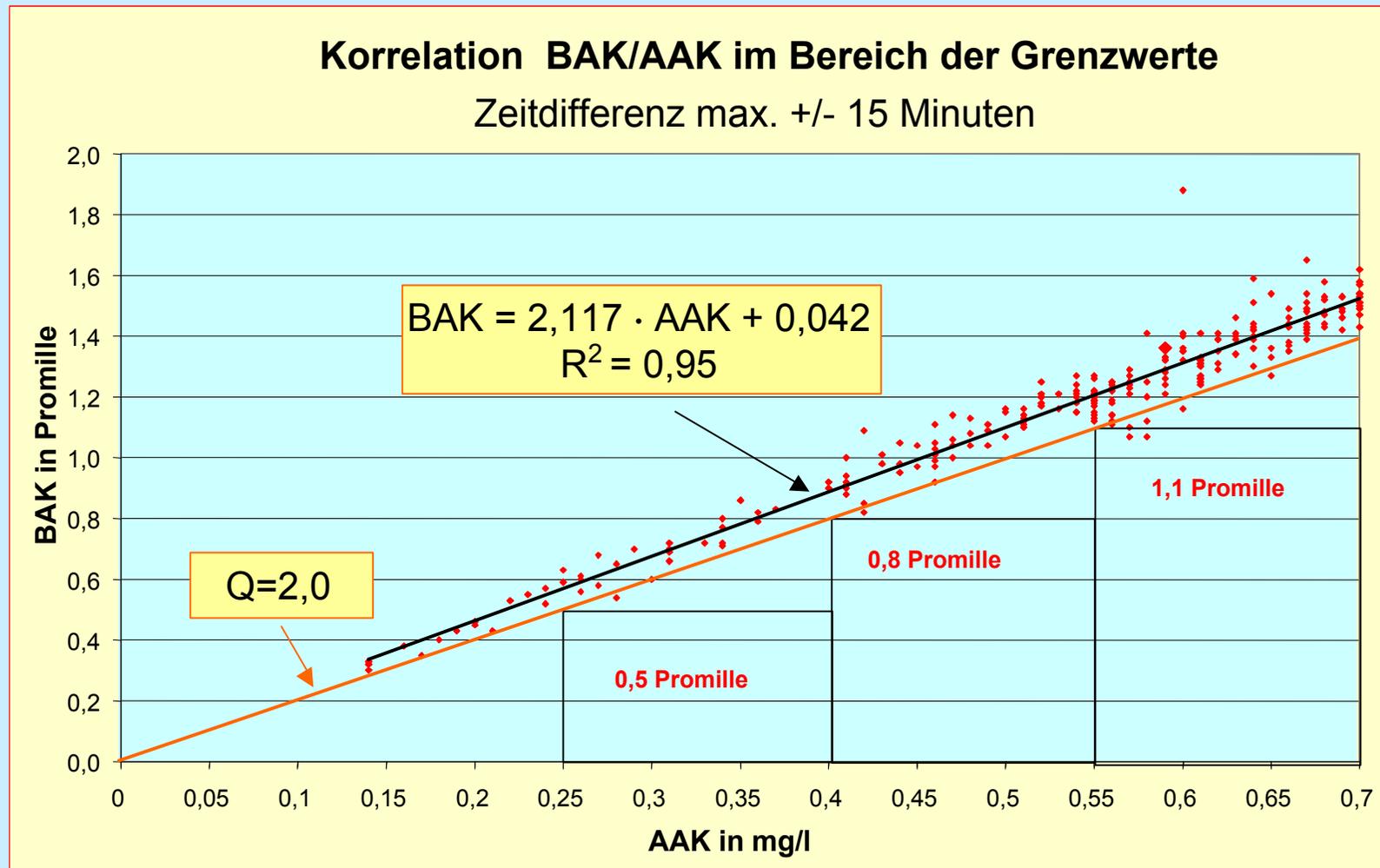
- ◆ **Ursache für Streuungen**
 hauptsächlich Abweichungen bezüglich Messrichtigkeit (Blutanalyse)
 bzw. Variation in der Probenzusammensetzung (Atemanalyse)
- ◆ **Berechnung**
 Variationskoeffizient berechnet aus der Standardabweichung der Einzelwerte, bezogen auf den jeweiligen Mittelwert

	v_{BAK}	v_{AAK}
Alle Konzentrationen	2,01 %	1,86 %
BAK < 1,1 ‰ bzw. AAK < 0,55 mg/l	2,57 %	1,94 %
BAK ≥ 1,1 ‰ bzw. AAK ≥ 0,55 mg/l	1,89 %	1,88 %

