

# Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung .....	2
2 Problematik .....	2
2.1 Genaue Aufgabenstellung .....	3
2.2 Geldrollenbildung - Definition.....	3
2.3 Zielsetzung.....	3
2.3.1 Beschränkung des Forschungsumfanges .....	4
3 Durchführung des Projekts.....	4
3.1 Materialien .....	4
3.1.1 Zusammenstellung der Versuchsanordnung.....	4
3.1.2 Herstellung der Digitalkamerahalterung.....	5
3.2 Planung der Durchführung.....	5
3.2.1 Zeitliche Koordination und Einhaltung der Voraussetzungen .....	5
3.2.2 Rechtliche Situation.....	5
3.3 Vorversuche .....	6
3.4 Versuchsdurchführung .....	7
3.4.1 Voraussetzungen an die Probanden .....	7
3.4.2 Statistische Planung .....	7
3.4.3 Ablauf .....	9
3.4.4 Versuchsergebnisverwaltung .....	11
3.5 In Vitro Versuch.....	11
4 Fehlerdiskussion.....	11
4.1 Fehlerquelle Proband .....	11
4.2 Fehlerquelle Material .....	12
5 Auswertung .....	12
5.1 Bildmaterial.....	12
5.2 Statistische Auswertung .....	12
6 Forschungsergebnis .....	15
6.1 Interpretationsversuch des Forschungsergebnisses .....	16
Quellen .....	17
Anhang .....	18

# 1 Einleitung

Auf 100 Haushalte kommen 145 Handys<sup>1</sup>. Daher ist es nicht verwunderlich, dass in den Medien immer häufiger das Thema Gesundheitsschädigung durch Handystrahlung kontrovers diskutiert wird. So findet man zu beiden Positionen Studien, die sich gegenseitig widersprechen<sup>2</sup>.

Bei der uns bekannten aktuellsten Studie<sup>3</sup> handelt es sich um eine vierjährige Reflexstudie, an der zwölf Forschungsteams aus sieben europäischen Ländern, darunter auch Deutschland, beteiligt waren. Diese Laborstudie ergab, dass mit dem Handy vergleichbare Strahlungsmengen in verschiedenen menschlichen Zelltypen zu DNS-Brüchen führen. Außerdem fanden die Forscher Hinweise auf Chromosomenschäden. Diese Untersuchung ist kein Beweis dafür, dass Handybenutzer einer erhöhten Gesundheitsgefahr ausgesetzt sind. Die Wissenschaftler raten jedoch bis zur endgültigen Klärung des Sachverhalts zu Vorsicht im Umgang mit Mobiltelefonen.

Verunsichert durch solche Warnungen und die sich widersprechenden Untersuchungsergebnisse beschlossen wir uns mit diesem umstrittenen Thema näher zu befassen.

Deshalb besuchten wir Vorträge, beispielsweise der Europäischen Kommission interdisziplinärer Wissenschaften zum Thema „Mobilfunk – Gesundheitsgefährdung und Spätfolgen durch Strahlung“<sup>4</sup>. Dieser Vortrag war hoch interessant und barg viele komplexe Gedankengänge, doch zu unserer Enttäuschung waren auch dies reine Vermutungen ohne Statistik und handfeste Beweise. Andere Vorträge<sup>5</sup> erwiesen sich als vollkommen spekulativ.

Wir wollten es aber wissen: Beeinflusst uns Menschen, die elektromagnetische, für uns geruchlose, unsichtbare, nicht fühlbare und lautlose Strahlung, die vom Handy ausgeht? Geht davon eine ernsthafte Gefahr aus oder ist dies alles nur Spekulation und Show, mancher Leute, die nicht mit der Zeit gehen.

## 2 Problematik

Bei näherer Betrachtung und mit intensiverer Beschäftigung stellt sich heraus, dass dieses umstrittene Thema viele Fragen aufwirft und wir uns auf jeden Fall beschränken müssen.

Ein weiterer in diesem Zusammenhang interessanter Aspekt stellen die Grenzwerte für elektromagnetische Strahlung in Deutschland dar. Diese basieren bisher auf der thermischen Wirkung dieser Strahlung, da es kein allgemein anerkanntes wissenschaftliches Nachweiß für eventuelle biologische Effekte gibt.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Bertsche, Nadine: Schon gewusst,..., in: Heuberger Bote, 8. Januar 2005

<sup>2</sup> Maxeiner, Dirk: Vom Misstrauen gegen alles Neues, in: natur & kosmos, S. 5-7

<sup>3</sup> Vgl. Unbekannter Autor: Forscher raten zur Vorsicht bei Handys, in Heuberger Bote 4.1.05

<sup>4</sup> Vgl. Referate von: Meyl, Prof. Dr. Ing. Konstantin, Präsident der GFWP, Leiter des Transferzentrums St. Georgen/Schwarzwald et al: Hotel Briehof, Hechingen 27.9.03

<sup>5</sup> Vgl. Frank Labudda: "Elektrosmog selbstgemacht" Vortrag 30.9.03, Bürgerhaus Denkingen

Bei unseren Recherchen um nähere Informationen stellten wir fest, dass es zu diesem Thema, ob von den Handys nun eine gefährliche Strahlung ausgeht oder nicht, sehr viele Artikel und Beiträge vor allem auch im Internet zu finden sind. Was wir jedoch dabei bemängelten, war, dass sich die meisten Beiträge als bloße Spekulationen herausstellten. So ließ sich beispielsweise kein Artikel finden, der von einem wissenschaftlich fundiertem Experiment (mit statistischer Auswertung) berichtet, das zeigt, dass während eines Handytelefonat überhaupt eine Veränderung im Blut, geschweige denn die angebliche „Geldrollenbildung“<sup>6</sup> wirklich auftritt.

## 2.1 Genaue Aufgabenstellung

Wir stellten uns den Forschungsauftrag, ob es diesen angeblichen Effekt der Geldrollenbildung, als Veränderung des Blutes durch Verklumpung der roten Blutkörperchen bei einem kurzen Handytelefonat von 20 Sekunden überhaupt gibt.

## 2.2 Geldrollenbildung - Definition

Da wir trotz ausführlichen Recherchen auf keine wissenschaftlich-biologisch korrekte Definition gestoßen sind, haben wir eine eigene Definition festgesetzt.

Sich überlagernde Blutkörperchen sehen aus, wie eine Geldrolle, die der Kaufmann zerschlägt bevor er sie in die Kasse schüttet. Beim optischen Vergleich entspricht ein „Geldstück“ einem Blutkörperchen. Sobald sich die Blutkörperchen überlagern, bezeichnen wir dies also als Geldrolle. Berühren sie sich nur, so bilden sie keine Geldrolle. Verklumpung bedeutet Überlagerung. Bei der Auswertung zählen wir einzelne Blutkörperchen als einzelne Geldstücke und sich überlagernde als Geldrollen.

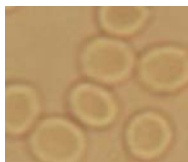


Abb. 2.1:  
7 Einzelne  
Blutkörperchen

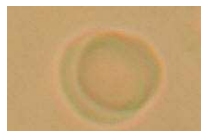


Abb. 2. 2:  
Geldrolle der  
Größe 2



Abb. 2.3:  
Geldrollen der  
Größe 3

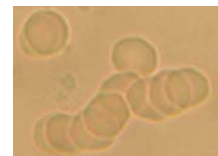


Abb. 2.4:  
Geldrollen der  
Größen 2 und 9

## 2.3 Zielsetzung

Um ein möglichst exaktes Ergebnis zu erlangen, stellten wir Bedingungen und Voraussetzungen auf (siehe Kapitel 3.3.1), an die wir uns strikt hielten. Es sollten gleiche Bedingungen für alle Probanden herrschen.

---

<sup>6</sup> siehe Kapitel 2.2

### 2.3.1 Beschränkung des Forschungsumfanges

Um ein möglichst genaues Ergebnis zu erzielen, wollten wir so viele Personen wie möglich testen. Tatsächlich stellten sich 51 Personen als unser persönliches Maximum dar. Dies war bedingt durch den enormen Zeitbedarf für die Durchführung des Experiments und durch die Auswertung des Bildmaterials.

## 3 Durchführung des Projekts

### 3.1 Materialien

Für unsere Forschung benötigten wir:

Formalitäten:	Technische Hilfsmittel:	Hygiene:
Einverständniserklärungen <sup>7</sup>	Mikroskop Canon Power Shot A 81-Kamera Selbsthergestellte Kamerahalterung Laptop Haemostiletten Objekträger Deckplättchen	Einmalhandschuhe Zellstofftupfer Sterillium <sup>8</sup>

#### 3.1.1 Zusammenstellung der Versuchsanordnung

Die zu unserer Forschung benötigten Bestandteile wurden auf einem Laborwagen aufgebaut. Zur Erstellung der Mikroskopbilder erweiterten wir das Mikroskop mit einer Digitalkamera. Zur Fokussierung wurde ein Fernseher an die Digitalkamera angeschlossen. Sterile Haemostiletten wurden benutzt, um dem Probanden einen Tropfen Blut abzunehmen. Einmalhandschuhe, Zellstofftupfer und Sterillium garantierten die Hygiene. Objekträger und Deckplättchen waren nötig, um den Blutropfen zu mikroskopieren.



Abb. 3.1: Material

<sup>7</sup> Siehe Anhang B; Erklärungen Rechtliche Situation siehe Kapitel 3.2.2

<sup>8</sup> Desinfektionsmittel

### 3.1.2 Herstellung der Digitalkameralhalterung

Als Grundlage für die Befestigung der Kamera benutzen wir ein HT-Rohr<sup>9</sup>. Dieses HT-Rohr wurde so gewählt, dass der innere Durchmesser genau dem Durchmesser der Kamera entsprach. Die Länge des Rohres wurde so bestimmt, dass die Brennweite der Kamera mit der Optik des Mikroskops harmonisierte. Zur optimalen Befestigung fertigten wir zwei passende Kunststoffringe an. Einer dieser Ringe wurde auf den Tubus gesteckt, der andere auf das Okular. Diese Kunststoffringe fungierten dazu, die Kamera zu zentrieren und zu fixieren.

## 3.2 Planung der Durchführung

Bei der Durchführung unserer Forschung trafen wir zuvor einige Überlegungen zur zeitlichen Koordination, zur Einhaltung der Voraussetzungen und zur rechtlichen Situation.

### 3.2.1 Zeitliche Koordination und Einhaltung der Voraussetzungen

50 Testpersonen im Alter von 17 bis 20 Jahren mussten ausfindig gemacht werden, die Bereitschaft zeigen sollten sich an unsere Vereinbarungen und Vorschriften zu halten. Wir entschieden uns für diese Altersgruppe da diese in etwa der unseren entsprach. Lehrkräfte und

Eltern sprachen wir nicht an, um mögliche Alterseffekte auszuschließen. Hierbei gingen wir sehr streng vor, und behielten es uns vor, unzuverlässige Schüler nicht in unsere Forschungsarbeit aufzunehmen. Zudem mussten sich die jeweiligen Schüler zu unseren Forschungszeiten im Schulhaus befinden und von den Lehrern kurzzeitig vom Unterricht befreit werden.

Die Blutuntersuchung konnte aus praktischen Gründen erst 15 Sekunden nach Beendigung des Handytelefonats stattfinden.

### 3.2.2 Rechtliche Situation

Zu Beginn jeder Forschungsreihe musste der Proband eine von uns vorgefertigte Einverständniserklärung<sup>10</sup> unterschreiben. Diese diente unserer rechtlichen Absicherung und beinhaltete das Einverständnis des Probanden, dass der Versuch an ihm durchgeführt und sein Blut zu unserer Forschung verwendet werden darf.

Zudem wurde den Probanden Anonymität zugesichert. Folglich enthält die Arbeit keine persönlichen Daten.



Abb. 3.2 Mikroskop mit Digitalkamera

---

<sup>9</sup> Kunststoffrohr mit einem Außendurchmesser von 5 cm.

<sup>10</sup> Siehe Anhang

### 3.3 Vorversuche

Wir führten einen Versuch durch, der feststellen sollte, ob der Verklumpungsgrad der Blutkörperchen innerhalb eines Blutropfens homogen ist. Dieser Versuch bestand darin einen Blutropfen einer Testperson vor und nach einem Handytelefonat unter dem Mikroskop optisch an verschiedenen Stellen zu untersuchen. Dies erfolgte durch das Ablichten mit einer Digitalkamera an drei verschiedenen Stellen. Diese sechs verschiedenen Bilder wurden nun von Hand ausgezählt. Daran konnten wir die durchschnittliche Geldrollengröße bestimmen. So kamen wir zum Ergebnis, dass der Mittelwert der mittleren Geldrollengrößen vor dem Handytelefonat 2,36 mit einer Standardabweichung von 0,03 beträgt und nach dem Telefonat 20,5 mit einer Standardabweichung von 0,2 beträgt. Aufgrund der kleinen relativen Standardabweichung entschlossen wir uns bei der Versuchsdurchführung nur jeweils ein Bild von jedem Blutropfen aufzunehmen.

Einen weiteren Vorversuch<sup>11</sup> bildete eine strahlungslose Versuchsdurchführung, ein Leerversuch. Dieser Versuch beinhaltete den kompletten Ablauf des Hauptversuches<sup>12</sup>, wobei das Handy ausgeschaltet war. Somit war der Proband keinen elektromagnetischen Strahlen ausgesetzt. Dieser dachte jedoch, dass das Handy, von uns präpariert, angeschaltet ist aber keinen Ton zu hören ist. Diesen Test führten wir bei 3 Personen durch. Da wir nicht annehmen, dass durch die Versuchsdurchführung ohne Handystrahlung eine Änderung der mittleren Geldrollengröße auftritt, stellen wir folgende Hypothesen auf:

$H_0$ : Die mittlere Geldrollengröße ist vor einem vorgetäuschten Telefonat gleich groß wie 15 Sek. nach einem solchen Telefonat.

$H_1$ : Die mittlere Geldrollengröße ist vor einem vorgetäuschten Telefonat nicht gleich groß wie 15 Sek. nach einem solchen Telefonat.

Weitere Hypothesen wurden wie im Hauptversuch<sup>11</sup> getestet.

Zum Signifikanztest der Hypothesen wählten wir die relativ große Irrtumswahrscheinlichkeit<sup>12</sup>  $\alpha = 0,2$ , um den Fehler zweiter Art<sup>12</sup> gering zu halten. Wir verwendeten den einfachen Vorzeichen-test<sup>13</sup>, da der Stichprobenumfang sehr klein ist und daher weder auf Normalverteilung, noch auf Symmetrie getestet werden kann.

Alle Tests ergaben Überschreitungswahrscheinlichkeiten<sup>11</sup> größer als 0,25. Diese liegen über der Irrtumswahrscheinlichkeit, daher kann die  $H_0$  – Hypothesen nicht verworfen werden. Mit Signifikanztests kann allgemein nur eine Entscheidung zwischen  $H_0$  und  $H_1$  mit vorgegebener Irrtumswahrscheinlichkeit getroffen werden, wenn  $H_1$  angenommen wird. Ansonsten kann man nur feststellen, dass die gegebenen Daten nicht gegen  $H_0$  sprechen.

Die Standardabweichungen<sup>11</sup> (0,065; 0,017; 0,059; 0,109; 0,041) sind mit den dazugehörenden Mittelwerten<sup>11</sup> (1,322; 1,234; 1,340; 1,266; 1,301) ein weiterer Hinweis darauf, dass der Effekt der Geldrollenbildung beim Leerversuch nicht auftritt.

---

<sup>11</sup> siehe Anhang D, CD-Rom Order „Vorversuch Leerversuch“ für Messwerte, Statistik

<sup>12</sup> wie in Kapitel 3.4

<sup>13</sup> siehe Kapitel 3.4.2

## 3.4 Versuchsdurchführung

Die Versuchsdurchführung erforderte einige Vorüberlegungen, die in den folgenden Unterkapiteln näher ausgeführt sind. Auch hier waren wir um gleiche Voraussetzungen für alle Probanden bemüht.

### 3.4.1 Voraussetzungen an die Probanden

Zuerst wurden einzelne Personen im Alter von 17 bis 20 Jahren von uns persönlich angesprochen, ob sie bereit wären, an unserer Forschung teilzunehmen, nachdem sie über die Bedingungen und den Ablauf genau informiert wurden. Der Ablauf ist in Kapitel 3.3.3 näher beschrieben, die Bedingungen sahen folgendermaßen aus: Die Probanden wurden angewiesen, ihr Handy 24 Stunden vor der Untersuchung auszuschalten und eine eventuell vorhandene Basisstation einer mobilen Funkeinheit aus ihrem Schlafraum zu entfernen. War dies alles gewährt, wurde ein Forschungstermin ausgemacht.

### 3.4.2 Statistische Planung

Wir gehen bei unserem Versuch davon aus, dass der Verklumpungsgrad der Blutkörperchen innerhalb eines Blutropfens in etwa überall gleich<sup>14</sup> ist.

Es wird bei jedem Probanden das selbe Handy Typ Siemens S 35 verwendet, da dieser Typ eine eingebaute Antenne hat. Eingebaute Antennen sind bei den meisten Handys weit verbreitet. Zudem wurde immer im selben Raum telefoniert, um eventuelle Strahlungsänderungen auszuschließen.

Bei der Blutuntersuchung soll die durchschnittliche Länge der Geldrollen vor und nach dem 20 Sekunden langen Handytelefonat jeweils am Ohr und am Finger und zusätzlich 10 Minuten nach Beendigung des Handytelefonats am Ohr und am Finger ermittelt werden.

Dazu stellen wir folgende Hypothesen auf:

Test 1:  $H_0$ : Die mittlere Geldrollengröße ist am Ohr nach dem Telefonat gleich groß wie zuvor.

$H_1$ : Die mittlere Geldrollengröße ist am Ohr nach dem Telefonat nicht gleich groß wie zuvor.

Test 2:  $H_0$ : Die mittlere Geldrollengröße am Ohr ist 10 Minuten nach dem Telefonat gleich groß wie zuvor.

$H_1$ : Die mittlere Geldrollengröße am Ohr ist 10 Minuten nach dem Telefonat nicht gleich groß wie zuvor.

Test 3:  $H_0$ : Die mittlere Geldrollengröße am Ohr ist nach dem Telefonat gleich groß wie 10 Minuten danach.

$H_1$ : Die mittlere Geldrollengröße am Ohr ist nach dem Telefonat nicht gleich groß wie 10 Minuten danach.

Test 4:  $H_0$ : Die mittlere Geldrollengröße ist am Finger nach dem Telefonat gleich groß wie am Ohr zuvor.

---

<sup>14</sup> Siehe Vorversuch Kapitel 3.3

$H_1$ : Die mittlere Geldrollengröße ist am Finger nach dem Telefonat nicht gleich groß wie am Ohr zuvor.

Test 5:  $H_0$ : Die mittlere Geldrollengröße am Finger ist 10 Minuten dem Telefonat gleich groß wie am Ohr zuvor.

$H_1$ : Die mittlere Geldrollengröße am Finger ist 10 Minuten dem Telefonat nicht gleich groß wie am Ohr zuvor.

Test 6:  $H_0$ : Die mittlere Geldrollengröße am Finger ist nach dem Telefonat gleich groß wie 10 Minuten danach.

$H_1$ : Die mittlere Geldrollengröße am Finger ist nach dem Telefonat nicht gleich groß wie 10 Minuten danach.

Zum Testen der Hypothesen bieten sich verschiedene (Signifikanz-) Tests<sup>15</sup> der Biostatistik an. Der t-Test für Paardifferenzen bietet eine sehr hohe Schärfe. Die Voraussetzungen für diesen Test ist jedoch, dass die gepaarten Messwerte normalverteilt sind. Bei nicht normalverteilten Messwerten kann der Wilcoxon – Test herangezogen werden. Dieser Test setzt keine Normalverteilung voraus, sondern nur die symmetrische Verteilung der Differenzen der Messwerte.

Falls die symmetrische Verteilung nicht gewährt ist, ziehen wir den Vorzeichentest als parameterfreien Test heran.

Der Vorteil, keine Normalverteilung bzw. symmetrische Verteilung zu benötigen, erkaufte man sich durch Einbuße an Schärfe des Testes, wenn die Daten normalverteilt sind.

Beim t-Test wird die Gleichheit der Mittelwerte getestet. Bei Wilcoxon - Test und beim einfachen Vorzeichentest wird die Gleichheit der Mediane überprüft.