Vergleich BAK-AAK: Regression (gesamt)



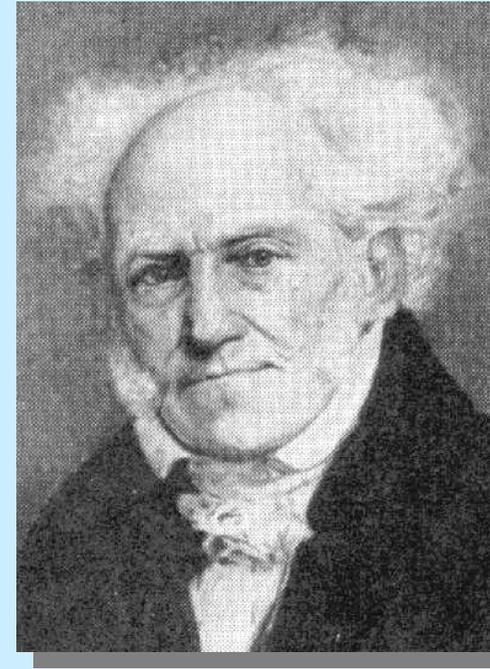
BAK/AAK im Bereich der Grenzwerte: $\Delta t \leq \pm 15$ min



Arthur Schopenhauer

„Où le calcul commence,
l'intelligence des
phénomènes cesse.“

„Wer nur Zahlen im Kopf
hat, kann den wahren
Dingen nicht auf die
Spur kommen.“



1788-1860

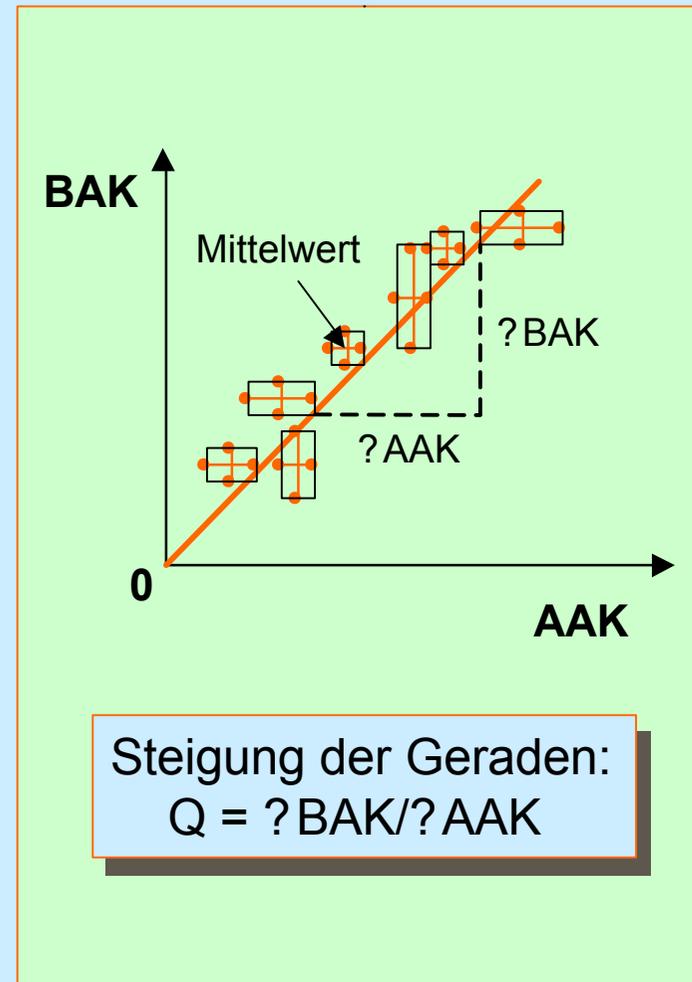
Definition des Quotienten BAK/AAK

Bedeutung

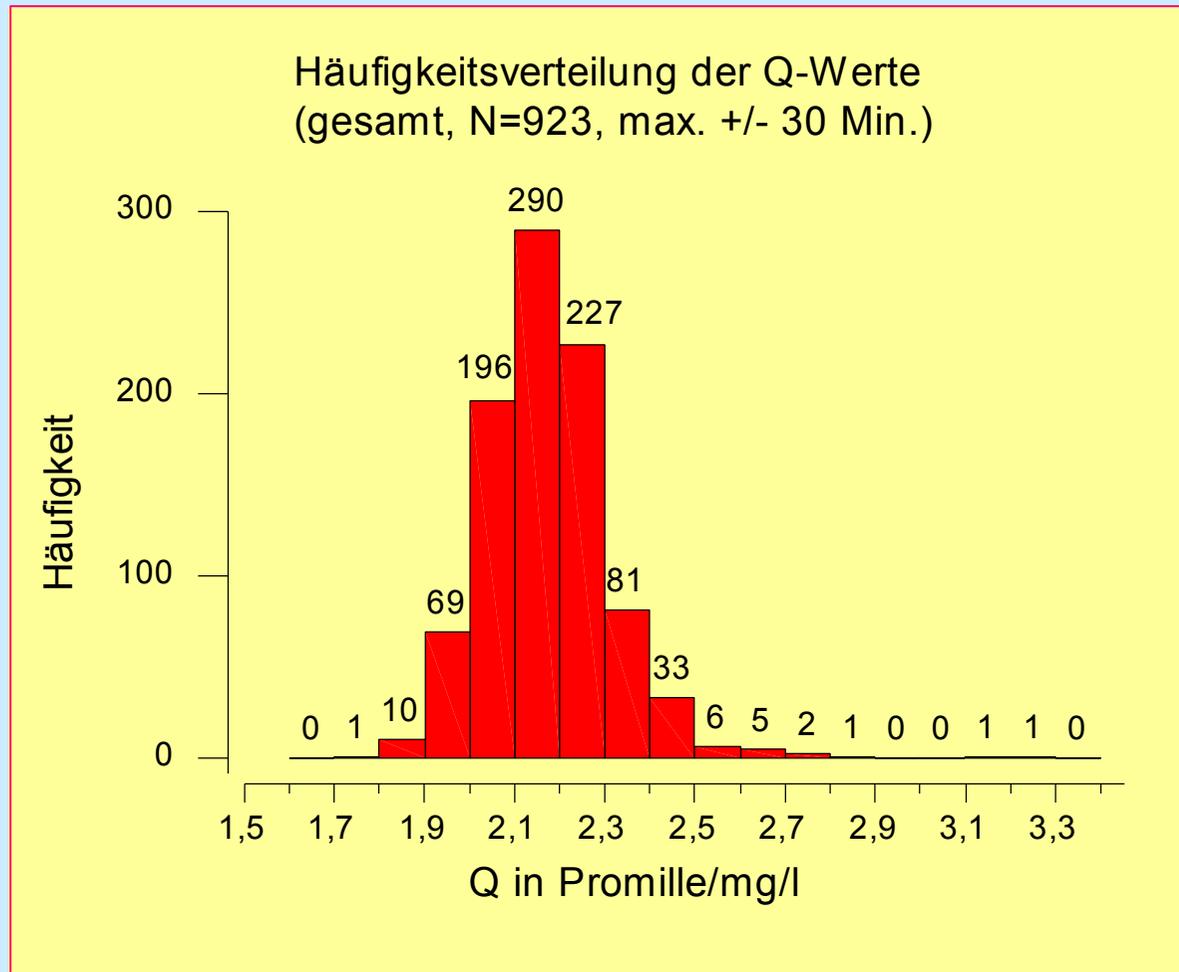
- ◆ Ermöglicht eine statistische Beschreibung des Zusammenhangs zwischen AAK und BAK
- ◆ Wegen verschiedener Einflussgrößen keine allgemeingültige Konvertierung von BAK nach AAK oder umgekehrt möglich

Wesentliche Einflussgrößen

- ◆ Kalibrierung der jeweiligen Messverfahren
- ◆ arterio-venöse Differenz
- ◆ Umrechnung von Serum auf Vollblut
- ◆ Hämatokritwert
- ◆ Perfusion
- ◆ Art der Ventilation vor und während der Probenabgabe