Für kleine Stichprobenumfänge ist ein parameterfreier Test bei Zweifeln an der Normalverteilungshypothese vorzuziehen.

Bei der Entscheidung zwischen  $H_0$  und  $H_1$  können zwei Fehler auftreten:

Fehler 1. Art:  $H_0$  wird zugunsten von  $H_1$  abgelehnt, obwohl  $H_0$  richtig ist.

Fehler 2. Art:  $H_1$  wird zugunsten von  $H_0$  abgelehnt, obwohl  $H_1$  richtig wäre.

Üblich Irrtumswahrscheinlichkeiten für den Fehler erster Art sind, 0,05; 0,02; 0,01 und 0,001. Um den Fehler erster Art möglichst gering zu halten, wählen wir für die Tests 1 bis 6 die Irrtumswahrscheinlichkeit 0,001. Folglich verwerfen wir die  $H_0$  Hypothese bei diesem umstrittenen Thema nur dann, wenn sie mit sehr großer Wahrscheinlichkeit falsch ist.

Zur Überprüfung, ob die Messwertdifferenzen normalverteilt sind stellen wir folgende Hypothesen auf:

$H_0$ : Die Verteilung der Messwerte ist normalverteilt.

$H_1$ : Die Verteilung der Messwerte ist nicht normalverteilt.

Hierbei setzen wir die Irrtumswahrscheinlichkeit auf 0,4 fest.

---

<sup>15</sup> Köhler, Prof. Dr. Wolfgang et al: Biostatistik



Wenn die Irrtumswahrscheinlich klein gewählt wurde, dann ist die Wahrscheinlichkeit für den Fehler 2. Art groß und umgekehrt. Um den Fehler 2. Art möglichst klein zu halten, haben wir die Irrtumswahrscheinlichkeit bei der Überprüfung der Normalverteilung so groß gewählt.

### 3.4.3 Ablauf

Nach dem Ausfüllen der Einverständniserklärung wurde dem Probanden ein Blutropfen am rechten Ohr entnommen. Dann wurde er in die NWT - Sammlung geführt, wo er unter genauer Einhaltung 20 Sekunden lang am rechten Ohr mit einem Handy telefonierte. Anschließend wurde ihm im Untersuchungsraum 15 Sekunden nach dem Telefonat ein Tropfen Blut am rechten Ohr und am rechten Zeigefinger entnommen. Zehn Minuten nach Beendigung des Telefonats wurde ihm, noch einmal Blut aus dem rechten Ohr und dem rechten Zeigefinger entnommen. Die Zeit zwischen Blutentnahme am Ohr oder Finger und die Zeit bis zur Fotografierung des Mikroskopierten Blutes wurde immer bewusst gleich gewählt. Es verstrich eine Zeit von etwa 30 Sekunden. Da dies sowohl vor als auch nach dem Telefonat, sowie 10 Minuten später gleich gehandhabt wurde, können eventuelle Beeinflussungen vernachlässigt werden.

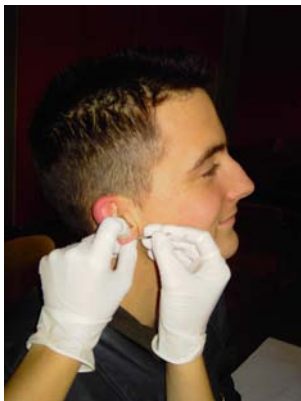


Abb. 3.3: Proband bei Blutentnahme am Ohr vor Telefonat

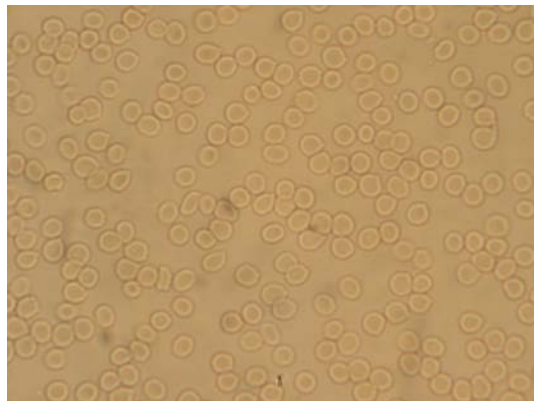


Abb. 3.4: Blutbild Ohr vor Telefonat



Abb. 3.5: 20 Sekunden Telefonat mit Handy Siemens S 35

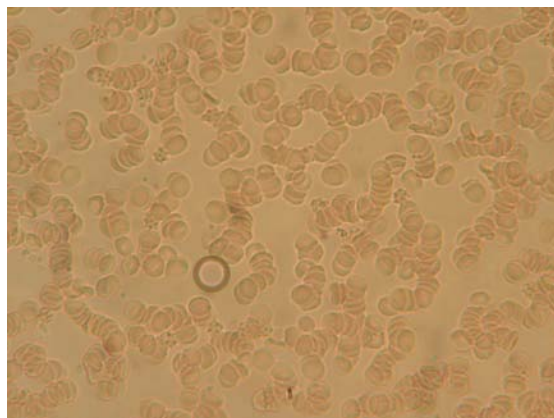


Abb. 3.6: Blutbild Ohr direkt nach Telefonat



Abb. 3.7: Proband bei Blutentnahme am Finger direkt nach Telefonat

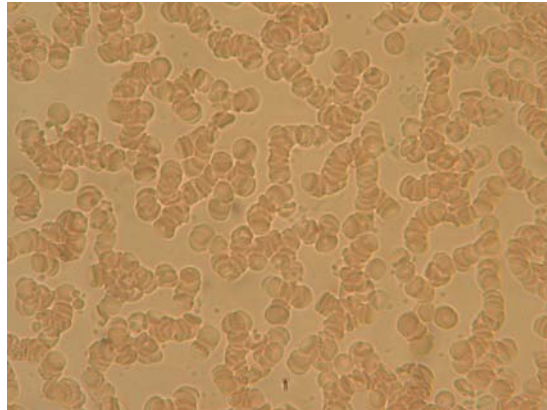


Abb. 3.8: Blutbild Finger direkt nach Telefonat



Abb. 3.9: Proband bei Blutentnahme am Ohr 10 Minuten nach Telefonat

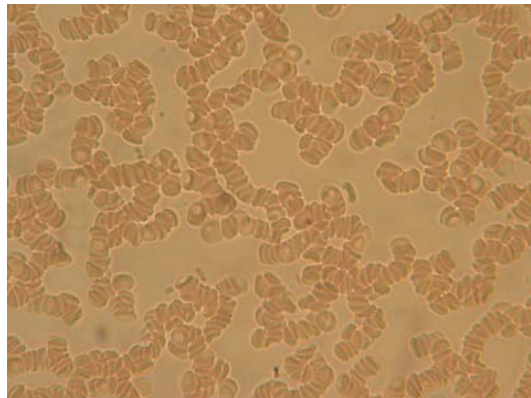


Abb. 3.10: Blutbild Ohr 10 Minuten nach Telefonat



Abb. 3.11: Proband bei Blutentnahme am Finger 10 Minuten nach Telefonat

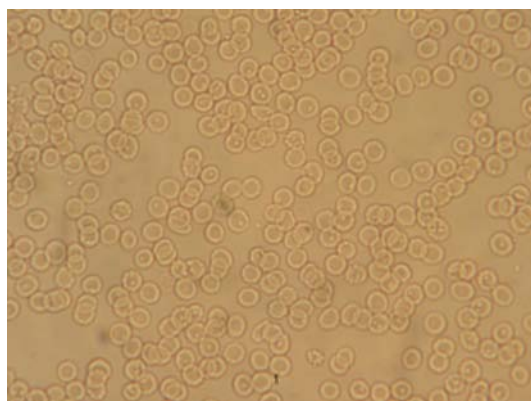


Abb. 3.12: Blutbild Finger 10 Minuten nach Telefonat

### 3.4.4 Versuchsergebnisverwaltung

Nachdem das Blut entnommen und unter dem Mikroskop platziert worden war, wurde per Digitalkamera ein Digitalfoto, für die spätere Auswertung, aufgenommen. Solche Bilder sind die Abb. 3.2, Abb. 3.4, Abb. 3.6, Abb. 3.8 und Abb. 3.10.

Zur Archivierung der Bilder wurde ein Laptop verwendet. Die Dateinamensgebung wurde so gewählt: Zur genauen Unterscheidung der Bilder wurden Variablen von uns festgelegt. „O“ entspricht einem Bild des Ohres, „F“ eines des Fingers. Ein „V“ gibt an, dass das Bild das Blut vor dem Telefonat enthält, ein „T“, dass das Bild das Blut 15 Sekunden nach dem Telefonat enthält und ein „Z“ zeigt an, dass das Bild das Blut nach einer zehnminütigen Wartezeit enthält. Zudem wurden alle Bilder von uns mit einer Nummer versehen, die alle Bilder durchzählt. Zur besseren Koordination haben wir des weiteren das Datum und die Probandennummer in den Dateinamen mit eingebracht.

Dateiname: [globale Nummer]\_[Probandennummer]\_[Stelle der Blutentnahme (O oder F)]\_[zeitliche Einordnung (V, T oder Z)]\_1\_\_[Datum]\_[Originaldateiname der Kamera].JPG

Beispiel: 112\_08\_O\_V\_1\_\_041021\_IMG\_0004.JPG

Auf diese Weise erlangten wir von jedem Probanden 5 Bilder.

## 3.5 In Vitro Versuch

Dieser Versuch wurde nach dem Hauptversuch durchgeführt, um festzustellen ob der Effekt der Geldrollenbildung auch außerhalb des menschlichen Körpers vorhanden ist. Hierzu wurden einige Milliliter Blut in einem Reagenzglas mit Antigerinnungsmittel gebracht. Anschließend wurde das Blut unter dem Mikroskop fotografiert und optisch ausgezählt. Das vor dem Telefonat entnommene Blut zeigte eine durchschnittliche Geldrollengröße von 1,17. Danach wurde das Blut im Reagenzglas wie im Hauptversuch bestrahlt und ebenso ausgewertet. Die durchschnittliche Geldrollengröße nach dem Telefonat ergab 17,17. Dies zeigt, dass der Effekt der Geldrollenbildung auch außerhalb des menschlichen Körpers vorhanden ist.

# 4 Fehlerdiskussion

## 4.1 Fehlerquelle Proband

Das Geschlecht der Testpersonen wurde nicht berücksichtigt, da dies unserer Meinung nach keine Rolle spielt. Der Proband wurde von uns angewiesen, die Voraussetzungen<sup>16</sup>, die wir an ihn stellen, einzuhalten. Dies war nicht immer gewährleistet. Einige Probanden konnten wir erst gar nicht testen. Des weiteren erfuhren wir von einigen Probanden erst nach Abschluss der Untersuchung, dass nicht alle Voraussetzungen eingehalten wurden. So mussten wir diese Testreihen leider aus unserer Forschung streichen.

---

<sup>16</sup> Wie in Kapitel 3.4.1 beschrieben.

## 4.2 Fehlerquelle Material

Eine möglicherweise vom Fernsehapparat ausgehende Strahlung wurde von uns nicht berücksichtigt, da diese Strahlung immer vorhanden war, sowohl vor, als auch nach dem Telefonat. Folglich wurden unsere Ergebnisse dadurch nicht beeinträchtigt.

Während der Untersuchung unserer Testpersonen war außer dem Fernsehapparat kein anderes Gerät mit möglicher Abstrahlung von elektromagnetischen Strahlen im Raum. Sonstige sich auswirkende Strahlen berücksichtigten wir nicht, da diese bei allen Testreihen gleich waren. Das 20 Sekunden lange Telefonat fand außerhalb des Untersuchungsraumes statt, um mögliche nachfolgende Probanden nicht irgendeiner Strahlung auszusetzen. Um in etwa immer gleiche Bilder zu erhalten, wurde darauf geachtet, dass die Einstellungen der Apparatur nicht verändert wurden.

## 5 Auswertung

Es war geplant das Bildmaterial mit einem Computerprogramm einer anderen Forschergruppe auszuwerten. Da uns dieses Programm aber letztendlich nicht zur Verfügung stand, entschlossen wir uns, die Auswertung von Hand i. S. von optischer Auszählung vorzunehmen.

### 5.1 Bildmaterial

Das Bildmaterial wurde auf einem Laserdrucker schwarz-weiß ausgedruckt. Auf diesen Drucken konnten wir die Geldrollen markieren und die Anzahl festhalten. Ein Beispiel solch eines Druckes befindet sich in der Anlage. Die gewonnen Zahlen wurden in Exceltabellen eingetragen. Die durchschnittliche Geldrollengröße wurde berechnet.

### 5.2 Statistische Auswertung

Mit den gewonnen Messwerten stellen wir eine Statistik auf.

Wie in Kapitel 3.4.2 bereits angesprochen, müssen wir einen passenden Signifikanztest auswählen. Da der t-Test die höchste Schärfe bietet, versuchen wir diesen zu verwenden. Dieser Test setzt jedoch voraus, dass die Messwerte normalverteilt sind. Alle statistischen Tests führten wir mit dem Excel-Plugin XLStatistics<sup>17</sup> durch. Den  $\chi^2$ -Test benutzen wir um die Normalverteilung zu testen.

Test 1:

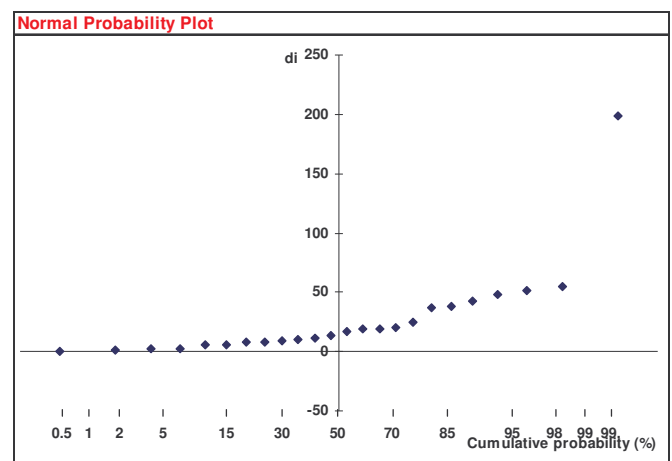


Abb. 5.1: Normalverteilungsdiagramm

<sup>17</sup> Carr, Rodney: Excel Workbooks for Statistical Data Analysis 1997 - 2004

Durch optische Auswertung der Abbildung 5.1 lässt sich nicht genau feststellen, ob die Differenzen normalverteilt sind. Der  $\chi^2$ -Test ergab eine Überschreitungswahrscheinlichkeit (p-value) von  $6,87 \cdot 10^{-8}$  und verwirft somit die Normalverteilungshypothese  $H_0$ .

Aufgrund der nicht vorhandenen Normalverteilung kann der t-Test nicht angewandt werden.

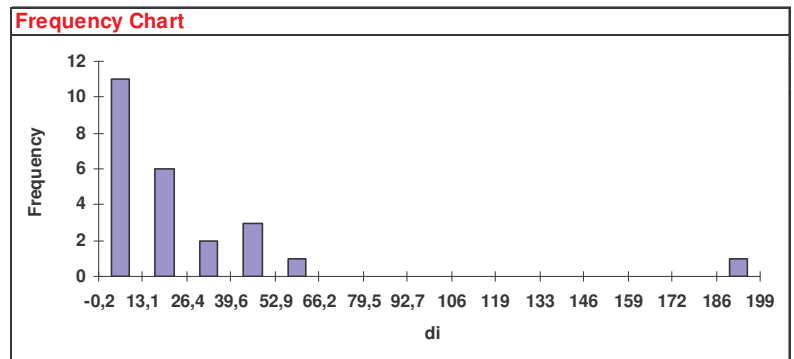


Abb. 5.2: Verteilung der Differenzen

Der Wilcoxon Test ist der nächstgenaueste Test der keine Normalverteilung benötigt, jedoch setzt dieser Test eine symmetrische Verteilung voraus.

Wie Abb. 5.2 zeigt, ist die Verteilung nicht symmetrisch. Wir müssen also zu dem einfachen Vorzeichentest greifen.

Der Vorzeichentest ergibt als Überschreitungswahrscheinlichkeit den Wert  $3 \cdot 10^{-6}$ . Folglich ist  $H_0$  zu verwerfen und die Alternative  $H_1$  anzunehmen.

Test 2:

Durch Auswertung der Abbildung 5.3 lässt sich auf optischen Wege die Normalverteilungshypothese nicht aufrechterhalten. Ein Test auf Normalverteilung erübrigt sich daher. Damit ist der t-Test nicht anwendbar.

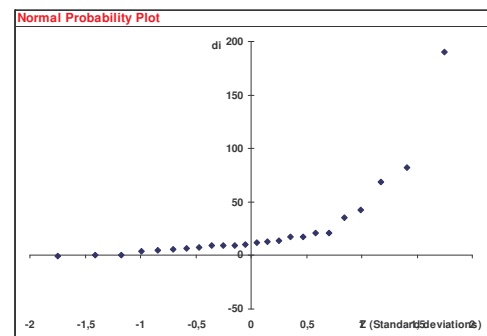


Abb. 5.3: Normalverteilungsdiagramm

Der Wilcoxon Test wäre auch hier der nächstgenaueste Test

der keine Normalverteilung benötigt, setzt aber eine symmetrische Verteilung voraus.

Diese symmetrische Verteilung wird, wie in Abb. 5.4 zu erkennen ist, nicht erfüllt.

Wir müssen also auch hier zu dem einfachen Vorzeichentest greifen.

Der Vorzeichentest ergibt als Überschreitungswahrscheinlichkeit den Wert  $3 \cdot 10^{-6}$ . Folglich ist  $H_0$  zu verwerfen und die Alternative  $H_1$  anzunehmen.

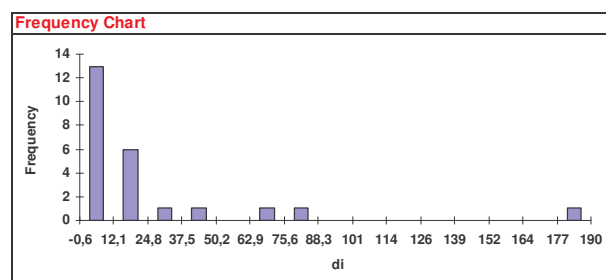


Abb. 5.4: Verteilung der Differenzen

Test 3:

Nach Abbildung 5.5 sind die Differenzen nicht normalverteilt.

Folglich ist der Wilcoxon Test auch hier der nächstgenaueste Test der keine Normalverteilung benötigt.

Diese Verteilung ist wie in Abb. 5.6 zu erkennen ist, symmetrisch. Daher ist der Wilcoxon-Test anwendbar. Dieser ergibt als Überschreitungswahrscheinlichkeit den Wert 0,92. Folglich ist  $H_0$  beizubehalten.

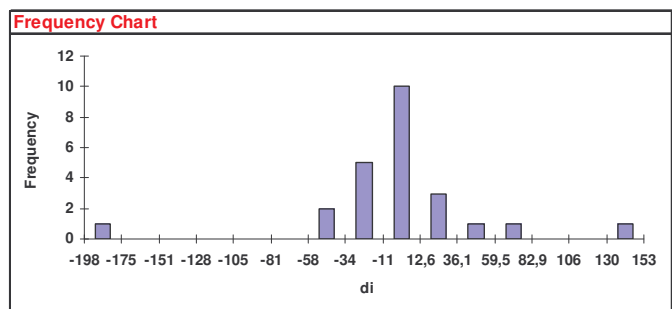
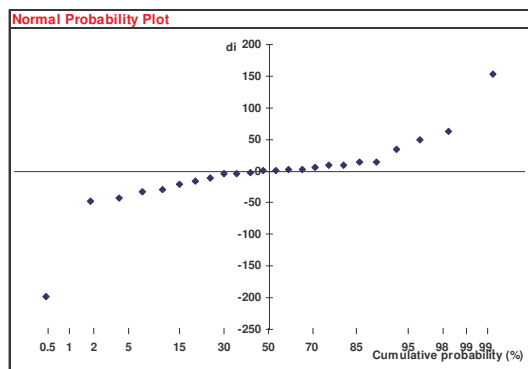


Abb. 5.6: Verteilung der Differenzen

Abb. 5.5: Normalverteilungsdiagramm

Test 4:

Nach Abbildung 5.7 sind die Differenzen nicht normalverteilt.

Abbildung 5.8 zeigt, dass die Verteilung nicht symmetrisch ist. Der Vorzeichentest ergibt als Überschreitungswahrscheinlichkeit den Wert  $3,6 \cdot 10^{-5}$ . Folglich ist  $H_0$  zu verwerfen und die Alternative  $H_1$  anzunehmen.