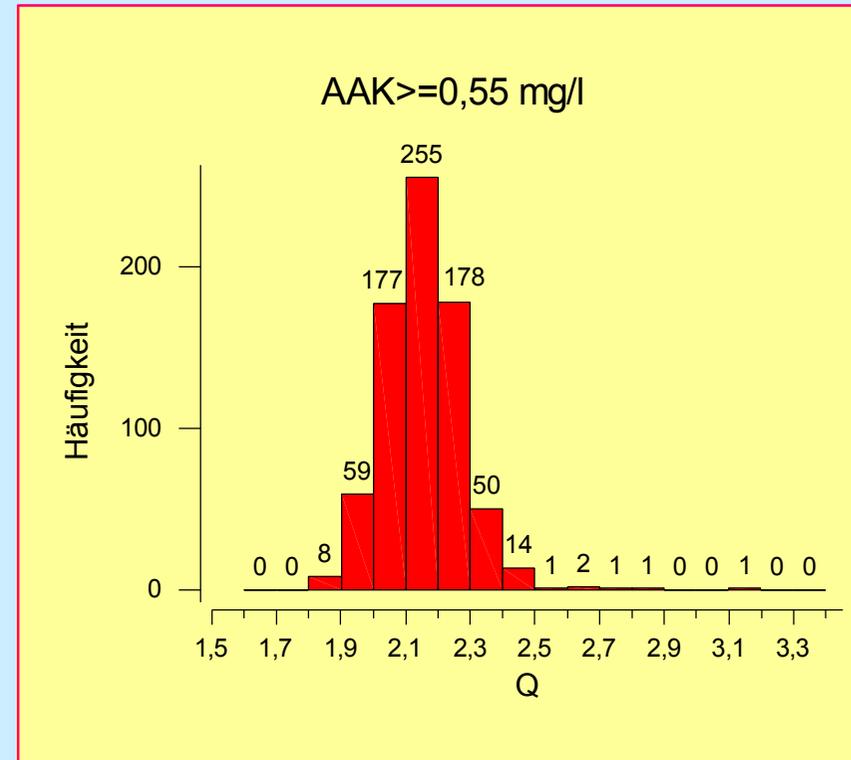
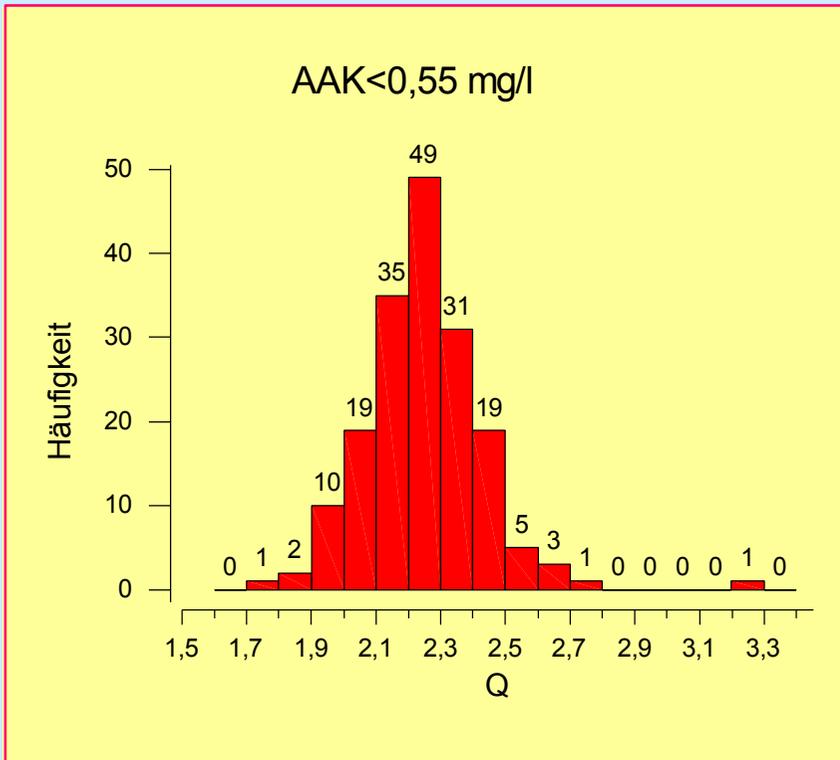