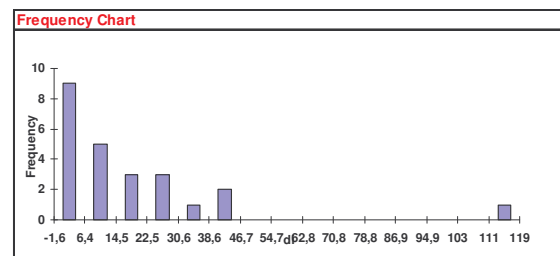
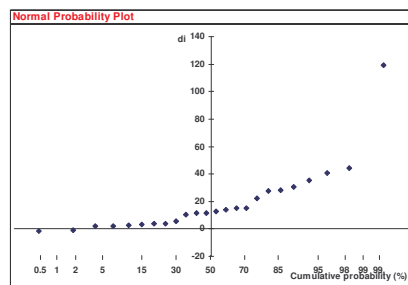


Abb. 5.8: Verteilung der Differenzen

Abb. 5.7: Normalverteilungsdiagramm

Test 5:

Die Normalverteilungshypothese lässt sich nach Abbildung 5.9 nicht aufrechterhalten.

Die Verteilung ist laut Abb. 5.10 nicht symmetrisch.

Der Vorzeichentest ergibt als Überschreitungswahrscheinlichkeit den Wert  $3,6 \cdot 10^{-5}$ . Folglich ist  $H_0$  zu verwerfen und die Alternative  $H_1$  anzunehmen.

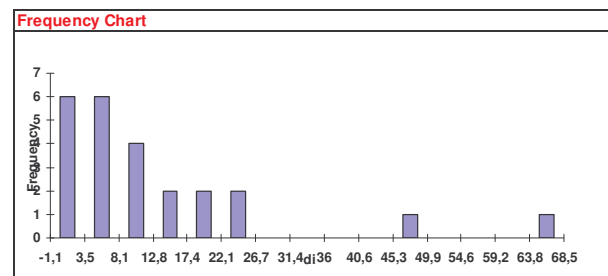
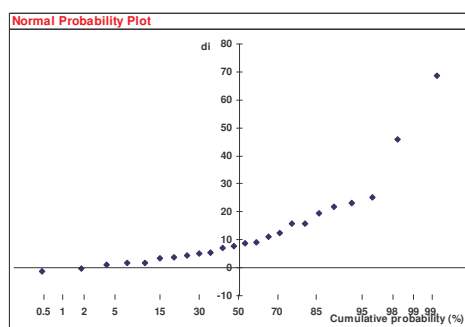


Abb. 5.10: Verteilung der Differenzen

Abb. 5.9: Normalverteilungsdiagramm

Test 6:

Auch hier liegt nach Abb. 5.11 keine Normalverteilung vor.

Symmetrie ist ebenfalls nicht vorhanden. Wir müssen also auch hier zu dem einfachen Vorzeichentest greifen.

Der Vorzeichentest ergibt als Überschreitungswahrscheinlichkeit den Wert 0,15. Folglich ist  $H_0$  beizubehalten.

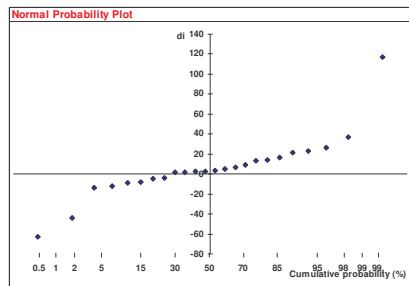


Abb. 5.11: Normalverteilungsdiagramm

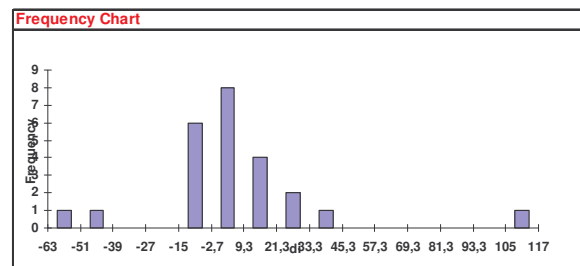


Abb. 5.12: Verteilung der Differenzen

Die Tabelle aller Messwerte ist in der Anlage unter Tab. A.1 zu finden.

## 6 Forschungsergebnis

Im Folgenden diskutieren wir die Ergebnisse unserer Signifikanztest:

Laut Test 1 müssen wir die Hypothese  $H_1$  annehmen. Es gilt also mit der Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,1 %, dass die mittlere Geldrollengröße am Ohr nicht gleich groß wie nach dem Telefonat ist.

Test 2 hat ergeben, dass  $H_0$ , zu Gunsten von  $H_1$ , verworfen werden muss. Damit ist mit der Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,1 % gezeigt: Die mittlere Geldrollengröße am Ohr ist 10 min nach dem Telefonat nicht gleich groß wie zuvor.

Test 3 hat ergeben, dass wir  $H_0$  beibehalten. Somit gilt immer noch: Die mittlere Geldrollengröße am Ohr ist nach dem Telefonat gleich groß wie 10 min danach.

Nach Test 4 gilt mit der Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,1 %, dass die mittlere Geldrollengröße am Finger nach dem Telefonat nicht gleich groß ist wie am Ohr zuvor, also  $H_1$  von uns angenommen wird.

Test 5 liefert die Richtigkeit von  $H_1$  mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,1 %: Die mittlere Geldrollengröße am Finger ist 10 Minuten dem Telefonat nicht gleich groß wie am Ohr zuvor.

Nach Test 6 kann  $H_0$  nicht verworfen werden: Die mittlere Geldrollengröße am Finger ist nach dem Telefonat gleich groß wie 10 Minuten danach.

Die Testergebnisse 1,2,4 und 5 zeigen, dass (unter unseren Versuchsbedingungen) der Effekt der Geldrollenbildung bei einem kurzen Telefonat von 20 Sekunden mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,1% signifikant ist.

In Verbindung mit den Ergebnissen der Vorversuche und des In Vitro Experiments lässt sich feststellen, dass mit großer, wenn auch nicht exakt bekannter Wahrscheinlichkeit, die Geldrollenbildung auf

die Handystrahlung und nicht auf weitere Einflüsse, wie Placebo-Effekt, Druck des Handys gegen das Ohr oder auf die Blutgerinnung zurückzuführen ist.

Dieser Effekt ist sowohl am Ohr als auch am Finger zu erkennen und auch noch 10 Minuten nach dem Telefonat vorhanden.

Diese Ergebnisse gelten streng genommen nur für das Handy Siemens S 35. Vermutlich gelten die Ergebnisse auch für alle anderen D-Netz Handys, da nur die Strahlungsintensität variieren kann.

## 6.1 Interpretationsversuch des Forschungsergebnisses

Die Interpretation des Ergebnisses führt zu neuen Fragestellungen, für deren Klärung weitere Forschungen nötig sind. Warum verklumpen sich die Blutkörperchen durch Handystrahlung? Man könnte annehmen, dass die Blutkörperchen, vielleicht auch das darin enthaltene Wasser, polarisiert werden und sich dann gegenseitig anziehen.

Eine weitere Frage ist, wie lange die Verklumpung der roten Blutkörperchen anhält. Laut der Tests hält sie mindestens 10 Minuten an.

Die wichtigste Frage ist, wie sich die Geldrollenbildung auf den Menschen in Hinblick auf Gesundheit und Leistungsfähigkeit auswirkt. Die roten Blutkörperchen sind für den Sauerstoff- und Kohlenstoffdioxidtransport im Körper zuständig. Wenn diese verklumpt sind, ist ihre Oberfläche kleiner. Folglich können sie nur noch einen Bruchteil der normalen Menge an Sauerstoff bzw. Kohlenstoffdioxid transportieren. Durch Geldrollenbildung verändert sich zudem die Fließeigenschaft des Blutes, d. h. es wird zähflüssiger. Zähflüssiges Blut kann in sehr feinen, bereits geschädigten Blutgefäßen zu „Miniinfarkten“ führen<sup>18</sup>.

Unsere Forschungsergebnisse weisen darauf hin, dass Handystrahlen neben den thermischen auch biologische Wirkungen haben. Die Geldrollenbildung ist mit großer Wahrscheinlichkeit keine thermische Wirkung, da durch Wärmestrahlung die Entropie bekanntlich nur zunehmen kann und folglich Strukturen aufgelöst und nicht gebildet werden dürften.

---

<sup>18</sup> Gespräch mit Dr. med. Diana Ziegler



# Quellen

- Bortz, Prof. Dr. Jürgen et al: Verteilungsfreie Methoden der Biostatistik, 2. Aufl. Springer Verlag Berlin, 2000
- Carr, Rodney: Excel Workbooks for Statistical Data Analysis 1997 - 2004
- Goldhahn, Sabine: Mobilfunk verändert Hirnströme, VDI nachrichten, 16.2.2001, Nr. 7
- Heuberger Bote: Forscher raten zur Vorsicht bei Handys, in: Heuberger Bote, Autor AP, Nr. 2, 4.1.05
- Bertsche, Nadine: Schon gewusst,..., in: Heuberger Bote, 8. Januar 2005
- Köhler, Prof. Dr. Wolfgang et al: Biostatistik, 3. Aufl., Springer Verlag Berlin, 2002
- Labudda, Frank: "Elektrosmog selbstgemacht" 30.9.03, öffentlicher Vortrag Bürgerhaus Denkingen
- Maxeiner, Dirk: Vom Misstrauen gegen alles Neues, in: natur & kosmos, Mobilfunk und Gesundheit, Jerger, Ilona, Nr. 5/2002, 2002, S. 5-7
- Meyl, Prof. Dr. Ing. Konstantin, Präsident der GFWP, Leiter des Transferzentrums St. Georgen/Schwarzwald et al: öffentliche Vorträge, Hotel Briehof, Hechingen 27.9.03
- Precht, Prof. Dr. Manfred und Kraft, Dr. agr. Roland: Biostatistik 2, 5. Aufl., R. Oldenbourg Verlag München, 1993
- Unbekannter Autor: Handys strahlen weniger, in der Spiegel 2/2004
- Wagner, Heinz: „Wie schädlich ist Elektrostrahlung?“ 27.9.03 wissenschaftliche Tagung, Hechingen, Hofgut Domäne

# Anhang

Inhalt:

A Messwertetabelle: .....	19
B Einverständniserklärungstext.....	19
C Auszähltechnik .....	20
D CD-Rom .....	21
E Beispielbilder des Probanden 44 mit Auswertungstabelle.....	22

## A Messwertetabelle:

Proband	Ohr vorher	Ohr, 15 sec. Nach Telefonat	Finger, 15 sec. Nach Telefonat	Ohr nach 10 min	Finger nach 10 min
01	1,714	1,514	120,800	7,138	3,473
02	8,186	44,800	30,143	198,000	13,740
08	1,961	4,845	5,940	19,000	14,226
09	1,036	2,849	4,069	4,719	2,660
10	1,624	20,515	16,744	22,652	21,083
11	2,466	14,186	1,313	10,462	10,057
12	1,615	6,969	11,769	8,349	8,628
13	1,461	200,400	37,000	2,168	10,679
18	1,119	9,239	45,111	43,650	24,103
23	1,504	7,565	29,607	22,118	23,286
24	1,564	10,538	14,500	11,370	12,625
27	1,896	57,273	15,938	14,438	7,066
29	2,082	4,126	4,000	13,767	47,800
30	1,822	15,857	4,067	11,483	17,735
32	3,993	46,727	2,369	13,667	7,263
33	8,979	17,250	20,565	26,148	17,595
34	4,159	14,423	7,697	3,580	19,833
35	2,094	27,250	7,862	6,880	70,571
37	4,696	24,690	45,176	73,375	8,400
42	2,993	19,789	14,767	16,552	1,858
44	1,043	20,485	16,395	83,091	1,949
45	2,433	50,688	32,955	3,123	27,684
47	2,761	41,278	5,457	12,035	2,498
48	2,607	53,688	29,900	37,762	7,032
<b>Durchschnitt:</b>	<b>2,742</b>	<b>29,873</b>	<b>21,839</b>	<b>27,730</b>	<b>15,910</b>
<b>Median:</b>	<b>2,082</b>	<b>19,789</b>	<b>15,938</b>	<b>13,767</b>	<b>12,625</b>

Tabelle A.1: Durchschnittlichen Geldrollengrößen

## B Einverständniserklärungstext

Die folgende Erklärung musste von den Probanden unterzeichnet werden:

### Einverständniserklärung

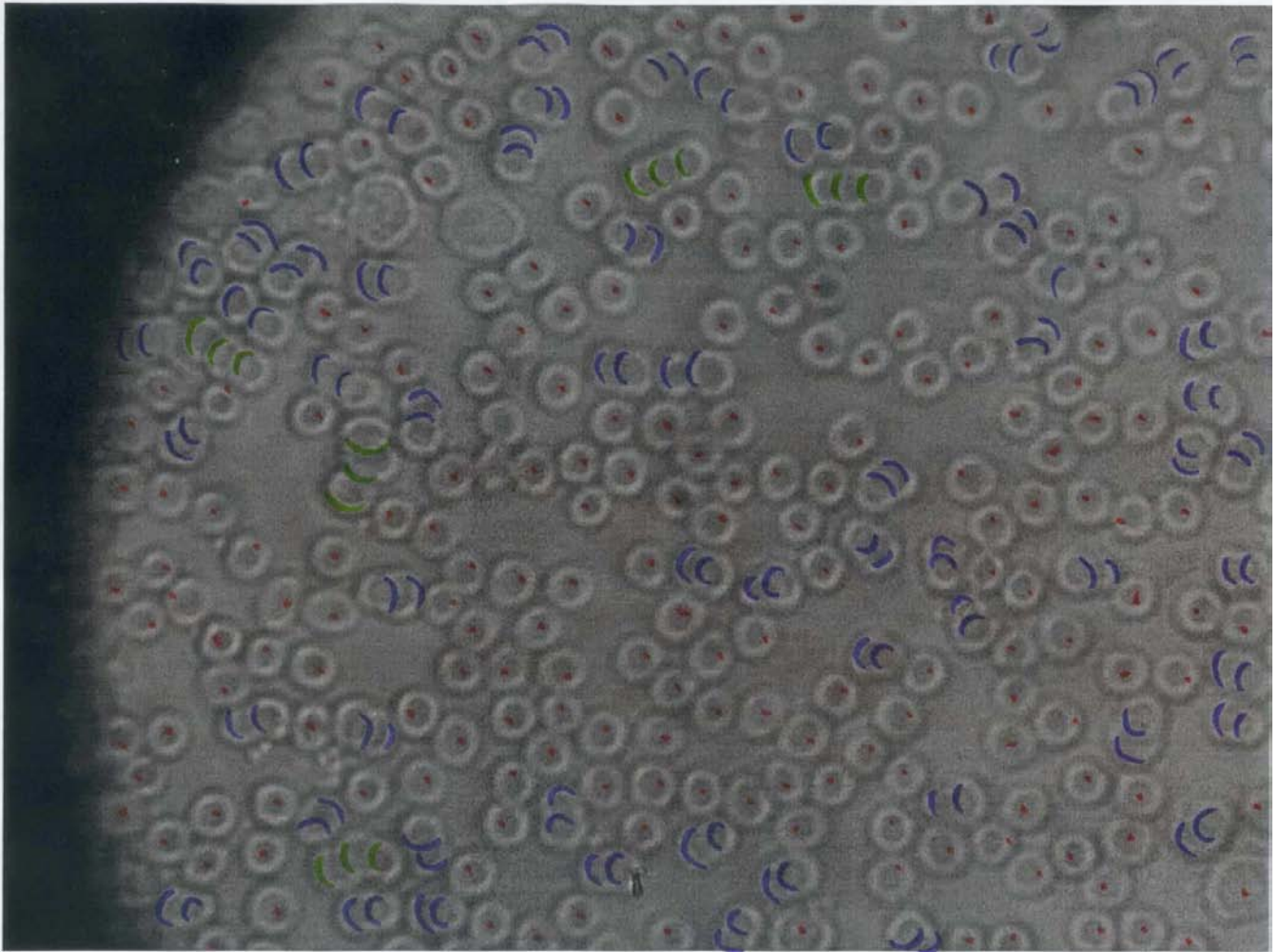
Hiermit erkläre ich mich einverstanden, dass das von mir entnommene Blut zu Forschungszwecken der Forschungs-AG des Gymnasiums Spaichingen zur Geldrollenbildung verwendet werden darf und die dadurch gewonnenen Ergebnisse veröffentlicht werden dürfen. Die Daten der Testpersonen sind vertraulich zu behandeln, Namen dürfen nicht an die Öffentlichkeit gelangen. Die Blutentnahme erfolgt unter den vorgeschriebenen hygienischen Regeln. Für entstehende Schäden übernimmt die Forschungs-AG keine Haftung. Nachfolgende Fragen werde ich nach bestem Wissen und Gewissen beantworten.

\_\_\_\_\_  
Ort, Datum

\_\_\_\_\_  
Unterschrift

# C Auszähltechnik

905\_80\_F\_Z\_1\_IMG\_0010.JPG

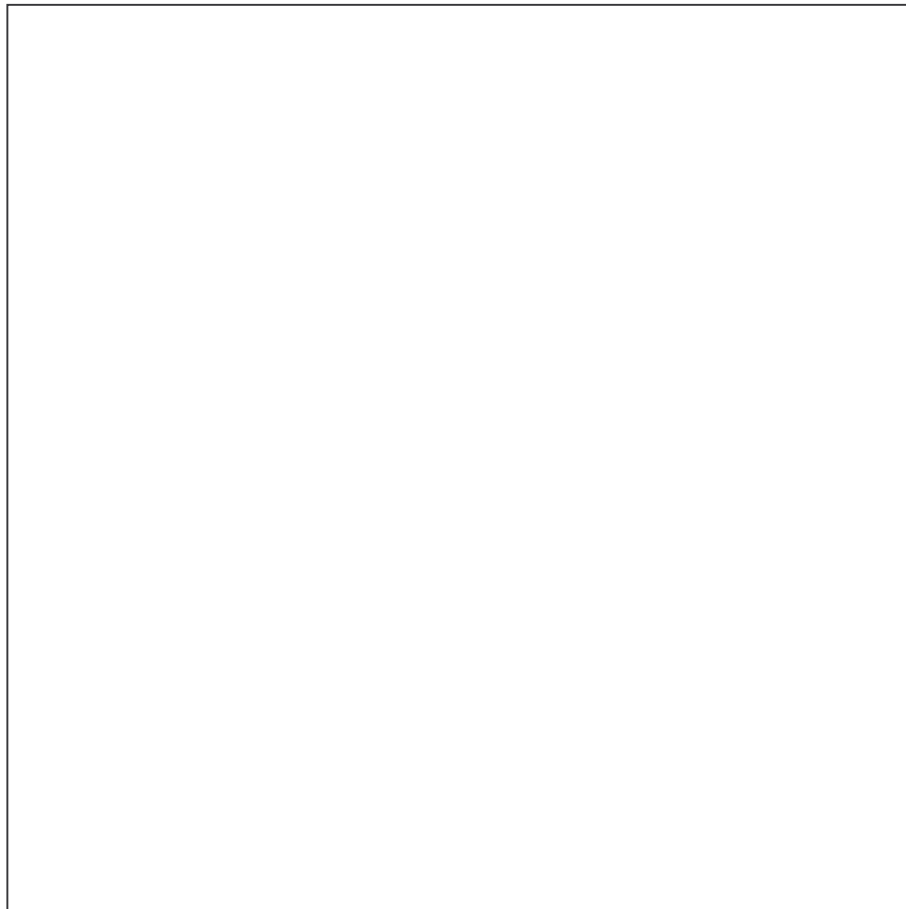


F_Z			
	Summe Blutkörperchen		336
	Summe Geldrollen		265
	Durchsch. Größe einer GR.		1,26792453
Farbe	GRgröße	Vorkommen	Ges.proGRgr.
rot	1	199	199
blau	2	61	122
grün	3	5	15