Quotient BAK/AAK: Häufigkeitsverteilung



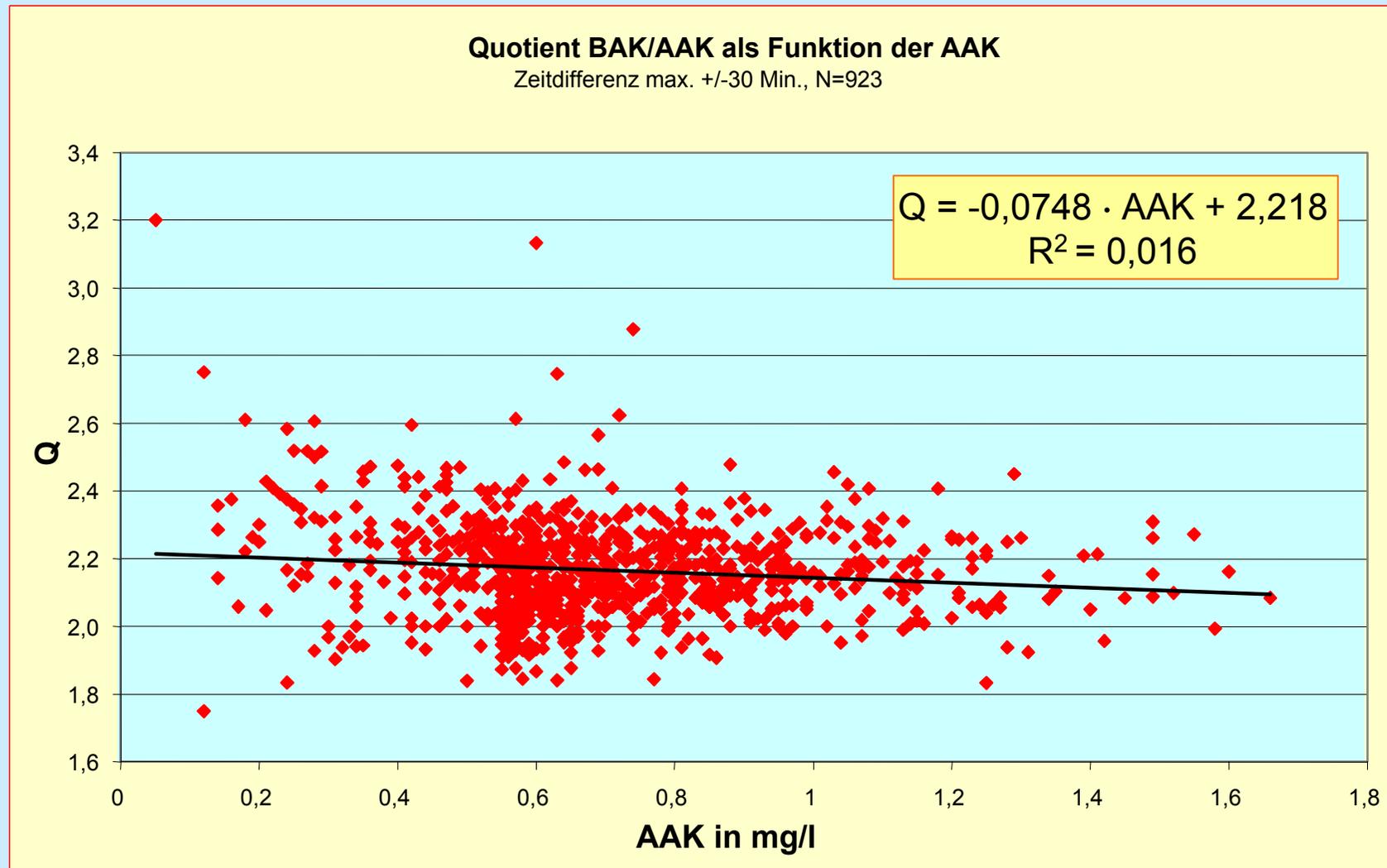
Mittelwert: $Q=2,166$
 Mittlere 50 %:
 $Q = 2,07 \dots 2,25$
 $Q_{\min} = 1,75$
 $Q_{\max} = 3,20$