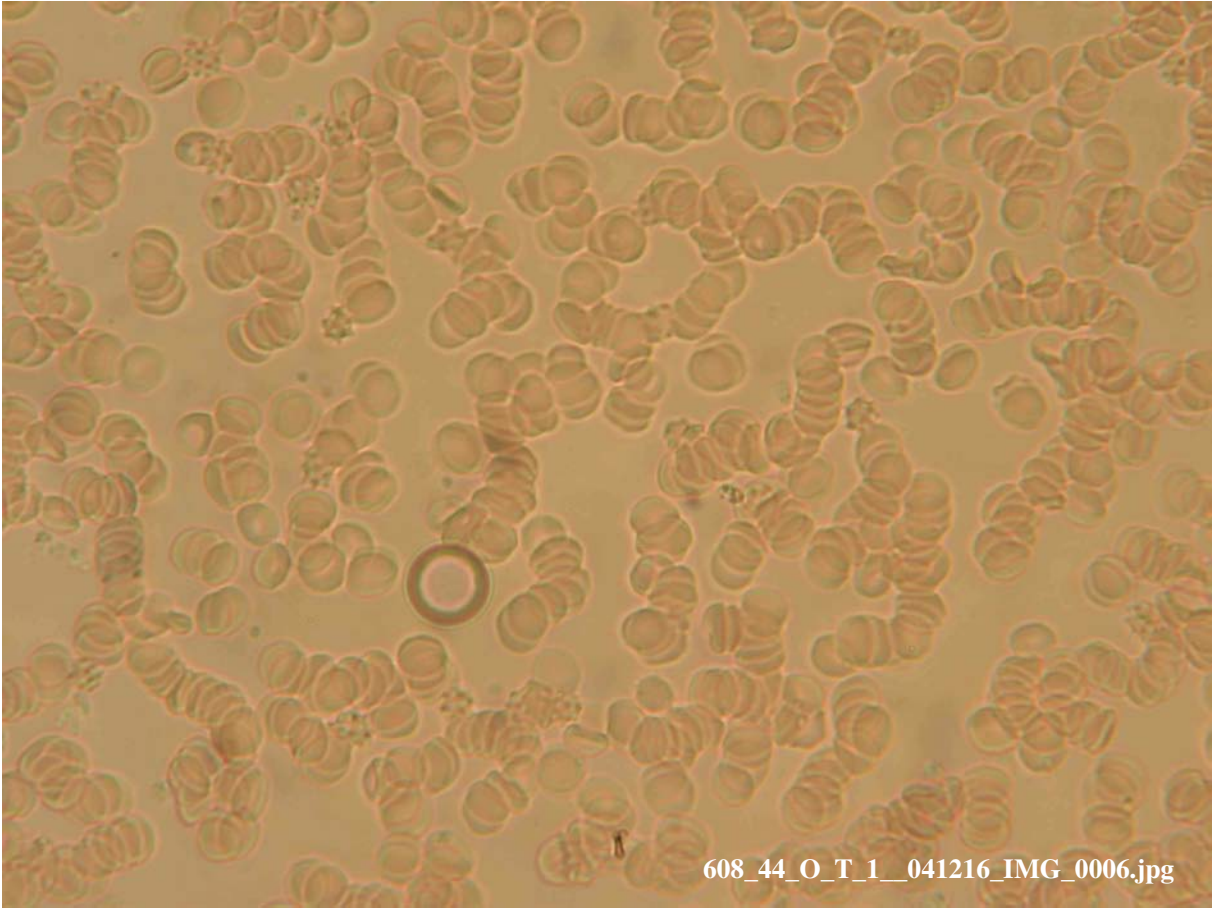
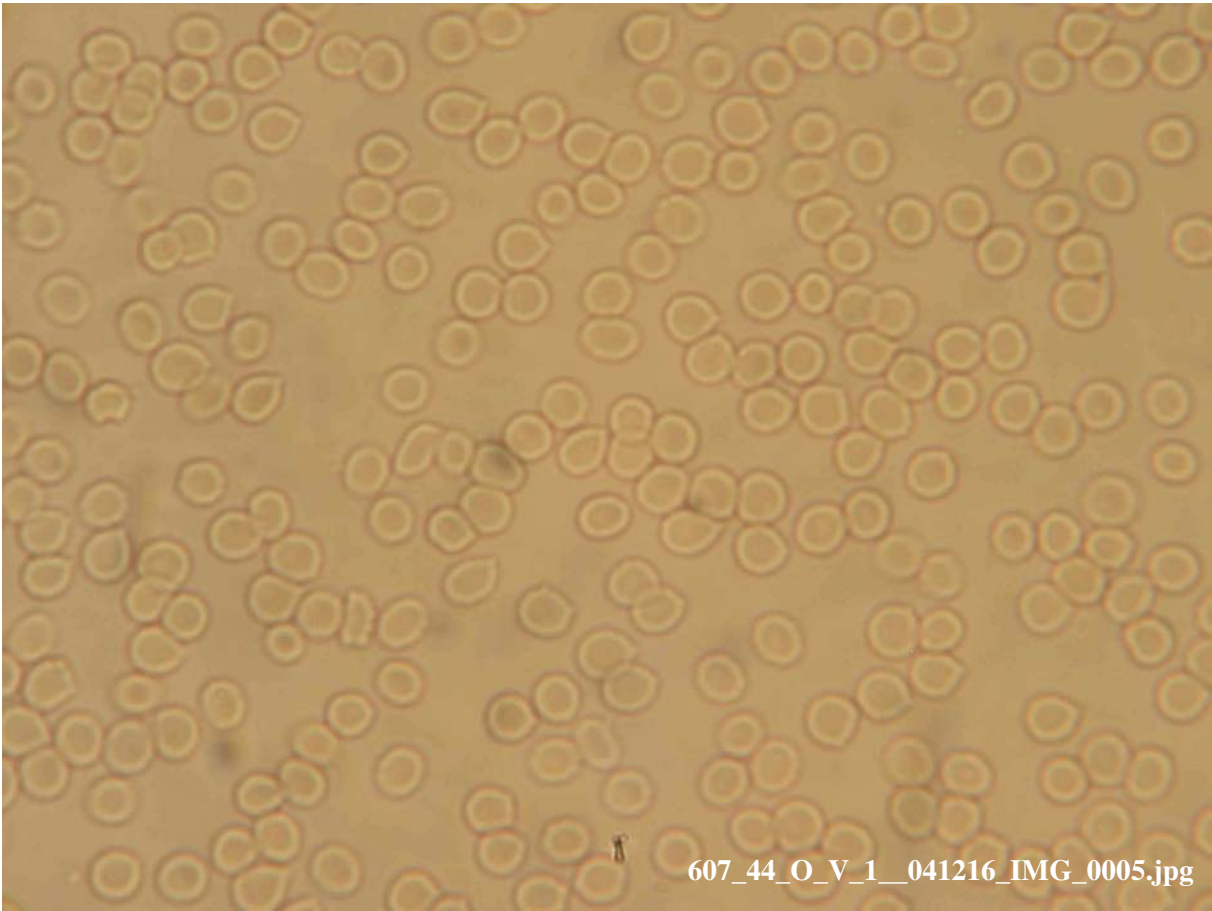
## D CD-Rom