Häufigkeitsverteilung der Q-Werte für $AAK \geq 0,55$ bzw. $AAK < 0,55$ mg/l

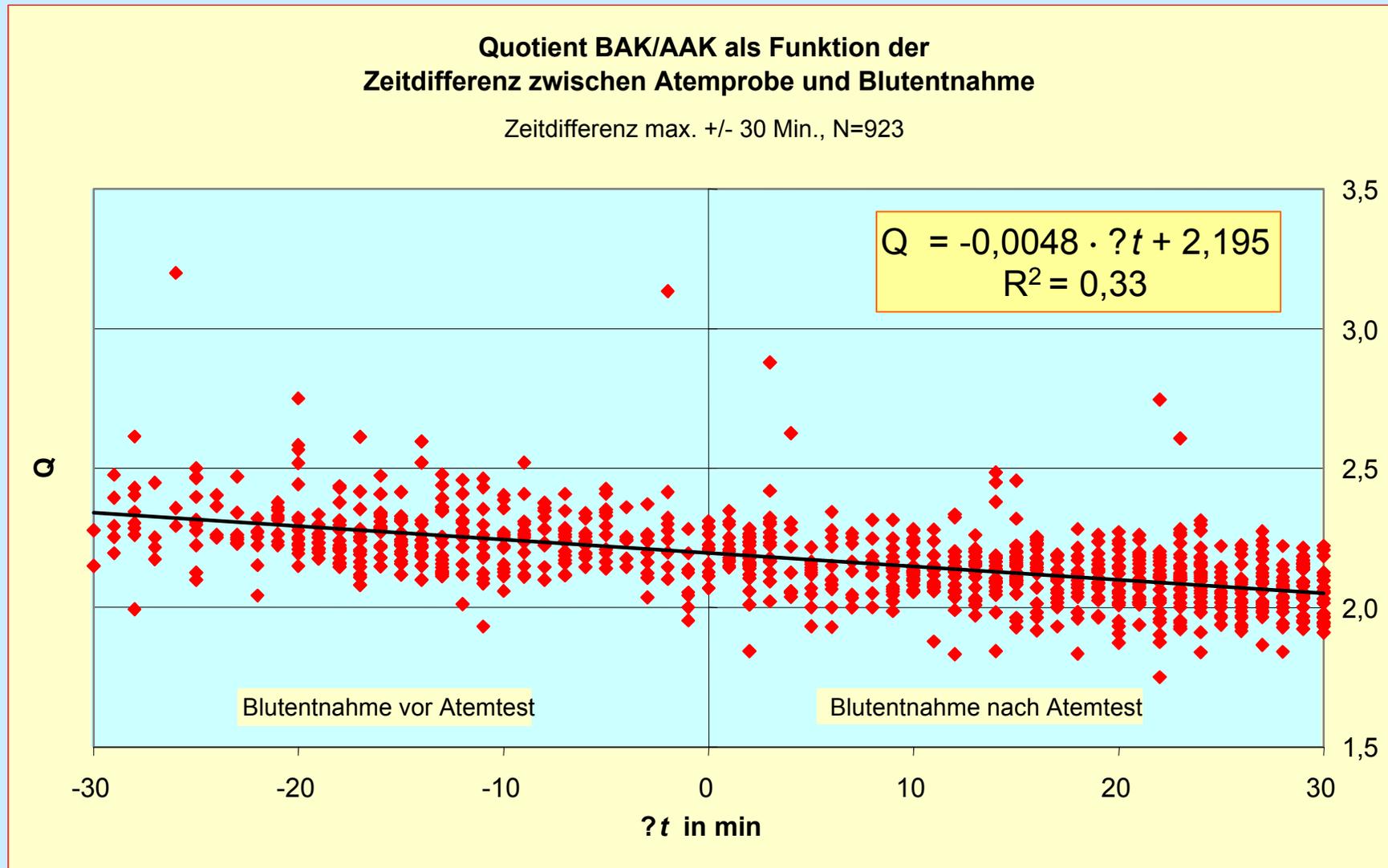


Für $AAK \geq 0,55$ mg/l:
 Streuung des Q-Wertes signifikant geringer als für $AAK < 0,55$ mg/l

Quotient BAK/AAK als Funktion der AAK



Quotient BAK/AAK als Funktion der Zeitdifferenz Δt



Quotient BAK/AAK: Ergebnisse

	Q _{mittel} in ‰/mg/l	s in ‰/mg/l	v in %	N
gesamt	2,166	0,143	6,6	923
AAK < 0,55 mg/l	2,236	0,180	8,1	176
AAK ≥ 0,55 mg/l	2,149	0,127	5,9	747

Anmerkungen

- ◆ Q-Wert verringert sich mit
 - steigender Konzentration
 - Vergrößerung des Abstands zwischen Atem- und Blutprobe
- ◆ Abweichungen von Q nach oben erheblich größer als nach unten:

$$Q_{\max} = 3,20 \text{ ‰ / mg/l} \quad Q_{\min} = 1,75 \text{ ‰ / mg/l}$$
 (Bedeutung: BAK in Einzelfällen **erheblich höher** im Verhältnis zur AAK!)