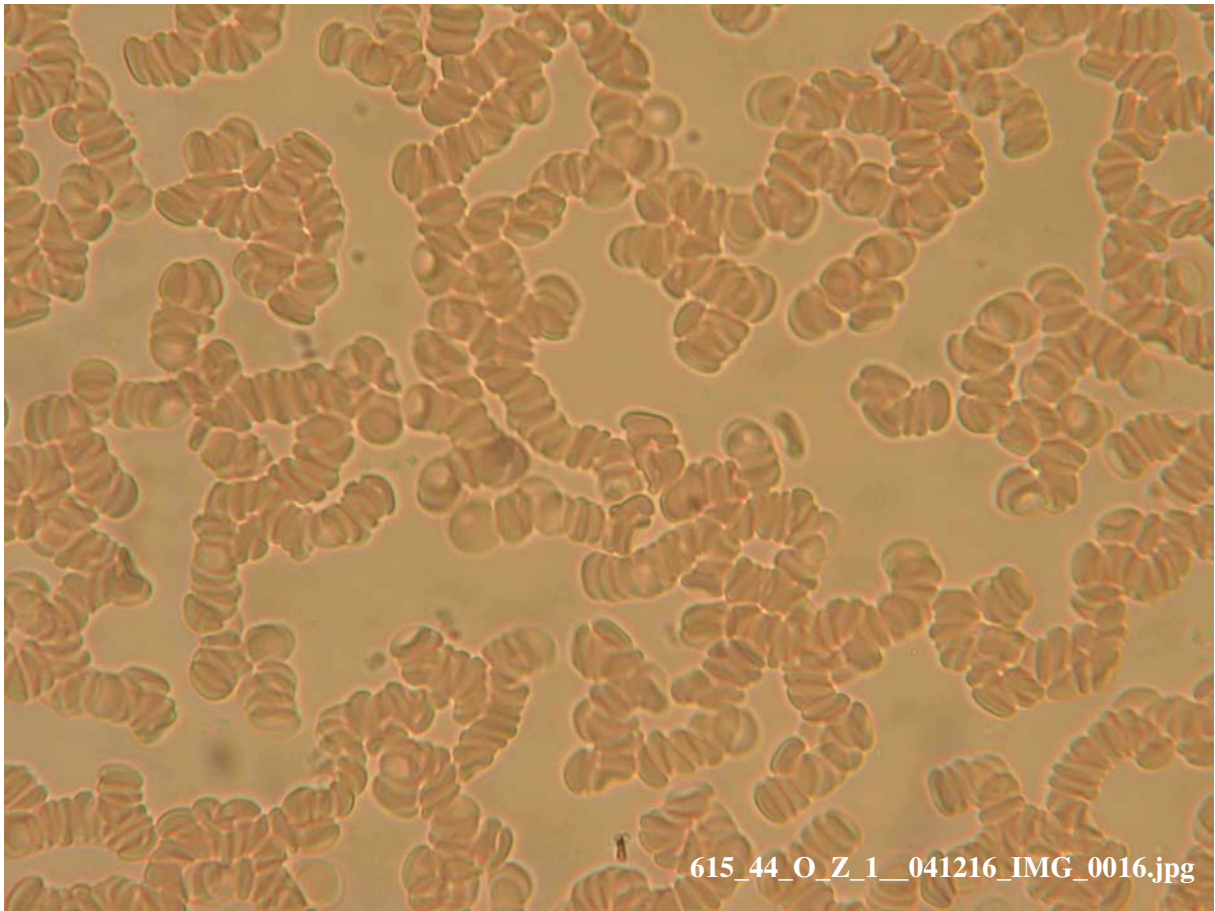
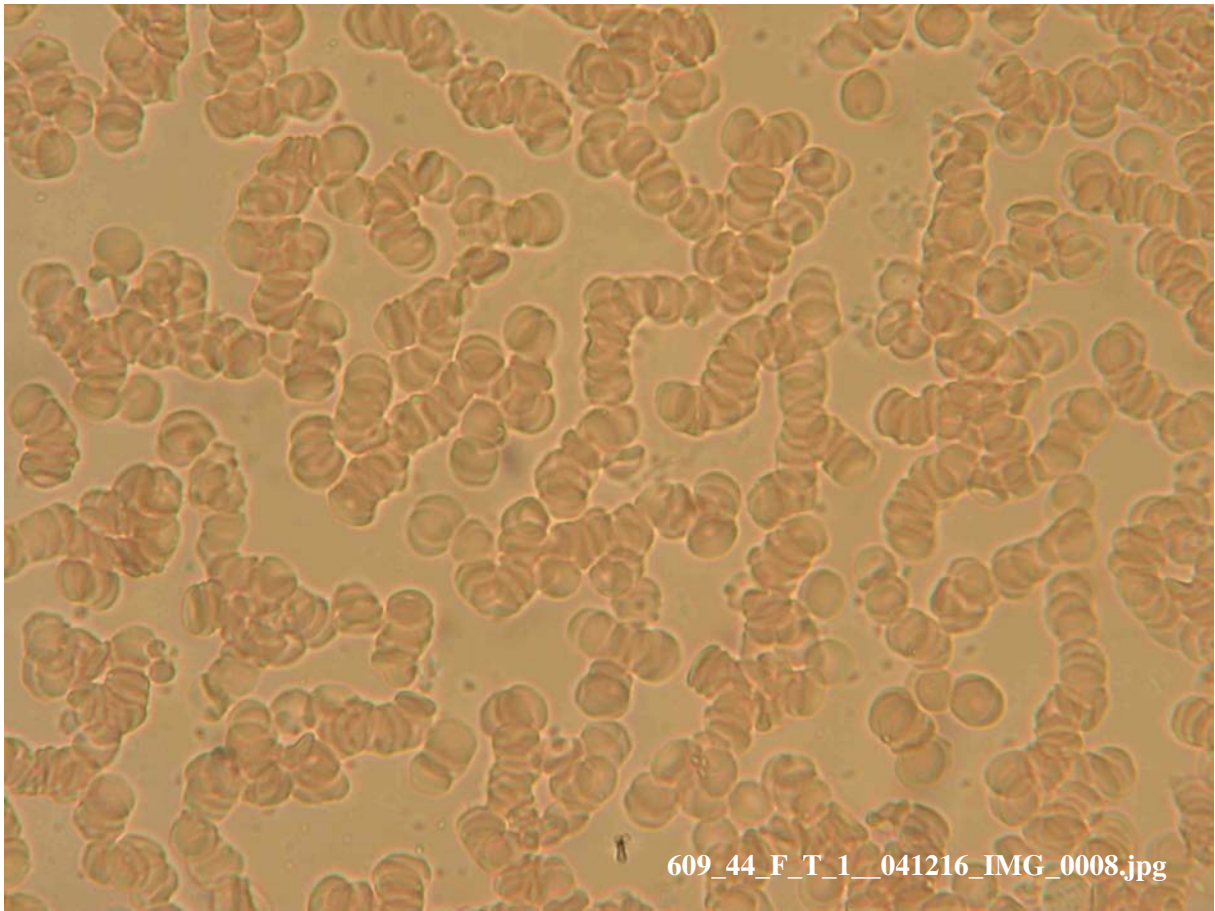
Eine CD-Rom mit zusätzlichen Informationen wurde der Arbeit beigelegt. Darauf befinden sich:

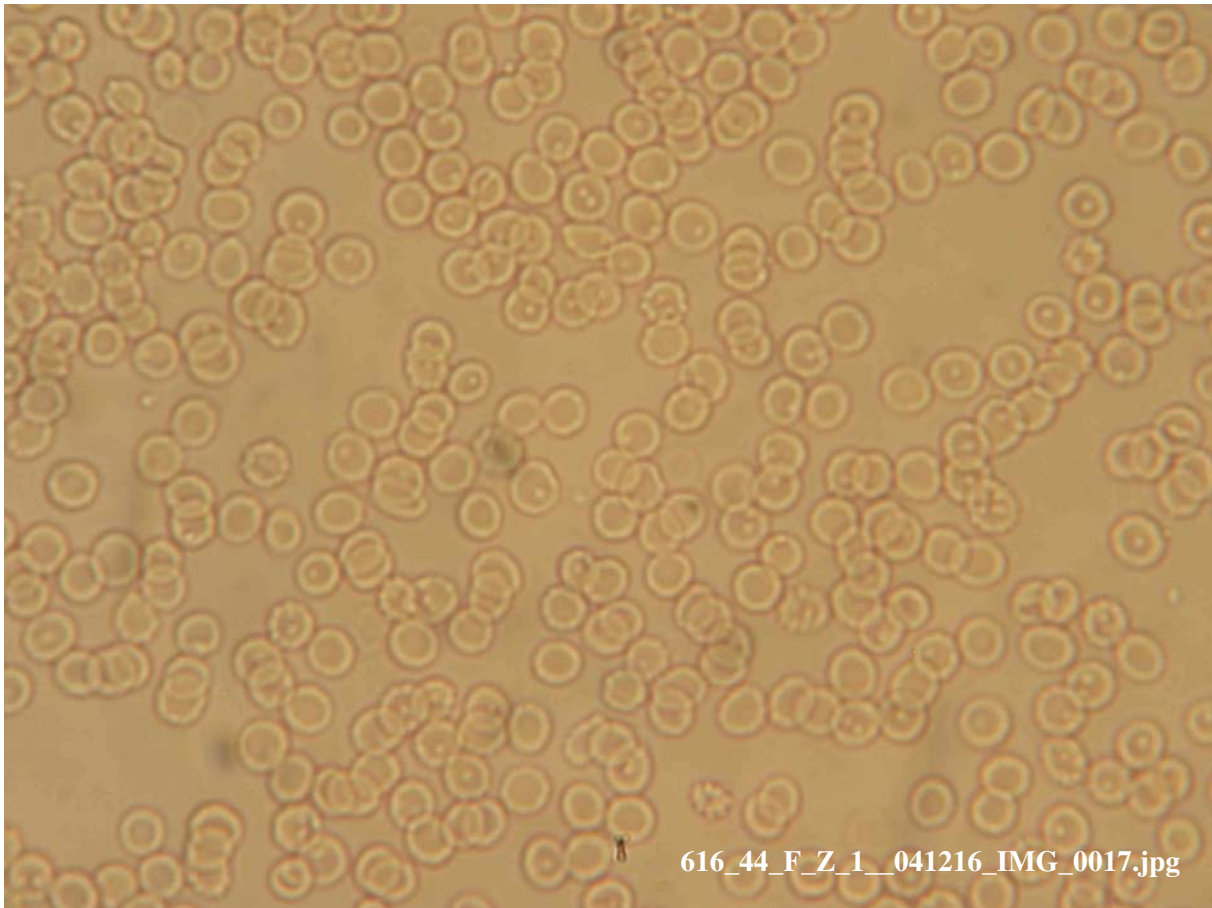
- Excel Dateien der einzelnen Probanden und Zusammenstellung aller Messwerte
- Excel Dateien des Vorversuchs, Zusammenstellung der Messwerte
- Excel Plugin zur Statistikberechnung XLS\_Statistik
- Tests 1-6 mit umfangreichen Statistikergebnissen
- Untersuchungsbilder



E Beispielbilder des Probanden 44 mit Auswertungstabelle







O V			O T			F T			O Z			F Z		
Summe Blutkörperchen 242			Summe Blutkörperchen 676			Summe Blutkörperchen 623			Summe Blutkörperchen 914			Summe Blutkörperchen 347		
Summe Geldrollen 232			Summe Geldrollen 33			Summe Geldrollen 38			Summe Geldrollen 11			Summe Geldrollen 178		
Durchsch. Größe einer GR. 1,043103448			Durchsch. Größe einer GR. 20,4848848			Durchsch. Größe einer GR. 15,39478664			Durchsch. Größe einer GR. 83,09090909			Durchsch. Größe einer GR. 1,943488202		
G Rgröße	Vorkommen	Ges.pro GRgr.	G Rgröße	Vorkommen	Ges.pro GRgr.	G Rgröße	Vorkommen	Ges.pro GRgr.	G Rgröße	Vorkommen	Ges.pro GRgr.	G Rgröße	Vorkommen	Ges.pro GRgr.
1	222	222	1	4	4	1	7	7	43	1	43	1	101	101
2	10	20	2	4	8	3	3	9	16	1	16	2	45	90
0	0	0	18	2	36	5	4	20	40	1	40	9	1	9
0	0	0	3	2	6	25	2	50	119	1	119	4	9	36
0	0	0	4	1	4	15	1	15	142	1	142	3	12	36
0	0	0	5	2	10	17	1	17	21	1	21	10	1	10
0	0	0	20	2	40	4	1	4	66	1	66	5	3	15
0	0	0	68	1	68	6	2	12	7	2	14	6	1	6
0	0	0	22	1	22	14	1	14	3	1	3	14	1	14
0	0	0	105	1	105	23	2	46	460	1	460	8	2	16
0	0	0	10	1	10	59	1	59	0	0	0	7	2	14
0	0	0	84	1	84	18	1	18	0	0	0	0	0	0
0	0	0	8	2	16	10	1	10	0	0	0	0	0	0
0	0	0	18	1	18	2	1	2	0	0	0	0	0	0
0	0	0	52	1	52	31	2	62	0	0	0	0	0	0
0	0	0	14	2	28	35	1	35	0	0	0	0	0	0
0	0	0	8	1	8	62	1	62	0	0	0	0	0	0
0	0	0	70	1	70	28	1	28	0	0	0	0	0	0
0	0	0	30	1	30	65	1	65	0	0	0	0	0	0
0	0	0	27	1	27	7	1	7	0	0	0	0	0	0
0	0	0	32	1	32	21	1	21	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	12	1	12	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	48	1	48	0	0	0	0	0	0
n			n			n			n			n		

Alle weiteren Untersuchungsbilder und Auswertungstabellen befinden sich auf der CD.