Quotient BAK/AAK: Ergebnisse anderer Studien

Autoren	Eigene Daten	Brackemeyer	BGA-GA	Köhler	Jones
Typ	Feld	Feld	Feld	Labor	Feld
<i>N</i>	923	251	236	341	793
<i>Q_{mittel}</i>	2,166	2,073	2,097	2,311	2,259
<i>S</i>	0,143	0,13	0,11	0,345	0,221
<i>Q_{Min}/Q_{Max}</i>	1,75/3,20	1,61/2,52	1,75/2,44	≈1,9/≈6,1	1,82/2,70*
Bem.	Zeitdiff. max. 30 Min.	Zeitdiff. max. 15 Min. für N=92	Gilt für Zeit 2h nach Trinkende	Zeitdiff. max. 5 Min.	Blutentnahme 6 ... 60 Min. nach Atemtest

*Grenzen für ein Vertrauensniveau von 95 %

Vergleich der Analysenverfahren

Streuung der Einzelwerte

- ◆ Standardabweichung der ADH-Methode im Vergleich zur GC-Methode **geringer**
Wahrscheinliche Ursache: Einzelne Ausreißer
- ◆ Standardabweichung der AAK multipliziert mit $Q=2,1$ stets geringer als Standardabweichung der 4 Einzelwerte der BAK
(obwohl für AAK 2 unabhängige Proben erforderlich sind!)
- ◆ Variationskoeffizient (= relative Standardabweichung) der AAK ebenfalls **geringer** als Variationskoeffizient der 4 Einzelwerte der BAK

Ergebnisse: Falsch-positive AAK-Werte

Basis

923 bzw. 436 Datensätze BAK/AAK mit
Zeitdifferenz max. ± 30 bzw. ± 15 Minuten

Fragestellung

Anteil der BAK-Werte unterhalb des entsprechenden BAK-
Grenzwertes bei gegebener AAK

Vorgabe des Gesetzgebers

Bei Erreichen des AAK-Grenzwertes sollen mind. 75 % der dazu
gehörenden BAK-Werte über dem jeweiligen BAK-Grenzwert liegen.

Ergebnis

- ◆ Bei Erreichen der AAK-Grenzwerte 0,25 bzw. 0,40 mg/l:
alle BAK-Werte $\geq 0,5$ bzw. $\geq 0,8$ ‰
- ◆ Bei Erreichen des AAK-Grenzwertes 0,55 mg/l:
nur 7 Werte (15 Minuten: nur 2 Werte) $< 1,1$ ‰
- ◆ Für AAK $\geq 0,58$ mg/l:
alle BAK-Werte $\geq 1,1$ ‰.

Zusammenfassung:

OWi-Bereich (AAK < 0,55 mg/l)

- ◆ Ergebnisse der Atemalkoholanalyse durch Blutprobe (sofern innerhalb von 15 Minuten) **in allen Fällen** bestätigt
- ◆ Somit keine Benachteiligung durch Methode der Atemalkoholanalyse gegeben
- ◆ Messtechnische Qualität der Verfahren Atem- und Blutalkoholanalyse vergleichbar

Zusammenfassung

Strafprozessualer Bereich ($AAK \geq 0,55 \text{ mg/l}$)

- ◆ Schwerpunkt der Datenbasis liegt im Bereich über $0,55 \text{ mg/l}$:
 - ➔ 746 von 923 Datensätzen mit $AAK \geq 0,55 \text{ mg/l}$
- ◆ Korrelation Blut-Atem hier besser als im OWi-Bereich
- ◆ BAK/AAK-Quotient sinkt mit wachsender Zeitdifferenz zwischen Blut- und Atemtest:
 - ➔ Indiz für Vorliegen der Abbauphase in den meisten Fällen.

Fazit

- ◆ Zuverlässigkeit der Atemalkoholanalyse durch umfassende Daten bestätigt
- ◆ Festlegung der korrespondierenden Grenzwerte der AAK im OWi-Bereich gerechtfertigt, da ohne Benachteiligung für die Betroffenen
- ◆ Einsatz im strafprozessualen Bereich als Ersatz für die Blutprobe gerechtfertigt